



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

Masterarbeit

Nachhaltig funktionierende troggebundene Vertikalbegrünung

verfasst von

Christine KAINDL, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Wien, September 2022

Betreut von:

Priv.-Doz.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Ulrike Pitha
Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
Department für Bautechnik und Naturgefahren

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert und mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Wien, 30.09.2022
Ort, Datum

(eigenhändig)
Christine Kaindl

DANKSAGUNG

An dieser Stelle darf ich **DANKE** sagen.

Danke an meine Betreuerin Ulrike Pitha für die Möglichkeit, mich in diesem Themengebiet entfalten zu können. Danke auch für die vielen Inputs, den Austausch und vor allem für die vielen Anregungen, die das Fertigstellen dieser Masterarbeit überhaupt erst möglich gemacht haben. Danke auch an meinen Zweitbetreuer Oliver Weiss für die gute Zusammenarbeit und deine Verlässlichkeit und Hilfestellung bei sämtlichen Fragen und Herausforderungen.

Danke an meine Studienkollegin Julia Dunzer für deinen Teamgeist, den fachlichen Austausch und die vielen (meist kalten) Monitoring-Tage, die mit dir gemeinsam einfach viel schöner waren.

Danke auch an alle Eigentümer*innen und Pflegebeauftragten der BeRTAs für die erfolgreiche Zusammenarbeit sowie an das gesamte 50-grüne-Häuser-Team für die Unterstützung und die Wertschätzung.

Ein großes Danke geht an meine Familie und Freunde, für die Unterstützung, die Motivation und die Zeit die ihr mir während dem gesamten Studium geschenkt habt.

Vielen lieben Dank!

KURZFASSUNG

Durch den Klimawandel bedarf es nachhaltiger Lösungen auf städtebaulicher Ebene. Troggebundene Vertikalbegrünungen können dazu beitragen, Fassaden zu begrünen und alle Vorteile einer pflegeextensiven Begrünung mit Kletterpflanzen zu nutzen. In Regelwerken liegt der Fokus auf boden- und wandgebundenen Systemen. Hinweise zu Pflegemaßnahmen beziehen sich meist auf fachkundige Firmen. Es bedarf daher konkreter Empfehlungen für dieses Begrünungssystem.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Anforderungen zu den Systemkomponenten von straßenseitig aufgebauten, troggebundenen Vertikalbegrünungen und wie diese für eine langlebige Begrünung aufgebaut, betrieben und gepflegt werden müssen.

Nach eingehender Literaturrecherche in gängigen Regelwerken zu den Bereichen Pflanztrog, Substrat, Kletterhilfe, Kletterpflanzen und Pflege wurden diese Systemkomponenten im Feldversuch anhand des BeRTA-Moduls von Nov. 2019 bis Okt. 2020 im Bezirk Favoriten in Wien untersucht. Hier zeigten die untersuchten Pflanzenarten *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii', *Lonicera x tellmanniana*, *Wisteria floribunda* eine gute Entwicklung. Selbstklimmer eigneten sich am besten für einen flächigen Bewuchs. Durch eine technische Unterstützung könnte das Anhaften an der Fassade beschleunigt und das Begrünungsziel schneller erreicht werden. Ein Tiermonitoring zeigte, dass sich bereits im ersten Standjahr einer Begrünung Tiere ansiedeln. Eine positive Werthaltung gegenüber dem Vorkommen von Tieren ist essentiell. So kann das Erkennen von Tieren gefördert werden, Schädlinge können schneller identifiziert und aufwendige Pflegemaßnahmen dadurch verhindert werden.

Das fachgerechte Erledigen der Pflegeaufgaben wirkte sich signifikant auf Vitalität und Deckungsgrad der Pflanzen aus. Manche Aufgaben sollten zur Anwendung für fachunkundige Personen entsprechend optimiert und begleitet werden.

Die Erkenntnisse liefern Schlussfolgerungen für zukünftige Projekte für troggebundene Systeme am Stand der Technik.

Schlüsselwörter: Bauwerksbegrünung, Pflanztrog, Pflanzsubstrat, Kletterhilfe, Kletterpflanzen, Pflegemaßnahmen

ABSTRACT

Climate change means that sustainable solutions are needed at the urban planning level. Trough-bound vertical greening systems can help to improve facades and exploit all the advantages of maintenance-extensive greening using climbing plants. In theory, the focus is on ground- and wall-bound systems. Information regarding maintenance usually refers to specialized companies. Therefore, precise recommendations for this greening system are needed.

This thesis deals with the requirements of the system components of roadside trough-bound vertical greening systems and how they have to be constructed, operated and maintained for a long-lasting greening.

After an in-depth literature review in current regulations on the areas of plant-trough, substrate, mesh training system, climbing plants and maintenance, these system components were investigated in field trials using the BeRTA module from Nov. 2019 to Oct. 2020 in the district of Favoriten in Vienna. The investigated plant species *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii', *Lonicera x tellmanniana*, *Wisteria floribunda* showed good development. Self-climbers were most suitable for extensively vegetation cover. Engineering support could accelerate adherence to the facade and achieve the greening goal more quickly. Animal monitoring showed that already in the first year of greening animals were settling. A positive attitude towards the presence of animals is essential. This can promote the recognition of animals, pests can be identified more quickly and costly maintenance measures can be prevented.

Proper completion of maintenance tasks had a significant effect on plant vitality and vegetation coverage. Some tasks should be optimized and accompanied accordingly to be able to be performed by people unfamiliar with the subject.

The findings provide conclusions for future projects working with state of the art for trough-based systems.

Keywords: greening of buildings, plant-trough, planting substrate, mesh training system, mesh climbers, maintenance measures

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | 10 |
| 1.1 | Problemstellung und Relevanz | 10 |
| 1.2 | Eingliederung „troggebundene Vertikalbegrünung“ in den Regelwerken..... | 12 |
| 1.3 | Beschreibung des Forschungsprojektes | 13 |
| 1.4 | Zielsetzung | 13 |
| 1.5 | Forschungsfragen..... | 14 |
| 1.6 | Aufbau der Arbeit | 15 |
| 2 | ANFORDERUNGEN AN SYSTEMKOMPONENTEN VON TROGGEBUNDENEN VERTIKALBEGRÜNUNGEN..... | 17 |
| 2.1 | Material & Methode | 17 |
| 2.2 | Ergebnisse Systemkomponente Pflanztrog | 18 |
| 2.2.1 | Dimensionierung des Pflanztroges..... | 18 |
| 2.2.2 | Materialeigenschaften und -zusammensetzungen | 20 |
| 2.2.3 | Weitere Komponenten im Pflanztrog | 22 |
| 2.3 | Ergebnisse Systemkomponente Substrat | 23 |
| 2.3.1 | Mehrschichtiger Aufbau | 23 |
| 2.3.2 | Substrateigenschaften | 25 |
| 2.4 | Ergebnisse Systemkomponente Kletterhilfe | 27 |
| 2.4.1 | Anforderungen an die Fassade..... | 27 |
| 2.4.2 | Arten und Eigenschaften von Kletterhilfen | 30 |
| 2.5 | Ergebnisse Systemkomponente Kletterpflanzen..... | 34 |
| 2.6 | Ergebnisse Systemkomponente Pflege..... | 36 |
| 2.6.1 | Lebensphasen und Pflegemaßnahmen von Kletterpflanzen | 36 |
| 2.6.2 | Nährstoffversorgung von Kletterpflanzen..... | 39 |
| 2.6.3 | Vorkommen von Tieren an Vertikalbegrünungen - Schädlingskontrolle..... | 46 |
| 2.7 | Fazit Ergebnisse Systemkomponenten | 50 |
| 2.7.1 | Systemkomponente Pflanztrog | 50 |
| 2.7.2 | Systemkomponente Substrat | 50 |
| 2.7.3 | Systemkomponente Kletterhilfen | 50 |
| 2.7.4 | Systemkomponente Kletterpflanzen..... | 51 |
| 2.7.5 | Systemkomponente Pflege..... | 51 |
| 3 | TROGGEBUNDENE VERTIKALBEGRÜNUNG MIT DEM BERTA- GRÜNFASSADENMODUL | 53 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.1 | Material..... | 54 |
| 3.1.1 | Beschreibung des BeRTA-Grünfassadenmoduls | 54 |
| 3.1.2 | Untersuchungsgebiet | 65 |
| 3.1.3 | Beschreibung der Standorte im Untersuchungsgebiet | 69 |
| 3.2 | Methoden | 74 |
| 3.2.1 | Erhebungen zur Pflanzenentwicklung | 74 |
| 3.2.2 | Erhebungen zur Pflege..... | 80 |
| 3.2.3 | Erhebungen zum Vorkommen von Tieren | 82 |
| 3.2.4 | Gesamtranking – Bewertung der Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen | 85 |
| 3.3 | Ergebnisse | 93 |
| 3.3.1 | Ergebnisse Pflanzenentwicklung | 94 |
| 3.3.2 | Ergebnisse Pflege..... | 114 |
| 3.3.3 | Ergebnisse Vorkommen und Akzeptanz von Tieren..... | 143 |
| 4 | ANALYSE & DISKUSSION..... | 158 |
| 4.1 | Pflanzenentwicklung..... | 159 |
| 4.1.1 | Anforderungskatalog zur Pflanzenentwicklung..... | 159 |
| 4.1.2 | Bewertung mit BeRTA-System - Indikator Pflanzenentwicklung | 162 |
| 4.1.3 | Diskussion Pflanzenentwicklung..... | 163 |
| 4.2 | Pflege | 173 |
| 4.2.1 | Anforderungskatalog zur Pflege | 173 |
| 4.2.2 | Bewertung mit BeRTA-System - Indikator Pflege..... | 177 |
| 4.2.3 | Diskussion Pflege | 181 |
| 4.2.4 | Schädlingskontrolle | 189 |
| 4.2.5 | Anforderungskatalog Schädlingskontrolle | 189 |
| 4.2.6 | Bewertung mit dem BeRTA-System - Indikator Tiervorkommen..... | 191 |
| 4.2.7 | Diskussion Schädlingskontrolle | 192 |
| 5 | BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN (F1 – F4)..... | 196 |
| 6 | AUSBLICK..... | 203 |
| 7 | ZUSAMMENFASSUNG | 206 |
| 8 | LITERATURVERZEICHNIS..... | 209 |
| 9 | TABELLENVERZEICHNIS | 221 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 10 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS..... | 230 |
| 11 | ABBILDUNGS- UND TABELLENANHANG | 235 |
| 11.1 | Aufnahmebogen Pflanzenmonitoring | 236 |
| 11.1.1 | Vitalität | 236 |
| 11.1.2 | Schädigungen..... | 237 |
| 11.1.3 | Grunddaten..... | 238 |
| 11.2 | Pflegeprotokoll für Pflegebeauftragte Person..... | 239 |
| 11.3 | Tiermonitoring | 241 |
| 11.3.1 | Tiermonitoring – Erhebungsbogen Tiervorkommen..... | 241 |
| 11.3.2 | Tiermonitoring – Leitfaden Interview..... | 242 |
| 12 | LEBENS LAUF/CV | 248 |

1 EINLEITUNG

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Problemstellung und die Relevanz zum Thema, auf welche die Forschung dieser Arbeit beruht, behandelt. Die Eingliederung der troggebundene Vertikalbegrünung unter anderen Begrünungsarten wird dargestellt sowie das Forschungsprojekt „50 grüne Häuser – Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems“ vorgestellt. Darauf aufbauend werden die Zielsetzung, die Forschungsfragen und der Aufbau dieser Arbeit beschrieben.

1.1 Problemstellung und Relevanz

Mit dem Fortschreiten des Klimawandels und der Zunahme der Bevölkerung stehen die Städte der Zukunft vor großen Herausforderungen, was die Lebensqualität der Bevölkerung betrifft. Die Ergebnisse globaler Klimamodelle für Europa zeigen, dass in Österreich bis zum Jahr 2100 ein Temperaturanstieg von 1,4°C zu erwarten ist. Wahrscheinlich ist auch, dass die Sonnenscheindauer in den Sommermonaten zunimmt und die Niederschlagsmenge abnimmt bei einer gleichzeitigen Zunahme von Extremwetterereignissen (z. B. Hitzetage, Starkregen) (AHRENS et al., 2014:302).

Die negativen Folgen des Klimawandels werden auch anhand der **Auswirkungen des Urban Heat Island (UHI) – Effekts** sichtbar bzw. für die bewohnende Bevölkerung spürbar. Urban Heat Islands sind städtische Wärmeinseln. Sie entstehen durch die Absorption, Reflexion und Wärmespeicherung der eingehenden Sonneneinstrahlung auf Oberflächen und weisen im Vergleich zum städtischen Umland eine wesentlich höhere Lufttemperatur auf (BRANDENBURG et al., 2015:7). Der vermehrte **Einsatz von Pflanzen** (gerade in dicht verbauten und stark versiegelten Gebieten) kann dem entgegenwirken, indem man sich das Prinzip der natürlichen Verdunstungskühlung der Vegetation zu Nutzen macht (BRANDENBURG et al., 2015:6). Bei der Evaporation geben Pflanzen bei ihren Stoffwechselprozessen Wasser in gasförmiger Form über ihre Spaltöffnungen an die Umgebung ab (MINOL, o. J.). Bei einer Temperatur von 30°C werden dabei 680 kWh/m³ Energie verbraucht. Dieser Energieverbrauch bewirkt den Entzug von Wärme und damit den spürbaren **Kühlungseffekt** (SENATSVORWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG, 2010:54). Bei ausreichend Vorhandensein von Wasser (z. B. gebunden in den Zellen der Pflanzen, oder gespeichert im Substrat) könnte so die Verdunstungskühlung als natürliche Kühlung der Städte fungieren und den Urban Heat Islands entgegenwirken (KÖNIG, 2016).

Eine vertikale Begrünung erfüllt auch eine wichtige **ökologische Funktion**. Durch den Einsatz von Pflanzen entsteht durch Verdunstung von Wasser und die Beschattung durch Pflanzenteile jener gewünschte Kühlungseffekt, der das Mikroklima enorm verbessert. Dadurch können **Lebensräume für Tiere** entstehen und in weiterer Folge die Artenvielfalt erhöht werden. Gerade im Siedlungsraum sind solche Kleinhabitats oft wichtige Trittsteinbiotops. Sie bilden wichtige ökologische Nischen und tragen so zur Förderung der Biodiversität bei (FLL, 2018:21). Vertikalbegrünungen können demnach Tieren die Wanderung über weite Strecken hinweghelfen und zur Biotopvernetzung beitragen (EUROPÄISCHE UNION, 2014:6f). Das Vorkommen von Tieren kann jedoch auch das Auftreten von

Schädlingen begünstigen (STADT WIEN, o. J.). Daher ist die Schädlingskontrolle eine wesentliche Maßnahme der Pflege (FLL, 2018:98f).

Die vielen positiven Effekte zeigen nicht nur das Potenzial, sondern auch die Notwendigkeit von Grünen Infrastrukturen wie Vertikalbegrünungen bei der Stadt- und Freiraumplanung (EUROPÄISCHE UNION, 2014:16; STANGL et al., 2019:32). Es bedarf jedoch die fachlich fundierte Planung, Ausführung und Pflege, damit die Begrünung auch nachhaltig funktionieren und langfristig bestehen kann (FLL, 2018).

TROGGEBUNDENE VERTIKALBEGRÜNUNG Beispiele im Raum Wien



**MA 31 - Wiener Wasser
Grabnergasse 6, 1160 Wien**

- Troggebundene Begrünung
- an Wand montiert
- Kletterpflanzen & Stauden (Blauregen, Geißblatt, Akebie, Pfeifferwinde)



**Bezirksamt Margareten
Schönbrunnerstr. 54, 1050 Wien**

- Troggebundene Begrünung
- am Boden aufgestellt
- Kletterpflanzen (Blauregen, Wilder Wein, Trompetenblume)

Abb. 1: Beispiele für troggebundene Vertikalbegrünungen in Wien. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

Speziell **troggebundene Vertikalbegrünungen** bieten den Vorteil, dass sie auch an bereits bestehenden Häuserfassaden errichtet werden können. Die Verwendung von Kletterpflanzen ermöglicht zudem eine Begrünung bei geringerem Aufwand an Herstellungskosten (MAGISTRAT DER STADT WIEN – MA 22 & ÖKOKAUFWIEN, 2019:77). Bekannte Beispiele in Wien (siehe Abb. 1) sind beispielsweise die begrünte Fassade des Bezirksamtes der MA 31 – Wiener Wasser in 1160 Wien (Pflanztröge straßenseitig an Wand montiert) oder das Bezirksamt Margareten in 1050 Wien (Pflanztröge straßenseitig am Boden aufgestellt).

Generell wird die Forschung zu Vertikalbegrünungen ständig mehr. Empfehlungen zu Planung und Pflege bieten beispielsweise die in Deutschland entwickelte FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018), oder in Österreich die unlängst erschienene ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021), die sich unter anderem speziell dem Thema troggebundene Vertikalbegrünung widmet (ÖNORM L 1136, 2021). Generell ist dieses Begrünungssystem jedoch eher noch weniger erforscht. Der Leitfaden für Fassadenbegrünung in Wien unterscheidet beispielsweise lediglich in bodengebundene und wandgebundene Begrünungsformen (MAGISTRAT 22 DER STADT WIEN & ÖKOKAUFWIEN, 2019). Neuere Forschungen beziehen troggebundene Systeme bei Verwendung von Kletterpflanzen bereits in ihre Untersuchungen mit ein. So zum Beispiel beim Forschungs- und Entwicklungsprojekt „greening up!“ (DOPHEIDE et al. (2021).

Trotz des geringeren Pflegeaufwands bei troggebundenen Vertikalbegrünungen mit Kletterpflanzen (MAGISTRAT DER STADT WIEN – MA 22 & ÖKOKAUFWIEN, 2019:77) sind die entsprechenden **Pflegemaßnahmen** und deren fachlich korrekte Durchführung essentiell für eine vitale und nachhaltige Entwicklung der Pflanzen (FLL, 2018). Sie werden daher meist von

Fachfirmen durchgeführt (MAGISTRAT DER STADT WIEN – MA 22 & ÖKOKAUFWIEN, 2019:33). Ein Auslagern der Pflege auf eigens geschulte, aber hausinterne Personen, könnte die Pflegekosten zusätzlich noch einmal enorm verringern. Dieses Anwendungspotenzial ist jedoch noch kaum erforscht.

Das Forschungsprojekt „50 grüne Häuser Häuser – Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems“ ist das erste Forschungsprojekt in Wien, bei dem explizit troggebundene Vertikalbegrünungen mit Kletterpflanzen an straßenseitigen, bereits bestehenden Häuserfassaden errichtet und untersucht wurden, die von zumeist hausinternen Pflegebeauftragten gepflegt werden. Mit der Entwicklung des BeRTA-Grünfassadenmoduls wurde ein wesentlicher Schritt zur Erforschung nachhaltig funktionierender troggebundener Begrünungen geschaffen.

1.2 Eingliederung „troggebundene Vertikalbegrünung“ in den Regelwerken

Unter einer Vertikalbegrünung ist der Bewuchs von Bauwerken und baulichen Anlagen gemeint, die eine Mindestneigung von 30° (58 %) aufweisen. Dabei werden die Pflanzen von technischen Bauteilen - dem Begrünungssystem - in die Vertikale gebracht, um innerhalb eines festgelegten Zeitraumes ein bestimmtes Begrünungsziel zu erreichen (ÖNORM L 1136, 2021:5f). Für Vertikalbegrünungen gibt es gegenwärtig zwei essentielle Regelwerke:

Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) unterteilt zunächst in 3 Gruppen (Bodengebundene Begrünung, Mischformen, Wandgebundene Begrünung) (FLL, 2018). Die ÖNORM L1136 (2021) für Vertikalbegrünungen im Außenraum steht seit 2021 zur Verfügung. Hier wird bereits etwas feiner differenziert und in eine extra Kategorie für troggebundene Vertikalbegrünungen unterteilt (siehe Abb. 2).

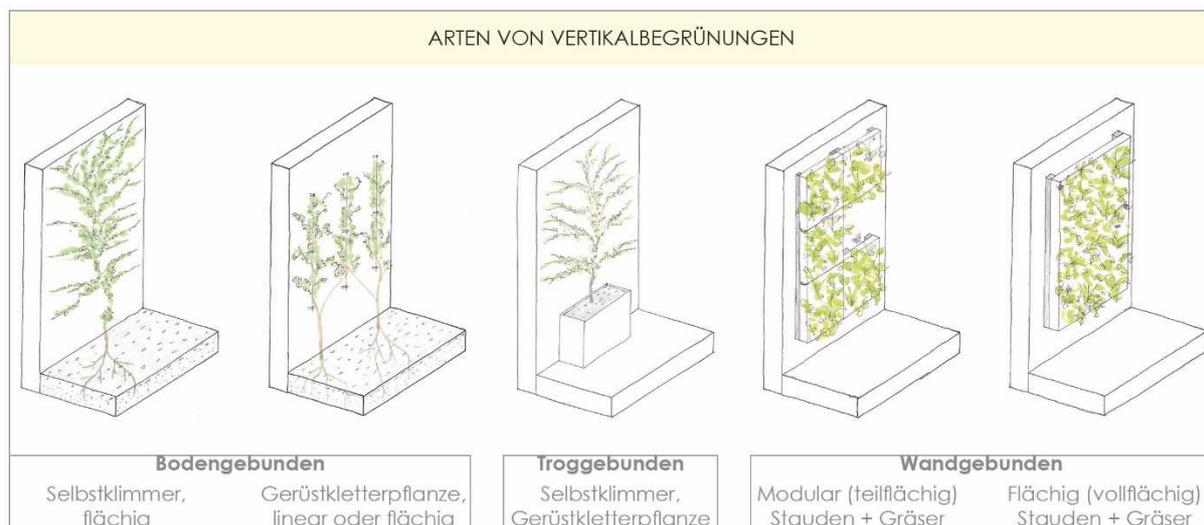


Abb. 2: Arten von Vertikalbegrünungen (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach ÖNORM L 1136 2021)

Die troggebundene Vertikalbegrünung wird nach der ÖNORM L 1136 (2021) in der Kategorie III folgendermaßen definiert:

„Troggebundene Vertikalbegrünung umfasst die vertikale Bedeckung von Bauwerken und Fassaden mittels oberirdischer Teile von Kletterpflanzen, Stauden und Gehölzen, welche im Schichtaufbau von Pflanztrögen wurzeln. Dies erfolgt je nach Pflanzplanung mit oder ohne Rankhilfe“ (ÖNORM L 1136, 2021:7).

1.3 Beschreibung des Forschungsprojektes

Das BeRTA-Grünfassadenmodul wurde im Zuge des Forschungsprojektes „50 grüne Häuser – Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems“ entwickelt, welches wiederum innerhalb des Forschungs- und Technologieprogramms „Stadt der Zukunft“ vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) realisiert wurde (KONSORTIUM „50 GRÜNE HÄUSER“, 2019). Der Name BeRTA steht hierbei für die Bestandteile des Grünfassadenmoduls, nämlich Begrünung, Rankhilfe, Trog – All in One. Ziel war es unter anderem, bestehende Gebäudefassaden entlang von Straßenzügen kostengünstig und rasch zu begrünen und zwar unter Miteinbeziehung der Nutzer*innen bei den Pflegeprozessen der Pflanzen (GRÜNSTATTGRAU, 2022a). Hierzu wurden nach einem Auswahl- und Vergabeverfahren mit Beteiligungsprozess der Bürger*innen (Bewerbung ihrer Hausfassade zur Teilnahme an dem Projekt) im Herbst 2019 an acht Hausfassaden im Bezirk Favoriten das BeRTA-Grünfassadenmodul errichtet und bis Juni 2021 untersucht (GRÜNSTATTGRAU, 2022a). Projektpartner*innen des Projektes waren *tatwort Nachhaltige Projekte GmbH* (Leitung), *GrünStattGrau Forschungs- und Innovations-GmbH*, die *Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien* sowie die *Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau* (GRÜNSTATTGRAU, 2022a).

Diese Arbeit ist in Kooperation mit dem Forschungsprojekt „50 grüne Häuser – Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems“ entstanden und beschäftigt sich mit den Voraussetzungen dieser troggeordneten Vertikalbegrünungssysteme, deren Auswirkungen und Wechselwirkungen zum Pflanzenwachstum sowie geeigneter Pflegemaßnahmen.

1.4 Zielsetzung

Für Pflanzen stellen Vertikalbegrünungen Extremstandorte dar. Es bedarf das Zusammenspiel mehrerer Fachdisziplinen. Wenn alle vegetationstechnischen und bauphysikalischen Faktoren aufeinander abgestimmt sind UND ein abgestimmtes Pflegekonzept angewendet wird, kann eine Begrünung langlebig und in diesem Sinne nachhaltig sein (DOPHEIDE et al., 2021).

Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden, wie eine troggeordnete Vertikalbegrünung an einer straßenseitigen Hausfassade aufgebaut, betrieben und gepflegt werden muss, damit sie nachhaltig funktioniert.

Eine vorangegangene Literaturrecherche in gängigen Regelwerken soll zunächst die generellen Anforderungen an die einzelnen Systemkomponenten „Pflanztrogt“, „Substrat“, „Kletterhilfe“, „Kletterpflanzen“ und „Pflege“ beschreiben und als theoretisches Hintergrundwissen fungieren. Bei der Komponente „Pflege“ werden, neben geeigneten Pflegemaßnahmen, auch die Nährstoffversorgung sowie die Schädlingskontrolle behandelt. Im Feldversuch mit einem ausgewählten troggeordneten Vertikalbegrünungssystem – dem BeRTA Grünfassadenmodul – sollen etwaige Herausforderungen, aber auch Gelungenes sowie Erfolge in der Anwendung herausgefiltert werden.

Beides gemeinsam – die generellen Anforderungen sowie der Feldversuch – ermöglichen Schlussfolgerungen für künftige Projekte, damit troggeordnete Vertikalbegrünungen auch in Zukunft nachhaltig funktionieren und gelingen können.

1.5 Forschungsfragen

Zur Ergründung der Anforderungen an die Systemkomponenten von troggebundenen Vertikalbegrünungen ergeben sich daher folgende Forschungsfragen:

F1.1 -> Welche bau- und vegetationstechnischen Voraussetzungen haben die Komponenten Pflanztrog, Substrat und technischer Aufbau sowie Kletterhilfe und Kletterpflanzen bei nachhaltig funktionierenden troggebundenen Vertikalbegrünungen zu erfüllen?

F1.2 -> Welche Pflegemaßnahmen inkl. Schädlingskontrolle sind erforderlich, damit sich eine nachhaltige troggebundene Vertikalbegrünung einstellt?

Im Feldversuch wurden daraufhin die einzelnen Systemkomponenten anhand des BeRTA-Grünfassadenmoduls in der Anwendung genauer betrachtet. Hierzu wurden die Indikatoren **Pflanzenentwicklung**, **Pflege** und **Vorkommen von Tieren** herangezogen und folgende Forschungsfragen formuliert:

F2 -> Welche Kletterpflanzen erweisen sich als geeignet für westlich exponierte Wiener Standorte des Vertikalbegrünungssystems BeRTA-Grünfassadenmodul?

F3 -> Welche Pflegemaßnahmen an den Pflanzen inklusive Nährstoffversorgung sind für ein langfristiges Bestehen des BeRTA-Grünfassadenmoduls an westlich exponierten Standorten notwendig?

F4.1 -> Welche Tierarten aus der Gruppe der Arthropoda (Gliederfüßer) können in westlich exponierten BeRTA-Grünfassadenmodulen in der ersten Vegetationsperiode vorgefunden werden?

F4.2 -> Welche Akzeptanz bringt die Wiener Bevölkerung hinsichtlich der an den BeRTA-Grünfassadenmodulen vorgefundenen Fauna auf?

1.6 Aufbau der Arbeit

Die folgende Abbildung 3 zeigt den Aufbau der Arbeit bzw. welche Inhalte in den jeweiligen Kapiteln zu den Forschungsfragen (F1 – F4) erarbeitet wurden.

Nach der Erörterung der Zielsetzung und der Vorstellung der Forschungsfragen in **Kapitel 1** teilt sich diese Masterarbeit dementsprechend in zwei Blöcke. Im ersten Teil (**Kapitel 2**) werden die Forschungsfragen F1.1 und F1.2 behandelt. Mittels systematischer Literaturrecherche werden die Anforderungen der einzelnen Systemkomponenten einer troggebundenen Vertikalbegrünung, nämlich „Pflanztrog“, „Substrat“, „Kletterhilfen“, „Pflanzen“ und „Pflege“ in gängigen Regelwerken und relevanter Forschung recherchiert und textlich beschrieben. Empfehlungen von Produkthanbieter*innen zu den einzelnen Systemkomponenten fließen ebenfalls mit ein. Diese Ergebnisse schließen mit einem zusammenfassenden Fazit ab und bilden den theoretischen Hintergrund.

Im zweiten Teil (**Kapitel 3**) werden die Systemkomponenten im Feldversuch untersucht. Hierzu wird zunächst das Material erläutert, wo das BeRTA-Grünfassadenmodul beschrieben wird und auf das Untersuchungsgebiet sowie die untersuchten Standorte eingegangen wird. Daraufhin werden die Forschungsfragen F2 bis F4 behandelt und zunächst die ausgewählten Methoden dazu, anschließend die Ergebnisse dargestellt.

In **Kapitel 4** kommt es nun zur Verschränkung der beiden vorangegangenen Kapitel zwei und drei. Entsprechend der Forschungsfragen (F2 – Pflanzenentwicklung, F3 – Pflege, F4 – Tiere) wird dieses Kapitel in drei Teile gegliedert. In jedem Teil wird ein Anforderungskatalog dargestellt und beschrieben. Dieser beinhaltet die gebündelten Ergebnisse aus Kapitel 2 (Forschungsfragen F1.1 und F1.2). Danach werden die Ergebnisse aus dem Feldversuch aus Kapitel 3 (BeRTA-System) in einem Gesamt-ranking bewertet (Forschungsfragen F2, F3, F4). Zum Schluss werden beide Teile (die Ergebnisse aus dem Anforderungskatalog und die Ergebnisse von der Bewertung des Feldversuches) zusammengeführt und interpretiert sowie mit einschlägiger Fachliteratur diskutiert. In einem abschließenden Fazit werden Schlussfolgerungen gezogen, was konkret gemacht werden muss, damit troggebundene Vertikalbegrünungen nachhaltig funktionieren.

In **Kapitel 5** werden alle Forschungsfragen noch einmal kurz und knapp zusammengefasst beantwortet und in **Kapitel 6** ein Ausblick in die Zukunft ausgewiesen. Inhaltlichen Abschluss der Arbeit bildet das **Kapitel 7** mit der Zusammenfassung.

NACHHALTIG FUNKTIONIERENDE TROGGEBUNDENE VERTIKALBEGRÜNUNG (VBG)

AUFBAU DER ARBEIT

EINLEITUNG

- Problemstellung & Relevanz
- Eingliederung „troggebundene Vertikalbegrünung (VBG)“ in den Regelwerken
- Beschreibung des Forschungsprojektes
- Zielsetzung
- Forschungsfragen
- Aufbau der Arbeit

TROGGEBUNDENE VBG Anforderungen an Systemkomponenten

F1.1

Systemkomponenten:
Pflanztrog, Substrat, Kletterhilfe, Pflanzen

- Relevante Kriterien in Regelwerken **MATERIAL**
- Empfehlungen von Anbieter*innen
- Systematische Literaturrecherche **METHODE**

F1.2

Systemkomponente:
Pflege inkl. Nährstoffversorgung + Schädlingskontrolle

ERGEBNIS

- Theoretischer Hintergrund/Stand der Technik
- Vor-/Nachteile der Systemkomponenten

BETRACHTUNG DER SYSTEMKOMONENTEN IM FELDVERSUCH

F2

INDIKATOR
PFLANZENENTWICKLUNG

Überprüfen von Kletterpflanzen auf deren Eignung.

ZIELE
METHODEN

- Pflanzenmonitoring
- Pflanzenvolumen messen

F3

INDIKATOR
PFLEGE

Überlegungen zur Pflege und Nährstoffversorgung anstellen.

- Pflegeprotokolle
- Nährstoffanalyse
- Mangelerscheinungen an Blättern

F4.1

INDIKATOR
TIERVORKOMMEN

Untersuchungen zum Tiervorkommen im ersten Standjahr sowie zur Akzeptanz über das Vorhandensein von Tieren.

- Sichtung von Tieren an Pflanzen/ im Substrat
- Interviews mit Pflegebeauftragten

ANALYSE & DISKUSSION

ANFORDERUNGSKATALOG
Pflanztrog, Substrat,
Kletterhilfen, Pflanzen

ANFORDERUNGSKATALOG
Pflegemaßnahmen,
Nährstoffversorgung

ANFORDERUNGSKATALOG
Schädlingskontrolle,
Einsatz von Nützlingen

BEWERTUNG
PFLANZENENTWICKLUNG

BEWERTUNG
PFLEGE

BEWERTUNG
TIERVORKOMMEN

→ Erreichung des Begrünungsziels

→ Bewertung der Pflege-
maßnahmen (Pflegeaufwand)

→ Potenzial als Lebensraum
→ Werterhaltung & Akzeptanz

- Eignung der verwendeten Kletterpflanzen
- limitierende und fördernde Faktoren für Pflanzenentwicklung
- Rückschlüsse auf verwendete

- Eignung der verwendeten Pflegemaßnahmen
- Ermittlung des Pflegeaufwands
- Vergleich mit Pflegemaßnahmen aus Regelwerken

- limitierende und fördernde Faktoren für das Vorkommen von Tieren
- Akzeptanz von Tieren
- Potenzial VBG als Lebensraum

Abb. 3: Aufbau der Arbeit
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

2 ANFORDERUNGEN AN SYSTEMKOMPONENTEN VON TROGGEBUNDENEN VERTIKALBEGRÜNUNGEN

Im ersten Teil dieser Masterarbeit werden die einzelnen bautechnischen und vegetationstechnischen Systemkomponenten (Pflanztroge, Substrat, Kletterhilfen, Pflanzen, Pflege), die nach aktuellem Forschungsstand bei troggeordneten Vertikalbegrünungssystemen zum Einsatz kommen, recherchiert und geschaut, welche Anforderungen in den gängigen Regelwerken dazu aufgeführt sind bzw. welche Empfehlungen von Produktanbietern*innen dazu gemacht werden. Die Ergebnisse erfolgen in textlicher Beschreibung und sollen den Stand der Technik für eine erfolgreiche troggeordnete Vertikalbegrünung wiedergeben.

Hierfür wurden folgende Forschungsfragen (F1.1 und F1.2) formuliert:

F1.1 Welche bau- und vegetationstechnischen Voraussetzungen haben die Komponenten Pflanztroge, Substrat und technischer Aufbau sowie Kletterhilfe und Kletterpflanzen bei nachhaltig funktionierenden troggeordneten Vertikalbegrünungen zu erfüllen?

F1.2 Welche Pflegemaßnahmen inkl. Schädlingskontrolle sind erforderlich, damit sich eine nachhaltige troggeordnete Vertikalbegrünung einstellt?

2.1 Material & Methode

Für die Beantwortung der Forschungsfragen F1.1 und F1.2 wurde nach BERNINGER et al. (2017) eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Zur Ergründung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes (BERNINGER et al., 2017:38) für die Anwendung troggeordneter Vertikalbegrünungen wurde das erforschte Thema in folgende Kategorien gegliedert:

- Pflanztroge
- Substrat
- Kletterhilfe
- Pflanzen
- Pflege

Als Informationsquellen (BERNINGER et al., 2017:38ff) wurden zunächst gängige Regelwerke zu troggeordneten Vertikalbegrünungen gesichtet, z. B. die Fassadenbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (FLL, 2018), oder

die neue ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum – Anforderungen an Planung, Pflege und Kontrolle (ÖNORM L 1136, 2021). Aber auch weitere Regelwerke wurden berücksichtigt, z. B. das Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien) (BO FÜR WIEN).

Des Weiteren wurden die online verfügbaren Bibliotheksressourcen der Universität für Bodenkultur Wien verwendet (Bibliothekskataloge wie E-Books, E- Journals) sowie wissenschaftliche Datenbanken (z. B. ScienceDirect, Ö-NORMEN Portal). Darüber hinaus wurde über die Suchmaschine des Österreichischen Bibliothekenverbundes (OBV) sowie über Suchmaschinen für wissenschaftliche Literatur (z. B. Google Scholar) einschlägige Fachliteratur zusammengetragen.

Ergänzend dazu wurden nach MAYRING (1994) Informationen und Empfehlungen zu den Systemkomponenten von Produzent*innen, als auch Händler*innen zusammengetragen, die einzelne Komponenten sowie ganze Komplett-Systemlösungen im Bereich der Vertikalbegrünung anbieten (MAYRING, 1994:164).

Zu Beginn wurden übergeordnete Schlüsselwörter (Keywords) definiert. Diese wurden nach BERNINGER et al. (2017) weiter in Unterbegriffe, Synonyme und entsprechender englischsprachiger Übersetzung gegliedert. Dadurch konnten themenrelevante Information aus einem breiten Pool an wissenschaftlicher Literatur zusammenzutragen werden (BERNINGER et al., 2017:51).

2.2 Ergebnisse Systemkomponente Pflanztrog

Der Pflanztrog ist jenes Gefäß, in dem die Pflanzen der zu begrünenden Fassade (oder eines anderen Bauwerks) ihren Wuchsraum finden. Bis auf die obere Seite ist er komplett umschlossen, somit besteht für die Pflanzenwurzeln kein Kontakt zum darunterliegenden Boden. Lediglich kleine Öffnungen zur Ver- und Entsorgung der Pflanzen ergänzen diese eine obere Öffnung. Durch den fehlenden Bodenkontakt benötigen die Pflanzen eigens konzipierte Substrate, die im durchwurzelnbaren Raum für die Pflanzen ausreichend Nährstoffe und Wasser zur Verfügung stellen und speichern (ÖNORM L 1136, 2021:6).

2.2.1 Dimensionierung des Pflanztroges

Für die Festlegung wie groß der Pflanztrog sein soll muss zunächst der Platzbedarf für den Pflanztrog/die Pflanztröge am Gehsteig genauer betrachtet werden.

Hierfür ist die standortbezogene Bauordnung ein wichtiges Regelwerk. Der § 54 Abs 1 der BAUORDNUNG (BO) FÜR WIEN beispielsweise besagt, dass bei Neuerrichtungen von Bauwerken im Bauland (ebenso bei Zu- oder Umbauten) die Verpflichtung seitens des/der Eigentümer*in besteht, einen Gehsteig herzustellen. In Abstimmung zum **Bebauungsplan** bestimmt die Behörde dabei über Breite, Höhenlage und Bauart des Gehsteiges (BO FÜR WIEN). Dieses Gesetz betrifft Vertikalbegrünungen, die im Zuge von Neu-, Zu- oder Umbauten von Gebäuden mitgeplant werden. Die Differenz der gänzlichen Gehsteigbreite und der Mindestgehsteigbreite ergibt die Breite, die der Pflanztrog an der Fassade einnehmen darf. Soll ein bestehendes Gebäude mit einer troggebundenen Vertikalbegrünung begrünt werden, so richtet sich der mögliche Platzbedarf der Pflanztröge nach der vorgegebenen

bestehenden Gehsteigbreite. Diese wird in der **RVS 03.02.12**, der RVS-Richtlinie für Fußgänger*innenverkehr festgelegt (ÖFSV, 2004). In der Publikation „Fußverkehr in Zahlen“ vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) (2012) werden die Mindest- und Regelgehsteigbreiten von unterschiedlichen Gehweg-Hierarchiesystemen entsprechend der RVS 03.02.12 angegeben (siehe Tabelle 1). Auf Gehsteigen mit angrenzender Fahrbahn ($v \leq 50 \text{ km/h}$) z. B., ist eine Mindestgehsteigbreite von 1,50 m vorgegeben. Bei Gehsteigen mit angrenzender Fahrbahn ($v \geq 50 \text{ km/h bis } \leq 70 \text{ km/h}$) andererseits erhöht sich die Mindestgehsteigbreite auf 1,70 m. In der Regel werden die Gehsteige breiter ausgebaut als die Mindestbreite vorgibt (Regelbreite), damit sie bei der Begegnung mehrerer Fußgänger*innen (abhängig von der Frequenz) von allen Personen benutzt werden können (SCHWAB et al., 2012:42). HÄUSLER et al. (2003) ergänzt weiter, dass zur Steigerung der Qualität für Fußgänger*innen in Wien in Zukunft (also bei Neu-, Zu- oder Umbauten von Gebäuden) eine durchgehende Gehsteigmindestbreite von 2,0 m angestrebt wird (HÄUSLER et al., 2003:29).

Tabelle 1: Angaben zur Mindest- und Regelbreite von Gehsteigen nach der RVS-Richtlinie für Fußgänger*innenverkehr RVS 03.02.12.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 nach SCHWAB et al. 2012:42)

| Gehsteige - Mindestbreiten - Regelbreiten | | |
|---|-------------------|-----------------|
| Gehsteig - Nutzung | Mindestbreite (m) | Regelbreite (m) |
| In Wohnstraße | — | 2.0 |
| Neben Fließverkehr ($v \leq 50 \text{ km/h}$) | 1.5 | 2.3 |
| Neben Fließverkehr ($v \geq 50 \text{ km/h bis } \leq 70 \text{ km/h}$) | 1.7 | 2.5 |
| Neben Längsparkordnung | 1.5 | 2.0 |
| Neben Senkrecht- oder Schrägparkordnung | 1.7 | 2.5 |
| Neben Radweg | 1.5 | 2.3 |
| Begegnung zweier Fußgänger*innen | 1.5 | 2.0 |
| Engstellen oder Hindernisse (< 1 m Länge) | 0.9 | — |

Neben der Breite (Tiefe) des Pflanztroges ist auch die Höhe bei den rechtlichen Rahmenbedingungen zu beachten. Da die Begrünung im öffentlichen Raum steht und dadurch frei zugänglich ist, muss der Pflanztrog so hoch dimensioniert werden, dass er nicht als Aufstiegshilfe fungiert. Laut der ÖNORM L 1136 (2021) für Vertikalbegrünungen muss der Pflanztrog, wenn er am Gehsteig aufgestellt wird, eine Mindesthöhe von 60 cm aufweisen (ÖNORM L 1136, 2021:9).

Neben dem Platzbedarf und den baurechtlichen Regelungen des Standortes ist die Dimensionierung des Pflanztroges auch davon abhängig womit er befüllt wird. Grundsätzlich sollte zur Erfüllung des Begrünungszieles (ÖNORM L 1136, 2021:11) ein **mehrschichtiger Substrataufbau** geplant werden (ÖNORM L 1136:22). Grundsätzlich tragen die Drain-, Filter- und Speicherschicht sowie die Vegetationstragschicht wesentlich zur Dimensionierung des Pflanztroges bei.

In der **Dränschicht** ist nach ÖNORM L 1136 (2021) darauf zu achten, dass bei flächigem Wasseranbau der Abstand zwischen der Oberkante des Notüberlaufs (entspricht dem max. möglichen Wasserstand) und der Filterschicht mind. 8 cm beträgt.

Bezüglich der Dimensionierung des durchwurzelbaren Pflanzraumes in der **Vegetationstragschicht** empfiehlt die ÖNORM L 1136 (2021) für Kletterpflanzen bis 5 m zu erwartender Wuchshöhe der Pflanzen eine Mindestaufbauhöhe von 60 cm bzw. ein Mindestsubstratvolumen von 250 l pro Pflanze (siehe Tabelle 2). Bei niedrigeren Kletterpflanzen mit einer zu erwartenden Wuchshöhe bis zu 5 m reduziert sich die Mindestaufbauhöhe auf 40 cm bzw. das Mindestvolumen pro Pflanze auf 100 l (ÖNORM L 1136, 2021:23). Diese Werte können demnach als Mindestanforderung bei der Dimensionierung des Pflanztroges herangezogen werden, abhängig von der Pflanzenwahl und der zu erwartenden Wuchshöhe der Begrünung.

Tabelle 2: Einteilung der Mindestaufbauhöhe und Mindestvolumen/Pflanzen der Vegetationstragschicht bei Fassadenbegrünungen

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 nach ÖNORM L 1136 2021)

| Vegetationsform | zu erwartende Wuchshöhe (in m) | Mindestaufbauhöhe (in cm) | Mindestvolumen/Pflanze (in l) |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Mittelgroße Bäume und Großsträucher | > 5 | 120 | 2500 |
| Kleinbäume und Großsträucher | 3 - 5 | 80 | 500 |
| Kletterpflanzen | > 5 | 60 | 250 |
| Sträucher | bis 3 | 50 | 150 |
| Kletterpflanzen | bis 5 | 40 | 100 |
| Solitärstauden und Kleinsträucher | – | 30 | 20 |
| Stauden (als Unterpflanzung) | – | 30 | 1 |

2.2.2 Materialeigenschaften und -zusammensetzungen

Sind die örtlichen und baurechtlichen Gegebenheiten geklärt muss die Begrünung an ihrem Errichtungsort entsprechend der bauphysikalischen Gegebenheiten des zu begrünenden Gebäudes geplant werden. Sie sollte daher auf den projektierten Lebenszyklus der Fassade/des Mauerwerks abgestimmt werden, mindestens jedoch eine Lebensdauer von zehn Jahren haben (ÖNORM L 1136, 2021:8). Dies gilt auch für die Lebensdauer des Pflanztroges. Bei der konkreten Ausgestaltung des Pflanztroges ist drauf zu achten, dass dieser so konzipiert ist, damit die gesetzten Kletterpflanzen die optimalen Wachstumsbedingungen vorfinden, um das zu Beginn der Planung konzipierte Begrünungsziel auch erreichen zu können (ÖNORM L 1136, 2021: 11).

Der Pflanztrog muss bezüglich Materialwahl und Materialstärke gewisse Anforderungen erfüllen. Die folgende Tabelle 3 zeigt diese Anforderungen gemäß der ÖNORM L 1136 (2021) für Vertikalbegrünungen. So muss dieser standsicher am Standort aufgestellt sein. Außerdem muss er beständig gegenüber äußeren Einflüssen sein (z. B. Witterung, UV-Licht) sowie beständig gegenüber inneren Einflüssen, wie Wurzeldruck und Wurzelfestigkeit. Zum Schutz des Substrates und der Pflanzen muss das Material des Pflanztroges korrosionsbeständig sein, es darf keine lösliche Oberflächenbeschichtung oder pflanzenschädliche Substanzen enthalten.

Tabelle 3: Anforderungen des Pflanztroges bzgl. Materialwahl und –stärke nach ÖNORM L1136 (2021)
 (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach ÖNORM L 1136 2021)

| Beständigkeit von außen | Beständigkeit von innen |
|--|--|
| gegen Witterung | gegen Wurzel druck |
| gegen UV-Licht | Wurzelfestigkeit |
| Schutz für Substrat und Pflanzen | Bauphysik |
| Korrosionsbeständig | Stabilität gegenüber mechan. und chem. Einflüssen |
| ohne lösliche Oberflächenbeschichtung | Standicherheit (fixiert oder ausreichendes Gewicht) |
| frei von pflanzenschädlichen Substanzen | |

Materialien, die diese Anforderungen erfüllen sind beispielsweise Faserzement, Metalle, oder Kunststoffe. Ob diese Materialien die Mindestanforderungen nach der ÖNORM L1136 (2021) erfüllen muss mit den jeweiligen Produktdatenblättern der Hersteller*innen überprüft werden. Wichtig ist es, die jeweiligen Materialeigenschaften genau auf diese Anforderungen anzupassen. Ein Pflanztrog aus Metall beispielsweise kann zwar aus rostfreiem Stahl sein, jedoch benötigt er evtl. eine Dämmschicht zum Schutz der Pflanzenwurzeln gegen Witterungseinflüsse (vor allem gegen Hitze und Frost). Gleichzeitig muss die Materialstärke dem projektierten Füllgewicht standhalten. Schließlich soll sich der Pflanztrog nicht verformen (ÖNORM L 1136, 2021). OPTIGRÜN (2018) empfiehlt bei der Verwendung von Aluminium die Belastbarkeit gegenüber Salz- und Splittstreuung zu beachten sowie zur Sicherung der Stabilität Aussteifungen der Trogwand (z. B. eingeschweißte Knotenbleche) miteinzuplanen (OPTIGRÜN, 2018). Materialien wie Steinfaser (OPTIGRÜN, 2018) und Faserzement (ETERNIT, o. J.) stellen sehr nachhaltige und umweltverträgliche Materialien dar und sind zusätzlich wetterfest, bedürfen jedoch innenseitig einer wasserdichten Lackierung. Bei Faserzement erfolgt absolute Wasserdichtheit erst durch das Einlegen einer Teichfolie (ETERNIT, o. J.). Zudem sollte beim Transport das erhöhte Gewicht dieser beiden Materialien bedacht werden. Glasfaserverstärkter Polyester bietet den Vorteil des leichten Gewichtes und ist ebenfalls wasserdicht, witterungs- und säurebeständig (FORSTER BAUGRÜN AG, o. J.).

Ein weiterer wichtiger Faktor beim Gewicht ist die Standicherheit (ÖNORM L 1136, 2021:12, 22). Aus Gründen der Sicherheit müssen Pflanztröge im öffentlichen Raum entweder technisch fixiert werden, oder ein ausreichendes Gewicht haben, damit sie weder vom Wind, noch vom Menschen umgestürzt oder verstellt werden können (DIE UMWELTBERATUNG, 2022a).

2.2.3 Weitere Komponenten im Pflanztrog

Damit die Begrünung funktioniert, sind noch weitere Komponenten im Pflanztrog erforderlich. Für die Entwässerung von überschüssigem Wasser im Pflanztrog ist ein **Notüberlauf** am Trogboden erforderlich. Er ermöglicht zudem auch einen flächigen Wasseranstau in der Dränschicht. Damit das Wasser abrinnen kann muss der Pflanztrog leicht erhöht stehen, z. B. auf **druckfesten Unterlagsstreifen** (OPTIGRÜN, 2018). Die Firma Optigrün verwendet hierfür z. B. 20 mm dicke Hartschaumstreifen (OPTIGRÜN 2018). Unterschiedlich dicke Unterlagsstreifen können zudem auch Unebenheiten des Bodens ausgleichen und damit die **Standsicherheit** gewährleisten (DIE UMWELTBERATUNG, 2022a).

Neben der Wasserbevorratung im Pflanztrog durch die Wasserspeicherung im Pflanzsubstrat müssen Vertikalbegrünungen bedarfsgerecht **bewässert** werden (ÖNORM L 1136, 2021:14). Das Bewässerungswasser sollte hierfür den Anforderungen gemäß ÖNORM L 1112 (2010), Anforderungen an die Bewässerung von Grünflächen, entsprechen. Der optimale Zeitpunkt dafür ist kurz vor Erreichen des Welkepunktes der Pflanzen (ÖNORM L 1112, 2010:4).

Die Bewässerung kann entweder manuell erfolgen (Gießkanne, Gartenschlauch) oder mittels einer Bewässerungsanlage. Bei ersterem sollte ein Wasserstandsanzeiger im Pflanztrog integriert sein (DIE UMWELTBERATUNG, 2022b). Das gewährleistet eine bedarfsgerechte Bewässerung orientiert am tatsächlichen Wasserbedarf der Pflanzen und vermeidet den Abfluss von überschüssigem Gießwasser (KRAUS et al., 2019:72). Bei Verwendung einer automatischen Bewässerungsanlage wird die Bewässerung über eine Zeitschaltuhr oder einen Bewässerungscomputer durchgeführt. Ein vorhandener Wasseranschluss am Gebäude ist hierfür notwendig (DIE UMWELTBERATUNG, 2022b). Die Dimensionierung und Anzahl der Wasserzuleitungen bzw. der notwendige Wasserdruck sind projektspezifisch in Abhängigkeit der baulichen Gegebenheiten von Fachpersonal zu planen. Bei der Auswahl der Materialien ist auf deren UV-Beständigkeit, Druckfestigkeit und thermische Belastung zu achten (ÖNORM L 1136, 2021:14).

2.3 Ergebnisse Systemkomponente Substrat

Nach der äußeren Hülle – dem Pflanztrög – wird in diesem Kapitel dessen Füllung näher betrachtet. Zunächst wird der mehrschichtige Aufbau beschrieben und anschließend die Eigenschaften des Pflanzsubstrates der Vegetationstragschicht.

2.3.1 Mehrschichtiger Aufbau

Der Boden beschreibt den äußersten Teil der Erdkruste. Er ist ein Ökosystem indem vier Sphären aufeinandertreffen und miteinander agieren. Die **Lithosphäre** stellt die Gesteine mit ihrer Textur und ihren Mineralien zur Verfügung, aus denen die meisten Böden entstanden sind. Im luftgefüllten Porenraum findet der Gasaustausch über die **Atmosphäre** statt. Böden können Wasser speichern oder auch in untere Schichten weiterleiten. Das ist der Bereich der **Hydrosphäre**. Nicht zuletzt bildet der Boden durch diese Überschneidungszonen einer Vielzahl von Lebewesen einen Lebensraum. Pflanzen können im Boden wachsen, aber auch Bodenlebewesen finden in dieser **Biosphäre** ihren Platz. Die Überschneidung dieser vier Sphären und ihrer Prozesse darin ergeben eines der komplexesten Ökosysteme der Erde (DON & PRIETZ, 2019:5).

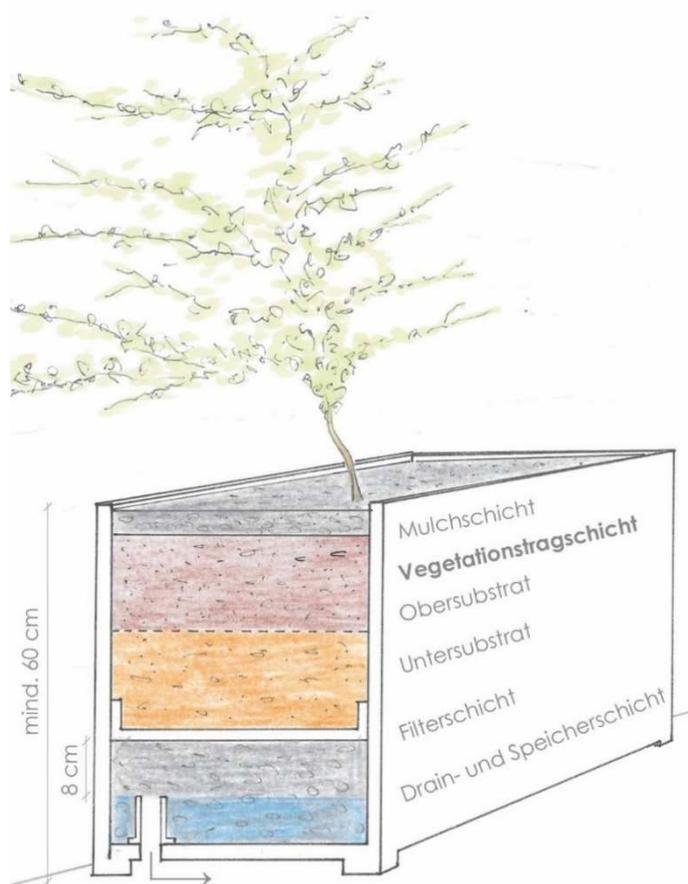


Abb. 4: Beispiel mehrschichtiger Substrataufbau im Pflanztrög (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach ÖNORM L 1136 2021)

Eine Vertikalbegrünung mit Pflanztrögen unterliegt in Bezug auf den Boden gewissen Einschränkungen. Da es keinen Bodenkontakt gibt, sind die Pflanzenwurzeln auf das vorhandene Substrat angewiesen, das sie zur Verfügung haben. Bei Vertikalbegrünungen werden daher anstatt normaler Pflanzerde eigens entwickelte und geprüfte Substratmischungen verwendet. Diese kommen im mehrschichtigen Aufbau in der Vegetationstragschicht zum Einsatz (siehe Abb. 4). Dabei wirken sich die Boden- bzw. Substrateigenschaften unmittelbar auf das Pflanzenwachstum aus. Nach der ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) soll die Vegetationstragschicht bei troggebundenen Vertikalbegrünungen entsprechend der ÖNORM L 1131 zur Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken (2010) angelehnt an die Intensivsubstrate ausgeführt werden (ÖNORM L 1136, 2021:23).

Neben der Vegetationstragschicht erfüllen auch die anderen Schichten wichtige Funktionen. Denn genauso wie im gewachsenen Boden benötigen auch Kletterpflanzen in einem Pflanztrug bestimmte Bereiche, die bestimmte Funktionen erfüllen (ÖNORM L 1136, 2021).

Ganz unten im Pflanztrug befindet sich die **Drain-, Filter- und Speicherschicht**. Sie speichert Wasser, durchlüftet und verhindert das Auswaschen und Verschlämmen von Feinanteilen der darüber liegenden Schichten (ÖNORM L 1136, 2021:23).

In der **Drainschicht** wird überschüssiges Wasser aus dem wassergesättigten Substratboden abgeleitet (Notüberlauf). Es ist jedoch auch ein **flächiger Wasseranstau** möglich. Für die wasserspeichernde Funktion können kornabgestufte, offenporige Schüttstoffe verwendet werden (ÖNORM L 1136, 2021:23), wie z. B. gebrochener Blähton, Blähschiefer, Lava oder auch Recycling Schüttstoffe wie Ziegelbruch (ÖNORM L 1131, 2010:22). Bei geringeren Tiefen des durchwurzelbaren Raumes können auch Drain- und Speicherelemente verwendet werden (ÖNORM L 1136, 2021:23), z. B. Dränmatten aus Fadengeflecht, Kunststoffnoppen, Strukturvlies oder Dränplatten aus Kunststoffnoppen oder Profilplatten aus Hartkunststoff (ÖNORM L 1131, 2010:22).

Für die **Filterschicht** werden meist Filtervliese verwendet (ÖNORM L 1136, 2021:23). Sie trennen das Vegetationssubstrat von der Drän- und Speicherschicht und verhindern dadurch das Einschlämmen von Feinanteilen. Das ist wichtig, damit die Poren der Drän- und Speicherschicht nicht verstopfen und ihre Funktion aufrechterhalten bleibt. Sie müssen jedoch gleichzeitig so durchlässig sein, damit der Wasser- und Luftaustausch aufrechterhalten bleibt. Ebenso müssen auch die Pflanzenwurzeln in die Dränschicht hinunterwachsen können, denn die wasserspeichernde Schicht gehört ebenso zum nutzbaren Bereich für die Pflanzen wie die Vegetationstragschicht (ÖNORM L 1136, 2021:23). Das ist gerade während Trockenperioden essentiell für die Pflanzen (ÖNORM L 1136, 2021:6).

Darauf befindet sich die **Vegetationstragschicht**. Sie bildet den durchwurzelbaren Raum und gibt den Pflanzen einerseits Stabilität und stellt andererseits Nährstoffe für die Pflanzen zur Verfügung. Die Vegetationstragschicht wird, abhängig von der Bepflanzung, einschichtig oder mehrschichtig ausgeführt. Sie bildet, zusammen mit der Dränschicht, den durchwurzelbaren Raum der Pflanzen und damit jenen Raum, der Wasser und Nährstoffe für das Pflanzenwachstum bereitstellt (ÖNORM L 1136, 2021:6).

Die oberste Schicht bildet die **Mulchsicht**. Ihre Hauptaufgabe ist der Schutz vor Evaporation (Verdunstung) des Wassers aus der Vegetationstragschicht (ÖNORM L 1136:22f).

2.3.2 Substrateigenschaften

Bei den Substrateigenschaften werden einerseits die physikalischen Eigenschaften, als auch die chemischen Eigenschaften beschrieben.

Physikalische Eigenschaften des Pflanzsubstrates

Nach der ÖNORM L 1136 (2021) für Vertikalbegrünungen muss das Substrat der Vegetationstragschicht bestimmte physikalische Eigenschaften erfüllen (ÖNORM L 1136, 2021:23). Diese sind in der ÖNORM L 1131 (2010) zur Begrünung von Dächern und Decken von Bauwerken, angelehnt an Vegetationssubstrate für Intensivbegrünungen, wie in der folgenden Tabelle 4 abgebildet. Bei der Korngrößenverteilung darf der Ton- und Schluffgehalt ($d \leq 0,063$ mm) nur max. 20 % der Masse betragen, um ein Ausschleppen der Feinanteile zu verhindern. Gleichzeitig darf das Substrat nicht verschlämmen, daher sollte eine Wasserdurchlässigkeit von 0,3 mm/min (entspricht einem k_F -Wert von $\geq 0,005$ cm/s) gegeben sein. Zur Wasserbevorratung sollte das Substrat an sonnigen Standorten 450 ml/l bis 650 ml/l (entspricht 45 % - 65 % des Volumens) Wasser speichern können. Außerdem kann die Verwendung gebrochener Körnungen die Struktur- und Lagerungsstabilität erhöhen und ein entsprechendes Luftvolumen (mind. 100 ml/l bei max. Wasserkapazität) den Gasaustausch im Bereich der Pflanzenwurzeln verbessern (ÖNORM L 1131, 2010). Zur Strukturstabilität empfiehlt OPTIGRÜN (2015) das Substrat beim Einbau bei entsprechendem Verdichtungsfaktor zu verdichten. Dies gilt es auch bei der Berechnung des benötigten Volumens zu berücksichtigen (OPTIGRÜN, 2015).

Tabelle 4: Physikalische Eigenschaften von Pflanzsubstraten nach der ÖNORM L 1131 (2010) zur Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach ÖNORM L 1131 2010)

| PFLANZSUBSTRAT - Physikalische Eigenschaften | | | |
|--|---|--|---|
| Korngrößenverteilung | | Wasserdurchlässigkeit | |
| Tongehalt ($d < 0,002$ mm) | soll 3 % - 10 % der Masse betragen | Bestimmung der Wasserinfiltrationsrate (k_F -Wert) | |
| Schluffgehalt ($d = 0,002$ mm bis $< 0,063$ mm) | soll 10 % - 17 % der Masse betragen | k_F soll $\geq 0,005$ cm/s bzw. 0,3 mm/min sein | |
| Ton- und Schluffgehalt zusammen ($d \leq 0,063$ mm) | darf max. 20 % der Masse betragen | Messung mittels Doppelring-Infiltrrometer | |
| (ÖNORM L 1131, 2010:28) | | (ÖNORM L 1131, 2010:31) | |
| Frostbeständigkeit | | Wasserkapazität (Wasserspeicherfähigkeit) | |
| Mineralische Anteile des Substrates müssen gem. ÖNORM B 2606-2 (2000) frostbeständig sein | | Das Substrat soll 450 ml/l bis 650 ml/l Wasser speichern können (45 % - 65 % des Volumens) | |
| ist das nicht der Fall müssen Wasserkapazität, Luftvolumen und Wasserdurchlässigkeit den Anforderungen entsprechen | | bei Begrünungen an schattigen Standorten (z. B. nördl. exponiert) sind niedrigere Werte zulässig | |
| (ÖNORM L 1131, 2010:30) | | (ÖNORM L 1131, 2010:31) | |
| Struktur- und Lagerungsstabilität | | Luftvolumen | |
| abhängig von Korngrößenverteilung und Kornform | | mind. 100 ml/l (10 % des Volumen) -> bei max. Wasserkapazität | |
| gebrochene Körnungen erhöhen Struktur- und Lagerungsstabilität | | Bei einer Saugspannung des Bodenwassers (pF-Wert) von pF = 1,8 sollen folgende Werte eingehalten werden: | 150 ml/l (15 % des Volumens) -> bei Bodengemischen |
| Einhaltung der Werte bei Substratabsenkungen (Reduzierung der Nennschichtdicke) | ≤ 50 cm Schichtdicke nicht mehr als 10 % Absenkung | (ÖNORM L 1131, 2010:32) | 200 ml/l (20 % des Volumens) -> bei Schüttstoffgemischen |
| (ÖNORM L 1131, 2010:31) | > 50 cm nicht mehr als 5 cm Absenkung | | |

Chemische Eigenschaften des Pflanzsubstrates

Im Substratboden müssen bzw. können die chemischen Eigenschaften so konzipiert werden, damit sie den Anforderungen des Begrünungsziels gerecht werden. Denn jede Pflanzenart stellt unterschiedliche Ansprüche an die Art und Menge der verfügbaren Nährstoffe im Boden. Die ÖNORM L 1136 (2021) für Vertikalbegrünungen bezieht sich auch bei den chemischen Eigenschaften der Vegetationstragschicht (siehe Tabelle 5) auf die ÖNORM L 1131 zur Begrünung von Dächern und Decken von Bauwerken (2010) analog zu Vegetationssubstraten für Intensivbegrünungen (ÖNORM L 1136, 2021:23).

Der Gehalt an organischer Substanz sollte bei Schüttstoffgemischen zwischen 8 % bis 15 % der Masse betragen (ÖNORM L 1131, 2010). ZINCO (2016) empfiehlt zusätzlich einen produktabgestimmten Langzeitdünger (ZINCO, 2016). Liegt die geplante Schichtdicke der Vegetationstragschicht höher als 40 cm, so ist der zusätzliche Einbau eines Untersubstrates (geringerer Anteil organischer Substanz) notwendig. Für den Gehalt pflanzenverfügbarer Nährstoffe empfiehlt die ÖNORM L 1131 (2010) bei Stickstoff (N) einen Gehalt von 50 mg/l bis 400 mg/l, bei Phosphat (P_2O_5) 50 mg/l bis 800 mg/l, bei Kaliumoxid (K_2O) 60 mg/l bis 1.500 mg/l und bei Magnesium (Mg) 50 mg/l bis 160 mg/l. Für die Nährstoffaufnahme ist auch das Verhältnis zwischen Kohlenstoff (C) zu Stickstoff (N) essentiell ($C : N = \text{max. } 15 : 1$) sowie der pH-Wert (5,5 – 8,0) und die Adsorptionskapazität (ÖNORM L 1131, 2010). Der Salzgehalt spielt bei der Pflanzenauswahl eine relevante Rolle, denn viel Pflanzen können sich, abhängig von ihrem Toleranzbereich, nur bis zu einer gewissen Salzkonzentration optimal entwickeln (FLL, 2018). Der Salzgehalt darf max. 6 g/l betragen, bei salzempfindlichen Pflanzen nur max. 1,0 g/l (ÖNORM L 1131, 2010).

Tabelle 5: Chemische Eigenschaften von Pflanzsubstraten nach der ÖNORM L 1131 (2010) zur Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach ÖNORM L 1131 2010)

| PFLANZSUBSTRAT - Chemische Eigenschaften | | | |
|--|----------------------|--|------------------------|
| Gehalt organische Substanz | | Gehalt pflanzenverfügbarer Nährstoffe | |
| Bodengemische | 5 % - 10 % der Masse | Stickstoff (N) | 50 mg/l bis 400 mg/l |
| Schüttstoffgemische | 8 % - 15 % der Masse | Phosphat (P_2O_5) | 50 mg/l bis 800 mg/l |
| Vegetationstragschichten > 40 cm werden in Obersubstrat (40 cm Tiefe) und Untersubstrat geteilt. | | Kaliumoxid (K_2O) | 60 mg/l bis 1.500 mg/l |
| Anteil organische Substanz Untersubstrat: < 8 % der Masse | | Magnesium (Mg) | 50 mg/l bis 160 mg/l |
| (ÖNORM L 1131, 2010:30) | | (ÖNORM L 1131, 2010:32) | |
| C/N-Verhältnis | | Salzgehalt | |
| Verhältnis Kohlenstoff zu Stickstoff | | Der Salzgehalt darf max. 6 g/l betragen. | |
| max. 15 (unabhängig v von Begrünungs- und Substratart | | Bei Verwendung salzempfindlicher Pflanzen max. 1,0 g/l | |
| (ÖNORM L 1131, 2010:33) | | (ÖNORM L 1131, 2010:32) | |
| Adsorptionskapazität | | pH-Wert | |
| mind. 140 mmolc/l bei Bodengemischen | | Der pH-Wert soll zwischen 5,5 – 8,0 liegen | |
| mind. 120 mmolc/l bei Schüttstoffgemischen mit organischer Substanz | | (ÖNORM L 1131, 2010:32) | |
| (ÖNORM L 1131, 2010:33) | | | |

2.4 Ergebnisse Systemkomponente Kletterhilfe

Neben dem Pflanztrog und dessen technischen Aufbau, ist die Kletterhilfe eine weitere wesentliche Komponente bei einer troggebundenen Vertikalbegrünung. In diesem Kapitel wird hierzu zunächst die Anforderungen an die Fassade beschrieben und für welche Fassadentypen die jeweiligen Kletterpflanzen geeignet sind. Danach wird auf die Arten und Eigenschaften verschiedener Kletterhilfen eingegangen und aufgezeigt, welche Kletterhilfen auf die jeweilige Kletterstrategie der Pflanzen und damit auf das Pflanzenwachstum abgestimmt sind.

2.4.1 Anforderungen an die Fassade

Vor der Bepflanzung muss an der Fassade untersucht werden, ob diese für die Begrünung geeignet ist bzw. ob Aufbesserungsarbeiten durchgeführt werden müssen. Insbesondere ist bei der Bauwerkskonstruktion auf die Eignung des Mauerwerks zu achten, denn nicht jede Fassade kann begrünt werden (ÖNORM L 1136, 2021:13). Zusätzlich muss die Tragfähigkeit der Bauwerkskonstruktion geprüft werden sowie eine Einbautenerhebung auf verbaute Infrastruktur im Boden und in der Gebäudewand durchgeführt werden (ÖNORM L 1136, 2021:13).

In den folgenden Tabellen 6 und 7 werden verschiedene Arten von gedämmten und ungedämmten Außenwänden und Fassaden vorgestellt, die sich gemäß der FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) für die Begrünung mit Kletterpflanzen eignen. Die Tabellen zeigen auf, dass Fassadenbegrünungen mit Selbstklimmern vorwiegend für massive Außenwände, z. B. aus Beton oder Mauerwerk, geeignet sind, sofern etwaiger Verputz oder Deckbelag fugenlos und intakt ist. Andere Bauweisen und Materialien würden über Dehnungsfugen sowie Öffnungen zur Belüftung oder Entwässerung Fugeneinwurzeln der Haftorgane bei Selbstklimmern begünstigen und erfordern daher eine separate Pflanzenebene (FLL, 2018:29ff).

Begrünungen mit Gerüstkletterpflanzen eignen sich für fast alle Arten von Wandaufbauten. Wichtig ist, dass die Kletterhilfen im statisch wirksamen Bereich verankert werden (z. B. bei Ständer- und Fachwerkbauweise statisch wirksam im Holzskelett) bzw. bei gedämmten Außenwänden Wärmebrücken für die Verankerung von Kletterhilfen zu vermeiden und auf einen ausreichenden Abstand der Pflanzenebene zur Fassade zu achten (Luftzirkulation, Abtrocknen der Fassade) (FLL, 2018:29ff).

Unabhängig von der Begrünungsart (mit Selbstklimmern oder Gerüstkletterpflanzen) gilt es im Vorfeld alle Materialien der Außenwand zu überprüfen und abzuklären, ob etwaige Oberflächenbehandlungen pflanzenverträglich sind (z. B. Biozide oder Alkalität von Beton) (FLL, 2018:32,34).

Tabelle 6: Arten von ungedämmten Außenwänden und deren Eignung zur Begrünung mit Selbstklimmern und Gerüstkletterpflanzen.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL 2018:29ff)

| UNGEDÄMMTE AUSSENWÄNDE | | |
|---|--|----|
| Massive Wandaufbauten | Ortbeton- und Betonfertigteilwände | SK |
| | | GK |
| | Sichtmauerwerk-Fassaden | SK |
| | | GK |
| | Beton- oder Mauerwerkswände mit Verputz (intakt) | SK |
| | | GK |
| | Beton- oder Mauerwerkswände mit Streichbeschichtung und Plattenbelag | SK |
| | | GK |
| Ständer- und Fachwerkbauweise | Holzskelett-Bauweise | SK |
| | | GK |
| | Metallskelett-Bauweise | SK |
| | | GK |
| Lufkkollektor-Fassaden zur Direkterwärmung der Wand | Vorfassaden mit Glas- oder Kunststoffelementen | SK |
| | | GK |
| | Vorfassade als Folienkonstruktion | SK |
| | | GK |

| |
|-----------------------------|
| LEGENDE |
| geeignet |
| bedingt geeignet |
| nicht geeignet |
| SK... Selbstklimmer |
| GK... Gerüstkletterpflanzen |

Tabelle 7: Arten von gedämmten Außenwänden und deren Eignung zur Begrünung mit Selbstklimmern und Gerüstkletterpflanzen.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL 2018:29ff)

| GEDÄMMTE AUSSENWÄNDE | | | |
|--|--|---|----|
| Massive Wandaufbauten | Wärmedämmbeton | SK | |
| | | GK | |
| | Leichtbeton - oder porosiertes Ziegel-Mauerwerk | SK | |
| | | GK | |
| | Beton- oder Mauerwerkswände mit Verputz (intakt) | SK | |
| | | GK | |
| | Beton- oder Mauerwerkswände mit Streichbeschichtung und Plattenbelag | SK | |
| | | GK | |
| Ständer- und Fachwerkbauweise | Glas- oder Kunststoff-Fassaden | SK | |
| | | GK | |
| | Folienkissen-Konstruktionen | SK | |
| | | GK | |
| | Sandwichpaneele (Glas, Metall/Bleche, Kunststoff) | SK | |
| | | GK | |
| gedämmte Fachwerkwände | SK | | |
| | GK | | |
| Pfosten-Riegelbauweise mit Strohlehm-Ausfachung | SK | | |
| | GK | | |
| Mehrschalige nicht hinterlüftete Wandaufbauten | Außenschale aus Ortbeton oder Beton-Fertigteilen | SK | |
| | | GK | |
| | mit Kerndämmung | Sichtmauerwerk-Außenschale | SK |
| | | GK | |
| | | Außenschale aus Mauerwerk oder Beton, zusätzliche Sichtbelegung | SK |
| | | GK | |
| | mit Außendämmung | Außenschale aus Mauerwerk oder Beton, zusätzlicher Außenputz | SK |
| | | GK | |
| | | Wärmedämmverbund-system (WDVS) auf tragender Wand | SK |
| | | | GK |
| Transparente Wärmedämmung (TWD) vor wärmespeichernder Massivwand | SK | | |
| | GK | | |

| GEDÄMMTE AUSSENWÄNDE | | |
|---|---|----|
| mehrschalige hinterlüftete Wandaufbauten | massive Außenschale aus Ortbeton oder Betonfertigteilen | SK |
| | | GK |
| | massive Außenschalen aus Sichtmauerwerk | SK |
| | | GK |
| | Außenschalen aus Stein, Holz- oder Holzwerkstoffen | SK |
| | | GK |
| | Vorsatzschalen aus Metall, Kunststoff, Glas, Verbundwerkstoffen | SK |
| | | GK |
| Verbundpaneele mit Photovoltaik | SK | |
| | GK | |
| Folien-Vorfassaden, Gewebe-Vorfassaden | SK | |
| | GK | |
| Luftkollektor-Fassade | Glas-, Kunststoffglas-Vorfassaden | SK |
| | | GK |
| | Folien-Vorkonstruktionen | SK |
| | | GK |
| | Absorptions-optimierte Metallblech-Oberflächen | SK |
| | | GK |
| Keramische Materialien, Verbundwerkstoffe, Natur-/Betonwerksteinplatten | SK | |
| | GK | |

| LEGENDE | |
|-----------------------------|--|
| geeignet | |
| bedingt geeignet | |
| nicht geeignet | |
| SK... Selbstklimmer | |
| GK... Gerüstkletterpflanzen | |

2.4.2 Arten und Eigenschaften von Kletterhilfen

Eine Kletterhilfe ist eine seil-, gitter-, oder netzartig montierte Einrichtung, die an der Fassade bzw. am Mauerwerk fachgerecht montiert wird, um den wachsenden Kletterpflanzen Halt zu geben beim Bewuchs und der Begrünung der Fassade. Dazu werden zunächst in der Fassadenwand Verankerungen form- und stoffschlüssig (kraftschlüssig) in die tragfähige Bauwerksschicht der zu begrünenden Fassade angebracht (FLL, 2018:81). Hierbei ist auf die Vermeidung von Wärmebrücken zu achten (ÖNORM L1136, 2021:20). Auf diese Anker werden Halterungen montiert, die den pflanzenspezifischen Abstand der Kletterhilfe (Seil, Gitter, Netz) zur Fassade ermöglichen (FLL, 2018:82). Beide gemeinsam (Verankerung und Halter) können die auftretenden Lasten sowie auftretende Schwingungen der Vertikalbegrünung aufnehmen und in die Fassade bzw. ins Tragwerk einleiten (ÖNORM L1136, 2021:20).

Die Dimensionierung der Kletterhilfen erfolgt entsprechend der zu erwartenden, mittleren Wuchshöhe bzw. entsprechend der Wuchsstärke (jährlicher Zuwachs) der Pflanzen. Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) empfiehlt bei vertikal ausgeführten Wuchsleitungen (z. B. mit Drahtseilen) eine Höherdimensionierung der Kletterhilfe um einen Jahreszuwachs im Vergleich zur geplanten Wuchshöhe der Begrünung (FLL, 2018:84). Der Abstand der Kletterhilfe zur Fassade muss mindestens 8 cm betragen (ÖNORM L1136, 2021:19) und richtet sich nach dem maximal zu erwarteten Triebdurchmesser am Wurzelhals. Hierfür wird die Hälfte der Triebdicke am Wurzelhals herangezogen. In der Praxis werden Abstände zwischen 8 cm bis 20 cm ausgeführt (FLL, 2018:86).

Für die Auswahl der entsprechenden Kletterhilfe bei Gerüstkletterpflanzen, ist zunächst das Wissen über deren Kletterstrategie notwendig. Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) unterteilt in drei Gruppen: Schlinger/Winder, Ranker und Spreizklimmer (siehe Tabelle 8) (FLL, 2018:54).

Tabelle 8: Kletterformen von Gerüstkletterpflanzen (Schlinger/Winder, Ranker, Spreizklimmer) und deren Anforderungen an die Kletterhilfen.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach FLL 2018:54)

| GERÜSTKLETTERPFLANZEN - KLETTERFORMEN | | | | |
|---------------------------------------|--|--|-------------------|--|
| Gruppen | SCHLINGER/WINDER (S) | RANKER (R) | | SPREIZKLIMMER (K) |
| | | Blattstielranker (RH) | Sprossranker (RS) | |
| Bsp. | <i>Actinidia chinensis</i> | <i>Clematis sp.</i> | | <i>Jasminum nudiflorum</i> |
| KLETTER-STRATEGIE | schraubenförmige Windebewegung des Pflanzensprosses um die Kletterhilfe. Vereinzelt Ausbildung von Kletter- oder Klimmhaaren. | bilden fadenförmige, verzweigte oder unverzweigte Greif- oder Halteorgane, die sich kreisend bewegen und bei Berührungszreiz die Kletterhilfe umwickeln. | | bilden lange, dünne Triebe in vertikaler UND horizontaler Richtung aus, stützen diese Triebe auf Kletterhilfe auf. Zusätzlich Ausbildung von sich spreizenden, widerhakenähnlichen Seitentrieben, Borstenhaaren, Stacheln, hakenähnlichen Dornen. |
| ANFORDERUNG KLETTERHILFE | <ul style="list-style-type: none"> Möglichkeit der Umwindbarkeit der Kletterhilfe (Dauer Umkreisung der Triebspitze in Abhängigkeit zum Längenwachstum) Runde Profile/Seile \varnothing min. 4 mm bis max. 50 mm evtl. Abrutschsicherung (bis natürl. Halt durch sek. Dickenwachstum). Abstand zur Fassade min. 10 cm | <ul style="list-style-type: none"> Möglichkeit des Umwickelns der Kletterhilfe. Runde Profile/Seile (Umfang \leq 30 mm bzw. $\varnothing \leq$ 10 mm) bevorzugt filigrane Strukturen, z. B. Netz- oder Gitterstrukturen regelmäßiger Rückschnitt ermöglicht Platz für neue Ranken auf der Kletterhilfe | | <ul style="list-style-type: none"> waagerechte Profile/Seile rechtwinkelige Gitter oder Netze vertikal leitende Kletterhilfen nur mit zusätzlichem Anbinden der Triebe. |

Kletterpflanzen der Kategorie Schlinger und Winder, Ranker sowie Spreizklimmer benötigen zum Erklimmen der Fassade eine Kletterhilfe (FLL, 2018:81). Diese muss einerseits der Pflanzenphysiologie (Art der Kletterhilfe und Materialität) und andererseits den bauphysikalischen Eigenschaften der Fassade entsprechen. Laut der ÖNORM L 1136 (2021) für Vertikalbegrünungen müssen die Kletterhilfen witterungsbeständig sein und dürfen keine löslichen Oberflächenbeschichtungen enthalten. Alle metallischen Bestandteile müssen mind. der Korrosivitätskategorie C5 (hohe Schutzdauer) gemäß der ÖNORM EN ISO 12944-6 entsprechen. Ebenso müssen die notwendigen Nägel, Schrauben oder Nieten zur Montage der Kletterhilfe aus rostfreien Materialien bestehen (z. B. rostfreier Stahl, Kupfer, Aluminium, feuerverzinkter Stahl) und deren Eignung muss durch einen Nachweis belegt werden (ÖNORM L 1136, 2021:12f).

Neben der pflanzentauglichen Materialbeständigkeit sind ebenfalls die statischen Anforderungen wie Eigen-, Schnee-, Eis- und Windlasten, die auf die Wand künftig einwirken, bzw. Materialspannungen der Kletterhilfen zu berücksichtigen (ÖNORM L 1136, 2021:12).

Die Kletterhilfen können, abhängig von der Kletterstrategie, aus Stab-, Seil- und Rohrkonstruktionen sowie aus Gittern oder Netzen bestehen. Deren Anordnung bzw. Abstände hängen von der jeweiligen Kletterform bzw. der Pflanzenart ab (FLL, 2018:85).

In der **Kategorie Schlinger/Winder** benötigen die Pflanzen für ihre vertikale, schraubenförmige Windebewegung eine umwindbare Kletterhilfe, z. B. runde Stab-, Seil- und Rohrkonstruktionen, sowie Rankgitter und -netze (FLL, 2018:85). Die ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) empfiehlt für Pflanzen dieser Kategorie die Verwendung von Seilen als Kletterhilfe, wobei die Distanzhalter zwischen Fassade und Rankseil als Abrutschsicherung fungieren (ÖNORM L 1136, 2021:19). Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) ergänzt hierzu weiter, für die lineare Wuchslenkung der Pflanzen die Stab-, Seil- oder Rohrkonstruktionen mehrachsig parallel in einem Abstand zwischen 20 – 80 cm anzuordnen. Querverbindungen können bei glatten Oberflächen der vertikalen Profile/Seile bzw. aus statischen Gründen (Lastenverteilung) sinnvoll sein. Der Durchmesser der Profile/Seile selbst sollte 0,4 – 5 cm betragen (FLL, 2018). JAKOB AG (2021) empfiehlt bei der Verwendung von Starkschlingern mit einer projektierten Wuchshöhe bis zu 20 m (z. B. *Wisteria floribunda*) die Verwendung einzelner Rankstäbe aus Stahl mit entsprechendem Durchmesser. Dadurch können Verformungen/Quetschungen der Kletterhilfe aufgrund des Dickenwachstums des Stammes vermieden werden (JAKOB AG, 2021).

Bei der Verwendung von Pflanzen der **Kategorie Ranker (Blattranker und Blattstielranker)** empfiehlt die ÖNORM L 1136 (2021) Ranknetze als geeignete Kletterhilfe mit einer Mindestmaschenweite von 15 cm (ÖNORM L 1136, 2021:19). Auch die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) empfiehlt hier die Verwendung von Rankgittern oder Ranknetzen. Der Durchmesser der verwendeten Profile richtet sich hierbei nach der artspezifischen Rankenlänge der Pflanzen (1 – 10 cm Ranklänge entspricht 0,3 – 3 cm Ø Gitterprofil/Netz). Eine Mindestmaschenweite von 15 x 15 cm wird auch hier empfohlen und reicht bis ca. 40 x 40 cm (abhängig von Wüchsigkeit der Jungtriebe) (FLL, 2018:85). **Ranknetze**, gefertigt als Drahtnetze aus nicht rostendem Stahl, können beispielsweise über Tragseile (Hilfsseile, Randseile) in entsprechendem Abstand an die Fassade gespannt werden. Die statischen Lasteinwirkungen verlaufen dabei über die kraftschlüssig montierten Distanzhalter. Eine optimale Tragfähigkeit eines Ranknetzes wird auf einer Wandkonstruktion aus Beton erreicht. Andere Wandaufbauten (z. B. Wärmedämm-Verbundsystem) reduzieren die Tragfähigkeit. Maschenweite sowie Dimensionierung der Distanzhalter können pflanzenspezifisch adaptiert werden (JAKOB AG, 2021). Der Einsatz von **Rankgittern** aus GFK-Rundprofilen eignet sich besonders bei Mauerwerk mit Wärmedämm-Verbundsystemen sowie vorgehängten hinterlüfteten Fassaden, da hier keine Spannkraften auf die Distanzhalter aufgrund gespannter Tragseile auftreten (DACHGRÜN GMBH, 2015). VERTIKO GMBH (2021b) empfiehlt hier kleinere Feldweiten auszuwählen, da Kletterpflanzen der Kategorie Ranker kleinere Feldweiten bevorzugen (VERTIKO GMBH, 2021b).

Für die **Kategorie Spreizklimmer** gibt es keine Empfehlungen zur Kletterhilfe gemäß der ÖNORM L 1136 (2021). Die FLL-Richtlinie (2018) empfiehlt bei Pflanzen dieser Kategorie Rankgitter oder -netze in horizontaler, kreuzweiser oder diagonaler Ausrichtung. Der Abstand zwischen den horizontalen Profilen/Seilen sollte zwischen 30 – 40 cm liegen, die Maschenweite zwischen 25 x 25 cm und 45 x 45 cm (FLL, 2018:85).

Ranknetze bestehen aus einem Drahtnetz aus nicht rostendem Stahl (\varnothing 2 mm), wobei die einzelnen, sich kreuzenden Drähte mittels Metallhülsen kraftschlüssig miteinander zu Maschen verbunden sind. Dieses Netz wird mittels Tragseile (Hilfsseile, Randseile) aus nicht rostendem Stahl auf Distanzhaltern an der Fassade gespannt befestigt. Ranknetze eignen sich besonders für großflächige Begrünungen mit Pflanzen der Kletterstrategie Ranker sowie Schlinger/Winder, jedoch weniger für Starkschlinger (z. B. *Wisteria sinensis*). Eine optimale Tragfähigkeit eines Ranknetzes wird auf einer Wandkonstruktion aus Beton erreicht. Andere Wandaufbauten (z. B. Wärmedämm-Verbundsystem) reduzieren die Tragfähigkeit. Maschenweite sowie Dimensionierung der Distanzhalter können pflanzenspezifisch adaptiert werden. Gesamt kann das Ranknetz eine Größe von 50 m² (L x H) abdecken (JAKOB AG, 2021).

2.5 Ergebnisse Systemkomponente Kletterpflanzen

Für die Pflanzenverwendung bei troggebundenen Vertikalbegrünungen können verschiedene Kletterpflanzen verwendet werden. Zum einen gibt es Gerüstkletterpflanzen (siehe Kapitel 2.4.2 – Arten und Eigenschaften von Kletterhilfen). Sie unterteilen sich in die drei Kategorien Schlinger/Winder, Ranker und Spreizklimmer und benötigen zur Begrünung der Fassade eine entsprechende Kletterhilfe (FLL, 2018:54). Zum anderen gibt es die Gruppe der Selbstklimmer. Hier bilden die Pflanzen eigene Organe aus (Haftscheiben oder Haftwurzeln), mit denen sie sich an der Fassade festhaften. Diese Pflanzen benötigen demnach keine Kletterhilfe (FLL, 2018:56). Die folgende Tabelle 9 gibt noch einmal einen Überblick über alle Kletterformen, die bei der Verwendung von Pflanzen für die troggebundene Vertikalbegrünung ausgewählt werden können.

Tabelle 9: Überblick über die Kletterstrategien von Kletterpflanzen für troggebundene Vertikalbegrünungen
(Quelle: eigene Erstellung modifiziert nach FLL, 2018:54ff)

| KLETTERPFLANZEN - KLETTERSTRATEGIEN | | | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------------------|--|---|-------------------|--|
| Gruppen | SELBSTKLIMMER | | SCHLINGER/WINDER (S) | RANKER (R) | | SPREIZKLIMMER (K) |
| | Wurzelkletterer (WK) | Haftscheibenranker (RH) | | Blattstielranker (RB) | Sprossranker (RS) | |
| KLETTERSTRATEGIE | <p>WK: bilden auf lichtabgewandter Seite am Spross Haftwurzeln, die sich über Wuzelhaare in feinste Poren einspreizen.</p> <p>RH: bilden kugel-/sichel-förmige Rankenspitzen sowie bei Berührungszreiz Haftsekret und Haftscheiben aus.</p> | | <p>schraubenförmige Windebewegung des Pflanzensprosses um die Kletterhilfe. Vereinzelt Ausbildung von Kletter- oder Klimmhaaren.</p> | <p>bilden fadenförmige, verzweigte oder unverzweigte Greif- oder Halteorgane, die sich kreisend bewegen und bei Berührungszreiz die Kletterhilfe umwickeln.</p> | | <p>bilden lange, dünne Triebe in vertikaler UND horizontaler Richtung aus, stützen diese Triebe auf Kletterhilfe auf. Zusätzlich Ausbildung von sich spreizenden, widerhakenähnlichen Seitentrieben, Borstenhaaren, Stacheln, hakenähnlichen Dornen.</p> |
| PFLANZENBEISPIELE | <p>WK <i>Campsis radicans</i> (Trompetenblume)</p> <p>RH <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (Wilder Wein)</p> | | <p><i>Wisteria sinensis</i> (Blauregen)</p> <p><i>Actinidia chinensis</i> (Kiwi)</p> | <p>RB <i>Clematis vitalba</i> (Waldrebe)</p> <p>RS <i>Vitis vinifera</i> (Echter Wein)</p> | | <p><i>Jasminum nudiflorum</i> (Winterjasmin)</p> <p><i>Rosa sp.</i> (Kletterrose)</p> |

Eine weitere Übersicht zur Pflanzenauswahl zeigt die folgende Tabelle 10. Hier ist eine ausselektierte Auswahl an geeigneten Kletterpflanzen für troggebundene Vertikalbegrünungen entsprechend der FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) angeführt. Die Auswahlkriterien beziehen sich auf eine mittlere Wuchshöhe von mind. fünf bis max. 15 Metern. Ausgehend von einer Geschoßhöhe von ca. drei Metern ist durch diese Auswahl die Begrünung eines mehrgeschoßigen Hauses (höher als die Erdgeschoß-Zone) gegeben. Damit sich die Begrünung ehestmöglich entwickelt und die positiven Vorteile der Vertikalbegrünung wirken können, jedoch der Pflegeaufwand möglichst gering bleibt, wurden aus der Gesamtpflanzenliste alle Pflanzen mit einer starken (100 – 200 cm jährlicher Zuwachs) bis mittleren (50 – 100 cm jährlicher Zuwachs) Wuchsstärke sowie mit mittlerem bis geringen Pflegeaufwand herausgefiltert (FLL, 2018:58ff).

Tabelle 10: Ausselektierte Pflanzenarten mit entsprechender mittleren Wuchshöhe, Wuchsstärke und Pflegeaufwand für troggebundene Vertikalbegrünungen
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach FLL 2018:60-75)

| Pflanzenart | Kletterstrategie | mittlere Höhe (m) | Wüchsigkeit | | Pflegeaufwand | |
|--|------------------|-------------------|-------------|--------|---------------|--------|
| | | | stark | mittel | mittel | gering |
| <i>Parthenocissus tricuspidata</i> 'Veitchii' (Wilder Wein) | RH | 12 - 15 | x | | x | |
| <i>Parthenocissus tricuspidata</i> 'Green Spring' (Wilder Wein) | RH | 12 - 15 | x | | x | |
| <i>Hydrangea anomala</i> subsp. <i>petiolaris</i> (Kletterhortensie) | WK (S) | 10 - 15 | | x | x | |
| <i>Schizophragma hydrangeoides</i> (Spalthortensie) | WK | 8 - 12 | | x | x | |
| <i>Wisteria floribunda</i> (Blauregen) | S (K) | 8 - 12 | x | | x | |
| <i>Celastrus scandens</i> (Baumwürger) | S (K) | 7 - 10 | x | | x | |
| <i>Aristolochia macrophylla</i> (Pfeifenwinde) | S | 8 - 10 | x | | x | |
| <i>Ampelopsis brevipedunculata</i> (Scheinrebe) | RS | 6 - 10 | x | | x | |
| <i>Periploca graeca</i> (Baumschlinge) | S | 6 - 10 | x | | x | |
| <i>Actinidia arguta</i> (Kiwi) | S | 6 - 8 | x | | x | |
| <i>Hedera colchica</i> (Efeu) | WK | 6 - 8 | | x | x | |
| <i>Schizophragma integrifolium</i> (Spalthortensie) | WK | 6 - 8 | | x | x | |
| <i>Lonicera x tellmanniana</i> (Geißblatt) | S | 5 - 6 | x | | x | |
| <i>Akebia trifoliata</i> (Akebie) | S | 4 - 6 | | x | | x |
| <i>Clematis orientalis</i> (Waldrebe) | RB | 4 - 6 | | x | x | |
| <i>Schisandra chinensis</i> (Beerentraube) | S | 4 - 6 | x | | | x |
| Rosa - kletternde Sorten (Kletterrose) | K | 2 - 6 (-12) | | x | x | |

| LEGENDE | |
|---------|--------------------|
| WK | Wurzelkletterer |
| RH | Haftscheibenranker |
| S | Schlinger/Winder |
| RB | Blattstielranker |
| RS | Sprossranker |
| K | Spreizklimmer |

2.6 Ergebnisse Systemkomponente Pflege

In diesem Kapitel werden zunächst die verschiedenen Lebensphasen von Kletterpflanzen beschrieben sowie die Art der Pflege, welche in dieser Phase zum Tragen kommt. Danach wird die Nährstoffversorgung von Kletterpflanzen erläutert und abschließend das Vorkommen von Tieren im Bezug zur Schädlingskontrolle erörtert.

2.6.1 Lebensphasen und Pflegemaßnahmen von Kletterpflanzen

Ziel einer Fassadenbegrünung ist die Erfüllung spezieller, im Vorhinein festgelegter, funktionaler Eigenschaften. In der ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) werden diese als Begrünungsziel definiert, d. h. jener Zustand, den die Pflanzen innerhalb eines festgelegten Zeitraumes erreichen sollen (ÖNORM L 1136, 2021:5). Um das Begrünungsziel erfüllen zu können bedarf es, ähnlich wie bei Stadtbäumen, einer adäquaten Pflege der Pflanzen an ihrem urbanen Standort. Die ÖNORM L 1122 für Baumkontrolle und Baumpflege (2011) unterscheidet in verschiedene Lebensphasen der Pflanzen, in denen unterschiedliche Pflegemaßnahmen gemäß den Regelwerken anzuwenden sind (ÖNORM L 1122, 2011: 12).

Jugendphase - Anwuchspflege

Die **Jugendphase** (Juvinalphase) erstreckt sich vom Zeitpunkt der Errichtung/Bepflanzung bis zum ordentlichen Anwachsen der Pflanzen am neuen Standort. Den Wurzeln steht nun, entsprechend der Dimensionierung des Pflanztroges, ein größerer Wuchsraum zur Verfügung, in dem sie sich ausbreiten können. Dieses Voranwachsen dient einerseits einer besseren Stabilität/Verankerung im Substrat sowie eines effektiveren Nährstoff- und Wassertransportes (ÖNORM L 1122, 2011: 12).

In diese Phase fällt die sogenannte Anwuchspflege. Sie erstreckt sich vom Zeitpunkt der Pflanzung bis zur Übernahme der Begrünung durch den/die Auftraggeber*in (ÖNORM L 1120, 2016:4). In der ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) wird nach Errichtung der Begrünung ein Probetrieb empfohlen. Dieser erfolgt unabhängig von der Anwuchspflege, enthält im Grunde jedoch dieselben Pflegemaßnahmen. Der Probetrieb sollte innerhalb der Vegetationsperiode durchgeführt werden und dauert in etwa acht Wochen. Ziel ist es die Pflanzen bis zum abnehmbaren Zustand hin zu fördern (ÖNORM L 1136, 2021:38). Nach der ÖNORM L 1120 (2016) für Grünflächenpflege fallen unter die Anwuchspflege Pflegearbeiten wie:

- die Kontrolle auf Substratabtrag
- bedarfsgerechtes Düngen
- eine ausreichende Wasserversorgung
- bedarfsgerechte Bewässerung im Winter
- die Entfernung von Wildaufkömmlingen
- und die Kontrolle der Pflanzen auf Schädlinge und Krankheiten (ÖNORM L 1120, 2016:7).

Die ÖNORM L 1136 (2021) ergänzt für den Probetrieb noch weiter:

- Leitung der Pflanztriebe bei Kletterpflanzen (z. B. Anbinden) sowie das Einflechten der Pflanzen am Rankgerüst (ÖNORM L 1136, 2021:24).

Bei Bäumen verläuft die Jugendphase etwa über den Zeitraum der ersten 15 Jahre. Bei Gehölzkletterpflanzen ist die Dauer entsprechend der Relation zur Lebensdauer der Pflanzen kürzer (ÖNORM L 1122, 2011: 12). Die ÖNORM L 1136 (2021) für Vertikalbegrünungen weist hierbei darauf hin, dass die geplante Begrünung zumindest für einen Zeitraum von zehn Jahren konzipiert werden muss (ÖNORM L 1136, 2021:8). Dies gilt es bei allen Pflegephasen zu berücksichtigen.

Reifungsphase - Entwicklungspflege

Nach der Anwuchszeit der Kletterpflanzen beginnt die **Reifungsphase**. In dieser Zeit sind die Pflanzen schon gefestigt an ihrem neuen Standort angewachsen, benötigen jedoch noch Zeit, um ihre angedachten vollen funktionalen Eigenschaften erfüllen zu können. In diese Phase fällt die Entwicklungspflege. Regelmäßige Korrekturen von Fehlentwicklungen sowie die Beseitigung von Dürrästen sollen die Vitalität steigern und die Anfälligkeit für einwirkende Störfaktoren an dem urbanen Standort möglichst geringhalten (ÖNORM L 1122, 2011: 12). Die Entwicklungspflege erfolgt unmittelbar nach der Übernahme der Begrünung gemäß der ÖNORM B 2241 durch den/die Auftraggeber*in und dauert in der Regel zwei Jahre. Sie endet mit der Schlussfeststellung, d. h. mit der Reflexion des aktuellen Deckungsgrades mit dem projektierten Deckungsgrad des projektierten Begrünungsziels (ÖNORM L 1136, 2021:38).

Nach der ÖNORM L 1120 für Grünflächenpflege (2016) werden bei der Entwicklungspflege noch folgende Pflegearbeiten (zusätzlich zu denen der Anwuchspflege) ergänzt:

- Rückschnitt
- bedarfsgerechtes Düngen
- eine ausreichende Wasserversorgung Sichtkontrolle
- bedarfsgerechte Bewässerung im Winter
- die Entfernung von Wildaufkömmlingen
- Bodenlockerung zur Belüftung der Pflanzwurzeln
- Befestigung der Pflanztriebe an der Kletterhilfe (falls vorhanden)
- und Entfernung des Falllaubs von der Mulchschicht sowie vom Gehsteig (ÖNORM L 1120, 2016:7).

Die ÖNORM L 1136 (2021) ergänzt noch weiter:

- Kontrolle von technischen Einrichtungen und Abläufen
- Bei Verwendung einer Bewässerungsanlage: Kontrolle, Wartung und Einstellung der Gießmenge
- Sichtkontrolle der Pflanztröge, der Entwässerung, der Kletterhilfe
- Leitung der Pflanztriebe (z. B. Anbinden)

Der Rückschnitt sollte fachgerechte Schnittmaßnahmen umfassen (Erziehungsschnitt, Schnitt zur Erhaltung des Lichtraumprofils), um das Wuchspotenzial der Pflanzen an dem entsprechenden Standort voll ausschöpfen zu können. Dabei werden auch beschädigte oder abgestorbene Pflanztriebe sowie Bodenaustriebe entfernt (ÖNORM L 1120, 2016:7f). Bei Selbstklimmern (z. B. *Parthenocissus tricuspidata*) ist an Hausfassaden ein jährlicher Rückschnitt um die Fenster notwendig, damit die Pflanztriebe die Fenster nicht verdunkeln (KÖHLER et al., 2012:147). Die ÖNORM L 1136 (2021) empfiehlt einen Form- und Rückschnitt von min. einmal bis zu dreimal jährlich. In derselben Zeitspanne sollte auch die Leitung der Pflanztriebe erfolgen (ÖNORM L 1136, 2021:38).

Alterungsphase - Erhaltungspflege

Nach Abschluss der Reifungsphase sind die Gehölkletterpflanzen soweit entwickelt, dass sie nun ihre vollen funktionalen Eigenschaften erfüllen können. Es ist der Beginn der **Alterungsphase**. In diese Zeitspanne fällt die Erhaltungspflege. Jene Funktionen, die von Beginn an für die Begrünung konzipiert waren, sollen nun zur Anwendung kommen können und durch spezielle Pflegemaßnahmen die Lebensdauer der Pflanzen so lange als möglich erhalten (z.B. Dürrastentfernung, Verjüngungsschnitt) (ÖNORM L 1122, 2011: 13).

Ergänzend dazu führt die ÖNORM L 1120 für Grünflächenpflege (2016) noch folgende Maßnahmen an:

- bedarfsgerechtes Düngen
- eine ausreichende Wasserversorgung
- bedarfsgerechte Bewässerung im Winter
- die Entfernung von Wildaufkömmlingen
- Bodenlockerung zur Belüftung der Pflanzwurzeln
- Befestigung der Pflanztriebe an der Kletterhilfe (falls vorhanden)
- Entfernung des Falllaub von der Mulchschicht sowie vom Gehsteig
- Fachgerechte Schnittmaßnahmen (Pflegeschnitt, Schnitt zur Einhaltung des Lichtraumprofils)
- Entfernung beschädigter und abgestorbener Pflanztriebe
- und Entfernung von unerwünschtem Bewuchs am Gebäude (z. B. Fenster, Eingänge) (ÖNORM L 1120, 2016:8).

Die ÖNORM L 1136 (2021) ergänzt noch weiter:

- Kontrolle und anpassung der Bewässerungsanlage (falls vorhanden)
- Sichtkontrolle der Pflanztröge, der Entwässerung, der Kletterhilfe
- Bei Verwendung eines Rankseils: Nachspannen der Kletterhilfe)
- Leitung der Pflanztriebe (z. B. Anbinden)

Laufende Pflegemaßnahmen für troggebundene Vertikalbegrünungen

Zusätzlich zu den Pflegemaßnahmen, die den Lebensphasen der Pflanzen angepasst sind, werden von der ÖNORM L 1136 (2021) für troggebundene Vertikalbegrünungen noch folgende laufende Pflegemaßnahmen ergänzt:

- Entfernen von unerwünschtem Aufwuchs
- Entfernen von Falllaub zum Erhalt der Mulchschicht bzw. Unterpflanzung
- Bei Verwendung einer Unterpflanzung: Staudenschnitt im Frühling (abgestorbene Pflanzeneile) bzw. nach der Blüte (bei remontierenden Stauden)
- Rückschnitt der Kletterpflanzen bei Beeinträchtigung der Funktion angrenzender Infrastruktur (z. B. Pflanzen wachsen vor das Fenster, auf den Weg, usw.)
- bedarfsgerechte Bewässerung der Pflanzen (auch im Winter)
- Düngung entsprechend des Nährstoffbedarfs der verwendeten Pflanzen (ÖNORM L 1120, 2016:8ff).

2.6.2 Nährstoffversorgung von Kletterpflanzen

Pflanzen benötigen für ihr Wachstum ein ausgewogenes Nährstoffangebot im Boden, das sie über die Pflanzenwurzeln aufnehmen können (WENDLAND et al., 2014). Bei troggebundenen Vertikalbegrünungen muss die Nährstoffversorgung der Pflanzen über die Zugabe von Düngemitteln gewährleistet werden (ÖNORM L 1136, 2021). Zur Erläuterung der Nährstoffversorgung von Kletterpflanzen wird zunächst deren Nährstoffkreislauf beschrieben. Anschließend wird auf die pflanzenverfügbaren Nährstoffe eingegangen, deren Aufgaben in der Pflanze sowie das Auftreten von Mangelercheinungen aufgrund eines Nährstoffmangels.

Nährstoffkreislauf von Kletterpflanzen

Wie gut sich Pflanzen entwickeln können hängt sehr stark von der Nährstoffverfügbarkeit im Boden ab. Bei natürlich gewachsenen Böden wird dies in der Bodenfruchtbarkeit ausgedrückt. In der Landwirtschaft wird die **Bodenfruchtbarkeit** vom **Nährstoffgehalt (Humus)**, dem Vorhandensein von **Bodenlebewesen** und der **mineralischen Zusammensetzung (Krümeligkeit)** beeinflusst. Erst durch das entsprechende Zusammenspiel und die Wechselwirkungen dieser drei Bereiche kann die Bodenfruchtbarkeit den Pflanzen optimale Wachstumsbedingungen ermöglichen (BIO AUSTRIA, o.J.). So wie im gewachsenen, natürlichen Boden vollziehen sich auch im Substrat-Boden diverse Stoffkreisläufe, welche die Bodenfruchtbarkeit beeinflussen und damit direkte Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum haben. Dafür benötigen die Pflanzen essentielle chemische Elemente, nämlich Sauerstoff (O), Wasserstoff (H), Kohlenstoff (C) (BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR, 2019:44). Besonders relevant für die chemischen Eigenschaften des Bodens ist der Kohlenstoffkreislauf (siehe Abb. 6).

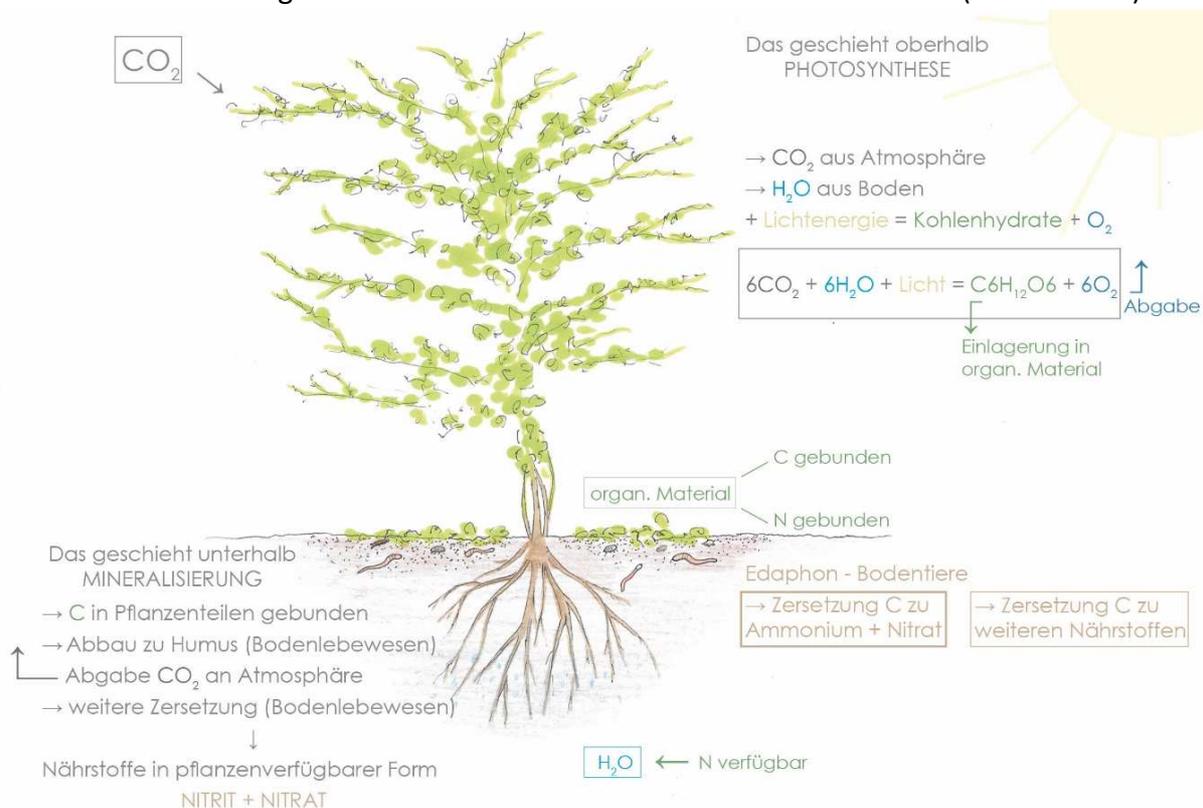


Abb. 6: natürlicher Kohlenstoffkreislauf der Pflanzen, Abbau von Humus zu Nährstoffen in pflanzenverfügbarer Form. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach DON & PRIETZ 2019)

Pflanzen betreiben Photosynthese. Dabei entziehen sie der Atmosphäre Kohlendioxid (CO₂) und wandeln es mit Hilfe von Wasser (H₂O) aus dem Boden und der Lichtenergie in Zucker/energiereiche Kohlenhydrate um. Dadurch ist der zuvor aufgenommene Kohlenstoff in Form von CO₂ nun in den Pflanzenblättern gebunden. Als Abbauprodukt entsteht dabei Sauerstoff (O₂), der an die Atmosphäre abgegeben wird (DON & PRITZ, 2019:6ff).

Sterben im Laufe der Vegetationsperioden Pflanzenteile ab, so werden diese organischen Substanzen von den Bodenlebewesen (dem Edaphon) zu Humus abgebaut (Mineralisierung). Dieser Humus ist auch die Nahrungsquelle für eine Vielzahl von Mikroorganismen (Pilze, Bakterien). Die abgestorbenen Pflanzenteile und der Humus werden weiter zersetzt. Dabei entsteht einerseits CO₂. Dieses wird wieder an die Atmosphäre abgegeben und ist wieder für den Photosyntheseprozess der Pflanzen verfügbar. Es wird jedoch nie der ganze Humus zersetzt. Ein Großteil des im Humus gebundenen Kohlenstoffs bleibt im Boden (DON & PRIETZ, 2019:6ff).

Das zweite Abbauprodukt sind die Nährstoffe, die zuckerhaltigen Kohlenhydrate (DON & PRITZ, 2019:6ff) in Form von organisch gebundenem Stickstoff (N) (WENDLAND et al., 2014:207). Dieser wird von den Mikroorganismen zunächst zu Ammonium (Ammonifizierung) und in weiterer Folge zu Nitrit und Nitrat (Nitrifizierung) zersetzt (ÖNORM EN ISO 14238, 2014:4) und liegt dadurch in Form von pflanzenverfügbaren Nährstoffen im Boden vor (DON & PRIETZ, 2019:6ff). Für die Nährstoffaufnahme der Pflanzen ist daher das Masseverhältnis zwischen Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) (C/N-Verhältnis) ausschlaggebend, wobei für Stickstoff der Wert 1 (N = 1) eingesetzt wird. Ein enges C/N-Verhältnis (< 20) deutet auf eine hohe mikrobielle Aktivität hin und damit auf eine gute Mineralisierung bzw. auf eine ausreichende Menge pflanzenverfügbaren Stickstoffs (N) (IVG, o. J.). In Ackerböden beträgt das C/N-Verhältnis 10 : 1 (WENDLAND et al., 2014:207), in Pflanzsubstraten gemäß der ÖNORM L 1131 zur Begrünung von Dächern und Decken von Bauwerken (2010) darf es max. 15 : 1 betragen (ÖNORM L 1136, 2021:23).

Durch die Umwandlungsprozesse der Haupt-Nährelemente (O, H, C) entstehen weitere chemische Verbindungen und Stoffe, die Nährstoffe, die die Pflanzen für ihr Wachstum benötigen (BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR, 2019:44).

Pflanzenverfügbare Nährstoffe

Pflanzen benötigen neben den Haupt-Nährelementen Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H) auch essentielle mineralische Nährstoffe zum Wachsen und Leben. Essentiell werden diese durch das Erfüllen dreier Kriterien:

1. Der Nährstoff kann durch kein anderes Element in seiner Funktion ersetzt werden.
2. Das Fehlen des Nährstoffes führt zu Mangelerscheinungen oder sogar zum Absterben der Pflanze.
3. Der Nährstoff hat eine essentielle Funktion im Stoffwechsel der Pflanze inne, z. B. als Bestandteil eines Enzymes) (KIRKBY, 2012:4).

Die Nährstoffe im Boden werden in Makronährstoffe und Mikronährstoffe unterteilt. Dies hängt davon ab, ob sie von den Pflanzen in großen Mengen benötigt werden (griech. μάκρο = groß) oder nur in kleinen Spuren (griech. μικρο = klein) (BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR, 2019:44).

In der Literatur werden die beiden Begriffe synonym mit folgenden anderen Begriffen verwendet:

- Hauptnährstoffe/Makronährstoffe/Makroelemente
- Spurenelemente/Spurennährstoffe/Mikronährstoffe/Mikroelemente

In weiterer Folge werden für diese Arbeit die Begriffe Makronährstoffe und Mikronährstoffe verwendet.

Zu den Makronährstoffen zählen die Elemente Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca). Sie bauen z. B. in der Pflanze biologische Moleküle auf oder regulieren die osmotischen Prozesse in den Pflanzenzellen zur Wasseraufnahme (Osmotika) (ECKHARDT, 2000:6).

Zu den Mikronährstoffen zählen die Elemente Eisen (Fe), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Kupfer (Cu), Bor (B), Zink (Zn), Nickel (Ni) und Chlor (Cl). Sie übernehmen z. B. aufbauende Funktionen in den Zellwänden und spielen bei Stoffwechselprozessen beim Aufbau von Enzymen eine wesentliche Rolle (ECKHARDT, 2000:6).

Pflanzenverfügbar sind die Nährstoffe nicht als reines chemisches Element, sondern entweder als eine chemische Verbindung (z. B. Hydrogenphosphat [HPO_4^{-2}]), oder als positiv oder negativ geladenes Ion (z. B. Magnesium-Ion [Mg^{2+}]) (BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR, 2019:42ff). Die folgende Tabelle 11 gibt dazu einen Überblick und beschreibt den Umgang der einzelnen Nährstoffe innerhalb der Pflanze.

Tabelle 11: Überblick über die Hauptelemente C, H, O sowie Beschreibung der Funktion der Makro- und Mikronährstoffe in Kletterpflanzen.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR 2019 und WENDLAND et al. 2014)

| | Element | pflanzenverfügbare Verbindung | Aufgabe in der Pflanze | Mangelsymptome |
|--------------------|---------------|---|---|---|
| HAUPT-NÄHRELEMENTE | C Kohlenstoff | C ₆ H ₁₂ O ₆ (Glukose) | Umwandlung von CO ₂ , H ₂ O und Licht zu Kohlenhydraten | Fehlt eines der Hauptelemente, kann keine Glukose produziert werden. Das Fehlen der energiereichen Stoffe hat das Sterben der Pflanze zur Folge |
| | H Wasserstoff | C ₆ H ₁₂ O ₆ (Glukose) | | |
| | O Sauerstoff | C ₆ H ₁₂ O ₆ (Glukose) | | |
| | Element | pflanzenverfügbare Verbindung | Aufgabe in der Pflanze | Mangelsymptome |
| MAKRO-NÄHRSTOFFE | N Stickstoff | NO ₃ ⁻ (Nitrat) | Stoffwechsel, Wachstum, Chlorophyll | kümmertlicher Wuchs, Blattverfärbungen (rot) |
| | P Phosphor | HPO ₄ ²⁻ (Hydrogenphosphat) H ₂ PO ₄ ⁻ (Dihydrogenphosphat) | Stoffwechsel, Vitalität, Energiehaushalt, Blüten | kümmertlich ausgebildete Triebe, Wurzeln, Blüten, Bronzeverfärbung d. Blätter |
| | K Kalium | K ⁺ (Kalium-Ion) | steuert Wasseraufnahme und Transpiration, Stoffwechsel | Welkeerscheinungen, Wurzelfäule, Vergilbung Blätter (beginnend am Blattrand) |
| | S Schwefel | SO ₄ ²⁻ (Sulfat) | Stoffwechsel, Wachstum, Chlorophyll | gelbe Verfärbungen, Chlorosen, Verformung der Blätter |
| | Mg Magnesium | Mg ²⁺ (Magnesium-Ion) | Chlorophyll, Energiestoffwechsel, | Chlorosen bis zu punktuellen Nekrosen an Blättern (beginnend an älteren Blättern) |
| | Ca Calcium | Ca ²⁺ (Calcium-Ion) | Wachstum, Membranstabilität der | Wachstumsstörungen: Gestörtes Teilungswachstum, Blattdeformationen |
| MIKRO-NÄHRSTOFFE | Fe Eisen | Fe ²⁺ (Eisen-Ion) Fe (III)-Chelat | Chlorophyll | Blattaufhellungen, Blattchlorosen (an jungen Blättern), kaum Knospenansatz |
| | Mn Mangan | Mn ²⁺ (Mangan-Ion) Mn-Chelate | Chlorophyll, Vitalität | Wachstumshemmung, Blattchlorosen, -nekrosen (zunächst an jungen Blättern) |
| | Cu Kupfer | Cu ²⁺ (Kupfer-Ion) Cu-Chelate | Blüten- und Fruchtausbildung | Welketracht (hängende und eingedrehte Blätter), mangelnde Fruchtausbildung |
| | B Bor | H ₃ BO ₃ (Borsäure) | Wachstum, Blüten- und Fruchtausbildung | geringeres Wachstum von zunächst jungen Blättern |
| | Zn Zink | Zn ²⁺ (Zink-Ion) Zn-Chelat | Wachstum | Zwergwuchs, weiß-gelbe Verfärbung der Blätter, Störungen der Fruktifikation |

Aufgaben der Makronährstoffe in der Pflanze

Stickstoff (N) ist ein wesentlicher Baustein, den die Pflanzen für den Stoffwechsel und damit für ihr Wachstum benötigen. Zum einen wird er, gemeinsam mit Phosphor (P) und Schwefel (S), für den Aufbau von Eiweißen (Proteine und Proteide) verwendet. Dies geschieht meist in den Blättern, daher wird ein Stickstoffmangel zunächst in den älteren Blättern sichtbar. Im Zuge des Eiweißstoffwechsels wird der Stickstoff benötigt, um Aminosäuren und damit Eiweiße aufzubauen. Aus den Eiweißen werden wiederum Enzyme aufgebaut, die als wichtige Regulatorsubstanzen im Stoffwechsel der Pflanze fungieren. Weiters wird Stickstoff zum Aufbau von Chlorophyll (Blattgrün) verwendet (WENDLAND et al., 2014:213).

Stickstoff wird von den Pflanzenwurzeln über anorganische Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) aufgenommen. Diese kommen als Anionen gelöst im Boden vor und können daher leicht ausgewaschen werden. Mineralische Düngemittel mit Nitrifikationshemmstoffen sowie der Düngezeitpunkt ausschließlich während der Vegetationsperiode können dies verhindern. Die wichtige Rolle von Stickstoff für das Wachstum von Blättern und Trieben erfordert eine zeitgerechte Düngung im Frühjahr. Die Düngung im Herbst sollte nicht zu spät erfolgen, da sich sonst frisch gebildete Triebe nicht mehr rechtzeitig für den Winter ausbilden können (WENDLAND et al., 2014:213f).

Mangelercheinungen äußern sich im Wuchsverhalten (kümmerlicher Wuchs) sowie an den Blättern. Zunächst kommt es zu Verfärbungen der älteren Blätter, in weiterer Folge zu roter bis dunkelroter Verfärbungen. Hält der Nährstoffmangel weiter an kommt es zu Blattnekrosen (abgestorbenes Gewebe), die bei den Blattspitzen beginnen (WENDLAND et al., 2014:213).

Phosphor (P) ist ein wesentlicher Bestandteil der Nukleinsäuren (Aufbau der DNS) sowie des Eiweißes in den Pflanzenzellen. Über verschiedene P-Verbindungen ist er für den Energietransfer in den Pflanzen und damit für den gesamten Stoffwechsel verantwortlich. Phosphor steuert vor allem den Energiehaushalt und die Energiespeicherung in den Pflanzen. Es macht sie vitaler und damit resistenter gegen Krankheitserreger und Schädlinge. Phosphorsäure wird vor allem in den Organen zur generativen Vermehrung (Blüten/Früchte) gespeichert und wirkt sich damit positiv auf die Blüten- und Fruchtbildung aus (WENDLAND et al., 2014:218).

Phosphor wird von den Pflanzenwurzeln rein aus der Bodenlösung über anorganische Phosphat-Ionen aufgenommen. Zu diesen Salzen der Phosphorsäure zählen HPO_4^{2-} und H_2PO_4 . Diese gelöste P-Menge ist im Vergleich zur vorhandenen Gesamt-Phosphatmenge im Boden vergleichsweise gering. Daher sollte gerade in der Hauptwachstumszeit der Pflanzen eine ausreichende Phosphormenge in die Bodenlösung nachgegeben werden, z. B. über Langzeitdünger (WENDLAND et al., 2014:216f).

Ein Mangel an Phosphor bewirkt eine Verschlechterung im Pflanzenwuchs. Es kommt zu kümmerlich ausgebildeten und dünnen Pflanztrieben, eingeschränkter Wurzelbildung sowie schlecht ausgebildeten Blüten und Früchten. An den Blättern bzw. Trieben können sich rote bis purpurrote Verfärbungen bilden (WENDLAND et al., 2014:218).

Kalium (K) liegt in den Pflanzen als frei bewegliches Ion (K^+) im Zellsaft vor. Es reguliert den Wasserhaushalt der Pflanzen und steuert den osmotischen Druck der Spaltöffnungen (Wasseraufnahme und Transpiration). Zusätzlich aktiviert es Enzyme und wirkt sich damit positiv auf Stoffaufbau und -umbau bei Photosyntheseprozessen aus. Zudem fördert eine erhöhte Kalium-Konzentration in den Zellen die Frostresistenz, die Standsicherheit sowie die Resistenz gegen Schädlinge und damit die gesamte Pflanzengesundheit. Sogar standortbedingte Stressbelastungen (Hitze, Wind) können durch eine optimale Kalium-Konzentration reduziert werden (WENDLAND et al., 2014:222).

Kalium wird über die Pflanzenwurzeln in Form von Kalium-Ionen aus der Bodenlösung aufgenommen. Dies geschieht vor allem in der Hauptwachstumszeit, wo die jungen bzw. stark wachsende Pflanzen die K^+ -Ionen für die Photosyntheseprozesse benötigen. Daher sollte vor allem am Beginn der Vegetationsperiode mit einer ausreichenden Kalium-Menge gedüngt werden (WENDLAND et al., 2014:222f).

Mangelercheinungen äußern sich durch Welkeerscheinungen, wie nach unten hängende Blätter (Welketraut). Zusätzlich kommt es zu gelben Verfärbungen der Blätter. Diese zeigt sich zunächst bei den älteren Blättern, da bei Unterversorgung pflanzeneigenes Kalium von den älteren in die jüngeren Blätter transportiert wird. Die Vergilbung beginnt am Blattrand/der Blattspitze und führt in weiterer Folge Verbräunungen und Nekrosen (WENDLAND et al., 2014:223).

Schwefel (S) ist ein wesentlicher Baustein, den die Pflanzen für den Stoffwechsel und damit für ihr Wachstum benötigen. Zum einen wird er gemeinsam mit Stickstoff (N) für den Aufbau der Aminosäuren und damit von Eiweißen (Proteine und Proteide) verwendet. Weitere Aufgaben sind der Aufbau von Kohlehydraten und wachstumsfördernden Enzymen sowie die Bildung wichtiger Vitamine und Chlorophyll (WENDLAND et al., 2014:229).

Schwefel kommt im Boden hauptsächlich gebunden in der organischen Substanz vor. Erst durch die Mineralisation durch Mikroorganismen wird der gebundene Schwefel zu pflanzenverfügbarem Sulfat (SO_4^{2+}) abgebaut. Diese Sulfate können von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Da sie nicht an Bodenpartikel gebunden werden, sollte Schwefel zu Beginn der Vegetationsperiode gedüngt werden, damit die Gefahr der Auswaschung verringert wird und das Wachstum der Pflanzen gefördert wird (WENDLAND et al., 2014:229f). Mangelerscheinungen zeigen sich aufgrund des verringerten Aufbaus von Chlorophyll in den jüngeren Blättern. Hier kommt es zu gelben Verfärbungen und Chlorosen (Aufhellung zwischen den Blattadern, wobei diese grün bleiben) sowie zu Verformungen (Blattrand dreht sich nach innen) mit rötlichen Verfärbungen (WENDLAND et al., 2014:229).

Magnesium (Mg) ist ein wesentlicher Baustein für Chlorophyll (Blattgrün). Es wirkt bei der Photosynthese als Katalysator zur Bildung der Kohlenhydrate, ist Bestandteil vieler wichtiger Enzyme und damit ein relevanter Nährstoff für den Energiestoffwechsel in den Pflanzen und damit für ein gesundes Wachstum (WENDLAND et al., 2014:226).

Magnesium wird über die Pflanzenwurzeln in Form von Mg-Ionen (Mg^{2+}) aus der Bodenlösung aufgenommen. Es wird dabei durch die konkurrierende Wirkung anderer Ionen, wie Wasserstoff (H^+) oder Kalium (K^+) beeinflusst. Auch ein günstiger Kalkzustand ist für die Aufnahme von Magnesium-Ionen essentiell (WENDLAND et al., 2014:226).

Mangelerscheinungen zeigen sich zunächst immer an älteren Blättern, da der Nährstoffmangel die Zerstörung des Chlorophylls bewirkt. Es kommt zu Chlorosen und in weiterer Folge zu punktuellen, nekrotischen Flecken (WENDLAND et al., 2014:226f).

Calcium (Ca) ist ein essentieller Nährstoff. Es wird zum Aufbau der Zellwände benötigt und fördert damit die Membranstabilität. Es fördert das Wurzelwachstum und die Zellvermehrung und trägt damit essentiell zum Pflanzenwachstum bei (WENDLAND et al., 2014:233).

Die Pflanzenwurzeln nehmen Calcium in Form von Ca^{2+} -Ionen aus der Bodenlösung auf. Diese werden bei der Verwitterung von kalkhaltigen Gesteinen (Kalk, CaCO_3) freigesetzt und dadurch pflanzenverfügbar gemacht. Neben den Aufgaben und Wirkung innerhalb der Pflanzen hat Calcium vor allem eine positive Wirkung auf den Boden. Die Ca-Ionen verbessern die Bodenstruktur, indem sie Tonminerale und Humus zu Ton-Humus-Komplexen verbinden. Damit wird die Krümeligkeit und die Bodendurchlüftung verbessert und das wiederum fördert die Tätigkeit von Mikroorganismen und Bodentieren. Zudem bewirkt Calcium eine Entsäuerung des Bodens, was zur besseren Reaktionsfähigkeit der Nährstoff-Ionen in der Bodenlösung führt und damit zu einer besseren Verfügbarkeit anderer pflanzenessentieller Nährstoffe (WENDLAND et al., 2014:232ff).

Ein Calciummangel ist eher selten und zeigt sich an den Pflanzen weniger durch ein konkretes Schadbild, sondern anhand von Wachstumsstörungen (WENDLAND et al., 2014:236).

Aufgaben der Mikronährstoffe in der Pflanze

Eisen (Fe) ist ein wichtiger Baustoff für den Aufbau von Chlorophyll. Können die Pflanzenwurzeln nicht genügend Eisen über die Bodenlösung aufnehmen, kann der Blattfarbstoff nicht entsprechend aufgebaut werden. Mangelerkrankungen äußern sich daher in Blattaufhellungen und Blattchlorosen. Die Verfügbarkeit von gelöstem Eisen steigt mit einem niedrigem pH-Wert ($\text{pH} < 7$) mit mäßigem (nicht zu hohem) Kalkgehalt (WENDLAND et al., 2014:239).

Mangan (Mn) bewirkt eine Aktivierung von Enzymen in der Pflanze. Es wirkt bei der Photosynthese sowie der Chlorophyllbildung. Es ist damit Teil des Energiestoffwechsels innerhalb der Pflanze und trägt zur Vitalität der Pflanzen bei. Mangan wird über die Pflanzenwurzeln in seiner zweiwertigen Form aufgenommen und ist in der Pflanze nicht verlagerbar. Mangelerkrankungen äußern sich durch Chlorosen an jungen Blättern, die sich gelb verfärben (Blattadern bleiben zunächst grün) und in weiterer Folge braun verfärben, nekrotische Flecken bilden und schließlich ganz absterben können. Die Manganverfügbarkeit im Boden steigt mit ausreichend Flüssigkeit in der Bodenlösung und einem niedrigen pH-Wert ($\text{pH} < 7$). Eine Düngung mit einem sauren Düngemittel (z. B. Ammonsulfatsalpeter) kann einem Manganmangel der Pflanzen ebenso vorbeugen (WENDLAND et al., 2014:238f).

Kupfer (Cu) ist ein wesentlicher Bestandteil von Atmungsenzymen. Es festigt das Gewebe und ist ein wichtiger Baustein für die Ausbildung der Pollen und Pollenschläuche und damit für die Fruchtbildung. Mangelerkrankungen zeigen sich anhand hängender Blätter aufgrund der fehlenden Zellstabilität, Eindrehen der Blätter sowie mangelnder Fruchtbildung. Kupfer kommt im Boden in zweiwertiger Form vor, ist damit wenig beweglich und dadurch nicht auswaschungsgefährdet. Ein hoher pH-Wert sowie ein hoher Kalkgehalt im Boden begünstigen das Auftreten eines Kupfermangels (WENDLAND et al., 2014:238).

Bor (B) ist für den Aufbau der Zellwände und damit für das Wachstum der Pflanzen notwendig und ist ein essentiell für die Ausbildung von Blüten und Früchten. Da es in der Pflanze nicht verlagerbar ist, tritt ein Bormangel zunächst an jungen Gewebeteilen, z. B. an jungen Blättern auf und führt zu Wachstumseinbußen. Die Pflanzenwurzeln nehmen den Nährstoff als Borsäure auf. Hohe pH-Werte ($\text{pH} > 7$) verringern die Bor-Verfügbarkeit. Zudem ist der Nährstoff stark auswaschungsgefährdet (WENDLAND et al., 2014:237f).

Zink (Zn) ist Bestandteil zahlreicher Enzyme bzw. aktiviert es Enzyme mit der Aufgabe der Wuchsstoffbildung. Außerdem trägt es zur Zellteilung bei und ist damit wichtiger Nährstoff für ein optimales Wachstum der Pflanzen. Zink ist innerhalb der Pflanze wenig verlagerbar. Mangelerkrankungen äußern sich in einem gestauchten Wuchs (Sitzen bleiben der Pflanzen) sowie weiß-gelbe Verfärbungen des Blattes. Die Pflanzenwurzeln nehmen Zink vermehrt bei neutralem bis niedrigem pH-Wert und mäßigem (nicht zu hohem) Phosphatgehalt auf. Generell kommt es eher selten zu einem Zinkmangel (WENDLAND et al., 2014:239).

2.6.3 Vorkommen von Tieren an Vertikalbegrünungen - Schädlingskontrolle

Das Vorkommen von Tieren zählt zwar nicht in erster Priorität zu den Systemkomponenten einer troggebondenen Vertikalbegrünung, doch bei jedem Einsatz von Pflanzen geht das Vorkommen von Tieren mit einher und dieses kann sowohl Vorteile (Steigerung der Artenvielfalt) (FLL, 2018:51) als auch Nachteile (Schädlinge) (SENGESPEIK et al., o. J.) mit sich bringen. Deshalb sollen in diesem Kapitel die Tiere an Vertikalbegrünungen genauer betrachtet werden.

Grundsätzlich können die vorkommenden Tiere an Vertikalbegrünungen in zwei Gruppen unterteilt werden: die Nützlinge und die Schädlinge.

Unter Nützlingen werden Tiergruppen verstanden, die aufgrund ihrer Lebensweise natürliche Fraßfeinde von Pflanzenschädlingen darstellen und diese, im Sinne des biologischen Pflanzenschutzes, zur Schädlingsregulation gezielt eingesetzt werden. Die Gruppe der Gliederfüßer (*Arthropoda*) birgt die größte Anzahl an tierischen Nützlingen, z. B. Spinnentiere und Insekten wie Marienkäfer, Florfliegen und Schlupfwespen (GRÜNES TIROL, 2022).

Auch im Österreichischen Biodiversitätsmonitoring für Kulturlandschaften von SCHINDLER et al. (2017) werden die Organismengruppen der Heuschrecken, Tagfalter und Spinnen als erhebungsrelevante Gruppen hervorgehoben (SCHINDLER et al., 2017:12) sowie Ameisen und Laufkäfer, wobei Laufkäfer und Spinnen zu den wichtigsten Schädlingsantagonisten der offenen Kulturlandschaft zählen. Tagfalter und Ameisen haben zudem die wichtige Funktion der Bestäubung inne (SCHINDLER et al., 2017:45).

GOTTWALD & ADAM (2008) konnten bei ihren entomologischen Untersuchungen von Gräsern folgende Tiergruppen als Nützlinge bzw. Schädlinge festlegen:

Schädlinge:

- Blasenfuß (Thripse), *Thysanoptera* (Fransenflügler)
- Blattlaus, *Aphidoidea*
- Zikade, *Auchenorrhyncha*
- Blattwanze (Weichwanze), *Miridae*,
z. B. Graue Wiesenwanze (*Lygus rugulipennis*)
- Käfer, deren Larven Pflanzenwurzeln fressen,
z. B. Rüsselkäferarten, *Curculionidae*

Nützlinge:

- Spinnen, *Arachnida*
- Marienkäfer (verschied. Arten), *Coccinellidae*
z. B. 7-Punkt-Marienkäfer (*Coccinella 7-punctata*)
- Laufkäfer, *Carabidae*
- Ohrwurm, *Dermaptera*
- Raubwanze, *Reduviidae*
z. B. winzige Blumenwanze (*Orius minutus*) (GOTTWALD & ADAM, 2008:381).

Die folgenden Tabellen 12 und 13 zeigen eine Auswahl an Schädlings- und Nützlingsgruppen, die aus der Literatur heraus synthetisiert wurden. Sie beschreiben kurz deren Lebensweise und das resultierende Schadbild an den Pflanzen (Schädlinge) bzw. den daraus resultierenden Nutzen (Nützlinge).

Tabelle 12: Tierportraits häufig vorkommender Schädlinge

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach GRÜNES TIROL 2022, GOTTWALD & ADAM 2008, BELLMANN et al. 2018, FELKE o. J.)

| Schädlinge | Beschreibung | Schadbild | Gegenspieler |
|--|--|--|---|
| Blasenfuß/Thripse (Ordnung <i>Thysanoptera</i>) | Größe ca. 3 mm, 4 Jugendstadien, davon 2 Larvenstadien (an der Pflanze) und 2 Puppenstadien (lebt im Boden), adultes geflügeltes Tier. Saugen Pflanzensaft auf Blattunterseite. | Direkter Schaden durch Saugtätigkeit, auf Blattoberseite entstehen silbrige Flecken, Wachstumsstörungen der Pflanzen. Indirekter Schaden durch Übertragung v on Pflanzenviren. | Raubwanze, Ohrwurm, Netzspinne |
| Blattlaus (Unterordnung <i>Aphidina</i>) | Verschiedene Arten, Größe ca. 2 mm. Ausbreitung durch einzelne, geflügelte Tiere, dann kommt es zur Massenvermehrung (ungeflügelte Tiere). Saugen Pflanzensaft aus Blättern und Jungtrieben mittels Stechrüssel. | Direkter Schaden durch Saugtätigkeit, Blätter: Austrocknung, Vergilbung, Laubfall. Indirekter Schaden durch Übertragung v on Pflanzenviren, überziehen Früchte und Blätter mit Honigtau, dadurch Schwärze- und Rußtaupilze. | Schlupfwespe, Florfliege, Schwebfliege, Marienkäfer, Ohrwurm, Netzspinne, Wolfsspinne |
| Zikade (Ordnung <i>Auchenorrhyncha</i>) | Verschiedene Arten, Größe ca. 10 mm. Alle Arten sind Pflanzensaftsauger, besitzen hinten an Kopfunterseite einen Saugrüssel. | Direkter Schaden durch Larven: Saugen der Pflanzensäfte an oberirdischen Pflanzenteilen oder an Wurzeln. Vor allem bei starkem Befall Blattverfärbungen bis hin zum Blattfall, tlw. auch Übertragung v on Pflanzenkrankheiten. | — |
| Wanze (saugend) (Ordnung <i>Heteroptera</i>) | Hemimetabole Entwicklung (Imaginalhäutung der Larven anstatt Puppenstadium). Verschiedene Arten, Größe ca. 9 mm. Besitzen Stechrüssel als Mundwerkzeug, saugen Pflanzenteile aus (vor allem Weichwanzen). Saugrüssel wird bei Ruhelage unter den Körper geklappt. | Direkter Schaden (Larven und Imagines) durch Saugtätigkeit an Pflanzenorganen (Triebe, Früchte). | — |
| Dickmaulrüssler (Gattung <i>Otiorhynchus</i>) | Größe Käfer ca. 13 mm, Größe Larve ca. 12 mm. Eiablage im Jul./Aug. im Boden. 6 Larvenstadien, fressen Wurzeln. Larven überwintern im Boden, Apr./Mai 1 Puppenstadium im Boden, Mai/Jun. schlüpfen Jungkäfer. Käfer sind nachtaktiv, fressen oberirdische Pflanzenteile. | Adulte Käfer Fraßschäden an Blättern (Buchtenfraß) und Jungtrieben (sterben ab). Larven: durch Wurzelfraß Kümmerwuchs, Welkeerscheinungen bis zum Absterben der Pflanze. | Laufkäfer, Weichkäfer, Erdläufer. Nematoden (gegen Larven, im Apr./Mai) |

Tabelle 13: Tierportraits häufig vorkommender Nützlinge

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach GRÜNES TIROL 2022, GOTTWALD & ADAM 2008, BELLMANN et al. 2018, FELKE o. J.)

| Nützlinge | Beschreibung | Nutzen | nützlich gegen |
|---|--|---|--|
| Schlupfwespe (Fam. <i>Ichneumonidae</i>) | Erkennungsmerkmal: Wespentaille und Legebohrer. Sehr viele verschiedene Arten. Besitzen wie alle Hautflügler leckend-saugende Mundwerkzeuge, daher nur flüssige Nahrung der Imagines (z. B. Nektar). | Nutzen liegt nicht in der Nahrung, sondern in der Fortpflanzung. Suchen sich Wirtstiere, in die sie ihre Eier legen, welche in weiterer Folge von den geschlüpften Larven gefressen werden. | Schmierläuse, Schildläuse, Weiße Fliege, Blattläuse, andere Insekten |
| Florfliege (Fam. <i>Chrysopidae</i>) | Größe ca. 10 mm, Eiablage in Bündeln auf Eistielen in der Nähe von Schädlingen (Nahrung), 3 Larvenstadien, danach Verpuppung bis zum adulten Fluginsekt. | Nahrung räuberisch. Larven: Blattläuse, Milben, andere kleine Insekten. Adulte Tiere: kleine Insekten, Nektar, Honigtau | Blattläuse , Milben |
| Schwebfliege (Fam. <i>Syrphidae</i>) | Größe Imago ca. 12 mm, Größe Larve ca. 10 mm. Einzeleiablage ab März. 1 Larvenstadium, danach Verpuppung auf Blatt (Tönnchenpuppe). Larven sind dämmerungsaktiv. | Nahrung Imago: Nektar, Pollen (wichtige Bestäuber) Nahrung Larven: vor allem Blattläuse, werden ausgesaugt. | Blattläuse |
| Marienkäfer (Fam. <i>Coccinellidae</i>) | Verschiedene Arten, Größe zw. 1-12 mm. Punktezeichnung auf Flügeldecken ist artspezifisch. Eiablage Apr./Mai (Blattunterseite), 4-5 Larvenstadien, danach Verpuppung und Schlüpfen der adulten Käfer (Imagines). | Nahrung: räuberisch, kleine Tiere, vor allem Blattläuse. Jede Marienkäferart bevorzugt eigene Blattlausarten. Die Larven fressen um ein Vielfaches mehr Blattläuse als adulten Käfer. | Blattläuse , Spinnmilben, Woll- und Schmierläuse |
| Wanze (räuberisch) (Ordnung <i>Heteroptera</i>) | Hemimetabole Entwicklung (Imaginalhäutung der Larven anstatt Puppenstadium). Raubwanzen (Fam. <i>Reduviidae</i>), aber auch räuberisch lebende Weichwanzen, z. B. Rote Weichwanze (<i>Deraeocoris ruber</i>). Verschiedene Arten, Größe ca. 9 mm. Besitzen einen kräftigeren, bogenförmig abstehenden Stechrüssel als Mundwerkzeug. | Nahrung: räuberisch, Aussaugen kleiner Insekten wie Blattläuse (z. B. Blumenwanze) | Blattläuse, andere Insekten |
| Ohrwurm (Ordnung <i>Dermoptera</i>) | Größe ca. 10 mm. Eiablage ab März in Erdhöhle, Brutpflege der Weibchen, mehrere Larvenstadien, ab Mai Verlassen der Höhle, Bildung lockerer Fress- und Schlafgemeinschaften (Larven + Imagines). Imagines überwintern in Erdhöhlen und Schlupfwinkeln. | Nahrung: räuberisch, kleine Insekten wie Blattläuse, Blutläuse, Spinnmilben. Ausnahme: bei tierischer Nahrungsknappheit fressen sie Blüten und reife Früchte. | Blattläuse , Blutläuse, Spinnmilben |
| Laufkäfer (Fam. <i>Carabidae</i>) | Holometabolische Entwicklung (Ei - 3 Larvenstadien - Puppenstadium - Imago). Lebensweise der Larven und Imagines ist artspezifisch. Alle Laufkäfer besitzen 5-gliedrige Tarsen (Fußsegmente) sowie hautige Flügel unter den Flügeldecken. | Nahrung: räuberisch, je nach Art kleine Insekten, aber auch Spinnen, Schnecken | Blattläuse, Schnecken, Erdräupen, Engerlinge, Dickmaulrüssler |
| Spinnen (Klasse <i>Arachnida</i>) | Spinnen sind keine Insekten. Sie haben 8 Beine, keine Flügel bzw. Fühler. Verschiedene Arten, Räuberisch lebende Spinnen (z. B. Wolfsspinne) jagen Beute am Boden und bauen keine Netze. Netzbauende Spinnen bauen Netze zwischen Pflanztrieben und Blättern. Nach Giftbiss saugen Spinnen ihre Beute aus. | Nahrung: rein räuberisch, diverse kleine Insekten. Beutefang in Netzen sowie mit Giftbiss. | Blattläuse, Thripse, andere kleine Insekten |

Damit Kletterpflanzen gesund und vital bleiben, muss regelmäßig eine Schädlingskontrolle durchgeführt werden. Diese wird in den Regelwerken vorwiegend bei der Pflege der Vertikalbegrünung angeführt. Die FLL-Richtlinie (2018) weist die Kontrolle der Pflanzen auf einen Schädlingsbefall explizit bei den Pflegemaßnahmen aus (FLL, 2018:98f). Die ÖNORM L 1136 (2021) empfiehlt eine Sichtkontrolle auf die Pflanzengesundheit im Probetrieb sowie generell bei den Pflegemaßnahmen. Dies betrifft neben Mangelerscheinungen an den Blättern (z. B. aufgrund eines Nährstoffmangels) auch einen eventuellen Schädlingsbefall (ÖNORM L 1136, 2021:24). Dieser ist jedoch für fachunkundige Personen oft schwer auszumachen bzw. werden auch keine Beispiele für jene Schädlinge gegeben, die bei Kletterpflanzen vermehrt auftreten können. Erforderliche Pflanzenschutzmaßnahmen sollen ebenfalls im Zuge der Sichtkontrolle angegeben werden (ÖNORM L 1136, 2021:43). Für fachkundige Personen gibt es keine gesonderten Empfehlungen zur Identifizierung von Schädlingen bzw. zur Anwendung bestimmter Maßnahmen.

Zur Schädlingsbekämpfung empfiehlt die ÖNORM L 1136 (2021) die Beachtung aller vorbeugender Maßnahmen, geht jedoch nicht näher auf diese ein. Kommen Pflanzenschutzmittel zum Einsatz, dann sollten diese spezifisch ausgewählt und umweltverträglich sein (ÖNORM L 1136, 2021:14). Die ÖNORM L 1136 (2021) empfiehlt weiter bereits bei der Planung einen zu erwartenden Schadddruck an den Pflanzen, der durch Tiere verursacht wird, zu berücksichtigen. Speziell Vögel werden hierbei hervorgehoben (ÖNORM L 1136, 2021:13). Die FLL-Richtlinie (2018) gibt zur Schädlingsbekämpfung vor, nach den Grundsätzen und Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes gemäß der Richtlinie (EG) 2009/128 vorzugehen (FLL, 2018:98). In Österreich ist diese Richtlinie im Wiener Pflanzenschutzmittelgesetz (WIEN PfISMG) geregelt, wohingehend geeignete Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung sorgfältig auf die Auswirkungen und Risiken auf Mensch und Umwelt geprüft werden müssen sowie im Anschluss weiterführende Maßnahmen durchgeführt werden sollen, die ein erneutes Auftreten von Schädlingen verhindern sollen (§ 2 Abs 4 WIEN PfISMG).

2.7 Fazit Ergebnisse Systemkomponenten

Im Fazit werden noch einmal kurz die Ergebnisse der einzelnen Systemkomponenten Pflanztrog, Substrat, Kletterhilfe, Pflanzen und Pflege zusammengefasst.

2.7.1 Systemkomponente Pflanztrog

Pflanztröge müssen für ihren Einsatz an Gehsteigen im öffentlichen Raum entsprechend der geltenden Regelwerke konzipiert werden. Dies schließt einerseits die Dimensionierung mit ein (Bauordnung/Mindestgehsteigbreite, Gefahrenvermeidung/Aufstiegshilfe) (BO FÜR WIEN; ÖFSV, 2004; ÖNORM L 1136, 2021), als auch die Wechselwirkungen zwischen den Materialeigenschaften und den Wachstumsbedingungen der Pflanzen (ÖNORM L 1136, 2021). Der Pflanztrog muss beständig gegen Einwirkungen von außen (Witterung, UV-Licht), als auch von innen (Wurzeldruck, Wurzelfestigkeit) sein (ÖNORM L 1136, 2021) und muss standsicher aufgestellt oder fixiert werden (DIE UMWELTBERATUNG, 2022a). Pflanzenwurzeln dürfen durch die Materialität ebenfalls nicht geschädigt werden (ÖNORM L 1136, 2021). Die Füllung der Pflanztröge mit speziellen Pflanzsubstraten sollte entsprechend der aktuellen Regelwerke (ÖNORM L 1136 (2021), FLL-Richtlinie (2018)) erfolgen bzw. gibt es viele Anbieter*innen am Markt, die bereits regelkonforme Komplett-Systemlösungen anbieten.

Weitere Komponenten im Pflanztrog sind der Notüberlauf, der Stauwasser und Verschlammung im Vegetationssubstrat verhindert sowie eine Erhöhung, die ein Abfließen des überschüssigen Wassers ermöglicht (ÖNORM L 1136, 2021). Ein Wasserstandsanzeiger ermöglicht eine bedarfsgerechte Bewässerung der Pflanzen (DIE UMWELTBERATUNG, 2022b). Optional kann auch eine automatische Bewässerungsanlage installiert werden (ÖNORM L 1136, 2021).

2.7.2 Systemkomponente Substrat

Pflanzsubstrate sind unerlässlich für eine erfolgreiche Pflanzenentwicklung bei troggebundenen Vertikalbegrünungen. Die eigens konzipierten Substratmischungen der Vegetationstragschicht müssen der Pflanzenart entsprechend abgestimmt sein und für ihren Zweck entsprechend geprüft werden (ÖNORM L 1136, 2021:23). Zur Einhaltung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Pflanzsubstrates gibt es keine eigene Richtlinie oder Norm zur Begrünung mit Pflanztrögen. Die Anforderungen an Intensivsubstrate der ÖNORM L 1131 zur Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken (2010) werden als Richtwert herangezogen (ÖNORM L 1136, 2021:23). Demnach sind Pflanzsubstrate aus mineralischen Schüttstoffen für die troggebundene Vertikalbegrünung geeignet (FLL, 2018:104).

Die Komponenten von Pflanzsubstraten werden am Markt in Form von strukturgebenden Schüttstoffgemischen angeboten. Neben den mineralischen Komponenten (z. B. Blähschiefer) bestehen die Substrate von nährstoffgebenden Stoffen (organische Substanz), oder auch weiteren Hilfsstoffen (z. B. Porolith).

2.7.3 Systemkomponente Kletterhilfen

Kletterhilfen müssen ihrem Zweck dienlich konzipiert werden und einerseits den „pflanzenseitigen Anforderungen“ (Begrünungsziel, Kletterstrategie der Pflanze) sowie den „bauseitigen Anforderungen“ (Wandaufbau, Statik, Verankerung) gerecht werden (FLL, 2018). Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018)

sowie die ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) gehen hierzu detailliert auf die Auswahlkriterien der optimalen Kletterhilfe ein (FLL, 2018:81ff; ÖNORM L 1136,2021:19f). Statische Berechnungen in Bezug auf Eigen-, Schnee-, Eis- und windlasten sollten bereits im Vorfeld getätigt werden (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021).

Die Art der Kletterhilfe ist abhängig von der Pflanzenauswahl bzw. der Kletterstrategie der Pflanzen. Es können Rankstäbe oder Rankseile (Kategorie Schlinger/Winder) zum Einsatz kommen, Ranknetze (Kategorie Ranker und Spreizklimmer) oder Rankgitter (Kategorie Ranker und Spreizklimmer). Die Kletterhilfe wird entsprechend der Wuchseigenschaften der Pflanzen (max. zu erwartende Wuchshöhe, Triebdurchmesser, jährlicher Wuchszuwachs) dimensioniert und angeordnet (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021). Die Materialien der Kletterhilfe (inkl. Distanzhalter und Verankerung) müssen witterungsbeständig sein und dürfen keine lösliche Oberflächenbeschichtung enthalten (ÖNORM L 1136, 2021). Metallische Komponenten (Verankerung, Distanzhalter sowie die Kletterhilfe selbst) müssen korrosionsbeständig sein und mind. Die Korrosivitätskategorie C5 nach ÖNORM EN ISO 12944-6 aufweisen (ÖNORM L 1136, 2021:12f).

Kletterhilfen müssen bei der Pflege von Vertikalbegrünungen regelmäßig auf ihre Funktionsfähigkeit kontrolliert werden. Bei Rankseilen ist ein Nachziehen der Stahlseile bei Bedarf zu erledigen (JAKOB AG, 2021).

2.7.4 Systemkomponente Kletterpflanzen

Für troggebundene Vertikalbegrünungen können entweder Selbstklimmer oder Gerüstkletterpflanzen zum Einsatz kommen. Letztere benötigen eine Kletterhilfe und schränken dadurch die Pflanzenauswahl ein. Weitere beeinflussende Faktoren bei der Pflanzenauswahl bei troggebundenen Systemen sind ästhetische Aspekte (vertikaler, horizontaler, flächiger Bewuchs) sowie das Begrünungsziel (mittlere Wuchshöhe, jährlicher Wuchszuwachs). Ebenso sind Pflanzen mit geringem bis mittlerem Pflegeaufwand zu bevorzugen (FLL, 2018). Eine ausselektierte Pflanzenliste entsprechend dieser Anforderungen ist im Kapitel 2.5 zu finden.

2.7.5 Systemkomponente Pflege

Kletterpflanzen benötigen ihrer Entwicklung entsprechende Pflegemaßnahmen. Die ÖNORM L 1136 (2021) unterteilt die Pflegephasen in den achtwöchigen Probebetrieb (Anwuchspflege), eine zweijährige Entwicklungspflege und nach der Übergabe der Begrünung an den/die Auftraggeber*in die Erhaltungspflege (ÖNORM L 1136, 2021). Pflegemaßnahmen werden entsprechend des Pflegeziels erstellt und in einem Pflegekonzept festgehalten. Laufende Pflegemaßnahmen ergänzen die einzelnen Pflegephasen und halten den Pflegeaufwand gering (ÖNORM L 1120, 2016). Pflegearbeiten umfassen z. B. die Bewässerung, die Düngung, die Entfernung von Fremdaufwuchs, die Leitung der Pflanztriebe, die Kontrolle der Pflanzen auf Schädlinge und Krankheiten oder ein fachgerechter Rückschnitt (ÖNORM L 1120, 2016). Für eine optimale Entwicklung der Pflanzen ist auch der Gehalt pflanzenverfügbarer Nährstoffe im Vegetationssubstrat ausschlaggebend. Die Haupt-Nährelemente Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Wasserstoff (H) sind besonders relevant für die chemischen Substrateigenschaften. Doch auch verschiedene Makro- und Mikronährstoffe erfüllen

wichtige Aufgaben innerhalb der Pflanzen und tragen somit zu einer nachhaltigen und vitalen Pflanzenentwicklung bei.

Die Pflegeaufgabe der Schädlingskontrolle wird bei der Pflege gesondert betrachtet. In der ÖNORM L 1136 (2021) wird eine regelmäßige Sichtkontrolle auf einen Schädlingsbefall der Pflanzen empfohlen (ÖNORM L 1136, 2021). Sollte eine Schädlingsbekämpfung notwendig sein, so sind umweltschonende Mittel gemäß § 2 Abs 4 WIEN PflSMG anzuwenden (FLL, 2018). Auch der Einsatz von Nützlingen bietet eine gute Möglichkeit der biologischen Schädlingsbekämpfung. Viele Nützlingsgruppen haben ein breites Wirkungsspektrum und können für eine Reihe von Schädlingen eingesetzt werden (GRÜNES TIROL 2022, GOTTWALD & ADAM 2008, BELLMANN et al. 2018, FELKE o. J.).

3 TROGGEBUNDENE VERTIKALBEGRÜNUNG MIT DEM BERTA-GRÜNFASSADENMODUL

Im folgenden Teil der Arbeit geht es darum, die zuvor recherchierten Systemkomponenten (Pflanztrug, Substrat, Kletterhilfe, Pflanzen, Pflege) im Feldversuch anhand eines konkreten Untersuchungsobjektes – dem BeRTA Grünfassadenmodul - zu betrachten.

Entsprechend der Forschungsfragen F2, F3, F4.1, F4.2 wurden zu deren Beantwortung die Indikatoren **Pflanzenentwicklung**, **Pflege** und **Vorkommen von Tieren** herangezogen. Diese sollen Aufschluss darüber geben, ob eine Begrünung mit dem BeRTA-Modul nachhaltig funktionieren kann bzw. ob dieses Begrünungssystem für troggebundene Vertikalbegrünungen geeignet ist. Im Folgenden sind die drei Indikatoren mit der dazugehörigen Forschungsfrage angeführt:

Pflanzenentwicklung (F2)

F2 -> Welche Kletterpflanzen erweisen sich als geeignet für westlich exponierte Wiener Standorte des Vertikalbegrünungssystems BeRTA-Grünfassadenmodul?

Pflege (F3)

F3 -> Welche Pflegemaßnahmen an den Pflanzen inklusive Nährstoffversorgung sind für ein langfristiges Bestehen des BeRTA-Grünfassadenmoduls an westlich exponierten Standorten notwendig?

Vorkommen von Tieren (F4.1, F4.2)

F4.1 -> Welche Tierarten aus der Gruppe der Arthropoda (Gliederfüßer) können in westlich exponierten BeRTA-Grünfassadenmodulen in der ersten Vegetationsperiode vorgefunden werden?

F4.2 -> Welche Akzeptanz bringt die Wiener Bevölkerung hinsichtlich der an den BeRTA-Grünfassadenmodulen vorgefundenen Fauna auf?

3.1 Material

Für den Feldversuch werden zunächst die Komponenten des BeRTA-Grünfassadenmoduls beschrieben (Pflanztrug, Substrat, Pflanzenauswahl, Kletterhilfen). Anschließend werden das Untersuchungsgebiet sowie die Untersuchungsstandorte vorgestellt. Für einen besseren Vergleich der Ergebnisse wurden die vier westlich exponierten Standorte des „50 grüne Häuser“ – Forschungsprojektes herangezogen, die mit dem BeRTA-Grünfassadenmodul begrünt wurden.

3.1.1 Beschreibung des BeRTA-Grünfassadenmoduls

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurden im Zuge des Forschungsprojektes 50 grüne Häuser im Herbst 2019 an neun Standorten in Innerfavoriten Fassadenbegrünungen in Form der BeRTA-Grünfassadenmodule aufgebaut. Diese Module sind der troggebundenen Vertikalbegrünung nach der ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) zuzuordnen. Das bedeutet, die Kletterpflanzen wachsen wie bei der bodengebundenen Begrünung an der Fassade, die Pflanzenwurzeln haben jedoch keinen Bodenkontakt (ÖNORM L 1136, 2021).

Um einen Einblick zu bekommen wie genau das BeRTA-Grünfassadenmodul konzeptioniert wurde, werden in diesem Kapitel die einzelnen Komponenten näher vorgestellt. Das Modul unterteilt sich grob gesehen in den Pflanztrug (Dimensionierung, Schichtaufbau, Substrat), die Pflanzenauswahl (Pflanzenart, Kletterstrategie) sowie die dazugehörigen Kletterhilfen.

Auch die Pflege der BeRTA-Module ist ein wesentliches Kriterium für den Erfolg der Begrünung der Fassaden. Denn die Module stehen und wachsen im öffentlichen Raum, die Pflege wird jedoch im Zuge des Forschungsprojektes von den Eigentümer*innen selbst organisiert und zu Forschungszwecken dokumentiert. Daher wird der Punkt „Pflege der BeRTA-Grünfassadenmodule“ in diesem Kapitel ebenfalls näher erläutert.

Das BeRTA-Grünfassadenmodul wurde eigens für seinen Einsatzort im öffentlichen Raum konzipiert. Seine Dimensionen, Materialien und Bepflanzung sowie deren Qualitäten und Funktionen wurden projektbezogen nach den geltenden Regelwerken und Leitfäden entworfen, z. B. ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021), FLL-Richtlinie für Fassadenbegrünungen (2018), Fassadenbegrünungsleitfaden der Stadt Wien (2019) (GRÜNSTATTGRAU, 2022b).

Pflanztrog und Pflanzsubstrat

Der Pflanztrog des BeRTA-Moduls (siehe Abb. 7) misst insgesamt 100 x 40 x 80 cm (L x B x H) und schafft damit ein Gesamtvolumen von 320 Litern. Das Material besteht aus Faserzement mit einer Wandstärke von 2 – 4 cm. In der Mitte des Trogbodens befindet sich ein ca. 8 cm hohes, eingedichtetes Überlaufrohr aus Kunststoff (Innendurchmesser 2 cm). Der Pflanztrog selbst hat vier kleine, 2 cm hohe FüÙe, die auf zwei Reihen 10 cm breiter Unterlagsstreifen aus EPDM aufgestellt sind (GRÜNSTATGRAU, 2022c).

Neben der Außenhülle aus Faserzement besitzt das BeRTA-Modul einen Wasserpegelkontrollschacht mit integriertem Wasserstandsanzeiger. Hierfür wurde ein formstabiles Kunststoffrohr (\varnothing 10 cm), das Sichtrohr, über den Notüberlauf gestellt und der Wasserstandsanzeiger hineingestellt. Ein Deckel, aus dem der obere Teil der Wasserstandsanzeige herausragt, verschließt den ganzen Wasserpegelkontrollschacht, macht ihn jedoch zugänglich für Wartungsgänge und Sichtkontrollen (GRÜNSTATGRAU, 2022c).

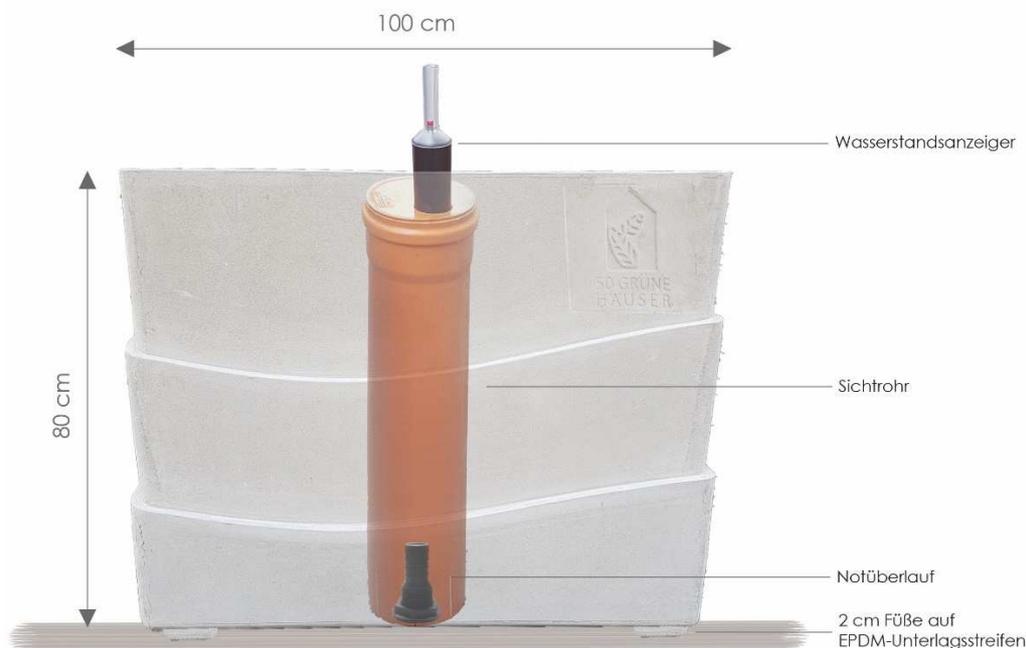


Abb. 7: BeRTA-Pflanztrog: Dimensionierung und Komponenten
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach GRÜNSTATGRAU 2022c)

Die mineralischen Substratkomponenten des mehrschichtigen Aufbaus (siehe Abb. 8) entsprechen in ihren physikalischen sowie chemischen Eigenschaften den Anforderungen gemäß der ÖNORM L 1131 zur Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken (2010) für Drainschichtschüttstoffe bzw. für Intensivbegrünungen und wurden vom Verband für Bauwerksbegrünung mit der Zertifizierung A geprüft (GRÜNSTATGRAU, 2022c). Der Aufbau besteht ganz unten aus einer 15 cm hohen **Drain- und Speicherschicht (Lavadrän 8-16)** (GRÜNSTATGRAU, 2022c) aus gebrochener Lava bzw. Lavatuff mit einer Korngröße (KG) von 8 – 16 mm. Diese Schicht ermöglicht einen 8 cm hohen Wasseranstau (Höhe des Überlaufrohres) (GRÜNSTATGRAU, 2022c), wobei das offenporige Lavagestein die Wasserspeicherfähigkeit verbessert. Der pH-Wert liegt zwischen 5,5 und 8,5, der Salzgehalt bei $\leq 6\text{g/l}$.

Darüber befindet sich die **Filterschicht** mit einem 1 mm dicken Spinnfaservlies aus vernadeltem Polyester bzw. Polypropylen. Es hat eine wirksame Öffnungsweite von 0,13 mm und ein Gewicht von 125 g/m² (DACHGRÜN, 2015b). Damit die darunterliegende Drain- und Speicherschicht nicht durch ausgeschlammte Feinanteile des Pflanzsubstrates verstopfen kann, wurde das Vlies an den Seitenwänden ca. 10 cm weit hochgezogen (GRÜNSTATGRAU, 2022c).

Oberhalb der Filterschicht beginnt der bepflanzte Bereich. Aufgrund der Höhe wurde das Pflanzsubstrat gemäß der ÖNORM L 1131 zur Begrünung von Dächern und Decken (2010) in ein Obersubstrat und ein Untersubstrat geteilt. Das **Untersubstrat (Untersubstrat U 0/12)** wurde 15 cm hoch eingebaut und besteht aus mineralischen, strukturstabilen Schüttstoffgemischen (ÖNORM L 1131, 2010:21ff) mit einer Korngröße zwischen 0 – 12 mm (GRÜNSTATGRAU, 2022c).

Das darüberliegende **Obersubstrat (Pflanzerde I)** entspricht einem Intensivsubstrat für Dachbegrünungen (ÖNORM L 1131, 2010:21ff) und wurde 40 cm hoch eingebaut (GRÜNSTATGRAU, 2022c). Es besteht ebenfalls aus strukturstabilen Schüttstoffgemischen (ÖNORM L 1131, 2010:21ff) mit einer Korngröße zwischen 0 – 12 mm (GRÜNSTATGRAU, 2022c). Dadurch soll eine Wasserdurchlässigkeit von 0,3 mm Durchfluss/min bzw. eine Wasserinfiltrationsrate (k_F -Wert) von $k_F \geq 0,001$ cm/s. Die Wasserspeicherfähigkeit des Obersubstrates liegt zwischen 450 ml/l – 650 ml/l (entspricht 45 % - 65 % des Volumens). Das Luftvolumen beträgt (bei max. Wasserkapazität) 100 ml/l (entspricht 10 % des Volumens). Der Anteil organischer Substanz liegt zwischen 8 % - 15 % der Gesamtmasse mit einem pH-Wert zwischen 5,5 – 8,0 und einem Salzgehalt ≤ 6 g/l (ÖNORM L 1131, 2010:21ff).

Den Abschluss bildet eine 5 cm hohe, mineralische **Mulchschiicht (Lavadrän 8-16)** aus gebrochener Lava bzw. Lavatuff mit einer Korngröße von 8 – 16 mm (GRÜNSTATGRAU, 2022c).



Abb. 8: BeRTA-Pflanztrog: Beschreibung des mehrschichtigen Aufbaus (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach GRÜNSTATGRAU 2022c)

Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet

Beim Forschungsprojekt „50 grüne Häuser“ wurden drei verschiedene Pflanzenarten verwendet. Sie unterscheiden sich vor allem in ihrer Kletterstrategie. Zum einen kam als Selbstklimmer ***Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii'** zum Einsatz. Zum anderen wurden zwei verschiedene Gerüstkletterpflanzen gepflanzt, nämlich ***Lonicera x tellmanniana*** (Kletterhilfe: Rankgitter) sowie ***Wisteria floribunda*** (Kletterhilfe: Rankseil). Im folgenden Teil werden nun die drei Pflanzenarten in Pflanzensteckbriefen vorgestellt und genauer beschrieben.

Die folgende Tabelle 14 gibt einen Überblick darüber, welche Pflanzen an den vier untersuchten Standorten gepflanzt wurden, wie sie klassifiziert werden sowie die Angaben über durchschnittliche Wuchshöhe und Wuchsbreite zu Beginn der Untersuchungen und Aufnahmen (Ausgangswerte).

Tabelle 14: Überblick der Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

| PFLANZENAUWAHL IM UNTERSUCHUNGSGEBIET | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|--------|--|------------------------------------|--|---|
| Klassifizierung | Standort | Kürzel | Kletterstrategie/ Art der Rankhilfe | Pflanzenart <i>Gattung/Art</i> | 'Sorten' | Dimensionierung Pflanzen in cm (Ø BxH) |
| SELBSTKLIMMER | Absberggasse 5 | A05 | Selbstklimmer | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> | 'Veitchii' | 159 x 63 |
| | Jagd-gasse 25 | J25 | Selbstklimmer | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> | 'Veitchii' | 173 x 67 |
| RANKGITTER | Herzgasse 47 | H47 | Rankgitter | <i>Lonicera tellmanniana</i> | | 173 x 98 |
| RANKSEIL | Kudlichgasse 14 | K14 | Rankseil | <i>Wisteria floribunda</i> | 'Rosea', 'Lawrence', 'Ito Koku Riu' | 239 x 71 |

In der Klasse Selbstklimmer wurde an zwei Standorten (Absberggasse 5, Jagdgasse 25) *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii' gepflanzt (siehe Abb. 9). Die Dreispitzige Jungfernebe bildet zum Erklimmen vertikaler Flächen Haftscheiben aus und benötigt daher keine Kletterhilfe. In der Regel wächst sie fächerförmig-waagrecht, das heißt sie begrünt die Fassade eher in die Breite als in die Höhe (FLL, 2018:56). Sie erreicht im Laufe ihres Lebens eine mittlere Wuchshöhe von 12 – 15 m bzw. mit ihrer starken Wuchsstärke einen jährlichen Zuwachs von ca. 100 – 200 cm (FLL, 2018:58,71).

P. tricuspidata ist eine sommergrüne Pflanze. Die Blätter zeigen zum Blattaustrieb im Frühjahr eine bronzefarbene Färbung und erscheinen über den Sommer glänzend grün. Im Herbst überzeugt die Pflanze mit einer wunderschönen Herbstfärbung von rotbraunen bis rosaroten Farbnuancen. Blütezeit ist im Juni/Juli in Form von gelblichgrünen Trugdolden, die zu ca. 0,8 cm dicken, kugeligen, blau bereiften Beeren heranreifen (BRUNS PFLANZEN EXPORT GMBH & CO. KG, 2018/2019:348).

Zum Zeitpunkt der Pflanzung (Nov. 2019) wurden die Pflanzenteile pro Modul mit einer durchschnittlichen Wuchshöhe von 159 cm und einer durchschnittlichen Wuchsbreite von 63 cm vermessen.

| SELBSTKLIMMER | |
|---|----------------------------|
| <i>Parthenocissus tricuspidata</i> 'Veitchii' (Dreispitzige Jungfernebe) | |
| Kletterstrategie | Haftscheibenranker |
| mittlere Wuchshöhe | 12 - 15 m |
| jährl. Wuchsleistung | 100 - 200 cm |
| Wuchsform/ Wuchsrichtung | fächerförmig- waagrecht |

Quelle: FLL (2018)








BLÜTE
FRÜCHTE
HERBSTFÄRBUNG

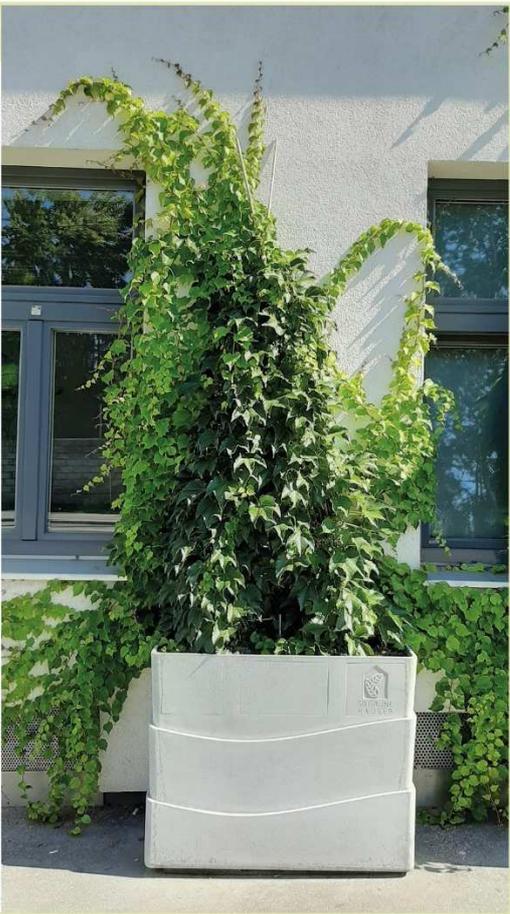


Abb. 9: Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet: *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii'
Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL, 2018)

Bei der Gruppe der Pflanzen mit Kletterhilfe wurden zwei verschiedene Varianten untersucht. In der Herzgasse 47 wurde mit *Lonicera x tellmanniana* begrünt (siehe Abb. 10). Als schlingende/windende Pflanze benötigt sie zum Erklimmen der Fassade eine Kletterhilfe (FLL, 2018:54), in diesem Fall ein Rankgitter. Von der Wuchsleistung her erreicht *L. tellmanniana* eine mittlere Wuchshöhe von 5 – 6 m mit einem jährlichen Zuwachs von ca. 100 – 200 cm (FLL, 2018:58,70). Mit ihren breit abstehenden und bogig überhängenden Trieben (BRUNS PFLANZEN EXPORT GMBH & CO. KG, 2018/2019:302) eignet sie sich zur flächigen Begrünung. *L. x tellmanniana* ist sommergrün und bildet im Frühjahr 6 – 10 cm lange, eher fleischige, tiefgrüne, breite und eiförmige Blätter, wobei das oberste Blattpaar tellerartig verwachsen ist. Vor dem Blattfall im Herbst färben sich die Blätter gelb. Die Blütezeit erstreckt sich von Ende Mai bis Anfang Juli. An den Triebenden bilden sich quirlartige Blütenstände mit röhrenförmigen, zweilippigen, gelborangener Einzelblüten. Die Blüten duften nicht und entwickeln sich zu orangefarbenen, erbsengroßen Beeren weiter (BRUNS PFLANZEN EXPORT GMBH & CO. KG, 2018/2019:302).

Zum Zeitpunkt der Pflanzung (Nov. 2019) wurden die Pflanzenteile pro Modul mit einer durchschnittlichen Wuchshöhe von 173 cm und einer durchschnittlichen Wuchsbreite von 98 cm vermessen.

| GERÜSTKLETTERPFLANZE - RANKGITTER | |
|--|------------------|
| <i>Lonicera x tellmanniana</i> (Gold-Geißblatt) | |
| Kletterstrategie | Schlinger/Winder |
| mittlere Wuchshöhe | 5 - 6 m |
| jährl. Wuchsleistung | 100 - 200 cm |
| Wuchsform/ Wuchsrichtung | (teil-)flächig |

Quelle: FLL (2018)






BLÜTE
 FRÜCHTE
 HERBSTFÄRBUNG



Abb. 10: Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet: *Lonicera x tellmanniana*
Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL, 2018)

Die zweite Pflanze, die mit Kletterhilfe ausgeführt wurde, ist *Wisteria floribunda*, in der Kudlichgasse 14 (siehe Abb. 11). Als rechtswindende Pflanze der Kategorie Schlinger/Winder benötigt sie ebenfalls eine Kletterhilfe. Bei einer zu erwartenden Wuchshöhe von 8 - 12 m (FLL, 2018:74) kam hier ein Rankseil zum Einsatz. *W. floribunda* besitzt ebenfalls eine starke Wüchsigkeit mit einem jährlichen Zuwachs von ca. 100 – 200 cm (FLL, 2018:58).

Die sommergrüne Pflanze bildet unpaarig gefiederte Blätter mit 11 – 19 elliptischen Blättchen. Diese sind beim Blattaustrieb noch behaart, später kahl und glänzendgrün und zur Herbstfärbung gelb. Blütezeit ist zeitgleich mit dem Blattaustrieb Ende Mai/Juni in Form von violetten, 20 – 50 cm langen Trauben. Die Blüten öffnen sich beginnend vom Ansatz der Traube bis hin zur Spitze nacheinander und nie zeitgleich und entwickeln sich zu länglichen, grünen, mehrsamigen Hülsenfrüchten. Für eine baldige Blüte ist die Verwendung von vegetativ vermehrten Pflanzen zu bevorzugen. *W. floribunda* ist spätfrostempfindlich und hat im Sommer einen erhöhten Wasserbedarf (BRUNS PFLANZEN EXPORT GMBH & CO. KG, 2018/2019:633f).

Zum Zeitpunkt der Pflanzung (Nov. 2019) wurden die Pflanzenteile pro Modul mit einer durchschnittlichen Wuchshöhe von 239 cm und einer durchschnittlichen Wuchsbreite von 71 cm vermessen.



Abb. 11: Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet: *Wisteria floribunda*
Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL, 2018)

Kletterhilfen

Für die Kategorie Selbstklimmer (*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii') wurde keine Kletterhilfe an der Fassade angebracht. Die Pflanztriebe wurden bei der Errichtung (November 2019) lediglich an Bambusstecken locker angebunden und diagonal überkreuzt miteinander mittels einer Jute-Schnur befestigt (siehe Abb. 12).



Abb. 12: Selbstklimmer: Befestigung der Pflanzen mittels Bambusstöcken
(Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)



Abb. 13: Kletterhilfe Rankgitter (GFRK)
(Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2019-2020)

Bei den Gerüstkletterpflanzen wurde für *Lonicera x tellmanniana* ein Rankgitter aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFRK) in der Größe 80 x 300 cm (B x H) ca. 150 cm über dem Boden montiert (siehe Abb. 13). Die äußeren, vertikalen Rundstäbe sind hohl und haben einen Durchmesser von ca. 15 mm. Die inneren Rundstäbe haben einen Durchmesser von ca. 8 mm und führen zur Stabilität durch die äußeren Rundstäbe hindurch. Die vertikalen Profile haben einen Abstand von 25 cm, die horizontalen Quersprossen 100 cm. Das Rankgitter selbst ist mit insgesamt acht Ankerpunkten mittels Stahlchellen an der Fassade befestigt. Dabei wird ein Abstand zwischen Kletterhilfe und Fassade von 10 – 15 cm eingehalten (GRÜNSTATTGRAU, 2022c).

Für *Wisteria floribunda* kamen Rankseile als Kletterhilfe zum Einsatz (siehe Abb. 14). Sie bestehen aus V4A-Edelstahl-Seilsystemen die vertikal zweireihig in Abständen von 30 cm montiert wurden. Die Rankseile wurden ab ca. 120 cm über dem Boden montiert und sind 450 cm lang. Damit ergibt sich pro Modul eine Größe von 30 x 450 cm (B x H). Die Distanzkonsolen wurden (vertikal) in einem Abstand von 150 cm bzw. mit einem Wandabstand von 15 cm angebracht. Die Distanzkonsolen besitzen an der Außenseite die Möglichkeit das durchlaufende Rankseil



Abb. 14: Kletterhilfe Rankseil (Edelstahl)
(Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)

zu fixieren und dadurch das Seilsystem für seinen Einsatz entsprechend zu spannen. Teilweise verlaufen die Rankseile auch einreihig (abhängig von der Begrünungsfläche und dem Abstand zu Türen und Fenstern) bzw. auch horizontal. Dadurch kann eine säulenförmige, lineare Begrünung der Fassade erreicht werden (GRÜNSTATTGRAU, 2022c).

Pflege der BeRTA Grünfassadenmodule

Nach der Errichtung und Übergabe der BeRTA-Grünfassadenmodule an den insgesamt neun Standorten im November 2019 wurden die Pflanzen von den Pflegebeauftragten jedes Standortes gepflegt. Abhängig von den Gegebenheiten vor Ort jedes Standortes wurde die Pflege von den Eigentümer*innen selbst, ausgewählten Bewohner*innen oder einer externen Pflegefirma übernommen (siehe Tabelle 15). Gemäß der gängigen Pflegerichtlinien nach ÖNORM L 1136 (2021) wurde von November 2019 bis Ende Mai 2020 die Anwuchspflege festgelegt und darauffolgend die Erhaltungspflege (ÖNORM L 1136, 2021).

Tabelle 15: Übersicht über die Verteilung der einzelnen Pflegeaufgaben an die Pflegebeauftragten der BeRTA-Grünfassadenmodule (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| PFLEGEBEAUFTRAGTE DER BERTA-GRÜNFASSADENMODULE - VERTEILUNG DER AUFGABEN | | | | |
|--|------------------------------|---|----------------------|------------------------------|
| PFLEGEPROTOKOLLE EINTRAGEN | BEWÄSSERUNG | PFLANZEN MONITORING, PFLEGE | SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG | DÜNGUNG |
| Absberggasse 5 (A05) | | | | |
| Bewohner*innen | Bewohner*innen | Bewohner*innen | Bewohner*innen | Bewohner*innen |
| Jagdgasse 25 (J25) | | | | |
| Miteigentümer*innen | Gärtnerin/ Blumenhandlung | Miteigentümer*innen + Gärtnerin/Blumenhandlung | Miteigentümer*innen | Gärtnerin/ Blumenhandlung |
| Herzgasse 47 (H47) | | | | |
| Bewohnerin | Bewohnerin | Bewohnerin | Bewohnerin | Bewohnerin |
| Kudlichgasse 14 (K14) | | | | |
| Eigentümer*innen | externe Pflegefirma | externe Pflegefirma | externe Pflegefirma | externe Pflegefirma |

Zur Protokollierung der Ergebnisse wurden standardisierte Pflegeprotokolle erstellt, welche von den Pflegebeauftragten wöchentlich als auch ein- bis zweimal jährlich entweder digital oder auf Papier ausgefüllt wurden. Die Beobachtungen wurden zu den Bereichen Funktionalität des Pflanztroges, Verschmutzung, Vandalismus, Feuchtigkeitsgehalt des Substrates, Bewässerung, Pflanzenmorphologie sowie Schädlinge an den Pflanzen festgelegt. Für die Forschungsarbeit wurden die Daten aus den Bereichen **Substrat, Bewässerung, Pflanzen und Pflege** (Düngung) miteinbezogen. Durch die gesammelten Daten der Pflegeprotokolle konnten Rückschlüsse auf die Vitalität, den Deckungsgrad und das Wuchspotenzial der Pflanzen geschlossen werden (siehe Diskussion).

Die folgende Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Aufgaben der wöchentlichen sowie halbjährlichen Pflege der BeRTA-Module an den vier untersuchten Standorten. Eine komplette Vorlage des Pflegeprotokolls zum Ausfüllen für die Pflegebeauftragten befindet sich im Anhang. Zur Bewässerung sei hier ergänzt, dass an allen Untersuchungsstandorten in den kalten Monaten in der Vegetationsruhe nur gegossen wurde, wenn die Temperaturen über 0° C lagen, um ein Erfrieren der Pflanzenwurzeln zu verhindern, jedoch ein Anwachsen der jungen Wurzeln in die unteren Substratschichten zu gewährleisten.

Tabelle 16: Beschreibung der wöchentlichen und halbjährlichen Pflegeaufgaben der Pflegebeauftragten an den BeRTA-Grünfassadenmodulen.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Pflegeaufgaben wöchentlich | | |
|---|---|---|
| Pflanztrog | Substrat | Bewässerung |
| Defekte, z. B. Wasser rinnt stark aus nach Gießen, Stift für Wasserstandsanzeige steigt nicht, usw. | Kontrolle des Feuchtigkeitsgehaltes (trocken, frisch, feucht). | Kontrolle der Wasserstandsanzeige, Eintragung des Wasserpegels. Bei Gießen Eintragung der Gießmenge (L/Modul) |
| Pflanzen | | |
| Veränderungen am Blatt z.B. Vergilbung, Vertrocknung, Flecken, Laubabwurf, Verfärbung | Schädlinge, z. B. Läuse, Milben, Raupen, Fraßspuren an den Blättern. Einschätzung des Befalls in Prozent | Leitung der Pflanztriebe, z. B. Einfädeln der Triebe hinter der Pflanze, anbinden, usw. |
| Pflegeaufgaben 1-2x jährlich | | |
| Pflanzen (Mitte April) | Düngung (Mitte April + Ende August) | |
| Eintragung abgestorbener Pflanzen oder Pflanzenteile (z.B. Blätter, Triebe) | Art der Düngung angeben (z.B. Flüssigdünger, Langzeitdünger, biologisch, synthetisch) sowie Datum der letzten Düngung | |

3.1.2 Untersuchungsgebiet

Lage

Geologisch gesehen liegt der Bezirk Favoriten im Wiener Becken. Er wird im Norden von den Anlagen der Südbahn (Hauptbahnhof) eingegrenzt. Im Osten wird er vom Laaerberg, im Westen vom Wienerberg eingefasst sowie im Süden vom Liesingtal, wo der Liesingbach (das einzige fließende Gewässer in Favoriten) in östliche Richtung quert (STADT WIEN, 2020).

Die folgende Karte (Abb. 15) zeigt den Stadtplan des Wiener Bezirks Favoriten. Im Zuge des Forschungsprojektes „50 grüne Häuser“ wurden zwischen dem Wiener Hauptbahnhof im Norden und dem Erholungsgebiet Laaerberg im Süden insgesamt neun Hausfassaden mit dem BeRTA-Grünfassadenmodul begrünt. Untersuchungsobjekt für diese Masterarbeit waren die vier westlich exponierten Standorte (in der Karte in Grün hervorgehoben).

Die Karte gibt außerdem einen anfänglichen Überblick darüber, wie viele BeRTA-Module pro Standort aufgestellt wurden, welche Pflanzen zum Einsatz kamen sowie die Exposition der Begrünungen.

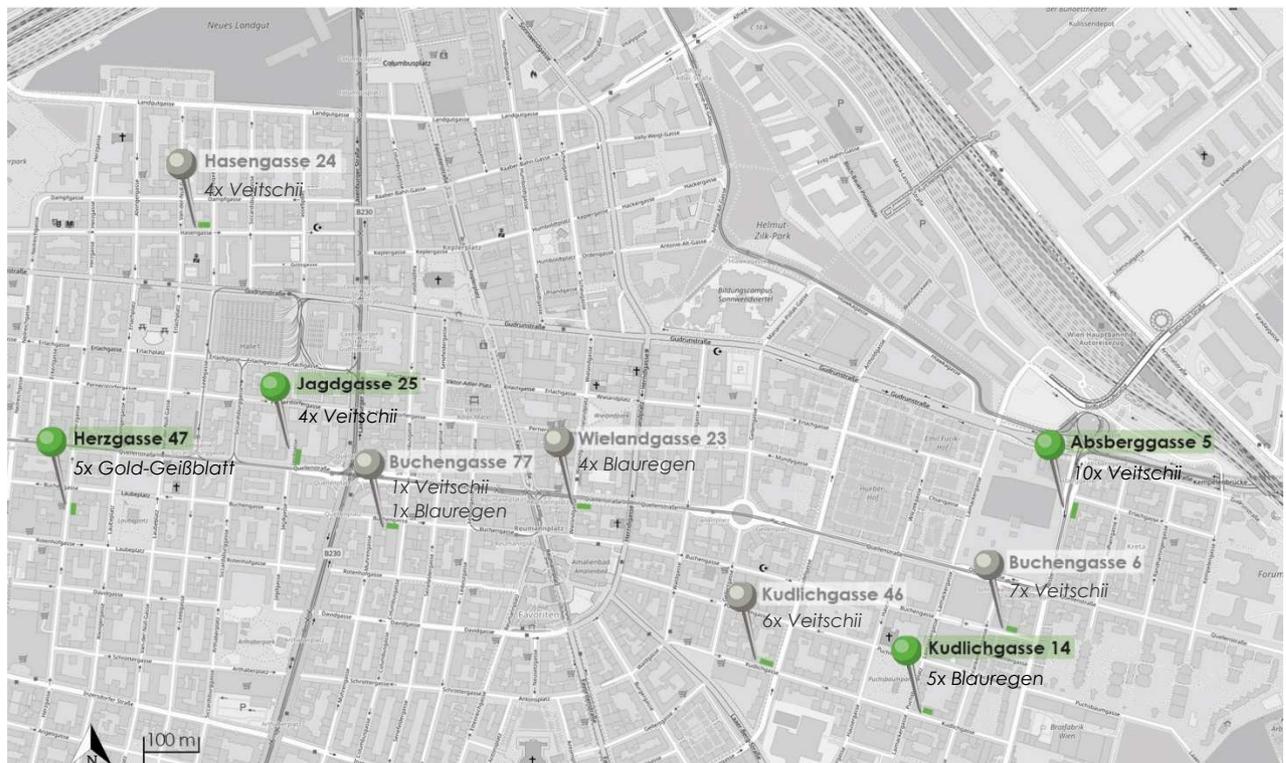


Abb. 15: Übersichtsplan der begrünten Standorte des „50 grüne Häuser“ – Forschungsprojektes. (Grün hervorgehoben: 4 untersuchten Standorte mit westlicher Exposition. Grau: übrige Standorte des Forschungsprojektes)

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach GOOGLE STREET MAP)

Geologie und Boden

Das Wiener Becken ist aus geomorphologischer Sicht ein tektonisches Einbruchsbecken. Der Untergrund wird von eingesunkenen alpin-karpatischen Decken gebildet und besteht damit aus denselben prä-tertiären Gesteinen der angrenzenden Randgebirge (Ostalpen und Westkarpaten) (HOFMANN et al., 2011: 14f). Die Entstehung des Wiener Beckens erfolgte in mehreren Phasen. Daraus resultieren heute viele Ablagerungen von Kalkgestein, das aus den Kalkklippen des damaligen tropischen Meeres stammt. Die tektonischen Einbrüche führten an den Bruchrändern stellenweise zum Austritt von heißen Thermalquellen. Diese bilden heute die Wiener Thermenlinie. Seine heutige Form hat das Wiener Becken seit dem Badenium (vor 16 Mio Jahren) (HOFMANN et al., 2011: 16f IN: HOFMANN, 2007).

Zusätzlich zu den Kalkablagerungen des urzeitlichen Meeres finden sich auch fluviative Kiese und Sande. Sie stammen aus der Würmeiszeit (20.000 Jahre) beziehungsweise aus der Riss-Eiszeit (160.000 Jahre) als Folge von Schotterablagerungen der Zubringerflüsse aus den Ausläufern der Ostalpen zur Donau sowie von Schotterablagerungen der Donau selbst (Donauterrassen). Ebenso finden sich äolische Deckschichten aus Löss und Lehm (HOFMANN et al., 2011: 18). Äolisch (griechisch: windbürtig, vom Wind geschaffen) bedeutet in diesem Sinn, dass die zuvor abgelagerten Flusssedimente durch den Wind vertragen und an anderer Stelle abgelagert wurden, wo sie eine Deckschicht bildeten (SPEKTRUM, 2001b).

Diese naturräumlichen Gegebenheiten Favoritens spiegeln sich auch in der Bezirksgeschichte wider. So wurden z. B. für den Bau des Bezirksgebäudes Ziegel aus der Ziegelfabrik am Wienerberg verwendet, die wiederum aus den Lehmabbaustellen des Wiener Beckens gefertigt wurden.

Die geologische Entstehungsgeschichte wirkt sich zwar nicht unmittelbar auf den Boden der BeRTA-Grünfassadenmodule aus, da die Pflanzenwurzeln schließlich keinen Bodenkontakt zum Untergrund haben. Jedoch wirken sich die geologischen Geschehnisse auf die übrigen sekundären Standortbedingungen aus. So ist das Relief erst durch die geologischen Tätigkeiten im Untergrund entstanden. Das wiederum steht in starker Wechselbeziehung zum Klima. Und nicht zuletzt wirken sich diese Faktoren auf die Zusammensetzung eines Ökosystems aus beziehungsweise auf die biotischen Faktoren innerhalb dieses Systems.

Relief

Der Bezirk Favoriten liegt im Wiener Becken im Gelände eingebettet zwischen dem Laaerberg und dem Wienerberg. Zwischen diesen beiden höher gelegenen geologischen Formationen des Laaerberges und des Wienerberges befinden sich sichelförmig angeordneten Schotterterrassen, die Laaerbergterrasse und die Wienerbergterrasse. Diese geologischen Formationen sind Teile der sieben Donauterrassen, die sich bei der geologischen Entstehung des Wiener Beckens im Quartär entwickelt haben. Hierzu zählen die Laaerberg Terrasse, die Wienerberg Terrasse, die Arsenal Terrasse, die Theresianum Terrasse, die Simmeringer Terrasse, die Stadt Terrasse sowie die Prater Terrasse. Sie erstrecken sich vom südlichen Rand von Wien in nord-östliche Richtung bis zur Talsohle der Donau. (PLACHY, 2007 In: PFLEIDERER & HOFMANN, 2007:264). Auch der Anteil der klimatischen Prozesse wird hierbei deutlich. Denn nicht nur durch geologische und tektonische Prozesse, sondern auch durch die Abfolge mehrerer Kalt- und Warmzeiten (Eiszeiten Günz, Mindel, Riss, Würm) entstanden die sieben Schotterterrassen (WGM, o. J.).

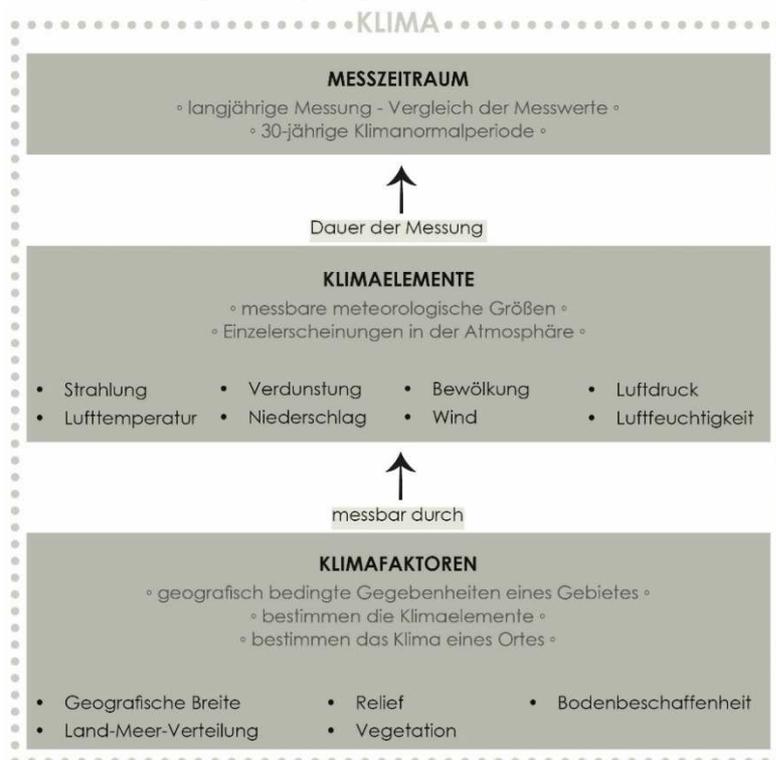
Die Laaerberg Terrasse ist die höchste der sieben Donauterrassen mit einer Seehöhe von ca. 241 müA. Zur Donau hin nimmt die Höhe der abgelagerten Sedimente stetig ab und so misst die Wienerberg Terrasse eine Seehöhe von ca. 225 müA und die letzte der sieben Donauterrassen, die Prater Terrasse, eine Seehöhe von ca. 160 müA (WGM, o. J.). Das Untersuchungsgebiet selbst befindet sich auf einer Seehöhe von ca. 216 müA bis ca. 205 müA (STADT WIEN – VIENNAGIS, o. J.).

Klima

Das Wort Klima stammt aus dem Griechischen (κλίω (klino) = sich neigen) und beschreibt das durchschnittliche Wettergeschehen eines Ortes in Abhängigkeit zu den mittleren breitenkreisabhängigen Einstrahlungsverhältnissen unter Miteinbezug der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation (MALBERG, 2007:271ff). Das bedeutet die klimatischen Verhältnisse verändern sich anhand der Ausprägung der Klimafaktoren (geografische Breite, Land-See-Verteilung, Relief, Vegetation und Bodenbeschaffenheit), die an einem bestimmten Ort innerhalb eines bestimmten Messzeitraumes wirken (siehe Abb. 16) (SPEKTRUM, 2001c).

Betrachtet wird hierfür ein ausreichend langer Zeitraum, nämlich eine 30-jährige Periode, damit die erhobenen Mittelwerte als auch eventuelle Schwankungen (wie Streuung, Häufigkeitsverteilung, Extremwerte) ein repräsentatives Ergebnis liefern und die Klimadaten miteinander verglichen werden können. Nach MALBERG (2007) wurden hierfür häufig die Klimaperioden im Zeitraum 1931 – 1960 bzw. 1961 – 1990 verwendet (MALBERG, 2007:271ff). Zum besseren internationalen Vergleich der mittleren Klimawerte werden gegenwärtig mit der Klimanormalperiode 1981 - 2010 aktuellere Datensätze verwendet (DWD, o. J.).

Zur Ermittlung der Klimafaktoren werden die Klimaelemente Lufttemperatur, Niederschlag und Bewölkung herangezogen sowie die Intensität der Strahlung und im Zusammenhang mit



der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation auch Luftdruck und Vertikalbewegungen von Luftpaketen (SPEKTRUM, 2020). Die Klimaelemente sind jene meteorologischen Größen, die gemessen und beobachtet werden können und durch deren Vergleich das Klima beschreibbar gemacht werden kann (MALBERG, 2007:271ff).

Man könnte auch sagen die Klimaelemente im Einzelnen betrachtet sind teilweise die primären Standortfaktoren (siehe folgendes Kapitel) Licht, Wärme, Wasser und erst durch

Abb. 16: Einflussvariablen auf das Klima (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach MALBERG 2007)

die Aufzeichnung dieser Werte innerhalb eines längeren Zeitraums (30-jährige Klimaperiode) können diese verglichen werden und Aussagen über das Klima getroffen werden.

Die Aussagen über das Klima beziehen sich neben dem aussagekräftigen Zeitraum immer auf einen bestimmten Ort. Global gesehen können Gebiete mit ähnlichen klimatischen Bedingungen zu Klimazonen klassifiziert werden. Diese Teilgebiete weisen ausreichend homogene Eigenschaften bezüglich ihrer Klimaelemente auf und unterscheiden sich gleichzeitig ausreichend von anderen Klimata. Relevant hierfür sind Temperatur, Verdunstung, Feuchte, Bewölkung und Niederschlag (MALBERG, 2007:271ff). Zumeist wird die Köppen-Geiger Klimaklassifikation verwendet. Sie unterteilt die Erde grob in fünf Klimazonen (A, B, C, D, E) und unterteilt diese noch weiter. Die feinere Unterteilung orientiert sich hierbei an der globalen Verteilung der Pflanzung bzw. deren Anpassung zu vorherrschenden Temperatur- und Niederschlagswerten und wird in der Klimazonenkarte mit einem dreistelligen Buchstabencode angegeben (RUBEL & KOTTEK, 2011:362). Die adaptierte Klimakarte nach KOTTEK et al. (2006) zeigt, dass sich der Alpenraum Österreichs im Schneeklima (D) mit feuchtem Niederschlag (f) und warmen (b) bis kühlen (c) Sommern befindet. Der östliche Teil Österreichs - und damit auch das Untersuchungsgebiet - befindet sich im warmgemäßigten Klima (C) mit feuchtem Niederschlag (f) und kühlen Sommern (c) (KOTTEK et al., 2006).

In welchen Klimawerten sich diese Klimaklassifikation für das Untersuchungsgebiet ausdrückt wird in der folgenden Tabelle 17 dargestellt. Sie zeigt die gemittelten Werte (monatlich sowie Jahresmittel) der Klimaelemente Lufttemperatur, Niederschlagsmenge, Sonnenscheindauer und Windgeschwindigkeit für die 30-jährige Klimanormalperiode 1971 – 2000 in Wien.

Die Messwerte stammen von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) von der teilautomatischen Wetterstation (TAWES) Innere Stadt, in der Operngasse 17-21, 1040 Wien. Sie befindet sich auf einem flachen Kiesdach (171 müNN) auf einem zehn Meter hohen Windmast. Damit ist ein freier Radius zur hindernisfreien Aufnahme der Wetterdaten gewährt (ZAMG, o. J.a).

Tabelle 17: Langjährige Klimamittelwerte 1971 – 2000 von der ZAMG Messtation Wien Innere Stadt. Dargestellt werden die Parameter Lufttemperatur (°C), Niederschlag (mm), Sonnenscheindauer (h) und Windgeschwindigkeit (m/s) der einzelnen Monate sowie deren Summe im Jahresmittel. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 nach ZAMG o. J.b)

| Parameter | Jän | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sept | Okt | Nov | Dez | Jahresmittel |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|--------------|
| Lufttemperatur (°C) 1971-2000 | 1,2 | 2,9 | 6,4 | 11,5 | 16,5 | 19,1 | 21,7 | 21,6 | 16,8 | 11,6 | 5,5 | 2,4 | 11,4 |
| Niederschlag (mm) 1971-2000 | 21,3 | 29,3 | 39,1 | 39,2 | 60,9 | 63,3 | 66,6 | 66,5 | 50,4 | 32,8 | 43,9 | 34,6 | 547,9 |
| Sonnenscheindauer (h) 1971-2000 | 65,5 | 105,6 | 127,7 | 183,1 | 238,7 | 227,5 | 260,4 | 251 | 168,2 | 139 | 66,3 | 50,6 | 1883,6 |
| Windgeschwindigkeit (m/s) 1971-2000 | 3,8 | 4,1 | 4,0 | 4,2 | 3,9 | 4,0 | 3,8 | 3,5 | 3,6 | 3,6 | 3,7 | 4,0 | 3,9 |

Die Tabelle 19 zeigt im Jahresmittel eine Lufttemperatur von 11,4°C. Die wärmsten Monate erstrecken sich von Mai bis September mit einer gemittelten Maximaltemperatur von 21,7°C im Monat Juli. Den kältesten Monat bildet im Durchschnitt der Jänner mit einer gemittelten Temperatur von 1,2°C.

Die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt im Jahresmittel 547,9 mm. Die gemittelten Monatswerte verhalten sich analog zur Lufttemperatur. So zeigt sich im Durchschnitt von Mai

bis September die höchste Niederschlagsmenge mit einem Maximalwert von 66,6 mm im Monat Juli beziehungsweise die geringste Niederschlagsmenge im Jänner mit 21,3 mm.

Die gemittelte Summe der Sonnenscheindauer beträgt auf das Jahr gesehen rund 1884 h. Auf die einzelnen Monate aufgefächert ist die Sonnenscheindauer im Durchschnitt von Mai bis August am höchsten und erreicht im Monat Juli den höchsten Wert im Mittel von 260,4 h und im Dezember den niedrigsten Wert von 50,6 h.

Die Windgeschwindigkeit beträgt im Jahresmittel 3,9 m/s. Auf die einzelnen Monate betrachtet zeigen sich in den Sommermonaten geringere durchschnittliche Werte, wie etwa im August mit 3,5 m/s) und in den Herbst- und Wintermonaten etwas höhere Werte, z. B. 4,1 m/s im Februar.

Die Tabelle 19 zeigt auch weiter, dass die Lufttemperatur im Jahresmittel in der Klimanormalperiode 1971 - 2000 mit 11,4°C der warmgemäßigten Klimazone (C) nach der Köppen-Geiger Klimaklassifikation nach KOTTEK et al. (2006) entspricht. Ebenso entspricht die jährliche mittlere Summe der Niederschlagsmenge der Kategorie „feuchter Niederschlag“ (f) (KOTTEK et al., 2006).

3.1.3 Beschreibung der Standorte im Untersuchungsgebiet

Die BeRTA-Module an den neun Standorten des Untersuchungsgebietes wurden im Herbst 2019 unter anderem in Kooperation mit der Firma GrünStattGrau gemeinsam mit der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) aufgebaut (Ausnahme Prototyp in der Buchengasse 77) und wurden in weiterer Folge von der BOKU die ersten zwei Jahre lang untersucht und erforscht. Die Untersuchungen, welche dieser Masterarbeit zugrunde liegen, beziehen sich auf das erste Standjahr ab Errichtung der Fassadenbegrünungen (von November 2019 bis Oktober 2020). Zur besseren Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse wurden jene vier Standorte mit westlicher Exposition herangezogen, also Absberggasse 5 (W), Herzgasse 47 (W), Jagdgasse 25 (W) und Kudlichgasse 14 (SW).

Die folgende Tabelle 18 gibt hierzu einen anfänglichen Überblick über die Vorstellung der vier Untersuchungsstandorte mit westlicher Exposition, die Anzahl der BeRTA-Module an dem jeweiligen Standort sowie die verwendete Pflanzenart.

Tabelle 18: Übersicht über die vier Untersuchungsstandorte der BeRTA-Grünfassadenmodule.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

| PFLANZENAUSWAHL IM UNTERSUCHUNGSGEBIET | | | | | | |
|--|-----------------|--------|------------------------------------|--|---------------|------------|
| Nr. | Standort | Kürzel | Gattung/Art | 'Sorten' | Anzahl Module | Exposition |
| SELBSTKLIMMER | | | | | | |
| 1. | Absberggasse 5 | A05 | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> | 'Veitchii' | 10 | W |
| 4. | Jagdgasse 25 | J25 | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> | 'Veitchii' | 4 | W |
| RANKGITTER | | | | | | |
| 6. | Herzgasse 47 | H47 | <i>Lonicera tellmanniana</i> | | 5 | W |
| RANKSEIL | | | | | | |
| 7. | Kudlichgasse 14 | K14 | <i>Wisteria floribunda</i> | 'Rosea', 'Lawrence', 'Ito Koku Riu' | 5 | SW |

Standort Absberggasse 5 (A05)



Abb. 17: Ansicht Standort Absberggasse 5 (A05)
(Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)

In der Absberggasse 5 (A05) wurde mit *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii' (Dreispitziige Jungfernebe) begrünt (siehe Abb. 17, Tabelle 19). Die Pflanzen fallen unter die Kategorie Selbstklimmer und benötigen daher keine Kletterhilfe. Für die ca. 28 x 18 m (B x H) große Fassadenfläche wurden insgesamt zehn BeRTA-Module aufgebaut (M1 – M10 – von links nach rechts). Die Fassade besteht aus einem tragenden Mauerwerk sowie einem darauf aufgebrachtem Wärmedämmverbundsystem (WDVS). Der Standort ist westlich exponiert, liegt jedoch durch die vorgelagerte, mehrspurige Straße in der Vollsonne. Die Pflege erfolgte hausintern bzw. die Bewässerung erfolgte manuell mittels Gießkanne. Ein Wasseranschluss war hierfür im Erdgeschoß zugänglich.

Tabelle 19: Standortbeschreibung Absberggasse 5 (A05)
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

| Absberggasse 5 (A05) | | | | | |
|------------------------------------|--|----------------------|---|--------------------|--------------------|
| Pflanzen (botanischer Name) | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> 'Veitschii' | Anzahl Module | 10 | Pflege | hausintern |
| Pflanzen (deutscher Name) | Dreispitziige Jungfernebe | Exposition | Westen | Bewässerung | manuell, Gießkanne |
| Kletterstrategie | Selbstklimmer, Haftscheibenranker | Besonnung |  Vollsonne | Anmerkungen | sehr frequentiert |

Standort Jagdgasse 25 (J25)

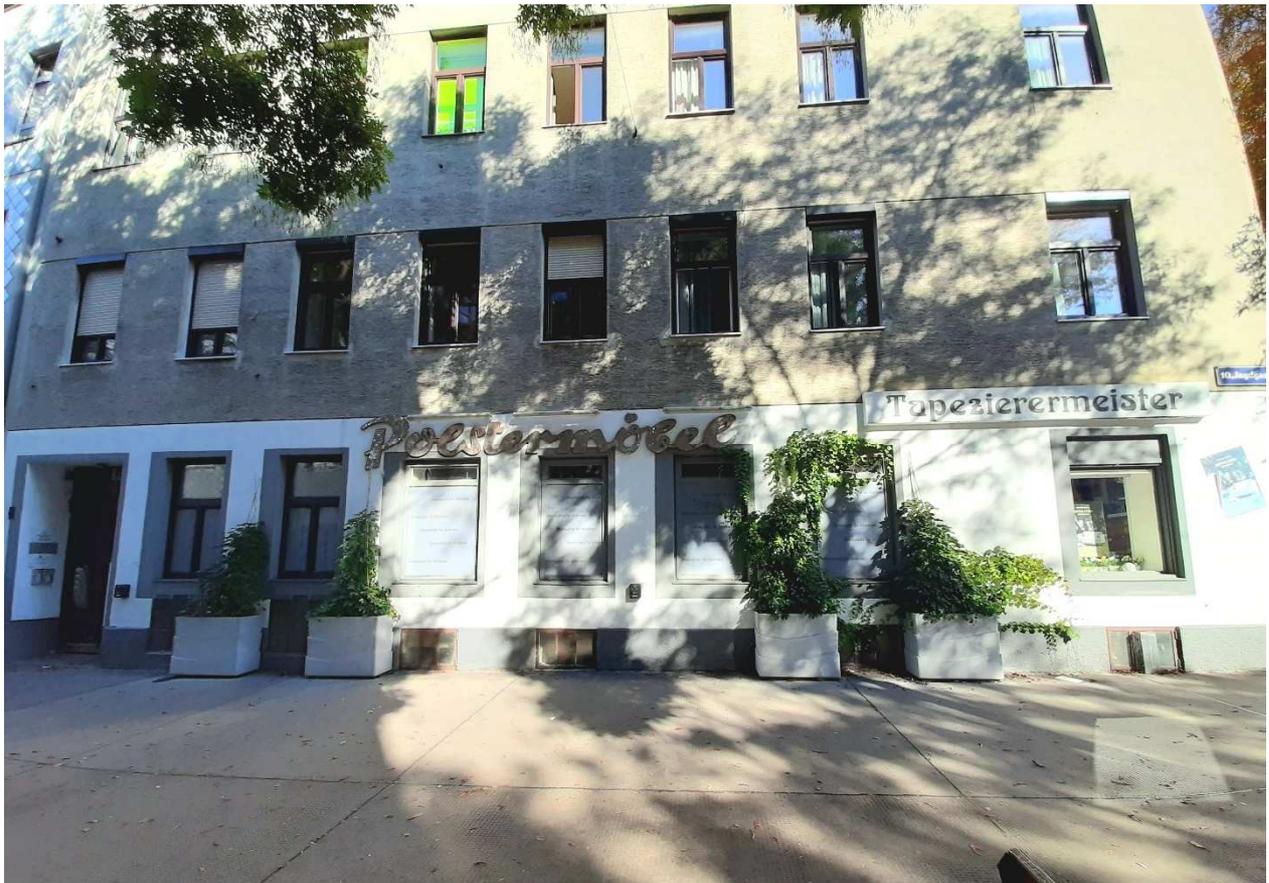


Abb. 18: Ansicht Standort Jagdgasse 25 (J25)
(Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)

In der Jagdgasse 25 wurde ebenfalls mit *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii' (Dreispitziige Jungfernrebe) begrünt (siehe Abb. 18, Tabelle 20). Für die ca. 18 x 15 m (B x H) große Fassadenfläche wurden insgesamt vier BeRTA-Module aufgebaut (M1 – M4). Die Fassade hier besteht aus einer Massivwand. Der Standort ist westlich exponiert, liegt jedoch an einem kleinen, vorgelagerten Platz neben einer Schule. Dieser wird durch anliegende Großbäume teils beschattet und ist dadurch ein halbschattiger Standort. Die Pflege erfolgte hausintern bzw. fand regelmäßiger Austausch mit einer naheliegenden Gärtnerei statt. Die Bewässerung erfolgte manuell mittels Gießkanne. Ein Wasseranschluss war hierfür im Erdgeschoß zugänglich.

Tabelle 20: Standortbeschreibung Jagdgasse 25 (J25)
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

| Jagdgasse 25 (J25) | | | | | |
|------------------------------------|--|----------------------|---|--------------------|--------------------|
| Pflanzen (botanischer Name) | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> 'Veitschii' | Anzahl Module | 4 | Pflege | hausintern |
| Pflanzen (deutscher Name) | Dreispitziige Jungfernrebe | Exposition | Westen | Bewässerung | manuell, Gießkanne |
| Kletterstrategie | Selbstklimmer, Haftscheibenranker | Besonnung |  Gebäudeschatten | Anmerkungen | Schule angrenzend |

Standort Herzgasse 47 (H47)



Abb. 19: Ansicht Standort Herzgasse 47 (H47)
(Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)

In der Herzgasse 47 (H47) wurde mit *Lonicera x tellmanniana* (Gold-Geißblatt) begrünt (siehe Abb. 19, Tabelle 21). Die Pflanzen fallen unter die Kategorie Schlinger/Winder. Daher wurde für jedes der fünf aufgebauten BeRTA-Module (M1 – M5) ein Rankgitter an der Fassade angebracht. Die Fassade misst insgesamt ca. 18 x 13 m (B x H) und besteht aus einer Massivwand. Der westlich exponierte Standort liegt in einer ruhigen Wohnstraße ohne umliegende Grünflächen. Dadurch ergibt sich ein vollsonniger Standort, der nur teilweise und temporär im Gebäudeschatten liegt. Die Pflege erfolgte hausintern bzw. die Bewässerung erfolgte manuell mittels Gießkanne.

Tabelle 21: Standortbeschreibung Herzgasse 47 (H47)
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

| Herzgasse 47 (H47) | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|--|--------------------|--------------------|
| Pflanzen (botanischer Name) | <i>Lonicera tellmanniana</i> | Anzahl Module | 5 | Pflege | hausintern |
| Pflanzen (deutscher Name) | Gold-Geißblatt | Exposition | Westen | Bewässerung | manuell, Gießkanne |
| Kletterstrategie | Schlinger/Winder (S), Rankgitter | Besonnung |  tlw. Gebäudeschatten | Anmerkungen | ruhige Wohnstraße |

Standort Kudlichgasse 14 (K14)



Abb. 20: Ansicht Standort Kudlichgasse 14 (K14)
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

In der Kudlichgasse 14 (K14) wurde mit *Wisteria floribunda* (Blauregen) begrünt (siehe Abb. 20, Tabelle 22). Die Pflanzen fallen unter die Kategorie Schlinger/Winder. Daher wurden für die fünf aufgebauten BeRTA-Module Rankseile vertikal, als auch horizontal an der Fassade befestigt. Die Fassade misst insgesamt ca. 16 x 20 m (B x H) und besteht ebenfalls aus einer Massivwand. Der Standort liegt in einer ruhigen Wohnstraße und ist süd-westlich exponiert. Er liegt damit in der Vollsonne und dadurch nur kurzzeitig im Gebäudeschatten. Die Pflege erfolgte durch eine externe Pflegefirma, die sich zusätzlich zur Gebäudereinigung einmal pro Woche der Begrünung annahm. Bewässert wurde manuell mittels Gießkanne.

Tabelle 22: Standortbeschreibung Kudlichgasse 14 (K14)
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

| Kudlichgasse 14 (K14) | | | | | |
|------------------------------------|--|----------------------|---|--------------------|-----------------------|
| Pflanzen (botanischer Name) | <i>Wisteria floribunda</i> 'Rosea', 'Ito Koku Riu', 'Lawrence' | Anzahl Module | 5 | Pflege | externe Firma |
| Pflanzen (deutscher Name) | Blauregen/Glyzinie | Exposition | Süd-Westen | Bewässerung | manuell, Gießkanne |
| Kletterstrategie | Schlinger/Winder (S), Rankseil | Besonnung |  flw. Gebäude- schatten | Anmerkungen | ruhige Wohnstraße |

3.2 Methoden

Zur Ergründung der vier Forschungsfragen wurden verschiedene Erhebungsmethoden durchgeführt, die sich auf die drei Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen beziehen. Für jeden Themenbereich werden die angewendeten Untersuchungsmethoden im Detail vorgestellt sowie die Aufnahme und Verwertung der Untersuchungsdaten. Die folgende Abbildung 21 gibt zunächst einen Überblick über die zeitliche Abfolge der verschiedenen Erhebungsmethoden.



Abb. 21: Zeitlicher Überblick über die Durchführung der verschiedenen Erhebungsmethoden (1) Pflanzenentwicklung, (2) Pflege, (3) Vorkommen von Tieren zwischen November 2019 bis November 2020. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

3.2.1 Erhebungen zur Pflanzenentwicklung

Pflanzenmonitoring

Beim Pflanzenmonitoring wurden das Wuchsverhalten und die Wuchseigenschaften der verwendeten Pflanzen der vier Standorte auf ihre Eignung überprüft. Als Bewertungskriterien wurden hierzu der monatliche Gesamtdeckungsgrad und die Beurteilung der Vitalität herangezogen. Hierfür wurden von November 2019 bis Oktober 2020 zwölf Monitorings an den BeRTA-Grünfassadenmodulen durchgeführt. Zusätzlich zum monatlichen Pflanzenmonitoring wurde insgesamt zweimal die Höhe und Breite der Pflanzen sowie deren Stammdurchmesser gemessen, nämlich einmal in der Vegetationsruhe (DEZ 2019) und einmal am Ende der ersten Vegetationsperiode (OKT 2020). Aus der Differenz der beiden Messungen lässt sich daraus der Wuchszuwachs der Pflanzen errechnen.

Anmerkung: Die Monitoringtage wurden ebenfalls dazu genutzt mit den Pflegebeauftragten der Standorte in Kontakt zu treten, Informationen auszutauschen und allfällige Fragen zur Pflege zu klären.

Gesamtdeckungsgrad

Bei einer Vertikalbegrünung ist das Ziel eine größtmögliche Fläche zu begrünen. Zur Überprüfung dieser Zielerreichung wird unter anderem die Messung des Gesamtdeckungsgrades herangezogen (ÖNORM L 1136, 2010:15). Bei Vegetationsaufnahmen am Boden werden zur Ermittlung des Deckungsgrades die vorkommenden Pflanzenarten der Vegetationsfläche aufgelistet und deren Deckungsgrad bestimmt, sprich wie viel Bodenfläche von Pflanzen bedeckt wird (TREMP 2005:29ff).

Für die Ermittlung des Gesamtdeckungsgrades bei vertikalen Begrünungen wird diese Methode gemäß der ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) folgendermaßen abgewandelt:

Die Vegetationsfläche wird von der Horizontalen (Boden) in die Vertikale (Fassade) projiziert und dort bewertet. Der Gesamtdeckungsgrad an den Untersuchungsstandorten erfolgte über visuelle Deckungsschätzung. Dabei wurde für jedes einzelne Modul an einem Standort der Deckungsgrad geschätzt. Hierfür wurde ein vorher definierter Bereich in Form eines Rechteckes gedanklich über die vorhandenen Pflanzenteile (Blätter, Triebe; nur lebend, keine abgefallenen Blätter/Dürrholz) gezogen. Die Größe des Rechtecks orientierte sich nach dem möglichen Bereich an der Fassade, den die Pflanzentriebe innerhalb der ersten Vegetationsperiode theoretisch ausfüllen konnten und wurde von den angrenzenden Fenstern in der Breite begrenzt (siehe Abb. 22). Die Höhe wurde, beginnend von der Oberkante des Pflanztroges, auf die Erdgeschoßzone begrenzt und reichte damit bis zum Übergang zum nächsten Stockwerk. Nun wurde subjektiv geschätzt, wie viel Prozent der Fläche des Rechtecks von den Pflanzen eingenommen wurden (Triebe, Blätter). Eine Bedeckung der Gesamtfläche dieses Rechteckes wäre einem Deckungsgrad von 100 % gleichgekommen (ÖNORM L 1136, 2021:15).



Abb. 22: Beschreibung der Erhebungsmethode zur Messung des Gesamtdeckungsgrades beim Pflanzenmonitoring. (Quelle: eigene Erstellung + Aufnahmen, KAINDL 2020)

Diese Methode erfolgte einmal im Monat (immer zum Monatsende) an allen vier Standorten für jedes einzelne Modul (beinhaltet zwei Pflanzen). Die Schätzung wurde von zwei Personen durchgeführt, damit subjektive Fehler minimiert wurden. Die Bewertung erfolgte in 5-Prozentstufen. Zusätzlich zur visuellen Schätzung wurde entsprechend der ÖNORM L 1136 (2021) für Vertikalbegrünungen im Außenraum eine Fotodokumentation jedes BeRTA-Moduls gemacht (ÖNORM L 1136, 2021). Die Schätzung des Gesamtdeckungsgrades wurde auch in der Vegetationsruhe durchgeführt. Die Werte werden zwar (ohne Blattmasse) deutlich geringer ausfallen, jedoch können sie untereinander verglichen werden (Vegetationsruhe 2019/20 – Vegetationsruhe 2020/21). Dadurch können wiederum Rückschlüsse gezogen werden in wie weit sich die Pflanzen innerhalb der Vegetationsperiode entwickelt haben.

Vitalität

Die Vitalität (*Lat. vita* = das Leben) beschreibt die Lebensfähigkeit einer Pflanze. Sie zeigt sich in der Leistungsfähigkeit der Pflanze, ihrer Anpassungsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen sowie der Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Je größer die Vitalität einer Pflanze ist, umso besser kann sie ihre Stoffwechselproduktion und ihren Energiehaushalt nachhaltig nutzen und auf Umwelteinflüsse an ihrem Standort entsprechend reagieren, Energie aufbringen um sich anzupassen, zu gedeihen und zu überleben (GALKE.V., o. J.).

Zur Beurteilung der Vitalität von Gehölzen kommen in der Literatur zwei bekannte Vertreter vor. Zum einen gibt es die **Vitalitätsbeurteilung nach A. Roloff**, bei der die Kronenstruktur von Bäumen bzw. deren Verzweigungsgrad mittels fünfstufiger Skala beurteilt wird. Eine Abnahme der Triebblängen wird einer Abnahme der Vitalität zugesprochen. Diese Methode eignet sich auch zur Auswertung von Luftbildern und damit zur schnellen und großräumigen Gehölzbewertung, da nur die Wipfeltriebe (ohne Konkurrenzdruck der Nachbarbäume) beurteilt werden (ROLOFF, 1989). Die zweite erwähnenswerte Variante ist die **Gehölzbewertung nach C. Braun**. Er untersuchte Ende der 1980er-Jahre den Zustand der Stadtbäume der Wiener Innenbezirke. Für die Beurteilung der Vitalität wurde ebenfalls eine fünfstufige Bewertungsskala herangezogen. Neben Boden und Blattwerk war der Kronenzustand ausschlaggebender Parameter. Er wurde durch Kronenzustandsbegehungen mit folgenden Parametern ermittelt:

- Baumart
- Kronenform (kompakt oder in Einzelkrone aufgelöst)
- Belaubung (Dichte, Anteil an Dürrästen)
- Farbe der Blätter
- Blattnekrosen (Art, Ausmaß und Verteilung)
- Schäden im Stamm- und sichtbaren Wurzelbereich
- Parasitenbefall
- Notfruktifikation, Notaustrieb und andere Sondermerkmale (THELEN-GERMANN, 2015:50f In: BRAUN, 1990).

Anzumerken ist, dass eine Aussage der Vitalität rein nach der Beurteilung des Kronenzustands wenig aussagekräftig ist. Erst durch Hinzufügen weiterer Parameter, die den Gesundheitszustand der Pflanze beschreiben (Bodennährstoffe, Blattwerk) kann die Vitalität qualitativ wertvoll bewertet werden (THELEN-GERMANN, 2015: 50ff In: BRAUN, 1990).

Da es sich bei den gängigen Methoden zur Beurteilung der Vitalität von Gehölzen um Bäume handelt, wurden für die Erhebung der Vitalität der Kletterpflanzen an den untersuchten Vertikalbegrünungen die folgenden Parameter (siehe Tabelle 23) herangezogen:

Tabelle 23: Untersuchte Parameter zur Bestimmung der Vitalität von Kletterpflanzen bei Vertikalbegrünungen.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach ROLOFF, 1989)

| PARAMETER ZUR VITALITÄT | | |
|--|--|--|
| Kurzbeschreibung Kletterpflanze | Infloreszenz und Fruktifikation | Wuchspotenzial |
| Gattung/Art, Kletterform, mögliche Wuchshöhe/-breite, jährlicher Triebblängenzuwachs | Dokumentation über Zeitpunkt und Anzahl ausgebildeter Blüten und Früchte. 1 = viele Blü/Frü (<20), 2 = zahlreiche Blü/Frü (11-20), 3 = wenige Blü/Frü (4-10), 4 = einzelne/rare Blü/Frü (1-3), 5 = keine Blü/Frü | raschwüchsig oder stagnierend, visueller Vergleich der aktuellen Wuchshöhe/-breite zum Vormonat mittels Fotodokumentation |
| Rückschnitt | Belaubung | Mangelerscheinungen an den Blättern |
| Vermerk von Schnittmaßnahmen (ganzer Pflanze und Pflanzenteile). visueller Vergleich zum Vormonat mittels Fotodokumentation | Dichte des Blattwerks, Anteil Dürholz, Zustand des Blattwerks (Farbe, Größe, Zustand) | Blattchlorosen, Blattnekrosen, Vergilbung, Welke, Blattfall (Art, Ausmaß und Verteilung) |
| Schäden am Triebansatz und Wurzeln | Parasitenbefall | Notfruktifikation, Notaustrieb, Sondermerkmale |
| Fotodokumentation über Schäden im Trieb- und sichtbaren Wurzelbereich (wie Knicke, Einschnürungen, Wund- und Schnittstellen, Aufgrabungen, usw.) | Dokumentation über Art und Anzahl vorgefundener Schädlinge. (1 = 0-10 %, 2 = 10 - 50 %, 3 = 50-100 %) | Blüten- oder Fruchtbildung außerhalb der artspezifischen Jahreszeit, Ausbildung von Pflanztrieben (Notaustrieb) (z. B. bei Ausfall eines Haupttriebes) |

Die anfängliche **Kurzbeschreibung** der einzelnen Pflanzenarten gibt einen Überblick über die Grundvoraussetzungen zur Entscheidungsabwägung z.B. beim Wuchspotenzial. Als Beispiel kann *Lonicera tellmanniana* bis zu 1,50 m lange Jahrestriebe ausbilden (FLL, 2018:70). Ein sehr strenger Winter könnte Frostrocknis hervorrufen und mehrere Haupttriebe zum Absterben bringen, wodurch sich der jährliche Triebblängenzuwachs enorm verringern kann. Ein Blick auf die Kurzbeschreibung kann bei der Bewertung der Vitalität helfen den Ist-Zustand der Pflanzen richtig einzuschätzen.

Die Ausbildung von Blütenständen (**Infloreszenz**) und von Fruchtständen (**Fruktifikation**) gibt Aufschluss darüber, ob die Pflanzen aktuell auf Umwelteinflüsse reagieren, z. B. bei vorzeitiger Blüten- oder Fruchtbildung.

Das **Wuchspotenzial** kann in gewisser Weise mit dem Triebblängenzuwachs von Bäumen verglichen werden. Hierfür wurde beim monatlichen Pflanzenmonitoring von jedem Modul eines Standortes (Pflanztrog inklusive beider Pflanzen) ein Foto gemacht (Ansicht Modul). Bei jedem weiteren Monitoring wurde der Triebblängenzuwachs anhand der Fotodokumentation des Vormonats für jedes Modul einzeln verglichen und optisch geschätzt.

Der Zeitpunkt eines eventuellen **Rückschnittes** war ebenfalls zu datieren, da sich dieser revitalisierend auf die Pflanze auswirken kann, wenn er fachgerecht ausgeführt wurde. Z. B. Die Pflanze wird nach einem Triebbruch oder bei viel Dürholz unterstützt durch einen Nachschnitt entlang des Astrindes, die Kallusbildung wird verbessert).

Vitalitätseinbußen der Pflanzen werden schnell über den Zustand des Blattwerkes sichtbar. Beim Parameter der **Belaubung** wurde hierzu die Dichte, aber auch der Zustand des Blattwerks betrachtet. Gemeint sind hier die Größe der Blätter (gibt es Abweichungen?), oder

mechanische Blattverletzungen (z. B. durch Wind). Auch das Vorhandensein von Dürrholz wurde miteinbezogen.

Mangelscheinungen an den Blättern (wie Blattchlorosen, Blattnekrosen) wurden extra zum Parameter Belaubung betrachtet. Die Daten wurden für die Bewertung der Vitalität sowie für die Bestimmung der Nährstoffversorgung der Pflanzen verwendet.

Schäden am Triebansatz (bodennahe Haupttriebe) **oder Wurzelbereich** wurden notiert, um Aussagen über die Wundreaktion der Pflanzen (z. B. Kallusbildung) oder auch den Eintritt von Krankheitserregern (z. B. Morschung) treffen zu können. Schäden/Auffälligkeiten in diesem Bereich waren Triebbruch, Spitzendürre, Abgestorbene Triebspitzen, aufgeplatzte Rinde, Knick eines Triebes, Wund- und Schnittstellen (kein Rückschnitt), Einschnürungen des Triebes, Faulstelle, Pilzfruchtkörper, Morschung, freiliegende Wurzel, Faulstellen an der Wurzel.

Ein **Parasitenbefall** wurde mittels Fotodokumentation notiert. Art und Ausmaß der Schädlinge wurde eruiert sowie Spuren von Schädlingen (z. B. Fraßspuren am Blatt).

Um Schätzfehler zu vermeiden wurde die Vitalität von zwei Personen beurteilt. Hierfür wurden die einzelnen Parameter aus der Tabelle 23 für jedes einzelne BeRTA-Modul (beinhaltet zwei Pflanzen) analysiert und die Vitalität bestimmt. Das Ergebnis der Aufnahme der Vitalitätsparameter ist eine fünfstufige Bewertungsskala mit den Werten 0, 1, 2, 3, 4, wobei 0 für eine optimale Vitalität steht und 4 für eine abgestorbene Pflanze (siehe Abb. 23). Auch Zwischenstufen sind bei der Bewertung der Vitalität möglich (0-1, 1-2, 2-3, 3-4).

Die Vitalitätsparameter wurden analog zur Bewertung nach ROLOFF (1989) (Vitalitätsstufen) und BRAUN (1990) (fünfstufiger Bewertungsschlüssel) für Gehölzkletterpflanzen bei Vertikalbegrünungen wie folgt adaptiert:

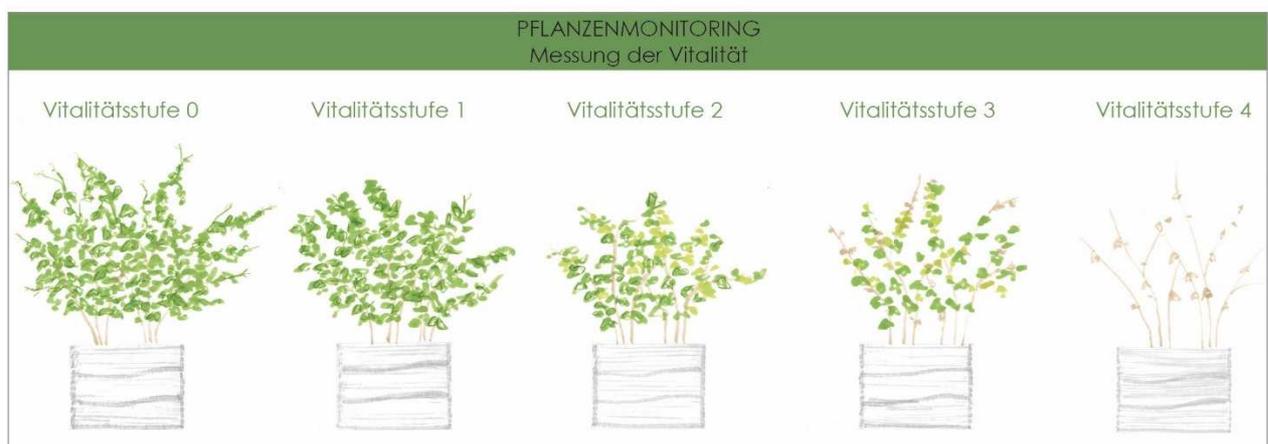


Abb. 23: Visualisierung der Erhebungsmethode zur Messung der Vitalität beim Pflanzenmonitoring. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

Die folgende Tabelle 24 zeigt die textliche Beschreibung zu den Vitalitätsstufen nach ROLOFF (1989), nach denen die Bewertung der Vitalität an den vier Untersuchungsstandorten durchgeführt wurde. Eine Vorlage des dazu verwendeten Erhebungsbogens liegt im Anhang unter dem Punkt Pflanzenmonitoring bei.

Tabelle 24: Beschreibung der Erhebungsmethode zur Messung der Vitalität beim Pflanzenmonitoring. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach ROLOFF 1989)

| | |
|-------------------|---|
| Vitalitätsstufe 0 | Vollflächig begrünte Fassade (ohne Lücken) durch dichte Belaubung an allen Haupttrieben. Normal große, grüne Blätter. |
| Vitalitätsstufe 1 | Vollflächig begrünte Fassade, jedoch sind einige Lücken erkennbar, an denen die Belaubung weniger dicht ist bzw. ausfällt. Einzelne Nebentriebe karg belaubt oder vereinzelte abgestorbene Triebabschnitte (nur ein Teil des Triebes abgestorben). Stellenweise sind geringe Blattverfärbungen und/oder Blattflecken erkennbar. |
| Vitalitätsstufe 2 | Beginnende Auflösung der vollflächig begrünten Fassade, stellenweise sind ganze Nebentriebe unbeblättert. Vermehrtes Auftreten von Dürrlingen (< 50 %) von Nebentrieben niedriger Ordnung. Steigender Anteil an Dürrlingen und nekrotischen Blättern. |
| Vitalitätsstufe 3 | Totale Auflösung der vollflächig begrünten Fassade, starke Auslichtung an allen Haupttrieben, viele dürre Pflanztriebe. Die Blätter sind zum Großteil nekrotisch verfärbt, vergilbt oder vorzeitig abgefallen. |
| Vitalitätsstufe 4 | Keine Beblätterung, nur mehr unbeblätterte Pflanztriebe vorhanden, Pflanze abgestorben. |

Pflanzenvolumen

Der jährliche Zuwachs der Pflanztriebe (Wuchshöhe/Wuchsbreite, Triebdurchmesser) ist stark abhängig von den Standortbedingungen. Gehölzkletterpflanzen verfolgen an natürlichen Standorten (Wald) die Strategie, durch ihre Kletterorgane zwischen bzw. auch an den Bäumen emporzuklettern, um einerseits in den vollen Lichtgenuss zu kommen (mehr Licht = mehr Photosynthese = mehr Energie) und andererseits ihre Blüten flugbestäubenden Insekten zu präsentieren. Eine Abnahme der Wuchshöhe könnte damit ein Zeichen für schlechte Standortbedingungen sein (BÖHLMANN 2013: 59f).



Abb. 24: Beschreibung der Erhebungsmethode zum Vermessen der Pflanzen beim Pflanzenmonitoring (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

Zur besseren Einschätzung des Wuchspotenzials der Pflanzen wurden die Wuchshöhe, die Wuchsbreite sowie der Triebdurchmesser bodennaher Haupttriebe zweimalig gemessen (siehe Abb. 24). Einmal am Beginn der Untersuchungen in der Vegetationsruhe (DEZ 2019) sowie einmal am Ende der ersten Vegetationsperiode (OKT 2020). Die Abmessung der Wuchshöhe und -breite erfolgte pro Modul (zwei Pflanzen) mittels Zollstocks. Hierbei wurde die Länge und Breite der

äußersten lebenden Triebe vermessen, unabhängig von der Dichte der Triebe bzw. des Laubes.

Zur Messung des Triebdurchmessers wurde eine Schiebelehre verwendet. Sie wurde immer in derselben Ausrichtung an die bodennahen Haupttriebe angelegt. Dadurch wurde gewährleistet, dass der Zuwachs immer an derselben Stelle gemessen wurde.

Die gemessenen Werte wurden in einen Erhebungsbogen vor Ort händisch eingetragen und in weiterer Folge in einer Exceltabelle digitalisiert. Eine Vorlage des verwendeten Erhebungsbogens wird im Anhang unter dem Punkt Pflanzenmonitoring zur Einsicht angeführt.

3.2.2 Erhebungen zur Pflege

Zur Untersuchung der Pflege an den BeRTA-Grünfassadenmodulen wurden folgende Erhebungen durchgeführt:

- Eintragung der Pflegeaufgaben in standardisierte **Pflegeprotokolle** durch die Pflegebeauftragten (siehe Kap. 3.2.4 Pflege der BeRTA-Grünfassadenmodule)
- Erhebungen von **Manglerscheinungen an den Blättern** (Verfärbung, Vergilbung, Vertrocknung, Abfall, usw.) an den monatlichen Pflanzenmonitoring-Tagen
- Durchführung einer **Nährstoffanalyse** des Substrates

Eine Vorlage des dazu verwendeten Erhebungsbogens liegt im Anhang unter dem Punkt Pflegeprotokoll bei.

Pflegeprotokolle

Die Pflege der BeRTA-Module wurde an jedem Standort von eigens bestimmten Personen, den Pflegebeauftragten, durchgeführt und in standardisierten Pflegeprotokollen festgehalten. -> Siehe Kap. 3.2.4 Pflege der BeRTA-Grünfassadenmodule

Manglerscheinungen an den Blättern

Manglerscheinungen an den Blättern wurden im Zuge des monatlichen Pflanzenmonitorings mit aufgenommen. Hierzu wurden Auffälligkeiten am Blatt (wie Blattchlorosen, Blattnekrosen, Vergilbung, Blattabwurf, Sonnenbrand, usw.) im Erhebungsbogen zur Bewertung der Vitalität mit aufgenommen und mittels Fotodokumentation festgehalten. Diese Dokumentation wurde dann beim Digitalisieren der Daten des Pflanzenmonitorings herangezogen, um das Ausmaß der Manglerscheinungen im Gesamttranking (Bewertung des Indikators Pflege) zu bewerten.

Nährstoffanalyse

Zur Analyse der pflanzenverfügbaren Nährstoffe im Substrat wurde im November 2020 eine Nährstoffanalyse durchgeführt. Die Nährstoffanalyse wurde an der Universität für Bodenkultur Wien vom Institut für Bodenforschung (Ansprechpartner: Priv.-Doz. Mag. Dr. Erich Inselebacher) durchgeführt.

Hierfür wurde an den vier westlich exponierten Standorten (A05, J25, H47, K14) das benötigte Substrat im Zuge von Austauscharbeiten an den Pflanztrögen am 13.11.2020 entnommen und entsprechend für die Untersuchungen im Bodenzentrum vorbereitet (siehe Abb. 25). Zusätzlich zu den vier Standorten vor Ort wurde auch das Ausgangssubstrat (Nullprobe) untersucht. Für

jeden Standort, inklusive Nullprobe, wurden sechs Substratproben mit je 50 ml Material für das Bodenlabor an der Universität für Bodenkultur Wien vorbereitet.

Das Substrat wurde immer am rechten Trogrand in einer Tiefe von 10-15 cm entnommen und einzeln in Tiefkühlsackerl verpackt und beschriftet (Standort, Trognummer, Seite links oder rechts). Ausnahme waren jene Standorte mit weniger als sechs Pflanztrögen. Hier wurden vereinzelt auch am linken Rand Substratproben entnommen. Die so abgepackten Proben wurden im Labor auf 2 mm Korngröße gesiebt, als ca. 100 ml-Portionen in beschriftete Schälchen gefüllt und anschließend im Trocknungsschrank getrocknet. Die so vorbereiteten Proben wurden daraufhin vom Bodenlabor vom Institut für Bodenforschung der Universität für Bodenkultur Wien übernommen und eine Nährstoffanalyse durchgeführt. Untersucht wurden die Makronährstoffe (Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) sowie die Mikronährstoffe (Eisen (Fe), Mangan (Mn), Kupfer (Cu), Bor (B) und Zink (Zn).

Die Nährstoffanalyse bildet die Datengrundlage, auf die bei Auffälligkeiten des vegetationstechnischen Monitorings Rückschlüsse gezogen werden können, z. B. kann eine Verfärbung des Laubes auf einen Nährstoffmangel zurückzuführen sein.



Abb. 25: Entnahme und Vorbereitungen der Substratproben für die Nährstoffanalyse
(Quelle: eigene Aufnahmen + Erstellung, KAINDL 2020, 2022)

3.2.3 Erhebungen zum Vorkommen von Tieren

Tiervorkommen

Zur Ergründung des BeRTA-Grünfassadenmoduls als Ersatzlebensraum für Tiere erfolgten beim Tiermonitoring regelmäßige Untersuchungen über das Vorkommen von Bodenlebewesen im Substrat als auch auf den Pflanzen (siehe Abb. 26). Dieses Monitoring erfolgte innerhalb der Vegetationsperiode 2020 und wurde insgesamt vier Mal an allen vier Untersuchungsstandorten durchgeführt (01.06.2020, 06.07.2020, 10.08.2020, 13.09.2020). Um repräsentative Erfassungen der Stichprobenflächen erhalten zu können, wurden reproduzierbare und standardisierte Methoden konzipiert, die die fachliche Zielsetzung erfüllen sollen (BFN 2019:7). Die Erhebungen erfolgten stichprobenartig an einem Modul je Standort. Diese wurden nach den Kriterien der Vitalität sowie der Struktur (möglichst viele, dichte Triebe mit viel Blattmasse) im Vorhinein bestimmt. Die Auswahl dieser repräsentativen Stichprobenflächen blieb unabhängig vom weiteren Vitalitätsverlauf der Pflanzen bestehen. Die vorkommenden Tiere wurden auf die Spezies/Gattung genau bestimmt. Eine detailliertere Untersuchung bis zur Art würde andere Erhebungsmethoden erfordern, z.B. Fallen mit anschließender Laboruntersuchung der toten Tiere der Edaphonfauna, oder Tötung der Tiere zur Geschlechterbestimmung. Der Fokus soll jedoch eher auf dem Vorkommen von Tieren an sich liegen bzw. wie die Bewohner*innen damit umgehen. War eine Bestimmung der Spezies nicht möglich, so wurde eine Ebene höher bis zur Familie klassifiziert.

Die Erfassungen der Tiere wurden in einem Erhebungsbogen eingetragen, ebenso wie die vorherrschenden Standortfaktoren (Bewölkung, Temperatur, Wind, Substrat/Blätter trocken oder nass). Dieser liegt in vollständiger Form im Anhang unter dem Punkt Tiermonitoring bei.



Abb. 26: Erhebungsmethoden zum Vorkommen von Tieren im Substrat und an den Pflanzen der BeRTA-Module
(Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)

Tiere im Substrat

Zur Erhebung der vorkommenden Bodentiere wurde die Einteilung nach der Größe angewendet, wobei nur Tiere aus der Gruppe der Mesofauna (Körperdurchmesser 0,2 – 2 mm), der Makrofauna (Körperdurchmesser 2 – 20 mm) sowie teilweise der Megafauna (Körperdurchmesser > 20 mm, z. B. Regenwürmer) aufgenommen wurden, d.h. Tiere (und deren Spuren), die mit freiem Auge sichtbar sind (BLUME et al., 2010:83).

Hierfür wurde mit einer kleinen Gartenschaufel die Mulchschicht vorsichtig beiseitegeschoben und aus ca. 15 cm Tiefe eine Substratprobe entnommen. Die Einstichstelle wurde mittig zwischen vorderer Pflanztroglkante und Kontrollschacht (hier werden am ehesten keine Wurzeln verletzt) festgesetzt und blieb bei jeder Aufnahme ident. Die Probe wurde auf einer weißen, wasserabweisenden Unterlage ausgebreitet und visuell begutachtet. Um die Verletzung eventuell vorkommender Tiere zu vermeiden, wurde ein Pinsel verwendet, um das Substrat nach Tieren zu untersuchen. Eventuelle Tiervorkommen (oder Spuren) wurden im Erhebungsbogen notiert und beschrieben (mit Foto zur nachvollziehbaren Identifizierung). Anschließend wurde die Probe inkl. Tieren wieder zurück in den Pflanztrogl gegeben und die Mulchschicht wieder ordnungsgemäß hergestellt.

Tiere an den Pflanzen

Zum Vorkommen von Tieren an den Pflanzen wurden alle Tiere aus der Gruppe der Arthropoda (Gliederfüßer) sowie Weichtiere (z. B. Schnecken) aufgenommen. Die Tiere wurden visuell vom Boden aus begutachtet und bei Antreffen identifiziert, fotografiert und in den Erhebungsbogen eingetragen (siehe Anhang).

Um eine Systematik bei der Erhebung der Daten zu ermöglichen, wurden die Aufnahmen, ähnlich bei der Gradientenanalyse zur Erhebung vegetationsökologischer Flächen, als standardisierter Prozess durchgeführt. Die direkte Gradienten-Analyse wird in der Vegetationskunde verwendet, um die Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Pflanzenarten und ihrer Umwelt zu untersuchen und darzustellen. Hierfür wird eine Aufnahmefläche mit gewisser Mindestgröße (Minimumareal) gewählt (SPATZ, 1975).

Abgewandelt auf das Tiermonitoring, wurde die Aufnahmefläche von einem Holzrahmen mit den Maßen 1,5 x 1,5 m abgegrenzt, der immer im selben Abstand oberhalb des Pflanztrogl vertikal an die Fassade und damit über die Pflanzen gelehnt wurde. Ähnlich der Vorgehensweise zur Erforschung des Lebensraums Hecke eines Naturgartens (BATAKOVIC et al. 2019: 15) wurden die Blattfläche sowie die Pflanztriebe innerhalb des Rahmens mit einem Besen mit Teleskopgriff vorsichtig abgestriffen. Unterhalb wurde ein weißes Baumwolltuch gespannt. Es diente als Auffangfläche für Insekten, Spinnentiere und andere Kleintiere, die sich in dem Bereich auf bzw. unter den Blättern befanden. Die Tiere wurden in einer Schachtel mit weißem Boden gesammelt, mit einem Maßband vermessen, gezählt, dokumentiert und fotografiert (1 €-Münze dazulegen als Größenvergleich am Foto). Um die Tiere nicht zu verletzen wurde hierfür ein feiner Malpinsel mit einer Haarlänge von ca. 15 mm verwendet. Die Dokumentation erfolgte anhand des Eintragens in den Aufnahmebogen.

Akzeptanz von Tieren

Neben dem Vorkommen von Tieren an den Modulen wurde auch untersucht, welche Möglichkeiten die Fassadenbegrünung als Nische/Lebensraum für Tiere im Substrat, als auch an der Pflanze bieten kann und in wie weit sich das auf die Wahrnehmung (positiv als auch negativ) der Bewohner*innen auswirkt.

Um einen Einblick darüber zu erhalten, wie die Fauna bei den Hausbewohner*innen ankommt, wurde dieses Thema in zwei leitfadengestützten Interviews mit den Pflegebeauftragten der einzelnen Standorte erfragt.

Die Interviews erfolgten entweder telefonisch oder per Videotelefonie (Zoom) und wurden einmal im April bzw. Mai 2020 (Beginn Vegetationsperiode) und einmal im Oktober bzw. November 2020 (Ende Vegetationsperiode) mit den Pflegebeauftragten der vier Untersuchungsstandorte durchgeführt. Die Interviews wurden als Audiodateien aufgezeichnet und anschließend in kooperativer Arbeitsteilung von mir und Frau Julia Dunzer transkribiert.

Zur korrekten Verwendung der Daten wurde ein Leitfaden für die Interviews erstellt und den Interviewpartner*innen im Vorfeld zugeschickt (PDF-Dokument) beziehungsweise eine schriftliche Einverständniserklärung zur Verwendung der Daten eingeholt (Audioaufnahme, Transkription).

Die transkribierten Interviews wurden allen Interviewpartner*innen nochmals zur Durchsicht zugesendet (per Mail bzw. per Postweg) und erst mit deren schriftlichem Einverständnis wurden die entsprechenden Inhalte für diese Masterarbeit verwendet.

Die folgende Tabelle 25 gibt einen Überblick über die durchgeführten Interviews sowie Interviewpartner*innen.

Der Interview-Leitfaden sowie die vollständigen Transkriptionen liegen im Anhang unter dem Punkt Tiermonitoring bei.

Tabelle 25: Erhebungen zur Akzeptanz von Tieren – Überblick über die Durchführung der zwei leitfadengestützten Interviews.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| ERHEBUNGEN ZUR AKZEPTANZ VON TIEREN | | | | |
|---|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------|
| Durchführung des leitfadengestützten Interviews | | | | |
| | 1. Interview April/Mai 2020 | 2. Interview Oktober/November 2020 | Interviewpartner*innen | hausintern/extern |
| Absberggasse 5 (A05) | | | | |
| | ✓ | ✓ | Pflegebeauftragte | hausintern |
| Jagd-gasse 25 (J25) | | | | |
| | ✓ | ✓ | Pflegebeauftragte | hausintern |
| Herzgasse 47 (H47) | | | | |
| | ✓ | ✓ | Pflegebeauftragte | hausintern |
| Kudlichgasse 14 (K14) | | | | |
| | ✓ | --- | Eigentümer*innen | extern |

3.2.4 Gesamtranking – Bewertung der Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen

Nachdem alle nötigen Daten der drei Indikatoren zur Pflanzenentwicklung, zur Pflege sowie dem Vorkommen und der Akzeptanz von Tieren erhoben wurden, konnten die Ergebnisse in einem Gesamtranking zusammengeführt und im Vergleich an den vier Untersuchungsstandorten dargestellt und bewertet werden.

Für jeden der drei Indikatoren (Pflanzenentwicklung, Pflege, Tiervorkommen) erfolgte eine gewichtete Bewertung der Ergebnisse der einzelnen untergeordneten Parameter. Die folgende Tabelle 26 gibt einen Überblick über das Bewertungssystem.

Tabelle 26: Übersicht über das Bewertungssystem für das Gesamtranking der drei Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| GESAMTRANKING - ÜBERSICHT ÜBER DAS BEWERTUNGSSYSTEM | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---------|----------------|---|----------|---------|----------------|--|----------|---------|----------------|
| INDIKATOR PFLANZENENTWICKLUNG | | | | INDIKATOR PFLEGE | | | | INDIKATOR TIERVORKOMMEN | | | |
| 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | mal Gewichtung | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | mal Gewichtung | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | mal Gewichtung |
| ↑ | | | | ↑ | | | | ↑ | | | |
| Pflanzenmonitoring | | | | Pflegeaufwand | | | | Tiervorkommen | | | |
| Gesamtdeckungsgrad | | | | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | | Tiere im Substrat | | | |
| Vitalität | | | | Gießen, Düngen, Leitung Pflanztriebe, Schädlinge, Funktion Pflanztrög | | | | Tiere an den Pflanzen | | | |
| Pflanzenvolumen | | | | Mangelerscheinungen an den Blättern | | | | Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren | | | |
| Wuchshöhe/-breite | | | | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | | Werfehaltung | | | |
| Triebdurchmesser | | | | Auftreten von Schadbildern an den Blättern | | | | Akzeptanz | | | |
| | | | | Nährstoffgehalt | | | | | | | |
| | | | | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | | | | | |
| | | | | Makronährstoffe, Mikronährstoffe | | | | | | | |

Das Bewertungssystem erfolgte anhand eines Drei-Punktesystems, wobei 3 Punkte für „Überragend“ stehen, 2 Punkte für „Gut“ und 1 Punkt für „Unzureichend“.

Da nicht alle Teilergebnisse in gleichem Maße relevant sind, um Aussagen über den Parameter treffen zu können, wurden diese, ihrer Relevanz entsprechend, gewichtet. Hierzu wurden die einzelnen Teilergebnisse (Parameter) innerhalb jedes Indikators (Pflanzenentwicklung, Pflege, Tiervorkommen) paarweise gegenübergestellt und ihrer Relevanz nach verglichen (BMI, o. J.). Die so erhaltene Gewichtungszahl wurde mit der bisher erreichten Punktezah jedes Indikators multipliziert. Ergebnis ist die Punktezah des jeweiligen Indikators. Je mehr Punkte erreicht wurden, umso besser wurde der jeweilige Indikator bewertet.

Die quantitativen Ergebnisse dieses Rankings wurden daraufhin textlich beschrieben und interpretiert und es wurde in Unterstützung mit Literaturquellen versucht herauszufinden, welche Synergien sich zeigen bzw. bei Unterschiedlichkeiten welche Gründe es für die differenzierte Bewertung geben könnte.

Bewertungsschema Indikator Pflanzenentwicklung

Für die Bewertung der Pflanzenentwicklung wurden die beiden Parameter Pflanzenmonitoring (Gesamtdeckungsgrad, Vitalität) und Pflanzenvolumen (Wuchshöhe, Triebdurchmesser Wurzelhals) herangezogen und zunächst mittels Drei-Punktesystem bewertet (Unzureichend=1 Punkt, Gut=2 Punkte, Übertreffend=3 Punkte) (siehe Tabelle 27). Die Punktevergabe erfolgte angelehnt an die Fassadenbegrünungsrichtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018). Zusätzlich wurde mittels Paarvergleich (BMI, o. J.) eine Gewichtung der Parameter eruiert (siehe Tabelle 28). Die Gewichtungszahl (1-3) wurde mit der erreichten Punktezahl des Indikators multipliziert. Das Ergebnis gibt Auskunft darüber, ob die Entwicklung der Pflanzen im Untersuchungszeitraum von November 2019 bis Oktober 2020 „übertreffend“, „gut“, oder „unzureichend“ vorangeschritten ist.

Gesamtdeckungsgrad

Der Gesamtdeckungsgrad wurde entsprechend der ÖNORM L 1136 (2021) zur Messung des Deckungsgrades bewertet. Es wurde sich auf den Bereich des Erdgeschoßes bezogen, da die Fassadenbegrünungen der BeRTA-Module auf die Erdgeschoßzone ausgelegt sind (GrünStattGrau, 2021). Der Gesamtdeckungsgrad wurde mit der höchsten Zahl gewichtet (Gewichtung 3), da er das aussagekräftigste Mittel zur Bewertung der Pflanzenentwicklung bei einer Fassadenbegrünung darstellt. Für die Bewertung wird der durchschnittliche Gesamtdeckungsgrad/Standort herangezogen.

Vitalität

Für die Bewertung der Vitalität der Pflanzen wurde der fünfstufige Bewertungsschlüssel nach Roloff in drei Klassen geteilt, wobei „Unzureichend“ (1 Punkt) für eine nahezu bis ganz abgestorbene Pflanze der Vitalitätsstufen 3, 3-4 und 4 zählt, „Gut“ (2 Punkte) für eine mittelmäßig gute Vitalität der Vitalitätsstufen 2-3, 2 und 1-2 und „Übertreffend“ (3 Punkte) für Pflanzen mit einer sehr guten bis äußert guten Vitalität der Vitalitätsstufen 0-1 und 0. Gewichtet wurde die Bewertung der Vitalität mit der Zahl 2 (Gewichtung 2), da sie zwar Einfluss auf den Gesamtdeckungsgrad hat, diesen jedoch erst in der nächsten Vegetationsphase intensiver beeinflusst. Für die Bewertung wird die durchschnittliche Vitalität/Standort herangezogen.

Wuchshöhe/Wuchsbreite

Für diesen Parameter wurde nicht die maximale Wuchshöhe der jeweiligen Pflanzenart herangezogen, da diese erst im Laufe weiterer Vegetationsphasen erreicht werden würde und somit keine Aussagen zur Wuchsleistung innerhalb des ersten Standjahres getroffen werden könnten. Stattdessen wurde gemäß den Kriterien für die Kletterpflanzenauswahl der FLL (2018) je nach Pflanzenart die entsprechende Wuchsstärke herausgesucht und je nach jährlichem Zuwachs die Bewertung der Wuchshöhe und Wuchsbreite vorgenommen (FLL, 2018:57ff). Für die Errechnung der max. Wuchsstärke wurde nur die Wuchshöhe herangezogen, da die BeRTA-Module in der Breite von Fenstern abgegrenzt sind.

Für alle drei untersuchten Pflanzenarten (*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschi', *Lonicera x tellemanniana* und *Wisteria floribunda*) gilt eine starke Wuchsstärke mit einem jährlichen Zuwachs von 100 – 200 cm (FLL, 2018:57ff) bzw. 10 – 200 cm (ÖNORM L 1136, 2021:29). Die

durchschnittliche Wuchshöhe der Pflanzen betrug zum Zeitpunkt der Errichtung der Begrünung 186 cm. Das ergibt gerundet innerhalb der ersten Vegetationsphase eine max. Wuchshöhe von rund 390 m. Gewichtet wurde die Wuchshöhe ebenfalls mit der Zahl 2 (Gewichtung 2), da sie zur Erreichung des Begrünungsziels (vollflächig begrünte Erdgeschoßzone) genauso relevant ist wie die übrigen drei Parameter. Für die Bewertung wird die durchschnittliche Wuchshöhe/Standort im Oktober 2020 herangezogen.

Triebdurchmesser

Der max. Triebdurchmesser am Wurzelhals kann je nach Pflanzenart unterschiedlich stark ausfallen. Da sich in der FLL (2018) die Angaben hierzu auf Maximalwerte beziehen, wurde für die Bewertung des Triebdurchmessers der kleinstmögliche Maximalwert (2 cm) herangezogen (FLL, 2018:57ff) und entsprechend der Drei-Punkte-Vergabe in drei Klassen aufgeteilt. Der Triebdurchmesser wurde mit der kleinsten Zahl gewichtet (Gewichtung 1), da er nur minder relevant für die Wuchsleistung der Pflanzen ist. Für die Bewertung wird der größte durchschnittliche Triebdurchmesser/Pflanze je Standort herangezogen.

Tabelle 27: Bewertungsschema für den Indikator Pflanzenentwicklung
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| BEWERTUNGSSCHEMA - INDIKATOR PFLANZENENTWICKLUNG | | | | | | |
|--|-------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|------------------|--|
| PARAMETER PFLANZENENTWICKLUNG | | Unzureichend (1 Punkt) | Gut (2 Punkte) | Überragend (3 Punkte) | Gewichtung (1-3) | |
| | Pflanzenmonitoring | | | | | |
| | Gesamtdeckungsgrad | 5 % - 25 % | 30 % - 60 % | 65 % - 100 % | 3 | |
| | Vitalität | 4, 3-4 | 3, 2-3, 2, 1-2 | 0-1, 0 | 2 | |
| | Pflanzenvolumen | | | | | |
| | Wuchshöhe | <130 cm | 131 cm - 260 cm | 261 cm - 390 cm | 2 | |
| | Triebdurchmesser (Wurzelhals) | <0,6 cm | 0,6 cm - 1,2 cm | >1,2 cm - 2 cm | 1 | |

Tabelle 28: Gewichtung zur Pflanzenentwicklung über den Paarvergleich der Parameter A bis D
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020 modifiziert nach FLL 2018)

| Gewichtung zur Pflanzenentwicklung - Paarvergleich der Parameter A bis D | | | | | | | | |
|--|--------------------|---|---|---|---|-----------------------|---------------------------------|------------|
| | | A | B | C | D | Summe je Parameter | Gewichtungs- faktor (Gf) [%] | GEWICHTUNG |
| Parameter A | Gesamtdeckungsgrad | | 2 | 1 | 2 | 5 | 41,7 | 3 |
| Parameter B | Vitalität | 0 | | 1 | 2 | 3 | 25,0 | 2 |
| Parameter C | Wuchshöhe | 1 | 1 | | 1 | 3 | 25,0 | 2 |
| Parameter D | Triebdurchmesser | 0 | 0 | 1 | | 1 | 8,3 | 1 |
| SUMME | | | | | | 12 | | |

| LEGENDE |
|---|
| Paarvergleich |
| 2 Punkte...Parameter x ist wichtiger als Parameter y |
| 1 Punkte...Parameter x ist gleich wichtig wie Parameter y |
| 0 Punkte...Parameter x ist unwichtiger als Parameter y |
| Gewichtung |
| 1...nicht wichtig |
| 2...wenig wichtig |
| 3...wichtig |

Bewertungsschema Indikator Pflege

Für die Bewertung der Pflege wurden die drei Parameter Pflegeaufwand, Nährstoffanteile im Substrat und Mangelercheinungen an den Blättern herangezogen und mittels Drei-Punktesystem bewertet (Unzureichend=1 Punkt, Gut=2 Punkte, Überragend=3 Punkte) (siehe Tabelle 29). Die Parameter wurden ebenfalls nach BMI (o. J.) nach Relevanz in drei Kategorien gewichtet (Gewichtung 1-3) (siehe Tabelle 30). Die Gewichtungszahl (1-3) wurde mit der erreichten Punktezahl des Indikators multipliziert. Das Ergebnis gibt Auskunft darüber, ob die Qualität der Pflege an den BeRTA-Modulen im Untersuchungszeitraum von November 2019 bis Oktober 2020 „überragend“, „gut“, oder „unzureichend“ ausgefallen ist.

Tabelle 29: Bewertungsschema für den Indikator Pflege
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| BEWERTUNGSSCHEMA - INDIKATOR PFLEGE | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|------------------|
| PARAMETER PFLEGE | | Unzureichend (1 Punkt) | Gut (2 Punkte) | Überragend (3 Punkte) | Gewichtung (1-3) |
| | Pflegeaufwand | hoch | mittel | gering | 3 |
| | Nährstoffgehalt | hoch | mittel | gering | 2 |
| | Mangelercheinungen Blätter | hoch | mittel | gering | 1 |

Tabelle 30: Gewichtung zur Pflege über den Paarvergleich der Parameter A bis C
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020 modifiziert nach FLL 2018)

| Gewichtung zur Pflege - Paarvergleich der Parameter A bis C | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|---|---|--|-----------------------|---------------------------------|------------|
| | | A | B | C | | Summe je Parameter | Gewichtungs- faktor (Gf) [%] | GEWICHTUNG |
| Parameter A | Pflegeaufwand | | 2 | 2 | | 4 | 50,0 | 3 |
| Parameter B | Nährstoffgehalt | 1 | | 2 | | 3 | 37,5 | 2 |
| Parameter C | Mangelercheinungen Bl. | 0 | 1 | | | 1 | 12,5 | 1 |
| SUMME | | | | | | 8 | | |

| LEGENDE |
|---|
| Paarvergleich |
| 2 Punkte...Parameter x ist wichtiger als Parameter y |
| 1 Punkte...Parameter x ist gleich wichtig wie Parameter y |
| 0 Punkte...Parameter x ist unwichtiger als Parameter y |
| Gewichtung |
| 1...nicht wichtig |
| 2...wenig wichtig |
| 3...wichtig |

Da die einzelnen Parameter des Indikators sehr stark weiter untergliedert sind, wurde für jeden Parameter (Pflegeaufwand, Nährstoffgehalt, Mangelercheinungen an Blättern) zunächst eine eigene Bewertung mittels Punktesystem durchgeführt. Die Punktezahl der bewerteten Pflegeparameter wurden zu den Punkten bei der

Bewertung des Indikators „Pflege“ dazu addiert und erst dann, entsprechend der Gewichtung mittels des Paarvergleiches (siehe Tabelle 29) mit der Gewichtungszahl multipliziert. Die Tabellen 31 – 34 zeigen die Aufschlüsselung der Bewertung mittels Punktesystem der drei Parameter „Pflegeaufwand“, „Nährstoffgehalt“, „Mangelercheinungen Blätter“.

Pflegeaufwand

Zur Bewertung des Parameters Pflegeaufwand der BeRTA-Module wurden entsprechend der FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) sowie der ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) die einzelnen, notwendigen Pflegeaufgaben herausgefiltert, die nötig sind, um das Begrünungsziel einer flächig begrünter Fassade zu erreichen. Die einzelnen Pflegekategorien zur Eruerung des Pflegeaufwands sowie deren Punktevergabe sind in der folgenden Tabelle 31 ersichtlich.

Gießen

Der Aufwand des Gießintervalls wurde anhand der ausgewerteten Pflegeprotokolle der Pflegebeauftragten generiert. Die Gießmenge (L/Modul) wurde ausgehend von einer durchschnittlichen Gießmenge von 20 L/Modul innerhalb einer Woche festgelegt. Für den Untersuchungszeitraum von November 2019 bis Oktober 2020 ergibt das rund 1050 L/Modul. Für die Punktebewertung wurde dieser Wert durch 3 dividiert. Dadurch ergeben sich die drei Klassen mit geringer Gießmenge (350 L/Modul), mittlerer Gießmenge (700 L/Modul) und hoher Gießmenge (1050 L/Modul).

Düngen

Bei der Düngung wurde der Düngezeitpunkt bewertet. Eine zeitgerechte Düngung stärkt die Vitalität der Pflanzen (FLL, 2018) und senkt dadurch den Pflegeaufwand. Wurde die Düngung laut Pflegeplan durchgeführt, so wurde dies mit der höchsten Punktzahl bewertet (3 Punkte). Eine verspätete Düngung könnte den Pflegeaufwand erhöhen und wurde mit 2 Punkten bewertet, eine nicht durchgeführte Düngung mit nur 1 Punkt.

Leitung der Pflanztriebe

Die Leitung der Pflanztriebe wurde entsprechend der Pflegemaßnahmen der FLL-Richtlinie für Fassadenbegrünungen (2018) bewertet (FLL, 2018)

Tabelle 31: Bewertungsschema für den Parameter Pflegeaufwand
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| BEWERTUNGSSCHEMA DES PFLEGEAUFWANDS | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| PARAMETER PFLEGEAUFWAND | Pflegekategorie | Punktevergabe | | |
| | | HOCH (1 Punkt) | MITTEL (2 Punkte) | GERING (3 Punkte) |
| | Gießen | | | |
| | Gießintervall | täglich | 2-3x/Woche | 1x/Woche |
| | Gießmenge (L/Modul) | 701 - 1050 | 351 - 700 | 0 - 350 |
| | Düngen | | | |
| | Düngung 1 (April 2020) | durchgeführt | verpätet durchgeführt | nicht durchgeführt |
| | Düngung 2 (August 2020) | durchgeführt | verpätet durchgeführt | nicht durchgeführt |
| | Leitung der Pflanztriebe | | | |
| | Einfädeln | 1x/Woche | 14-tägig | 1x/Monat |
| | Anbinden | 1x/Woche | 14-tägig | 1x/Monat |
| | Maßnahmen gegen Schädlinge | 1-2x/Woche | 10-14-tägig | 1x/Monat |
| | Funktion Pflanztrog | | | |
| | Notüberlauf | funktioniert nicht | funktioniert mäßig | funktioniert |
| | Wasserstandsanzeige | funktioniert nicht | funktioniert mäßig | funktioniert |

Nährstoffgehalt

Das Begrünungsziel der Vertikalbegrünungen mit dem BeRTA-Modul ist eine großflächige, dicht bewachsene Begrünung mit vitalen Pflanzen sowie attraktivem Blüten- und Fruchtangebot für Tiere. Für die Bewertung des Nährstoffgehaltes im Substrat, wurden jene Makro- und Mikronährstoffe herangezogen, welche für die Erfüllung dieses Begrünungszieles dienlich sind (siehe Tabelle 32). Der Gehalt dieser Nährstoffe im Substrat der BeRTA-Module (Nährstoffanalyse) wurde mit den Empfehlungen für Intensivsubstrate gemäß der ÖNORM L 1131 zur Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken (2010) verglichen und demnach bewertet (siehe Tabelle 33), wobei 1 Punkt für einen unzureichenden Nährstoffgehalt, 2 Punkte für einen guten und 3 Punkte für einen überragenden Nährstoffgehalt vergeben wurden. Nährstoffe, für die in der ÖNORM L 1131 (2010) keine

Tabelle 32: Auswahl Nährstoffe zur Erfüllung des Begrünungszieles. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR 2019 und WENDLAND et al. 2014)

| Auswahl an Nährstoffen | Wachstum | Vitalität | Blüte/Früchte |
|------------------------|----------|-----------|---------------|
| Stickstoff (N) | x | | |
| Phosphor (P) | | x | x |
| Kalium (K) | | x | |
| Schwefel (S) | x | | |
| Magnesium (Mg) | x | x | |
| Calcium (Ca) | x | | |
| Kupfer (Cu) | | | x |
| Mangan (Mn) | | x | |
| Zink (Zn) | | x | |

Empfehlung ausgesprochen wurde (Schwefel, S), Calcium (Ca), Kupfer (Cu), Mangan (Mn) und Zink (Zn), wurden anhand des Gehaltes der Nullprobe (NP) bei der Nährstoffanalyse bemessen. Demnach wurden Nährstoffe mit einem geringeren Gehalt als der Nullprobe (< NP) als unzureichend (1 Punkt) bewertet, bei annähernd gleichem Gehalt (= NP) als Gut (2 Punkte) und mit einem höheren Gehalt als die Nullprobe (> NP) mit Überragend (3 Punkte).

Tabelle 33: Bewertungsschema für den Parameter Nährstoffgehalt (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| BEWERTUNG DER NÄHRSTOFFANTEILE | | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|
| PARAMETER NÄHRSTOFFGEHALT | Nährstoff | Punktevergabe | | |
| | | Unzureichend (1 Punkt) | Gut (2 Punkte) | Überragend (3 Punkte) |
| | Makronährstoffe | | | |
| | Stickstoff (N) | 0 - 19 mg/l | 20 - 39 mg/l | 40 - 400 mg/l |
| | Schwefel (S) | < NP | = NP | > NP |
| | Phosphor (P) | 0 - 10 mg/l | 11 mg/l - 21 mg/l | 22 mg/l - 350 mg/l |
| | Kalium (K) | 0 - 24 mg/l | 25 mg/l - 49 mg/l | 50 mg/l - 1245 mg/l |
| | Magnesium (Mg) | 0 - 24 mg/l | 25 mg/l - 49 mg/l | 50 mg/l - 160 mg/l |
| | Calcium (Ca) | < NP | = NP | > NP |
| | Mikronährstoffe | | | |
| | Kupfer (Cu) | < NP | = NP | > NP |
| | Mangan (Mn) | < NP | = NP | > NP |
| | Zink (Zn) | < NP | = NP | > NP |

Mangelercheinungen an Blättern

Zur Bewertung der Mangelercheinungen an den Blättern wurden sämtliche Schadbilder (Chlorose, Nekrose, Vergilbung, Welke, usw.) je Untersuchungsstandort erfasst und deren Ausmaß bewertet. Trat ein Schadbild an allen Haupttrieben auf, so wurde der Standort mit einer geringen Punktezahl (1 Punkt) bewertet. Wurde das Schadbild an mehreren Trieben bemerkt, wurden 2 Punkte vergeben. Beim Auftreten lediglich an einzelnen Blättern wurde die höchste Punktezahl (3 Punkte) vergeben. Je mehr Punkte beim Vorkommen von Schadbildern erreicht wurden, umso geringer war das Ausmaß (siehe Tabelle 34).

Tabelle 34: Bewertungsschema für den Parameter Mangelercheinungen an Blättern
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| BEWERTUNG DES AUFTRETENS VON SCHADBILDERN AN DEN BLÄTTERN | | | | |
|---|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| PARAMETER MANGELERSCHINUNGEN AN BLÄTTERN | Schadbild | Punktevergabe | | |
| | | HOCH (1 Punkt) | MITTEL (2 Punkte) | GERING (3 Punkte) |
| | Chlorose | an ganzer Pflanze | an mehreren Trieben | an einzelnen Blättern |
| | Nekrose | an ganzer Pflanze | an mehreren Trieben | an einzelnen Blättern |
| | Verfärbung | an ganzer Pflanze | an mehreren Trieben | an einzelnen Blättern |
| | Vergilbung | an ganzer Pflanze | an mehreren Trieben | an einzelnen Blättern |
| | Welke | an ganzer Pflanze | an mehreren Trieben | an einzelnen Blättern |
| Verformung | an ganzer Pflanze | an mehreren Trieben | an einzelnen Blättern | |

Bewertungsschema Indikator Tiervorkommen

Für die Bewertung des Tiervorkommens wurden die beiden Parameter „Tiervorkommen“ und „Akzeptanz von Tieren“ herangezogen und mittels gewichtetem Drei-Punktesystem bewertet (Unzureichend=1 Punkt, Gut=2 Punkte, Überraschend=3 Punkte) (siehe Tabelle 35). Untersuchungen zum Vorkommen von Tieren beziehen sich meist auf größere Grünbereiche bzw. in größerer Anzahl der Untersuchungsstandorte, um schlüssigere Aussagen über die Artenvielfalt treffen zu können oder sammeln die zu zählenden Tiere mittels Bodenfallen. So z. B. in einer Schweizer Studie von BRAAKER et al. (2014), wo das Vorkommen von Arthropoden an Gründächern untersucht wurde. Daher wurde hier zur Bewertung des Tiervorkommens die max. Anzahl an Tierarten der vier Untersuchungsstandorte aus den Ergebnissen des Tiermonitorings herangezogen und in drei Klassen unterteilt und zwar unabhängig davon, ob es sich um Larven, Puppen oder Imagines handelt. Tiere im Substrat wurden dabei am wenigsten gewichtet (Gewichtung 1).

Tabelle 35: Bewertungsschema für den Indikator Tiervorkommen
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| BEWERTUNGSSCHEMA - INDIKATOR TIERE | | | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|------------------|
| PARAMETER VORKOMMEN UND AKZEPTANZ VON TIEREN | | Unzureichend (1 Punkt) | Gut (2 Punkte) | Überragend (3 Punkte) | Gewichtung (1-2) |
| | Tiervorkommen | | | | |
| | Tiere im Substrat | <2 Tierarten | 2 - 3 Tierarten | 4 Tierarten | 1 |
| | Tiere an den Pflanzen | <3 Tierarten | 3 - 6 Tierarten | 7 - 8 Tierarten | 2 |
| | Akzeptanz von Tieren | | | | |
| | Werterhaltung | negativ | neutral | positiv | 2 |
| Akzeptanz | keine Tierarten | keine Schädlinge | alle Tierarten | 2 | |

Bei der Gewichtung (siehe Tabelle 36) wurden die vier Parameter (A-D) „Tiere im Substrat“, „Tiere an den Pflanzen“, „Werterhaltung zu Tieren“ und „Akzeptanz von Tieren“ mittels Paarvergleich gegenübergestellt und deren Relevanz zueinander festgelegt. Eine positive Werterhaltung ist gegenüber allen Tieren nötig, um das zwangsläufige Vorkommen von Tieren an Pflanzen akzeptieren zu können. Das Tiervorkommen an der Pflanze ist jedoch für Menschen in der Umgebung der Begrünung offensichtlicher und evtl. in höherem Maße wahrnehmbar, als das Vorkommen von Tieren im Substrat. Daher wurden die Parameter B (Tiere an den Pflanzen), Parameter C (Werterhaltung zu Tieren) und Parameter D (Akzeptanz zu Tieren) am höchsten gewichtet.

Die Gewichtungszahl (1-2) wurde mit der erreichten Punktezahl des Indikators multipliziert. Das Ergebnis gibt Auskunft darüber, ob das Vorkommen und die Akzeptanz von Tieren an den BERTA-Modulen „überragend“, „gut“, oder „unzureichend“ ausgefallen ist.

Tabelle 36: Gewichtung zum Tiervorkommen über den Paarvergleich der Parameter A bis D
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020 modifiziert nach FLL 2018)

| Gewichtung zum Vorkommen und der Akzeptanz gegenüber Tieren - Paarvergleich der Parameter A bis D | | | | | | | | |
|---|-------------------------|---|---|---|---|--------------------|----------------------------|------------|
| | | A | B | C | D | Summe je Parameter | Gewichtungsfaktor (Gf) [%] | GEWICHTUNG |
| Parameter A | Tiere im Substrat | | 0 | 0 | 1 | 1 | 10,0 | 1 |
| Parameter B | Tiere an den Pflanzen | 2 | | 1 | 1 | 3 | 30,0 | 2 |
| Parameter C | Werterhaltung zu Tieren | 1 | 1 | | 1 | 3 | 30,0 | 2 |
| Parameter D | Akzeptanz von Tieren | 1 | 1 | 1 | | 3 | 30,0 | 2 |
| SUMME | | | | | | 10 | | |

| LEGENDE |
|---|
| Paarvergleich |
| 2 Punkte...Parameter x ist wichtiger als Parameter y |
| 1 Punkte...Parameter x ist gleich wichtig wie Parameter y |
| 0 Punkte...Parameter x ist unwichtiger als Parameter y |
| Gewichtung |
| 1...weniger wichtig |
| 2...wichtig |

3.3 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden jene Ergebnisse dargestellt, die zur Beantwortung der vier Forschungsfragen (F2 – F5) zu den drei Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und dem Vorkommen von Tieren beitragen sollen. Ein Überblick darüber enthält die folgende Tabelle 37.

Tabelle 37: Überblick über die dargestellten Ergebnisse zu den einzelnen Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| ÜBERBLICK ÜBER DIE DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE ZU DEN EINZELNEN UNTERSUCHTEN INDIKATOREN | | | |
|---|-------------------------------------|---|--|
| | INDIKATOR PFLANZENENTWICKLUNG | INDIKATOR PFLEGE | INDIKATOR TIERVORKOMMEN |
| ERGEBNISSE | Pflanzenmonitoring | Pflegeprotokolle | Tierökologisches Monitoring |
| | Gesamtdeckungsgrad, Vitalität | Ergebnistabellen | Tiere im Substrat, Tiere an den Pflanzen |
| | Pflanzenvolumen | Mangelercheinungen an den Blättern | Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren |
| | Wuchshöhe/-breite, Stammdurchmesser | Fotodokumentation | Leitfadengestütztes Interview |
| | | Nährstoffanalyse | |
| | Makronährstoffe, Mikronährstoffe | | |

3.3.1 Ergebnisse Pflanzenentwicklung

Pflanzenmonitoring

Beim Pflanzenmonitoring wurden die Ergebnisse der Erhebungen des Gesamtdeckungsgrades sowie der Vitalität zusammengefasst und beschrieben.

Gesamtdeckungsgrad

Gesamtdeckungsgrad Standort Absberggasse 5 (A05)

Der Gesamtdeckungsgrad in der Absberggasse 5 (A05) (siehe Abb. 27) beträgt von November 2019 (Beginn der Vegetationsruhe) an allen Modulen 5 %. Zu Beginn der Vegetationsperiode (ab Blattaustrieb) im April 2020 beginnt der Deckungsgrad an allen Modulen zu steigen.

Auffällig ist, dass die Randmodule (M1 und M10) eine geringere Steigerung zeigen. M10 beispielsweise steigt im April 2020 auf 20 %, erreicht im Juni 2020 seinen Höchstwert mit 35 %, sinkt im August 2020 wieder auf 20 % und erreicht bis Oktober 2020 nur noch 25 %. M1 wiederum steigt bis zum Juli 2020 kontinuierlich auf 30 % an und sinkt dann im August 2020 abrupt auf 5 % ab.

Der Gesamtdurchschnitt zeigt einen starken Anstieg des Deckungsgrades im April 2020 (Blattaustrieb) und eine weitere minimale Steigung bis zum Juli 2020. Von August 2020 bis Oktober 2020 steigt die Kurve wieder leicht an. Das liegt vor allem an der Zunahme des Deckungsgrades bei den Modulen 4, 6, 7, 8 und 9. Die Module 8 und 9 erreichen den höchsten Deckungsgrad von 65 % im Sept. und Okt. 2020.

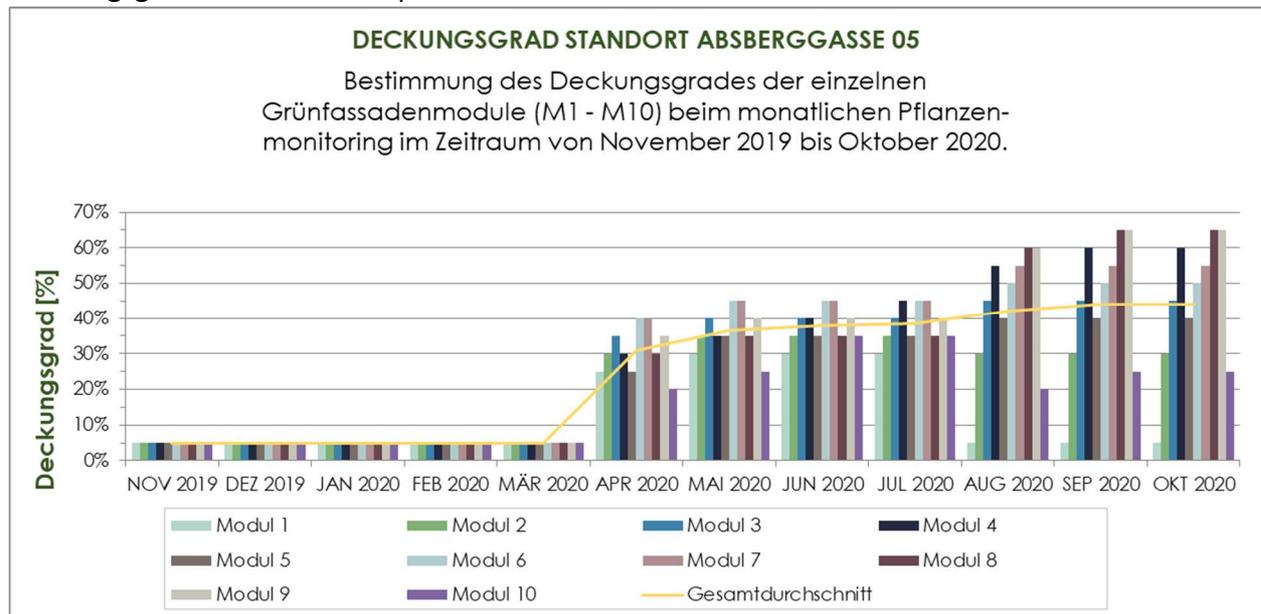


Abb. 27: Pflanzenmonitoring – Gesamtdeckungsgrad: Ergebnisse am Standort Absberggasse 05 (A05) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

Gesamtdeckungsgrad Standort Jagdgasse 25 (J25)

Der Gesamtdeckungsgrad an diesem Standort (siehe Abb. 28) beträgt von November 2019 bis März 2020 bei allen vier Modulen 5 % (Vegetationsruhe). Im April 2020 beginnt der Blattaustrieb und der Deckungsgrad steigt auf 20 % (M2) bis max. 45 % (M3). Bis Juli 2020 zeigen alle Module eine kontinuierliche Steigerung auf 40 % (M2) bis max. 55 % (M3). Ab August 2020 teilt sich das Bild. Während der Deckungsgrad bei M1 und M2 bereits ab August 2020 zu sinken beginnt (M1 45 % im Aug. 2020 und 40 % im Okt. 2020) steigt er bei M4 im August 2020 auf 45 %, bei M3 sogar auf 65 % an. M6 erreicht damit den höchsten Deckungsgrad aller Module an diesem Standort während des Untersuchungszeitraumes. Auch im Gesamtdurchschnitt (Durchschnittlicher Deckungsgrad eines Monats) zeigt sich ein steiler Anstieg des Deckungsgrades ab April 2020, einen leichten Anstieg ab Mai 2020, der ab August 2020 fast stagniert und im Oktober 2020 schließlich zu sinken beginnt.

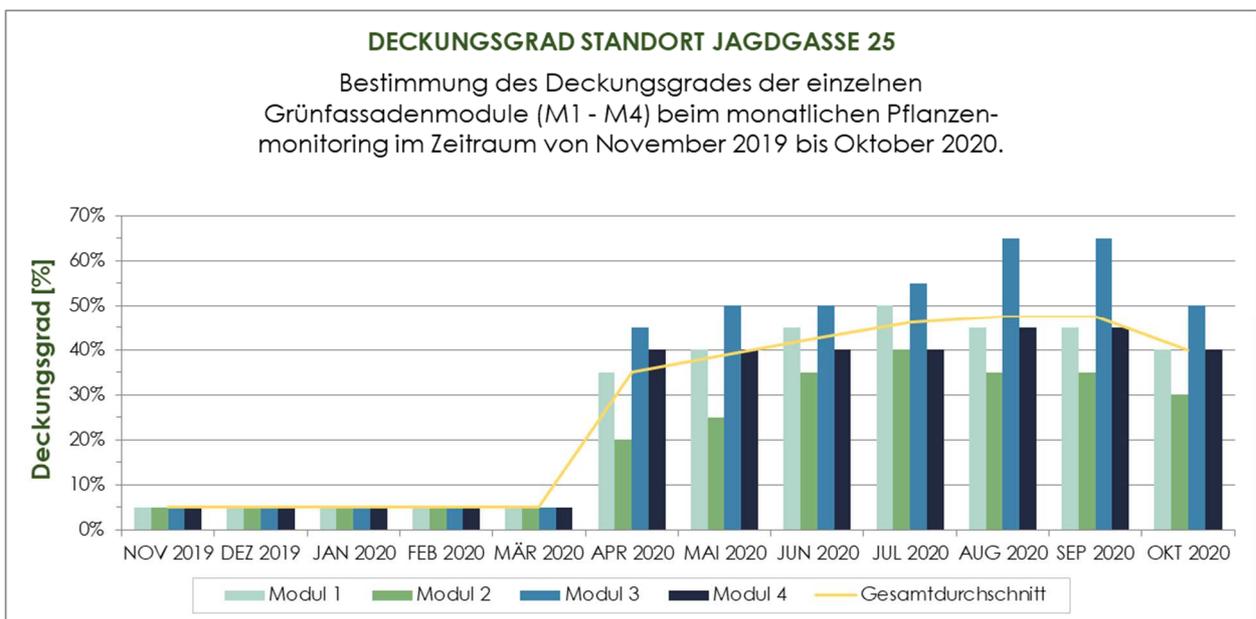


Abb. 28: Pflanzenmonitoring – Gesamtdeckungsgrad: Ergebnisse am Standort Jagdgasse 25 (J25)
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

Gesamtdeckungsgrad Standort Herzgasse 47 (H47)

In der Herzgasse 47 (H47) (siehe Abb. 29) begann der Laubaustrieb bereits im März 2020 und stieg an allen fünf Modulen von 5 % (Vegetationsruhe) auf 10 % an. Ein weiterer Anstieg zeigt sich im April 2020 auf min. 25 % Deckungsgrad bei Modul 2 (M2) auf max. 35 % bei den Modulen M1, M3 und M5. Im August 2020 steigt der Deckungsgrad wiederum an und beträgt bei den Modulen M2 und M4 min. 35 % und bei den Modulen M1, M3 und M5 max. 40 %. Diese Werte bleiben konstant bis Oktober 2020.

Die drei Steigungen des Deckungsgrades zeigen sich auch bei Betrachtung des durchschnittlichen Deckungsgrades (gelbe Linie). Dieser steigt im März 2020 von 5 % auf 10 % an. Die zweite und höchste Steigung erfolgt im April 2020 auf 32 % und im August 2020 noch einmal auf 38 %.

Bei Betrachtung der einzelnen Module zeigt sich bei der ersten Steigung im März 2020 ein einheitlicher Deckungsgrad von 10 % bei allen vier Modulen. Ab der zweiten Steigung im April 2020 zeigen die beiden Module M2 und M4 einen geringeren Anstieg des Deckungsgrades, nämlich im April 2020 auf 25 % bei M2 bzw. auf 30 % bei M4 sowie im August 2020 auf 35 % bei M2 und M4. Bei den Modulen M1, M3 M5 zeigt sich ein einheitlicher Anstieg des Deckungsgrades im April 2020 auf 35 % sowie im August 2020 auf den Höchstwert von 40 %.

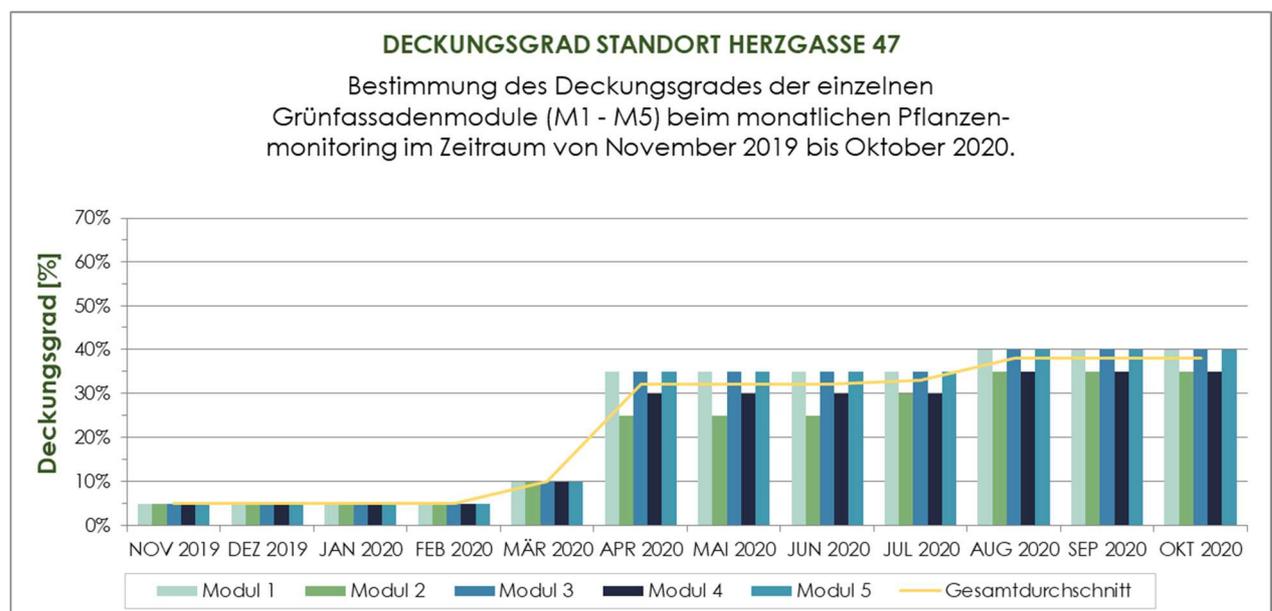


Abb. 29: Pflanzenmonitoring – Gesamtdeckungsgrad: Ergebnisse am Standort Herzgasse 47 (H47)
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

Gesamtdeckungsgrad Standort Kudlichgasse 14 (K14)

In der Kudlichgasse 14 zeigt sich in der Abb. 30 ebenfalls im April 2020 mit dem Laubaustrieb der erste Anstieg des Deckungsgrades von 5 % auf 35 % bei allen Modulen. Lediglich Modul 5 (M5) hatte bereits im März 2020 einen Deckungsgrad von 10 %. Im Durchschnitt (gelbe Linie) beträgt der Deckungsgrad im April 2020 bloß 28 %. Das liegt daran, da bei Modul 3 (M3) im Dezember 2019 beide Pflanzen entwendet wurden und daher bis zur Ersatzpflanzung im Juni 2020 keine Werte einzutragen waren und der Deckungsgrad für das Modul 3 mit 0 % geschätzt wurde.

Im Mai 2020 erfolgt ein Anstieg des Deckungsgrades nur bei M4 auf max. 40 %, die übrigen Module M1, M2 und M5 stagnieren bei 35 %. Im Juni 2020 erfolgt bei der Mehrheit der Module wieder ein Anstieg des Deckungsgrades auf max. 40 % bei M1, M2, M4. Lediglich bei M5 erfolgt hier kein Anstieg des Deckungsgrades, der Wert bleibt bei 35 %. Die Neupflanzung bei M3 wird im Juni 2020 mit einem Deckungsgrad von 20 % geschätzt. Bis zum August 2020 erfolgt nur bei M4 noch einmal eine leichte Steigung des Deckungsgrades auf 45 % (Höchstwert im Untersuchungszeitraum) bzw. bei der Nachpflanzung bei M3 auf 30 %. Im Durchschnitt (gelbe Linie) ergibt das im August 2020 einen Maximalwert von 38 %.

Im September 2020 erfolgt ein abrupter Abfall des Deckungsgrades bei allen fünf Modulen mit min. 5 % bei M1 und 15 % bei M2, M3, M4, M5. Diese Werte zeigen sich auch genauso im Oktober 2020. Die gelbe Linie zeigt hier einen Durchschnittswert von 13 % Deckungsgrad im September 2020 und Oktober 2020.

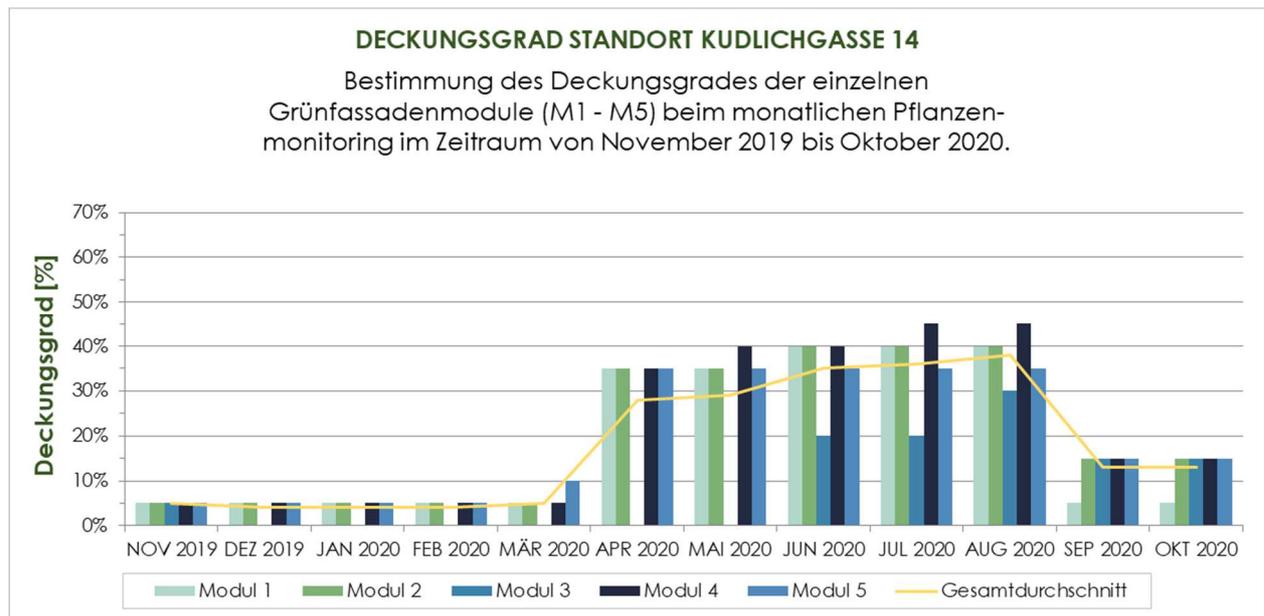


Abb. 30: Pflanzenmonitoring – Gesamtdeckungsgrad: Ergebnisse am Standort Kudlichgasse 14 (K14)
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

Fazit – durchschnittlicher Gesamtdeckungsgrad

Im folgenden Teil wird der durchschnittliche Gesamtdeckungsgrad der vier untersuchten Standorte (A05, J25, H47, K14) beschrieben sowie die Zu- bzw. Abnahme während des Untersuchungszeitraumes von November 2019 bis Oktober 2020 (siehe Tabelle 38).

Zum Zeitpunkt der Pflanzung (November 2019) ist an allen vier Standorten ein durchschnittlicher Deckungsgrad von 5 % zu verzeichnen. Dies liegt am regulären Blattfall des Herbstlaubes am Ende der Vegetationsperiode 2019. Der Blattaustrieb am Beginn der Vegetationsperiode 2020 setzte an allen vier Standorten im April 2020 ein. Ausnahme bildet die Herzgasse 47 (H47). Hier setzte der Blattaustrieb bereits im März 2020 ein bzw. in der Kudlichgasse 14 (K14) begann der Blattaustrieb nur an einem Modul (Modul 5) bereits im März 2020 und an allen weiteren Modulen (M1-M4) ebenfalls im April 2020.

Bis zum Mai 2020 entwickelte sich der durchschnittliche Deckungsgrad kontinuierlich weiter und stieg an allen vier Standorten von 5 % im **November 2019** auf 29 % (K14) bis max. 39 % in der Jagdgasse 25 **bis zum Mai 2020** an.

Von **Mai 2020 bis Oktober 2020** hat der durchschnittliche Deckungsgrad an fast allen Standorten noch ein Stück zugenommen. In der Absberggasse 5 (A05) erreichte der Gesamtdeckungsgrad von Mai 2020 bis Oktober 2020 nochmals eine Steigerung von +7 %, in der Jagdgasse 25 (J25) +1 %. Auch in der Herzgasse 47 (H47) stieg der durchschnittliche Gesamtdeckungsgrad um weitere +6 % an. Lediglich in der Kudlichgasse 14 (K14) verringerte sich der Gesamtdeckungsgrad um -16 %.

Tabelle 38: Berechnungen zum durchschnittlichen Gesamtdeckungsgrad – Vergleich der vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) von November 2019 bis Oktober 2020 (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

| BERECHNUNGEN DURCHSCHNITTLICHER DECKUNGSGRAD [%] November 2019 - Oktober 2020 | | | | | | | |
|--|-----------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|--|
| Kürzel | Standorte | Deckungsgrad Nov 19 | Zu-/Abnahme Nov 19 - Mai 20 | Deckungsgrad Mai 20 | Zu-/ Abnahme Mai 20 - Okt 20 | Deckungsgrad Okt 20 | Zu-/Abnahme gesamt Nov 19 - Okt 20 |
| A05 | Absberggasse 5 | 5% | + 32% | 37% | + 7% | 44% | + 39% |
| J25 | Jagdgasse 25 | 5% | + 34% | 39% | + 1% | 40% | + 35% |
| H47 | Herzgasse 47 | 5% | + 27% | 32% | + 6% | 38% | + 33% |
| K14 | Kudlichgasse 14 | 5% | + 24% | 29% | - 16% | 13% | + 8% |

Bei Betrachtung des gesamten Monitoringzeitraumes (November 2019 bis Oktober 2020) hat der durchschnittliche Deckungsgrad an den beiden Standorten mit **Selbstklimmern** (*Parthenocissus tricuspidata*) 40 % (J25) bzw. 44 % (A05) erreicht. Das entspricht einer Zunahme von +35 % in der Jagdgasse 25 und +39 % in der Absberggasse 5.

Am Standort Herzgasse 47, wo Kletterpflanzen mit **Rankgitter** als Kletterhilfe zum Einsatz kamen (*Lonicera tellmanniana*), ergibt sich mit einem Deckungsgrad von 38 % im Okt. 2020

ein durchschnittlicher Zuwachs von +33 % innerhalb des gesamten Monitoringzeitraumes (Nov. 2019 – Okt. 2020).

In der Kudlichgasse 14 kamen **Rankseile** als Kletterhilfe für die Pflanzen (*Wisteria floribunda*) zum Einsatz. Hier betrug der durchschnittliche Deckungsgrad im Okt. 2020 lediglich 13 %, ebenfalls 5 % und ist bis zum Mai 2020 auf 29 % angestiegen. Bis zum Oktober 2020 ist der durchschnittliche Deckungsgrad auf 13 % zurückgegangen (Abnahme von -16 %). Innerhalb des gesamten Monitoringzeitraumes (Nov. 2019 – Okt. 2020) ergibt das einen Zuwachs des durchschnittlichen Deckungsgrades von +8 %.

Damit ergibt sich eine **minimale Zunahme** des durchschnittlichen Gesamtdeckungsgrades innerhalb des Untersuchungszeitraumes (Nov. 2019 – Okt. 2020) in der **Kudlichgasse 14 mit +8 %**. Den **höchsten Zuwachs** des durchschnittlichen Gesamtdeckungsgrades erreichte im ersten Standjahr die **Absberggasse 5 mit +39 %**.

Vitalität

Die folgenden Ergebnisse zur Vitalität wurden nach dem fünfstufigen Vitalitätsschlüssel nach ROLOFF aufgenommen und werden in den folgenden Tabellen 41 – 44 mit den Zahlenwerten von 0 - 4 (plus vier Zwischenstufen) angegeben. Die hellgrünen Felder zeigen jene Monate, in denen bereits das Laub ausgetrieben ist. In der äußersten Spalte (Ø Monat) wird die durchschnittliche Vitalität jedes Monats im Untersuchungszeitraum von November 2019 bis Oktober 2020 angegeben sowie in der vorletzten Zeile (Ø Modul) die durchschnittliche Vitalität jedes einzelnen Moduls. In der untersten Zeile findet sich der Gesamtdurchschnitt der Vitalität am jeweiligen Untersuchungsstandort.

Vitalität Standort Absberggasse 5 (A05)

Die Tabelle 39 zeigt zu Beginn der Untersuchung der Vitalität im November 2019 an allen zehn Modulen (M1 – M10) eine äußerst gute Vitalität von 0-1. Während der Vegetationsruhe (Nov. 2019 – Mrz. 2020) stagniert die Vitalität auf Stufe 0-1 bei den Modulen M5, M6, M10 bzw. sinkt minimal auf Stufe 1 bei den Modulen M1, M4, M7, M8, M9 und sinkt etwas mehr bei den Modulen M2 (Stufe 1-2) und M3 (Stufe 2-3). Kurz vor dem Blattaustrieb im März 2020 pendelt sich die Vitalität bei allen zehn Modulen auf Stufe 1 ein. Bis zum Sommer im August 2020 steigt die Vitalität bei fast allen Modulen (M2 – M8, M10) auf Stufe 0 und stagniert auf Stufe 0-1 bei M9. Lediglich bei M1 sinkt die Vitalität im August 2020 auf den Minimalwert an diesem Standort, auf Stufe 3-4. Bis zum Oktober 2020 fällt der Vitalitätswert wieder. Bei M3 – M6 sowie M8 auf die Vitalitätsstufe 0-1, bei M2, M7 und M9 auf die Stufe 1, bei M1 auf Stufe 3. Im Durchschnitt der einzelnen Module ($\bar{\emptyset}$ Modul) zeigen die Module M4 – M10 die beste durchschnittliche Vitalität im Untersuchungszeitraum mit 0-1, wobei M6 am öftesten mit der besten Vitalitätsstufe (0) bewertet wurde. Die Module M2 und M3 zeigen eine durchschnittliche Vitalität der Stufe 1. Die niedrigste durchschnittliche Vitalität hatte das Modul 1 mit der Vitalitätsstufe 1-2.

Bei Betrachtung der durchschnittlichen Vitalität der einzelnen Untersuchungsmonate ($\bar{\emptyset}$ Monat) sinkt die Vitalität von der Stufe 0-1 im Nov. 2019 auf die Stufe 1 im Dez. 2019 und stagniert dort bis April 2020. Von Mai 2020 bis September 2020 verbessert sich die durchschnittliche Vitalität gering und steigt auf Stufe 0-1, bis sie im Oktober 2020 wieder auf Stufe 1 sinkt.

Im Gesamtdurchschnitt ($\bar{\emptyset}$ Modul + $\bar{\emptyset}$ Monat) zeigt sich am Standort Absberggasse 5 (A05) eine äußerst gute Vitalität mit der Stufe 0-1.

Tabelle 39: Pflanzenmonitoring – Vitalität: Ergebnisse am Standort Absberggasse 5 (A05).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

| Vitalität | Modul 1 | Modul 2 | Modul 3 | Modul 4 | Modul 5 | Modul 6 | Modul 7 | Modul 8 | Modul 9 | Modul 10 | $\bar{\emptyset}$ Monat |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------------------|
| NOV 2019 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| DEZ 2019 | 1 | 1-2 | 2-3 | 1 | 0-1 | 0-1 | 1 | 1 | 1 | 0-1 | 1 |
| JAN 2020 | 1 | 1-2 | 2-3 | 1 | 0-1 | 0-1 | 1 | 1 | 1 | 0-1 | 1 |
| FEB 2020 | 1 | 1-2 | 2-3 | 1 | 0-1 | 0-1 | 1 | 1 | 1 | 0-1 | 1 |
| MÄR 2020 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| APR 2020 | 0-1 | 1-2 | 1 | 0-1 | 1 | 0-1 | 0-1 | 1 | 0-1 | 2 | 1 |
| MAI 2020 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0-1 | 0 | 1 | 0-1 |
| JUN 2020 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0 | 0-1 | 0 | 0 | 0-1 | 0 | 0-1 | 0-1 |
| JUL 2020 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0-1 |
| AUG 2020 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0-1 | 0 | 0-1 |
| SEP 2020 | 3-4 | 0 | 0 | 0-1 | 0-1 | 0 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0 | 0-1 |
| OKT 2020 | 3 | 1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 1 | 0-1 | 1 | 0 | 1 |
| $\bar{\emptyset}$ Modul | 1-2 | 1 | 1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | |
| Gesamtdurchschnitt | | | | | | | | | | | 0-1 |

Vitalität Standort Jagdgasse 25 (J25)

Die Vitalität der Pflanzen in der Jagdgasse 25 (J25) (siehe Tab. 40) ist zu Beginn der Untersuchung bei allen vier Modulen (M1 – M4) äußerst gut und liegt bei der Vitalitätsstufe 0-1. Bis zum Blattaustrieb im April 2020 bleibt die Vitalität entweder konstant bei der Stufe 0-1, nämlich bei den Modulen M3 und M4, oder sinkt bei Modul 1 auf die Stufe 1 bzw. bei Modul 2 auf Stufe 1-2. Kurz vor dem Blattaustrieb (im März 2020) liegt die Vitalität bei allen vier Modulen bei der Stufe 1. Danach steigt die Vitalität bei den Modulen M1, M3 und M4 wieder an auf Stufe 0-1 im April 2020 und ab Mai 2020 auf Stufe 0, wo der sehr gute Vitalitätswert bis Oktober 2020 stagniert. Bei Modul 2 sinkt die Vitalität zum Blattaustrieb im April 2020 auf die Stufe 2-3, was den Minimalwert an diesem Standort darstellt. Die Vitalität steigt jedoch zunehmend wieder an auf die Stufe 1-2 im Mai 2020 und steigt noch weiter auf die Stufe 0 im Juni 2020. Erst im September sinkt die Vitalität bei Modul 2 wieder minimal auf die Stufe 0-1. Bei der Betrachtung der durchschnittlichen Vitalität der einzelnen Module ($\bar{\varnothing}$ Modul) zeigen die Module M1, M3 und M4 mit der Stufe 0-1 die beste Vitalität. Diese drei Module zeigen insgesamt sechs Mal die beste Vitalitätsstufe 0. Hervorzuheben ist jedoch, dass M3 und M4 von Dez. 2019 bis Feb. 2020 mit der Vitalitätsstufe 0-1 bewertet wurden, wo M1 mit der Stufe 1 bewertet wurde. Die niedrigste durchschnittliche Vitalität hatte das Modul 2 mit der Vitalitätsstufe 1.

Die durchschnittliche Vitalität der einzelnen Untersuchungsmonate ($\bar{\varnothing}$ Monat) sinkt von der Stufe 0-1 im Nov. 2019 auf die Stufe 1, steigt im Februar 2020 wieder auf die Stufe 0-1 an, sinkt im März 2020 wieder auf Stufe 1 ab, bevor sie im Mai 2020 auf Stufe 0-1 ansteigt, im Juni 2020 auf die beste Vitalitätsstufe 0 weiter ansteigt und dort bis zum Oktober 2020 konstant bleibt.

Im Gesamtdurchschnitt ($\bar{\varnothing}$ Modul + $\bar{\varnothing}$ Monat) zeigt sich am Standort Jagdgasse 25 (J25) eine äußerst gute Vitalität mit der Stufe 0-1.

| Vitalität | Modul 1 | Modul 2 | Modul 3 | Modul 4 | $\bar{\varnothing}$ Monat |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------------------------|
| NOV 2019 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| DEZ 2019 | 1 | 1-2 | 0-1 | 0-1 | 1 |
| JAN 2020 | 1 | 1-2 | 0-1 | 0-1 | 1 |
| FEB 2020 | 1 | 1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| MÄR 2020 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| APR 2020 | 0-1 | 2-3 | 0-1 | 0-1 | 1 |
| MAI 2020 | 0 | 1-2 | 0 | 0 | 0-1 |
| JUN 2020 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| JUL 2020 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AUG 2020 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SEP 2020 | 0 | 0-1 | 0 | 0 | 0 |
| OKT 2020 | 0 | 0-1 | 0 | 0 | 0 |
| $\bar{\varnothing}$ Modul | 0-1 | 1 | 0-1 | 0-1 | |
| Gesamtdurchschnitt | | | | | 0-1 |

Tabelle 40: Pflanzenmonitoring – Vitalität: Ergebnisse am Standort Jagdgasse 25 (J25). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

Vitalität Standort Herzgasse 47 (H47)

Die Tabelle 41 zeigt die Entwicklung der Vitalität in der Herzgasse 47 (H47). Von November 2019 bis Oktober 2020 zeigen die beiden Module M4 und M5 durchgehend eine äußerst gute Vitalität der Stufe 0-1. Bei den Modulen M2 und M3 sinkt die Vitalität ab dem Blattaustrieb im April 2020 leicht ab auf Stufe 1. Während bei M3 die Vitalität ab Juni 2020 wieder auf Stufe 0-1 ansteigt, sinkt sie bei M2 im Juni auf Stufe 2 (niedrigster Vitalitätswert an diesem Standort), steigt ab August 2020 wieder auf Stufe 0-1 an und bleibt bis Oktober 2020 konstant. Bei Modul 1 steigt die Vitalität zum Zeitpunkt des Blattaustriebes im April 2020 auf Stufe 0 an, sinkt bis Juni 2020 auf Stufe 1 ab, steigt dann im September 2020 wieder auf den Höchstwert (Stufe 0) an und pendelt sich im Oktober 2020 parallel zu den übrigen Modulen auf Stufe 0-1 ein.

Bei Betrachtung der durchschnittlichen Vitalität je Modul ($\bar{\varnothing}$ Modul) liegen alle fünf Module bei Stufe 0-1, wobei Modul 1 als einziges zweimal mit einer sehr guten Vitalität der Stufe 0 bewertet wurde (Apr. 2020, Sep. 2020).

Die durchschnittliche Vitalität der einzelnen Untersuchungsmonate ($\bar{\varnothing}$ Monat) beträgt fast immer Stufe 0-1. Lediglich im Juni 2020 zeigt sich eine durchschnittliche Vitalität der Stufe 1. Im Gesamtdurchschnitt ($\bar{\varnothing}$ Modul + $\bar{\varnothing}$ Monat) zeigt sich am Standort Herzgasse 47 (H47) eine äußerst gute Vitalität mit der Stufe 0-1.

Tabelle 41: Pflanzenmonitoring – Vitalität: Ergebnisse am Standort Herzgasse 47 (H47).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

| Vitalität | Modul 1 | Modul 2 | Modul 3 | Modul 4 | Modul 5 | $\bar{\varnothing}$ Monat |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------|
| NOV 2019 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| DEZ 2019 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| JAN 2020 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| FEB 2020 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| MÄR 2020 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| APR 2020 | 0 | 1 | 1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| MAI 2020 | 0-1 | 1 | 1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| JUN 2020 | 1 | 2 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 1 |
| JUL 2020 | 0-1 | 1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| AUG 2020 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| SEP 2020 | 0 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| OKT 2020 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 |
| $\bar{\varnothing}$ Modul | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | 0-1 | |
| Gesamtdurchschnitt | | | | | | 0-1 |

Vitalität Standort Kudlichgasse 14 (K14)

In der Kudlichgasse 14 (K14) zeigt sich zu Beginn der Untersuchungen bei den Pflanzen aller fünf Module (M1 – M5) eine sehr gute Vitalität der Vitalitätsstufe 0 (siehe Tab. 42). Im weiteren Verlauf ist Modul 3 hervorzuheben, dessen Pflanzen von Dezember 2019 bis Mai 2020 mit der Stufe 4 (Pflanze abgestorben) bewertet wurden. Ab Juni 2020 liegt die Vitalität von M3 bei Stufe 0-1, steigt im Juli 2020 auf Stufe 0 (sehr gute Vitalität) und sinkt ab September 2020 auf Stufe 1. Bei den übrigen Modulen (M1, M2, M4, M5) sinkt die Vitalität bis zum Blattaustrieb im April 2020 auf Stufe 0-1 (M4) bzw. auf Stufe 1 (M1, M2, M5) ab. Bis zum Juni 2020 steigt die Vitalität bei M1 auf Stufe 0-1, stagniert bei M4 auf Stufe 0-1 und sinkt bei den Modulen M2 (Stufe 1-2) und M5 (Stufe 2). Im Juli steigt die Vitalität bei allen Modulen wieder an. Bei M1 – M4 auf Stufe 0 und bei M5 auf Stufe 1-2. Bis zum Herbst sinkt die Vitalität wieder ab und erreicht im September 2020 Stufe 1 (M2, M3, M4) bzw. Stufe 1-2 (M1) bzw. Stufe 2-3 (M5).

Im Durchschnitt der einzelnen Module (\emptyset Module) zeigen die Module M1, M2, M4 die beste durchschnittliche Vitalität im Untersuchungszeitraum mit der Stufe 0-1, wobei M4 im Einzelnen öfter bessere Vitalitätsstufen aufweist. Modul 5 weist eine durchschnittliche Vitalität der Stufe 1 auf. Modul 2 bildet mit Stufe 2 die niedrigste durchschnittliche Vitalität an dem Standort.

Bei Betrachtung der durchschnittlichen Vitalität der einzelnen Untersuchungsmonate (\emptyset Monat) sinkt die Vitalität ab Dezember 2019 von Stufe 0 auf Stufe 1 ab, sinkt ab dem Blattaustrieb im April 2020 weiter auf Stufe 1-2 ab, steigt im August 2020 auf Stufe 0-1 und sinkt im September 2020 wieder auf Stufe 1-2 ab. Im Durchschnitt weisen die Pflanzen der fünf Module im November 2019 die beste Vitalität auf (Stufe 0) und in den Monaten Apr. 2020, Mai 2020, Sep. 2020, Okt. 2020 die niedrigste Vitalität mit der Stufe 1-2.

Im Gesamtdurchschnitt (\emptyset Modul + \emptyset Monat) zeigte sich am Standort Kudlichgasse 14 (K14) eine gute Vitalität mit der Stufe 1.

| Vitalität | Modul 1 | Modul 2 | Modul 3 | Modul 4 | Modul 5 | \emptyset Monat |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| NOV 2019 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DEZ 2019 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| JAN 2020 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| FEB 2020 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| MÄR 2020 | 0-1 | 0-1 | 4 | 0-1 | 0 | 1 |
| APR 2020 | 1 | 1 | 4 | 0-1 | 1 | 1-2 |
| MAI 2020 | 1 | 1 | 4 | 0-1 | 1 | 1-2 |
| JUN 2020 | 0-1 | 1-2 | 0-1 | 0-1 | 2 | 1 |
| JUL 2020 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1-2 | 0-1 |
| AUG 2020 | 0-1 | 0 | 0 | 0-1 | 1-2 | 0-1 |
| SEP 2020 | 1-2 | 1 | 1 | 1 | 2-3 | 1-2 |
| OKT 2020 | 1-2 | 1 | 1 | 1 | 2-3 | 1-2 |
| \emptyset Modul | 0-1 | 0-1 | 2 | 0-1 | 1 | |
| Gesamtdurchschnitt | | | | | | 1 |

Tabelle 42: Pflanzenmonitoring – Vitalität: Ergebnisse am Standort Kudlichgasse 14 (K14).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

Fazit – durchschnittliche Vitalität

Im folgenden Teil werden die vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) in Bezug auf deren durchschnittliche Vitalität innerhalb des Untersuchungszeitraumes von November 2019 bis Oktober 2020 miteinander verglichen (siehe Tabelle 43).

Im **November 2019** weisen die Pflanzen der Standorte Absberggasse 5, Jagdgasse 25 und Herzgasse 47 eine äußerst gute Vitalität mit der Vitalitätsstufe 0-1 auf. Die Kudlichgasse 14 startet im November 2019 mit einer sehr guten Vitalität mit der Vitalitätsstufe 0.

Bis zum Mai 2020 bleibt die durchschnittliche Vitalität in der Absberggasse 5, der Jagdgasse 25 und der Herzgasse 47 gleich mit der Vitalitätsstufe 0-1. Lediglich in der Kudlichgasse 14 nimmt die Vitalität der Pflanzen bis zum Mai 2020 ab (Stufe 1-2).

Bis zum Oktober 2020 variiert die Zu- bzw. Abnahme der Vitalitätsstufen an den vier Standorten. Während sie in der Absberggasse 5 um eine halbe Stufe auf Stufe 1 sinkt, steigt sie in der Jagdgasse 25 um eine halbe Stufe auf Stufe 0 an. In der Herzgasse 47 stagniert die Vitalität von Mai 2020 bis Oktober 2020 auf Stufe 0-1, ebenso in der Kudlichgasse 14 auf der Stufe 1-2.

Bei Betrachtung der **gesamten durchschnittlichen Vitalität** jedes Standortes (\emptyset Monat + \emptyset Module) liegen die Absberggasse 5, die Jagdgasse 25 sowie die Herzgasse 47 gleichauf mit der Vitalitätsstufe 0-1. Da sich in der Jagdgasse 25 die durchschnittliche Vitalität als einziger Standort gesteigert hat (Nov. 2019 bis Okt. 2020) erreicht dieser Standort im Durchschnitt die höchste Steigerung der durchschnittlichen Vitalität. Die Kudlichgasse 14 erreicht mit der Abnahme von eineinhalb Vitalitätsstufen während des Untersuchungszeitraumes (von Stufe 0 auf Stufe 1-2) den niedrigsten durchschnittlichen Vitalitätswert mit der Stufe 1.

Tabelle 43: Berechnungen zur durchschnittlichen Vitalität – Vergleich der vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) von November 2019 bis Oktober 2020.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| BERECHNUNGEN DURCHSCHNITTLICHE VITALITÄT November 2019 - Oktober 2020 | | | | | | | | |
|--|-----------------|---|--------------------------------|---|---------------------------------|---|--|--|
| Kürzel | Standort | Vitalität (\emptyset Monat) Nov 19 | Zu-/Abnahme Nov 19 - Mai 20 | Vitalität (\emptyset Monat) Mai 20 | Zu-/ Abnahme Mai 20 - Okt 20 | Vitalität (\emptyset Monat) Okt 20 | Zu-/ Abnahme Vitalitätsstufe Nov 19 - Okt 20 | Gesamtdurchschnitt Vitalität (\emptyset Monat + \emptyset Module) |
| A05 | Absberggasse 5 | 0-1 | ↘ | 0-1 | — | 1 | — | 0-1 |
| J25 | Jagdgasse 25 | 0-1 | ↘ | 0-1 | + | 0 | + | 0-1 |
| H47 | Herzgasse 47 | 0-1 | ↘ | 0-1 | ↘ | 0-1 | ↘ | 0-1 |
| K14 | Kudlichgasse 14 | 0 | — | 1-2 | ↘ | 1-2 | — | 1 |

| LEGENDE | |
|---------|------------------------|
| + | Zunahme Vitalität |
| ↘ | stagnierende Vitalität |
| — | Abnahme Vitalität |

Pflanzenvolumen

Die Ergebnisse zum Pflanzenvolumen wurden an den vier Untersuchungsstandorten zweimal vermessen, einmal im Dezember 2019 und ein weiteres Mal am Ende der ersten Vegetationsphase im Oktober 2020. Aufgenommen wurden die Anzahl der Bodentriebe je Pflanze, die einzelnen Triebdurchmesser je Pflanze sowie die Wuchshöhe und Wuchsbreite je Modul.

Pflanzenvolumen Standort Absberggasse 5 (A05)

In der Absberggasse 5 (A05) wurden insgesamt 20 Pflanzen mit *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii' in zehn Modulen (M1 – M10) vermessen, um Aussagen über das Pflanzenvolumen treffen zu können (siehe Tabelle 44).

Bodentriebe

Im Dezember 2019 wurden an den 20 Pflanzen min. zwei bodennahe Triebe (bei Modul 8 an der linken Pflanze (M8_8.1)) bzw. max. sieben bodennahe Triebe (bei M5_5.2, M6_6.2, M7_7.2) gezählt. Im Oktober 2020 waren es min. ein bodennaher Trieb bei der linken Pflanze in Modul 1 (M1_1.1) bis max. elf bodennahe Triebe (bei M3_3.2 und M5_5.2). Anzumerken ist, dass bei Modul 1 (M1) im Sept. 2020 beide Pflanzen (M1_1.1 und M1_1.2) aufgrund von Vandalismus beschädigt wurden, was zum Absterben der Pflanze M1_1.1 führte und zur Beschädigung (Abreißen fast aller Haupttriebe) der Pflanze M1_1.2.

Im Gesamtdurchschnitt hatten die Pflanzen im Dezember 2019 fünf und im Oktober 2020 sieben bodennahe Triebe.

Triebdurchmesser

Die einzelnen Triebdurchmesser lagen im Dezember 2019 bei min. 0,3 cm und max. 1,3 cm bzw. im Oktober 2020 bei min. 0,3 bis max. 2,0 cm. Ausnahme bildet in Modul 1 die linke Pflanze (M1_1.1), die im September 2020 neu gepflanzt wurde und nur einen bodennahen Haupttrieb mit einem Stammdurchmesser von 2,2 cm aufwies.

Bei Betrachtung des durchschnittlichen Triebdurchmessers je Pflanze zeigen sich im Dezember 2019 Werte von min. 0,4 cm bis max. 1,2 cm und im Oktober 2020 min. 0,3 cm bis max. 1,3 cm (Ausnahme M1_1.1 mit 2,2 cm). Beim Vergleich der durchschnittlichen Triebdurchmesser je Pflanze von Dezember 2019 und Oktober 2020 zeigte sich bei zwölf Pflanzen eine Zunahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers mit einer max. Zunahme von +0,7 cm bei M4_4.2 (Ausnahme M1_1.1 zeigte eine Zunahme von +1,6 cm). Vier Pflanzen zeigten weder eine Zu- noch eine Abnahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers (M3_3.2, M5_5.1, M7_7.1, M8_8.2). Bei weiteren vier Pflanzen nahm der durchschnittliche Triebdurchmesser ab (M7_7.2, M8_8.1, M10_10.1, M10_10.2), wobei M8_8.1 die größte Abnahme von -0,5 cm zeigte.

Im Gesamtdurchschnitt erfolgte bei den 20 Pflanzen eine Zunahme von +0,2 cm des durchschnittlichen Triebdurchmessers.

Wuchshöhe - Wuchsbreite

Die Wuchshöhe und Wuchsbreite wurden je Modul vermessen. Dabei zeigte Modul 7 (M7) mit 104 cm x 60 cm (Wuchshöhe x Wuchsbreite) den geringsten Ausgangswert. Am Ende der Vegetationsperiode im Oktober 2020 hatte Modul 5 (M5) mit 320 cm x 320 cm die höchsten Maße an diesem Standort erreicht. Modul 10 (M10) zeigte die geringste Wachstumsrate mit 120 cm x 165 cm.

Im Gesamtdurchschnitt hat die Wuchshöhe und Wuchsbreite von durchschnittlich 159 cm x 63 cm im Dezember 2019 auf durchschnittliche 225 cm x 225 cm zugenommen.

Fazit - Pflanzenvolumen

- Die Zunahme bodennaher Triebe hatte keinen signifikanten Einfluss auf eine Zunahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers.
- Bei allen Pflanzen, bei denen der durchschnittliche Triebdurchmesser bis zum Oktober 2020 abnahm, zeigte sich ebenfalls bei der zweiten Pflanze im Modul eine Abnahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers bzw. eine Stagnation.
- Bei der Wachstumsrate zeigte sich bei allen Modulen eine stärkere Zunahme der Wuchsbreite als der Wuchshöhe. Letztere nahm bei manchen Modulen sogar ab (z. B. Modul 2 und Modul 10). Ausnahme bildet Modul 1 (Vandalismusfall).
- Pflanzen mit einer deutlichen Zunahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers zeigten nicht zwangsläufig auch eine deutliche Zunahme der Wuchshöhe und Wuchsbreite.
- Modul 10 (M10) schnitt sowohl beim durchschnittlichen Triebdurchmesser, als auch bei Wuchshöhe und Wuchsbreite am schlechtesten ab.
- Modul 1 (M1) zeigte bei beiden Pflanzen (M1_1.1 und M1_1.2) die höchste Zunahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers, jedoch eine Abnahme der Wuchshöhe und Wuchsbreite. Dies liegt am Vandalismusvorfall im September 2020, wo beide Pflanzen beschädigt wurden.
- Die Zunahme bodennaher Triebe begünstigte eine Zunahme der Wuchshöhe, vor allem aber der Wuchsbreite (z. B. Modul 5).

Tabelle 44: Pflanzenmonitoring – Pflanzenvolumen: Ergebnisse zur Vermessung von Triebdurchmesser, Wuchshöhe und Wuchsbreite am Standort Absberggasse 5 (A05).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| PFLANZENVOLUMEN - ABSBERGGASSE 5 (A05) | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|-------------------------|-------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------|--|
| STANDORTINFOS | | BODENTRIEBE | | TRIEBDURCHMESSER | | | | | WUCHSHÖHE x WUCHSBREITE | | | | |
| Modul-Nummer | Gehölz-Nummer | DEZ 2019 | OKT 2020 | DEZ 2019 | | OKT 2020 | | | DEZ 2019 | | OKT 2020 | | |
| | | Anzahl bodennähe Triebe | Anzahl bodennähe Triebe | einzelne Triebdurchmesser (cm) | Durchschnittl. Ø pro Pflanze (cm) | einzelne Triebdurchmesser (cm) | Durchschnittl. Ø pro Pflanze (cm) | Zunahme durchschnittl. Ø (cm) | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | |
| M1 | 1.1 | 6 | 1 | 0,7 - 0,8 - 0,7 - 0,3 - 0,7 - 0,3 | 0,6 | 2,2 | 2,2 | +1,6 | 170 | 84 | 36 | 53 | |
| | 1.2 | 5 | 3 | 1,3 - 0,7 - 0,5 - 0,8 - 0,4 | 0,7 | 2,3 - 0,5 - 1,1 | 1,3 | +0,6 | | | -134 | -31 | |
| M2 | 2.1 | 6 | 5 | 0,7 - 0,7 - 0,3 - 0,5 - 0,4 - 0,4 | 0,5 | 0,6 - 0,4 - 0,6 - 0,4 - 1 | 0,6 | +0,1 | 157 | 54 | 145 | 194 | |
| | 2.2 | 6 | 7 | 0,3 - 0,5 - 0,4 - 1,0 - 0,4 - 0,6 | 0,5 | 0,4 - 0,9 - 1,8 - 1,0 - 0,5 - 0,8 - 0,4 | 0,8 | +0,3 | | | -12 | +140 | |
| M3 | 3.1 | 5 | 5 | 0,5 - 0,8 - 0,9 - 0,6 - 0,7 | 0,7 | 0,7 - 0,5 - 0,7 - 1,2 - 0,8 | 0,8 | +0,1 | 194 | 71 | 220 | 300 | |
| | 3.2 | 5 | 11 | 0,6 - 0,6 - 0,4 - 0,2 - 0,2 | 0,4 | 0,4 - 0,2 - 0,2 - 0,1 - 0,2 - 0,4 - 0,4 - 0,7 - 0,6 - 0,5 - 0,2 | 0,4 | 0 | | | +26 | +229 | |
| M4 | 4.1 | 4 | 5 | 0,8 - 0,5 - 0,7 - 1,2 | 0,8 | 1,1 - 0,5 - 1,5 - 0,6 - 0,7 | 0,9 | +0,1 | 152 | 62 | 290 | 240 | |
| | 4.2 | 5 | 4 | 0,7 - 0,4 - 0,7 - 0,4 - 0,9 | 0,6 | 1,6 - 0,6 - 1,1 - 2,0 | 1,3 | +0,7 | | | +138 | +178 | |
| M5 | 5.1 | 5 | 6 | 0,5 - 0,8 - 0,7 - 0,6 - 0,5 | 0,6 | 0,4 - 0,4 - 0,9 - 0,7 - 0,8 - 0,3 | 0,6 | 0 | 174 | 58 | 320 | 320 | |
| | 5.2 | 7 | 11 | 0,3 - 0,4 - 0,4 - 0,5 - 0,5 - 0,3 - 1,0 | 0,5 | 0,3 - 0,3 - 0,4 - 0,5 - 0,4 - 0,3 - 1,8 - 0,7 - 0,4 - 0,7 - 0,6 | 0,6 | +0,1 | | | +146 | +262 | |
| M6 | 6.1 | 6 | 9 | 0,2 - 0,6 - 0,4 - 0,6 - 0,5 - 0,8 | 0,5 | 0,7 - 0,3 - 0,8 - 0,5 - 0,3 - 0,3 - 0,6 - 1,1 - 1,0 | 0,6 | +0,1 | 158 | 68 | 260 | 280 | |
| | 6.2 | 7 | 9 | 0,5 - 0,7 - 0,4 - 0,4 - 0,7 - 0,8 - 0,4 | 0,6 | 0,9 - 0,7 - 1,1 - 1,1 - 0,6 - 0,5 - 1,0 - 0,2 - 0,3 | 0,7 | +0,2 | | | +102 | +212 | |
| M7 | 7.1 | 5 | 9 | 0,7 - 0,3 - 0,8 - 0,4 - 0,7 | 0,6 | 1,4 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,6 - 0,4 - 0,8 - 0,4 - 0,6 | 0,6 | 0 | 104 | 60 | 320 | 250 | |
| | 7.2 | 7 | 6 | 0,8 - 0,5 - 0,5 - 0,6 - 1,0 - 0,6 - 0,3 | 0,6 | 0,3 - 0,2 - 0,3 - 0,7 - 0,1 - 0,2 | 0,3 | -0,3 | | | +216 | +190 | |
| M8 | 8.1 | 2 | 8 | 1,3 - 1,0 | 1,2 | 0,6 - 0,4 - 0,3 - 0,4 - 0,8 - 0,7 - 1,5 - 0,8 | 0,7 | -0,5 | 167 | 57 | 260 | 170 | |
| | 8.2 | 4 | 6 | 0,9 - 0,5 - 0,8 - 0,8 | 0,8 | 0,6 - 0,4 - 1,0 - 0,9 - 0,8 - 0,7 | 0,7 | 0 | | | +93 | +113 | |
| M9 | 9.1 | 4 | 7 | 0,4 - 0,7 - 0,8 - 1,0 | 0,7 | 1,7 - 0,5 - 0,7 - 0,5 - 1,2 - 0,7 - 0,6 | 0,8 | +0,1 | 153 | 62 | 280 | 280 | |
| | 9.2 | 4 | 5 | 0,7 - 1,2 - 0,3 - 0,5 | 0,7 | 1,0 - 1,3 - 0,4 - 0,6 - 0,5 | 0,8 | +0,1 | | | +127 | +218 | |
| M10 | 10.1 | 4 | 9 | 0,5 - 1,0 - 0,8 - 0,4 | 0,7 | 1,3 - 0,5 - 0,7 - 0,3 - 0,5 - 0,6 - 0,6 - 0,3 - 0,4 | 0,6 | -0,1 | 158 | 58 | 120 | 165 | |
| | 10.2 | 3 | 5 | 0,8 - 0,7 - 0,9 | 0,8 | 1,2 - 0,4 - 0,4 - 0,6 - 0,8 | 0,7 | -0,1 | | | -38 | +107 | |
| GESAMTDURCHSCHNITT | | 5 | 7 | | | | | +0,2 | 159 | 63 | 283 | 225 | |

| LEGENDE | |
|---|------------------|
|  | höchster Wert |
|  | niedrigster Wert |

Pflanzenvolumen Standort Jagdgasse 25 (J25)

In der Jagdgasse 25 (J25) wurden insgesamt acht Pflanzen mit *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii' in vier Modulen (M1 – M4) vermessen, um Aussagen über das Pflanzenvolumen treffen zu können (siehe Tabelle 45).

Bodentriebe

Im Dezember 2019 wurden an den acht Pflanzen min. ein bodennaher Trieb (bei M1_1.2, M2_2.1, M2_2.2) und max. sechs bodennahe Triebe (bei M3_3.1, M3_3.2) gezählt. Bis zum Oktober 2020 erhöhte sich die Minimumanzahl bodennaher Triebe um eine weitere Pflanze (M4_4.1). Die meisten bodennahe Triebe (7) hatte im Oktober 2020 die rechte Pflanze in Modul 4 (M4_4.2). Generell nahm die Anzahl bodennaher Triebe nur bei zwei Pflanzen zu (M1_1.1, M4_4.2), stagnierte bei drei Pflanzen (jene mit nur einem bodennahen Trieb) und sank bei drei Pflanzen (M3_3.1, M3_3.2, M4_4.1).

Im Gesamtdurchschnitt hatten die Pflanzen im Dezember 2019 vier und im Oktober 2020 drei bodennahe Triebe.

Triebdurchmesser

Die einzelnen Triebdurchmesser lagen im Dezember 2019 bei min. 0,3 cm und max. 1,5 cm bzw. im Oktober 2020 bei min. 0,4 bis max. 2,1 cm.

Bei Betrachtung des durchschnittlichen Triebdurchmessers je Pflanze zeigen sich im Dezember 2019 Werte von min. 0,5 cm bis max. 2,0 cm und im Oktober 2020 min. 0,6 cm bis max. 2,1 cm. Beim Vergleich der durchschnittlichen Triebdurchmesser je Pflanze von Dezember 2019 und Oktober 2020 zeigte sich bei fünf Pflanzen eine Zunahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers mit einer max. Zunahme von +1,4 cm bei M4_4.1. Drei Pflanzen zeigten weder eine Zu- noch eine Abnahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers (M1_1.1, M2_2.2, M4_4.2). Bei keiner Pflanze nahm der durchschnittliche Triebdurchmesser ab.

Im Gesamtdurchschnitt erfolgte bei den acht Pflanzen eine Zunahme von +0,3 cm des durchschnittlichen Triebdurchmessers.

Wuchshöhe - Wuchsbreite

Die Wuchshöhe und Wuchsbreite wurden je Modul vermessen. Dabei zeigte Modul 2 (M2) mit 165 cm x 58 cm (Wuchshöhe x Wuchsbreite) den geringsten Ausgangswert. Am Ende der Vegetationsperiode im Oktober 2020 war es ebenfalls Modul 2 (M2), welches den geringsten Höhen- und Breitenzuwachs erlangte. Die höchste Wachstumsrate hatte im Oktober 2020 Modul 3 (M3) mit 278 cm x 330 cm.

Im Gesamtdurchschnitt hat die Wuchshöhe und Wuchsbreite von durchschnittlich 173 cm x 67 cm im Dezember 2019 auf durchschnittliche 192 cm x 253 cm zugenommen.

Fazit

- Bei Pflanzen mit nur einem bodennahen Trieb stagnierte die Anzahl bis zur zweiten Messung im Oktober 2020.
- Eine höhere Anzahl bodennaher Triebe beeinflusste die Wuchshöhe und Wuchsbreite der Pflanzen positiv (Modul3 und Modul 4).
- Pflanzen mit nur einem bodennahen Trieb (Modul 1 und Modul 2) zeigten einen stärkeren Triebdurchmesser als Pflanzen mit mehreren bodennahen Trieben.
- Pflanzen mit mehreren bodennahen Trieben (Modul 3 und Modul 4) zeigten eine größere Steigerung der Wuchshöhe und Wuchsbreite.
- Der durchschnittliche Triebdurchmesser pro Pflanze nahm entweder zu oder stagnierte, nahm jedoch nie ab. Eine Zunahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers pro Pflanze hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Zunahme der Wuchshöhe und Wuchsbreite.
- Bei der Wachstumsrate zeigte sich bei allen Modulen eine stärkere Zunahme der Wuchsbreite als der Wuchshöhe. Die Wuchshöhe nahm bei drei Modulen sogar ab (M1, M2, M4). Modul 3 und Modul 4 hatten eine wesentlich höhere Steigerung der Wuchsbreite als die Module 1 und 2.

Tabelle 45: Pflanzenmonitoring – Pflanzenvolumen: Ergebnisse zur Vermessung von Triebdurchmesser, Wuchshöhe und Wuchsbreite am Standort Jagdgasse 25 (J25).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| PFLANZENVOLUMEN - JAGDGASSE 25 (J25) | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------|--|
| STANDORTINFOS | | BODENTRIEBE | | TRIEBDURCHMESSER | | | | | WUCHSHÖHE x WUCHSBREITE | | | | |
| Modul-Nummer | Gehölz-Nummer | DEZ 2019 | OKT 2020 | DEZ 2019 | | OKT 2020 | | | DEZ 2019 | | OKT 2020 | | |
| | | Anzahl bodennahe Triebe | Anzahl bodennahe Triebe | einzelne Triebdurchmesser (cm) | Durchschnittl. Ø pro Pflanze (cm) | einzelne Triebdurchmesser (cm) | Durchschnittl. Ø pro Pflanze (cm) | Zunahme durchschnittl. Ø (cm) | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | |
| M1 | 1.1 | 3 | 4 | 0,7 - 0,6 - 0,8 | 0,7 | 0,8 - 0,8 - 0,6 - 0,6 | 0,7 | 0 | 180 | 71 | 178 | 170 | |
| | 1.2 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | +0,3 | | | -2 | +99 | |
| M2 | 2.1 | 1 | 1 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | +0,1 | 165 | 58 | 162 | 120 | |
| | 2.2 | 1 | 1 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 0 | | | -3 | +62 | |
| M3 | 3.1 | 6 | 5 | 0,6 - 0,6 - 0,5 - 0,7 - 0,5 - 0,3 | 0,5 | 0,6 - 0,4 - 0,4 - 0,7 - 0,9 | 0,6 | +0,1 | 185 | 74 | 278 | 330 | |
| | 3.2 | 6 | 5 | 0,4 - 0,7 - 0,4 - 1,1 - 0,8 - 0,3 | 0,6 | 0,8 - 0,4 - 0,6 - 1,3 - 0,5 | 0,7 | +0,1 | | | +93 | +256 | |
| M4 | 4.1 | 5 | 1 | 1,0 - 0,5 - 0,4 - 0,2 - 1,0 | 0,6 | 2,0 | 2,0 | +1,4 | 162 | 64 | 148 | 390 | |
| | 4.2 | 5 | 7 | 0,7 - 0,5 - 0,6 - 0,6 - 0,4 | 0,6 | 0,4 - 0,6 - 0,6 - 0,7 - 0,6 - 0,9 | 0,6 | 0 | | | -14 | +326 | |
| GESAMTDURCH-SCHNITT | | 4 | 3 | | | | | 0,3 | 173 | 67 | 192 | 253 | |

| LEGENDE | |
|---|------------------|
|  | höchster Wert |
|  | niedrigster Wert |

Pflanzenvolumen Standort Herzgasse 47 (H47)

In der Herzgasse 47 (H47) wurden insgesamt zehn Pflanzen mit *Lonicera tellmanniana* in fünf Modulen (M1 – M5) vermessen, um Aussagen über das Pflanzenvolumen treffen zu können (siehe Tabelle 46).

Bodentriebe

Im Dezember 2019 wurden an den zehn Pflanzen min. ein bodennaher Trieb (bei M1_1.1, M2_2.1, M3_3.1, M4_4.1) und max. sechs bodennahe Triebe (bei M3_3.2) gezählt. Bis zum Oktober 2020 gab es nur noch bei einer einzigen Pflanze einen bodennahen Trieb (M4_4.1). Im Oktober 2020 wurden max. fünf bodennahe Triebe gezählt (M3_3.2). Generell nahm die Anzahl bodennaher Triebe bis zum Oktober 2020 bei sechs Pflanzen zu, stagnierte bei zwei Pflanzen und nahm bei zwei Pflanzen ab.

Im Gesamtdurchschnitt hatten die Pflanzen im Dezember 2019 zwei und im Oktober 2020 drei bodennahe Triebe.

Triebdurchmesser

Die einzelnen Triebdurchmesser lagen im Dezember 2019 bei min. 0,2 cm und max. 0,9 cm bzw. im Oktober 2020 bei min. 0,3 bis max. 1,5 cm.

Bei Betrachtung des durchschnittlichen Triebdurchmessers je Pflanze zeigen sich im Dezember 2019 Werte von min. 0,4 cm bis max. 0,9 cm und im Oktober 2020 min. 0,6 cm bis max. 1,1 cm. Beim Vergleich der durchschnittlichen Triebdurchmesser je Pflanze von Dezember 2019 und Oktober 2020 zeigte sich bei allen zehn Pflanzen eine Zunahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers mit einer max. Zunahme von +0,4 cm bei M5_5.1.

Im Gesamtdurchschnitt erfolgte bei den zehn Pflanzen eine Zunahme von +0,2 cm des durchschnittlichen Triebdurchmessers.

Wuchshöhe - Wuchsbreite

Die Wuchshöhe und Wuchsbreite wurden je Modul vermessen. Dabei zeigte Modul 2 (M2) mit 170 cm x 87 cm (Wuchshöhe x Wuchsbreite) den geringsten Ausgangswert. Am Ende der Vegetationsperiode im Oktober 2020 war es jedoch ebenfalls Modul 2 (M2), welches den größten Höhen- und Breitenzuwachs erlangte (300 cm x 144 cm). Die geringste Wachstumsrate hatte im Oktober 2020 Modul 5 (M5) mit 220 cm x 147 cm.

Im Gesamtdurchschnitt hat die Wuchshöhe und Wuchsbreite von durchschnittlich 173 cm x 98 cm im Dezember 2019 auf durchschnittliche 264 cm x 137 cm zugenommen.

Fazit

- Eine Zu- bzw. Abnahme der Anzahl der Bodentriebe hat weder Einfluss auf den durchschnittlichen Triebdurchmesser, noch auf die Zunahme der Wuchshöhe und Wuchsbreite.
- Pflanzen, welche drei oder vier bodennahe Triebe aufwiesen, zeigten geringere Werte der einzelnen Triebdurchmesser pro Pflanze als jene mit ein bis zwei bodennahen Trieben.
- Der durchschnittliche Triebdurchmesser nahm bei allen zehn Pflanzen zu. Eine Zunahme hatte jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Zunahme der Wuchshöhe und Wuchsbreite.
- Die Zunahme bodennaher Triebe hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Zunahme der Wuchshöhe und Wuchsbreite.
- Im Gesamtdurchschnitt zeigten die Pflanzen innerhalb des Untersuchungszeitraumes eine stärkere Zunahme der Wuchshöhe (+91 cm) als der Wuchsbreite (+38 cm).

Tabelle 46: Pflanzenmonitoring – Pflanzenvolumen: Ergebnisse zur Vermessung von Triebdurchmesser, Wuchshöhe und Wuchsbreite am Standort Herzgasse 47 (H47).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| PFLANZENVOLUMEN - HERZGASSE 47 (H47) | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------|--|
| STANDORTINFOS | | BODENTRIEBE | | TRIEBDURCHMESSER | | | | | WUCHSHÖHE x WUCHSBREITE | | | | |
| Modul-Nummer | Gehölz-Nummer | DEZ 2019 | OKT 2020 | DEZ 2019 | | OKT 2020 | | | DEZ 2019 | | OKT 2020 | | |
| | | Anzahl bodennahe Triebe | Anzahl bodennahe Triebe | einzelne Triebdurchmesser (cm) | Durchschnittl. Ø pro Pflanze (cm) | einzelne Triebdurchmesser (cm) | Durchschnittl. Ø pro Pflanze (cm) | Zunahme durchschnittl. Ø (cm) | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | |
| M1 | 1.1 | 1 | 2 | 0,6 | 0,6 | 0,3 - 1,5 | 0,9 | +0,3 | 181 | 108 | 260 | 140 | |
| | 1.2 | 2 | 3 | 0,5 - 0,5 | 0,5 | 0,8 - 0,3 - 0,7 | 0,6 | +0,1 | | | +79 | +32 | |
| M2 | 2.1 | 1 | 2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 - 1,0 | 0,9 | +0,1 | 170 | 87 | 300 | 144 | |
| | 2.2 | 3 | 4 | 0,2 - 0,5 - 0,7 | 0,5 | 0,5 - 0,5 - 0,3 - 1,0 | 0,6 | +0,1 | | | +130 | +57 | |
| M3 | 3.1 | 1 | 2 | 0,8 | 0,8 | 1,0 - 0,8 | 0,9 | +0,1 | 181 | 89 | 330 | 125 | |
| | 3.2 | 6 | 5 | 0,5 - 0,2 - 0,2 - 0,4 - 0,5 - 0,5 | 0,4 | 0,6 - 0,7 - 0,7 - 0,3 - 0,6 | 0,6 | +0,2 | | | +149 | +36 | |
| M4 | 4.1 | 1 | 1 | 0,9 | 0,9 | 1,1 | 1,1 | +0,2 | 172 | 100 | 210 | 127 | |
| | 4.2 | 2 | 2 | 0,5 - 0,8 | 0,7 | 0,6 - 1,0 | 0,8 | +0,2 | | | +38 | +27 | |
| M5 | 5.1 | 3 | 2 | 0,3 - 0,5 - 0,4 | 0,4 | 0,9 - 0,7 | 0,8 | +0,4 | 159 | 107 | 220 | 147 | |
| | 5.2 | 2 | 3 | 0,6 - 0,7 | 0,7 | 0,7 - 0,7 - 0,9 | 0,8 | +0,1 | | | +61 | +40 | |
| GESAMTDURCH-SCHNITT | | 2 | 3 | | | | | 0,2 | 173 | 98 | 264 | 137 | |

| LEGENDE | |
|---|------------------|
|  | höchster Wert |
|  | niedrigster Wert |

Pflanzenvolumen Standort Kudlichgasse 14 (K14)

In der Kudlichgasse 14 (K14) wurden insgesamt zehn Pflanzen mit *Wisteria floribunda* in verschiedenen Sorten in fünf Modulen (M1 – M5) vermessen, um Aussagen über das Pflanzenvolumen treffen zu können (siehe Tabelle 47).

Anzumerken ist, dass bei Modul 3 (M3) im Dezember 2019 beide Pflanzen (M3_3.1 und M3_3.2) aufgrund von Vandalismus aus dem Modul entfernt wurden. Die beiden Pflanzen wurden im Juni 2020 nachgesetzt.

Bodentriebe

Im Dezember 2019 wurde an fast allen der zehn Pflanzen nur ein bodennaher Trieb gezählt. Lediglich drei Pflanzen (M1_1.2, M3_3.2, M4_4.2) hatten zwei bodennahe Triebe bzw. M4_4.2 die max. Anzahl mit vier bodennahen Trieben. Bei allen drei Pflanzen nahm die Anzahl bodennaher Triebe bis zum Oktober 2020 ab. Lediglich die rechte Pflanze in Modul 4 (M4_4.2) wies noch zwei bodennahe Triebe auf. Ausnahme bilden die beiden Pflanzen in Modul 3 (M3_3.1 und M3_3.2), die im Juni 2020 neu gepflanzt wurden (Vandalismusfall).

Im Gesamtdurchschnitt hatten die Pflanzen im Dezember 2019 zwei und im Oktober 2020 einen bodennahen Trieb.

Triebdurchmesser

Die einzelnen Triebdurchmesser lagen im Dezember 2019 bei min. 0,3 cm und max. 1,5 cm bzw. im Oktober 2020 bei min. 0,4 bis max. 1,9 cm.

Bei Betrachtung des durchschnittlichen Triebdurchmessers je Pflanze zeigen sich im Dezember 2019 Werte von min. 0,6 cm bis max. 2,0 cm und im Oktober 2020 min. 0,6 cm bis max. 2,1 cm (Ausnahme Neupflanzung in Modul 3). Beim Vergleich des durchschnittlichen Triebdurchmessers je Pflanze von Dezember 2019 und Oktober 2020 zeigte sich bei allen zehn Pflanzen eine Zunahme von durchschnittlich +0,2 cm bis max. +1,0 cm (bei M1_1.2). Bei keiner Pflanze nahm der durchschnittliche Triebdurchmesser ab (Ausnahme bei Neupflanzung M3_3.1).

Im Gesamtdurchschnitt erfolgte bei den zehn Pflanzen eine Zunahme von +0,3 cm des durchschnittlichen Triebdurchmessers bzw. eine Zunahme von +0,4 cm der acht Pflanzen, die während des gesamten Untersuchungszeitraumes untersucht wurden (ohne Modul 3).

Wuchshöhe - Wuchsbreite

Die Wuchshöhe und Wuchsbreite wurden je Modul vermessen. Dabei zeigte Modul 1 (M1) mit 28 cm x 85 cm (Wuchshöhe x Wuchsbreite) den geringsten Ausgangswert. Am Ende der Vegetationsperiode im Oktober 2020 erlangte Modul 5 (M5) den geringsten Höhen- und Breitenzuwachs mit 320 cm x 175 cm. Die höchste Wachstumsrate hatte im Oktober 2020 Modul 4 (M4) mit 340 cm x 250 cm. Auffällig war Modul 1 (M1), wo die Pflanzen den größten Höhenzuwachs mit +422 cm erlangten, dafür nur den geringsten Breitenzuwachs mit +40 cm. Im Gesamtdurchschnitt hat die Wuchshöhe und Wuchsbreite von durchschnittlich 239 cm x 71 cm im Dezember 2019 auf durchschnittliche 370 cm x 185 cm zugenommen.

Fazit

- Die meisten Pflanzen wiesen von Beginn der Untersuchung nur einen bodennahen Trieb auf. Pflanzen mit mehreren bodennahen Trieben zeigten bis zum Oktober 2020 eine Abnahme.
- Pflanzen mit nur einem bodennahen Trieb zeigten einen stärkeren Triebdurchmesser als Pflanzen mit mehreren bodennahen Trieben.
- Der durchschnittliche Triebdurchmesser pro Pflanze nahm bei allen Pflanzen zu. Es gab keine Stagnation oder Abnahme.
- Eine Zunahme des durchschnittlichen Triebdurchmessers pro Pflanze hatte signifikanten Einfluss auf die Zunahme der Wuchshöhe bei Modul 1 (M1), weniger jedoch auf die Zunahme der Wuchsbreite.
- Bei der Wachstumsrate zeigte sich bei allen Modulen eine stärkere Zunahme der Wuchsbreite als der Wuchshöhe. Ausnahme bildet Modul 1 (M1). Hier war die Zunahme der Wuchshöhe auffallend größer als die der Wuchsbreite.

Tabelle 47: Pflanzenmonitoring – Pflanzenvolumen: Ergebnisse zur Vermessung von Triebdurchmesser, Wuchshöhe und Wuchsbreite am Standort Kudlichgasse 14 (K14).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| PFLANZENVOLUMEN - KUDLICHGASSE 14 (K14) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------|--|
| STANDORTINFOS | | BODENTRIEBE | | TRIEBDURCHMESSER | | | | | WUCHSHÖHE x WUCHSBREITE | | | | |
| Modul-Nummer | Gehölz-Nummer | DEZ 2019 | OKT 2020 | DEZ 2019 | | OKT 2020 | | | DEZ 2019 | | OKT 2020 | | |
| | | Anzahl bodennaher Triebe | Anzahl bodennaher Triebe | einzelne Triebdurchmesser (cm) | Durchschnittl. Ø pro Pflanze (cm) | einzelne Triebdurchmesser (cm) | Durchschnittl. Ø pro Pflanze (cm) | Zunahme durchschnittl. Ø (cm) | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | |
| M1 | 1.1 | 1 | 1 | 1,0 | 1,0 | 1,6 | 1,6 | +0,6 | 28 | 85 | 450 | 125 | |
| | 1.2 | 2 | 1 | 1,5 - 0,2 | 0,9 | 1,8 | 1,8 | +1,0 | | | +422 | +40 | |
| M2 | 2.1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 1,7 | +0,2 | 280 | 70 | 350 | 210 | |
| | 2.2 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 1,7 | +0,2 | | | +70 | +140 | |
| M3 | 3.1 | 1 | 3 | 2,0 | 2,0 | 1,7 - 0,3 - 0,6 | 0,9 | -1,1 | 269 | 53 | 390 | 165 | |
| | 3.2 | 2 | 1 | 1,5 - 0,3 | 0,9 | 1,7 | 1,7 | +0,8 | | | +121 | +112 | |
| M4 | 4.1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 1,7 | +0,2 | 307 | 73 | 340 | 250 | |
| | 4.2 | 4 | 2 | 1,5 - 0,3 - 0,3 - 0,2 | 0,6 | 1,8 - 0,4 | 1,1 | +0,5 | | | +33 | +177 | |
| M5 | 5.1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | +0,3 | 310 | 72 | 320 | 175 | |
| | 5.2 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,9 | 1,9 | +0,4 | | | +10 | +103 | |
| GESAMTDURCH-SCHNITT | | 2 | 1 | | | | | 0,3/0,4 | 239 | 71 | 370 | 185 | |

| LEGENDE | |
|---|------------------|
|  | höchster Wert |
|  | niedrigster Wert |

3.3.2 Ergebnisse Pflege

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse zur Pflege der BeRTA-Grünfassadenmodule dargestellt. Zunächst werden die Pflegeprotokolle der Pflegebeauftragten ausgewertet und daraufhin die Mangelerscheinungen an den Blättern sowie die Nährstoffanalyse.

Pflegeprotokolle

Die Ergebnisse der Pflegeprotokolle werden nach den fünf Bereichen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Schädlinge sowie Funktion des Pflanztroges aufgeschlüsselt, die innerhalb des Untersuchungszeitraumes von November 2019 bis Oktober 2020 in den folgenden Pflegeprotokollen aufgenommen wurden.

Pflege Standort Absberggasse 5 (A05) (siehe Tabelle 48)

Gießen

Am Standort Absberggasse 5 wurden die BeRTA-Module manuell mittels Gießkanne bewässert. In der Vegetationsruhe (Nov. 2019 bis Mrz. 2020) wurde ein- bis zweimal pro Woche gegossen. In der Vegetationsphase (Apr. 2020 – Okt. 2020) benötigten die Pflanzen von Jun. 2020 bis Okt. 2020 bereits zwei- bis dreimal, im Aug. 2020 sogar drei- bis fünfmal pro Woche Wasser. Insgesamt war der Wasserbedarf in den Monaten Nov. 2019, Jan. 2020, Feb. 2020 mit vier Gießgängen pro Monat am geringsten und im Aug. 2020 mit 18 Gießgängen am höchsten.

Die Gießmenge betrug in der Vegetationsruhe 10 L/Modul und in der Vegetationsphase 10 oder 15 L/Modul.

Düngen

Gedüngt wurde in der Absberggasse 5 ein Langzeit-Düngergranulat. Pro Düngung wurden 25 ml je Pflanze in das Substrat eingebracht. Die Düngzeitpunkte erfolgten entsprechend der BeRTA-Pflegeanleitung im Apr. 2020 und im Aug. 2020. Im Jun. 2020 wurde nur das erste Modul (M1) gedüngt, da eine Pflanze ersetzt und nachgepflanzt wurde.

Leitung der Pflanztriebe

Zur Leitung der Pflanztriebe wurden in den Pflegeprotokollen keine Angaben gemacht.

Schädlinge

Bei den Pflegegängen wurden einzig im Aug. 2020 Spuren von Schädlingen entdeckt, nämlich Fraßspuren am Blatt. Dafür wurden im Jul. 2020 Bienen gesichtet sowie im Aug. 2020 Bienen, Wespen, Käfer und Schmetterlinge.

Funktion Pflanztroge

Die Funktion der Pflanztröge war im Großteil in Ordnung. Im Mai und Aug. 2020 wurde bei einzelnen Modulen (M1, M2 im Mai 2020 sowie M1, M2, M10 im Aug. 2020) ein Ausrinnen bzw. Austropfen des Gießwassers über den Notüberlauf notiert.

Auch der Messstab der Wasserstandsanzeige zeigte ab Mai 2020 teilweise nicht den Wasserstand nach dem Gießen an. Im Mai, Jul. Und Aug. 2020 betraf das die Module M1 und

M2. Im Sep. 2020 betraf dies noch zusätzlich die Module M5, M7, M8, M9 bzw. im Okt. 2020 die Module M1 bis M9.

Tabelle 48: Ergebnisse zum Indikator Pflege in der Absberggasse 5 (A05); Übersicht zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Indikatoren und Ergebnisse zur Pflege der BeRTA-Module - Absberggasse 5 (A05) 10 Module | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------|----------|----------|----------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-----------------------|------------|-----------|
| Indikator | Nov 2019 | Dez 2019 | Jan 2020 | Feb 2020 | Mrz 2020 | Apr 2020 | Mai 2020 | Jun 2020 | Jul 2020 | Aug 2020 | Sep 2020 | Okt 2020 | |
| Gießen | Intervalle (pro Woche) | 1-2x | 1-2x | 1x | 1x | 1-2x | 1-2x | 1-2x | 2-3x | 2-3x | 3-5x | 2-3x | 2-3x |
| | Anzahl Gießen/Monat | 4 | 5 | 4 | 4 | 6 | 6 | 7 | 9 | 11 | 18 | 7 | 7 |
| | Menge (L/Modul) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10, 15 | 15 | 15 | 10, 15 | 10 | 10 |
| | Art | Gießkanne → | | | | | | | | | | | |
| Düngen | Zeitpunkt | | | | | x | | x nur M1 | | x | | | |
| | Menge (ml/Pflanze) | | | | | 25 | | 25 | | 25 | | | |
| | Art | | | | | Dünger- granulat | | Dünger- granulat | | Dünger- granulat | | | |
| Leitung Pflanz- triebe | ja | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | x | x | x | x | x | x | x |
| | Art | | | | | | einfädeln | einfädeln | einfädeln | einfädeln | einfädeln | einfädeln | einfädeln |
| Schädlinge | ja | | | | | | | | | x *1 | | | |
| | Maßnahmen | | | | | | | | | keine | | | |
| | nein | x | x | x | x | x | x | x | x **1 | x **1, 2, 3, 4 | x | x | x |
| Funktion Pflanztrog | ok | x | x | x | x | x | | x | | | | | |
| | Notüberlauf leckt - kein Wasseranstau | | | | | | x M1, M2 | | | x M1, M2, M10 | | | |
| | Wasserstandsanzeige steigt nicht | | | | | | x M1, M2 | | x M1, M2 | x M1, M2 | x M1, M2, M5, M7-9 | x M1-M9 | |

*Arten von Schädlingen

*1...Fraßspuren am Blatt

** Tiere allgemein

**1...Bienen

**2...Wespen

**3...Käfer

**4...Schmetterlinge

Pflege Standort Jagdgasse 25 (J25) (siehe Tabelle 49)

Gießen

In der Jagdgasse 25 wurden die Pflanzen der BeRTA-Module manuell mit dem Gartenschlauch bewässert. In der Vegetationsruhe (Nov. 2019 bis Mrz. 2020) wurde gar nicht oder einmal pro Woche gegossen. In der Vegetationsphase (Apr. 2020 – Okt. 2020) benötigten die Pflanzen kaum ein höheres Gießintervall. Lediglich im Juli 2020 wurde einmal pro Woche gegossen. Dieser Monat bildet auch mit 4 Gießgängen im Monat jenen Monat mit dem höchsten Wasserbedarf. Im Dezember 2019 sowie im Mai 2020 war der Wasserbedarf mit einem Gießgang pro Monat am geringsten.

Die Gießmenge betrug während des gesamten Untersuchungszeitraumes (Nov. 2019 bis Okt. 2020) 9 L/Modul.

Düngen

Gedüngt wurde in der Jagdgasse 25 ein Langzeit-Düngergranulat. Pro Düngung wurden 25 ml je Pflanze in das Substrat eingebracht. Der Düngzeitpunkt erfolgte im Apr. 2020 entsprechend der BeRTA-Pflegeanleitung, die zweite Düngung erfolgte jedoch statt im Aug. 2020 erst im Okt. 2020.

Leitung der Pflanztriebe

Zur Leitung der Pflanztriebe wurden während der Vegetationsphase ab Mai 2020 die jungen Pflanztriebe hinter das Modul „gefädelt“ (zwischen Pflanze und Fassade). Des Weiteren wurde im Mai 2020 bei Modul 2 die rechte Pflanze (M2.2) zurückgeschnitten, da diese einen geknickten Leittrieb aufwies.

Schädlinge

Bei den Pflegegängen wurden von Jun. 2020 bis Sep. 2020 Blattläuse an den Pflanzen gesichtet. Im Jul. 2020 sowie im Aug. 2020 kamen noch einige Larven der Bläulingszikade hinzu sowie Fraßspuren am Blatt. Zur Eindämmung der Schädlinge wurden diese im Jul. 2020 mit einem Wasserstrahl abgespritzt und im Aug. 2020 vorsichtig von den Pflanzenteilen abgewischt.

Funktion Pflanztrog

Zur Funktion der Pflanztröge wurden teilweise keine Angaben gemacht. Von Nov. 2019 bis Jun. 2020 wurde vier Mal notiert, dass der Messstab der Wasserstandsanzeige nicht steigt. Im Nov. 2019 bei den Modulen M1, M2, im Feb. 2020 bei M1, im März 2020 bei M1, M2, M3 und im Jun. 2020 bei M1. Von Jul. 2020 bis Sep. 2020 war die Funktion der Pflanztröge in Ordnung.

Tabelle 49: Ergebnisse zum Indikator Pflege in der Jagdgasse 25 (J25); Übersicht zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Indikatoren und Ergebnisse zur Pflege der BeRTA-Module - Jagdgasse 25 (J25) 4 Module | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Indikator | Nov 2019 | Dez 2019 | Jan 2020 | Feb 2020 | Mrz 2020 | Apr 2020 | Mai 2020 | Jun 2020 | Jul 2020 | Aug 2020 | Sep 2020 | Okt 2020 | |
| Gießen | Intervalle (pro Woche) | | 0, 1x | – | 0, 1x | – | 0, 1x | 0, 1x | 0, 1x | 1x | 0, 1x | 0, 1x | – |
| | Anzahl Gießen/Monat | | 1 | – | 2 | – | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 3 | – |
| | Menge (L/Modul) | | 9 | – | 9 | – | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | – |
| | Art | Gartenschlauch → | | | | | | | | | | | |
| Düngen | Zeitpunkt | | | | | | x | | | | | | x (laut 2. In |
| | Menge (ml/Pflanze) | | | | | | 25 | | | | | | 25 |
| | Art | | | | | | Düngergranulat | | | | | | Düngergranulat |
| Leitung Pflanztriebe | ja | | | | | | | x | x | x | x | x | x |
| | Art | | | | | | | Schnitt Trieb M2.2 | Triebe einfädeln |
| | nein | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| Schädlinge | ja (*1-3) | | | | | | | | x *1 | x *1, 2, 3 | x *1, 2, 3 | x *1 | |
| | Maßnahmen (**1-2) | | | | | | | | | **1 | **2 | | |
| | nein | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| Funktion Pflanztroge | ok | | k. A. | k. A. | | | k. A. | k. A. | | x | x | x | k. A. |
| | Notüberlauf leckt - kein Wasseranstau | | | | | | | | | | | | |
| | Wasserstandsanzeige steigt nicht | x M1, M2 | | | | x M1 | x M1-M3 | | | x M1 | | | |

*Arten von Schädlingen

- *1...Blattläuse
- *2...Larven Bläulingszikade
- *3...Fraßspuren am Blatt

**Schädlinge - Maßnahmen

- **1...Abspritzen mit Wasserstrahl
- **2...Abwischen der Schädlinge

Pflege Standort Herzgasse 47 (H47) (siehe Tabelle 50)

Gießen

Am Standort Herzgasse 47 (H47) wurden die BeRTA-Module manuell mittels Gießkanne bewässert. In der Vegetationsruhe (Nov. 2019 bis Mrz. 2020) wurde zu Beginn im Nov. 2019 zweimal pro Woche gegossen, im Jänner 2020 dann am wenigsten, nämlich gar nicht bzw. einmal pro Woche und bis zum März 2020 dann wieder zweimal pro Woche. In der Vegetationsphase (Apr. 2020 bis Okt. 2020) benötigten die Pflanzen anfangs im April 2020 zweimal pro Woche Wasser, über die Sommermonate (Jul. 2020, Aug. 2020) bereits drei- bis viermal pro Woche. Zum Ende der Vegetationsphase (im Okt. 2020) ging der Wasserbedarf auf zwei bis drei Gießgänge pro Monat zurück. Insgesamt war der Wasserbedarf im Jan. 2020 mit einem Gießgang pro Monat am geringsten und im Jul. 2020 mit 12 Gießgängen pro Monat am höchsten.

Die Gießmenge betrug während des gesamten Untersuchungszeitraumes (Nov. 2019 bis Okt. 2020) 10 L/Modul, mit einer Ausnahme im Aug. 2020. Hier wurden teilweise auch 20 L/Modul gegossen.

Düngen

Gedüngt wurde in der Herzgasse 47 ein Langzeit-Düngergranulat. Pro Düngung wurden 25 ml je Pflanze in das Substrat eingebracht. Die Düngzeitpunkte erfolgten entsprechend der BeRTA-Pflegeanleitung im Apr. 2020 und im Aug. 2020.

Leitung der Pflanztriebe

Zur Leitung der Pflanztriebe wurden nur einmalig Maßnahmen getroffen. Im Sep. 2020 wurden die Triebe am Rankgitter angebunden.

Schädlinge

Ab Beginn der Vegetationsphase (Apr. 2020) wurden an allen Pflanzen Blattläuse festgestellt und verschiedene Maßnahmen zur biologischen Schädlingsbekämpfung unternommen.

Im Apr. 2020 war der Lausbefall bereits mäßig stark ausgeprägt (11 % – 50 %) und die befallenen Stellen wurden einerseits mit einem Wasserstrahl (*1) und andererseits mit einem Oregano-Sud (*2) abgespritzt. Diese beiden Maßnahmen wurden auch im Mai 2020 angewendet sowie das Abspritzen der befallenen Stellen mit einer Lösung aus Spülmittel und Wasser (*3) und das Aufsprühen eines Insektizides aus natürlichen Inhaltsstoffen (*4). Im Jun. 2020 wurde der Blattlausbefall an den Pflanzen stärker (51 % - 100 %). Die betroffenen Stellen wurden erneut mit einem Wasserstrahl (*1) und einer Wasser-Spülmittellösung (*3) abgespritzt. Des Weiteren wurden Marienkäferlarven (*5) als natürliche Fraßfeinde der Blattläuse an den Pflanzen angebracht. Im Jul. 2020 wurde der Blattlausbefall geringer (11 % - 50 %) und die betroffenen Stellen wurden mehrmals mit einem Wasserstrahl abgespritzt (*1). Im Aug. 2020 wurde der Befall wieder stark (51 % - 100 %) und war im Okt. 2020 wieder mäßig stark (11 % - 50 %) ausgeprägt.

Funktion Pflanztrog

Die Funktion der Pflanztröge war von Nov. 2019 bis Mai 2020 in Ordnung. Von Jun. 2020 bis Okt. 2020 stieg bei allen fünf Modulen (M1 bis M5) der Messstab der Wasserstandsanzeige nicht an.

Tabelle 50: Ergebnisse zum Indikator Pflege in der Herzgasse 47 (H47); Übersicht zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Indikatoren und Ergebnisse zur Pflege der BeRTA-Module - Herzgasse 47 (H47) 5 Module | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|-------------------------|-------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|----|
| Indikator | Nov 2019 | Dez 2019 | Jan 2020 | Feb 2020 | Mrz 2020 | Apr 2020 | Mai 2020 | Jun 2020 | Jul 2020 | Aug 2020 | Sep 2020 | Okt 2020 | |
| Gießen | Intervalle (pro Woche) | 2x | 1-2x | 0, 1x | 0, 1-2x | 2x | 2x | 2-3x | 3-4x | 3-4x | 3x | 2-3x | |
| | Anzahl Gießen/Monat | 5 | 5 | 1 | 3 | 6 | 8 | 7 | 10 | 12 | 11 | 10 | 9 |
| | Menge (L/Modul) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10,20 | 10 | 10 |
| | Art | Gießkanne | | | | | | | | | | | |
| Düngen | Zeitpunkt | | | | | x | | | | x | | | |
| | Menge (ml/Pflanze) | | | | | 25 | | | | 25 | | | |
| | Art | | | | | Düngergranulat | | | | Düngergranulat | | | |
| Leitung Pflanztriebe | ja | | | | | | | | | | x | | |
| | Art | | | | | | | | | | Anbinden | | |
| | nein | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | |
| Schädlinge | ja | | | | | Blatfläuse 11 - 50 % | 11 - 50 % | 51 - 100 % | 11 - 50 % | 51 - 100 % | x | 11 - 50 % | |
| | Maßnahmen (*1-6) | | | | | *1, *2 | *2, *3, *4, *1+*4 | *1, *3, *5 | *1, *1 | *1, *1 | | | |
| | nein | x | x | x | x | x | | | | | | | |
| Funktion Pflanztrog | ok | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| | Notüberlauf leckt - kein Wasseranstau | | | | | | | | | | | | |
| | Wasserstandsanzeige steigt nicht | | | | | | | x M1-M5 | x M1-M5 | x M1-M5 | x M1-M5 | x M1-M5 | |

*Schädlinge - Maßnahmen

*1...Abspritzen mit Wasserstrahl

*2...Abspritzen mit Oregano-Sud (10 g/L 15 min ziehen lassen, Sud 3:1 verdünnen mit Wasser)

*3...Abspritzen mit Lösung (5 ml Spülmittel auf 1/2 L Wasser)

*4...Substral Naturen Schädlingsstopp 4 in 1 Bio (Insektizid aus natürlichen Inhaltsstoffen zum Aufsprühen)

*5...Einsatz von Nützlingen (Marienkäferlarven)

*Schädlinge - Einschätzung des Befalls: Einteilung in drei Stufen

0 - 10 % ...geringer Befall

11 - 50 % ...mäßig starker Befall

51 - 100 % ...starker Befall

Pflege Standort Kudlichgasse 14 (K14) (siehe Tabelle 51)

Gießen

Am Standort Kudlichgasse 14 (K14) wurden die BeRTA-Module manuell mittels Gießkanne bewässert. In der Vegetationsruhe (Nov. 2019 bis Mrz. 2020) wurde einmal pro Woche gegossen. In der Vegetationsphase (Apr. 2020 – Okt. 2020) wurde ebenfalls einmal pro Woche gegossen. Die Gießmenge betrug bei jedem Gießgang 20 L/Modul, wobei ab Jun. 2020 keine Angaben mehr zum Gießen gemacht wurden.

Düngen

Gedüngt wurde in der Kudlichgasse 14 ein Langzeit-Düngergranulat. Pro Düngung wurden 25 ml je Pflanze in das Substrat eingebracht. Der erste Düngzeitpunkt erfolgte abweichend zur BeRTA-Pflegeanleitung statt im Apr. 2020 im Mai 2020. Zum zweiten Düngzeitpunkt (vorgesehen im Aug. 2020) wurden keine Angaben gemacht. Im Jun. 2020 wurde nur das dritte Modul (M3) gedüngt, da beide Pflanzen ersetzt und nachgepflanzt wurden.

Leitung der Pflanztriebe

Eine Leitung der Pflanztriebe wurde von Nov. 2019 bis Mai 2020 nicht gemacht. Ab Jun. 2020 wurden zu diesem Indikator keine Angaben mehr gemacht.

Schädlinge

Von Nov. 2019 bis Mai 2020 wurden keine Schädlinge an den Pflanzen vorgefunden. Ab Jun. 2020 wurden zu diesem Indikator keine Angaben mehr gemacht.

Funktion Pflanztrog

Von Nov. 2019 bis Jan. 2020 stieg bei allen fünf Modulen (M1 bis M5) der Messstab der Wasserstandsanzeige nicht an. Von Feb. 2020 bis Okt. 2020 wurden keine Angaben mehr zur Funktion der Pflanztröge gemacht.

Tabelle 51: Ergebnisse zum Indikator Pflege in der Kudlichgasse 14 (K14); Übersicht zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Indikatoren und Ergebnisse zur Pflege der BeRTA-Module - Kudlichgasse 14 (K14) 5 Module | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|---------------------|----------|----------|----------|-------|
| Indikator | Nov 2019 | Dez 2019 | Jan 2020 | Feb 2020 | Mrz 2020 | Apr 2020 | Mai 2020 | Jun 2020 | Jul 2020 | Aug 2020 | Sep 2020 | Okt 2020 | |
| Gießen | Intervalle (pro Woche) | 1x | 1x | 1x | 1x | 1x | 1x | 1x | 1x | 1x | 1x | 1x | 1x |
| | Anzahl Gießen/Monat | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | Menge (L/Modul) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| | Art | Gießkanne → | | | | | | | | | | | |
| Düngen | Zeitpunkt | | | | | | | x | x nur M3 | | k. A. | | |
| | Menge (ml/Pflanze) | | | | | | | 25 | 25 | | | | |
| | Art | | | | | | | Dünger- granulat | Dünger- granulat | | | | |
| Leitung Pflanz- triebe | ja | | | | | | | | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| | Art | | | | | | | | | | | | |
| Schädlinge | ja | | | | | | | | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| | Maßnahmen | | | | | | | | | | | | |
| Funktion Pflanztrog | nein | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| | ok | | | | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| | Notüberlauf leckt - kein Wasseranstau Wasserstandsanzeige steigt nicht | x | x | x | | | | | | | | | |

Fazit – Pflege

Im folgenden Teil werden die vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) in Bezug auf die Pflege innerhalb des Untersuchungszeitraumes von November 2019 bis Oktober 2020 miteinander verglichen (siehe Tabelle 52). Betrachtet werden hierbei die fünf relevanten Indikatoren bei der Pflege, nämlich Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Schädlinge sowie Funktion der Pflanztröge.

Gießen

Die Jagdgasse 25 ist der einzige Standort, an dem mit dem Gartenschlauch bewässert wurde. Alle übrigen Standorte (A05, H47, K14) wurden mit der Gießkanne bewässert.

Bei der Bewässerungshäufigkeit wurden für den Vergleich der vier Standorte die Summe der monatlichen Gießgänge je Standort (Summe Gießgänge) sowie die Gesamtmenge an verbrauchtem Gießwasser (L/Modul) während des Untersuchungszeitraumes (Nov. 2019 bis Okt. 2020) herangezogen. In der Jagdgasse 25 wurde mit insgesamt 18 Gießgängen und einer Gießmenge von insgesamt 162 L/Modul am wenigsten bewässert. Die Kudlichgasse 14 (K14) weist mit insgesamt 560 L/Modul zwar eine relativ geringe Gießmenge auf, jedoch ist der Vergleich mit K14 nicht aussagekräftig, da hier von Jun. 2020 bis Okt. 2020 keine Angaben zur Gießmenge mehr gemacht wurden (siehe Tabelle 53). Die verbrauchte Gießwassermenge von insgesamt 560 L/Modul bei K14 beziehen sich nur auf den Zeitraum von Nov. 2019 bis Mai 2020. In der Herzgasse 47 (H47) wurde mit insgesamt 87 Gießgängen während des Untersuchungszeitraumes am häufigsten bewässert, jedoch wurde in der Absberggasse 5 mit insgesamt 1040 L/Modul die größte Wassermenge zum Bewässern der BeRTA-Module verbraucht.

Düngen

Bei der Düngung wurde an allen Standorten das gleiche Düngemittel (Langzeit-Düngergranulat) in derselben Menge (25 ml/Pflanze) angewendet. Lediglich beim Düngezeitpunkt gibt es Unterschiede. In der Absberggasse 5 und der Herzgasse 47 wurde entsprechend der BeRTA-Pflegeanleitung im Apr. 2020 (Düngung 1) und im Aug. 2020 (Düngung 2) gedüngt. In der Jagdgasse 25 erfolgte die zweite Düngung zwei Monate später als vorgesehen (im Okt. 2020). In der Kudlichgasse 14 erfolgte die erste Düngung einen Monat später als vorgesehen (im Mai 2020), zur zweiten Düngung gibt es keine Angaben.

Leitung der Pflanztriebe

In der Absberggasse 5 und der Jagdgasse 25 (**Standorte mit Selbstklimmern**) war ein regelmäßiges Einfädeln der jungen Pflanztriebe notwendig. In der Herzgasse 47 (**Standort mit Rankgitter**) waren generell keine Maßnahmen zur Leitung der Pflanztriebe notwendig. Lediglich einmal wurden überhängende Triebe am Rankgitter angebunden. In der Kudlichgasse 14 (**Standort mit Rankseil**) wurden keine Angaben zur Leitung der Pflanztriebe gemacht.

Schädlinge

In der Absberggasse 5 und der Jagdgasse 25 wurden vereinzelt Fraßspuren an den Blättern vorgefunden. In der Jagdgasse 25 kamen zusätzlich einzelne Blattläuse (Stamm-Mutter) vor sowie einige Larven der Bläulingszikade. In der Herzgasse 47 kam es als einzigen Standort zu einem mäßig starken bis starken Blattlausbefall an allen Pflanzen. In der Kudlichgasse 14 wurden keine Angaben zum Vorkommen von Schädlingen gemacht.

Funktion Pflanztrog

Ein Auslaufen des Wasseranstaubereiches des Pflanztroges (Notüberlauf leckt) wurde nur in der Absberggasse 5 bemerkt, nämlich im Mai 2020 und Aug. 2020. In der Kudlichgasse 14 wurden hierzu keine Angaben gemacht.

Das Problem, dass der Messstab der Wasserstands-Anzeige nach dem Gießen nicht ansteigt zeigte sich an allen vier untersuchten Standorten während der Vegetationsphase, wobei die betroffenen Module wechselten sowie die Zeitpunkte, an denen diese Funktionsbeeinträchtigung auftrat.

Tabelle 52: Indikator Pflege: Vergleich der vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) von November 2019 bis Oktober 2020 zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Indikatoren und Ergebnisse zur Pflege der BeRTA-Module - Vergleich aller vier Standorte A05, J25, H47, K14 | | | | | | | | | | | |
|--|------|----------------|--------------------|-----------|-----------|----------------------|------|---|------|---------------------|-----------------------|
| Standort | Abk. | Gießen | | Düngen | | Leitung Pflanztriebe | | Schädlinge | | Funktion Pflanztrog | |
| | | Gießart | Summe Gießgänge | Düngung 1 | Düngung 2 | ja welche? | nein | ja welche? | nein | Notüberlauf leckt | Messstab steigt nicht |
| Absberggasse 5 | A05 | Gießkanne | 76 1040 L/Modul | Apr. 2020 | Aug. 2020 | einfädeln | | Fraßspuren am Blatt | | V, VIII | V, VII - X |
| Jagdgasse 25 | J25 | Gartenschlauch | 18 162 L/Modul | Apr. 2020 | Okt. 2020 | einfädeln | | Fraßspuren am Blatt, Blattläuse, Zikadenlarven | | - | XI, II, III, VI |
| Herzgasse 47 | H47 | Gießkanne | 87 880 L/Modul | Apr. 2020 | Aug. 2020 | anbinden (nur 1x) | x | Blattlausbefall | | - | VI - X |
| Kudlichgasse 14 | K14 | Gießkanne | 48 560 L/Modul | Mai 2020 | k. A. | k. A. | | k. A. | | k. A. | XI, XII, I |

Mangelercheinungen an den Blättern

Die Ergebnisse zu den Mangelercheinungen an den Blättern wurden anhand der Schadbilder an den Pflanzen jedes Untersuchungsstandortes erhoben. Die Schadbilder werden in diesem Kapitel für jeden Standort textlich beschrieben und zusätzlich mit einer Fotodokumentation visuell dargestellt. Darauf folgt eine ausführliche Tabelle, in der alle Schadbilder im Zuge des Pflanzenmonitorings monatlich erhoben wurden.

Standort Absberggasse 5 (A05)

Die Tabelle 53 zeigt, dass zum Blattaustrieb im April 2020 noch keine Mangelerscheinungen an den Blättern zu erkennen waren (siehe auch Abb. 31). Im Mai 2020 waren an vereinzelt älteren Blättern kleine, punktuelle Nekrosen zu erkennen **(1)**. Im Juni und Juli 2020 waren die kleinen, nekrotischen punktuellen Flächen in der Blattmitte bereits an mehreren einzelnen Blättern, jedoch immer noch sehr vereinzelt an den Pflanzen zu verzeichnen. Auch sehr vereinzelt sind im Juli 2020 krauselige Verformungen einzelner jüngerer Blätter mit punktuellen nekrotischen Einschlüssen am Blattrand zu erkennen **(2)**. Im August 2020 waren mehrere rötliche bis braune Verfärbungen in der Blattmitte als auch am Blattrand an älteren Blättern vorhanden **(3)**. Sie verteilten sich teilweise punktuell, teilweise linear bzw. teilflächig am Blattrand. Diese Verfärbungen wurden über den September 2020 noch mehr. Sie waren zumeist am Blattrand verortet, manchmal auch in der Blattmitte und waren teilweise schon auf den Blättern ganzer Seitentriebe, jedoch nur auf älteren Blättern zu verzeichnen. Ebenfalls tauchten im September 2020 nochmal vereinzelt an jüngeren Blättern teilflächige, krauselige Verformungen auf, die mit kleinen braunen, punktuellen nekrotischen Stellen am Blattrand versehen waren **(4)**. Die Verfärbungen am Blattrand (3) waren im Oktober 2020 an mehreren Pflanzen noch intensiver. Sie verliefen in roten Streifen entlang des Blattrandes, mit gelblichen Ausläufern zur Blattmitte hin und stark abgegrenzten, dunkelgrünen, punktuellen Einschlüssen **(5)**. Teilweise wurden die Blattspitzen auch braun bzw. welk. Des Weiteren waren an mehreren Seitentrieben großflächige gelbe Verfärbungen am Blattrand mit braunen punktuellen Einschlüssen am Blattrand bzw. den Blattspitzen und sogar Faulstellen **(6)** zu verzeichnen. An den jüngeren Blättern kam es vereinzelt zur Vergilbung mit teilweise braunen flächigen Verfärbungen in der Blattmitte.



Abb. 31: Schadbilder an den Blättern am Standort Absberggasse 5 (A05) – Fotodokumentation (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022, eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)

Tabelle 53: Ergebnisse zum Indikator Pflege: Mangelercheinungen an den Blättern in der Absberggasse 5 (A05).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Ergebnisse zu Mangelercheinungen an den Blättern - Absberggasse 5 (A05) 10 Module | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|--|---------|-------|---------|-------|-------|
| | | Apr 2020 | Mai 2020 | Jun 2020 | Jul 2020 | Aug 2020 | Sep 2020 | Okt 2020 | | | | | | | |
| Schadbild | Chlorose | | | | | | | | | | | | | | x |
| | Nekrose | | x | | x | x x x | x x | | x x x | | | | x x | | |
| | Verfärbung | | x | | x x x | | | | x x x | | x x x x | | | x x x | |
| | Vergilbung | | | | | | | | | | | | | | x |
| | Welke | | | | | | | | | | | | | | x |
| | Verformung | | | | | | x | | | | | | x | | |
| Verortung | Blattspitze | | | | | | | | | | | | | | x |
| | Blattrand | | | | x x | | x x | | x x x x x | | x x | | x x | | |
| | Blattmitte | | x x | | x x x x | | x | | | | x x x | | x x | x x x | |
| | Blattadern | | | | | | | | | | | | | | |
| Farbe | Blassgrün | | | | | | | | | | | x | | x | |
| | Gelb | | x | | | x | | | | | | x | | x x | |
| | Rot | | | | x x x | | | | | | | x x x | | x x x | |
| | Braun | | x | | x | | x x x | | x x x | | x | | x | | x x x |
| | Schwarz/Grün | | | | | | | | | | | | | | x |
| Ausprägung am Blatt | punktuell | | x x | | x x x | | x x | | x | | x x x | | x x x | | |
| | linear | | | | x | | | | | | | x | | x x | |
| | teilflächig < 50 % Blattfl. | | | | | x | | x | | | | x | | x x x | |
| | großflächig > 50 % Blattfl. | | | | | | | | | | | x | | x | |
| Ausprägung an der Pflanze | einzelne Blätter | | x x | | x x x x | | x x x x | | x x x x | | x x x x | | x x x x | | x |
| | einzelne Seitentriebe | | | | | | | | | | | | x x | | |
| | mehrere Seitentriebe | | | | | | | | | | | | | | x |
| | ganze Pflanze | | | | | | | | | | | | | | |
| Pflanzenorgan | jüngeres Blatt | | | | | | x x | | | | | x | | x x x | |
| | älteres Blatt | | x x | | x x x x | | | | x x x x | | x x x x | | x x x | | |
| | Triebspitze | | | | | | | | | | | | | | |

Standort Jagdgasse 25 (J25)

In der Jagdgasse 25 (J25) waren bis in den Sommer nur vereinzelt kleine Mangelerscheinungen an den Blättern sichtbar (siehe Tabelle 54, Abb. 32). So fand sich im April und Mai 2020 ein einzelnes jüngeres Blatt mit krauseliger Verformung und punktuellen bis linearen braunen Flecken am Blattrand bzw. der Blattmitte sowie vereinzelt kleine punktuelle Nekrosen in der Blattmitte an älteren Blättern **(1)**. Die Nekrosen wurden bis zum Sommer teilweise etwas größer **(2)**, waren jedoch nur sehr vereinzelt an den Blättern zu finden. Im August 2020 zeigten sich vereinzelt an jungen Blättern teilflächige gelbe Verfärbungen **(3)**, die bis zum September 2020 kleine punktuelle braune Flecken am Blattrand bzw. der Blattspitze entwickelten **(4)**. Im September 2020 waren auch an mehreren jüngeren Blättern punktuelle bis teilflächige Nekrosen **(5)**, die bis zum Oktober 2020 eine Vergilbung des Blattes miteinschloss und teilweise zum Welken des jüngeren Blattes führten. An mehreren älteren Blättern zeigten sich im Oktober 2020 auch Verfärbungen die in der Blattmitte rot und teilflächig verliefen und am Blattrand dunkelgrün ausgeprägt waren und linear verliefen **(6)**. Zudem zeigten die Blattspitzen braune, nekrotische Stellen die teilweise Fäulnis aufwiesen. Eine weitere Verfärbung am älteren Blatt waren rote Blattspitzen an einzelnen Seitentrieben.

SCHADBILDER AN BLÄTTERN - JAGDGASSE 25

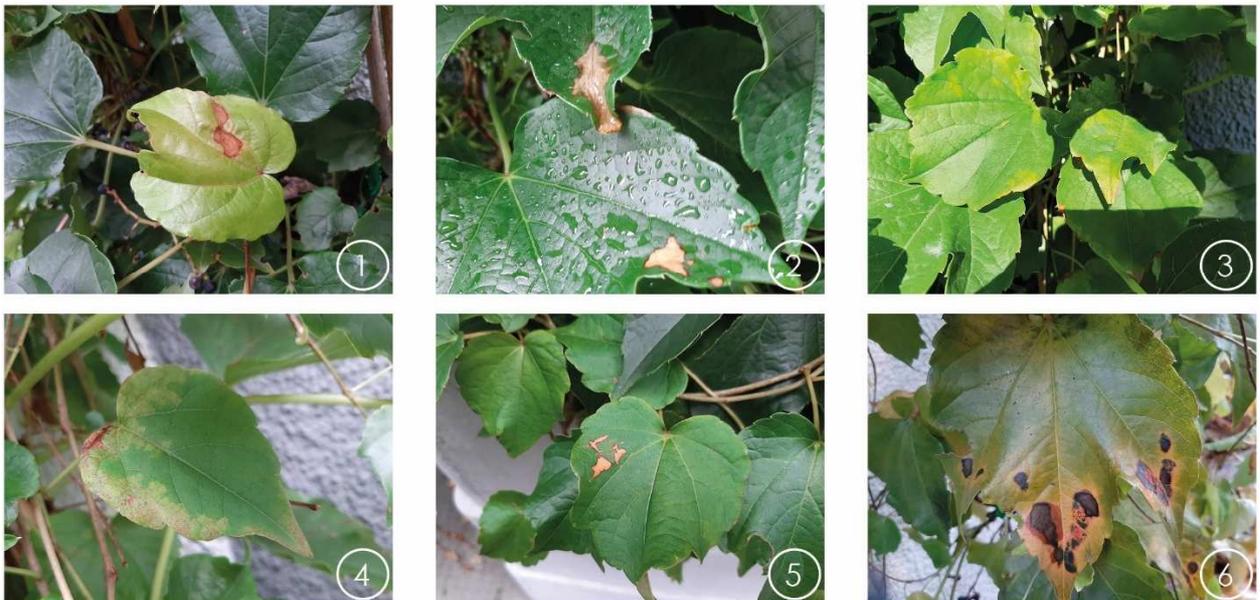


Abb. 32: Schadbilder an den Blättern am Standort Jagdgasse 25 (J25) – Fotodokumentation (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022, eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)

Tabelle 54: Ergebnisse zum Indikator Pflege: Mangelerscheinungen an den Blättern in der Jagdgasse 25 (J25).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Ergebnisse zu Mangelerscheinungen an den Blättern - Jagdgasse 25 (J25) 4 Module | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|
| | | Apr 2020 | Mai 2020 | Jun 2020 | Jul 2020 | Aug 2020 | Sep 2020 | Okt 2020 | |
| Schadbild | Chlorose | | | | | | | | |
| | Nekrose | | | x | x | x | x | x | |
| | Verfärbung | x | x | | | x x | x | x x x | |
| | Vergilbung | | | | | | | | |
| | Welke | | | | | | | | x |
| | Verformung | x | x | | | | | | |
| Verortung | Blattspitze | | | | | x | x | | x |
| | Blattrand | | x | x | x | x x | x x | x x | |
| | Blattmitte | x | | x | x | x | x | x x x | |
| | Blattadern | | | | | x | | | |
| Farbe | Blassgrün | | | | | x | | | |
| | Gelb | | | | | x x | x | | x |
| | Rot | | | | | | x | | x x |
| | Braun | x | x | x | x | x | x | x x | |
| | Schwarz/Grün | | | | | | | | x |
| Ausprägung am Blatt | punktuell | x | x | x | x | x | x | x x x | |
| | linear | x | | | | | | | |
| | teilflächig < 50 % Blattfl. | | | | | x x | | | x |
| | großflächig > 50 % Blattfl. | | | | | | x | | x x |
| Ausprägung an der Pflanze | einzelne Blätter | x | x | x | x | x x x | x x | x x x | |
| | einzelne Seitentriebe | | | | | | | | x |
| | mehrere Seitentriebe | | | | | | | | |
| | ganze Pflanze | | | | | | | | |
| Pflanzenorgan | jüngeres Blatt | x | x | | | x x | x | | x x |
| | älteres Blatt | | | x | x | x | x | x x | |
| | Triebspitze | | | | | | | | |

Standort Herzgasse 47 (H47)

In der Herzgasse 47 (H47) setzte der Laubaustrieb bereits im Februar 2020 ein (siehe Tabelle 55, Abb. 33). Komplette belaubt waren die Pflanzen bis zum April 2020, wo sich bereits mehrere Schadbilder bemerkbar machten, die sich jedoch aufgrund eines Blattlausbefalls an allen Pflanzen äußerten. Betroffen waren hier meist jüngere Blätter, die sich an den Enden der Triebspitzen befanden bzw. die Hochblätter der Blütenstände. Das waren auch jene Bereiche, die von den Blattläusen befallen waren. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass hier zu Beginn der Vegetationsphase noch keine Mangelerscheinungen vorlagen. Die Schadbilder im April 2020 werden in der Tabelle 34 daher in Grau dargestellt. Blattlausbedingte Schadbilder waren teilflächige blassgrüne bis gelbe Verfärbungen sowie Kräuselung der Blätter und Triebspitzen mit teilweise punktuellen nekrotischen Stellen am Blattrand **(1)**. Diese Schadbilder setzten sich auch im Mai und Juni 2020 fort, wobei sie allesamt an den zuvor befallenen Triebspitzen der Blattläuse der mittlerweile älteren Blätter und Triebspitzen festzusetzen waren **(2)**. Zusätzlich konnten blassgrüne/gelbe Verfärbungen mit zusätzlichen teilflächigen braunen Verfärbungen an den älteren Blättern festgestellt werden, die sich am Blattrand teilweise zu punktuellen Nekrosen konkretisierten **(3)**. Dies könnte eine Folge der biologischen Schädlingsbekämpfung sein. Im Juli 2020 wurden die nekrotischen Stellen an gelb verfärbten Blättern größer mit teilweise schwarzen punktuellen Einschlüssen **(4)** und hielten sich auch noch über den August 2020 bis in den Oktober 2020 bei mehreren Modulen. Auch neuausgetriebene Jungtriebe wiesen vermehrt eine erneute gelbe bis blassgrüne Verfärbung mit starker Kräuselung auf (erneuter Blattlausbefall), brachten jedoch auch frisches Blattgrün hervor **(5)**. Die verformten Blätter an den Triebspitzen (Kräuselung) blieben auch im September und Oktober 2020 erhalten. Im Oktober 2020 nahm die gelbe Verfärbung älterer Blätter zu **(6)**, wobei dies auch an der Herbstfärbung liegen könnte.

SCHADBILDER AN BLÄTTERN - HERZGASSE 47

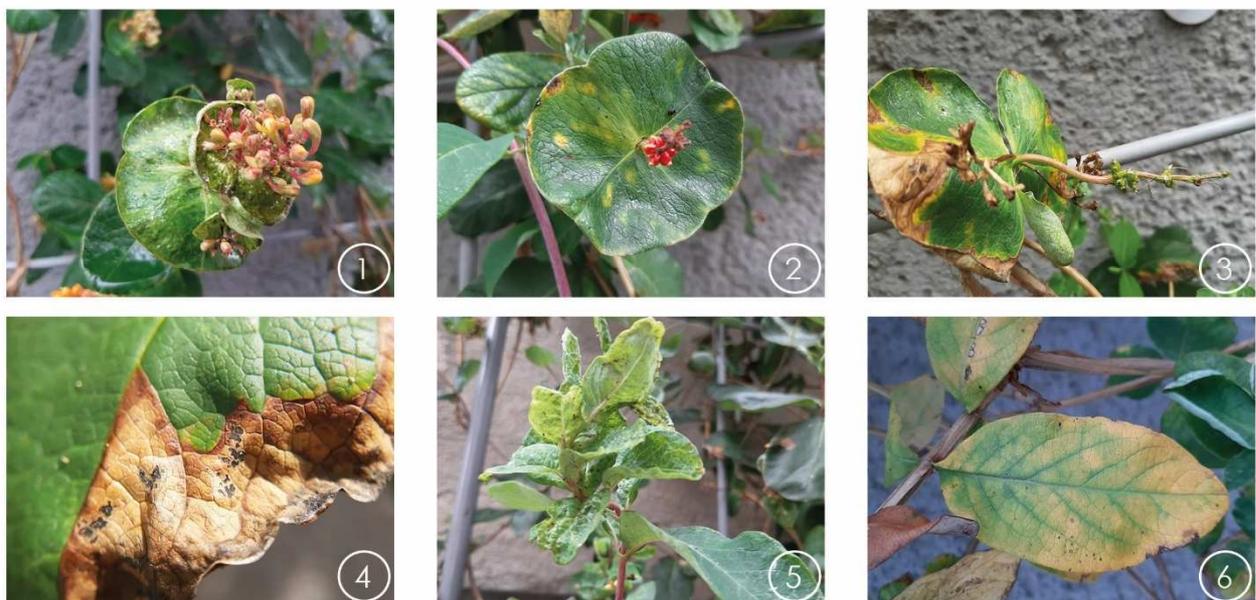


Abb. 33: Schadbilder an den Blättern am Standort Herzgasse 47 (H47) – Fotodokumentation (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022, eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)

Standort Kudlichgasse 14 (K14)

Die Tabelle 56 und Abb. 34 zeigen, dass im April 2020 mehrere Jungtriebe welke Triebspitzen aufzeigten **(1)**. Diese tauchten vermehrt an der Rückseite der Pflanzen auf (evtl. Reibung an der Fassade). Vereinzelt zeigten sich auch kleine teilflächige Nekrosen an den Blattspitzen jüngerer und älterer Blätter **(2)**. Bis zum Mai 2020 kamen zu diesen zwei Schadbildern auch vereinzelt punktuelle gelbe Verfärbungen am ganzen Fiederblatt auf sowie gelbe Verfärbungen einzelner ganzer Fiederblätter **(3)**, die an der Spitze des Blattes begann und auch zur Welke der Einzelblätter führte. Im Juni 2020 tauchten an älteren Blättern vermehrt kleine punktuelle gelbe Verfärbungen bzw. Nekrosen an älteren Blättern auf. Im Juni 2020 wurden die Schadbilder deutlich mehr, was allerdings nicht an einem erhöhten Mangel lag, sondern an der Neupflanzung in Modul 3. Hier wiesen die Pflanzen teilweise Blattwelke am älteren Blatt auf sowie vereinzelte gelbe Chlorosen am Blattrand älterer Blätter. Bis zum Juli 2020 blieben die Schadbilder nahezu unverändert. Lediglich vereinzelt kamen nekrotische Blattspitzen an älteren Blättern auf. Die anfängliche Blattwelke der neu eingesetzten Pflanzen in Modul 3 entwickelte sich zu großflächigen nekrotischen Stellen ausgehend von der Blattspitze **(4)**. Dies trat jedoch nur vereinzelt auf. Verformte Blätter (Kräuselung) gingen über den Sommer zurück. Im August 2020 zeigten die Pflanzen vermehrt Symptome von Trockenstress. Mehrere Triebe zeigten großflächige gelbe Verfärbungen mit Welkeerscheinungen, bis hin zum Blattfall **(5)**. Teilweise kamen zu den Verfärbungen noch großflächige nekrotische Stellen hinzu, meist an der Spitze des Fiederblattes beginnend. Zusätzlich zeigten sich auch Verformungen des ganzen Fiederblattes (Kräuselung) mit einhergehender blassgrüner bis gelber Verfärbung an älteren Blättern **(6)**, kleine nekrotische Blattspitzen sowie mehrere punktuelle Nekrosen an mehreren älteren Blättern (M5).

SCHADBILDER AN BLÄTTERN - KUDLICHGASSE 14

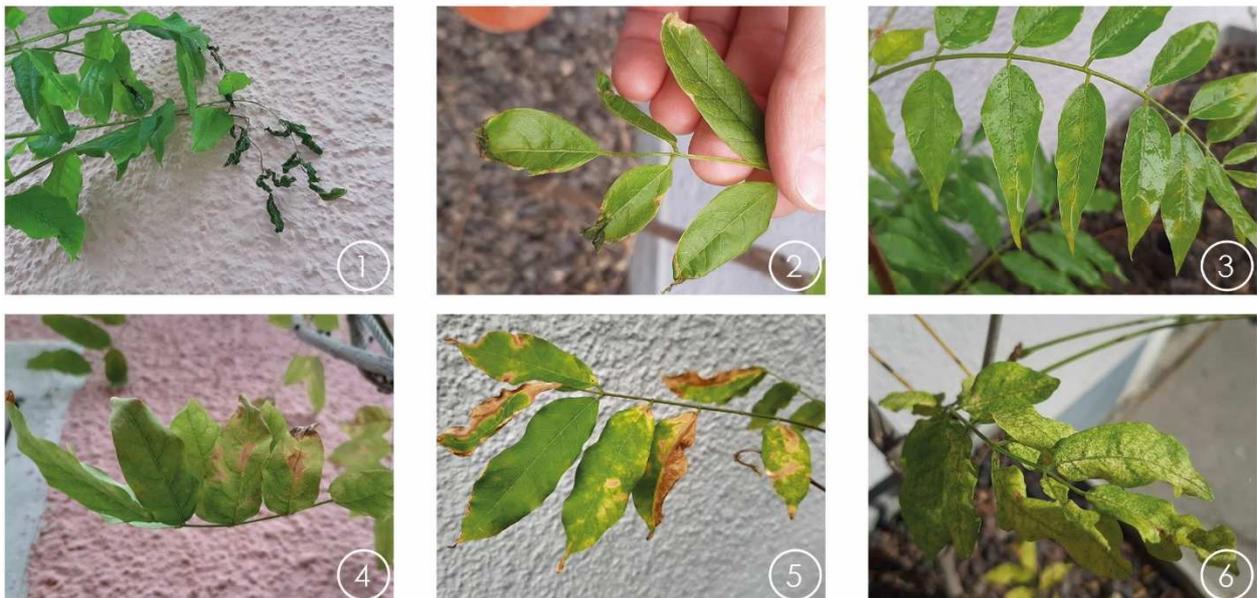


Abb. 34: Schadbilder an den Blättern am Standort Kudlichgasse 14 (K14) – Fotodokumentation (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022, eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)

FAZIT – Mangelerscheinungen an den Blättern

Im folgenden Teil werden die vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) in Bezug auf die aufgezeigten Schadbilder miteinander verglichen und eruiert, welche Synergien bzw. Unterschiede es bezüglich der Mangelerscheinungen an den Blättern an den vier Standorten gibt. Die folgende Tabelle 57 zeigt diesen Vergleich.

In der Absberggasse 5 (A05) waren im Laufe der ersten Vegetationsperiode vier verschiedene Schadbilder an den Blättern vorhanden. Nekrosen wurden zumeist nur in kleinen, punktuellen Teilen des Blattes (jüngere und ältere Blätter) vorgefunden. Sie befanden sich meistens am Blattrand, jedoch auch in der Blattmitte und gingen (besonders ab den Sommermonaten) mit rötlichen linearen bis teilflächigen Verfärbungen einher. Verfärbungen waren die häufigste visuelle Mangelerscheinung an den Blättern. Auffällig waren vor allem die rötlichen bis braunen (teilweise auch gelbliche) Verfärbungen am Blattrand älterer Blätter. Sie waren zunächst nur vereinzelt und punktuell bis teilflächig am Blatt, ab den Sommermonaten (vor allem August und September 2020) an ganzen Seitentrieben vorhanden. Bis zum Oktober 2020 breiteten sich diese Verfärbungen am Blattrand älterer Blätter zu intensiv roten Streifen entlang des ganzen Blattrandes mit dunkelgrünen, punktuell abgegrenzten Verfärbungen, weiter aus. Verformungen an jüngeren Blättern (Kräuselung) fand nur vereinzelt an einzelnen Blättern statt. Die verformten Stellen (meist am Blattrand) waren teilweise von kleinen, punktuellen nekrotischen Stellen begleitet. Vergilbung bzw. Welke fand vereinzelt im Oktober 2020 statt, wobei davon nur jüngere Blätter betroffen waren. Auffällig ist, dass die häufigsten Schadbilder von August 2020 bis Oktober 2020 vorzufinden waren.

In der Jagdgasse 25 (J25) waren ebenfalls vier verschiedene Schadbilder vorzufinden. Nekrosen waren im Vergleich zur Absberggasse 5 nur sehr minimal ausgeprägt und nahmen bis zum Oktober 2020 auch nur minimal zu. Ebenfalls waren es hier die Verfärbungen, die am dominantesten auftraten, jedoch erst deutlich später, nämlich ab August 2020. Rötliche Verfärbungen mit dunkelgrünen Einschlüssen am Blattrand wiesen ebenfalls nur die älteren Blätter auf. Gelbliche teil- bis großflächige Verfärbungen mit später auch teilweise braunen punktuellen Einschlüssen an der Blattspitze zeigten nur jüngere Blätter auf, jedoch nur in vereinzelter Vorkommen. Im Oktober 2020 zeigten sich die häufigsten unterschiedlichen Schadbilder. Hier kamen noch rote Blattspitzen an älteren Blättern hinzu sowie gelbliche Verfärbungen mit braunen nekrotischen Blattflecken, die teilweise auch zur Verwelkung des jüngeren Blattes führten.

In der Herzgasse 47 gab es mit drei deutlich weniger Schadbilder an den Pflanzen als in der Absberggasse 5 und der Jagdgasse 25. An diesem Standort fokussierten sich die Schadbilder an den anfangs jüngeren Blättern an den Triebspitzen mehrerer Seitentriebe. Aufgrund des starken Blattlausbefalls (vorwiegend an den Triebspitzen) konnte visuell schwer ausgemacht werden, ob es sich um ein Schadbild, verursacht durch den Schädlingsbefall bzw. eine Bekämpfungsmaßnahme gegen diesen handelte, oder tatsächlich aufgrund einer Mangelerscheinung auftrat. Häufigste Schadbilder waren gelbe/blassgrüne Verfärbungen, teilweise mit nekrotischen Einschlüssen und starke Kräuselung junger Blätter an den Triebspitzen. Generell waren die Schadbilder in den Sommermonaten weniger stark ausgeprägt als zu Beginn der Vegetationsperiode (April 2020). Grund dafür könnte der neuerliche Austrieb im Juni 2020 sein, der frisches Blattgrün hervorbrachte. Im Oktober 2020 war verstärkt eine Gelbfärbung der Blätter zu erkennen. Diese erfolgte teilweise am gesunden

Blatt, teilweise an Blättern mit Schadbildern. Es war daher schwer auszumachen, ob es sich um die Herbstfärbung handelte oder einen Mangel. In der Kudlichgasse 14 am meisten unterschiedliche Schadbilder zu verzeichnen, wobei die Nekrosen und gelben Blattverfärbungen am häufigsten auftraten. Zu Beginn der Vegetationsphase waren noch das Absterben von Triebspitzen und verformte Blätter (Kräuselung) dominanter. Im Sommer (ab August 2020) machten sich deutliche Symptome von Trockenstress bemerkbar. Dies äußerte sich durch großflächige gelbe Verfärbungen mit Welkeerscheinungen, bis hin zum Blattfall. Auch Chlorosen und Vergilbung wurden dominanter. Im Herbst zeigten die Pflanzen nur vereinzelt eine Herbstfärbung (gelb). Meist stießen die Pflanzen die Blätter noch davor ab. Nekrosen und gelbe Verfärbungen wurden großflächiger und zuletzt reagierten einige Pflanzen aufgrund des Trockenstress im Oktober 2020 noch einmal mit dem Austrieb junger Triebe.

Tabelle 57: Indikator Pflege: Vergleich der vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) von April 2020 bis Oktober 2020 zu den Mangelerscheinungen an den Blättern.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

| Ergebnisse zu Mangelerscheinungen an den Blättern - Vergleich aller vier Standorte A05, J25, H47, K14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|-----------|---------|------------|------------|-------|------------|-------------|-----------|------------|------------|-------|------|-----|-------|------------------|------------|--------|-------------|------------|----------------|---------------|--|--|
| Standort | Abk. | Schadbild | | | | | | Verortung | | | | Farbe | | | | | Ausprägung | | | | Pflanzenorgan | | | |
| | | Chlorose | Nekrose | Verfärbung | Vergilbung | Welke | Verformung | Blattspitze | Blattrand | Blattmitte | Blattadern | Grün | Gelb | Rot | Braun | Schwarz/ Grün | punktuell | linear | teillfächig | großfächig | jüngeres Blatt | älteres Blatt | | |
| Absberggasse 5 | A05 | | x | x | | x | x | | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| Jagd-gasse 25 | J25 | | x | x | | x | x | | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | | x | x | | | |
| Herz-gasse 47 | H47 | | x | x | | x | x | | x | x | | x | x | | x | | | x | x | x | x | | | |
| Kudlich-gasse 14 | K14 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | | x | | | x | x | x | x | x | | |

Nährstoffanalyse

Bei der Nährstoffanalyse wurden im Bodenlabor des Institutes für Bodenforschung an der Universität für Bodenkultur Wien die Nährstoffe des Substrates ermittelt. Zur qualitativen Vergleichbarkeit der Werte wurden alle westlich exponierten Standorte im Untersuchungsgebiet herangezogen.

Unterteilt wird in zwei Gruppen – die Makronährstoffe und die Mikronährstoffe. Je nach Extraktionsmethode wird entweder der Gesamtgehalt in Vol.-% angegeben bzw. der Gehalt in einem Kilogramm Substrat ($\text{mg kg}^{-1} = \text{mg pro kg Substrat}$) (siehe Tabelle 58).

Tabelle 58: Überblick über die untersuchten Makro- und Mikronährstoffe der Nährstoffanalyse sowie die Codierung der untersuchten Standorte.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)

| MAKRONÄHRSTOFFE | | | MIKRONÄHRSTOFFE | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| N Gesamt [%] | P [mg kg^{-1}] | K [mg kg^{-1}] | Cu [mg kg^{-1}] | Fe [mg kg^{-1}] | Mn [mg kg^{-1}] |
| Gesamtgehalt Stickstoff | Phosphor | Kalium | Kupfer | Eisen | Mangan |
| S Gesamt [%] | Mg [mg kg^{-1}] | Ca [mg kg^{-1}] | Zn [mg kg^{-1}] | Cl [mg kg^{-1}] | |
| Gesamtgehalt Schwefel | Magnesium | Calcium | Zink | Chlor | |

Die folgenden acht Tabellen 59 – 66 zeigen die Ergebnisse zu den Makro- bzw. Mikronährstoffen an den einzelnen vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5 (A05), Jagdgasse 25 (J25), Herzgasse 47 (H47) und Kudlichgasse 14 (K14). An jedem der vier Untersuchungsstandorte wurden sechs Proben entnommen. Graugefärbte Felder zeigen den niedrigsten, grüngefärbte den höchsten Wert der insgesamt sechs Proben. In der rechten Spalte wird der Mittelwert der sechs Substratproben jedes Makro- bzw. Mikronährstoffs dargestellt.

Standort Absberggasse 5 (A05)

In der Absberggasse 5 (A05) wurden die sechs Substratproben aus den Modulen M1, M3, M5, M7, M8, M9 entnommen.

Bei den Makronährstoffen (siehe Tabelle 59) zeigte das Modul 8 (M8) am häufigsten die Höchstwerte von Nährstoffen, nämlich von Stickstoff (N), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca). Das Modul 1 (M1) wies am häufigsten die niedrigsten Nährstoffwerte an diesem Standort auf, nämlich beim Gehalt an Stickstoff (N), Kalium (K) und Magnesium (Mg).

Tabelle 59: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Untersuchung von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) am Standort Absberggasse 5 (A05).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| MAKRONÄHRSTOFFE Absberggasse 5 (A05) - 10 Module | | | | | | | |
|--|---------|--------------|---------|------------------------|----------------|---------|----------------|
| Modul | M1 | M3 | M5 | M7 | M8 | M9 | Mittelwert |
| N Gesamt [%] | 0,02 | 0,10 | 0,06 | 0,07 | 0,10 | 0,03 | 0,06 |
| P [mg kg⁻¹] | 48,17 | 60,08 | 55,27 | 75,75 | 69,31 | 47,26 | 59,31 |
| K [mg kg⁻¹] | 396,37 | 439,21 | 468,52 | 402,50 | 521,79 | 446,38 | 445,80 |
| S Gesamt [%] | 0,043 | 0,036 | 0,060 | 0,066 | 0,060 | 0,043 | 0,051 |
| Mg [mg kg⁻¹] | 174,77 | 221,86 | 226,65 | 185,78 | 283,26 | 194,20 | 214,42 |
| Ca [mg kg⁻¹] | 2044,15 | 2509,92 | 2622,90 | 2698,53 | 2942,96 | 2002,25 | 2470,12 |
| LEGENDE | | | | | | | |
| 123...höchster Wert | | | | 123...niedrigster Wert | | | |

Bei den Mikronährstoffen (siehe Tabelle 60) erwies sich ebenfalls die Substratprobe aus Modul 8 (M8) als am nährstoffreichsten. Zwei der fünf Mikronährstoffe waren hier in größter Konzentration vorhanden, Eisen (Fe) und Mangan (Mn). Ebenfalls fanden sich in Modul 7 (M7) hohe Werte, nämlich bei Kupfer (Cu) und Chlor (Cl).

Auffällig zeigten sich an diesem Standort die niedrigsten Werte der Mikronährstoffe, denn hier waren alle fünf Mikronährstoffe in geringster Konzentration vorhanden, nämlich Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl).

Tabelle 60: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Untersuchung von Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl) am Standort Absberggasse 5 (A05).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| MIKRONÄHRSTOFFE Absberggasse 5 (A05) - 10 Module | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------------|------------------------|---------------|--------|---------------|
| Modul | M1 | M3 | M5 | M7 | M8 | M9 | Mittelwert |
| Cu [mg kg⁻¹] | 3,79 | 4,40 | 4,57 | 5,73 | 4,84 | 3,65 | 4,50 |
| Fe [mg kg⁻¹] | 272,08 | 328,89 | 305,58 | 308,86 | 334,09 | 158,42 | 284,65 |
| Mn [mg kg⁻¹] | 72,87 | 98,86 | 91,70 | 91,52 | 100,11 | 69,28 | 87,39 |
| Zn [mg kg⁻¹] | 10,48 | 13,32 | 15,85 | 11,10 | 15,08 | 6,39 | 12,04 |
| Cl [mg kg⁻¹] | 7,43 | 6,78 | 6,84 | 10,48 | 6,82 | 5,62 | 7,33 |
| LEGENDE | | | | | | | |
| 123...höchster Wert | | | | 123...niedrigster Wert | | | |

Standort Jagdgasse 25 (J25)

In der Jagdgasse 25 (J25) wurden die sechs Substratproben aus den Modulen M1, M2 li (linke Seite), M2 re (rechte Seite), M3 li, M3 re und M4 entnommen.

Bei den Makronährstoffen (siehe Tabelle 61) zeigte die Substratprobe aus der rechten Seite von Modul 2 (M2 re) bzw. bei Modul 4 (M4) am häufigsten die Höchstwerte von Nährstoffen, nämlich von Stickstoff (N) und Calcium (Ca) bei Modul 2 (re) bzw. Kalium (K) und Magnesium (Mg) bei Modul 4. Die niedrigsten Werte bei den Makronährstoffen wies Modul 1 (M1) auf. Hier waren die Werte bei Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) am geringsten.

Tabelle 61: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Untersuchung von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) am Standort Jagdgasse 25 (J25).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| MAKRONÄHRSTOFFE Jagdgasse 25 (J25) - 4 Module | | | | | | | |
|---|---------|---------|----------------|--------------------------------|--------------|---------------|----------------|
| Modul | M1 | M2 li | M2 re | M3 li | M3 re | M4 | Mittelwert |
| N Gesamt [%] | 0,09 | 0,11 | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 0,07 | 0,12 |
| P [mg kg⁻¹] | 48,21 | 74,51 | 87,01 | 76,38 | 99,02 | 77,95 | 77,18 |
| K [mg kg⁻¹] | 452,71 | 468,22 | 499,72 | 473,20 | 500,92 | 507,63 | 483,73 |
| S Gesamt [%] | 0,048 | 0,051 | 0,048 | 0,059 | 0,043 | 0,049 | 0,050 |
| Mg [mg kg⁻¹] | 219,32 | 237,23 | 225,74 | 240,42 | 226,38 | 277,74 | 237,80 |
| Ca [mg kg⁻¹] | 2772,75 | 2978,45 | 3639,64 | 2825,32 | 2754,37 | 3258,22 | 3038,12 |
| LEGENDE | | | | | | | |
| 123... höchster Wert | | | | 123... niedrigster Wert | | | |

Die Werte der Mikronährstoffe (siehe Tabelle 62) zeigten Parallelen zu den Makronährstoffen. Denn ebenfalls bei Modul 4 (M4) waren die höchsten Werte zu verzeichnen, nämlich bei Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Zink (Zn) sowie die niedrigsten Konzentrationen bei Modul 1 (M1), nämlich Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn).

Tabelle 62: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Untersuchung von Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl) am Standort Jagdgasse 25 (J25).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| MIKRONÄHRSTOFFE Jagdgasse 25 (J25) - 4 Module | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------------|--------------------------------|--------|---------------|---------------|
| Modul | M1 | M2 li | M2 re | M3 li | M3 re | M4 | Mittelwert |
| Cu [mg kg⁻¹] | 5,11 | 4,87 | 5,06 | 5,34 | 5,01 | 5,98 | 5,23 |
| Fe [mg kg⁻¹] | 251,24 | 311,59 | 303,30 | 298,04 | 325,49 | 389,58 | 313,21 |
| Mn [mg kg⁻¹] | 83,11 | 94,43 | 94,80 | 90,01 | 86,83 | 96,43 | 90,94 |
| Zn [mg kg⁻¹] | 9,62 | 11,08 | 10,57 | 11,81 | 11,66 | 13,11 | 11,31 |
| Cl [mg kg⁻¹] | 12,14 | 11,20 | 12,23 | 10,75 | 14,37 | 12,16 | 12,14 |
| LEGENDE | | | | | | | |
| 123... höchster Wert | | | | 123... niedrigster Wert | | | |

Standort Herzgasse 47 (H47)

In der Herzgasse 47 (H47) wurden die sechs Substratproben aus den Modulen M1, M2, M3 li (linke Seite), M3 re (rechte Seite), M4 und M5 entnommen.

Bei den Makronährstoffen (siehe Tabelle 63) wies das Randmodul M5 viermal und damit am Häufigsten die höchste Konzentration an Makronährstoffen auf, darunter Stickstoff (N), Kalium (K), Magnesium (Mg), Calcium (Ca). Die niedrigsten Nährstoffwerte zeigten sich bei Modul 3 (rechte Seite) (M3re) bei Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Calcium (Ca).

Tabelle 63: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Untersuchung von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) am Standort Herzgasse 47 (H47).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| MAKRONÄHRSTOFFE Herzgasse 47 (H47) - 5 Module | | | | | | | |
|---|---------|---------|--------------|------------------------|---------------|----------------|----------------|
| Modul | M1 | M2 | M3 li | M3 re | M4 | M5 | Mittelwert |
| N Gesamt [%] | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,09 | 0,15 | 0,09 |
| P [mg kg⁻¹] | 101,19 | 80,99 | 81,38 | 68,24 | 160,04 | 81,39 | 95,54 |
| K [mg kg⁻¹] | 517,39 | 445,92 | 542,23 | 409,46 | 569,26 | 569,79 | 509,01 |
| S Gesamt [%] | 0,056 | 0,048 | 0,070 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,059 |
| Mg [mg kg⁻¹] | 222,85 | 209,66 | 206,56 | 199,32 | 203,40 | 262,68 | 217,41 |
| Ca [mg kg⁻¹] | 2944,99 | 2779,32 | 2723,14 | 2582,39 | 2837,78 | 3415,88 | 2880,58 |
| LEGENDE | | | | | | | |
| 123...höchster Wert | | | | 123...niedrigster Wert | | | |

Bei den Mikronährstoffen (siehe Tabelle 64) wiesen das Randmodul M1 sowie das Modul 4 (M4) die höchste Nährstoffkonzentration auf (Höchstwert bei zwei von fünf Nährstoffen), jedoch unterschieden sich die beiden Substratproben bei der Art der Nährstoffkonzentration. So hatte Modul 1 (M) die höchsten Werte an Eisen (Fe) und Mangan (Mn), Modul 4 (M4) hingegen bei Kupfer (Cu) und Zink (Zn). Die niedrigste Häufigkeit an Nährstoffwerten wies die Substratprobe auf der rechten Seite in Modul 3 (M3 re) auf. Hier lag die Nährstoffkonzentration bei drei von fünf Mikronährstoffen auf dem niedrigsten Wert, nämlich bei Eisen (Fe), Mangan (Mn) und Chlor (Cl). Interessant ist hier, dass die Substratprobe im selben Modul auf der linken Seite (M3 li) höhere Nährstoffwerte aufwies als auf der rechten Seite (M3 re).

Tabelle 64: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Untersuchung von Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl) am Standort Herzgasse 47 (H47).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| MIKRONÄHRSTOFFE Herzgasse 47 (H47) - 5 Module | | | | | | | |
|---|---------------|--------|--------|------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Modul | M1 | M2 | M3 li | M3 re | M4 | M5 | Mittelwert |
| Cu [mg kg⁻¹] | 5,57 | 4,82 | 5,35 | 5,12 | 6,81 | 5,16 | 5,47 |
| Fe [mg kg⁻¹] | 359,93 | 291,79 | 300,55 | 272,74 | 332,08 | 300,56 | 309,61 |
| Mn [mg kg⁻¹] | 119,19 | 90,20 | 103,33 | 86,67 | 107,87 | 99,33 | 101,10 |
| Zn [mg kg⁻¹] | 10,77 | 9,18 | 9,81 | 9,25 | 11,31 | 10,39 | 10,12 |
| Cl [mg kg⁻¹] | 11,49 | 14,08 | 12,01 | 11,47 | 14,30 | 31,59 | 15,82 |
| LEGENDE | | | | | | | |
| 123...höchster Wert | | | | 123...niedrigster Wert | | | |

Standort Kudlichgasse 14 (K14)

In der Kudlichgasse 14 (K14) wurden die sechs Substratproben aus den Modulen M1, M2, M3, M4 li (linke Seite), M4 re (rechte Seite) und M5 entnommen.

Bei den Makronährstoffen (siehe Tabelle 65) zeigte die Substratprobe von Modul 3 (M3) am häufigsten die Höchstwerte von Nährstoffen, nämlich von Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca). Die niedrigste gesammelte Nährstoffkonzentration zeigte sich bei der Probe aus Modul 4 (rechte Seite) (M4re), wo die vier Makronährstoffe Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca) den niedrigsten Wert aufwiesen.

Tabelle 65: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Untersuchung von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) am Standort Kudlichgasse 14 (K14).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| MAKRONÄHRSTOFFE Kudlichgasse14 (K14) - 5 Module | | | | | | | |
|---|---------|--------------|----------------|------------------------|-------------|---------|----------------|
| Modul | M1 | M2 | M3 | M4 li | M4 re | M5 | Mittelwert |
| N Gesamt [%] | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 |
| P [mg kg ⁻¹] | 41,75 | 41,47 | 61,32 | 34,30 | 46,47 | 40,84 | 44,36 |
| K [mg kg ⁻¹] | 432,75 | 452,22 | 495,13 | 427,27 | 418,51 | 484,83 | 451,79 |
| S Gesamt [%] | 0,042 | 0,056 | 0,042 | 0,048 | 0,039 | 0,040 | 0,044 |
| Mg [mg kg ⁻¹] | 182,40 | 172,11 | 186,20 | 179,58 | 166,33 | 182,47 | 178,18 |
| Ca [mg kg ⁻¹] | 2562,54 | 2410,04 | 2620,82 | 2432,23 | 2263,08 | 2507,28 | 2466,00 |
| LEGENDE | | | | | | | |
| 123 ...höchster Wert | | | | 123...niedrigster Wert | | | |

Bei den Mikronährstoffen (siehe Tabelle 66) erwies sich die Probe aus Modul 2 (M2) mit den häufigsten Höchstwerten an Mikronährstoffen an diesem Standort. Hier waren es zwei der fünf untersuchten Nährstoffe, nämlich Eisen (Fe) und Mangan (Mn). Die niedrigste Nährstoffkonzentration zeigte sich analog zu den Makronährstoffen bei Modul 4 (M4), jedoch nicht bei der Substratprobe von der rechten Seite des Moduls (M4re), sondern konträr dazu auf der linken Seite (M4li). Hier wiesen Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn) die niedrigste Nährstoffkonzentration auf.

Tabelle 66: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Untersuchung von Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl) am Standort Kudlichgasse 14 (K14).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| MIKRONÄHRSTOFFE Kudlichgasse14 (K14) - 5 Module | | | | | | | |
|---|--------------|---------------|-------------|------------------------|--------|--------|---------------|
| Modul | M1 | M2 | M3 | M4 li | M4 re | M5 | Mittelwert |
| Cu [mg kg ⁻¹] | 4,69 | 4,64 | 5,28 | 3,75 | 4,26 | 4,42 | 4,51 |
| Fe [mg kg ⁻¹] | 278,84 | 299,62 | 284,58 | 239,66 | 254,07 | 259,02 | 269,30 |
| Mn [mg kg ⁻¹] | 120,21 | 147,25 | 119,56 | 110,06 | 140,71 | 131,87 | 128,28 |
| Zn [mg kg ⁻¹] | 10,39 | 9,95 | 9,91 | 8,52 | 8,07 | 9,50 | 9,39 |
| Cl [mg kg ⁻¹] | 6,45 | 5,52 | 8,37 | 9,68 | 6,33 | 9,06 | 7,57 |
| LEGENDE | | | | | | | |
| 123 ...höchster Wert | | | | 123...niedrigster Wert | | | |

Fazit Nährstoffanalyse - Makronährstoffe

Die folgende Tabelle 67 zeigt die gemittelten Werte der Makronährstoffe im Substrat der vier untersuchten Standorte Absberggasse 5 (A05), Jagdgasse 25 (J25), Herzgasse 47 (H47) und Kudlichgasse 14 (K14) im Vergleich mit der Nullprobe (Ausgangssubstrat) als Basisreferenzwert. Dargestellt wird der durchschnittliche Gehalt an Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca). Die Messwerte werden in Vol.-% oder in mg pro kg Substrat (mg kg^{-1}) angegeben bzw. in der unteren Zeile in Prozent zur Darstellung über die Zu-/Abnahme im Vergleich zur Nullprobe (NP).

Der durchschnittliche Gesamtgehalt an **Stickstoff (N)** war in der Jagdgasse 25 (J25) mit 0,12 % am höchsten und in der Absberggasse 05 (A05) mit 0,06 % am niedrigsten. Im Vergleich zur Nullprobe (NP) mit 0,08 % ist das bei J25 eine Zunahme von +50 % bzw. eine Abnahme von -25 % bei A05.

Beim **Schwefel (S)** lag die durchschnittliche Konzentration bei der Nullprobe (NP) mit 0,06 % am höchsten. In der Herzgasse 47 (H47) war der Wert identisch und in der Kudlichgasse 14 (K14) mit 0,04 % am kleinsten. Das ist eine Abnahme des Schwefelgehaltes von -33 % bei K14 im Vergleich zur Nullprobe (NP).

Beim durchschnittlichen **Phosphorgehalt (P)** ergab sich ein fast identes Bild analog zum zuvor beschriebenen Phosphatgehalt (PO_4^{-3}). Hier war die Konzentration ebenfalls in der Herzgasse 47 (H47) am höchsten mit einem Wert von $95,54 \text{ mg kg}^{-1}$. Im Vergleich zur Nullprobe ($44,14 \text{ mg kg}^{-1}$) entspricht das einer Zunahme von +116 %. Den niedrigsten Phosphorgehalt misst die Nullprobe selbst, dicht gefolgt von der Kudlichgasse 14 (K14) mit nur $44,36 \text{ mg kg}^{-1}$.

Der durchschnittliche Gehalt an **Kalium (K)** zeigte eine Abnahme an allen vier Standorten im Vergleich zur Nullprobe (NP). Diese enthielt einen durchschnittlichen Wert von $512,9 \text{ mg kg}^{-1}$. Der durchschnittliche Kaliumgehalt war in der Absberggasse 5 (A05) mit $445,8 \text{ mg kg}^{-1}$ am niedrigsten. Das entspricht einer Abnahme von -13 % im Vergleich zur Nullprobe.

Die durchschnittliche Konzentration von **Magnesium (Mg)** lag bei der Nullprobe (NP) bei $229,4 \text{ mg kg}^{-1}$ und lag lediglich in der Jagdgasse 25 (J25) mit $237,8 \text{ mg kg}^{-1}$ um +4 % darüber. Die drei übrigen Standorte wiesen eine geringere Magnesiumkonzentration auf, wobei in der Kudlichgasse 14 (K14) der durchschnittliche Wert mit $178,2 \text{ mg kg}^{-1}$ am niedrigsten war und damit im Vergleich zur Nullprobe (NP) eine Abnahme von -22 % aufwies.

Beim durchschnittlichen Gehalt an **Calcium (Ca)** zeigten die Standorte Kudlichgasse 14 (K14) und Absberggasse 5 (A05) nur eine geringe Abnahme im Vergleich zur Nullprobe (NP – 2504 mg kg^{-1}) von -1 % bei A05 bzw. -2 % bei K14. Die Standorte Herzgasse 47 (H47) und Jagdgasse 25 (J25) wiesen eine deutliche Steigerung des Calciumwertes (Ca) auf, wobei dieser bei J25 mit $3038,1 \text{ mg kg}^{-1}$ am höchsten war und damit eine Steigerung von +21 % im Vergleich zur Nullprobe (NP) aufwies.

Tabelle 67: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Übersicht über Zunahme bzw. Abnahme der Werte im Vergleich zur Nullprobe.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

| MAKRONÄHRSTOFFE | | | | | | | | | |
|--|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Übersicht Zunahme bzw. Abnahme der Werte im Vergleich zur Nullprobe (NP) | | | | | | | | | |
| Stickstoff - N Gesamt [%] | | | A05 | K14 | NP | H47 | J25 | | |
| Messwert | | | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | | |
| Prozent | | | -25 % | -25 % | 0 % | +13 % | +50 % | | |
| Schwefel - S Gesamt [%] | | K14 | J25 | A05 | H47 | NP | | | |
| Messwert | | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | | | |
| Prozent | | -33 % | -17 % | -17 % | 0 % | 0 % | | | |
| Phosphor - P [mg kg⁻¹] | | | | | NP | K14 | A05 | J25 | H47 |
| Messwert | | | | | 44,1 | 44,4 | 59,3 | 77,2 | 95,5 |
| Prozent | | | | | 0 % | +0,5 % | +34 % | +75 % | +116 % |
| Kalium - K [mg kg⁻¹] | | A05 | K14 | J25 | H47 | NP | | | |
| Messwert | | 445,8 | 451,8 | 483,7 | 509,0 | 512,9 | | | |
| Prozent | | -13 % | -12 % | -6 % | -1 % | 0 % | | | |
| Magnesium - Mg [mg kg⁻¹] | | K14 | A05 | H47 | NP | J25 | | | |
| Messwert | | 178,2 | 214,4 | 217,4 | 229,4 | 237,8 | | | |
| Prozent | | -22 % | -7 % | -5 % | 0 % | +4 % | | | |
| Calcium - Ca [mg kg⁻¹] | | K14 | A05 | NP | H47 | J25 | | | |
| Messwert | | 2466,0 | 2470,1 | 2504,0 | 2880,6 | 3038,1 | | | |
| Prozent | | -2 % | -1 % | 0 % | +15 % | +21 % | | | |
| LEGENDE | | | | | | | | | |
| NP | Nullprobe | | | | | | | | |
| A05 | Absberggasse 5 | | | | | | | | |
| J25 | Jagdgasse 25 | | | | | | | | |
| H47 | Herzgasse 47 | | | | | | | | |
| K14 | Kudlichgasse 14 | | | | | | | | |

Kernaussagen Makronährstoffe

Die Standorte Herzgasse 47 (H47) und Jagdgasse 25 (J25) enthielten am Ende der Vegetationsperiode mehr Stickstoff (N) als die Standorte Absberggasse 5 (A05) und Kudlichgasse 14 (K14) sowie die Nullprobe (NP).

Der Standort Kudlichgasse 14 (K14) wies im Vergleich zu den anderen drei Standorten (A05, J25, H47) generell eine niedrigere Konzentration an Makronährstoffen auf.

Der Phosphorgehalt (P) ist bei allen vier Standorten höher als bei der Nullprobe, wobei der Wert in der Kudlichgasse 14 (K14) nur minimal höher ist (+0,5 %), in der Herzgasse 47 (H47) deutlich höher (+116 %).

Der Makronährstoff Phosphor (P) zeigte im Vergleich zur Nullprobe eine deutliche Zunahme der durchschnittlichen Werte.

Stickstoff (N) und Calcium (Ca) waren nur an den beiden Standorten Herzgasse 47 (H47) und Jagdgasse 25 (J25) in höherer Konzentration im Vergleich zur Nullprobe enthalten.

Die Mikronährstoffe Kalium (K), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Chlor (Cl) zeigten im Vergleich zur Nullprobe eine deutliche Abnahme der durchschnittlichen Werte.

Fazit Nährstoffanalyse - Mikronährstoffe

Die folgende Tabelle 68 zeigt die gemittelten Werte der Mikronährstoffe im Substrat der vier untersuchten Standorte Absberggasse 5 (A05), Jagdgasse 25 (J25), Herzgasse 47 (H47) und Kudlichgasse 14 (K14) im Vergleich mit der Nullprobe (NP) (Ausgangssubstrat) als Basisreferenzwert. Dargestellt werden die Stoffe Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl). Angegeben werden die gemittelten Werte in der oberen Zeile je Nährstoff in mg kg^{-1} (Milligramm pro Kilogramm Substrat) bzw. in der unteren Zeile in Prozent ausgehend von der Nullprobe (NP).

Der durchschnittliche **Kupfergehalt (Cu)** betrug bei der Nullprobe (NP) $4,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Alle vier Untersuchungsstandorte wiesen im Vergleich dazu eine Steigerung auf, wobei der Gehalt in der Herzgasse 47 (H47) mit 5,5 am höchsten lag und damit eine Steigerung von +36 % aufzeigte.

Auch der durchschnittliche **Eisengehalt (Fe)** zeigte analog zum Kupfergehalt eine Steigerung aller vier Untersuchungsstandorte im Vergleich zur Nullprobe (NP – $226,6 \text{ mg kg}^{-1}$). Diese Steigerung war in der Kudlichgasse 14 (K14) mit +19 % am kleinsten und in der Herzgasse 47 (H47) mit +37 % sowie in der Jagdgasse 25 (J25) mit +38 % am höchsten, wobei J25 einen Höchstwert von $313,2 \text{ mg kg}^{-1}$ erreichte.

Der durchschnittliche Gehalt an **Mangan (Mn)** lag bei der Nullprobe bei $111,2 \text{ mg kg}^{-1}$. Lediglich der Standort Kudlichgasse 14 (K14) wies mit $128,3 \text{ mg kg}^{-1}$ einen höheren Gehalt als die Nullprobe auf (+15 %). Die übrigen drei Standorte wiesen im Vergleich zu NP einen niedrigeren Gehalt an Mangan (Mn) auf, wobei die Absberggasse 5 (A05) mit einem durchschnittlichen Wert von $87,4 \text{ mg kg}^{-1}$ eine Abnahme von -21 % zeigte.

Der durchschnittliche Gehalt des Mikronährstoffs **Zink (Zn)** war bei der Nullprobe (NP) mit einem Wert von $9,1 \text{ mg kg}^{-1}$ am geringsten. Der Standort Kudlichgasse 14 (K14) wies mit +3 % die geringste Zunahme auf, der Standort Absberggasse 5 (A05) mit +33 % die höchste. Dabei erreichte A05 einen Wert von $12,0 \text{ mg kg}^{-1}$.

Der durchschnittliche **Chlorgehalt (Cl)** zeigte eine Abnahme an allen vier Standorten im Vergleich zur Nullprobe (NP). Diese enthielt einen durchschnittlichen Wert von $52,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Der durchschnittliche Chlorgehalt war in der Absberggasse 5 (A05) mit $7,3 \text{ mg kg}^{-1}$ bzw. in der Kudlichgasse 14 (K14) mit $7,6 \text{ mg kg}^{-1}$ am niedrigsten. Das entspricht einer Abnahme von -86 % im Vergleich zur Nullprobe.

Tabelle 68: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Übersicht über Zunahme bzw. Abnahme der Werte im Vergleich zur Nullprobe.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

| MIKRONÄHRSTOFFE | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--|--|--|--|-----|---------|-------|---------|-------|-------|
| Übersicht Zunahme bzw. Abnahme der Werte im Vergleich zur Nullprobe (NP) | | | | | | | | | | | |
| Kupfer -Cu [mg kg⁻¹] | | | | | | | | | | | |
| Messwert | | | | | | NP | A05 | K14 | J25 | H47 | |
| Prozent | | | | | | 0 % | +12,0 % | +13 % | +30,4 % | +36 % | |
| Eisen - Fe [mg kg⁻¹] | | | | | | | | | | | |
| Messwert | | | | | | NP | K14 | A05 | H47 | J25 | |
| Prozent | | | | | | 0 % | +19 % | +26 % | +37 % | +38 % | |
| Mangan - Mn [mg kg⁻¹] | | | | | | | | | | | |
| Messwert | | | | | | | A05 | J25 | H47 | NP | K14 |
| Prozent | | | | | | | -21 % | -18 % | -9 % | 0 % | +15 % |
| Zink - Zn [mg kg⁻¹] | | | | | | | | | | | |
| Messwert | | | | | | NP | K14 | H47 | J25 | A05 | |
| Prozent | | | | | | 0 % | +3 % | +11 % | +25 % | +33 % | |
| Chlor - Cl [mg kg⁻¹] | | | | | | | | | | | |
| Messwert | | | | | | | A05 | K14 | J25 | H47 | NP |
| Prozent | | | | | | | -86,0 % | -86 % | -77 % | -70 % | 0 % |
| LEGENDE | | | | | | | | | | | |
| NP | Nullprobe | | | | | | | | | | |
| A05 | Absberggasse 5 | | | | | | | | | | |
| J25 | Jagdgasse 25 | | | | | | | | | | |
| H47 | Herzgasse 47 | | | | | | | | | | |
| K14 | Kudlichgasse 14 | | | | | | | | | | |

Kernaussagen Mikronährstoffe

Die Mikronährstoffe Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Zink (Zn) zeigten im Vergleich zur Nullprobe eine deutliche Zunahme der durchschnittlichen Werte.

Die Mikronährstoffe Mangan (Mn), Chlor (Cl) zeigten im Vergleich zur Nullprobe eine deutliche Abnahme der durchschnittlichen Werte.

Die beiden Standorte Jagdgasse 25 (J25) und Herzgasse 47 (H47) wiesen im Vergleich zu den beiden anderen Standorten Absberggasse 5 (A05) und Kudlichgasse 14 (K14) generell eine höhere Nährstoffkonzentration an Mikronährstoffen auf.

3.3.3 Ergebnisse Vorkommen und Akzeptanz von Tieren

Ergebnisse zum Tiervorkommen

Standort Absberggasse 5 (A05)

Die folgende Tabelle 69 und Abb. 35 zeigen die Ergebnisse zum Tiervorkommen in der Absberggasse 5 (A05). Im Substrat fanden sich nur beim ersten (MT1) und beim dritten (MT3) Monitoring Tiere in der Probe, nämlich eine Assel (*Oniscidea*) im frischen Substrat (MT1) und mehrere Springschwänze (*Collembola*) im trockenen Substrat (MT3). Der Feuchtigkeitsgehalt des Substrates lag im trockenen bis frischen Bereich.

An den Pflanzen wurden innerhalb des Frequenzrahmens im Juni 2020 (MT1) eine Ameise (*Formicidae*) und eine Fliege (*Calliphoridae*) gesichtet. Im Juli 2020 (MT2) fand sich gar keine Tierspezies, lediglich Tierspuren. Ein Spinnennetz und mehrere Blattlaushäute waren auf bzw. unter den Blättern. Im August 2020 (MT3) wurden die meisten unterschiedlichen Tierspezies gesichtet, nämlich eine Kugelspinne (*Enoplognata*), zwei Honigbienen (*Apis*) und eine Wespe (*Vespinidae*). Beim vierten Monitoring im September 2020 (MT4) wurde nochmals eine Kugelspinne (*Enoplognata*) gesichtet und eine bisweilen noch nicht gesichtete Tierspezies, nämlich die Larve einer grünen Reiswanze (*Nezara viridula*). Das Vorfinden mehrerer unterschiedlicher Tierspezies an den Pflanzen verläuft analog zur Steigerung des Deckungsgrades innerhalb des Frequenzrahmens.

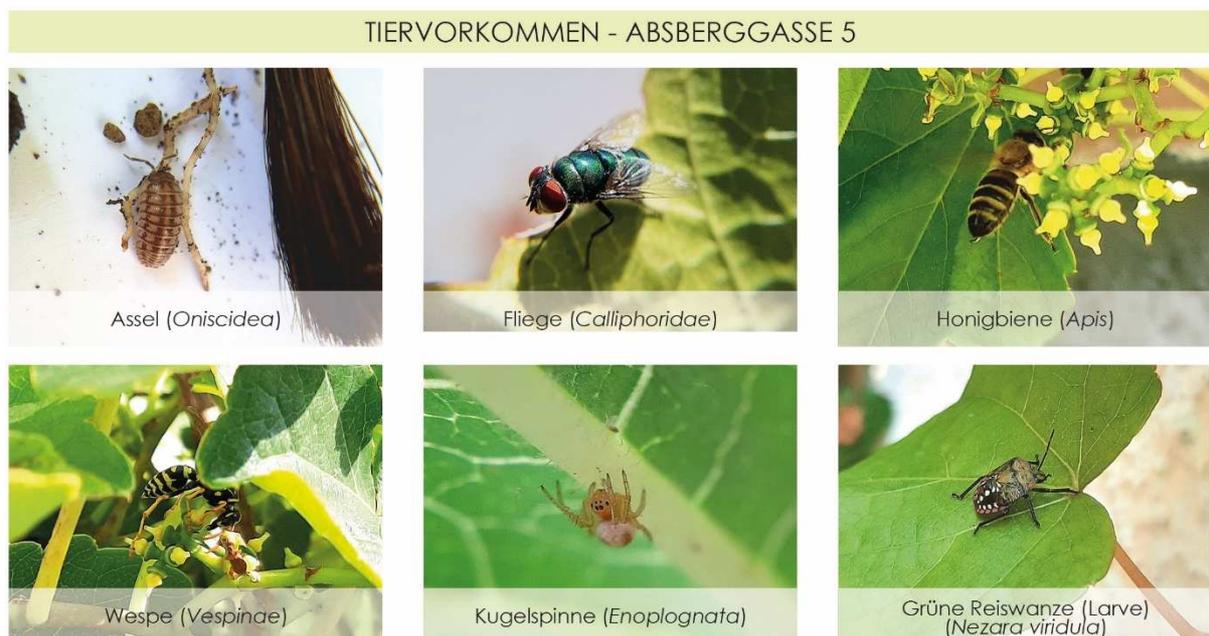


Abb. 35: Fotodokumentation Tiervorkommen am Standort Absberggasse 5 (A05)

(Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020; eigene Erstellung, KAINDL 2022)

Tabelle 69: Ergebnisse Tiervorkommen – Tierökologisches Monitoring: Übersicht über jene Tierspezies, die in der Absberggasse 5 (A05) an den vier Monitoringtagen zum Parameter Tiervorkommen im Substrat sowie an den Pflanzen gesichtet wurden. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| MONITORING TIERE 1 - 4 (MT1 - MT4) Absberggasse 5 (Modul 6) | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|--------------------------|--------|
| | MT1 - 01.06.2020 | | MT2 - 06.07.2020 | | MT3 - 10.08.2020 | | MT4 - 13.09.2020 | |
| IM SUBSTRAT | Tierspezies gesamt: 1 | | gesamt: 0 | | gesamt: 1 | | gesamt: 0 | |
| Feuchtigkeit Substrat | | | | | | | | |
| trocken | | | x | | x | | | |
| frisch | x | | | | | | x | |
| feucht | | | | | | | | |
| Tiere Substrat | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl |
| | Assel | 1 | - | | Springschwanz | > 5 | - | |
| Tierspuren | | | | | | | | |
| | - | | - | | - | | - | |
| AN DER PFLANZE | Tierspezies gesamt: 2 | | gesamt: 0 | | gesamt: 3 | | gesamt: 2 | |
| Feuchtigkeit Blätter | | | | | | | | |
| trocken | x | | x | | x | | x | |
| benetzt | | | | | | | | |
| nass | | | | | | | | |
| Deckungsgrad Rahmen | 70% | | 70% | | 80% | | 90% | |
| Tiere Pflanze | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl |
| | Ameise | 1 | - | | Kugelspinne | 1 | Kugelspinne | 1 |
| | Fliege | 1 | | | Honigbiene | 2 | Grüne Reisswanze (Larve) | 1 |
| | | | | | Wespe | 1 | | |
| Tierspuren | | Anzahl | | Anzahl | | Anzahl | | Anzahl |
| | - | | Spinnennetz | 1 | - | | - | |
| | | | Blattflaushäute | > 5 | | | | |

Standort 4 - Jagdgasse 25 (J25)

Die folgende Tabelle 70 und Abb. 36 zeigen die Ergebnisse zum Tiervorkommen in der Jagdgasse 25 (J25). Im Substrat fanden sich nur beim zweiten Monitoring (MT2) Tiere in der Probe, nämlich eine Assel (*Oniscidea*). Der Feuchtigkeitsgehalt des Substrates lag im trockenen bis frischen Bereich.

An den Pflanzen wurden innerhalb des Frequenzrahmens im Juni 2020 (MT1) zwei Ameisen (*Formicidae*) gesichtet sowie Tierspuren, nämlich Tierkot auf der Blattunterseite, mehrere Häutungsreste (evtl. von Blattläusen) und Spinnfäden. Im Juli 2020 (MT2) fanden sich mehrere Tierspezies, darunter die Larve einer Bläulingszikade (*Metcalfa pruinosa*), mehrere Ameisen (*Formicidae*), eine beflügelte Blattlaus-Stammutter (*Aphididae*), als auch wieder Tierspuren (Tierkot auf Blattoberseite, Häutungsreste). Im August 2020 (MT3) wurden wiederum drei unterschiedliche Tierspezies gesichtet, nämlich mehrere Ameisen (*Formicidae*), ein Marienkäfer (*Coccinellidae*) und wiederum die Larve einer Bläulingszikade (*Metcalfa pruinosa*). Beim vierten Monitoring im September 2020 (MT4) wurde trotz abermals gestiegenem Deckungsgrad nur ein Exemplar einer Kugelspinne (*Enoplognata*) gesichtet, dafür mehrere Tierspuren wie Häutungsreste einer spinne sowie einer Zikadenlarve (Wachsreste) und ein Spinnennetz.



Abb. 36: Fotodokumentation Tiervorkommen am Standort Jagdgasse 25 (J25)
(Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020; eigene Erstellung, KAINDL 2022)

Tabelle 70: Ergebnisse Tiervorkommen – Tierökologisches Monitoring: Übersicht über jene Tierspezies, die in der Jagdgasse 25 (J25) an den vier Monitoringtagen zum Parameter Tiervorkommen im Substrat sowie an den Pflanzen gesichtet wurden. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| MONITORING TIERE 1 - 4 (MT1 - MT4) Jagdgasse 25 (Modul 3) | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--------|------------------------|--------|-------------------------|--------|---------------------|--------|
| | MT1 - 01.06.2020 | | MT2 - 06.07.2020 | | MT3 - 10.08.2020 | | MT4 - 13.09.2020 | |
| IM SUBSTRAT | Tierspezies gesamt: 0 | | gesamt: 1 | | gesamt: 0 | | gesamt: 0 | |
| Feuchtigkeit Substrat | | | | | | | | |
| trocken | | | x | | x | | | |
| frisch | x | | | | | | x | |
| feucht | | | | | | | | |
| Tiere Substrat | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl |
| | - | | Assel | 1 | - | | - | |
| Tierspuren | | | | | | | | |
| | - | | - | | - | | - | |
| AN DER PFLANZE | Tierspezies gesamt: 1 | | gesamt: 2 | | gesamt: 3 | | gesamt: 1 | |
| Feuchtigkeit Blätter | | | | | | | | |
| trocken | x | | x | | x | | x | |
| benetzt | | | | | | | | |
| nass | | | | | | | | |
| Deckungsgrad Rahmen | 60% | | 65% | | 75% | | 80% | |
| Tiere Pflanze | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl |
| | Ameise | 2 | Bläulingszikade Larve | 1 | Ameisen | > 10 | Kugelspinne | 1 |
| | | | Ameisen | > 5 | Marienkäfer | 1 | | |
| | | | Blattlaus (Stammutter) | 1 | Bläulingszikade (Larve) | 1 | | |
| Tierspuren | | Anzahl | | Anzahl | | Anzahl | | Anzahl |
| | Tierkot auf Bl.-US | 2 | Tierkot auf Bl.-OS | 1 | Fraßspuren an Jungblatt | 2 | Spinnenhaut | 1 |
| | Häutungsreste | 3 | Häutungsreste | > 3 | | | Spinnennetz | 2 |
| | Spinnfäden | 1 | | | | | Häutungsreste/Wachs | 3 |

Standort 6 – Herzgasse 47 (H47)

Die folgende Tabelle 71 und Abb. 37 zeigen die Ergebnisse zum Tiervorkommen in der Herzgasse 47 (H47). Im Substrat fanden sich erst beim zweiten Monitoring (MT2) Tiere, nämlich eine junge Nacktschnecke (Familie *Agriolimacidae*) sowie zwei Ameisen-Jungköniginnen (*Formicidae*), als auch eine Vogelfeder (Unterfeder). Im August 2020 (MT3) fanden sich mehrere Springschwänze (*Collembola*) im Substrat, im September 2020 (MT4) ein Hundertfüßer (*Chilopoda*) sowie eine tote Wespe (*Vespinae*). Der Feuchtigkeitsgehalt des Substrates lag vorwiegend im frischen Bereich.

An den Pflanzen fanden sich innerhalb des Frequenzrahmens bereits im Juni 2020 (MT1) eine sehr hohe Anzahl (> 100 Exemplare) Blattläuse (*Aphididae*), eine junge Rote Weichwanze (*Deraeocoris ruber*), eine Wildbiene (*Apidae*), mehrere Exemplare einer Schwebfliege (*Syrphidae*) im Puppenstadium sowie zwei Schmetterlingslarven (*Lepidoptera*). Im Juli 2020 (MT2) fanden sich, zusätzlich zu den Tierspezies beim ersten Monitoring (MT1), Ameisen (*Formicidae*) sowie die Larven des Australischen Marienkäfers (*Cryptolaemus montrouzieri*). Im August 2020 (MT3) wurden die meisten Tierspezies gesichtet. Die Blattlauskolonie (*Aphididae*) ging auf > 50 Exemplare zurück. Deren Antagonisten, Marienkäfer (*Coccinellidae*) im Larven- und Puppenstadium sowie die Larven des Australischen Marienkäfers (*Cryptolaemus montrouzieri*) wurden vereinzelt gesichtet. Ebenso kamen die Larve sowie eine Imago der Roten Weichwanze (*Deraeocoris ruber*), als auch mehrere Ameisen (*Formicidae*) vor. Beim vierten Monitoring im September 2020 (MT4) wurden lediglich Blattlauskolonien (*Aphididae*) mit > 50 Exemplaren gesichtet. Hier zeigten sich dafür mehrere Tierspuren, darunter Spinnennetze, eine tote Ameise (*Formicidae*) und eine tote Wespe (*Vespinae*). Die Anzahl vorgefundener Tierspezies an den Pflanzen verläuft entgegengesetzt zur Steigerung des Deckungsgrades innerhalb des Frequenzrahmens.



Abb. 37: Fotodokumentation Tiervorkommen am Standort Herzgasse 47 (H47)
(Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020; eigene Erstellung, KAINDL 2022)

Tabelle 71: Ergebnisse Tiervorkommen – Tierökologisches Monitoring: Übersicht über jene Tierspezies, die in der Herzgasse 47 (H47) an den vier Monitoringtagen zum Parameter Tiervorkommen im Substrat sowie an den Pflanzen gesichtet wurden. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| MONITORING TIERE 1 - 4 (MT1 - MT4) Herzgasse 47 (Modul 4) | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--------|-----------------------------|--------|------------------------------|--------|------------------|--------|
| | MT1 - 01.06.2020 | | MT2 - 06.07.2020 | | MT3 - 10.08.2020 | | MT4 - 13.09.2020 | |
| IM SUBSTRAT | Tierspezies gesamt: 0 | | gesamt: 2 | | gesamt: 1 | | gesamt: 1 | |
| Feuchtigkeit Substrat | | | | | | | | |
| trocken | | | | | x | | | |
| frisch | x | | x | | | | x | |
| feucht | | | | | | | | |
| Tiere Substrat | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl |
| | - | | Nacktschnecke | 1 | Springschwanz | > 5 | Hundertfüßer | 1 |
| | | | Ameisenkönigin | 2 | | | | |
| Tierspuren | | | | | | | | |
| | | | weiße Unterfeder | 1 | | | Wespe (tot) | 1 |
| AN DER PFLANZE | Tierspezies gesamt: 5 | | gesamt: 6 | | gesamt: 5 | | gesamt: 1 | |
| Feuchtigkeit Blätter | | | | | | | | |
| trocken | x | | x | | x | | x | |
| benetzt | | | | | | | | |
| nass | | | | | | | | |
| Deckungsgrad Rahmen | 25% | | 25% | | 30% | | 30% | |
| Tiere Pflanze | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl |
| | Blattläuse | > 100 | Blattläuse | > 100 | Blattläuse | > 50 | Blattläuse | > 50 |
| | Rote Weichwanze | 1 | Rote Weichwanze | 1 | Marienkäfer Larve | 1 | | |
| | Wildbiene | 1 | Wildbiene | 1 | Marienkäfer Puppe | 1 | | |
| | Schwebfliege (Puppe) | 2 | Schwebfliege (Puppe) | 2 | Austral. Marienkäfer (Larve) | 1 | | |
| | Schwebfliege (Larve) | 2 | Austral. Marienkäfer Larve) | 2 | Rote Weichwanze | 1 | | |
| | | | Ameise | 2 | Rote Weichwanze | 1 | | |
| | | | | | Ameise | 3 | | |
| Tierspuren | | Anzahl | | Anzahl | | Anzahl | | Anzahl |
| | - | | - | | Puppe (leere Hülle) | 2 | Spinnennetz | 2 |
| | | | | | | | Ameise (tot) | 1 |
| | | | | | | | Wespe (tot) | 1 |

Standort 7 – Kudlichgasse 14 (K14)

Die folgende Tabelle 72 und Abb. 38 zeigen die Ergebnisse zum Tiervorkommen in der Kudlichgasse 14 (K14). Im Substrat fanden sich erst beim zweiten Monitoring (MT2) Tiere, nämlich eine Wildbiene (*Apidae*) sowie mehrere Springschwänze (*Collembola*). Im August 2020 (MT3) sowie im September 2020 (MT4) fanden sich wiederum Springschwänze (*Collembola*) im Substrat, wobei die Anzahl zum Ende der Vegetationsperiode hin abnahm. Der Feuchtigkeitsgehalt des Substrates lag vorwiegend im trockenen Bereich.

An den Pflanzen fanden sich innerhalb des Frequenzrahmens vorwiegend im Juni 2020 (MT1) Tiere an den Pflanzen, nämlich einzelne Blattläuse (*Aphididae*) und zwar ein beflügeltes Tier (Stammutter) und ein pflanzensaugendes Tier. Weiters kamen hier eine Ameise (*Formicidae*) und ein junger Käfer (Ordnung *Coleoptera*) vor. Im Juli 2020 (MT2) und August 2020 (MT3) fanden sich weder Tiere noch Tierspuren an den Pflanzen. Erst beim vierten Monitoring im September 2020 (MT4) wurde die Larve einer Roten Weichwanze (*Deraeocoris ruber*) gesichtet sowie eine Tierspur (Feder). Der Deckungsgrad betrug im Verlauf annähernd gleich zwischen 15 % bis 20 %.



Abb. 38: Fotodokumentation Tiervorkommen am Standort Kudlichgasse 14 (K14)
(Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020; eigene Erstellung, KAINDL 2022)

Tabelle 72: Ergebnisse Tiervorkommen – Tierökologisches Monitoring: Übersicht über jene Tierspezies, die in der Kudlichgasse 14 (K14) an den vier Monitoringtagen zum Parameter Tiervorkommen im Substrat sowie an den Pflanzen gesichtet wurden. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| MONITORING TIERE 1 - 4 (MT1 - MT4) Kudlichgasse 14 (Modul 4) | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|-------------------------|--------|
| | MT1 - 01.06.2020 | | MT2 - 06.07.2020 | | MT3 - 10.08.2020 | | MT4 - 13.09.2020 | |
| IM SUBSTRAT | Tierspezies gesamt: 0 | | gesamt: 2 | | gesamt: 1 | | gesamt: 1 | |
| Feuchtigkeit Substrat | | | | | | | | |
| trocken | x | | | | x (oben) | | xx | |
| frisch | | | | | x (unten) | | | |
| feucht | | | x | | | | | |
| Tiere im Substrat | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl |
| | - | | Wildbiene | 1 | Springschwanz | > 5 | Springschwanz | 1 |
| | | | Springschwanz | > 5 | | | | |
| Tierspuren | | | | | | | | |
| | - | | - | | - | | - | |
| AN DER PFLANZE | Tierspezies gesamt: 3 | | gesamt: 0 | | gesamt: 0 | | gesamt: 1 | |
| Feuchtigkeit Blätter | | | | | | | | |
| trocken | x | | x | | x | | x | |
| benetzt | | | | | | | | |
| nass | | | | | | | | |
| Deckungsgrad Rahmen | 15% | | 20% | | 15% | | 20% | |
| Tiere an der Pflanze | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl | Gattung | Anzahl |
| | Blattlaus | 1 | - | | - | | Rote Weichwanze (Larve) | 1 |
| | Blattlaus (Stammutter) | 1 | | | | | | |
| | Ameise | 1 | | | | | | |
| | Käfer | 1 | | | | | | |
| Tierspuren | | Anzahl | | Anzahl | | Anzahl | | Anzahl |
| | - | | - | | - | | Feder | 1 |

Fazit – Monitoring Tiervorkommen

Die folgende Tabelle 73 zeigt die Auflistung aller Tierarten, die bei den vier Monitoring-Tagen im Juni, Juli, August und September 2020 an den vier Standorten gefunden wurden. Im Pflanzsubstrat fanden sich in der Herzgasse 47 (H47) am meisten verschiedene Tierspezies (4), nämlich Hundertfüßer (*Chilopoda*), Springschwanz (*Collembola*), Nacktschnecke (Familie *Agriolimacidae*) und Ameisen-Jungkönigin (*Formicidae*). In der Jagdgasse 25 (J25) wurden am wenigsten Tierspezies gefunden (1). Springschwänze (*Collembola*) fanden sich an allen vier Standorten, außer in der Jagdgasse 25 (J25). Asseln (*Oniscidea*) fanden sich nur an den beiden Standorten mit *Parthenocissus tricuspidata* (A05, J25). Eine Wildbiene (*Apidae*) im Substrat wurde nur in der Kudlichgasse 14 (K14) gesichtet.

An den Pflanzen fanden sich in der Herzgasse 47 (H47) die meisten verschiedenen Tierspezies (8). Es ist der einzige Standort, an dem sich eine Blattlauspopulation (*Aphididae*) angesiedelt hat und an dem auch verschiedene Marienkäferarten (*Cryptolaemus montrouzieri*, *Coccinellidae*) sowie deren Larven gesichtet wurden. Auch eine Schmetterlingslarve (*Lepidoptera*) sowie mehrere verpuppte Schwebfliegen (*Syrphidae*) wurden nur an diesem Standort vorgefunden. Dicht gefolgt von der Herzgasse 47 ist die Absberggasse 5 (A05) mit sechs verschiedenen Tierspezies. An diesem Standort wurden auch die meisten Fluginsekten gesichtet, nämlich Honigbienen (*Apis*), Wespen (*Vespinæ*) und Fliegen (*Calliphoridae*). Die Jagdgasse 25 (J25) ist der einzige Standort, an dem Zikaden (Bläulingszikade - *Metcalfa pruinosa*) sowie deren Larven vorkamen. Am wenigsten verschiedene Tierspezies wurden in der Kudlichgasse 14 (K14) gefunden (4). Es ist der einzige Standort, an dem ein Käfer (Ordnung *Coleoptera*) gesichtet wurde. Die Ameisen (*Formicidae*) sind die einzige Tierspezies, die an allen vier untersuchten Standorten aufgefunden wurden.

Bei Betrachtung des gesamten Standortes (im Substrat und an der Pflanze) wurden in der Herzgasse 47 (H47) die meisten verschiedenen Tierspezies gefunden (12). Die Absberggasse 5 (A05) liegt mit acht verschiedenen Tierspezies im guten Mittelfeld. In der Jagdgasse 25 (J25) sowie in der Kudlichgasse 14 (K14) wurden die wenigsten unterschiedlichen Tierspezies gesichtet (jeweils 6).

Tabelle 73: Summe aller gefundenen Tierspezies der vier Standorte Absberggasse 5 (A05), Jagdgasse 25 (J25), Herzgasse 47 (H47), Kudlichgasse 14 (K14) bei allen vier Tiermonitorings.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

| ERGEBNISSE TIERVORKOMMEN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|--------------|---------------|-------|----------------|---------------|-----------|-------------|-----------|--------|--------|----------------|-------------|-------|---------------|--------------|-------|-----------|------------|-------------|-------|--------|--------|
| Juni, Juli, August, September 2020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kürzel | Standort | IM SUBSTRAT | | | | | | AN PFLANZEN | | | | | | | | | | | | GESAMTSUMME | | | |
| | | Hundertfüßer | Springschwanz | Assel | Ameisenkönigin | Nacktschnecke | Wildbiene | Gesamt | Blattlaus | Ameise | Spinne | Zikade (Larve) | Marienkäfer | Wanze | Schmetterling | Schwebfliege | Käfer | Wildbiene | Honigbiene | | Wespe | Fliege | Gesamt |
| A05 | Absberggasse 5 | | x | x | | | | 2 | | x | x | | | L | | | | | x | x | x | 6 | 8 |
| J25 | Jagdgasse 25 | | | x | | | | 1 | x | x | x | x | x | | | | | | | | | 5 | 6 |
| H47 | Herzgasse 47 | x | x | | x | x | | 4 | x | x | | | L, P, x, L | L | P | | x | x | | | | 8 | 12 |
| K14 | Kudlichgasse 14 | | x | | | | x | 2 | x | x | | | | L | | | x | | | | | 4 | 6 |

| LEGENDE |
|------------|
| x... Imago |
| L... Larve |
| P... Puppe |

Ergebnisse Akzeptanz von Tieren

Standort Absberggasse 5 (A05) (siehe Tabelle 74)

Zum Zeitpunkt des ersten Interviews (im April 2020) wurden von den Pflegebeauftragten noch keine Tiere an den BeRTA-Modulen gesichtet. Beim zweiten Interview im Oktober 2020 wurde über das Vorkommen von Marienkäfern, Schmetterlingen und Bienen und auch Wespen berichtet. Die Schmetterlinge, darunter mehrere Zitronenfalter, wurden vor allem im Sommer gesichtet. Bienen kamen zunächst vereinzelt vor, zum Zeitpunkt der Blüte und der Fruchtbildung dann auch in größerer Anzahl.

Die Werthaltung der befragten Person(en) gegenüber Tieren an der Begrünung war bereits zu Beginn positiv und hat sich während der Vegetationsperiode sogar noch verstärkt. Genauso wie die Pflanzen in die Höhe gewachsen sind, ist auch die Werthaltung gegenüber dem Vorkommen von Tieren gestiegen. Bienen sind dabei als besonders schützenswert herausgekommen. Das Vorkommen anderer Tiere (z. B. Wespen) wurde als neutral bewertet. Schmetterlinge und Marienkäfer haben das Interesse geweckt und zum Fotografieren der Tiere angeregt. Die anfängliche Skepsis gegenüber dem Auftauchen möglicher Schädlinge (wie Blattläuse) ist bis zum zweiten Interview vergangen. Im Gegenteil, das Entdecken und Beobachten der Tiere war ein freudiges Ereignis und hat die positive Werthaltung gegenüber dem Pflanzenwachstum und der Begrünung an sich gestärkt.

Tabelle 74: Ergebnisse Tiervorkommen – Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren: Interview mit den Pflegebeauftragten in der Absberggasse 5 (A05).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| AKZEPTANZ VON TIEREN - INTERVIEW MIT DEN PFLEGEBEAUFTRAGTEN Absberggasse 5 (A05) | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------|--|----------------------------------|---------|---|--|--|
| Kategorie/Frage | Interview APR 2020 | | | | Interview OKT 2020 | | | | |
| VORKOMMEN VON TIEREN | | | | | | | | | |
| | nein | ja | welche? | | nein | ja | welche? | | |
| Haben Sie an den BeRTA-Modulen (im Trog selber oder an den Pflanzen) Tiere entdeckt? | x | | | | | x | Marienkäfer, Bienen, Wespen, Schmetterlinge | | |
| WERTEHALTUNG GEGENÜBER TIEREN | | | | | | | | | |
| Wie würden Sie persönlich das Vorkommen von Tieren bewerten? Positiv (im Sinne von Tiere beobachten und Lebensraum schaffen), neutral, oder eher negativ? | positiv | neutral | negativ | | positiv | neutral | negativ | | |
| | + | +/- | - | | + | +/- | - | | |
| AKZEPTANZ GEGENÜBER TIEREN | | | | | | | | | |
| Welche Tiere würden Sie an den Modulen akzeptieren bzw. nicht akzeptieren? | akzeptieren | | nicht akzeptieren | | akzeptieren | | nicht akzeptieren | | |
| | Vogel, Schmetterling | | Läuse | | Bienen, andere Tierarten neutral | | --- | | |

Standort Jagdgasse 25 (J25) (siehe Tabelle 75)

Beim ersten Interview (im April 2020) wurden von der interviewten Person noch keine Tiere an den BeRTA-Modulen entdeckt. Die Vermutung lag jedoch nahe, dass die Gartenameisen, die gegenwärtig den Innenhof besiedeln mit fortschreitendem Pflanzenwachstum auch die Kletterpflanzen als Lebensraum entdecken würden. Diese Vermutung hat sich während der Vegetationsphase nicht bestätigt. Bis zum zweiten Interview im Oktober 2020 wurden vereinzelt Hummeln, Bienen und Wespen gesichtet sowie einmalig eine Krähe. Eine Häufung an Fluginsekten zur Blüte- bzw. Fruchtreifezeit konnte nicht bemerkt werden.

Die befragte Person stand bereits zu Beginn dem Vorkommen von Tieren mit einer durchwegs positiven Werthaltung gegenüber. Bedenken gab es lediglich bezüglich dem Vorkommen von Bienen und der Nähe zur umliegenden Schule (Allergiker*innen). Während der Vegetationsphase blieb die positive Werthaltung gegenüber allen Tierarten bestehen. Fluginsekten (Bienen, Wespen, Hummeln) wurden seit der Begrünung vereinzelt in den Innenräumen bemerkt. Entgegen den anfänglichen Bedenken (Allergiker*innen) wurden diese jedoch ohne Probleme wieder beim nächsten Fenster hinausgeleitet. Auch das Auftreten von Schädlingen (wie Blattläuse, Fraßspuren am Blatt) wurde als neutral bewertet. Der Fokus lag gezielt darauf durch mehr Grün auch einen Lebensraum für Tiere zu schaffen und sich an den erfolgreich angewachsenen Pflanzen sowie dem Vorkommen von Tieren zu erfreuen.

Tabelle 75: Ergebnisse Tiervorkommen – Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren: Interview mit den Pflegebeauftragten in der Jagdgasse 25 (J25).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| AKZEPTANZ VON TIEREN - INTERVIEW MIT DEN PFLEGEBEAUFTRAGTEN Jagdgasse 25 (J25) | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---|--|--------------------|---------|-----------------------------|--|--|
| Kategorie/Frage | Interview APR 2020 | | | | Interview OKT 2020 | | | | |
| VORKOMMEN VON TIEREN | | | | | | | | | |
| | nein | ja | welche? | | nein | ja | welche? | | |
| Haben Sie an den BeRTA-Modulen (im Trog selber oder an den Pflanzen) Tiere entdeckt? | x | | | | | x | Hummel, Wespe, Biene, Krähe | | |
| WERTEHALTUNG GEGENÜBER TIEREN | | | | | | | | | |
| Wie würden Sie persönlich das Vorkommen von Tieren bewerten? Positiv (im Sinne von Tiere beobachten und Lebensraum schaffen), neutral, oder eher negativ? | positiv | neutral | negativ | | positiv | neutral | negativ | | |
| | + | +/- | - | | + | +/- | - | | |
| AKZEPTANZ GEGENÜBER TIEREN | | | | | | | | | |
| Welche Tiere würden Sie an den Modulen akzeptieren bzw. nicht akzeptieren? | akzeptieren | | nicht akzeptieren | | akzeptieren | | nicht akzeptieren | | |
| | alle | | Bienen - Bedenken wg. Nähe zur Schule bzw. Büro | | alle | | --- | | |

Standort Herzgasse 47 (H47) (siehe Tabelle 76)

Zum Zeitpunkt des ersten Interviews (im April 2020) wurden von der pflegebeauftragten Person noch gar keine Tiere bzw. Tierspuren an den BeRTA-Modulen entdeckt. Bis zum zweiten Interview im November 2020 gab es einen Blattlausbefall an allen Pflanzen, der über die gesamte Vegetationsphase hin andauerte. Daher wurden Marienkäferlarven ausgebracht, die in den verschiedensten Entwicklungsstadien gesichtet wurden. Abgesehen davon wurden noch kleine Spinnen, mehrere kleine Mücken sowie mehrere Raupen, Schmetterlinge, Bienen und Wespen und sogar einmal ein Taubenschwänzchen gesichtet.

Die Werterhaltung der befragten Person gegenüber Tieren an der Begrünung war zu Beginn durchaus positiv. Lediglich dem Vorkommen gegenüber Vögeln bzw. Vogelkot wurden Bedenken geäußert, da es in der Umgebung sehr viele Tauben gibt. Über die Vegetationsphase hin blieb die Werterhaltung (trotz dem Blattlausbefall) positiv. Das Interesse zur biologischen Schädlingsbekämpfung (z. B. durch Einsatz von Nützlingen) war sehr groß und die Erfahrungswerte wurden für die kommende Vegetationsperiode dahingehend optimiert, dass ein künftiger Blattlausbefall schon früher erkannt und entsprechend abgewehrt werden kann. Besondere Freude wurde durch das Beobachten von Schmetterlingen, Bienen und vor allem der einmaligen Begegnung mit dem Taubenschwänzchen ausgelöst.

Tabelle 76: Ergebnisse Tiervorkommen – Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren: Interview mit den Pflegebeauftragten in der Herzgasse 47 (H47).
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| AKZEPTANZ VON TIEREN - INTERVIEW MIT DEN PFLEGEBEAUFTRAGTEN Herzgasse 47 (H47) | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------|-------------------------------|--|--------------------|---------|-------------------|--|--|
| Kategorie/Frage | Interview APR 2020 | | | | Interview NOV 2020 | | | | |
| VORKOMMEN VON TIEREN | | | | | | | | | |
| | nein | ja | welche? | | nein | ja | welche? | | |
| Haben Sie an den BeRTA-Modulen (im Trog selber oder an den Pflanzen) Tiere entdeckt? | x | | | | | x | *1 - *8 | | |
| WERTEHALTUNG GEGENÜBER TIEREN | | | | | | | | | |
| Wie würden Sie persönlich das Vorkommen von Tieren bewerten? Positiv (im Sinne von Tiere beobachten und Lebensraum schaffen), neutral, oder eher negativ? | positiv | neutral | negativ | | positiv | neutral | negativ | | |
| | + | +/- | - | | + | +/- | - | | |
| AKZEPTANZ GEGENÜBER TIEREN | | | | | | | | | |
| Welche Tiere würden Sie an den Modulen akzeptieren bzw. nicht akzeptieren? | akzeptieren | | nicht akzeptieren | | akzeptieren | | nicht akzeptieren | | |
| | alle | | Vögel - Bedenken wg. Vogelkot | | alle | | --- | | |

*Arten von vorkommenden Tieren

*1...Blattlauskolonien

*2...Marienkäfer (alle Entwicklungsstadien)

*3...kleine Mücken

*4...Spinnen

*5...Bienen

*6...Wespen

*7...Raupen & Schmetterlinge

*8...Taubenschwänzchen

Standort Kudlichgasse 14 (K14) (siehe Tabelle 77)

Am Standort Kudlichgasse 14 (K14) wurde nur ein Interview durchgeführt. Die Aussagen über das Vorkommen und die Akzeptanz gegenüber Tieren an den BeRTA-Modulen beziehen sich daher nur auf den Zeitpunkt zu Beginn der ersten Vegetationsphase der Pflanzen im Mai 2020. Zu dieser Zeit wurden bereits mehrere Spinnen an den Pflanzen gesichtet.

Die Werterhaltung der befragten Person(en) gegenüber Tieren an der Begrünung war durchwegs positiv. Einerseits war das Vorkommen an sich neutral bis positiv zu bewerten, der Fokus lag jedoch eher an der Vorstellung einen Lebensraum bzw. ein intaktes kleines Ökosystem in der Stadt zu schaffen und damit einen positiven Beitrag gegenüber der Umwelt zu leisten. Bedenken gab es lediglich gegenüber dem Auftreten von Schädlingen. Dies lag in dem daraus resultierenden erhöhten Pflegeaufwand und damit entstehenden Kosten begründet.

Tabelle 77: Ergebnisse Tiervorkommen – Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren: Interview mit den Pflegebeauftragten in der Kudlichgasse 14 (K14).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| AKZEPTANZ VON TIEREN - INTERVIEW MIT DEN PFLEGEBEAUFTRAGTEN Kudlichgasse 14 (K14) | | | | | | | |
|---|------------------------|---------|-------------------|--------------------|---------|-------------------|---------|
| Kategorie/Frage | Interview MAI 2020 | | | Interview OKT 2020 | | | |
| VORKOMMEN VON TIEREN | | | | | | | |
| Haben Sie an den BeRTA-Modulen (im Trog selber oder an den Pflanzen) Tiere entdeckt? | nein | ja | welche? | nein | ja | welche? | |
| | | x | Spinnen | | | | |
| WERTEHALTUNG GEGENÜBER TIEREN | | | | | | | |
| Wie würden Sie persönlich das Vorkommen von Tieren bewerten? Positiv (im Sinne von Tiere beobachten und Lebensraum schaffen), neutral, oder eher negativ? | positiv | neutral | negativ | | positiv | neutral | negativ |
| | + | +/- | - | | + | +/- | - |
| AKZEPTANZ GEGENÜBER TIEREN | | | | | | | |
| Welche Tiere würden Sie an den Modulen akzeptieren bzw. nicht akzeptieren? | akzeptieren | | nicht akzeptieren | akzeptieren | | nicht akzeptieren | |
| | alle, besonders Bienen | | Schädlinge | | | | |

FAZIT – Akzeptanz von Tieren

Im folgenden Teil werden die Ergebnisse aus den Interviews der einzelnen Standorte Absberggasse 5 (A05), Jagdgasse 25 (J25), Herzgasse 47 (H47) und Kudlichgasse 14 (K14) über das Vorkommen und die Akzeptanz von Tieren an den BeRTA-Modulen miteinander verglichen. Die folgende Tabelle 78 gibt dabei einen Überblick darüber, welche Tierarten in Summe an den Standorten gesichtet wurden, wie sich die Werthaltung gegenüber Tieren im Laufe der Vegetationsphase 2020 verändert hat sowie welchen Tierarten geringere und welchen größere Akzeptanz entgegengebracht wurde.

Beim ersten Interview im April/Mai 2020 war die Kudlichgasse 14 der einzige Standort, an dem bereits Tiere, in diesem Fall Spinnen, entdeckt wurden. Wie sich das im Laufe der Vegetationsphase verändert hat konnte aufgrund des fehlenden zweiten Interviews im Oktober/November 2020 nicht weiter eruiert werden. An den beiden Standorten mit *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschi' wurden bis zum zweiten Interview bereits vier verschiedene Tierarten entdeckt, wobei die Varianz in der Absberggasse 5 mit differenzierteren Tierordnungen (Hautflügler, Käfer, Schmetterlinge) vorkamen als in der Jagdgasse 25 (Hautflügler, Sperlingsvögel). In der Herzgasse 47 (H47) wurden bis zum November 2020 in Summe die meisten unterschiedlichen Tierarten bzw. Tierordnungen gesichtet. Dieser Standort ist auch der einzige, an dem ein deutlicher Schädlingsbefall mit Blattläusen auftrat, aber auch der einzige Standort, an dem ein Taubenschwänzchen (ebenfalls Ordnung der Schmetterlinge) beobachtet werden konnte.

Gegenüber dem Vorhandensein von Tieren an den Pflanzen oder im Pflanzsubstrat hatten alle Befragten beim ersten Interview (April/Mai 2020) eine positive Werthaltung. Diese blieb auch bis zum zweiten Interview (Oktober/November 2020) aufrecht bzw. wurde in der Absberggasse 5 sogar noch verstärkt. Das Vorkommen von Fluginsekten wie Bienen, Hummeln und Schmetterlinge wurde von allen Befragten als besonders positiv wahrgenommen und mit großer Freude beobachtet. Besonders bei Bienen war eine besondere Erwartungshaltung gegeben bzw. wurde diese Tierart als besonders schützenswert favorisiert. Eine weitere Gemeinsamkeit aller Befragten war das Bewusstsein darüber, dass durch die Pflanzen bzw. das Mehr an Grün ein wertvoller Lebensraum für Tiere geboten werden kann. Der Bezug zwischen Pflanzenwachstum und dem Vorkommen von Tieren war stets gegenwärtig. Es zeigte sich auch, dass sich anfängliche Bedenken gegenüber gewissen Tierarten, z. B. Vogelkot durch Tauben (H47), oder Schädlinge (A05, K14) zerstreuten.

Unterschiede im Vergleich der vier Standorte zeigten sich bei der Detailbetrachtung der Werthaltung. So wurde in der Absberggasse 5 das Beobachten der Fluginsekten (besonders Bienen, Schmetterlinge, Marienkäfer) als besonders positiv erlebt und regte zum genaueren Hinschauen und Fotografieren an. In der Jagdgasse 25 war das Vorkommen von Tieren eher zweitrangig. Hier standen das Pflanzenwachstum und der Mehrwert durch die Pflanzen im Vordergrund. Jedoch würde ein artenreiches Tiervorkommen ein Indiz für eine erfolgreiche Fassadenbegrünung mit einer flächig bewachsenen Fassade darstellen. In der Herzgasse 47 wurde der massive Blattlausbefall zwar als Problem empfunden, jedoch war die positive Werthaltung gegenüber dem Tiervorkommen dennoch gegeben. Vor allem der Besuch des Taubenschwänzchens wurde als freudiges Ereignis wahrgenommen. Der Lerneffekt durch die Blattlausbekämpfung war hier jedoch am meisten ausgeprägt.

Ein weiterer Unterschied war in der Nähe zur Begrünung und damit zu den Tieren auszumachen. So hatten alle Befragten, die zumindest mehrmals pro Woche vor Ort waren (z. B. aus Gründen des Wohnens oder Arbeitens im Haus) eine wesentlich konkretere Vorstellung und Werthaltung gegenüber dem Vorkommen an Tieren. Bei jenen Personen, die nicht so nahe am Geschehen waren (K14), konnte zwar ebenfalls eine positive Werthaltung gegenüber dem Tiervorkommen ausgemacht werden, jedoch lag der Fokus hier an der Schaffung von Lebensraum in der Stadt und weniger auf der Freude des Entdeckens und Beobachtens.

Tabelle 78: Vergleich der vier Untersuchungsstandorte zum Tiervorkommen sowie der Werthaltung und Akzeptanz gegenüber von Tieren.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| VORKOMMEN UND AKZEPTANZ VON TIEREN | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--|-------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Vergleich der Interviewergebnisse von Mrz./Apr. 2020 & Okt./Nov. 2020 | | | | | | | | | | |
| Kürzel | Standort | Vorkommen Tiere (Σ Arten) 1. Interview | Zu-/Abnahme 1. - 2. Interview | Vorkommen Tiere (Σ Arten) 2. Interview | Werthaltung zu Tieren 1. Interview | Zu-/Abnahme 1. - 2. Interview | Werthaltung zu Tieren 2. Interview | Akzeptanz Tiere 1. Interview | Zu-/Abnahme 1. - 2. Interview | Akzeptanz Tiere 2. Interview |
| A05 | Absbergasse 5 | 0 | + | 4* | + positiv | + | + positiv | JA + NEIN | + | JA |
| J25 | Jagd-gasse 25 | 0 | + | 4** | + positiv | ↪ | + positiv | JA | ↪ | JA |
| H47 | Herz-gasse 47 | 0 | + | 8*** | + positiv | ↪ | + positiv | JA + NEIN | + | JA |
| K14 | Kudlich-gasse 14 | 1**** | | k. A. | + positiv | | k. A. | JA | | k. A. |

Arten von vorkommenden Tieren

- * ...Marienkäfer, Biene, Wespe, Schmetterling
- ** ...Hummel, Wespe, Biene, Krähe
- *** ...Blattlaus, Marienkäfer (+Larven), Mücke, Spinne, Biene, Wespe, Schmetterling (+Larven), Taubenschwänzchen
- **** ...Spinne

| LEGENDE | |
|---------|------------|
| + | Zunahme |
| ↪ | Stagnation |
| — | Abnahme |

4 ANALYSE & DISKUSSION

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse zu den Systemkomponenten Pflanztrog, Substrat, Kletterhilfe, Pflanzen und Pflege aus Kapitel 2 in einem Anforderungskatalog entsprechend der Forschungsfragen F1.1 und F1.2 dargestellt. Daraufhin erfolgt die Bewertung des jeweiligen Indikators (Pflanzenentwicklung, Pflege, Vorkommen von Tieren) aus dem Feldversuch mit dem BeRTA-Grünfassadenmodul. Diese beiden Komponenten, Anforderungskatalog und Bewertung mit dem BeRTA-System, werden daraufhin miteinander verschränkt und analysiert und mit Fachliteratur diskutiert. Gegliedert wird die Analyse sowie die Diskussion entsprechend der Forschungsfragen F2, F3, F4.1, F4.2. Zunächst wird auf die Pflanzenentwicklung eingegangen (F2), anschließend auf die Pflege (F3) inklusive der Schädlingskontrolle (F4.1, F4.2). Eine Übersicht zum Bewertungssystem der mit dem BeRTA-Grünfassadenmodul gibt die Tabelle 79.

Tabelle 79: Übersicht über das Bewertungssystem für das Gesamtranking der drei Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| GESAMTRANKING - ÜBERSICHT ÜBER DAS BEWERTUNGSSYSTEM | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---------|----------------|---|----------|---------|----------------|--|----------|---------|----------------|
| INDIKATOR PFLANZENENTWICKLUNG | | | | INDIKATOR PFLEGE | | | | INDIKATOR TIERVORKOMMEN | | | |
| 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | mal Gewichtung | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | mal Gewichtung | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | mal Gewichtung |
| ↑ | | | | ↑ | | | | ↑ | | | |
| Pflanzenmonitoring | | | | Pflegeaufwand | | | | Tiervorkommen | | | |
| Gesamtdeckungsgrad | | | | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | | Tiere im Substrat | | | |
| Vitalität | | | | Gießen, Düngen, Leitung Pflanztriebe, Schädlinge, Funktion Pflanztrog | | | | Tiere an den Pflanzen | | | |
| Pflanzenvolumen | | | | Mangelerscheinungen an den Blättern | | | | Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren | | | |
| Wuchshöhe/-breite | | | | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | | Werterhaltung | | | |
| Triebdurchmesser | | | | Auftreten von Schadbildern an den Blättern | | | | Akzeptanz | | | |
| | | | | Nährstoffgehalt | | | | | | | |
| | | | | 3 Punkte | 2 Punkte | 1 Punkt | | | | | |
| | | | | Makronährstoffe, Mikronährstoffe | | | | | | | |

4.1 Pflanzenentwicklung

Für die Erstellung des Anforderungskatalogs zur Pflanzenentwicklung, wurden alle bau- und vegetationstechnisch relevanten Systemkomponenten herangezogen, nämlich der Pflanztrog, das Substrat, die Kletterhilfe sowie die Pflanzen selbst. Für die Bewertung anhand des BeRTA-Systems wurden die Ergebnisse aus dem Pflanzenmonitoring sowie dem Pflanzenvolumen verwendet. In der anschließenden Diskussion werden beide Teile in Bezug zueinander gestellt und mit den Erkenntnissen weiterer Fachliteratur ergänzt.

4.1.1 Anforderungskatalog zur Pflanzenentwicklung

Die folgende Tabelle 80 zeigt den Anforderungskatalog zur Pflanzenentwicklung. Hier sind noch einmal alle relevanten bau- und vegetationstechnischen Systemkomponenten aus Kapitel 2 zusammengefasst, die wesentlichen Einfluss auf die Pflanzenentwicklung haben. Hierzu zählen die Komponenten Pflanztrog, Substrat, Kletterhilfe sowie die Pflanzen selbst. Jede Komponente wird in ihre relevanten Bereiche unterteilt, zu denen die jeweiligen Anforderungen aus den Regelwerken sowie beeinflussende Faktoren angegeben werden sowie in welchem Regelwerk oder Empfehlung diese gefunden werden. Alle Anforderungen zusammen bilden den Stand der Technik ab, nach dem eine nachhaltig funktionierende trogebundene Vertikalbegrünung geplant und umgesetzt werden kann.

Pflanztrog

Beim Pflanztrog ist zunächst das Material relevant. Dieses muss stabil sein und die Standsicherheit gewährleisten. Zudem muss es beständig gegenüber Einflüssen von außen (z. B. Witterung), als auch Einflüssen von innen (z. B. Wurzeldruck) sein. Metalle müssen korrosionsbeständig sein und generell darf der Pflanztrog keinerlei pflanzenlösliche Substanzen enthalten (ÖNORM L 1136, 2021). Die Dimensionierung des Pflanztroges ist standortgegeben von der Gehsteigbreite abhängig (mind. Restgehsteigbreite von zwei Metern) (BO FÜR WIEN; ÖFSV, 2004) sowie pflanzenseitig vom technischen Aufbau (ÖNORM L 1136, 2021). Bei der Bewässerung muss im Vorfeld geklärt werden, ob diese manuell erfolgt, oder eine Bewässerungsanlage installiert wird (ÖNORM L 1136, 2021; ÖNORM L 1112, 2010). Bei ersterem ist ein Wasserstandsanzeiger im Pflanztrog nötig sowie die Festlegung einer pflegebeauftragten Person (DOPHEIDE et al., 2021), bei letzterem eine Anschlussmöglichkeit am Gebäude und eine projektspezifische Fachplanung (ÖNORM L 1136, 2021). Neben der Bewässerung muss es die Möglichkeit zur Entwässerung geben. Diese erfolgt über einen Notüberlauf (ÖNORM L 1136, 2021) sowie eine Erhöhung des Pflanztroges zwischen Gehsteig und Wasserabfluss (OPTIGRÜN, 2018).

Substrat

Die Art und Zusammensetzung des Substrates hängt von den Bedürfnissen der ausgewählten Pflanzen ab, den Standortfaktoren, welche auf die Pflanzen einwirken sowie dem Pflegekonzept (ÖNORM L 1136, 2021; FLL, 2018). Die Füllmenge des Substrates wird an die jeweilige Pflanzenart angepasst, vor allem jedoch an die zu erwartende max. Wuchshöhe. Für

Kletterpflanzen kommen meist Schüttstoffgemische zum Einsatz, die in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften angelehnt sind an die Anforderungen von Intensivsubstraten für Dachbegrünungen (ÖNORM L 1136, 2021). Zu finden sind diese in der ÖNORM L 1131 (2010). Anforderungen an die physikalischen Substrateigenschaften werden vor allem bei der Planung und der Zusammenstellung der Komponenten berücksichtigt sowie deren normgerechte Ausführung (ÖNORM L 1136, 2021). Die Entfaltung der chemischen Eigenschaften ist vor allem von der Umsetzung zeitgerechter und fachlich korrekter Pflegemaßnahmen, wie die Entfernung von organischem Material (Laub), Düngung oder die bedarfsgerechte Bewässerung (ÖNORM L 1136, 2021; FLL, 2018; DOPHEIDE et al., 2021).

Kletterhilfe

Die Wahl der Kletterhilfe ist zum einen von der Art der zu begrünenden Fassade und deren Beschaffenheit abhängig sowie von der Kletterstrategie der ausgewählten Pflanzenart. Hinzu kommen ästhetische Kriterien, ob die Begrünung der Fassade horizontal, vertikal oder flächig erfolgen soll (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021). Ist die Wahl gefallen, so ist beim Material der Kletterhilfe darauf zu achten, dass dieses witterungsbeständig ist und keine lösliche Oberflächenbeschichtung enthält. Kommen Metalle zum Einsatz, so sind diese gemäß der ÖNORM EN ISO 12944-6 auf ihre Korrosionsbeständigkeit zu prüfen (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021). Bei der Dimensionierung der Kletterhilfe sind die Wuchseigenschaften der ausgewählten Pflanzenart entscheidend. Wichtig erscheinen die max. zu erwartende Wuchshöhe, der jährliche Wuchszuwachs (Wuchshöhe/Wuchsbreite) sowie der max. Triebdurchmesser (Wandabstand) (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021). Zu berücksichtigen sind auch Materialspannungen und statische Lasteinwirkungen. Hierzu zählen Eigen-, Schnee-, Eis- und Windlasten. Diese sind zum Teil auch durch fachgerechte Pflegemaßnahmen zu regulieren, z. B. durch Leitung der Pflanztriebe, oder Rückschnitt von Totholz (DOPHEIDE et al., 2021). Neben den Regelwerken (ÖNORM L 1136, 2021; FLL, 2018) liefern auch Fachfirmen im Bereich der Vertikalbegrünung detaillierte Informationen und Hilfestellung bei der Planung von Kletterhilfen (JAKOB AG, 2021; VERTIKO GMBH, 2021b).

Pflanzenauswahl

Die Auswahl geeigneter Kletterpflanzen hängt zunächst von den Standortbedingungen ab. Hier sind die Besonnung, das Mikroklima und das Pflegekonzept (Gießen, Düngen, Leitung Pflanztriebe) beeinflussende Faktoren (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021; DOPHEIDE et al., 2021). Die Wahl der Pflanzenart ist unter anderem vom Begrünungsziel abhängig (Begrünung horizontal/vertikal/flächig, Deckungsgrad, max. Wuchshöhe) sowie vom Pflegeaufwand (FLL, 2018). Die Auswahl der Kletterpflanzen steht in starker Wechselbeziehung zu den zuvor beschriebenen Komponenten Pflanztroge, Substrat und Kletterhilfe. Daher werden diese auch hier im Anforderungskatalog erwähnt. So gilt es ausschließlich pflanzenverträgliche Materialien zu verwenden (ÖNORM L 1136, 2021) sowie Volumina und Dimensionierung auf die Wuchseigenschaften der Pflanzen abzustimmen (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021).

Tabelle 80: Anforderungskatalog zur Pflanzenentwicklung
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| ANFORDERUNGSKATALOG PFLANZENENTWICKLUNG | | | | |
|--|--|--|--|---|
| PFLANZTROG | | | | |
| | Material | Dimensionierung | Bewässerung | Entwässerung |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | Beständigkeit gegen Witterung, Wurzeldruck, Korrosion, frei von pflanzenschädli. Substanzen, Stabilität, Standsicherheit | Gehsteigbreite, technischer Aufbau, | Anschlussmöglichkeiten, Festlegung wer Pflege übernimmt, Wasserstandsanzeige, technischer Aufbau | weitere Komponenten wie Notüberlauf, Unterlagsstreifen |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | ÖNORM L 1136 (2021) | BO FÜR WIEN, RVS 03.02.12, ÖNORM L 1136 (2021) | ÖNORM L 1136 (2021), ÖNORM L 1112 (2010), DOPHEIDE et al. (2021), DIE UMW ELTBERATUNG (2022b) | ÖNORM L 1136 (2021), OPTIGRÜN (2018) |
| SUBSTRAT | | | | |
| | Art/Komponenten | Füllmenge/Volumen | physikal. Eigenschaften | chem. Eigenschaften |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | Pflanzenauswahl, Standortfaktoren, Pflege | Pflanzenart, zu erwartende Wuchshöhe | Planung und Zusammenstellung Komponenten, techn. Aufbau nach Norm, | Pflege: Entfernung von organ. Material, Düngung, Bewässerung |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | ÖNORM L 1136 (2021), FLL (2018) | ÖNORM L 1136 (2021) | ÖNORM L 1131 (2010), ÖNORM L 1136 (2021) | ÖNORM L 1131 (2010), ÖNORM L 1136 (2021) FLL (2018), DOPHEIDE et al. (2021) |
| KLETTERHILFE | | | | |
| | Art | Material | Dimensionierung | Statik |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | Art der Fassade, Kletterstrategie der Pflanzenauswahl, Begrünung horizontal/vertikal/flächig | Witterungsbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit (Metalle), keine lösliche Oberflächenbeschichtung | Pflanzenart, Wüchsigkeit, max. Wuchshöhe, jährl. Wuchszuwachs, Triebdurchmesser | Eigen-, Schnee-, Eis-, Windlasten, Materialspannungen, fachgerechte Pflege |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021) | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021), ÖNORM EN ISO 12944-6 | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021) | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021), DOPHEIDE et al. (2021) |
| PFLANZENAUWAHL | | | | |
| | Standort | Pflanzenart | Pflanztrog, Substrat, Kletterhilfe | |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | Besonnung, Mikroklima, Pflege, Art der Fassade, | Begrünungsziel (horizontal, vertikal, Deckungsgrad), max. Wuchshöhe, Pflegeaufwand | Verwendung pflanzenverträglicher Materialien, Volumina, Dimensionierung, auf Wuchseigenschaften der Pflanzen abstimmen | |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021) DOPHEIDE et al. (2021) | FLL (2018) | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021) | |

4.1.2 Bewertung mit BeRTA-System - Indikator Pflanzenentwicklung

Tabelle 81: Bewertung Indikator Pflanzenentwicklung an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| | | Absberggasse 5 | Jagdgasse 25 | Herzgasse 47 | Kudlichgasse 14 |
|---|-------------------------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|
| BEWERTUNG - INDIKATOR PFLANZENENTWICKLUNG | | | | | |
| PARAMETER PFLANZENENTWICKLUNG | | Punkte | Punkte | Punkte | Punkte |
| | Pflanzenmonitoring | | | | |
| | Gesamtdeckungsgrad | 6 | 6 | 6 | 3 |
| | Vitalität | 6 | 6 | 6 | 4 |
| | Pflanzenvolumen | | | | |
| | Wuchshöhe | 4 | 4 | 6 | 6 |
| | Triebdurchmesser (Wurzelhals) | 3 | 3 | 2 | 3 |
| Gesamtsumme | 19 | 19 | 20 | 16 | |

| | | | |
|---|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Endergebnis Indikator Pflanzenentwicklung | Unzureichend (0-12 Punkte) | Gut (13-24 Punkte) | Überragend (25-36 Punkte) |
|---|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|

Die Bewertung der Pflanzenentwicklung (Tabelle 81) zeigte bei allen vier untersuchten Standorten ein gutes Ergebnis (Gut = 13-24 Punkte). Bei genauerer Betrachtung zeigte sich jedoch, dass die Kudlichgasse 14 mit 16 Punkten am niedrigsten bewertet wurde. Hier war zwar die Wuchshöhe aufgrund der arttypischen Wuchseigenschaften von *Wisteria floribunda* am höchsten, jedoch wurde durch den deutlich geringeren **Gesamtdeckungsgrad** sowie **Vitalität** die Erreichung des Begrünungsziels geschmälert. Detaillierte Informationen zur Bewertung der Pflanzenentwicklung erfolgen im folgenden Kapitel 4.1.3 „Diskussion Pflanzenentwicklung“.

4.1.3 Diskussion Pflanzenentwicklung

Grundsätzlich zeigte die gute Bewertung der Pflanzenentwicklung im Feldversuch, dass die Anforderungen an die Systemkomponenten aus dem Anforderungskatalog durchaus erfüllt wurden.

Pflanztrog



Abb. 39: Material Steinfaser: Kalkausblühungen
(Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)

Das Material Faserzement des Pflanztrogs zeigte sich im Feldversuch entsprechend der Anforderungen der ÖNORM L 1136 (2021) als beständig und stabil. Neben Faserzement werden im Bereich der Vertikalbegrünung auch noch Pflanztröge aus Aluminium, Stahlblech, Steinfaser oder glasfaserverstärktem Polyester angeboten. Generell sind alle diese Materialien im Sinne der Langlebigkeit als nachhaltig anzusehen. Steinfaser (OPTIGRÜN, 2018) und Faserzement (ETERNIT, o. J.) stellen sehr umweltverträgliche Materialien dar und sind zusätzlich wetterfest, bedürfen jedoch innenseitig einer wasserdichten Lackierung. Bei Faserzement erfolgt absolute Wasserdichtheit erst durch das Einlegen einer Teichfolie (ETERNIT, o. J.). Nicht wasserdicht ausgeführte Tröge stellen keine Minderung der Qualität dar. Es sei lediglich aufgrund ästhetischer Aspekte erwähnt (siehe auch Abb. 39, Kalkausblühungen am Trogboden).

Aluminium ist für die Verwendung an einem Gehsteig weniger geeignet, da dieses Material nicht so belastbar gegenüber Salz- und Splittstreuung im Winter ist (OPTIGRÜN, 2018). Pflanztröge können außenseitig auch oberflächenbehandelt werden (unter

Berücksichtigung der Pflanzengesundheit gemäß der ÖNORM L 1136, 2021). Die hier genannten Materialien können optional in verschiedenen RAL-Farben lackiert werden bzw. wird Faserzement ebenfalls gefärbt angeboten (OPTIGRÜN, 2018; FORSTER BAUGRÜN AG, o. J.; ETERNIT, o. J.). Schlussfolgernd ist zu empfehlen, Pflanztröge von Fachfirmen im Bereich der Bauwerksbegrünung zu wählen, die auf Erfahrungen in dem Bereich zurückgreifen können und meist auch schon regelkonforme Komplett-Systemlösungen anbieten.

Im Feldversuch zeigten sich bei der Bewässerung des BeRTA-Moduls Probleme. So kam es vereinzelt zu Vandalismusschäden bei den Wasserstandsanzeigen im Pflanztrog. Ein Ablesen des Wasserstands in der Drän- und Speicherschicht durch die Pflegebeauftragten war dadurch nicht mehr möglich. So geschehen auch am Standort Kudlichgasse 14. Der geringere Gesamtdeckungsgrad sowie Vitalität bei *Wisteria floribunda* könnte daher auf das Fehlen der

bedarfsgerechten Bewässerung zurückzuführen sein. Die beschädigten Wasserstandsanzeigen wurden im Zuge von Ausbesserungsarbeiten ausgetauscht bzw. bestehende optimiert und die Abdeckhülse mit dem Schaft verschraubt (siehe Abb. 40). Vertikalbegrünungen werden zur Bewässerung meist mit einer automatischen Bewässerungsanlage ausgestattet. Diese ermöglicht die standortgerechte und an die Pflanzenart adaptierte Einstellung der Bewässerung gemäß der ÖNORM L 1136 (2021) durch eine Fachfirma. Bei der troggebundenen Vertikalbegrünung beim Amtshaus Margareten in 1050 Wien, wurde z. B. eine Tröpfchenbewässerung mit Regensensor in die Pflanztröge eingebaut (LUEGER, 2022). Der Hintergedanke beim BeRTA-Modul ist jedoch, dass dieses so konzipiert ist, dass die Bewässerung manuell erfolgen kann und durch die Beteiligung hausinterner Pflegebeauftragten die Pflegekosten reduziert werden. Daher wäre es sinnvoll das Thema Vandalismus genauer zu betrachten. DUNZER (2021) empfiehlt zur Verringerung von Vandalismus bei troggebundenen Vertikalbegrünungen einerseits die Bewusstseinsbildung der Bevölkerung (z. B. durch das Anbringen von Hinweisschildern), oder das Anbringen einer Abdeckung (z. B. Abdeckgitter). Ebenso könnte auch eine Unterpflanzung dienlich sein, die Wasserstandsanzeige und andere Komponenten so zu verdecken, dass diese nicht zu Vandalismus einladen (DUNZER, 2021).



Abb. 40: Standort Kudlichgasse 14, beschädigte Wasserstandsanzeigen (links + Mitte), verschraubte Abdeckhülse (rechts).

(Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2021)

In punkto Standsicherheit empfiehlt die ÖNORM L 1136 (2021) auf bauphysikalischer Seite die Verwendung von standsicher aufgestellten Pflanztrögen (ÖNORM L 1136, 2021). Der Pflanztrog des BeRTA-Moduls konnte im Feldversuch dieser Empfehlung nachkommen. Das Gewicht inkl. Substrat im wassergesättigten Zustand beträgt ca. 440 kg (GRÜNSTATTGRAU, 2022c). Damit ist die Gefahr des Umstürzens durch den Wind oder den Mensch nicht gegeben.

Ein weiterer Punkt zur Standsicherheit betrifft die Form des Pflanztroges. Die Maße des BeRTA-Moduls mit 100 x 40 x 80 cm (L x B x H) (GRÜNSTATTGRAU, 2022c) zeigten ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Höhe, Breite und Tiefe. Pflanztröge mit einer konischen Form beispielsweise, die am Boden eine kleinere Grundfläche aufweisen als an der Oberkante, können demnach nicht empfohlen werden.

Quaderförmige Pflanztröge kamen auch bei der troggebundenen Vertikalbegrünung beim Amtshaus Margareten in 1050 Wien zum Einsatz (siehe Abb. 41).

Zur standsicheren Aufstellung am Gehsteig wurden diese mit einer Größe von 180 x 60 x 104 cm (L x B x H) dimensioniert. Die Wandstärke wurde anhand der statischen Berechnungen festgelegt. Als Material wurde verzinktes und pulverbeschichtetes Stahlblech verwendet (LUEGER, 2022).

Substrat

Anforderungen an Pflanzsubstrate werden in den Regelwerken entsprechend der ÖNORM L 1131 (2010) für Intensivsubstrate bei Dachbegrünungen entnommen. Diese sind sehr gut erforscht und werden in der ÖNORM L 1136 (2021) empfohlen. Die FLL-Richtlinie für Fassadenbegrünungen (2018), als auch die ÖNORM L 1136 (2021) verweisen bei der Auswahl geeigneter Pflanzen explizit auf die Standortfaktoren, nicht jedoch bei der Konzeption des Vegetationssubstrates. Dabei sind die Standortfaktoren auf Dächern nicht zu vergleichen mit jenen an Häuserfassaden. Eine Empfehlung für Vegetationssubstrate speziell für troggebundene Vertikalbegrünungen gibt es in den Regelwerken bisher noch nicht. Verschiedene Systemanbieter*innen im Bereich der Vertikalbegrünung bieten komplette Systemlösungen an und damit auch eigens konzipierte und geprüfte Pflanzsubstrate. Diese beziehen sich jedoch ebenfalls auf die Anforderungen an Intensivsubstrate bei Dachbegrünungen (OPTIGRÜN, 2022a; BAUDER, o. J.).



Abb. 41: Amtshaus Margareten, Schönbrunnerstr. 54, 1050 Wien (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2019)

Für trogebundene Vertikalbegrünungen eignen sich mineralische Schüttstoffgemische sehr gut als Vegetationssubstrate. Auf Seiten der Bauphysik tragen sie mit ihrem Gewicht zur Standsicherheit bei (ÖNORM L 1136, 2021) und bieten zudem den Kletterpflanzen die nötigen Bodenvoraussetzungen, die sie zum Wachsen benötigen (ÖNORM L 1131, 2010). Die mineralischen Komponenten (z. B. Blähschiefer, Blähton, Lava, Ziegelsplitt) haben eine lange Lebensdauer, denn sie müssen eine lange Funktionsfähigkeit gewährleisten. In diesem Sinne können mineralische Pflanzsubstrate als nachhaltig angesehen werden. Je nach Anbieter*in werden die Komponenten zudem regional bezogen (OPTIGRÜN, 2022a). Im Vergleich zu Substraten für Dachbegrünungen sollte bei trogebundenen Vertikalbegrünung für den Einsatzort im Pflanztrog auf eine hohe max. Wasserkapazität geachtet werden (OPTIGRÜN, 2022b). Bei der Begrünung des Stücki Einkaufszentrums in Basel (siehe Abb. 42) wurde ebenfalls ein Dachbegrünungssubstrat mit hoher Wasserspeicherfähigkeit verwendet (ALFRED FORSTER AG, 2018).



Abb. 42: Stücki Einkaufszentrum, Basel
(Quelle: WÜSTNER o. J.)

Im Feldversuch entsprechen die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Substrates den Referenzwerten der ÖNORM L 1131 (2010). Die korrekte Einhaltung der Pflegeanleitung der BeRTA-Module ist zu empfehlen. Diese ist auf die Pflanzenauswahl abgestimmt und ermöglicht den Erhalt der chemischen Eigenschaften, z. B. durch die Entfernung von organischem Material, bedarfsgerechter Düngung und Bewässerung.

Zum Erhalt der physikalischen Eigenschaften kann bei der Pflege kaum Einfluss genommen werden. Hier liegt der wesentliche Einflussfaktor bei der fachgerechten Planung und Ausführung. Lediglich Setzungen des Substrates können bei der Pflege behoben werden.

Im Feldversuch war das bei einigen Modulen der Fall (z. B. Jagdgasse 25, Setzung von 3 – 4 cm Schichthöhe, entspricht 12 - 16 l). Hier wurde im Zuge des Pflanzenmonitorings Substrat bzw. Lavabims in der Mulchschicht ergänzt. Grund hierfür könnte eine unzureichende Verdichtung beim Einbau des Substrates gewesen sein. Pflanzsubstrate bzw. der gesamte technische Aufbau mit mineralischen Schüttstoffen im Pflanztrog müssen lagerungs- und strukturstabil sein (ÖNORM L 1131, 2010:26). Das wird durch die Verwendung von Kantkorn bzw. durch die Korngrößenverteilung erreicht sowie die Begrenzung des Anteils organischer Substanz von 8 % - 15 % (ÖNORM L 1131, 2010:30). Aus der Literaturrecherche geht hervor, dass Pflanzsubstrate von Firmen im Bereich der Bauwerksbegrünung meist mit einem Verdichtungsfaktor angegeben werden (OPTIGRÜN, 2022b; BAUDER, o. J.). Substrate werden

bei Errichtung der Begrünung verdichtet in den Pflanztrog eingebaut (OPTIGRÜN 2022a). Dadurch fasst der Pflanztrog insgesamt mehr Substrat. Ein Pflanztrog mit z. B. 100 x 50 x 100 cm (L x B x H) ergibt ein Volumen von 0,5 m³ bzw. 500 l. Bei einem Verdichtungsfaktor von 1,3 beispielsweise bedeutet das, dass durch die Verdichtung 30 % mehr Substrat benötigt werden. Im Beispiel wären das +150 l mehr Substrat. Auf diesen Aspekt sollte daher bei der Planung sowie der Ausführung geachtet werden.

Für die Anwendung außerhalb des Forschungsprojektes stellt sich noch zusätzlich die Frage nach der Verfügbarkeit kleiner Substratmengen. Vegetationssubstrate werden meist lose im LKW oder im Big-Bag geliefert (BAUDER, o. J.; OPTIGRÜN, 2022). Für den Einsatz bei Dachbegrünungen, wo große Mengen Substrat benötigt werden, sind diese Lieferformen durchaus sinnvoll. Werden jedoch kleinere Mengen Substrat benötigt, z. B. im Zuge der Pflegearbeiten zum Nachfüllen der Pflanztröge nach Setzungen, so sind kleinere Liefermengen (Sackware, z. B. im 25-Liter-Sack) notwendig. Es kann daher durchaus möglich sein, dass kleinere Liefermengen in Sackware für troggebundene Vertikalbegrünungen zwangsläufig an Bedeutung zunehmen werden. Die Firma Optigrün (OPTIGRÜN, 2022a), oder auch die Firma Alfred Forster AG (ALFRED FORSTER AG, 2018) bieten beispielsweise bereits zusätzlich zu größeren Liefermengen auch die Lieferform in Sackware in 25-, 40-, oder 50-Liter-Säcken an.

Kletterhilfe

In Bezug auf die Kletterhilfen wurden im Feldversuch alle Anforderungen aus dem Anforderungskatalog zur Pflanzenentwicklung erfüllt. Es kamen zwei verschiedene Arten von Kletterhilfen zum Einsatz:

Ein Rankgitter aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) am Standort Herzgasse 47, wo mit *Lonicera x tellmanniana* begrünt wurde sowie Rankseile am Standort Kudlichgasse 14, wo *Wisteria floribunda* zum Einsatz kam.

Beide Kletterhilfen lieferten eine gute Hilfestellung, um den Pflanztrieben Halt zu geben und entsprechend ihrer Kletterstrategie die Fassade emporwachsen zu können. Entsprechende Pflegemaßnahmen, wie das Nachspannen des Rankseiles sowie Sichtkontrollen bzgl. der Unversehrtheit der Kletterhilfen (ÖNORM L 1136, 2021) sollten im Zuge der Pflege erfolgen.

Bei *Wisteria floribunda* zeigten sich teilweise Reibungsspuren an den verholzten Haupttrieben durch das Rankseil (siehe Abb. 43). Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung Fassadenbegrünungen (2018) weist bei Verwendung von Pflanzen der Kategorie Schlinger/Winder darauf hin, dass die Jungtriebe bei zu dünnen oder kantigen Rankseilen bei Windeinwirkung verletzt werden können (FLL, 2018:83). Die Firma Vertiko empfiehlt die Verwendung von Rankseilen bei Schlingpflanzen zu prüfen und eventuell auf steife Konstruktionen, wie Rankstäbe, zurückzugreifen. Grund dafür ist das Dickenwachstum der Pflanzen. Dieses kann die Seilspannung erhöhen, was wiederum nur durch eine entsprechende Wartung des Seilsystems und einem Pflegeschnitt der Pflanzen verhindert werden kann (VERTIKO, 2021). Kletterpflanzen mit einem sehr starken sekundären Dickenwachstum (Starkschlinger) entwickeln durch ihren großen Triebdurchmesser zusätzliche Druckkräfte auf die Kletterhilfe (FLL, 2018:91). Die FLL-Richtlinie (2018) empfiehlt bei Verwendung der Pflanzengattung *Wisteria* entsprechende Schnittmaßnahmen durchzuführen, um ein klares Grundgerüst beim Pflanzenwuchs zu erhalten (FLL, 2018:77). Die

Verwendung von Ranknetzen ist bei *Wisteria* sp. nicht zu empfehlen. JAKOB AG (2022) empfiehlt z. B. Ranknetze nur bei schwach schlingenden Pflanzenarten zu verwenden und bietet für Starkschlinger andere Systemlösungen an. Es wird auch auf die spezifische statische Berechnung für jedes Begrünungsprojekt hingewiesen (JAKOB AG, 2022).



Abb. 43: *Wisteria floribunda* – Reibungsspuren an verholztem Haupttrieb durch Rankseil
(Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)

Pflanzenauswahl

Generell zeigten sich bei der Recherche des Anforderungskataloges zur Pflanzenentwicklung in den Regelwerken Unterschiede im Detaillierungsgrad. Während die FLL-Richtlinie (2018) spezifisch auf das Wuchsverhalten der Pflanzen eingeht sowie Empfehlungen zu Pflanzenkonstellationen anstellt, bezieht sich die ÖNORM L 1136 (2021) vermehrt auf bauphysikalische Aspekte. Pflanzenspezifische Faktoren werden zwar aufgeführt (ÖNORM L 1136:10f), werden jedoch nicht näher beschrieben. PRENNER (2021) kommt in ihrer Masterarbeit bzgl. der rechtlichen Rahmenbedingungen im Zusammenhang bei Vertikalbegrünungen in Wien zu einem ähnlichen Ergebnis (PRENNER, 2021:29f). Zur nachhaltigen Planung künftiger troggebundener Vertikalbegrünungsprojekte bedarf es daher in den Regelwerken eine Nachrüstung für die Pflanzenauswahl speziell bei diesen Begrünungssystemen. Anhand von Beispielprojekten können jedoch bereits verwendete Pflanzenarten in troggebundenen Systemen einen Einblick zur Pflanzenwahl geben.

Amtshaus Margareten, 1050 Wien

- *Wisteria sinensis*
- *Campsis radicans*
- *Parthenocissus vitacea* (LUEGER, 2021)

Diese Pflanzen sind allesamt starkwüchsig (jährlicher Zuwachs: 100 – 200 cm) bzw. haben sie eine mittlere Wuchshöhe von ca. 10 – 15 m. Die zu begrünende Fassade misst eine Höhe von ca. 16 m (LUEGER, 2022). Die Pflanzen wurden demnach so gewählt, dass sie das Begrünungsziel auch im Trogsystem erreichen können. Auch die Wahl der Kletterhilfe wurde an die starkwüchsigen Pflanzeigenschaften angepasst. Diese bestehen aus Spannräumen aus Stahl, die unten in bzw. auf die Pflanztröge angeschweißt wurden und oben in entsprechenden Abständen kraftschlüssig an der Fassade montiert wurden. Innerhalb dieser Spannbügel wurden Seile aus nichtrostendem Stahl gespannt (LUEGER, 2022).

Stücker Einkaufszentrum, Basel

- *Lonicera* sp.
- *Wisteria floribunda*
- *Clematis* sp.
- *Parthenocissus quinquefolia*
- *Campsis* sp. (GRÜNSTATTGRAU, 2022d)

Diese Pflanzen zeigen eine geringe bis mittlere Wüchsigkeit (jährlicher Zuwachs: 50 – 100 cm) mit einer mittleren Wuchshöhe von 2 – 8 m. Ausnahme bilden *Parthenocissus quinquefolia* und *Wisteria floribunda*. Sie weisen eine starke Wüchsigkeit (jährlicher Zuwachs: 100 – 200 cm) und eine mittlere Wuchshöhe von 8 – 15 m auf (FLL, 2018). Als Kletterhilfe kamen hier Edelstahlseile (\varnothing 4 mm) zum Einsatz. Diese wurden zwischen Spannhülsen (unten) und Ösen (oben) aus nichtrostendem Stahl gespannt. Die Halter wurden vor die Pflanztröge mittels Bolzenanker (M8-Gewinde) kraftschlüssig in der Fassade befestigt.

Die beiden Beispiele zeigen, wie wichtig die Abstimmung zwischen Pflanzenauswahl und Kletterhilfe ist.



Abb. 44: Spannhülse mit Rankseil
(Quelle: WÜSTNER o. J.)

Der Feldversuch mit dem BeRTA-System zeigte eine gute Entwicklung der verwendeten Pflanzenarten *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii', *Lonicera x tellmanniana*, *Wisteria floribunda*. Bei der Bewertung der Wuchshöhe konnte gezeigt werden, dass *Parthenocissus tricuspidata* an beiden Standorten (Absberggasse 5 und Jagdgasse 25) im Mittel geringere Zuwächse hatte als *Lonicera x tellmanniana* (Herzgasse 47) und *Wisteria floribunda* (Kudlichgasse 14) (siehe Tabelle 82). Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) gibt für bodengebundene Vertikalbegrünungen bei der Wuchsstärke der hier verwendeten Kletterpflanzen einen Wuchszuwachs (Kategorie „stark“) von 100 – 200 cm pro Jahr an (FLL, 2018:58ff). Die Untersuchungen in dieser Arbeit konnten diese Werte auch bei der trogsystemgebundenen Vertikalbegrünung bestätigen, sowohl bei den einzelnen Werten zum Wuchszuwachs von Wuchshöhe bzw. Wuchsbreite, als auch bei den gemittelten Werten je Standort. JIM (2015) konnte in seinen Untersuchungen zur Wuchsleistung von Kletterpflanzen ebenfalls feststellen, dass Selbstklimmer (z. B. *Parthenocissus dalzielii*) zwar einen höheren Deckungsgrad erreichen, jedoch die Wuchsleistung in die Vertikale langsamer verläuft als bei Kletterpflanzen mit Kletterhilfe (z. B. *Lonicera japonica*, *Wisteria sinensis*). *Parthenocissus* konnte dafür durch die Ausbildung von

Trieben und Laub bereits auf Höhe der bodennahen Triebe sowie der besonders attraktiven Herbstfärbung punkten (JIM, 2015:115ff).

Welche Höhe die Pflanzen bei troggebundenen Vertikalbegrünungen insgesamt leisten können in ihrem begrenzten Wurzelraum im Vergleich zur bodengebundenen Vertikalbegrünung konnte innerhalb der ersten Vegetationsperiode nicht herausgefunden werden. Dies würde ein Monitoring zu späterem Zeitpunkt erfordern, wenn die Pflanzen Zeit hatten sich entsprechend zu entwickeln und ihr volles Wuchspotenzial auszuschöpfen. Die beiden Begrünungsbeispiele in troggebundenen Systemen des Amtshauses Margareten (1050 Wien) sowie des Stücki Einkaufszentrums (Basel) zeigen deutlich, dass die angestrebte Wuchshöhe der Pflanzen vom Begrünungsziel abhängig ist. Starkwüchsige Pflanzen, wie *Wisteria sinensis* oder *Campsis radicans* können auch in troggebundenen Systemen problemlos drei- bis viergeschoßige Fassaden begrünen (siehe Begrünung Amtshaus Margareten) (LUEGER, 2021). Wiederum eignen sich Pflanzen mit geringerer Wuchsstärke, wie niedrige Formen von *Lonicera* sp., *Clematis* sp. oder *Campsis* sp. besser für niedrigere, ein- bis zweigeschoßige Begrünungshöhen (GRÜNSTATTGRAU, 2022d). Wichtig ist in jedem Fall, dass die Pflanzenart, die Art und Dimensionierung der Kletterhilfe sowie das Pflegekonzept aufeinander abgestimmt sind (VERTIKO, 2021). Für die starkwüchsige *Wisteria floribunda* (FLL, 2018) sollte daher beim Einsatz von niedrigen Begrünungshöhen das Pflegekonzept (vor allem der Pflegeschnitt) auf das Begrünungsziel abgestimmt werden.

Bei der Bewertung des Triebdurchmessers am Wurzelhals der drei verwendeten Pflanzenarten konnten keine signifikanten Unterschiede des Triebdurchmessers auf die Wuchshöhe/Wuchsbreite festgestellt werden. Jedoch wurde festgestellt, dass die Zunahme bodennaher Triebe bei *Parthenocissus tricuspidata* eine Zunahme der Wuchshöhe, vor allem aber der Wuchsbreite begünstigte sowie den Deckungsgrad (vor allem im Bereich der bodennahen Triebe) stark erhöhte. Nach MADRE et al. (2014) kann dies das Ansiedeln von Tieren an den Pflanzen begünstigen (MADRE et al., 2014:231). Wiederum bei *Lonicera x tellmanniana* sowie *Wisteria floribunda* hatte die Zunahme bodennaher Triebe keinen signifikanten Einfluss auf die Zunahme der Wuchshöhe und/oder Wuchsbreite.

Ein weiterer Faktor der die Wuchsleistung der Pflanzen beeinflusst, betrifft das Anhaften an der Fassade bei Selbstklimmern. Im Untersuchungsgebiet wurde hier mit *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii' begrünt. Die Pflanzen wurden beim Bepflanzen der Tröge bei Errichtung der Begrünung im November 2019 an Bambusstecken im Pflanztrog angebunden (siehe Abb. 43). Ab dem Blattaustrieb im April 2020 ging es bei der Pflege vermehrt darum, die austreibenden Haftscheibenranken zur Fassade hinzuleiten. Diese wuchsen aufgrund des Lichteinfalls immer von der Fassade weg Richtung Licht (siehe Abb. 44). Dieser Umstand sowie starker Wind (Absberggasse 5) erschwerte das Anwachsen an der Fassade. Eine temporäre Lösung wäre hier nötig, damit die Pflanzen ehestmöglich an der Fassade Anhaften können und damit eine bessere Wuchsleistung im ersten Standjahr erreicht werden kann. Die FLL-Richtlinie (2018) empfiehlt beim Zuleiten junger Pflanzen zur Kletterhilfe geeignete Provisorien zu verwenden (FLL, 2018:86). Für Selbstklimmer wäre das ebenso eine denkbare Lösung. VERTIKO (2021) empfiehlt für schlingende Pflanzenarten (z. B. *Wisteria* sp.) zwischen Trogoberkante und erstem Distanzhalter der Kletterhilfe das Anbringen einer dünnen,

verrottbaren Schnur. Das erleichtert jungen Trieben das Anwachsen an der Kletterhilfe. Bei entsprechendem Triebdurchmesser durch das sekundäre Dickenwachstum besteht durch die bereits verrottete Schnur keine Gefahr von Verformungen der Kletterhilfe (VERTIKO, 2021). Für Selbstklimmer wäre ein provisorisches Spalier aus Holz denkbar. Dieses könnte beim Aufbau des Pflanztroges gemeinsam mit dem Substrat miteingebaut werden und würde einen besseren Halt bieten, als die Bambusstecken. Durch die Spalierform könnten junge Triebe besser eingeflochten und zur Fassade hingeleitet werden und dadurch ein schnelleres Anwachsen an der Fassade ermöglichen.



Abb. 45: Anbinden der Triebe an Bambusstäben bei Selbstklimmern. (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2019)



Abb. 46: Austreibende Haftscheiben von *P. tricuspidata* wachsen Richtung Licht (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)

ten bei Wi. e
 14 signifikante Wechselwirkung zur fachgerechten Umsetzung der Pflege. So zeigten sich bei den Pflanzen eine geringere Bewertung bei der Vitalität sowie dem Deckungsgrad. Grund hierfür könnten die Standortbedingungen in Kombination mit dem Gießverhalten bei der Pflege sein. *Wisteria floribunda* ist zwar eine wärmeliebende und hitzeverträgliche Pflanze, hat jedoch im Sommer einen erhöhten Wasserbedarf (BRUNS PFLANZEN EXPORT GMBH & CO. KG, 2018/2019). Eine unzureichende Wasserversorgung im Pflanztroge könnte daher eine Erklärung für die niedrigeren Werte sein.

Ein Blick auf die folgende Tabelle 82 zeigt, dass die durchschnittliche Lufttemperatur der Klimanormalperiode von 1971 – 2000 im Vergleich zum Untersuchungszeitraum im Jahr 2020 kühler ausfiel. Bis auf den Mai 2020 war die durchschnittliche Lufttemperatur im Jahr 2020 in allen Monaten höher. Im Jahresmittel war sie um +1,6 °C höher als 1971 – 2000 (ZAMG, o. J.b). Es zeigen sich jedoch gerade während der Sommermonate (Juli bis August 2020) erhöhte Werte der Lufttemperatur sowie auch der Sonnenscheindauer (ZAMG, o. J.b). Gerade dann ist das bedarfsgerechte Gießen essentiell für die Pflanzen (DOPHEIDE et al., 2021). Das lässt darauf schließen, dass die durchgeführten Pflegemaßnahmen, besonders das Gießverhalten bzw. die Gießmenge, in der Kudlichgasse 14 signifikanten Einfluss auf die Vitalität und damit

auch auf den Gesamtdeckungsgrad hatten. Letzterer wurde eventuell durch stressbedingten verfrühten Laubwurf geschmälert. Ein Blick auf die Niederschlagsmengen in der Tabelle 83 zeigen, dass diese 2020 im Vergleich zur Klimanormalperiode 1971 – 2000 im Jahresmittel um +101,1 mm zunahm bzw. waren die Niederschlagsmengen in den Sommermonaten sogar höher als im restlichen Jahr (ZAMG, o. J.b). DOPHEIDE et al. (2021) erwähnt hierzu jedoch, dass die natürlichen Niederschlagsmengen bei troggebundenen Vertikalbegrünungen so geringfügig ausfallen, dass eine kontrollierte Bewässerung der Pflanztröge unerlässlich ist (DOPHEIDE et al., 2021:103). Daher wird bei der folgenden Bewertung „Indikator Pflege“ der Punkt „Gießen“ im Bezug zum Pflanzenwachstum genauer betrachtet. Für die Verwendung von *Wisteria floribunda* bei troggebundenen Vertikalbegrünungen sollte daher die Option einer automatischen Bewässerung durchaus in Betracht gezogen werden.

Tabelle 82: Langjährige Klimamittelwerte 1971 – 2000 von der ZAMG Messtation Wien Innere Stadt. Darstellung der Parameter Lufttemperatur (°C), Niederschlag (mm), Sonnenscheindauer (h), Windgeschwindigkeit (m/s) der einzelnen Monate in Abweichung zum Jahr 2020 (Untersuchungszeitraum) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 nach ZAMG o. J.b)

| Parameter | Jän | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sept | Okt | Nov | Dez | Jahresmittel |
|--|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Lufttemperatur (°C) 1971-2000 | 1,2 | 2,9 | 6,4 | 11,5 | 16,5 | 19,1 | 21,7 | 21,6 | 16,8 | 11,6 | 5,5 | 2,4 | 11,4 |
| Abweichung zu 2020 | +1,3 | +4,7 | +1,9 | +2,6 | -1 | +0,9 | +1 | +1,8 | +1,7 | +0,7 | +1,6 | +1,8 | +1,6 |
| Niederschlag (mm) 1971-2000 | 21,3 | 29,3 | 39,1 | 39,2 | 60,9 | 63,3 | 66,6 | 66,5 | 50,4 | 32,8 | 43,9 | 34,6 | 547,9 |
| Abweichung zu 2020 | -8,3 | +20,7 | -19,1 | -30,2 | +19,1 | +45,7 | -11,6 | +39,5 | +19,6 | +66,2 | -31,9 | -8,6 | +101,1 |
| Sonnenscheindauer (h) 1971-2000 | 65,5 | 105,6 | 127,7 | 183,1 | 238,7 | 227,5 | 260,4 | 251 | 168,2 | 139 | 66,3 | 50,6 | 1883,6 |
| Abweichung zu 2020 | +7,5 | +21,4 | +82,3 | +141,9 | -1,7 | -16,5 | +28,6 | -12 | +52,8 | -51 | -6,3 | -23,6 | +223,4 |
| Windgeschwindigkeit (m/s) 1971-2000 | 3,8 | 4,1 | 4,0 | 4,2 | 3,9 | 4,0 | 3,8 | 3,5 | 3,6 | 3,6 | 3,7 | 4,0 | 3,9 |
| Abweichung zu 2020 | -0,8 | +0,6 | -0,1 | -1,2 | -0,1 | +0,1 | -0,5 | -0,2 | -0,2 | +0,3 | -0,9 | -0,3 | -0,3 |

4.2 Pflege

Das Kapitel Pflege wird in zwei Teilen gesondert betrachtet. Der erste Teil beschäftigt sich mit den generell erforderlichen Pflegemaßnahmen bei troggebundenen Vertikalbegrünungen. Der zweite Teil geht gesondert auf die Schädlingskontrolle im Zuge der Pflege ein. Beiden Teilen geht zunächst ein Anforderungskatalog zu dem Thema voraus. Im Anschluss erfolgt die Bewertung anhand des BeRTA-Systems. In der anschließenden Diskussion werden beide Teile in Bezug zueinander gestellt und mit den Erkenntnissen weiterer Fachliteratur ergänzt.

4.2.1 Anforderungskatalog zur Pflege

Die folgende Tabelle 83 zeigt den Anforderungskatalog zur Pflege. Hier sind noch einmal alle relevanten Parameter zu den Pflegemaßnahmen aus Kapitel 2 zusammengefasst, die wesentlichen Einfluss auf die Pflanzenentwicklung haben. Hierzu zählen die Komponenten Bewässerung, Nährstoffversorgung und Düngung, Leitung der Pflanztriebe und Rückschnitt. Jede Komponente wird in ihre relevanten Bereiche unterteilt, zu denen die jeweiligen Anforderungen aus den Regelwerken sowie beeinflussende Faktoren angegeben werden sowie in welchem Regelwerk oder Empfehlung diese gefunden werden. Alle Anforderungen zusammen bilden den Stand der Technik ab, nach dem eine nachhaltige funktionierende troggebundene Vertikalbegrünung gepflegt werden kann.

Bewässerung

Bei der Art der Bewässerung wird hier auf die manuelle Bewässerung mittels Gießkanne oder Gartenschlauch eingegangen. Eine automatische Bewässerungsanlage kann zwar optional verwendet werden, ist jedoch nicht Gegenstand in diesem Anforderungskatalog. Für eine manuelle Bewässerung ist ein zugänglicher Wasseranschluss Voraussetzung und, falls vorhanden, ein ausreichend langer Gartenschlauch (ÖNORM L 1136, 2021). Das Gießintervall sowie die Gießmenge werden wesentlich von den Standortfaktoren, insbesondere von der Besonnung, beeinflusst (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021). Das bedarfsgerechte Gießen der Pflanzen im Bezug zur Pflanzengesundheit wird explizit hervorgehoben (DOPHEIDE et al., 2021). Bedarfsgerecht bedeutet in diesem Sinne, dass bewässert wird, noch bevor die Pflanzen den reversiblen Welkepunkt erreichen. Das bedeutet, dass das Substrat bereits soweit ausgetrocknet ist, dass die Pflanzenwurzeln kein Wasser mehr über die Wurzeln aufnehmen können, die Pflanzen jedoch durch die Zugabe von Wasser keinen Schaden davontragen (ÖNORM L 1112, 2010).

Bezüglich der Ausführung der Bewässerung werden in den Regelwerken ausschließlich geschulte Personen aus Fachfirmen im Bereich der Bauwerksbegrünung erwähnt (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021). Begrünungsprojekte in Wien zeigen jedoch, dass das Interesse seitens der Bevölkerung, als auch der Stadtverwaltung besteht, auch fachkundige Personen einzuladen, Grünflächen in der Stadt zu pflegen. Beim Projekt „Garteln ums Eck“ beispielsweise, können Bewohner*innen eine Baumscheibe bepflanzen und anschließend pflegen (MAGISTRAT DER STADT WIEN – TECHNISCHE STADTERNEUERUNG, o. J.). Auf die Wichtigkeit der regelmäßigen Bewässerung wird in den Informationsmaterialien explizit hingewiesen. Die Organisation der manuellen Bewässerung bleibt der Person selbst überlassen. Expert*innen der Gebietsbetreuung Stadterneuerung der Stadt Wien, könnten auch den Pflegebeauftragten von troggebundenen Vertikalbegrünungen Informationen zum

bedarfsgerechten Gießen geben und bei Bedarf Hilfestellung leisten. Zu Beachten ist noch die Größe der Begrünung, damit die Mengen an benötigtem Wasser überhaupt mit der Gießkanne bewerkstelligt werden können.

Zusätzlich zur manuellen Bewässerung trägt der technische Aufbau im Pflanztrog zur Wasserversorgung bei. Durch den Einsatz von Vegetationssubstraten mit einer hohen Wasserspeicherfähigkeit sowie der Möglichkeit eines flächigen Wasseranstaus in der Drain- und Speicherschicht, kann der Wasserbedarf der Pflanzen durch die Wasserbevorratung im Systemaufbau teilweise gedeckt werden (ÖNORM L 1136, 2021).

Nährstoffversorgung - Düngung

Kletterpflanzen benötigen für ein erfolgreiches Wachstum Nährstoffe in pflanzenverfügbarer Form (ÖNORM L 1136, 2021). Der Nährstoffgehalt ist einerseits von der Zusammensetzung des Vegetationssubstrates abhängig (siehe auch chemische Substrateigenschaften), in größerem Maße ist er jedoch von der Pflege abhängig. Zum einen muss er in pflanzenverfügbarer Form vorliegen. Hierfür ist das bedarfsgerechte Gießen relevant (ÖNORM L 1136, 2021), da die Pflanzenwurzeln die Nährstoffe nur aus der flüssigen Bodenlösung heraus aufnehmen können (WENDLAND et al., 2014). Zum anderen ist der Nährstoffgehalt von Düngegaben abhängig. Diese sollten ebenfalls, der Pflanzenauswahl entsprechend, abgestimmt sein (ÖNORM L 1136, 2021).

Gedüngt werden kann mit organischen oder mineralischen Düngern. Organische Dünger bestehen aus pflanzlichen oder tierischen Stoffen, die bei der Pflanzenproduktion oder in der Landwirtschaft anfallen. Mineralische Dünger hingegen, bestehen aus anorganischen Nährsalzen. Diese lösen sich in der flüssigen Bodenlösung auf, wodurch sie von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden können (SCHILLING et al., 2000).

Die ÖNORM L 1131 (2010) gibt für folgende Makronährstoffe eine Empfehlung zum Nährstoffgehalt im Vegetationssubstrat:

- Stickstoff (N): 50 mg/l – 400 mg/l
- Phosphat (P_2O_5): 50 mg/l – 800 mg/l entspricht Phosphor (P): 22 mg/l – 350 mg/l
- Kaliumoxid (K_2O): 60 mg/l – 1.500 mg/l entspricht Kalium (K): 50 mg/l – 1245 mg/l
- Magnesium (Mg): 50 mg/l – 160 mg/l (ÖNORM L 1131, 2010:32)

Zu weiteren Makronährstoffen oder auch Mikronährstoffe wird in den Regelwerken kein Bezug genommen. Es wird lediglich auf die Einhaltung der physikalischen und chemischen Eigenschaften bei Vegetationssubstraten gemäß den Anforderungen an Intensivsubstrate bei Dachbegrünungen (ÖNORM L 1131, 2010) hingewiesen (ÖNORM L 1136, 2021).

Diese können lediglich aus dem Bereich des Erwerbsgartenbaus herangezogen werden, wo Empfehlungen des Nährstoffgehaltes und Düngemittel für Kulturpflanzen gegeben werden (WENDLAND et al., 2014; ZORN et al., 2016). Ebenso wird hier auch Bezug zu Mangelerscheinungen an den Blättern genommen, die aufgrund eines Nährstoffmangels auftreten können. Das rechtzeitige Erkennen und die richtige Identifizierung des Mangels sind relevant für das Setzen entsprechender Maßnahmen, um den Mangel ehestmöglich auszugleichen und die Pflanzengesundheit zu fördern (ZORN et al., 2016).

Zu Düngemittel und Düngezeitpunkt geben die Regelwerke vor, diese auf die jeweilige Pflanzenart sowie das projektierte Begrünungsziel (Fokus auf Wachstum, Deckungsgrad, Blüte) abzustimmen (ÖNORM L 1136, 2021; FLL, 2018; WENDLAND et al., 2014).

Leitung der Pflanztriebe - Rückschnitt

Um die Pflanzen dabei zu unterstützen, selbständig an der Fassade (Selbstklimmer) bzw. an der Kletterhilfe (Gerüstkletterpflanzen) anzuhaften, bedarf es geeigneter Maßnahmen, z. B. Anbinden an Stäben oder der Kletterhilfe, Hinleiten der Pflanztriebe zur Kletterhilfe (FLL, 2018:97). Die ÖNORM L 1136 (2021) sieht das An- und Aufbinden sowie Einflechten der Pflanztriebe an der Kletterhilfe im Zuge der Pflegeaufgaben im Probebetrieb sowie der Erhaltungspflege vor (ÖNORM L 1136, 2021). Eine Empfehlung zur Leitung der Pflanztriebe bei Selbstklimmern gibt es bei in den Regelwerken nicht. Die FLL-Richtlinie (2018) erwähnt hierzu lediglich das Fixieren der Pflanzen an z. B. Stäben nach Setzung der Pflanzen (FLL, 2018) bzw. die ÖNORM L 1136 (2021) empfiehlt, je nach Pflegeintensität, ein Leiten der Pflanztriebe ein bis dreimal jährlich durchzuführen (ÖNORM L 1136, 2021). Werden Pflanztriebe angebunden, so sind umweltschonende Materialien (Jute, Kokosschnur) zu bevorzugen und darauf zu achten, die Pflanztriebe nicht einzuschnüren (FLL, 2018).

Zum Rückschnitt werden in den Regelwerken mehr Informationen gegeben. Bei fachgerechter Ausführung kann diese Pflegemaßnahme den Pflanzaustrieb und damit das Wachstum fördern, zur Steigerung der Vitalität beitragen und damit die Lebensdauer der Begrünung positiv beeinflussen (ÖNORM L 1136, 2021; FLL, 2018). Weiters ist ein regelmäßiger Rückschnitt notwendig, um Fenster und andere angrenzende Infrastruktur vom Bewuchs freizuhalten und deren Funktion nicht einzuschränken (ÖNORM L 1136, 2021).

Tabelle 83: Anforderungskatalog zur Pflege
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| ANFORDERUNGSKATALOG PFLEGE | | | | |
|---|--|---|--|---|
| | BEWÄSSERUNG | | | |
| | Art | Gießintervall | Gießgänge/Gießmenge | Pflegefachkraft |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | Wasseranschluss (Ort), Möglichkeit mittels Gartenschlauch, | Standortfaktoren (Besonnung), Pflegefachkraft, Funktion Pflanztrög | Standortfaktoren (Besonnung), Pflegefachkraft, Funktion Pflanztrög, | Fachwissen über Pflanzen und Pflege |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | ÖNORM L 1136 (2021) | FLL (2018), ÖNORM L 1136 (2021), DOPHEIDE et al. (2021) | FLL (2018), ÖNORM L 1136 (2021), DOPHEIDE et al. (2021) | FLL (2018), ÖNORM L 1136 (2021) |
| NÄHRSTOFFVERSORGUNG - DÜNGUNG | | | | |
| | Nährstoffgehalt | Mangelercheinungen | Düngemittel | Düngezeitpunkt |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | Pflanzenverfügbarkeit, Pflege, bedarfsgerechte Düngung, Düngegaben | rechtzeitige Erkennung und Identifizierung des Mangels, entsprechende Gegenmaßnahmen | abgestimmt auf Pflanzenart und Begrünungsziel | abgestimmt auf Pflanzenart und Begrünungsziel |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | WENDLAND et al. (2014), ZORN et al. (2016), ÖNORM L 1136 (2021) | WENDLAND et al. (2014), ÖNORM L 1136 (2021) | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021), WENDLAND et al. (2014), ZORN et al. (2016) | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021), WENDLAND et al. (2014), ZORN et al. (2016) |
| LEITUNG DER PFLANZTRIEBE | | | RÜCKSCHNITT | |
| | Selbstklimmer | Gerüstkletterpflanzen | Selbstklimmer | Gerüstkletterpflanzen |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | Anbinden an Stäben, Verwendung geeigneter Materialien, Pflanzen nicht einschnüren | Anbinden und Einfädeln an Kletterhilfe, Verwendung geeigneter Materialien, Pflanzen nicht einschnüren | Vitalität der Pflanzen, Wachstum fördern, Freihalten von Fenstern und Infrastruktur | Vitalität der Pflanzen, Wachstum fördern |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021) | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021) | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021) | FLL (2018) ÖNORM L 1136 (2021) |

4.2.2 Bewertung mit BeRTA-System - Indikator Pflege

Tabelle 84: Bewertung Indikator Pflege an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Endergebnis Indikator Pflege | | Unzureichend (0-6 Punkte) | Gut (7-12 Punkte) | Überragend (13-18 Punkte) |
|------------------------------|--|------------------------------|----------------------|------------------------------|
|------------------------------|--|------------------------------|----------------------|------------------------------|

| | | | | | | Absberggasse 5 | Jagdgasse 25 | Herzgasse 47 | Kudlichgasse 14 |
|------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|
| BEWERTUNG - INDIKATOR PFLEGE | | | | | | | | | |
| INDIKATOR PFLEGE | | Punkte | Punkte | Punkte | Punkte | | | | |
| | Pflegeaufwand | 6 | 6 | 4 | 9 | | | | |
| | Mangelerscheinungen Blätter | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | |
| | Nährstoffgehalt | 3 | 3 | 2 | 2 | | | | |
| Gesamtsumme | | 15 | 15 | 12 | 17 | | | | |

Die Bewertung der Pflege (Tabelle 84) zeigte bei den drei untersuchten Standorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25 und Kudlichgasse 14 ein überragendes Gelingen der Pflege (13-18 Punkte) und bei der Herzgasse 47 ein gutes Gelingen (7-12 Punkte). Bei genauerer Betrachtung zeigte sich jedoch, dass die Kudlichgasse 14 mit 17 Punkten am besten bewertet wurde. Dieses Ergebnis verwundert etwas, da die Kudlichgasse 14 bei der Bewertung des Indikators Pflanzenentwicklung mit der geringsten Punktezahl im Vergleich der vier Standorte bewertet wurde. Grund hierfür liegt in der Bewertung des Pflegeaufwands. Dieser Punkt wird in diesem Kapitel noch genauer beschrieben und mit Fachliteratur diskutiert.

Für die Bewertung des Indikators Pflege wurden zunächst die einzelnen Parameter „Pflegeaufwand“, „Nährstoffgehalt“, „Mangelerscheinungen an Blättern“ mit dem Punktesystem bewertet und werden im folgenden Teil dargestellt und kurz beschrieben.

Pflegeaufwand

Für die Bewertung des Pflegeaufwands konnten max. 27 Punkte erreicht werden, wobei eine hohe Punktezahl für einen geringen Pflegeaufwand, eine niedrige Punktezahl für einen hohen Pflegeaufwand steht. Die Tabelle 85 zeigt einen mittleren Pflegeaufwand bei den drei Standorten Absberggasse 5 (15 Punkten), Jagdgasse 25 (18 Punkte) und Herzgasse 47 (17 Punkte) sowie einen geringen Pflegeaufwand am Standort Kudlichgasse 14 (24 Punkte).

Tabelle 85: Bewertung Parameter Pflegeaufwand an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14.
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| | | HOCH (0-9 Punkte) | MITTEL (10-18 Punkte) | GERING (19-27 Punkte) |
|--|--|----------------------|--------------------------|--------------------------|
|--|--|----------------------|--------------------------|--------------------------|

| | | Absberggasse 5 | Jagdgasse 25 | Herzgasse 47 | Kudlichgasse 14 |
|--|--|----------------|--------------|--------------|-----------------|
|--|--|----------------|--------------|--------------|-----------------|

| BEWERTUNG DES PFLEGEAUFWANDS | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Punkte | Punkte | Punkte | Punkte |
| PARAMETER PFLEGEAUFWAND | Gießen | | | | |
| | Gießintervall | 2 | 2 | 2 | 3 |
| | Gießmenge (L/Modul) | 1 | 3 | 1 | 3 |
| | Düngen | | | | |
| | Düngung 1 (April 2020) | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | Düngung 2 (August 2020) | 1 | 2 | 1 | 3 |
| | Leitung der Pflanztriebe | | | | |
| | Einfädeln | 1 | 1 | 3 | 3 |
| | Anbinden | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | Maßnahmen gegen Schädlinge | | | | |
| | | 3 | 2 | 1 | 3 |
| | Funktion Pflanztrog | | | | |
| | Notüberlauf | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | Wasserstandsanzeige | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Gesamtsumme | | 15 | 18 | 17 | 24 |

Nährstoffgehalt

Bei der Bewertung des Nährstoffgehaltes ging es darum zu schauen, in wie weit die Pflegeaufgaben der Düngung regelkonform durchgeführt wurden (Art des Düngers, Düngezeitpunkt) bzw. auch zu schauen, welche Resultate sich bezüglich dem Pflanzenwachstum daraus zeigen. Die folgende Tabelle 86 zeigt die Punktebewertung des Nährstoffgehaltes des Vegetationssubstrates. Sie zeigt einen Überrasgenden Nährstoffgehalt (19-27 Punkte) an allen vier Untersuchungsstandorten, wobei die Jagdgasse 25 mit 24 Punkten am besten bewertet wurde, die Absberggasse 5 mit 20 Punkten am schlechtesten.

Tabelle 86: Bewertung Parameter Nährstoffgehalt an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| | | Unzureichend (0-9 Punkte) | Gut (10-18 Punkte) | Überragend (19-27 Punkte) | | |
|---------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------|--|
| | | Absberggasse 5 | Jagdgasse 25 | Herzgasse 47 | Kudlichgasse 14 | |
| BEWERTUNG DES NÄHRSTOFFGEGHALTS | | | | | | |
| PARAMETER NÄHRSTOFFGEGHALT | | Punkte | Punkte | Punkte | Punkte | |
| | Makronährstoffe | | | | | |
| | Stickstoff (N) | 2 | 3 | 2 | 2 | |
| | Schwefel (S) | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | Phosphor (P) | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | Kalium (K) | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | Magnesium (Mg) | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | Calcium (Ca) | 1 | 3 | 3 | 1 | |
| | Mikronährstoffe | | | | | |
| | Kupfer (Cu) | 2 | 3 | 3 | 2 | |
| | Mangan (Mn) | 1 | 1 | 1 | 3 | |
| | Zink (Zn) | 3 | 3 | 3 | 2 | |
| Gesamtsumme | | 20 | 24 | 23 | 21 | |

Manglerscheinungen an den Blättern

Liegt der Gehalt pflanzenverfügbarer Nährstoffe nicht in ausreichendem Maße vor, so äußert sich dies in Vitalitätseinbußen, wie Veränderungen im Wachstum sowie Manglerscheinungen an den Blättern (ZORN et al., 2016). Die richtige Interpretation dieser Manglerscheinungen ermöglicht das Setzen geeigneter Maßnahmen, um die Vitalität der Pflanzen wieder zu steigern und das Pflanzenwachstum zu fördern (ÖNORM L 1136, 2021).

Die folgende Tabelle 87 zeigt die Punktebewertung zu den Manglerscheinungen an den Blättern. Sie zeigt ein Geringes Schadbild an den Blättern (13-18 Punkte) an den Standorten Absberggasse 5 und Jagdgasse 25 und ein mittleres Ausmaß an Manglerscheinungen an den Blättern (7-12 Punkte) in der Herzgasse 47 und in der Kudlichgasse 14.

Die höchste Punktezahl in der Bewertung hat die Jagdgasse 25 (16 Punkte), die niedrigste Punktezahl die Kudlichgasse 14 (9 Punkte). Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den durchschnittlichen Vitalitätswerten. Diese waren in der Kudlichgasse 14 (\emptyset durchschnittl. Vitalität 1) geringer als bei den übrigen Standorten (\emptyset durchschnittl. Vitalität 0-1).

Tabelle 87: Bewertung Parameter „Manglerscheinungen an den Blättern“ an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| | | HOCH (0-6 Punkte) | MITTEL (7-12 Punkte) | GERING (13-18 Punkte) | |
|--|--------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| | | Absberggasse 5 | Jagdgasse 25 | Herzgasse 47 | Kudlichgasse 14 |
| BEWERTUNG DER MANGELERSCHEINUNGEN AM BLATT | | | | | |
| PARAMETER MANGELERSCHEINUNGEN AM BLATT | | Punkte | Punkte | Punkte | Punkte |
| | Chlorose | 3 | 3 | 2 | 2 |
| | Nekrose | 1 | 2 | 2 | 1 |
| | Verfärbung | 1 | 2 | 2 | 1 |
| | Vergilbung | 3 | 3 | 2 | 1 |
| | Welke | 3 | 3 | 2 | 1 |
| | Verformung | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | Gesamtsumme | 14 | 16 | 12 | 9 |

4.2.3 Diskussion Pflege

Pflegeaufgaben für Begrünungen werden in verschiedenen Regelwerken beschrieben. Die ÖNORM L 1120 für Grünflächenpflege (2016) beschreibt die grundlegenden Pflegemaßnahmen in den verschiedenen Pflegeabschnitten (Anwuchs-, Entwicklungs-, Erhaltungspflege) (ÖNORM L 1120, 2016). Die ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) geht hier bereits spezifisch auf Pflegeaufgaben bei Vertikalbegrünungen, sogar explizit auf die Kategorie troggebundene Vertikalbegrünung, ein. Der Fokus liegt hier jedoch eher auf der Kontrolle und Wartung der einzelnen Komponenten (ÖNORM L 1136, 2021). Auch die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) behandelt explizit den Punkt Pflege, geht jedoch spezifischer auf die Anforderungen der Pflanzen ein (FLL, 2018). Alle genannten Regelwerke haben gemeinsam, dass die Durchführung der Pflegemaßnahmen von geschultem Fachpersonal erfolgen sollte (ÖNORM L 1136, 2021; FLL, 2018). DOPHEIDE et al. (2021) empfehlen für die Pflege von Vertikalbegrünungen bereits im Vorfeld bei der Planung die Festlegung von Verantwortlichkeiten, d. h. welche Person welche Pflegeaufgaben übernehmen kann, ob diese Person bereits fachlich geschult ist zur Umsetzung der Aufgaben, oder vielleicht noch eine fachkundige Einschulung benötigt (DOPHEIDE et al., 2021:159). Im Feldversuch wurden die Pflegeaufgaben von fachunkundigen Personen übernommen, nämlich von Mieter*innen, Eigentümer*innen oder auch externen Reinigungsfirmen. Eine Pflegeanleitung, die speziell auf die Pflege der verwendeten Pflanzen in den BeRTA-Modulen abgestimmt war, stellte die Grundlage zur Erledigung der Pflegeaufgaben. Trotz der Pflegeanleitung gab es immer wieder Unsicherheiten der Pflegebeauftragten in Bezug auf die korrekte Durchführung der Pflegeaufgaben. Diese wurden beim monatlichen Pflanzenmonitoring ausgetauscht und durch Beantwortung aller fachlichen Fragen beseitigt.

Ein weiterer Punkt ist die Anzahl der zur Pflege beauftragten Personen. Im Feldversuch wurde pro Standort eine Person für die Pflege bestimmt (Ausnahme Kudlichgasse 14, hier wurde eine externe Reinigungsfirma beauftragt). DOPHEIDE et al. (2020) empfehlen in ihrem Handbuch für die Pflege in begrünten Schulräumen die Bildung kleiner Gruppen, die für die Pflege der Pflanzen verantwortlich sind und bei Bedarf Ansprechpartner*innen sind. Die Verteilung der Aufgaben auf verschiedene Personen bietet den Vorteil, dass das Fachwissen über die Pflegeaufgaben ebenso bei allen Personen des Pflgeteams liegt und so bei Ausfall einer Person die Pflegeaufgaben ganz einfach innerhalb der Gruppe weiter durchgeführt werden können (DOPHEIDE et al., 2020:8). Im Feldversuch kam es an allen drei hausintern organisierten Standorten vereinzelt zu Ausfällen der Pflegebeauftragten, z. B. durch Krankheit oder Urlaub und ein/e Nachbar*in übernahm vertretungsweise die nötigsten Pflegeaufgaben. Die Ausweitung der Pflege auf ein ganzes Pflgeteam kann daher auch für die troggebundene Vertikalbegrünung durchaus sinnvoll sein. Eventuell gibt es bei mehreren Bewohner*innen im Haus Interesse sich bei der Pflege der Begrünung zu beteiligen. DOPHEIDE et al. (2020) empfiehlt regelmäßig neue Personen einzuladen und die Begrünung vorzustellen (DOPHEIDE et al. 2020:9). Dies könnte z. B. bei Hauseigentümer*innenversammlungen passieren, oder man lädt Interessent*innen zu einem Treffen im Hof oder im Gemeinschaftsraum zum gemeinsamen Austausch und fördert dadurch gleichzeitig die soziale Komponente im Haus.

Im folgenden Teil werden nun die einzelnen Bereiche der Pflege genauer analysiert und diskutiert.

Pflegeaufwand

Der Pflegeaufwand im Feldversuch ergab sich anhand der Intensität der einzelnen Pflegeaufgaben. Beim **Gießen** beispielsweise, zeigte sich ein geringer Aufwand in der Jagdgasse 25 (162 L/Modul) und Kudlichgasse 14 (560 L/Modul), wobei die Angaben in der Kudlichgasse 14 nicht vollständig sind und die Gießmenge daher höher sein könnte. In der Jagdgasse 25 könnte sich der halbschattige Standort positiv auf die Gießmenge ausgewirkt haben. Eine hohe Gießmenge benötigten die beiden vollsonnigen Standorte, die Herzgasse 47 (880 L/Modul) sowie die Absberggasse 5 mit 1040 L/Modul. DOPHEIDE et al. (2021) stellten bei Untersuchungen zum Wasserverbrauch von Kletterpflanzen in Pflanztrögen am Adlershof in Berlin einen Wasserverbrauch von 10 – 15 l/m² Pflanztrogoberfläche an Sommertagen fest (DOPHEIDE et al., 2021:58). Auf die Oberfläche eines BeRTA-Moduls (A=0,4 m²) umgerechnet wären das 4 – 6 l/Moduloberfläche an einem Sommertag. Betrachtet man den bewässerungsstärksten Monat im Untersuchungszeitraum, den August 2020, so haben die Absberggasse 5 sowie die Herzgasse 47 im Durchschnitt 4,4 l/Moduloberfläche bewässert und zeigen damit Parallelen zu den Werten am Adlershof in Berlin. In der Jagdgasse 25 wurde im August 2020 im Durchschnitt mit 3,6 l/Moduloberfläche an einem Tag bewässert. Die Standortbedingungen (Vollsonne/Halbschatten/Schatten) wirken sich demnach signifikant auf die Bewässerungsmenge aus.

Hinzu kommt die Art der Bewässerung. Die Jagdgasse 25 war der einzige Standort, an dem mit dem Gartenschlauch bewässert wurde. Alle übrigen Standorte wurden mittels Gießkanne bewässert. Das bedarfsgerechte Gießen hat signifikanten Einfluss auf die Vitalität der Pflanzen (ÖNORM L 1136, 2021). Das zeigt sich z. B. beim Standort Kudlichgasse 14 (siehe Tabelle 88). Hier war die Gießmenge (soweit angegeben) vergleichsweise gering, die durchschnittliche Vitalität der Pflanzen (Vitalitätsstufe 1) jedoch schlechter als bei den anderen drei Standorten (Ø Vitalitätsstufe 0-1). Daraus kann geschlossen werden, dass die Bewässerung mit dem Gartenschlauch den Pflegeaufwand enorm verringern kann.

Tabelle 88: Vergleich der durchschnittlichen Vitalität mit der Gießmenge im Untersuchungszeitraum (Nov. 2019 bis Okt. 2020).

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| VERGLEICH DURCHSCHNITTLICHE VITALITÄT - GIESSMENGE November 2019 - Oktober 2020 | | | | | |
|--|-----------------|--|--|----------------|--------------------|
| Kürzel | Standort | Zu-/ Abnahme Vitalitätsstufe Nov 19 - Okt 20 | Gesamtdurchschnitt Vitalität (Ø Monat + Ø Module) | Gießart | Summe Gießgänge |
| A05 | Absberggasse 5 | – | 0-1 | Gießkanne | 76 1040 18 |
| J25 | Jagdgasse 25 | + | 0-1 | Gartenschlauch | 162 L/Modul |
| H47 | Herzgasse 47 | ↷ | 0-1 | Gießkanne | 87 880 L/Modul |
| K14 | Kudlichgasse 14 | – | 1 | Gießkanne | 48 560 L/Modul |

Damit die Pflegebeauftragten ablesen konnten, dass der Bedarf der Bewässerung der Pflanzen gegeben war, war die einwandfreie **Funktion der Wasserstandsanzeige** im Pflanztrog notwendig. Aufgrund von Vandalismus an allen Standorten (vor allem aber in der Kudlichgasse 14) war die Funktion temporär beeinträchtigt. Die Pflegebeauftragten mussten dies zur Behebung an die entsprechende Stelle melden, wodurch sich der erhöhte Pflegeaufwand ergab.

Bei der **Entwässerung** kam es bei vereinzelt Modulen zu einer Undichtheit beim Notüberlauf. Diese wurden im Zuge der Pflege bei der Bewässerung entdeckt. So zeigten nach gleicher Gießmenge die Wasserstandsanzeigen einzelner Module immer einen leeren Wasserstand in der Drän- und Speicherschicht an. Im Zuge von Sichtkontrollen des Wartungsschachtes konnte dies auch beim monatlichen Pflanzenmonitoring festgestellt werden. Die betroffenen Module (z. B. am Standort Absberggasse 5) wurden daraufhin ausgetauscht, sodass die Pflanzen wieder optimale Wachstumsbedingungen vorfanden.

Bei der **Leitung bzw. dem Anbinden der Pflanztriebe** hat die Bewertung des Pflegeaufwands einen geringen Aufwand bei *Lonicera x tellmanniana* (Herzgassee 47) und *Wisteria floribunda* (Kudlichgasse 14) ergeben. Beim Selbstklimmer *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii' in der Absberggasse 5 und in der Jagdgasse 25 war das Einfädeln der Pflanztriebe in hohem Ausmaß (wöchentlich) notwendig. Nach der neuen ÖNORM L1136 ist nach der Errichtung der Vertikalbegrünung ein Probetrieb vorgesehen und im Anschluss die Entwicklungspflege durchzuführen. Hierbei soll unter anderem die Leitung der Pflanztriebe am Klettergerüst erfolgen. Pflanztriebe die sich von der Fassade weg entwickeln und sogar überhängen sollen an der Kletterhilfe angebunden oder eingeflochten werden (ÖNORM L1136, 2021:24). Diese Anforderung wurde im Pflegeplan der BeRTA-Module auch so beschrieben. In der Praxis zeigte sich jedoch, dass die Leitung der Pflanztriebe ab einer gewissen Höhe nicht mehr durchgeführt wurde und zwar unabhängig davon, ob die Pflege von hausinternen Personen oder einer externen Firma durchgeführt wurde. Am Standort Kudlichgasse 14 (*Wisteria floribunda*) beispielsweise wurden die Pflanzen ab einer Höhe von ca. zwei Metern nicht mehr am Rankseil angebunden. Grund dafür war, dass höhere Pflanztriebe vom Boden aus ohne technische Hilfsmittel (z. B. Leiter) nicht erreicht werden konnten. Ähnlich verhielt es sich am Standort Kudlichgasse 14 (*Lonicera tellmanniana*). DOPHEIDE et al. (2021) empfiehlt hierzu im Vorfeld der Betriebsphase konkrete Ansprechpersonen festzulegen, an die sich die Pflegebeauftragten bei Fragen oder Herausforderungen bei der Pflege wenden können (DOPHEIDE et al., 2021:78).

Ein **Form- und Rückschnitt** der Pflanzen ist im Rahmen der Entwicklungspflege sowie darauffolgend bei der Erhaltungspflege in regelmäßigen Abständen durchzuführen (ÖNORM L1136, 2021:24). Hierzu zählt auch das Freihalten von Bauteilen, wie z. B. Fenster und Türen (ÖNORM L 1120, 2016:7f). Im Untersuchungsgebiet wäre ein fachgerechter Rückschnitt der Pflanzen einmal pro Jahr von einer Fachfirma angedacht gewesen. Dieser wurde im Untersuchungszeitraum aufgrund der zu dieser Zeit geltenden Covid19-Quarantänebeschränkungen bzw. aufgrund der nicht zutreffenden Notwendigkeit aufgrund des Wuchszuwachses nicht durchgeführt. Am Standort Jagdgasse 25 unterstützte eine Gärtnerin die Pflegebeauftragten bei den Pflegeaufgaben. Diese führte einmalig einen Rückschnitt einer Pflanze durch, welche einen geknickten Haupttrieb aufwies. Durch den

Rückschnitt konnte die Pflanze wieder vital austreiben. Das Freischneiden von Fenstern und Türen war lediglich an den beiden Standorten mit Selbstklimmern (*P. tricuspidata* 'Veitschii') in der Absberggasse 5 und der Jagdgasse 25 notwendig. Durchgeführt wurde es jedoch nur in der Jagdgasse 25, ebenfalls von der Gärtnerin.

VERTIKO (2021) empfiehlt einen Pflegegang pro Vegetationsperiode. Dieser umfasst einen Pflege- bzw. Verjüngungsschnitt sowie das Freischneiden von Bereichen, die nicht bewachsen werden sollen (z. B. Fenster). So ein Pflegeschnitt kann den Unterhaltungsaufwand erheblich senken (VERTIKO, 2021). Das korreliert auch mit den Empfehlungen der ÖNORM L 1136 (2021), wo ein Form- und Rückschnitt sowie das Aufbinden der Kletterpflanzen mind. Einmal jährlich empfohlen wird. Pflegemaßnahmen, die zweimal jährlich durchgeführt werden, zählen als Standard, dreimalig durchgeführte als Optimum (ÖNORM L 1136, 2021:45). Auch die FLL-Richtlinie (2018) empfiehlt einen regelmäßigen Rückschnitt zur Steigerung der Vitalität. Bei Selbstklimmern kann so auch der Austrieb neuer Triebe mit Haftorganen angeregt werden (FLL, 2018:99). Das lässt schlussfolgern, dass sich ein korrekt durchgeführter Pflegeschnitt revitalisierend auf das Pflanzenwachstum auswirkt und dadurch eine nachhaltige Begrünung fördern kann. Demnach sollte diese Pflegeaufgabe, so wie im Pflegekonzept der BeRTA-Module vorgesehen, von einer fachkundigen Firma durchgeführt werden. Kleine Rückschnitte (z. B. Freischneiden von Fenstern bei *Parthenocissus tricuspidata*) sollten sinnvollerweise regelmäßig durchgeführt werden (z. B. einmal pro Monat). Diese Aufgabe können auch fachkundige Personen aus dem Pflegeteam übernehmen, sofern sie im Vorfeld dafür geschult wurden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen schlussfolgern, dass während dem Probebetrieb bzw. der Anwuchspflege zumindest das Leiten der Pflanztriebe mehrmalig und regelmäßig durchgeführt werden sollte und in weiterer Folge bei der Entwicklungs- und Erhaltungspflege ein minimaler Pflegeaufwand (einmal jährlich) für eine nachhaltige Begrünung ausreicht.

Nährstoffgehalt – Düngung – Mangelerscheinungen an den Blättern

In den Regelwerken werden zum Nährstoffgehalt lediglich Angaben zu den Makronährstoffen Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium gemacht. Weitere Nähstoffangaben sowie konkreter Empfehlungen zur Maßnahmensetzung bei einem Nährstoffmangel lässt sich in den Regelwerken nicht ableiten. Empfehlungen hierzu gibt es aus dem Bereich des Erwerbsgartenbaus (ZORN et al., 2016), jedoch beziehen sich diese Empfehlungen auf Kulturpflanzen auf Ackerböden und nicht auf Kletterpflanzen in Vegetationssubstraten.

Im Feldversuch wurden die Ergebnisse der Nährstoffanalyse des Substrates mit den Ergebnissen zu den Mangelerscheinungen an den Blättern untersucht und zueinander in Bezug gestellt. Die Bewertung des Nährstoffgehaltes erfolgte bei den **Makronährstoffen** Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) gemäß der empfohlenen Werte nach der ÖNORM L 1131 (2010) (siehe Tabelle 89). Die Standorte Herzgasse 47 (H47) und Jagdgasse 25 (J25) enthielten am Ende der Vegetationsperiode mehr Stickstoff (N) als die Standorte Absberggasse 5 (A05) und Kudlichgasse 14 (K14) sowie die Nullprobe (NP). Die ÖNORM L 1131 für Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken (2010) empfiehlt zu Beginn der Anwuchspflege einen Stickstoffwert von 50 mg/l – 400 mg/l (ÖNORM L1131, 2010:32). Da die Stickstoffwerte hier im Gesamtgehalt (Vol.-%) angegeben sind, kann kein direkter Vergleich gezogen werden. WENDLAND et al.

(2014) beschreibt die Mangelsymptome bei Stickstoffmangel unter anderem anhand roter Blattverfärbungen. Die Untersuchungen zu den Mangelscheinungen an den Blättern zeigen solche Verfärbungen in der Absberggasse 5, jedoch nicht in der Kudlichgasse 14. Nach ZORN et al. (2016) könnten die Mangelscheinungen an den Blättern in der Absberggasse 5 und in der Kudlichgasse 14 auch aufgrund der hohen Temperaturen am Standort ausgelöst worden sein (ZORN et al., 2016:8). Bei beiden handelt es sich nämlich um vollsonnige Standorte. XING & WU (2012) konnten in ihrer Untersuchung zu Reaktionen im Stoffwechsel auf osmotischen Stress bei Kletterpflanzen feststellen, dass *P. tricuspidata* bei langfristigem moderatem osmotischem Stress höhere Einbußen im Stoffwechselmetabolismus hatte als die anderen untersuchten Pflanzenarten (XING & WU, 2012:1667).

Ebenso verhielt es sich mit dem Makronährstoff Calcium (Ca). Die durchschnittlichen Werte waren in der Absberggasse 5 sowie in der Kudlichgasse 14 niedriger als im Vergleich zur Nullprobe (NP), während sie in der Jagdgasse 25 und Herzgasse 47 höher als bei NP lagen.

Tabelle 89: Vergleich der Gehalte von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) mit den Empfehlungen der ÖNORM L 1131 (2010)

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach ÖNORM L 1131 2010)

| VERGLEICH MAKRONÄHRSTOFFEN, P, K, Mg MIT EMPFEHLUNG NACH ÖNORM L 1131 (2010) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| | | Stickstoff N Gesamt [%] | | | Phosphor P [mg kg ⁻¹] | | | Kalium K [mg kg ⁻¹] | | | Magnesium Mg [mg kg ⁻¹] | | |
| | | Mittelwert | Nullprobe Mittelwert | Empfehlung nach ÖNORM L 1131 (2010) | Mittelwert | Nullprobe Mittelwert | Empfehlung nach ÖNORM L 1131 (2010) | Mittelwert | Nullprobe Mittelwert | Empfehlung nach ÖNORM L 1131 (2010) | Mittelwert | Nullprobe Mittelwert | Empfehlung nach ÖNORM L 1131 (2010) |
| A05 | Absberggasse 5 | 0,06 | 0,08 | 50 mg/l - 400 mg/l | 59,31 | 44,14 | 21,8 mg/l - 348,8 mg/l | 445,80 | 512,89 | 49,8 mg/l - 1245 mg/l | 214,42 | 229,35 | 50 mg/l - 160 mg/l |
| J25 | Jagdgasse 25 | 0,12 | | | 77,18 | | | 483,73 | | | 237,80 | | |
| H47 | Herzgasse 47 | 0,09 | | | 95,54 | | | 509,01 | | | 217,41 | | |
| K14 | Kudlichgasse 14 | 0,06 | | | 44,36 | | | 451,79 | | | 178,18 | | |

Bei den **Makronährstoffen** fallen vor allem die Gehalte der drei gelösten Kationen Kalium (K), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca) auf. Nach WENDLAND et al. (2014) beeinflussen einige positiv geladene Ionen (Kationen) in der Bodenlösung den Wasserhaushalt der Pflanzen bzw. den Quellungsstatus der Gewebe und in den Zellen. Dazu zählen Magnesium (Mg²⁺), Kalium (K⁺) und Calcium (Ca²⁺) (WENDLAND et al., 2014:226). Ein Blick auf die Nährstoffanalyse des BERTA-Substrates zeigt, dass der Gehalt dieser drei Makronährstoffe (Mg, K, Ca) vorwiegend in der Absberggasse 5 (A05), vor allem aber in der Kudlichgasse 14 (K14) bedeutend niedriger ausfällt, als an den übrigen Standorten bzw. der Nullprobe (NP) (siehe Tabelle 90).

Tabelle 90: Darstellung der Nährstoffgehalte von Kalium (K), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca) bei der Nährstoffanalyse.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)

| Kalium - K [mg kg ⁻¹] | A05 | K14 | J25 | H47 | NP | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Messwert | 445,8 | 451,8 | 483,7 | 509,0 | 512,9 | | |
| Prozent | -13 % | -12 % | -6 % | -1 % | 0 % | | |

| Magnesium -Mg [mg kg ⁻¹] | | K14 | A05 | H47 | NP | J25 | |
|--------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Messwert | | 178,2 | 214,4 | 217,4 | 229,4 | 237,8 | |
| Prozent | | -22 % | -7 % | -5 % | 0 % | +4 % | |

| Calcium -Ca [mg kg ⁻¹] | | K14 | A05 | NP | H47 | J25 | |
|------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| Messwert | | 2466,0 | 2470,1 | 2504,0 | 2880,6 | 3038,1 | |
| Prozent | | -2 % | -1 % | 0 % | +15 % | +21 % | |

| LEGENDE | |
|---------|-----------------|
| NP | Nullprobe |
| A05 | Absberggasse 5 |
| J25 | Jagdgasse 25 |
| H47 | Herzgasse 47 |
| K14 | Kudlichgasse 14 |



Abb. 47: Schadbild Blatt bei *Wisteria floribunda*, Kudlichgasse 14 (Okt. 2020)
(Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)



Abb. 48: Schadbild Blatt bei *P. tricuspidata*, Absberggasse 5 (Okt. 2020)
(Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)

Das deckt sich auch mit den Beobachtungen über das Ausmaß der Mangelercheinungen an den Blättern. Diese waren in der Absberggasse 5 (A05) und in der Kudlichgasse 14 (K14) am intensivsten. Nach dem Bestimmungsschlüssel von Nährstoff-Mangelsymptomen bei Kulturpflanzen von ZORN et al. (2016) könnte es sich bei den Mangelercheinungen an den Blättern bei K14 (siehe Abb. 46) und A05 (siehe Abb. 45) um einen Kaliummangel handeln. Das Schadbild tritt zunächst in Form von Chlorosen beginnend vom Blattrand bzw. der Blattspitze, entwickelt sich weiter zu rot-braunen bis dunkelbraunen Nekrosen (ZORN et al., 2016:28). ZORN et al (2016) erwähnt jedoch auch die Verwechslungsgefahr durch Schäden aufgrund langanhaltender Trockenheit (ZORN et al., 2016:28).

Die Gehalte an Kalium (K) mit durchschnittlich 446 mg kg^{-1} (=446 mg/l) in der Absberggasse 5 werden gemäß den Empfehlungen der ÖNORM L 1131 (2010) mit 50 mg/l – 160 mg/l eingehalten, der Magnesiumgehalt (Mg) liegt sogar mit durchschnittlich ca. 214 mg kg^{-1} (=230 mg/l) in der Absberggasse 5 wesentlich höher als die Empfehlung der ÖNORM mit 50 – 160 mg/l (siehe Tabelle 90). Wenn ein Kaliummangel nach der ÖNORM L 1131 (2010) auszuschließen ist könnte die Ursache der Blattrandflecken bei *P. tricuspidata* in der Absberggasse 5 nach ZORN et al. (2016) an Trockenstress liegen.

WENDLAND et al. (2014) empfiehlt weiters ein Verhältnis von Kalium : Magnesium von 3-4 : 1 und nicht höher, damit die Mg-Aufnahme nicht durch die konkurrierende Wirkung der Kalium-Ione beeinträchtigt wird (WENDLAND et al., 2014:225ff). Die Tabelle 91 zeigt, dass dieses Verhältnis mit 2 : 1 (Absberggasse 5) bzw. mit 2,5 : 1 (Kudlichgasse 14) eingehalten wird.

Tabelle 91: Verhältnis Kalium : Magnesium in der Absberggasse 5 und der Kudlichgasse 14 (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| | Kalium - K [mg kg ⁻¹] | Magnesium -Mg [mg kg ⁻¹] | Differenz (K-Mg) [mg kg ⁻¹] | Verhältnis K : Mg |
|------------|---|--|--|----------------------|
| A05 | 445,8 | 214,4 | 231,4 | 2 : 1 |
| K14 | 451,8 | 178,2 | 273,6 | 2,5 : 1 |

Die **Mikronährstoffe** waren im Vergleich zu den empfohlenen Werten aus der Literatur teilweise wesentlich höher. WENDLAND et al. (2014) empfehlen für den Mikronährstoff Zink (Zn) ausgehend von einem Nährstoffgehalt im Boden, der ein optimales Ertragspotenzial auch bei ungünstigen Standortbedingungen anstrebt (Gehaltsstufe C) $1,1 - 3,0 \text{ mg kg}^{-1}$ Nährstoffgehalt im Boden (WENDLAND et al., 2014:283). Der durchschnittliche Zinkgehalt im Substrat des BeRTA.-Moduls betrug zwischen $9,4 \text{ mg kg}^{-1}$ (K14) bis $12,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (A05) und war bei der Nullprobe (NP) mit $9,1 \text{ mg kg}^{-1}$ am niedrigsten. WENDLAND et al. (2014) ergänzt zu den Mikronährstoffen weiter, dass die Versorgung der Pflanzen im Vergleich zu den Makronährstoffen durch deutlich geringere Düngegaben erreicht wird bzw. meist sogar der vorliegende Nährstoffgehalt im Substrat ausreicht sowie die Verfügbarmachung durch Verwitterung der mineralischen Anteile im Substratboden (WENDLAND et al., 2014:236).

Zum **Düngen** der BeRTA-Module wurde ein Langzeitdünger in Granulatform (Osmocote Exact 15-9-12+2MgO+TE) verwendet. Dieser ist besonders für salzempfindliche Pflanzen sowie für Pflanzen geeignet, deren Nährstoffbedarf im zweiten Kulturabschnitt höher ist. Die sukzessive Nährstofffreisetzung ermöglicht eine effiziente Nährstoffversorgung von fünf bis sechs Monaten (ICL, 2019). Dadurch ist eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung während der gesamten Vegetationsperiode gegeben. Nach ZORN et al. (2016) benötigen junge Kletterpflanzen höhere Nährstoffgaben als bereits ältere (ZORN et al., 2016).

Gerade beim Anwachsen der Pflanzen sind die wachstumsfördernden Nährstoffe, wie Stickstoff (N), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) (WENDLAND et al., 2014) verantwortlich für das Erreichen des Begrünungsziels. Die folgende Tabelle 92 zeigt die Bewertung mit dem Drei-Punktesystem dieser wachstumsfördernden Nährstoffe im Vergleich zur Bewertung der Wuchshöhe/breite und den Mangelercheinungen an den Blättern an den vier Untersuchungsstandorten. Drei Punkte bedeutet eine optimale Nährstoffversorgung, einen überragenden Wuchszuwachs und ein geringes Schadbild an den Blättern. Daraus geht

hervor, dass der Nährstoffgehalt bei *P. tricuspidata* in der Absberggasse 5 und der Jagdgasse 25 keinen signifikanten Einfluss auf die Wuchshöhe/-breite hatte, sich jedoch positiv auf die Mangelercheinungen an den Blättern in der Jagdgasse 25 auswirkten.

Lonicera x tellmanniana in der Herzgasse 47 zeigte bei einem optimalen Nährstoffgehalt eine

Tabelle 92: Vergleich der Punktebewertung der Gehalte wachstumsfördernder Nährstoffe, der erreichten durchschnittlichen Wuchshöhe/-breite sowie den durchschnittlichen Mangelercheinungen an den Blättern. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022).

| VERGLEICH PUNKTEBEWERTUNG | | | | | | | |
|---|----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|------------------|-------------------------------|
| Nährstoffe - Wuchshöhe/breite - Mangelercheinungen am Blatt | | | | | | | |
| | Punkte | | | | | Punkte | Punkte |
| | Stickstoff (N) | Schwefel (S) | Magnesium (Mg) | Calcium (Ca) | Durchschnitt | Wuchshöhe/breite | Ø Mangelercheinungen am Blatt |
| Absberggasse 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Jagdgasse 25 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| Herzgasse 47 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Kudlichgasse 14 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 |

überragende Bewertung bei der Zunahme der Wuchshöhe/-breite, ebenso bei *Wisteria floribunda* in der Kudlichgasse 14.

Anhand der Bewertung kann davon ausgegangen werden, dass das verwendete Düngemittel für eine optimale Nährstoffversorgung der Pflanzen gesorgt hat, sofern der Düngzeitpunkt entsprechend dem Pflegeplan eingehalten und bedarfsgerecht bewässert wird.

Im Feldversuch zeigten sich auch Wechselbeziehungen zwischen dem Nährstoffgehalt im Substrat und der Vitalität der Pflanzen. Bei der Bewertung der Pflanzenentwicklung mit dem BeRTA-System (Kapitel 4.1.2) wies die Kudlichgasse 14 eine geringere Punktezahl bei der Vitalität auf, als die übrigen Standorte. Ein Grund hierfür könnte die korrekte Ausführung der Düngung sein. Die erste Düngung fand erst im Mai 2020 (anstatt im April 2020) statt. Ein Blick in den Anforderungskatalog zur Pflanzenentwicklung zeigt, dass die chemischen Eigenschaften des Substrates (das umfasst auch den Nährstoffgehalt) wesentlich von der fachgerechten Düngung abhängt. Daraus kann geschlossen werden, dass die Einhaltung der Pflegeaufgaben im Bereich der Düngung signifikanten Einfluss auf die Pflanzenvitalität haben und dringend eingehalten werden sollten.

4.2.4 Schädlingskontrolle

Mit dem Pflanzenwachstum einer Vertikalbegrünung geht auch das Vorkommen von Tieren einher. Was einerseits den ökologischen Mehrwert einer Begrünung betont (FLL, 2018), kann schnell in einen erhöhten Pflegeaufwand kippen. Dies ist der Fall, wenn an den Pflanzen ein Schädlingsbefall auftritt. Daher bedarf es einer Schädlingskontrolle, um die Vitalität und Wuchsleistung der Pflanzen zu erhalten. Diese erfolgt anhand von Sichtkontrollen im Zuge der Durchführung der Pflegeaufgaben (ÖNORM L 1136, 2021) und wird daher gemeinsam mit der Pflege in diesem Kapitel behandelt.

4.2.5 Anforderungskatalog Schädlingskontrolle

Die folgende Tabelle 93 zeigt den Anforderungskatalog zur Schädlingskontrolle. Hier sind noch einmal alle relevanten Parameter zu den Pflegemaßnahmen aus Kapitel 2 zusammengefasst, die wesentlichen Einfluss auf die Schädlingskontrolle haben. Hierzu zählen die Komponenten Sichtkontrolle, Schädlingsbekämpfung und der Einsatz von Nützlingen. Jede Komponente wird in ihre relevanten Bereiche unterteilt, zu denen die jeweiligen Anforderungen aus den Regelwerken sowie beeinflussende Faktoren angegeben werden sowie in welchem Regelwerk oder Empfehlung diese gefunden werden. Alle Anforderungen zusammen bilden den Stand der Technik ab, nach dem die Schädlingskontrolle bei einer nachhaltig funktionierenden trogebundenen Vertikalbegrünung erfolgen kann.

Sichtkontrolle

Im Probetrieb wird eine Sichtkontrolle generell auf die Pflanzengesundheit empfohlen (ÖNORM L 1136, 2021). Eine Kontrolle auf Schädlinge sollte jedoch nach der Pflanzenlieferung, also noch vor dem Einbau, erfolgen (FLL, 2018). Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) ist das einzige Regelwerk, in dem eine Sichtkontrolle auf Pflanzenschädlinge in allen Pflegephasen erfolgt (FLL, 2018). In den verschiedenen ÖNORMEN, die sich auf die Pflege von Pflanzen beziehen, wird die Sichtkontrolle auf Schädlinge unterschiedlich gehandhabt. Die ÖNORM L 1120 für Gartengestaltung und Landschaftsbau (2016) empfiehlt die Sichtkontrolle während der Anwuchspflege, die ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) bei der Erhaltungspflege. Allen Regelwerken gemeinsam ist das Treffen geeigneter Maßnahmen bei auftreten eines Schädlingsbefalls (ÖNORM L 1136, 2021; FLL, 2018; ÖNORM L 1120, 2016).

Schädlingsbekämpfung

In den Regelwerken solle bei Auftreten eines Schädlingsbefalls an den Pflanzen geeignete Maßnahmen zur Bekämpfung durchgeführt werden (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021; ÖNORM L 1120, 2010). Die FLL-Richtlinie (2018) führt hierzu die Schädlingsbekämpfung im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes gemäß der Richtlinie (EG) 2009/128 an, wobei sämtliche Maßnahmen den Schaden auf ein vertretbares Maß reduzieren sollen bei gleichzeitig niedrigen Risiken für Mensch und Umwelt (§ 2 Abs 4 WIEN PfISMG).

Einsatz von Nützlingen

Der Einsatz von Nützlingen im Zuge der Schädlingsbekämpfung wird in den gängigen Regelwerken zu Vertikalbegrünungen nicht behandelt. Im Erwerbsgartenbau gibt es jedoch zahlreiche Forschung dazu. Um Nützlinge an einem Standort etablieren zu können, müssen zwei Faktoren berücksichtigt werden. Das ist zum einen die Habitatstruktur, die durch den Deckungsgrad beeinflusst wird. Der zweite Faktor ist das Nahrungsangebot am Standort, das durch das Angebot an Blühpflanzen sowie die Räuber-Beute-Beziehungen der Tiere untereinander geprägt ist (MADRE et al., 2014).

Tabelle 93: Anforderungskatalog zur Schädlingskontrolle
(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| ANFORDERUNGSKATALOG SCHÄDLINGSKONTROLLE | | | | |
|--|---|---|--|--|
| SICHTKONTROLLE | | | | |
| | Probebetrieb | Anwuchspflege | Entwicklungspflege | Erhaltungspflege |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | Sichtkontrolle auf Pflanzengesundheit, Kontrolle der Pflanzenlieferung vor Einbau | Sichtkontrolle auf Pflanzenschädlinge, Pflanzenschutzmaßnahmen nach Bedarf | Sichtkontrolle auf Pflanzenschädlinge, Pflanzenschutzmaßnahmen nach Bedarf | Sichtkontrolle auf Pflanzenschädlinge, Pflanzenschutzmaßnahmen nach Bedarf |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | FLL (2018), ÖNORM L 1136 (2021) | FLL (2018), ÖNORM L 1120 (2016) | FLL (2018) | FLL (2018), ÖNORM L 1136 (2021) |
| SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG | | | EINSATZ VON NÜTZLINGEN | |
| | Pflanzenschutzmittel | weitere Maßnahmen | Struktur | Nahrungsangebot |
| Anforderungen Beeinflussende Faktoren | spezifisch ausgewählt, abhängig von Art des Schädlings, Risiken auf Mensch und Umwelt | spezifisch ausgewählt, abhängig von Art des Schädlings, Risiken auf Mensch und Umwelt | Deckungsgrad | Blühpflanzen, Räuber-Beute-Beziehungen |
| Geltende Regelwerke, Empfehlungen | ÖNORM L 1136 (2021), FLL (2018), WIEN PfISMG | ÖNORM L 1136 (2021), FLL (2018), WIEN PfISMG | MADRE et al. (2014) | MADRE et al. (2014) |

4.2.6 Bewertung mit dem BeRTA-System - Indikator Tiervorkommen

Im Feldversuch wurde untersucht, ob im ersten Standjahr überhaupt mit einem Tiervorkommen gerechnet werden kann bzw. mit welchen Tierarten die Pflegebeauftragten konfrontiert wurden. Zudem wurde die Werthaltung der Bevölkerung gegenüber dem Vorhandensein von Tieren betrachtet.

Die Bewertung über das Tiervorkommen (Tabelle 94) zeigte bei allen vier untersuchten Standorten ein überragendes Ergebnis (Überragend = 15-21 Punkte), wobei die Herzgasse 47 mit 21 Punkten die max. mögliche Punktzahl bei der Bewertung erreicht hat, die Jagdgasse 25 mit 15 Punkten die geringste.

Tabelle 94: Bewertung Indikator Tiervorkommen an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14.

(Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)

| Endergebnis Indikator Pflanzenentwicklung | | Unzureichend (0-7 Punkte) | Gut (8-14 Punkte) | Überragend (15-21 Punkte) |
|---|--|------------------------------|----------------------|------------------------------|
|---|--|------------------------------|----------------------|------------------------------|

| | | Absberggasse 5 | Jagdgasse 25 | Herzgasse 47 | Kudlichgasse 14 |
|--|--|----------------|--------------|--------------|-----------------|
|--|--|----------------|--------------|--------------|-----------------|

| BEWERTUNG - INDIKATOR TIERVORKOMMEN | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PARAMETER PFLANZENENTWICKLUNG | | Punkte | Punkte | Punkte | Punkte |
| | Tiervorkommen | | | | |
| | Tiere im Substrat | 1 | 1 | 3 | 2 |
| | Tiere an den Pflanzen | 4 | 4 | 6 | 4 |
| | Akzeptanz von Tieren | | | | |
| | Werthaltung | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | Akzeptanz | 6 | 4 | 6 | 4 |
| | Gesamtsumme | 17 | 15 | 21 | 16 |

4.2.7 Diskussion Schädlingskontrolle

Aus dem Anforderungskatalog zur Schädlingskontrolle geht aus den Regelwerken hervor, dass die Schädlingskontrolle zwar ein wesentlicher Punkt im Zuge der Pflegeaufgaben darstellt, jedoch nicht detailliert beschrieben wird. Bei der Sichtkontrolle fiel auf, dass die ÖNORM L 1136 (2021) in der Kategorie III „Troggebundene Vertikalbegrünung“ zwar auf die Sichtkontrolle der Pflanzengesundheit im Probetrieb eingeht, nicht jedoch bei der Erhaltungspflege. Es wird lediglich auf die Umsetzung der Pflegemaßnahmen gemäß der ÖNORM L 1120 verwiesen. Anders bei den Kategorien I (Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Selbstklimmern) und Kategorie II (Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Rankhilfen und Kletterpflanzen). Hier wird die Sichtkontrolle der Pflanzengesundheit bei der Erhaltungspflege explizit angeführt sowie Pflanzenschutzmaßnahmen als zusätzliche Einzelmaßnahmen (ÖNORM L 1136, 2021:16ff).

Die ÖNORM L 1136 (2021) empfiehlt bereits bei der Planung der Vertikalbegrünung die entsprechenden Pflegemaßnahmen sowie deren Häufigkeit festzulegen. Darunter fallen auch Sicherheitsvorkehrungen im Zuge der Pflege sowie Überlegungen zur Zugänglichkeit (ÖNORM L 1136, 2021:37). Auch die FLL-Richtlinie (2018) verweist bei Bedarf auf geeignete Pflanzenschutzmaßnahmen und zwar unter Einhaltung des Wiener Pflanzenschutzmittelgesetzes (§ 2 Abs 4 WIEN PflSMG). Genaue Angaben zur Art der geeigneten Maßnahmen wird in den Regelwerken nicht gemacht. KAINZ (2021) erzielte bei Untersuchungen zur biologischen Schädlingsbekämpfung gegen Blattläuse an den BeRTA-Modulen im zweiten Standjahr (2021) sehr gute Erfolge bei der Anwendung von Kaliseife. Auch das Abstreifen der Blattläuse kann empfohlen werden sowie der Einsatz des Zweipunkt-Marienkäfers (*Adalia bipunctata*) als Nützling (KAINZ, 2021:157).

Im Feldversuch wurden die Tiere einerseits durch die Struktur (Deckungsgrad) und andererseits durch vorhandenes Nahrungsangebot (Blüten, Früchte, andere Tiere) angelockt. So fanden sich in der Kudlichgasse 14 am wenigsten Tiere an den Pflanzen, denn bei *Wisteria floribunda* war das Laub oberhalb der Pflanztrogoberkante gar nicht bis sehr karg vorhanden und wurde erst oberhalb des Frequenzrahmens dichter. Somit war der Deckungsgrad innerhalb des Frequenzrahmens im Vergleich zu den anderen Standorten am geringsten, womit weniger Struktur geboten wurde. MADRE et al. (2014) konnte dies in einer Studie zur Erhebung von Spinnen und Käfern an Vertikalbegrünungen bestätigen (MADRE et al., 2014:231).

Nahrungsangebot in Form von Blüten und Früchten war besonders in der Absberggasse 5 (*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii') sowie in der Herzgasse 47 (*Lonicera x tellmanniana*) gegeben. Bei *P. tricuspidata* wirkte sich vermutlich der standortbegünstigte Lichteinfall (Vollsonne) positiv auf die Ausbildung der Blüten aus, die wesentlich reichlicher auftraten als bei *P. tricuspidata* in der Jagdgasse 25 (Halbschatten). SCHINDLER et al. (2017) erwähnen hierzu auch die wichtige Funktion der Bestäubung durch Fluginsekten in der offenen Kulturlandschaft (SCHINDLER et al., 2017:40f). Früchte wurden vor allem von Wanzen (*Heteroptera*) bzw. deren Larven als Nahrungsquelle genutzt.

Zum Vorkommen von Tieren erwähnen auch die gängigen Regelwerke die wichtige ökologische Funktion von Vertikalbegrünungen (FLL, 2018). Durch das Vorkommen von Insekten und anderen Kleintieren, besonders wie es in der Herzgasse 47 der Fall war, kann wiederum ein Nahrungsangebot für größere Tiere, wie Vögel geschaffen werden. Nach HÜFING et al. (2009) kann eine Vertikalbegrünung damit als Trittstein- und Biotopfunktion innerhalb des Biotop-Verbunds fungieren. Dadurch finden Vögel wie Amsel (*Turdus merula*), Grünfink (*Carduelis chloris*) oder Gartenrotschwanz (*Phoenicurus phoenicurus*) im Laub- und Astwerk von Vertikalbegrünungen Nist- und Schlafplätze sowie Möglichkeiten der Zuflucht und Nahrungsangebot (HÜFING et al., 2009:7f).

Die zugrunde liegende Werthaltung gegenüber dem Vorkommen von Tieren hat großen Einfluss auf die Pflege einer Vertikalbegrünung. Eine positive Werthaltung induziert das Beobachten von Tieren. So z. B. in der Absberggasse 5 (A05), wo die Bienen und andere Fluginsekten beobachtet und fotografiert wurden. Erst dadurch können nicht nur die Tiere entdeckt werden, die in der persönlichen Vorstellung Ausgangsimpuls des Beobachtens waren, sondern auch weitere Tiere wie z. B. Schädlinge. Die ÖNORM L 1120 für Gartengestaltung und Landschaftsbau (2016) empfiehlt für den Erhalt der Funktion einer Vertikalbegrünung und die projektierte Entwicklung der Pflanzen das regelmäßige Kontrollieren der Pflanzen auf Krankheiten und Schädlinge (ÖNORM L 1120, 2016:6).

Nach dem Wiener Pflanzenschutzgesetz (WIEN PflG) soll der Verdacht von Pflanzenschädlingen gemäß der Verordnung (EU) 2016/2031 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Oktober 2016 über Maßnahmen zum Schutz vor Pflanzenschädlingen (VO (EU) 2016/2031) umgehend der zuständigen Behörde, in diesem Fall dem Magistrat der Stadt Wien, gemeldet werden (§ 4 Abs 2 Zi 2 WIEN PflG). Meldepflichtig nach dem Wiener Pflanzenschutzgesetz gelten auch Eigentümer*innen sowie sonstige Verfügungsberechtigte von sämtlichen Baulichkeiten und Anlagen, an denen Pflanzen wachsen (§ 4 Abs 2 WIEN PflG). Darunter fallen auch die Pflegebeauftragten der BeRTA-Module. Als „Quarantäne-Schadorganismen“ gemäß der Verordnung (EU) 2016/2031 gelten die folgenden Tierarten der Tabelle 95. Sie zeigt eine Auswahl jener Pflanzenschädlinge, die ihren Schaden an Laub- und Ziergehölzen bereiten. Die Stadt Wien schreibt beim Auftreten sowie dem Verdacht des Auftretens eine Meldung an den Pflanzenschutzdienst für Wien der Wiener Stadtgärten vor (STADT WIEN, o. J.).

Tabelle 95: Liste von Tierarten, die in Wien als „Quarantäne-Schadorganismen“ gelten (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach STADT WIEN o. J.)

| sofort meldepflichtig nach VO (EU) 2016/2031 | Wirtspflanzen | nicht meldepflichtig | Wirtspflanzen |
|---|----------------------------------|--|---------------------------------------|
| Asiatischer Laubholzbockkäfer (<i>Anoplophora</i>) | Laubgehölze | Bläulingszikade (<i>Metcalfa pumosa</i>) | Laubgehölze |
| Asiatischer Moschusbock (<i>Aromia bungii</i>) | Laubgehölze | Gefurchter Dickmaulrüssler (<i>Otiorhynchus sulcatus</i>) | Laubgehölze, vorwiegend hartlaubig |
| Zitrusbockkäfer (<i>Anoplophora chinensis</i>) | alle Laubgehölze | Großer Frostspanner (<i>Erannis defoliaria</i>) | Obst-, Wild- und Ziergehölze |
| Japankäfer (<i>Popilia japonica</i>) | Laubgehölze (Unionsschädling) | Kleiner Frostspanner (<i>Operophtera brumata</i>) | Obst-, Wild- und Ziergehölze |
| | | Maulbeerschildlaus (<i>Pseudaulacaspis pentagona</i>) | Laubgehölze |
| | | Grüne Reiswanze (<i>Nezara viridula</i>) | Laubgehölze |

Von diesen aufgelisteten „Quarantäne-Schadorganismen“ kamen im Untersuchungszeitraum (Nov. 2019 – Okt. 2020) drei Pflanzenschädlinge vor (siehe Abb. 47).

Am Standort Jagdgasse 25 (J25) wurden Anfang Juli 2020 Larven der Bläulingszikade gesichtet, im September 2020 dann ein adultes Tier. Sie zählen nach STADT WIEN (o. J.) zwar unter die Kategorie Pflanzenschädlinge, sind jedoch nicht umgehend meldepflichtig und wurden daher nicht dem Pflanzenschutzdienst für Wien gemeldet. Es wurden jedoch umgehend Maßnahmen zum Schutz der Pflanzen getroffen und das Abstreifen der Nymphen sowie der wachsartigen Fäden an den Pflanztrieben in die Pflegeaufgaben integriert.

Der zweite Schädling war der Gefurchte Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*). Dieser kam im Mai 2020 in der Absberggasse 5 (A05) sowie in der Jagdgasse 25 (J25) (jeweils ein adultes Individuum pro Standort) an den Pflanzen vor. Auch hier fand keine Meldung an den Pflanzenschutzdienst Wien statt (keine Meldepflicht). Es wurden im Juli 2020 an allen Standorten Nematoden mittels Gießwasser in das Substrat ausgebracht, um einen eventuellen Befall der Larven im Substrat präventiv einzudämmen. Weitere Tiere wurden danach nicht mehr gesichtet.

Der dritte Schädling, ebenfalls nicht meldepflichtig, war die Grüne Reiswanze (*Nezara viridula*). Hier traten jeweils nur die Larven auf, nämlich im September 2020 in der Jagdgasse 25, im Oktober 2020 in der Absberggasse 5. Meist waren mehrere Tiere an einer Pflanze vorzufinden und saugten Pflanzensaft aus den reifen Früchten von *Parthenocissus tricuspidata*.

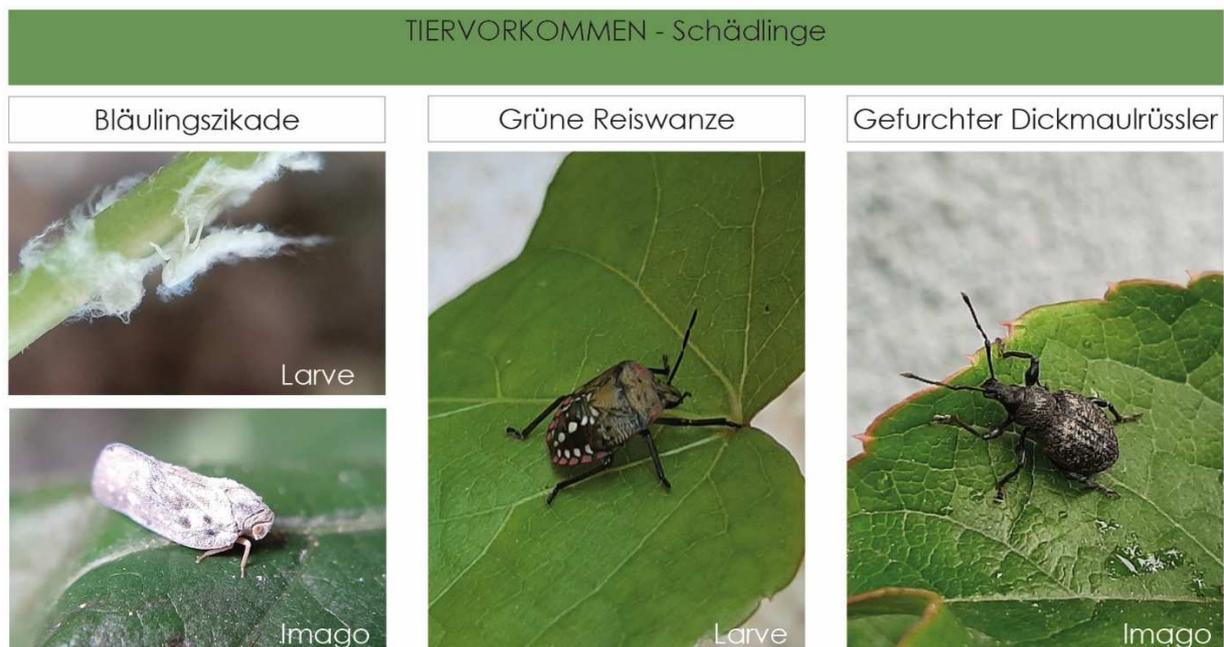


Abb. 49: Tiervorkommen – Pflanzenschädlinge an den Untersuchungsstandorten (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020, eigene Erstellung, KAINDL 2022)

Das Vorkommen von Tieren die nicht unter die Regelung „Quarantäne-Schädlinge“ fallen, wie z. B. Blattläuse können mit biologischen Pflanzenschutzmitteln in eigener Verantwortung bekämpft werden. Die Schwierigkeit liegt jedoch für fachkundige Personen darin, einen Pflanzenschädling rechtzeitig zu erkennen und dadurch rechtzeitig Maßnahmen zur Eindämmung setzen zu können.

Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in Deutschland empfiehlt fachkundigen Personen zur Bestimmung von Tieren an den Pflanzen sich Informationen oder Unterstützung bei regionalen Stellen zu holen (SCHULZ et al., 2022). Der Pflanzenschutzdienst Wien bietet der Bevölkerung erste Anlaufstelle für Kontakt und Beratung durch Expert*innen (STADT WIEN, o. J.). Auch die Umweltberatung Wien bietet vielfältige Beratungsfunktion im Bereich Tiervorkommen und Biodiversität (DIE UMWELTBERATUNG, 2022c). Die Möglichkeit zur Hilfestellung zum Bestimmen bestimmter Tierarten wird hier jedoch nicht angeboten. Jedoch wird im Privatgartenbereich vermehrt auf den Mehrwert von Nützlingen gesetzt (DIE UMWELTBERATUNG, 2022c; JÄCKEL, BALDER & HASSELMANN, 2002; SENGESPEIK et al., o. J.; BATAKOVIC et al., 2019). Warum also nicht auch bei Vertikalbegrünungen? Der Einsatz von Nützlingen bei der biologischen Schädlingsbekämpfung, wie es im Erwerbsgartenbau vermehrt angewendet wird (GRÜNES TIROL, 2022), kommt beim Wiener Pflanzenschutzgesetz nicht zum Tragen. Der Fokus liegt hier auf dem rechtzeitigen Erkennen bzw. dem Setzen geeigneter Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung zur Eindämmung des entstandenen Schadens bzw. zur Verringerung auf ein hinnehmbares Maß (Art 1 Abs 1 VO (EU) 2016/2031).

Das Fördern von Nützlingen ist bei Vertikalbegrünungen lediglich im Sinne der Steigerung der Biodiversität und der Artenvielfalt ein Thema (FLL, 2018). Die Untersuchungen beim Tiermonitoring zeigten, dass in der Herzgasse 47 (H47), wo ein starker Blattlausbefall auftrat, auch vermehrt deren Schädlingsantagonisten angelockt wurden. So fanden sich z. B. verschiedenste Arten von Marienkäfern (Larven, Puppen, Imagines) sowie Puppen von Schwebfliegen. Beides Tiergattungen, deren Nahrungsangebot vermehrt aus Blattläusen besteht (SCHULZ et al., 2022). JÄCKEL, BALDER & HASSELMANN (2002) zeigten in ihren Erhebungen zum effektiven Einsatz von Nützlingen an Stadtbäumen, dass der Kugelmarienkäfer (*Stethorus punctillum*) als natürlicher Gegenspieler der Lindenspinnmilbe (*Eotetranychus tiliarium*) zur effektiven Reduktion des Schädlings beitragen kann. Sie zeigten auch auf, dass zur Erfüllung der biologischen Schädlingskontrolle geeignete Pflanzenlisten zur Unterpflanzung von Bäumen erstellt werden sollten, damit sich Nützlinge direkt am Standort etablieren können und sich dort ansiedeln (JÄCKEL, BALDER & HASSELMANN, 2002:225). Eine Eindämmung eines Schädlingsbefalls rein durch den Einsatz von Nützlingen konnte in der Literatur nicht festgestellt werden. Der zusätzliche Einsatz biologischer Pflanzenschutzmittel ist daher ratsam.

Schlussfolgernd kann also gesagt werden, dass an troggebundenen Vertikalbegrünungen an Häuserfassaden bereits im ersten Standjahr mit Tieren gerechnet werden kann und diese besonders durch vorhandenes Nahrungsangebot attrahiert werden. Blattläuse als Pflanzenschädlinge können den Pflegeaufwand erheblich erhöhen (Standort Herzgasse 47). Ein vorzeitiges Erkennen von Pflanzenschädlingen (wie einzelne Blattläuse - Stammütter) kann wiederum mit entsprechendem Erfahrungshintergrund und Informationskenntnis zur biologischen Schädlingsbekämpfung zeitgerechte Pflegemaßnahmen veranlassen, um einen Schädlingsbefall entweder zu verhindern oder zumindest auf ein erträgliches Maß einzuschränken. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, wenn jene Personen, die die Pflege einer Vertikalbegrünung innehaben, ein Basiswissen zur rechtzeitigen Erkennung von möglichen Schädlingen besitzen, um zeitgerecht entsprechende Maßnahmen einleiten zu können und damit unnötige Kosten für die Pflege einzusparen.

5 BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN (F1 – F4)

Im folgenden Teil werden abschließend die vier Forschungsfragen noch einmal angeführt und zusammenfassend beantwortet.

F1.1 -> Welche bau- und vegetationstechnischen Voraussetzungen haben die Komponenten Pflanztroge, Substrat und technischer Aufbau sowie Kletterhilfe und Kletterpflanzen bei nachhaltig funktionierenden troggebundenen Vertikalbegrünungen zu erfüllen?

Pflanztröge, die einer langjährigen Begrünung gerecht werden, können aus Faserzement, Aluminium, Stahlblech, Steinfaser, oder glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) bestehen. Steinfaser und Faserzement können durch Lackierung absolut wasserdicht hergestellt werden. Dies erfüllt jedoch nur ästhetische Aspekte (OPTIGRÜN, 2018; ETERNIT, o. J.). Aluminium ist aufgrund der geringeren Beständigkeit gegenüber einer Salz- und Splittstreuung im Winter (OPTIGRÜN, 2018) weniger für straßenseitig aufgestellte Begrünungen geeignet.

Aus bautechnischer Sicht muss der Pflanztroge zunächst die Anforderungen des Standortes erfüllen. Die Mindestgehsteigbreite von 1,50 m muss zum sicheren Begehen des Gehsteiges für Fußgänger*innen gegeben bleiben (HÄUSLER et al. (2003)). Ebenfalls muss der Pflanztroge in seiner Dimensionierung die Standsicherheit sicherstellen (z. B. Mindesthöhe 60 cm – Vermeidung als Aufstiegshilfe) (ÖNORM L 1136, 2021). Quaderförmige Pflanztröge sollten konischen Formen (unten schmaler als oben) bevorzugt werden. Aus vegetationstechnischer Sicht müssen die Materialien des Pflanztroges und der Kletterhilfen für die Pflanzen entsprechend verträglich sein (frei von pflanzenschädlichen Substanzen) bzw. eine entsprechende Dauerhaftigkeit für das Begrünungsprojekt erfüllen (z. B. korrosionsbeständig) (ÖNORM L1136, 2021; FLL, 2018).

Befüllt wird der Pflanztroge mit einem mehrschichtigem Aufbau gemäß der ÖNORM L 1131 für Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken (2010), bestehend aus einer Drain- und Speicherschicht (Wasserspeicher, Wasserabfluss), einer Filterschicht, dem Vegetationssubstrat (Wurzelaum) und einer Mulchschicht (Verdunstungsschutz) (ÖNORM L 1136, 2021). Bei der Filterschicht ist darauf zu achten, dass zwischen flächigem Wasseranbau und der Filterschicht mind. 8 cm Abstand eingehalten werden. Das Pflanzsubstrat der Vegetationstragschicht sollte bei einer projektierten mittleren Wuchshöhe der Pflanzen von 5 – 15 m eine Mindestaufbauhöhe von 60 cm bzw. ein Mindestsubstratvolumen von 250 l pro Pflanze haben (ÖNORM L 1136, 2021:23). Eine hohe Wasserspeicherfunktion des Substrates ist für troggebundene Systeme zu empfehlen. Außerdem ist der Verdichtungsfaktor bei der Errechnung der benötigten Substratmenge zu berücksichtigen (OPTIGRÜN, 2022b; BAUDER, o. J.).

Bei Verwendung einer Kletterhilfe ist es notwendig dem Mauerwerk der Fassade entsprechende Lösungen zu finden. Statische Belastungen (Lasteinwirkung) auf das Mauerwerk sowie der Zustand der Fassade müssen entsprechend der Pflanzenauswahl berücksichtigt werden (ÖNORM L 1136, 2021; FLL, 2018). Statische Lasteinwirkungen müssen entsprechend der Fassadenart und der Pflanzenauswahl berücksichtigt werden. Materialien

müssen witterungsbeständig sein und dürfen keine lösliche Oberflächenbeschichtung enthalten (FLL, 2018; ÖNORM L 1136, 2021). Kommen Metalle zum Einsatz, so sind diese gemäß der ÖNORM EN ISO 12944-6 auf ihre Korrosionsbeständigkeit zu prüfen (FLL, 2018).

Beim Einsatz von Kletterpflanzen eignet sich nicht jede Pflanzenart zum Begrünen mittels Pflanztrog bzw. für jede Fassade. Eine entsprechende Auswahl ist analog zum formulierten Begrünungsziel zu treffen, sprich in welchem Zeitraum die Fassade einen vorher definierten Deckungsgrad erreichen soll (ÖNORM L 1136, 2021). Die FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung für Fassadenbegrünungen (2018) enthält eine Pflanzenarten-Liste, anhand derer die fachgerechte Auswahl der Pflanzen entsprechend ihrer Kletterstrategie und Wuchsstärke getroffen werden kann (FLL, 2018). Pflanzen der Kategorie Schlinger/Winder bedürfen gegebenenfalls einer starren Rankhilfe (z. B. Rankstäbe), um Verletzungen der Triebe am Rankseil zu vermeiden. Die Verwendung von Ranknetzen ist bei der Gattung *Wisteria* nicht zu empfehlen (JAKOB AG, 2022).

Kletterpflanzen müssen dem Begrünungsziel entsprechend ausgewählt werden sowie den bauphysikalischen Anforderungen der Fassade entsprechen (FLL, 2018; VERTIKO, 2021). Provisorische Hilfen zum Anhaften an der Fassade ermöglicht den Pflanzen ein schnelleres Anwachsen (FLL, 2018). Diese Maßnahme ist bei Gerüstkletterpflanzen sowie Selbstklimmern gleichermaßen sinnvoll.

F1.2 -> Welche Pflegemaßnahmen inkl. Schädlingskontrolle sind erforderlich, damit sich eine nachhaltige trogebundene Vertikalbegrünung einstellt?

Kletterpflanzen benötigen ihrer Entwicklung entsprechende Pflegemaßnahmen. Die ÖNORM L 1136 (2021) unterteilt die Pflegephasen in den achtwöchigen Probetrieb (Anwuchspflege), eine zweijährige Entwicklungspflege und nach der Übergabe der Begrünung an den/die Auftraggeber*in die Erhaltungspflege (ÖNORM L 1136, 2021).

Im achtwöchigen Probetrieb bzw. bei der Anwuchspflege sind die bedarfsgerechte Bewässerung der Pflanzen, die Entfernung von Fremdaufwuchs in der Mulchschicht sowie die Leitung der Pflanztriebe wichtige Pflegemaßnahmen. Eine Sichtkontrolle der Kletterhilfe (falls vorhanden) sowie der Pflanzen auf Schädlinge und Krankheiten wird durchgeführt (ÖNORM L 1136, 2021).

In der zweijährigen Entwicklungspflege sollen sich die Pflanzen zu einem abnahmefähigen Zustand hin entwickeln (DOPHEIDE et al., 2021). Pflegemaßnahmen wie die bedarfsgerechte Bewässerung der Pflanzen, die Entfernung von Fremdaufwuchs in der Mulchschicht sowie die Leitung der Pflanztriebe bzw. Anbinden der Pflanztriebe an der Kletterhilfe sind wiederum wichtige Pflegemaßnahmen (ÖNORM L 1120, 2016). Zusätzlich erfolgt eine Sichtkontrolle der Kletterhilfe (falls vorhanden) (ÖNORM L 1136, 2021) sowie fachgerechte Schnittmaßnahmen inkl. dem Entfernen abgestorbener Triebe und bedarfsgerechtes Düngen der Pflanzen (ÖNORM L 1120, 2016).

Nach der Abnahme der Begrünung durch den/die Auftraggeber*in erfolgt die Erhaltungspflege mit dem Ziel, die Pflanzen bis zumindest zur projektierten Lebensdauer der Begrünung vital zu halten (DOPHEIDE et al., 2021). Pflegemaßnahmen wie die bedarfsgerechte Bewässerung der Pflanzen, die Entfernung von Fremdaufwuchs in der Mulchschicht, die Leitung der Pflanztriebe bzw. Anbinden der Pflanztriebe an der Kletterhilfe, die bedarfsgerechte Düngung, fachgerechte Schnittmaßnahmen inkl. der Entfernung abgestorbener Triebe sind wiederum wichtige Pflegemaßnahmen (ÖNORM L 1120, 2016; ÖNORM L 1136, 2021). Zusätzlich werden Laubansammlungen entfernt, eine Sichtkontrolle der Kletterhilfe sowie eine Kontrolle der Pflanzengesundheit durchgeführt (ÖNORM L 1136, 2021).

Zur bedarfsgerechten Düngung ist der pflanzenverfügbare Nährstoffgehalt im Vegetationssubstrat relevant. Düngemittel und -gaben müssen entsprechend der Pflanzenauswahl getroffen werden. Die ÖNORM L 1136 (2021) gibt für die Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) Empfehlungen zum Nährstoffgehalt für Kletterpflanzen (ÖNORM L 1136, 2021).

Die Schädlingskontrolle erfolgt anhand von regelmäßigen Sichtkontrollen an den Pflanzen (ÖNORM L 1136, 2021). Sollte eine Schädlingsbekämpfung notwendig sein, so sind umweltschonende Mittel gemäß § 2 Abs 4 WIEN PfISMG anzuwenden (FLL, 2018). Auch der Einsatz von Nützlingen bietet eine gute Möglichkeit der biologischen Schädlingsbekämpfung. Viele Nützlingsgruppen haben ein breites Wirkungsspektrum und können für eine Reihe von Schädlingen eingesetzt werden (GRÜNES TIROL 2022, GOTTWALD & ADAM 2008, BELLMANN et al. 2018, FELKE o. J.).

F2 -> Welche Kletterpflanzen erweisen sich als geeignet für westlich exponierte Wiener Standorte des Vertikalbegrünungssystems BeRTA-Grünfassadenmodul?

Die ausgewählten Pflanzen für das BeRTA-Modul (*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii', *Lonicera x tellmanniana*, *Wisteria floribunda*) zeigten bei der Bewertung der Pflanzenentwicklung allesamt gute Ergebnisse. Alle Pflanzen erreichten gemäß der FLL-Richtlinie für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen (2018) einen durchschnittlichen Wuchszuwachs von 100 – 200 cm innerhalb einer Vegetationsperiode. *Parthenocissus tricuspidata* (Absberggasse 5 und Jagdgasse 25) erreichte im Vergleich einen höheren Deckungsgrad (vor allem bereits bei bodennahen Trieben), zeigte jedoch geringere Zuwächse in die Vertikale als *Lonicera x tellmanniana* und *Wisteria floribunda*, dafür einen höheren Zuwachs in die Horizontale.

Unterschiede zeigten sich beim Anhaften an der Kletterhilfe bzw. an der Fassade. Selbstklimmer *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii' am Standort Absberggasse 5 und Jagdgasse 25 wurde beim Einpflanzen an Bambusstäben angebunden, die schräg zur Fassade hin positioniert wurden. Starker Wind, Vandalismusvorfälle bzw. das Hinwachsen neuer Pflanztriebe zum Licht (weg von der Fassade) erschwerten das Anhaften der Haftscheiben an der Fassade und erhöhten den Pflegeaufwand. Die FLL-Richtlinie (2018) empfiehlt beim Zuleiten junger Pflanzen zur Kletterhilfe geeignete Provisorien zu verwenden (FLL, 2018:86). Für Selbstklimmer wäre das ebenso eine denkbare Lösung.

Lonicera x tellmanniana (Herzgasse 47) erreichte trotz des starken Schädlingsbefalls einen annähernd hohen Deckungsgrad (38 %) wie *P. tricuspidata* (44 % in der Absberggasse 5, 40 % in der Jagdgasse 25) und überzeugte mit ihrer langanhaltenden Blühdauer (Mai 2020 – Oktober 2020). Die Dimensionierung des Rankgitters (80 x 300 cm (B x H)) reichte für das Anhaften während der ersten Vegetationsperiode gut aus. Bei einer mittleren Wuchshöhe von bis zu sechs Metern (FLL, 2018:70) sollte eine Erweiterung des Rankgitters angedacht werden bzw. bei künftigen Pflegerückschnitten darauf Rücksicht genommen werden. *L. x tellmanniana* zeigte einen ausgewogenen Bewuchs in die Horizontale sowie die Vertikale.

Wisteria floribunda in der Kudlichgasse 14 hatte, entsprechend ihrer artspezifischen Eigenschaften, höhere Zuwächse in der Wuchshöhe (Vertikale), als die anderen beiden Pflanzenarten. Die Haupttriebe der Pflanzen konnten bei der Bepflanzung gut an den Rankseilen angebunden werden, wodurch die Pflanzen relativ schnell anwuchsen und Halt finden konnten. Die Dimensionierung der Rankseile reichte zum Umwinden aller Haupttriebe gut aus. Lediglich im oberen Drittel der Kletterhilfe zeigte sich eine Vielzahl neuer Jungtriebe, die in einer Höhe über zwei Meter bei den wöchentlichen Pflegegängen nicht mehr an das Rankseil hingeführt bzw. angebunden werden konnten.

Es zeigte sich auch, dass die Umsetzung der Pflegeaufgaben, vor allem das Gießen, signifikanten Einfluss auf das Pflanzenwachstum haben. So induzierte z. B. in der Kudlichgasse 14 das standardisierte Gießen (nur 1x pro Woche möglich) eine Verringerung der Vitalität sowie des Deckungsgrades.

F3 -> Welche Pflegemaßnahmen an den Pflanzen inklusive Nährstoffversorgung sind für ein langfristiges Bestehen des BeRTA-Grünfassadenmoduls an westlich exponierten Standorten notwendig?

Die wesentlichen Pflegeaufgaben beziehen sich einerseits auf die optimale Versorgung der Pflanzen, andererseits auf die Wartung der einzelnen Systemkomponenten (ÖNORM L 1136, 2021). Damit die Pflanzen gut anwachsen und ehestmöglich das Begrünungsziel erreicht wird sind das bedarfsgerechte Gießen, eine abgestimmte Düngung (Zeitpunkt und Zusammensetzung) und die Leitung der Pflanztriebe in erster Linie essentiell (ÖNORM L 1131, 2010).

Das bedarfsgerechte Gießen wirkt sich signifikant auf die Vitalität der Pflanzen aus. Vitalitätseinbußen aufgrund des Gießens, als auch aufgrund der Nährstoffversorgung zeigen sich eindeutig anhand der Mangelercheinungen an den Blättern (Trockenstress in der Absberggasse 5 und Kudlichgasse 14). Diese zu deuten ist für den Laien nicht oder nur kaum möglich. Die Gießmenge ist an vollsonnigen Standorten (Absberggasse 5) wesentlich größer als an halbschattigen Standorten (Jagd-gasse 25). Das sollte vor allem, analog zur Modulanzahl, bei der Planung der Verteilung der Aufgaben berücksichtigt werden. Die Verwendung eines Gartenschlauchs (wie in der Jagd-gasse 25) kann den Pflegeaufwand enorm verringern. Auch eine einwandfreie Funktion des Mess-Stabes ist notwendig, damit der Bedarf des Gießens überhaupt erkannt werden kann. Hierfür sind regelmäßige Sichtkontrollen der einzelnen Modulkomponenten erforderlich (ÖNORM L 1136, 2021).

Bezogen auf die Wahl der Kletterpflanzen war der Pflegeaufwand beim Selbstklimmer *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii' (Absberggasse5, Jagd-gasse 25) höher. Das „Einfädeln“ und Anbinden der Triebe war nahezu wöchentlich erforderlich. Hingegen stellte sich bei *Lonicera x tellmanniana* (Herzgasse 47) und *Wisteria floribunda* (Kudlichgasse 14) das Problem heraus, dass die Leitung der Pflanztriebe ab einer gewissen Höhe nicht mehr machbar ist.

Zum Düngen der Pflanzen eignet sich ein Langzeitdünger in Granulat-form sehr gut. Die Nährstoffe werden für bis zu sechs Monate an die Pflanzenwurzeln abgegeben (ICL, 2019), was den Pflegeaufwand enorm reduziert. Wichtig ist jedoch ein zeitgerechtes Düngen laut Pflegeplan (DOPHEIDE et al., 2021), damit die Pflanzen, vor allem im Frühjahr, ihr volles Wuchspotenzial ausschöpfen können.

Für einen nachhaltigen Begrünungserfolg sollten regelmäßige Sichtkontrollen auf Pflanzenschädlinge erfolgen (ÖNORM L 1136, 2021). Das rechtzeitige Erkennen von Schädlingen kann den Pflegeaufwand erheblich verringern. Die Schädlingsbekämpfung in der Herzgasse 47 beispielsweise erforderte mehrmalige Maßnahmen mehrere Monate hindurch und waren sehr zeitaufwändig. Zum rechtzeitigen Erkennen von Schädlingen (oder auch Nützlingen) kann der Pflanzenschutzdienst für Wien der Wiener Stadtgärten eine erste Anlaufstelle sein und nötige Hilfe und Informationen bieten (STADT WIEN, o. J.).

Grundsätzlich sollte daher bei der Erstellung des Pflegeplans eine konkrete Verteilung der Pflegeaufgaben bzw. konkrete Ansprechpersonen festgelegt werden, die bei Herausforderungen in die Pflegeaufgaben unterstützend eingreifen können (DOPHEIDE et al., 2021).

F4.1 -> Welche Tierarten aus der Gruppe der Arthropoda (Gliederfüßer) können in westlich exponierten BeRTA-Grünfassadenmodulen in der ersten Vegetationsperiode vorgefunden werden?

Die Untersuchungen in dieser Arbeit zeigen, dass bereits im ersten Standjahr einer troggebundenen Vertikalbegrünung mehrere Tierspezies vorkommen können. Beim Tiermonitoring konnten im Substrat folgende Tierspezies gesichtet werden:

- Hundertfüßer (*Chilopoda*)
- Springschwanz (*Collembola*)
- Assel (*Oniscidea*)
- Ameisen-Jungkönigin (*Formicidae*)
- Nacktschnecke (Familie *Agriolimacidae*)
- Wildbiene (*Apidae*)

Insgesamt konnten in der Herzgasse 47 die meisten Tierspezies im Substrat gefunden werden (4), in der Jagdgasse 25 die wenigsten (1). Das Vorkommen von Tieren im Substrat wurde von Trockenheit im Bodengefüge vermindert bzw. von einer Belaubung der bodennahen Triebe begünstigt.

An den Pflanzen konnten folgende Tierspezies gesichtet werden:

- Blattlaus (*Aphididae*)
- Ameise (*Formicidae*)
- Spinne (*Enoplognata*)
- Zikade (Larve) (Bläulingszikade - *Metcalfa pruinosa*)
- Marienkäfer (Larve + Puppe + Imago) (*Cryptolaemus montrouzieri*, *Coccinellidae*)
- Wanze (Larve + Imago)
- Schmetterling (Larve) (*Lepidoptera*)
- Schwebfliege (Puppe) (*Syrphidae*)
- Käfer (Ordnung *Coleoptera*)
- Wildbiene (*Apidae*)
- Honigbiene (*Apis*)
- Wespe (*Vespinae*)
- Fliege (*Calliphoridae*)

Insgesamt konnten in der Herzgasse 47 die meisten Tierspezies an den Pflanzen gefunden werden (8), in der Kudlichgasse 14 die wenigsten (4). Das Vorkommen von Tieren an den Pflanzen wurde von drei Faktoren begünstigt:

- Ein hoher Deckungsgrad/Strukturangebot wie bei *P. tricuspidata*
- ein reichhaltiges Blühangebot förderte Fluginsekten bzw. ein reichhaltiges Fruchtangebot das Vorkommen von Wanzen (*Lonicera x tellmanniana*)
- das Nahrungsangebot (Blattlauspopulation in der Herzgasse 47) fördert Schädlingsantagonisten wie Marienkäfer.

F4.2 -> Welche Akzeptanz bringt die Wiener Bevölkerung hinsichtlich der an den BeRTA-Grünfassadenmodulen vorgefundenen Fauna auf?

Die persönliche Einstellung, sprich die Werthaltung gegenüber dem Tiervorkommen hat wesentlichen Einfluss auf die Akzeptanz von Tieren. Daher wurde zunächst erfragt welche Tiere von den Befragten entdeckt wurden und welche persönliche Werthaltung damit einhergeht. Die Befragten aller vier Untersuchungsstandorte zeigten durchgehend eine positive Werthaltung gegenüber dem Vorkommen von Tieren im Substrat, als auch an den Pflanzen. Diese blieb im Laufe der Vegetationsperiode gleich, bzw. wurde sogar noch verstärkt (Absberggasse 5). Bedenken beim Auftreten bestimmter Tiere gab es vor Errichtung der Begrünung bzgl. Schädlinge wie Blattläuse (Absberggasse 5) und Tauben/Vogelkot (Herzgasse 47), die sich im Laufe der Vegetationsperiode zerstreuten.

Allen Befragten war das Bewusstsein über das Potenzial der Begrünung als Lebensraum für Tiere gemeinsam. Der Bezug zwischen Pflanzenwachstum und dem Vorkommen von Tieren war stets gegenwärtig. Eine besondere Erwartungshaltung ergab sich bzgl. dem Vorkommen von Bienen bzw. wurden diese Tiere als besonders schützenswert favorisiert. Generell wurde das Vorkommen von Fluginsekten wie Bienen, Hummeln und Schmetterlingen von allen Befragten als besonders positiv wahrgenommen und mit großer Freude beobachtet. Dieses Beobachten ermöglicht es wiederum bestimmte Tiere zu entdecken und evtl. auch zu bestimmen (Nützling oder Schädling). Das ist insofern wichtig, da dadurch Schädlinge im Zuge der Pflege rechtzeitig entdeckt werden können (ÖNORM L 1120, 2016) und dadurch ein Schädlingsbefall verhindert oder auf ein erträgliches Maß reduziert werden kann (Art 1 Abs 1 VO (EU) 2016/2031).

6 AUSBLICK

Eine Vertikalbegrünung eröffnet eine Vielzahl an Vorteilen und kann unter fachgerechter Umsetzung eine Vielzahl an Zielen erfüllen (FLL, 2018). Vorteile wie die Verbesserung des Mikroklimas, dadurch energieeffizienter zu bauen hat auch einen ökonomischen Mehrwert, vor allem für die Auftraggeber*innen. Eine Vertikalbegrünung erfordert immer einen gewissen finanziellen Einsatz. Es ist eine Investition mit dem Hintergedanken, die zuvor diskutierten Vorteile von Vertikalbegrünungen auch wieder in einem monetären Wert hereinzuholen. Z. B. durch Reduktion der konventionellen Kühlkosten eines Gebäudes, da dies die Begrünung übernimmt (DETTMAR et al., 2016). Die Begrünung soll, den Zielen entsprechend, kalkulierbar sein. Der ökonomische Wert soll berechenbar sein.

Aus diesem Grund wurden und werden in zahlreichen Studien die Effekte von Vertikalbegrünungen erforscht und gemessen. Ein Problem stellt jedoch oft der Zeitplan eines Forschungsprojektes dar. Oft werden gewisse Werte bereits im ersten Standjahr einer Begrünung gemessen und erforscht. Hier sind jedoch die Pflanzen noch nicht soweit angewachsen und entwickelt, dass sie ihren Begrünungszweck bereits erfüllen könnten. Sinnvoller wäre es daher adulte und bereits voll entwickelte Begrünungen zu erforschen (KIESSL & RATH, 1989). Sie können Aufschluss darüber geben, ob die geplanten Ziele tatsächlich erreicht werden können. Auf Basis der hier erarbeiteten Forschungsfragen kann die Verwendung von *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii', *Lonicera x tellmanniana* und *Wisteria floribunda* zur Begrünung von troggebundenen Vertikalbegrünungen durchaus empfohlen werden, jedoch könnte eine erneute Bewertung nach entsprechender Entwicklung der Pflanzen (Erreichung des Begrünungsziels) adäquatere Empfehlungen liefern.

Weitere Einschränkungen bei der Erarbeitung der Antworten auf die hier gestellten Forschungsfragen gab es bei der Bewertung der Mangelerscheinungen an den Blättern. Hierzu konnten in dieser Arbeit lediglich das Ausmaß der einzelnen Schadbilder (Chlorose, Nekrose, usw.) bewertet werden, da das Wissen zur fachlich korrekten Bestimmung des Mangels zu unzureichend war. Zur Bewertung von Mangelerscheinungen an den Blättern gibt es in der Literatur einige gute Anleitungen. Diese beziehen sich jedoch meist entweder auf Kultur- und Zierpflanzen (WENDLAND et al., 2014) oder auf (Stadt-)Bäume (SCHÖNFELD et al., 2013). MITTERHAUSER (2022) kommt bei der Recherche zu Blattschäden- und Krankheiten an troggebundenen Vertikalbegrünungen zu einem ähnlichen Ergebnis (MITTERHAUSER, 2022:37). Eine genaue Bestimmung der Mangelerscheinungen von Gehölzkletterpflanzen von Vertikalbegrünungen erfordert demnach tiefere fachliche Kenntnisse (ZORN et al., 2016). Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf, um die Pflegeaufgaben für Personen mit weniger fachlichem Hintergrundwissen soweit aufzubereiten, um eine ausreichende Nährstoffversorgung der Pflanzen auch dem Laien zugänglich zu machen.

Zur Bewertung der Nährstoffversorgung konnten in der Fachliteratur ebenfalls kaum Referenzwerte herangezogen werden. Die meisten Empfehlungen beziehen sich auf Nutzpflanzen aus dem Agrarbereich (WENDLAND et al., 2014) oder den Zierpflanzenbau mit krautigen Pflanzen, wie Stauden- und Sommerblumen (HAUERT HBG DÜNGER AG, o. J.:24). SCHÖNFELD et al. (2013) kamen in ihren Untersuchungen zur Düngung von Straßenbäumen ebenfalls zu der Schlussfolgerung, dass es keine praxisorientierten Referenzwerte zum Nährstoffgehalt für Straßenbäume gibt (SCHÖNFELD et al., 2013:6). Für Vertikalbegrünungen

werden diesbezüglich zwar die Nährstoffgehalte für Intensivsubstrate gemäß der ÖNORM L 1131 (2010) herangezogen, jedoch beziehen sich diese ebenfalls eher auf krautige Pflanzen bei Dachbegrünungen bzw. sind die Gehalte sehr breitmaschig klassifiziert. Stickstoff (N) beispielsweise sollte in Pflanzsubstraten mit einem Gehalt von 50 mg/l – 400 mg/l enthalten sein (ÖNORM L 1131, 2010:32). Es bedarf hier einheitlicher Referenzwerte, die explizit auf Kletterpflanzen in trogebundenen Vertikalbegrünungen ausgelegt sind.

Eine Optimierung der Pflegeprozesse analog zu den hier beschriebenen Limitierungen der Untersuchungen kann für künftige Forschungen Anknüpfungspunkt bieten. Dabei sollte vor allem der Fokus darauf liegen, wie an die Pflegebeauftragten das nötige Fachwissen zur optimalen Pflege herangetragen werden kann, damit sich ein nachhaltiger Begrünungserfolg einstellen kann. Z. B. wäre eine Schnittstelle mit fachlicher Expertise im Umfeld denkbar, die Hilfestellung über fachliche Informationen geben kann, oder auch mit Fachpersonal helfend bei der Pflege eingreifen kann.

Generell hat sich bei der Pflege gezeigt, dass der persönliche Austausch (persönlich vor Ort, am Telefon oder auch per Mail) zwischen Pflegebeauftragten und Projektbeauftragten unerlässlich ist für das Gelingen einer erfolgreichen Begrünung. Das ist auch beim Zusammentragen der einzelnen Ergebnisdaten herausgestochen. Das Eintragen in das wöchentliche Pflegeprotokoll durch die Pflegebeauftragten war wesentlich geringer aussagekräftig als der regelmäßige persönliche Austausch beim monatlichen Monitoring bzw. beim halbjährlichen Interview. Es wäre daher sinnvoll bei einem sozialen Begrünungsprojekt, wie dem von 50 grüne Häuser, eine Fachperson zu integrieren, welche die einzelnen Begrünungen aus fachlicher Sicht regelmäßig überprüft und begleitet und als Informationsstelle bei Themen zur Pflege und den Pflanzen zur Verfügung steht.

Bei den Interviews mit den Pflegebeauftragten beispielsweise ging hervor, dass der Informationsgehalt über das Forschungsprojekt sowie die Projektbeteiligten und deren Aufgaben, aber auch die eigenen Aufgaben, unterschiedlich groß war. Weiters hat sich gezeigt, dass die eigene Rolle innerhalb dieses Projektes bzw. über die Aufgaben zur Pflege wesentlichen Einfluss auf die Erfüllung der Pflegeaufgaben hat und zwar unabhängig davon, ob die Pflege von hausinternen Personen oder von externen Firmen übernommen wurde. Jedoch war die Motivation zur optimalen Erfüllung der Pflegeaufgaben bei externen Pflegebeauftragten geringer als bei jenen Pflegebeauftragten, die im begrüneten Haus wohnen. Denn auch wenn die Aufgaben delegiert werden, muss zumindest klar sein, welche Inhalte die Aufgaben beinhalten, um diese erfüllen zu können.

Als Schlussfolgerung daraus könnten zur Minimierung des Pflegeaufwands folgende Möglichkeiten zur Optimierung der Pflegeaufgaben und damit der Pflanzenentwicklung beitragen:

- Adaptierung der Auswahl geeigneter Pflanzen zur Begrünung mit den BeRTA-Grünfassadenmodulen.
Z. B. könnte bei Pflanzen mit einer starken Wüchsigkeit jenen mit flächigem Bewuchs (z. B. *Lonicera x tellmanniana*) der Vorzug gegeben werden im Gegensatz zu linear wachsenden (z. B. *Wisteria floribunda*).
- Integration von Fachpersonen bei Begrünungsobjekten mit partizipativen Ansätzen bei der Pflege.
Z. B. könnte die Wiener Gebietsbetreuung Stadterneuerung der Stadt Wien neben allgemeinen Informationen zu Vertikalbegrünungen, wie Vorteile und Förderungsrichtlinien (MA 25 GEBIETSBETREUUNG, o. J.), ihre beratende Funktion ausbauen und bei der Pflege mit ihrer fachlichen Expertise vor Ort Hilfestellung leisten. Eine weitere Möglichkeit wäre die Vernetzung und der Austausch der Pflegebeauftragten von Vertikalbegrünungen im Grätzel oder im Bezirk.
- Klare Aufgabenteilung von Pflegearbeiten für Pflegebeauftragte (Laien) und Fachpersonal.
Z. B. könnte nach entsprechender Unterweisung ein regelmäßiger Rückschnitt der Pflanzen zum Freihalten von Bauteilen und Fenstern von den Pflegebeauftragten durchgeführt werden, ein revitalisierender Rückschnitt entsprechend der Wuchseigenschaften der Pflanzen von einer Fachfirma.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Fortschreiten des Klimawandels und der Zunahme der Bevölkerung stehen die Städte der Zukunft vor großen Herausforderungen, was die Lebensqualität der Bevölkerung betrifft. Die troggebundene Vertikalbegrünung ist eine gute Möglichkeit auch öffentliche Flächen mit wenig Platzangebot zu begrünen. Dadurch wird die Aufenthaltsqualität erhöht sowie eine ökologische Nische für Tiere in der Stadt geschaffen. In den Regelwerken liegt der Fokus bisher vermehrt auf bodengebundenen und wandgebundenen Systemen und Hinweise zu Pflegemaßnahmen beziehen sich meist auf fachkundige Firmen. Um eine langlebige (und in diesem Sinn nachhaltige) Begrünung zu erzielen und die vielfältigen Vorteile einer pflegeextensiven Begrünung mit Kletterpflanzen nutzen zu können, bedarf es konkreter Empfehlungen für dieses Begrünungssystem.

Im Zuge des Forschungsprojektes 50 grüne Häuser - Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems wurde hierzu im November 2019 an mehreren Standorten im Bezirk Favoriten in Wien das BeRTA-Grünfassadenmodul an Hausfassaden im öffentlichen Raum errichtet und untersucht. Das besondere hierbei ist, dass die Begrünung zwar im öffentlichen Raum steht, jedoch die Pflege unter Beteiligung der Eigentümer*innen bzw. Mieter*innen hausintern organisiert wird. Der Fokus dieser Masterarbeit lag in der Überprüfung der Eignung des BeRTA-Moduls für die Verwendung von Kletterpflanzen mit und ohne Kletterhilfe in Bezug auf die Pflanzenentwicklung und dem Pflegeaufwand sowie dem Vorkommen und der Akzeptanz von Tieren im Untersuchungszeitraum von November 2019 bis Oktober 2020.

Hierfür wurde zunächst der wissenschaftliche Erkenntnisstand zu den Systemkomponenten (Pflanztroge, Pflanzsubstrat, Kletterhilfe, Pflanzen, Pflege) speziell von troggebundenen Vertikalbegrünungen recherchiert und geschaut, welche bautechnischen und vegetationstechnischen Anforderungen an diese gestellt werden. Relevante Kriterien wurden in gängigen Regelwerken wie der ÖNORM L 1136 für Vertikalbegrünungen im Außenraum (2021) erhoben. Ebenso wurden Empfehlungen von Systemhersteller*innen im Bereich der Bauwerksbegrünung miteinbezogen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in textlicher Beschreibung. Die wichtigsten Inhalte flossen in einen Anforderungskatalog, der für die Analyse im Diskussionsteil dieser Arbeit herangezogen wurde.

Im folgenden Feldversuch wurden die Ergebnisse dieser Recherchen über die Systemkomponenten anhand eines konkreten Projektes - dem BeRTA-Grünfassadenmodul - betrachtet. Begrünt wurde mit Selbstklimmern (*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii') und mit Gerüstkletterpflanzen (*Lonicera x tellmanniana* und *Wisteria floribunda*). Drei Indikatoren wurden genauer untersucht und bewertet: Die Pflanzenentwicklung, die Pflege und das Vorkommen von Tieren.

Zur Erörterung der Pflanzenentwicklung wurde ein monatliches Pflanzenmonitoring gemacht, bei dem Daten zum Deckungsgrad, der Vitalität und dem Pflanzenvolumen erhoben wurden. Alle drei Pflanzenarten zeigten ein gutes Ergebnis bei der Bewertung. *P. tricuspidata* zeigte stärkere Zuwächse in die Horizontale und benötigte etwas länger, um die Haftorgane an der Fassade anzuhafte. Ein Provisorium zum Hinleiten der Pflanztriebe zur Fassade wäre

denkbar. Die höhere Anzahl bodennaher Triebe ermöglichte einen höheren Deckungsgrad bereit im Bereich der bodennahen Triebe, was sich positiv auf die Attrahierung von Tieren auswirkte. *L. x tellmanniana* zeigte ausgewogene Zuwächse in die Horizontale, als auch die Vertikale. Ein starker Blattlausbefall wirkte sich reduzierend auf die Vitalität der Pflanzen aus, ermöglichte jedoch wertvolle Erkenntnisse für die Pflegeaufgaben. Die lang andauernde Blühzeit und Fruchtreife bot neben den ästhetischen Aspekten auch Nahrungsangebot für eine Vielzahl an Tieren. *W. floribunda* zeigte stärkere Zuwächse in die Vertikale sowie einen höheren Deckungsgrad im oberen Drittel der Pflanzen. Das Anbinden der Pflanzen an der Kletterhilfe funktionierte einwandfrei und ermöglichte ein rasches Anwachsen der Pflanzen.

Zur Bewertung der Pflegeaufgaben wurden Pflegeprotokolle der Pflegebeauftragten ausgewertet, eine Nährstoffanalyse des Substrates durchgeführt sowie parallel dazu Mangelerscheinungen an den Blättern in Bezug dazu gestellt. Bedarfsgerechtes Gießen und Leitung der Pflanztriebe stellten sich als die primären Pflegeaufgaben heraus, die sich signifikant auf die Pflanzenentwicklung, als auch den Pflegeaufwand auswirken. Beim Gießen ist das einwandfreie Funktionieren der Wasserstandsanzeige im Pflanztrog notwendig, um den Wasserbedarf der Pflanzen ablesen zu können. Eine Bewässerung mit dem Gartenschlauch ist der manuellen Bewässerung mit der Gießkanne vorzuziehen und reduziert den Pflegeaufwand enorm. Bei *Wisteria floribunda* ist aufgrund des erhöhten Wasserbedarfs im Sommer die Verwendung einer automatischen Bewässerung sinnvoll.

Die Leitung der Pflanztriebe ist notwendig zur Erreichung des Begrünungsziels, jedoch bei *L. x tellmanniana*, vor allem jedoch bei *Wisteria floribunda* aufgrund der Höhe für den Laien nicht mehr machbar. Diese Pflegeaufgabe könnte in Zukunft z. B. von einer Fachfirma beim jährlichen Rückschnitt erfolgen. Dennoch sollte im Rahmen des Probetriebes bzw. der Anwuchspflege ein regelmäßiges Hinleiten der Pflanztriebe zur Fassade durch das Pflegeteam erfolgen.

Die Kontrolle der Pflanzen auf Schädlinge sollte regelmäßig und gewissenhaft durchgeführt werden, damit ein Schädlingsbefall rechtzeitig abgefangen werden kann und dadurch aufwendige Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung ausbleiben. Bei *L. x tellmanniana* zeigte sich ein starker Blattlausbefall, der nur mit sehr aufwendigen Maßnahmen auf ein erträgliches Maß reduziert werden konnte.

Die Nährstoffversorgung ist mit dem verwendeten Langzeit-Düngergranulat ausreichend gewesen und ermöglichte eine Nährstoffversorgung bis zu sechs Monate. Das rechtzeitige Ausbringen des Düngers sollte unbedingt beachtet werden, um das Wachstum der Pflanzen optimal zu fördern. Zusätzlich ist auf das bedarfsgerechte Gießen zu beachten, da sich das Granulat nur in feuchtem Substrat zersetzt bzw. die Pflanzenwurzeln die Nährstoffe über die Wurzeln nur aus der wässrigen Lösung aufnehmen können. Ist das nicht der Fall, so kann es zu Trockenstress-Erscheinungen kommen. So z. B. bei *P. tricuspidata* und *Wisteria floribunda*.

Generell ist der persönliche Austausch bezüglich der Pflegeaufgaben zwischen Pflegebeauftragten und Fachfirma, gerade am Anfang der Begrünung, notwendig, um Fragen, Unklarheiten oder auch Unsicherheiten abzuklären und Hilfestellung leisten zu können (z. B. Freischneiden von Fenstern). Die Aufteilung der Pflegeaufgaben auf ein Pflegeteam könnte organisatorische Hürden bei der Pflege (Krankenstand, Urlaub der Pflegebeauftragten)

minimieren und den Pflegeaufwand reduzieren. Durch das Einladen neuer Personen zum Pflorgeteam kann zusätzlich das Interesse zur Begrünung geweckt werden. Pflegeaufgaben, die signifikanten Einfluss auf das Pflanzenwachstum und die Vitalität haben (z. B. Pflegeschnitt) sollten von einer Fachfirma mit einschlägiger Erfahrung durchgeführt werden.

Die Erhebungen zum Vorkommen von Tieren zeigten, dass bereits im ersten Standjahr Tiere im Substrat sowie an den Pflanzen vorkommen. Begünstigt wurde dies einerseits durch einen hohen Deckungsgrad/Strukturangebot (wie bei *P. tricuspoidata*), ein reichhaltiges Blüh- und Fruchtangebot (bei *L. x tellmanniana*) und Nahrungsangebot über Räuber-Beute-Beziehungen (Blattlausbefall bei *L. x tellmanniana*). Neben dem Vorkommen der Tiere an sich war es auch wichtig herauszufinden, ob die Tiere von den Nutzer*innen akzeptiert werden. Hierzu wurden zwei Interviews mit den Pflegebeauftragten durchgeführt. Die persönliche Einstellung/Werthaltung gegenüber dem Vorkommen von Tieren hat wesentlichen Einfluss auf die Akzeptanz und war bei allen Befragten durchwegs positiv. Das Bewusstsein über das Potenzial der Begrünung als Lebensraum für Tiere war bei allen gegeben. Diese positive Werthaltung und Akzeptanz sind notwendig, um das Interesse zu wecken, vorkommende Tiere zu beobachten oder zu entdecken. Dadurch können einerseits Nützlinge, aber auch Schädlinge entdeckt werden, was sich wiederum positiv auf die Pflege auswirkt (rechtzeitiges Erkennen von Schädlingen).

Um unsere Städte für die kommenden Generationen lebenswert und nachhaltig zu gestalten, sind grüne Infrastrukturen als integraler Bestandteil in der Städteplanung notwendig und haben großes Potenzial, das auch genutzt werden sollte. Das 50 grüne Häuser Projekt kann somit wertvolle Erfahrungen für künftige Planungen bieten, wie grüne Infrastrukturen, in diesem Fall troggebundene Vertikalbegrünungen, auch in Zusammenarbeit mit der Bevölkerung nachhaltig unterhalten und betrieben werden können. Der partizipative Ansatz bietet hier den großen Vorteil, dass durch die eigene Pflege der Pflanzen und der Module eine positive Werthaltung gegenüber der Bepflanzung bzw. der gesamten Vertikalbegrünung entstehen kann. Das kann sich wiederum auf eine einfachere und schnellere Umsetzung künftiger Begrünungsprojekte übertragen. Dadurch könnten auch andere Begrünungsobjekte viel einfacher umsetzbar sein.

8 LITERATURVERZEICHNIS

AHRENS et al. (2014) - AHRENS, B., H. FORMAYER, A. GOBIET, G. HEINRICH, M. HOFSTÄTTER, C. MATULLA, A.F. PREIN, H. TRUHETZ (2014): Zukünftige Klimaentwicklung. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 301–346.

ALFRED FORSTER AG (2018): Zubehör – Substrat - HF-Substrat Typ E. Online unter: <https://alfredforsterag.ch/product/hf-substrat-typ-e/>. Aufgerufen am 28.09.2022.

BATAKOVIC et al. (2019) – BATAKOVIC, K.; BROCKS, J.; WUNDRAK, C.; GUNDAKER, G.; SCHRATTENHOLZER, B. (2019): Biologische Vielfalt – Naturnahe Gärten und Grünräume als Wiege des Lebens, Land NÖ Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr; Abteilung Umwelt- und Energiewirtschaft, St. Pölten.

BAUDER (o. J.): BauderGREEN Substrat R-I/B – Produktdatenblatt. Online unter: https://www.bauder.at/fileadmin/bauder.at/daten/downloads/Gruendach/gd-produktdatenblaetter/BauderGREEN/BauderGREEN_Substrat_R-I_B_Produktdatenblatt.pdf. Aufgerufen am 22.07.2022.

BAUDER (o. J.): Substrate für intensive Dachbegrünung. Online unter: <https://www.bauder.at/at/bauder-gruendach-systeme/gruendach-produkte/substrate/substrate-fuer-intensive-dachbegruenung.html>. Aufgerufen am 24.09.2022.

BAUORDNUNG FÜR WIEN (2021): Bauordnung für Wien § 54 Gehsteigerherstellung. Landesrecht konsolidiert Wien. LGBl. Nr. 11/1930. idgF 29.11.2021. Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006&Artikel=&Paragraf=54&Anlage=&Uebergangsrecht=>. Aufgerufen am 29.11.2021.

BELLMANN et al. (2018) – BELLMANN, H.; WILKER, L.; HECKER, F. (2018): Der Kosmos Insektenführer. Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart.

BERNINGER et al. (2017) - BERNINGER, I.; BOTZEN, K.; KOLLE, C.; VOGL, D.; WATTELER, O. (2017): Grundlagen sozialwissenschaftlichen Arbeitens – Eine anwendungsorientierte Einführung. 2. Auflage. Verlag Barbara Budrich (Hrsg.), Opladen, Toronto.

BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2019): Einheitlicher Methodenleitfaden „Insektenmonitoring“. Deutschland. Online unter: <https://www.bfn.de/themen/monitoring/insektenmonitoring.html#c223582>, aufgerufen am 20.05.2020.

BIO AUSTRIA (o. J.): Pflanzliche Erzeugung – Boden. Bio Austria – Verein zur Förderung des biologischen Landbaus (Hrsg.), Linz. Online unter: <https://www.bio-austria.at/impressum/>. Aufgerufen am 15.03.2021.

BLUME et al. (2010): Bodenorganismen und ihr Lebensraum. In: Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. Online unter: https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2251-4_4. Aufgerufen am 28.01.2020.

BMI (o. J.) – BUNDESMINISTERIUM DES INNEREN UND FÜR HEIMAT (o. J.): Organisationshandbuch – Qualitative Bewertungsmethoden. Online unter: https://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6_MethodenTechniken/65_Wirtschaftlichkeitsuntersuchung/652_Qualitative/qualitative_inhalt.html. Aufgerufen am 15.04.2022.

BRAAKER et al. (2014) – BRAKKER, S.; GHAZOUL, J.; OBRIST, M. K.; MORETTI, M. (2014): Habitat connectivity shapes urban arthropod communities: the key role of green roof In: Ecology, Ausgabe 95/4. Seite 1010-1021.

BRANDENBURG et al. (2015) – BRANDENBURG, C.; DAMYANOVIC, D.; REINWALD, F.; ALLEX, B.; GANTNER, B.; CZACHS, C. (2015): Urban Heat Islands Strategieplan Wien. Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung, Magistratsabteilung 22, Wien.

BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR (2019) – BRECKLE, S.-W.; DAUD RAFIQPOOR, M. (2019): Vegetation und Klima. Springer Verlag GmbH (Hrsg.), Berlin.

BRUNS PFLANZEN EXPORT GMBH & CO. KG (2018/2019): Sortimentskatalog 2018/2019.

DETTMAR et al. (2016) – DETTMAR, J.; PFOSER, N.; SIEBER, S. (2016): Gutachten Fassadenbegrünung - Vorschlag für Zweck, Umfang und Gebietskulisse einer finanziellen Förderung von quartiersorientierten Unterstützungsansätzen von Fassadenbegrünungen. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt. Online unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruengung.pdf. Aufgerufen am 14.11.2021.

DACHGRÜN GMBH (2015): Wandbegrünung – Rankwand. Online unter: <https://dachgruen.at/rankwand/>. Aufgerufen am 28.08.2022.

DACHGRÜN (2015b): Dachbegrünung – Filtervlies 125. Online unter: <https://dachgruen.at/v4113xbw-filtervlies-125/>. Aufgerufen am 14.07.2022.

DETTMAR et al. (2016) – DETTMAR, J.; PFOSER, N.; SIEBER, S. (2016): Gutachten Fassadenbegrünung - Vorschlag für Zweck, Umfang und Gebietskulisse einer finanziellen Förderung von quartiersorientierten Unterstützungsansätzen von Fassadenbegrünungen. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt. Online unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruengung.pdf. Aufgerufen am 14.11.2021.

DIE UMWELTBERATUNG (2022a): Gebäudebegrünung – Pflanztrog für bodengebundene Fassadenbegrünungen. Online unter: <https://www.umweltberatung.at/pflanztrog-fuer-fassadenbegruenungen>. Aufgerufen am 28.01.2022.

DIE UMWELTBERATUNG (2022b): Gebäudebegrünung – Pflege von Fassadenbegrünungen. Online unter: <https://www.umweltberatung.at/pflege-von-fassadenbegruenungen>. Aufgerufen am 29.01.2022.

DIE UMWELTBERATUNG (2022c): Wir beraten Sie gerne. Online unter: <https://www.umweltberatung.at/startseite>. Aufgerufen am 28.07.2022.

DOLESCHEL, P. & FRAHM, J. (2014): Die Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Pflanzenbau. BLV Buchverlag GmbH & Co. KG, München.

DON & PRIETZ (2019) – DON, A.; PRIETZ, R. (2019): Unsere Böden entdecken – Die verborgene Vielfalt unter Feldern und Wiesen. Springer-Verlag GmbH, Berlin.

DOPHEIDE et al. (2020) – DOPHEIDE, R.; FISCHER, T.; KAINZ, B. (2020): Grundlagen zu Pflege & Wartung von Vertikalbegrünungen an Schulen. Publikation im Rahmen des Projekts „GRÜNEzukunftSCHULEN. Grüne Schuloasen im Neubau. Fokus Planungsprozess und Bestandsgebäude“. Online unter: <https://gruenezukunftschulen.at/pflegeundwartung/>. Aufgerufen am 27.09.2022.

DOPHEIDE et al. (2021) – DOPHEIDE, R.; HOLLANDS, J.; KNOLL, B.; KORJENIC, A.; MITTERBÖCK, M.; PITHA, U.; RENKIN, A.; SCHIEFERMAIR, F.; STANGL, R.; SKOLEK, P.; SÜSS, I.; WEISS, O. (2021): greening UP! Nachhaltige Grünpflege, Wartung, Instandhaltung von Vertikalbegrünungen inklusive rechtlicher Aspekte. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Wien. Online unter: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe_2021-22_greening-up.pdf. Aufgerufen am 28.07.2022.

DUNZER, J. (2021): Wahrnehmung und Akzeptanz troggebundener Fassadenbegrünung in Wien. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB), Wien.

DWD (o. J.) – DEUTSCHER WETTERDIENST (o. J.): Wetter- und Klimalexikon – Klimatologische Referenzperiode. Online unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101334&lv3=101456>, aufgerufen am 05.09.2021.

DWD (o. J.a) – DEUTSCHER WETTERDIENST (o. J.a): Wetter- und Klimalexikon. Online unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101640&lv3=101778>, aufgerufen am 03.09.2021.

ECKHARDT, U. (2000): Untersuchungen zur Eisenassimilation in Pflanzen. Humboldt-Universität, Berlin. Dissertation.

ETERNIT (o. J.): Garten – Menschen. Formen. Eternit. Infoblatt In: DACHGRÜN (2015a): Pflanzgefäße Eternit. Online unter: <https://dachgruen.at/pflanzgefaess-faserzement/>. Aufgerufen am 28.01.2022.

EUROPÄISCHE UNION (1995-2021): Biodiversity strategy for 2030. Website der Europäischen Kommission. Online unter: https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en. Aufgerufen am 15.11.2021.

EUROPÄISCHE UNION (2014): Eine grüne Infrastruktur für Europa, Belgien. Online unter: <https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-DE-web.pdf>. Aufgerufen am 13.11.2021.

FELKE, M. (o. J.): Schädlingsarten – Kategorien der Schädlinge. Institut für Schädlingskunde, Reinheim. Online unter: <https://schaedlingskunde.de/schaedlinge/schaedlingsarten/>. Aufgerufen am 02.08.2022.

FLL (2018) – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (2018): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (Hrsg.), Bonn.

FORSTER BAUGRÜN AG (o. J.): Sortiment – Gefäße – HF-Galaxie Gefäß. Online unter: <https://forsterbaugruenag.ch/gefaesse/>. Aufgerufen am 28.01.2022.

GOTTWALD, R.; & ADAM, L. (2008): Ergebnisse zu entomologischen Erhebungen und zur Unkrautbekämpfung bei *Miscanthus* und anderen C4-Pflanzen. Archives of Phytopathology and Plant Protection, Band 31 Ausgabe 4, S 377-386. Online unter: <https://doi-10.1002/fffy70d56.pisces.boku.ac.at/10.1080/03235409809383248>. Aufgerufen am 31.07.2022.

GRÜNES TIROL (2022): Schädlinge und Nützlinge. Verband der Tiroler Obst- und Gartenbauvereine, Innsbruck. Online unter: <https://www.gruenes-tirol.at/schaedlinge-und-nuetzlinge/>. Aufgerufen am 02.08.2022.

GRÜNSTATTGRAU (2022a): 50 grüne Häuser. Online unter: <https://gruenstattgrau.at/projekt/50-gruene-haeuser/>. Aufgerufen am 13.06.2022.

GRÜNSTATTGRAU (2022b): Vorgaben und Förderungen. Online unter: <https://gruenstattgrau.at/urban-greening/foerderungen/>. Aufgerufen am 12.07.2022.

GRÜNSTATTGRAU (2022c): BeRTA – Das Grünfassadenmodul. Pdf. Online unter: https://gruenstattgrau.at/wp-content/uploads/2020/05/berta_modulbeschreibung_180520.pdf. Aufgerufen am 14.07.2022.

GRÜNSTATTGRAU (2022d): Projekte – Stücker Einkaufszentrum in Basel. Online unter: <https://gruenstattgrau.at/projekt/stuecker-einkaufszentrum-in-basel/>. Aufgerufen am 15.02.2022.

HÄUSLER et al. (2003) – HÄUSLER, D.; BERGER, T.; THEUERMANN, A. (2003): Masterplan Verkehr 2003 – Evaluierung und Fortschreibung 2008. Werkstattbericht Stadtentwicklung Nr. 95. Stadtentwicklung Wien, Wien. Online unter: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008012.pdf>. Aufgerufen am 29.11.2021.

HOFMANN et al. (2011) – HOFMANN, T.; HAVLÍČEK, P.; HARZHAUSER, M. (2011): Das Wiener Becken – Geologische Betrachtungen. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (Hrsg.), St. Pölten. Online unter: https://www.zobodat.at/pdf/WM_22_0013-0024.pdf, aufgerufen am 19.02.2021.

HOFMANN, T. (2007): Wien, Niederösterreich, Burgenland. – Wanderungen Erdgeschichte, 22, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München. 208 Seiten.

HÜFING et al. (2009) – HÜFING, G.; JÄGER-KATZMANN, S.; PENDEL, M.; TRIBUTSCH, I. (2009): Ein Pflanzenmantel für ein ausgeglichenes Klima – Ein Leitfaden für die Fassadenbegrünung. Die Umweltberatung (Hrsg.), Wien. Online unter: <https://www.umweltberatung.at/download/?id=fassadenbegruenung-leitfaden-2064-umweltberatung.pdf>. Aufgerufen am 02.08.2022.

ICL (2019): Sicherheitsdatenblatt – Osmocote Exact Hi. End 5-6M; 15-9-12+2MgO+TE. Produktcode: 88660225EA. Online unter: <https://icl-sf.com/de-de/>. Aufgerufen am 28.07.2022.

IVG (o. J.) – INDUSTRIEVERBAND GARTEN (o. J.): Chemische Eigenschaften – Organische Substanz und Asche. Online unter: <https://substratbuch.ivg.org/substratbuch/eigenschaften/chemische-eigenschaften/organische-substanz-und-asche>. Aufgerufen am 28.07.2022.

JÄCKEL, BALDER & HASSELMANN (2002) – JÄCKEL, B.; BALDER, H.; & HASSELMANN, K. (2002): Möglichkeiten zur Förderung und zum Einsatz von Nützlingen an Stadtbäumen In: Gesunde Pflanzen, Ausgabe 54, S 218-226. Online unter: <https://doi-10.1000661y70f1f.pisces.boku.ac.at/10.1046/j.1439-0345.2002.02048.x>. Aufgerufen am 02.08.2022.

JAKOB AG (2021): Green Solutions – G2 technical. Produktkatalog. Online unter: https://www.jakob.com/files/6_downloads/catalogues/jakob-rope-systems-catalog-greensolutions-g2-technical.pdf. Aufgerufen am 22.07.2022.

JIM, C.Y. (2015): Assessing growth performance and deficiency of climber species on tropical greenwalls In: Landscape and Urban Planning, Ausgabe 137, Seite 107-121. Online unter: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.01.001>. Aufgerufen am 19.08.2022.

KAINZ, B. (2021): Ökologische Pflanzenstärkung und Pflanzenschutz von troggebundenen Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB), Wien.

KIESSL, K. & RATH, J. (1989): Auswirkungen von Fassadenbegrünungen auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko. IBP-Bericht – 4/1989, 40 Seiten. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart. Online unter: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/89009501418.pdf>. Aufgerufen am 13.11.2021.

KIRKBY, E. (2012): Introduction, Definition and Classification of Nutrients. Faculty of Biological Sciences, University of Leeds, UK. S 3-5. In: MARSCHNER, H. (2012): Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3. Ausgabe. Elsevier Ltd., USA.

KÖHLER et al. (2012) – KÖHLER, M.; ANSEL, W.; APPL, R.; BETZLER, F.; MANN, G.; OTTELÉ, M.; WÜNSCHMANN, S. (2012): Handbuch Bauwerksbegrünung – Planung – Konstruktion – Ausführung. Prof. Dr. Manfred Köhler (Hrsg.). Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln.

KÖNIG, K. (2016): Außen grün und innen kühl. B_I MEDIEN GmbH, Kiel. Online unter: <https://bi-medien.de/fachzeitschriften/galabau/stadtgruen/aussen-gruen-und-innen-kuehl-g11013>. Aufgerufen am 14.11.2021.

KONSORTIUM „50 GRÜNE HÄUSER“ (2019): 50 grüne Häuser – Das Projekt. Online unter: <https://50gh.at/50-gruene-haeuser-das-projekt/>. Aufgerufen am 13.06.2022.

KOTTEK et al. (2006) - KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. (2006): World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift Vol. 15, No. 3, 259-263. Online unter: DOI 10.1127/0941-2948/2006/0130 (pdf Datei), aufgerufen am 05.09.2021.

KRAUS et al. (2019) – KRAUS, F.; FRITTHUM, R.; ROBAUSCH, E.; SCHARF, B. (GREEN4CITIES), PREISS, J. (MA 22), ENZI, V.; STEINBAUER, G.; OBERBICHLER, C.; LICHTBLAU, A.; HAAS, S.; DYK, G.; KORJENIC, A.; TUDIWER, D.; JESNER, L. (GRÜN STATT GRAU) (2019): Leitfaden Fassadenbegrünung. MA 22 – Wiener Umweltschutzabteilung – Bereich Räumliche Entwicklung & ÖkoKaufWien – Arbeitsgruppe 25, Grün- und Freiräume (Hrsg.).

LEWANDOWSKI et al. (2010) – LEWANDOWSKY, A.; NOSS, R.; PARSONS, D. (2010): The Effectiveness of Surrogate Taxa for the Representation of Biodiversity. Contributed Paper, U.S.A. Society for Conservation Biology. Online unter: <https://conbio-1onlinelibrary-1wiley-1com-1f9ubrt7r0fab.pisces.boku.ac.at/doi/10.1111/j.1523-1739.2010.01513.x>. Aufgerufen am 08.12.2021.

LUEGER, F. (2022): Unterlagen zum Objekt „Fassadenbegrünung am Amtshaus Margareten, Schönbrunnerstraße 54, 1050 Wien“ wurden von der Magistratsabteilung 34 der Stadt Wien durch LUEGER Franz (Fachbereich Objektmanagement) zur Verfügung gestellt, 2022-02-16.

MA 25 GEBIETSBETREUUNG (o. J.) – MAGISTRAT DER STADT WIEN – TECHNISCHE STADTERNEUERUNG (o. J.): Themen und Projekte – Wirkungsvoller Klimaschutz begrünte Fassaden. Online unter: <https://www.gbstern.at/themen-projekte/begruente-fassaden/>. Aufgerufen am 28.07.2022.

MADRE et al. (2014) – MADRE, F.; CLERGEAU, P.; MACHON, N.; VERGNES, A. (2014): Building biodiversity: Vegetated facades as habitats for spider and beetle assemblages In: Global Ecology and Conservation, Seite 222-233.

MAGISTRAT DER STADT WIEN – MA 22 & ÖKOKAUFWIEN (2019): Leitfaden Fassadenbegrünung. MA 22 – Wiener Umweltschutzabteilung – Bereich Räumliche Entwicklung & ÖkoKaufWien – Abteilungsgruppe 25, Grün und Freiräume (Hrsg.), Wien.

MAGISTRAT DER STADT WIEN – TECHNISCHE STADTERNEUERUNG (o. J.): Der Stadtnatur zuliebe – Baumscheiben begrünen in Wien. Online unter: <https://www.gbstern.at/news/baumscheiben-begruenen/>. Aufgerufen am 29.09.2022.

MALBERG, H. (2007): Meteorologie und Klimatologie – eine Einführung, 5. Auflage, Springer Verlag Berlin, Heidelberg.

MAYRING, P. (1994): Qualitative Inhaltsanalyse (S 159-S 175) In: BOEHM, A.; MENGEL, A.; MUHR, T.: Texte verstehen – Konzepte, Methoden, Werkzeuge. Universitätsverlag Konstanz, Konstanz. Sammelwerk. S 159-S 175. Online unter: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-14565>, aufgerufen am 22.01.2022.

MINOL, K. (o. J.): Pflanzenwissen – Evapotranspiration. Online unter: <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/evapotranspiration-10021>. Aufgerufen am 13.11.2021.

MITTERHAUSER, A. (2022): Blattschäden und -krankheiten an troggebondenen Vertikalbegrünungen mit Kletterpflanzen in Wien. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB), Wien.

ÖFSV (2004) - ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT STRASSE UND VERKEHR (2004): Fußgängerverkehr - RVS 03.02.12, Wien.

ÖNORM EN ISO 14238 (2014): Bodenbeschaffenheit – Biologische Verfahren – Bestimmung der Stickstoffmineralisierung und -nitrifizierung in Böden und der Einflüsse von Chemikalien auf diese Prozesse. Austrian Standards Institute, Wien. Ausgabe vom 15.01.2014.

ÖNORM L 1112 (2010): Anforderungen an die Bewässerung von Grünflächen. Austrian Standards Institute, Wien. Ausgabe: 01.09.2010.

ÖNORM L 1120 (2016): Gartengestaltung und Landschaftsbau – Grünflächenpflege, Grünflächenerhaltung. Austrian Standards Institute (Hrsg.), Wien. Ausgabe vom 01.07.2016.

ÖNORM L 1122 (2011): Baumkontrolle und Baumpflege. Austrian Standards Institute (Hrsg.), Wien. Ausgabe vom 01.08.2011.

ÖNORM L 1136 (2021): Vertikalbegrünung im Außenraum - Anforderungen an Planung, Ausführung, Pflege und Kontrolle. Austrian Standards International, Wien.

OPTIGRÜN (2015): Montage- und Verlegeanleitung Substrat. Online unter: https://www.optigruen.de/fileadmin/contents/Verlegeanleitungen/04_Substrate/Montage-%20und%20Verlegeanleitung%20Substrat.pdf. Aufgerufen am 22.07.2022.

OPTIGRÜN (2018): Pflanzgefäße & Randelemente – Das Grün auf den Punkt gebracht. Broschüre. Online unter: <https://www.optigruen.de/fileadmin/05-prospekte/broschueren/de/Pflanzgefuesse-und-Randelemente.pdf>. Aufgerufen am 28.01.2022.

OPTIGRÜN (2022a): Substrate für Gründächer. Online unter: <https://www.optigruen.de/produkte/substrate/>. Aufgerufen am 24.09.2022.

OPTIGRÜN (2022b): Substrate – Intensivsubstrat I-Leicht. Online unter: <https://www.optigruen.de/produkte/substrate/intensivsubstrat-i-leicht/>. Aufgerufen am 28.09.2022.

OPTIGRÜN (2021): Produktdatenblatt Optigrün i – Intensivsubstrat. Online unter: https://www.optigruen.de/fileadmin/Datenblaetter/Optigruen_Datenblaetter_NEUES_LAYOUT/04%20Substrate/Optigruen-Intensivsubstrat-i_01.pdf. Aufgerufen am 22.07.2022.

PENDL, M. & BOBITS, H. (2004-2005): Erhebung der Schmetterlinge des Lainzer Tiergartens. Stadt Wien - Umweltschutzabteilung (MA 22) (Hrsg.). Online unter: <https://www.wien.gv.at/kontakte/ma22/studien/pdf/schmetterlinge-2005.pdf>. Aufgerufen am 18.01.2022.

PRENNER, C. (2019): Fassadenbegrünung – Eine Herausforderung für öffentliche und private Hand in Wien. Masterarbeit, Technische Universität Wien, Wien.

RICHTLINIE (EG) 2009/128 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden, ABI 2009 L 309/71.

RUBEL & KOTTEK (2011) – RUBEL, F.; KOTTEK, M. (2011): Comments on: “The thermal zones of the Earth” by Wladimir Köppen (1884). Meteorologische Zeitschrift Vol. 20, No. 3, 361-365. Online unter: DOI 10.1127/0941-2948/2011/0258 (pdf Datei), aufgerufen am 05.09.2021.

SCHILLING et al. (2000) – SCHILLING, G.; KERSCHBERGER, M.; KUMMER, K.; PESCHKE, H.: Pflanzenernährung und Düngung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

SCHINDLER et al. (2017) – SCHINDLER, S.; BANKO, G.; MOSER, D.; GRILLMAYER, R.; ZULKA, K-P.; RABITSCH, W.; LAMB, U.; ESSL, F.; STEJSKAL-TIEFENBACH, M. (2017): Österreichisches Biodiversitäts-Monitoring (ÖBM) – Kulturlandschaft: Konzept für die Erfassung von Status und Trends der Biodiversität. Umweltbundesamt GmbH, Wien.

SCHÖNFELD et al. (2013) – SCHÖNFELD, P.; BÖLL, S.; KÖRBER, K.; HERRMANN, J. V. (2013): Düngung von Straßenbäumen – Substrate, Nährstoffe, Düngung im Projekt „Stadtgrün 2021“. Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Abteilung Landespflege, Veitshöchheim. Online unter: https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflge/dateien/duengung_strassenbaeume.pdf. Aufgerufen am 21.07.2022.

SCHULZ et al. (2022) – SCHULZ, A.; PLANER, J.; SCHACHT, M. (2022): Bundesinformationszentrum Landwirtschaft - Schädling oder Nützling. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bonn. Online unter: <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-erleben/garten-und-balkon/duengung-und-pflanzenschutz/schaedling-oder-nuetzling>. Aufgerufen am 02.08.2022.

SCHWAB et al. (2012) – SCHWAB, D.; STRASSER, M.; FREY, H.; MÜLLEHNER, S.; SCHWAB, Da.; WALK-SPACE.AT – DER ÖSTERREICHISCHE VEREIN FÜR FUSSGÄNGERINNEN (2012): Fußverkehr in Zahlen – Daten, Fakten, Besonderheiten. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) (Hrsg.), Wien. 1. Auflage. Online unter: <http://media.obvsg.at/AC10511445-2001>. Aufgerufen am 04.12.2021.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (Hrsg.) (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung, Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung - Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung, Berlin. Online unter: https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/SenStadt_Regenwasser_dt_bfrei_final.pdf. Aufgerufen am 13.11.2021.

SENGESPEIK et al. (o. J.) – SENGESPEIK, J.; PALAPIES, S.; FLÖPER, N.; DLUBEK, B.; EHLICH, T.; MEIER, M.; SCHEVANSKY, A.; STANZL, E. (o. J.): Nützlinge im Garten – Tierische Helden für gutes Gedeihen. Naturschutzbund Deutschland e. V. (Hrsg.), Berlin. Online unter: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/pflege/pflanzenschutz/nuetzlinge/index.html>. Aufgerufen am 02.08.2022.

SPEKTRUM (2001b): Lexikon der Geografie – äolisch. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. Online unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/aeolisch/408>, aufgerufen am 19.02.2021.

SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG (2020): Lexikon der Geowissenschaften – Klimaelement, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. Online unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/klimaelement/8411>, aufgerufen am 30.08.2021.

SPEKTRUM (2001c) – SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG (2001c): Lexikon der Geografie – Klimafaktoren, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. Online unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/klimafaktoren/4154>, aufgerufen am 02.09.2021.

STADT WIEN (o. J.): Pflanzenschädlinge und -krankheiten. Online unter: <https://www.wien.gv.at/umwelt/parks/pflanzenschutz/schadorganismen/>. Aufgerufen am 28.07.2022.

STADT WIEN – VIENNAGIS (o. J.): Geodatenviewer der Stadtvermessung Wien – Geländedarstellung mit Höhenlinien, online unter: <https://www.wien.gv.at/ma41datenviewer/public/start.aspx>. Aufgerufen am 27.08.2021.

STANGL et al. (2019) – STANGL, R.; MEDL, A.; SCHARF, B.; PITHA, U. (2019): Wirkungen der grünen Stadt - Studie zur Abbildung des aktuellen Wissensstands im Bereich städtischer Begrünungsmaßnahmen. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien, Wien. Online unter: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2019-12-wirkungen-gruene-stadt.pdf. Aufgerufen am 14.11.2021.

THELEN-GERMANN, M. (2015): Entwicklung eines Bewertungsschemas zur Beurteilung krautiger Pflanzen bei vegetationstechnischen Aufnahmen. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB), Wien In: BRAUN, C. (1990): Der Zustand der Wiener Stadtbäume-Interpretation des Kronenzustandes und vergleichende Untersuchung des Mineralstoffhaushaltes. Österreichisches Bundesamt für Gesundheitswesen (ÖBIG), Wien.

UMWELTBUNDESAMT GMBH (o. J.a): Biologische Vielfalt. Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.), Wien. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/naturschutz/biologischevielfalt>. Aufgerufen am 08.12.2021.

VERTIKO GMBH (2021a): Fassadenbegrünung – Kletterhilfen. Online unter: <https://www.fassadenbegrue-nung-polygruen.de/fassadenbegrue-nung/kletterhilfen-rankgitter>. Aufgerufen am 22.07.2022.

VERTIKO GMBH (2021b): Fassadenbegrünung – Polygrün - Die Kletterbasis. Prospekt. Online unter: <https://www.fassadenbegrue-nung-polygruen.de/rankhilfen/polygruen-prospekt>. Aufgerufen am 28.08.2021.

VO (EU) 2016/2031 – VERORDNUNG (EU) 2016/2031 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Oktober 2016 über Maßnahmen zum Schutz vor Pflanzenschädlingen, ABl 2016 L 317/4.

WENDLAND et al. (2014) – WENDLAND, M.; DEMMEL, M.; NESER, S. (2014): Pflanzenernährung und Düngung. Kapitel 9, S 195-303 In: DOLESCHEL & FRAHM (2014): Die Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Pflanzenbau. BLV Buchverlag GmbH & Co. KG, München.

WGM (o. J.) – WIENER GEWÄSSER MANAGEMENT (o. J.): Eiszeitliche Terrassentreppe, online unter: <http://www.wgm.wien.at/hydrogeologische-forschung/news/eiszeitliche-terrassen>. Aufgerufen am 26.08.2021.

WIEN PflG – WIENER PFLANZENSCHUTZGESETZ: Gesetz über Maßnahmen zum Schutz von Pflanzen vor Pflanzenschädlingen (Wiener Pflanzenschutzgesetz), LGBl. 22/2021 idgF 08/2022.

WIEN PflSMG – WIENER PFLANZENSCHUTZMITTELGESETZ: Gesetz über den Schutz des Menschen und der Umwelt bei der Verwendung von Pflanzenschutzmitteln (Wiener Pflanzenschutzmittelgesetz), LGBl. 31/2015 idgF 09/2022.

ZABRANSKY, P. (o. J.): Artenportraits der in Wien streng geschützten Käferarten. Stadt Wien - Umweltschutzabteilung (MA 22) (Hrsg.). Online unter: <https://www.wien.gv.at/kontakte/ma22/studien/pdf/kaeferarten.pdf>. Aufgerufen am 18.01.2022.

XING, D. & WU, Y. (2012): Photosynthetic response of three climber plant species to osmotic stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000 In: Acta Physiol Plant, Ausgabe 34, Seite 1659-1668.

ZAMG (o. J.a) - ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (o. J.): Stationsbeschreibung & Standortsklimatologie – Wien Innere Stadt. Online unter: http://wms1.zamg.ac.at/beauvort/pdfs/Wien_Innere_Stadt.pdf, aufgerufen am 08.09.2021.

ZAMG (o. J.b) - ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (o. J.b): Klimadaten von Österreich 1971 – 2000. Online unter: http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm, aufgerufen am 08.09.2021.

ZINCO (2016): Produktdatenblatt Systemerde „Dachgarten“. Online unter: https://www.zinco.de/sites/default/files/products/data_sheets/2021-05/ZinCo_PDB_Systemerde_Dachgarten.pdf. Aufgerufen am 22.07.2022.

ZORN et al. (2016) – ZORN, W.; MARKS, G.; HESS, H.; BERGMANN, W. (2016): Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Springer Spektrum, Wiesbaden. 3. Auflage.

ZUNA-KRATKY, T. & DENNER, M. (2002): Die Heuschrecken und Fangschrecken der Wiener "Süd-Bezirke" Favoriten und Simmering. Bericht. Stadt Wien - Umweltschutzabteilung (MA 22) (Hrsg.).

9 TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Angaben zur Mindest- und Regelbreite von Gehsteigen nach der RVS-Richtlinie für Fußgänger*innenverkehr RVS 03.02.12. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 nach SCHWAB et al. 2012:42)..... | 19 |
| Tabelle 2: Einteilung der Mindestaufbauhöhe und Mindestvolumen/Pflanzen der Vegetationstragschicht bei Fassadenbegrünungen (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 nach ÖNORM L 1136 2021)..... | 20 |
| Tabelle 3: Anforderungen des Pflanztroges bzgl. Materialwahl und –stärke nach ÖNORM L1136 (2021) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach ÖNORM L 1136 2021)..... | 21 |
| Tabelle 4: Physikalische Eigenschaften von Pflanzsubstraten nach der ÖNORM L 1131 (2010) zur Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach ÖNORM L 1131 2010)..... | 25 |
| Tabelle 5: Chemische Eigenschaften von Pflanzsubstraten nach der ÖNORM L 1131 (2010) zur Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach ÖNORM L 1131 2010)..... | 26 |
| Tabelle 6: Arten von ungedämmten Außenwänden und deren Eignung zur Begrünung mit Selbstklimmern und Gerüstkletterpflanzen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL 2018:29ff)..... | 28 |
| Tabelle 7: Arten von gedämmten Außenwänden und deren Eignung zur Begrünung mit Selbstklimmern und Gerüstkletterpflanzen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL 2018:29ff)..... | 29 |
| Tabelle 8: Kletterformen von Gerüstkletterpflanzen (Schlinger/Winder, Ranker, Spreizklimmer) und deren Anforderungen an die Kletterhilfen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach FLL 2018:54)..... | 31 |
| Tabelle 9: Überblick über die Kletterstrategien von Kletterpflanzen für troggebundene Vertikalbegrünungen (Quelle: eigene Erstellung modifiziert nach FLL, 2018:54ff)..... | 34 |
| Tabelle 10: Ausselektierte Pflanzenarten mit entsprechender mittleren Wuchshöhe, Wuchsstärke und Pflegeaufwand für troggebundene Vertikalbegrünungen (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach FLL 2018:60-75)..... | 35 |

| | |
|---|----|
| Tabelle 11: Überblick über die Hauptelemente C, H, O sowie Beschreibung der Funktion der Makro- und Mikronährstoffe in Kletterpflanzen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR 2019 und WENDLAND et al. 2014)..... | 42 |
| Tabelle 12: Tierportraits häufig vorkommender Schädlinge (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach GRÜNES TIROL 2022, GOTTWALD & ADAM 2008, BELLMANN et al. 2018, FELKE o. J.)..... | 47 |
| Tabelle 13: Tierportraits häufig vorkommender Nützlinge (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach GRÜNES TIROL 2022, GOTTWALD & ADAM 2008, BELLMANN et al. 2018, FELKE o. J.)..... | 48 |
| Tabelle 14: Überblick der Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 57 |
| Tabelle 15: Übersicht über die Verteilung der einzelnen Pflegeaufgaben an die Pflegebeauftragten der BeRTA-Grünfassadenmodule (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 63 |
| Tabelle 16: Beschreibung der wöchentlichen und halbjährlichen Pflegeaufgaben der Pflegebeauftragten an den BeRTA-Grünfassadenmodulen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 64 |
| Tabelle 17: Langjährige Klimamittelwerte 1971 – 2000 von der ZAMG Messtation Wien Innere Stadt. Dargestellt werden die Parameter Lufttemperatur (°C), Niederschlag (mm), Sonnenscheindauer (h) und Windgeschwindigkeit (m/s) der einzelnen Monate sowie deren Summe im Jahresmittel. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 nach ZAMG o. J.)..... | 68 |
| Tabelle 18: Übersicht über die vier Untersuchungsstandorte der BeRTA-Grünfassadenmodule. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 69 |
| Tabelle 19: Standortbeschreibung Absberggasse 5 (A05) Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 70 |
| Tabelle 20: Standortbeschreibung Jagdgasse 25 (J25) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 71 |
| Tabelle 21: Standortbeschreibung Herzgasse 47 (H47) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 72 |
| Tabelle 22: Standortbeschreibung Kudlichgasse 14 (K14) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 73 |

| | |
|---|----|
| Tabelle 23: Untersuchte Parameter zur Bestimmung der Vitalität von Kletterpflanzen bei Vertikalbegrünungen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach ROLOFF, 1989) | 77 |
| Tabelle 24: Beschreibung der Erhebungsmethode zur Messung der Vitalität beim Pflanzenmonitoring. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach ROLOFF 1989)..... | 79 |
| Tabelle 25: Erhebungen zur Akzeptanz von Tieren – Überblick über die Durchführung der zwei leitfadengestützten Interviews. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 84 |
| Tabelle 26: Übersicht über das Bewertungssystem für das Gesamtranking der drei Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 85 |
| Tabelle 27: Bewertungsschema für den Indikator Pflanzenentwicklung (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 87 |
| Tabelle 28: Gewichtung zur Pflanzenentwicklung über den Paarvergleich der Parameter A bis D (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020 modifiziert nach FLL 2018)..... | 87 |
| Tabelle 29: Bewertungsschema für den Indikator Pflege (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 88 |
| Tabelle 30: Gewichtung zur Pflege über den Paarvergleich der Parameter A bis C (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020 modifiziert nach FLL 2018)..... | 88 |
| Tabelle 31: Bewertungsschema für den Parameter Pflegeaufwand (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 89 |
| Tabelle 32: Auswahl Nährstoffe zur Erfüllung des Begrünungszieles. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach BRECKLE & DAUD RAFIQPOOR 2019 und WENDLAND et al. 2014)..... | 90 |
| Tabelle 33: Bewertungsschema für den Parameter Nährstoffgehalt (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 90 |
| Tabelle 34: Bewertungsschema für den Parameter Mangelerscheinungen an Blättern (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 91 |
| Tabelle 35: Bewertungsschema für den Indikator Tiervorkommen (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 92 |

| | |
|--|-----|
| Tabelle 36: Gewichtung zum Tiervorkommen über den Paarvergleich der Parameter A bis D (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020 modifiziert nach FLL 2018)..... | 92 |
| Tabelle 37: Überblick über die dargestellten Ergebnisse zu den einzelnen Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 93 |
| Tabelle 38: Berechnungen zum durchschnittlichen Gesamtdeckungsgrad – Vergleich der vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) von November 2019 bis Oktober 2020 (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 98 |
| Tabelle 39: Pflanzenmonitoring – Vitalität: Ergebnisse am Standort Absberggasse 5 (A05). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 100 |
| Tabelle 40: Pflanzenmonitoring – Vitalität: Ergebnisse am Standort Jagdgasse 25 (J25). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 101 |
| Tabelle 41: Pflanzenmonitoring – Vitalität: Ergebnisse am Standort Herzgasse 47 (H47). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 102 |
| Tabelle 42: Pflanzenmonitoring – Vitalität: Ergebnisse am Standort Kudlichgasse 14 (K14). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 103 |
| Tabelle 43: Berechnungen zur durchschnittlichen Vitalität – Vergleich der vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) von November 2019 bis Oktober 2020. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 104 |
| Tabelle 44: Pflanzenmonitoring – Pflanzenvolumen: Ergebnisse zur Vermessung von Triebdurchmesser, Wuchshöhe und Wuchsbreite am Standort Absberggasse 5 (A05). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 107 |
| Tabelle 45: Pflanzenmonitoring – Pflanzenvolumen: Ergebnisse zur Vermessung von Triebdurchmesser, Wuchshöhe und Wuchsbreite am Standort Jagdgasse 25 (J25). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 109 |
| Tabelle 46: Pflanzenmonitoring – Pflanzenvolumen: Ergebnisse zur Vermessung von Triebdurchmesser, Wuchshöhe und Wuchsbreite am Standort Herzgasse 47 (H47). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 111 |
| Tabelle 47: Pflanzenmonitoring – Pflanzenvolumen: Ergebnisse zur Vermessung von Triebdurchmesser, Wuchshöhe und Wuchsbreite am Standort Kudlichgasse 14 (K14). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 113 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 48: Ergebnisse zum Indikator Pflege in der Absberggasse 5 (A05); Übersicht zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 115 |
| Tabelle 49: Ergebnisse zum Indikator Pflege in der Jagdgasse 25 (J25); Übersicht zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 117 |
| Tabelle 50: Ergebnisse zum Indikator Pflege in der Herzgasse 47 (H47); Übersicht zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 119 |
| Tabelle 51: Ergebnisse zum Indikator Pflege in der Kudlichgasse 14 (K14); Übersicht zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 121 |
| Tabelle 52: Indikator Pflege: Vergleich der vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) von November 2019 bis Oktober 2020 zu den Themen Gießen, Düngen, Leitung der Pflanztriebe, Vorkommen von Schädlingen sowie der Funktion des Pflanztroges. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 123 |
| Tabelle 53: Ergebnisse zum Indikator Pflege: Mangelerscheinungen an den Blättern in der Absberggasse 5 (A05). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 125 |
| Tabelle 54: Ergebnisse zum Indikator Pflege: Mangelerscheinungen an den Blättern in der Jagdgasse 25 (J25). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 127 |
| Tabelle 55: Ergebnisse zum Indikator Pflege: Mangelerscheinungen an den Blättern in der Herzgasse 47 (H47). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 129 |
| Tabelle 56: Ergebnisse zum Indikator Pflege: Mangelerscheinungen an den Blättern in der Kudlichgasse 14 (K14). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 131 |
| Tabelle 57: Indikator Pflege: Vergleich der vier Untersuchungsstandorte (A05, J25, H47, K14) von April 2020 bis Oktober 2020 zu den Mangelerscheinungen an den Blättern. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 133 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 58: Überblick über die untersuchten Makro- und Mikronährstoffe der Nährstoffanalyse sowie die Codierung der untersuchten Standorte. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 134 |
| Tabelle 59: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Untersuchung von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) am Standort Absberggasse 5 (A05). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 135 |
| Tabelle 60: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Untersuchung von Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl) am Standort Absberggasse 5 (A05). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 135 |
| Tabelle 61: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Untersuchung von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) am Standort Jagdgasse 25 (J25). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 136 |
| Tabelle 62: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Untersuchung von Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl) am Standort Jagdgasse 25 (J25). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 136 |
| Tabelle 63: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Untersuchung von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) am Standort Herzgasse 47 (H47). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 137 |
| Tabelle 64: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Untersuchung von Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl) am Standort Herzgasse 47 (H47). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 137 |
| Tabelle 65: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Untersuchung von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) am Standort Kudlichgasse 14 (K14). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 138 |
| Tabelle 66: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Untersuchung von Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Chlor (Cl) am Standort Kudlichgasse 14 (K14). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 138 |
| Tabelle 67: Nährstoffanalyse – Makronährstoffe: Übersicht über Zunahme bzw. Abnahme der Werte im Vergleich zur Nullprobe. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 140 |

| | |
|--|-----|
| Tabelle 68: Nährstoffanalyse – Mikronährstoffe: Übersicht über Zunahme bzw. Abnahme der Werte im Vergleich zur Nullprobe. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 142 |
| Tabelle 69: Ergebnisse Tiervorkommen – Tierökologisches Monitoring: Übersicht über jene Tierspezies, die in der Absberggasse 5 (A05) an den vier Monitoringtagen zum Parameter Tiervorkommen im Substrat sowie an den Pflanzen gesichtet wurden. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 144 |
| Tabelle 70: Ergebnisse Tiervorkommen – Tierökologisches Monitoring: Übersicht über jene Tierspezies, die in der Jagdgasse 25 (J25) an den vier Monitoringtagen zum Parameter Tiervorkommen im Substrat sowie an den Pflanzen gesichtet wurden. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 146 |
| Tabelle 71: Ergebnisse Tiervorkommen – Tierökologisches Monitoring: Übersicht über jene Tierspezies, die in der Herzgasse 47 (H47) an den vier Monitoringtagen zum Parameter Tiervorkommen im Substrat sowie an den Pflanzen gesichtet wurden. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 148 |
| Tabelle 72: Ergebnisse Tiervorkommen – Tierökologisches Monitoring: Übersicht über jene Tierspezies, die in der Kudlichgasse 14 (K14) an den vier Monitoringtagen zum Parameter Tiervorkommen im Substrat sowie an den Pflanzen gesichtet wurden. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 150 |
| Tabelle 73: Summe aller gefundenen Tierspezies der vier Standorte Absberggasse 5 (A05), Jagdgasse 25 (J25), Herzgasse 47 (H47), Kudlichgasse 14 (K14) bei allen vier Tiermonitorings. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 151 |
| Tabelle 74: Ergebnisse Tiervorkommen – Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren: Interview mit den Pflegebeauftragten in der Absberggasse 5 (A05). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 152 |
| Tabelle 75: Ergebnisse Tiervorkommen – Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren: Interview mit den Pflegebeauftragten in der Jagdgasse 25 (J25). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 153 |
| Tabelle 76: Ergebnisse Tiervorkommen – Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren: Interview mit den Pflegebeauftragten in der Herzgasse 47 (H47). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 154 |
| Tabelle 77: Ergebnisse Tiervorkommen – Akzeptanz über das Vorkommen von Tieren: Interview mit den Pflegebeauftragten in der Kudlichgasse 14 (K14). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 155 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 78: Vergleich der vier Untersuchungsstandorte zum Tiervorkommen sowie der Wertehaltung und Akzeptanz gegenüber von Tieren. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 157 |
| Tabelle 79: Übersicht über das Bewertungssystem für das Gesamtranking der drei Indikatoren Pflanzenentwicklung, Pflege und Tiervorkommen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 158 |
| Tabelle 80: Anforderungskatalog zur Pflanzenentwicklung (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 161 |
| Tabelle 81: Bewertung Indikator Pflanzenentwicklung an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 162 |
| Tabelle 82: Langjährige Klimamittelwerte 1971 – 2000 von der ZAMG Messtation Wien Innere Stadt. Darstellung der Parameter Lufttemperatur (°C), Niederschlag (mm), Sonnenscheindauer (h), Windgeschwindigkeit (m/s) der einzelnen Monate in Abweichung zum Jahr 2020 (Untersuchungszeitraum) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 nach ZAMG o. J.b)..... | 172 |
| Tabelle 83: Anforderungskatalog zur Pflege (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 176 |
| Tabelle 84: Bewertung Indikator Pflege an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 177 |
| Tabelle 85: Bewertung Parameter Pflegeaufwand an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 178 |
| Tabelle 86: Bewertung Parameter Nährstoffgehalt an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 179 |
| Tabelle 87: Bewertung Parameter „Mangelercheinungen an den Blättern“ an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 180 |
| Tabelle 88: Vergleich der durchschnittlichen Vitalität mit der Gießmenge im Untersuchungszeitraum (Nov. 2019 bis Okt. 2020). (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 182 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 89: Vergleich der Gehalte von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) mit den Empfehlungen der ÖNORM L 1131 (2010) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach ÖNORM L 1131 2010)..... | 185 |
| Tabelle 90: Darstellung der Nährstoffgehalte von Kalium (K), Magnesium (Mg) und Calcium (Ca) bei der Nährstoffanalyse. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 186 |
| Tabelle 91: Verhältnis Kalium : Magnesium in der Absberggasse 5 und der Kudlichgasse 14 (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 187 |
| Tabelle 92: Vergleich der Punktebewertung der Gehalte wachstumsfördernder Nährstoffe, der erreichten durchschnittlichen Wuchshöhe/-breite sowie den durchschnittlichen Mangelscheinungen an den Blättern. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 188 |
| Tabelle 93: Anforderungskatalog zur Schädlingskontrolle (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 190 |
| Tabelle 94: Bewertung Indikator Tiervorkommen an den vier Untersuchungsstandorten Absberggasse 5, Jagdgasse 25, Herzgasse 47, Kudlichgasse 14. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 191 |
| Tabelle 95: Liste von Tierarten, die in Wien als „Quarantäne-Schadorganismen“ gelten (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach STADT WIEN o. J.)..... | 193 |

10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Beispiele für troggebundene Vertikalbegrünungen in Wien. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021)..... | 11 |
| Abb. 2: Arten von Vertikalbegrünungen (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach ÖNORM L 1136 2021)..... | 12 |
| Abb. 3: Aufbau der Arbeit (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 16 |
| Abb. 4: Beispiel mehrschichtiger Substrataufbau im Pflanztrog (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach ÖNORM L 1136 2021)..... | 23 |
| Abb. 5: Kletterformen von Gerüstkletterpflanzen (Schlinger/Winder, Ranker, Spreizklimmer) und deren Anforderungen an die Kletterhilfen. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach FLL 2018:54)..... | 31 |
| Abb. 6: natürlicher Kohlenstoffkreislauf der Pflanzen, Abbau von Humus zu Nährstoffen in pflanzenverfügbarer Form. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach DON & PRIETZ 2019)..... | 39 |
| Abb. 7: BeRTA-Pflanztrog: Dimensionierung und Komponenten (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach GRÜNSTATTGRAU 2022c)..... | 55 |
| Abb. 8: BeRTA-Pflanztrog: Beschreibung des mehrschichtigen Aufbaus (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 modifiziert nach GRÜNSTATTGRAU 2022c)..... | 56 |
| Abb. 9: Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet: <i>Parthenocissus tricuspidata</i> 'Veitschii' Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL, 2018)..... | 58 |
| Abb. 10: Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet: <i>Lonicera x tellmanniana</i> Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL, 2018)..... | 59 |

| | |
|---|----|
| Abb. 11: Pflanzenauswahl im Untersuchungsgebiet: Wisteria floribunda' | |
| Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach FLL, 2018)..... | 60 |
| Abb. 12: Selbstklimmer: Befestigung der Pflanzen mittels Bambusstöcken | |
| (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)..... | 61 |
| Abb. 13: Kletterhilfe Rankgitter (GFK) | |
| (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2019-2020)..... | 61 |
| Abb. 14: Kletterhilfe Rankseil (Edelstahl) | |
| (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)..... | 62 |
| Abb. 15: Übersichtsplan der begrünten Standorte des „50 grüne Häuser“ – Forschungsprojektes. | |
| (Grün hervorgehoben: 4 untersuchten Standorte mit westlicher Exposition. Grau: übrige Standorte des Forschungsprojektes) | |
| (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022 nach GOOGLE STREET MAP)..... | 65 |
| Abb. 16: Einflussvariablen auf das Klima | |
| (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2021 modifiziert nach MALBERG 2007)..... | 67 |
| Abb. 17: Ansicht Standort Absberggasse 5 (A05) | |
| (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)..... | 70 |
| Abb. 18: Ansicht Standort Jagdgasse 25 (J25) | |
| (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)..... | 71 |
| Abb. 19: Ansicht Standort Herzgasse 47 (H47) | |
| (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)..... | 72 |
| Abb. 20: Ansicht Standort Kudlichgasse 14 (K14) | |
| (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 73 |
| Abb. 21: Zeitlicher Überblick über die Durchführung der verschiedenen Erhebungsmethoden (1) Pflanzenentwicklung, (2) Pflege, (3) Vorkommen von Tieren zwischen November 2019 bis November 2020. | |
| (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 74 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 22: Beschreibung der Erhebungsmethode zur Messung des Gesamtdeckungsgrades beim Pflanzenmonitoring. (Quelle: eigene Erstellung + Aufnahmen, KAINDL 2020)..... | 75 |
| Abb. 23: Visualisierung der Erhebungsmethode zur Messung der Vitalität beim Pflanzenmonitoring. (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 78 |
| Abb. 24: Beschreibung der Erhebungsmethode zum Vermessen der Pflanzen beim Pflanzenmonitoring (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 79 |
| Abb. 25: Entnahme und Vorbereitungen der Substratproben für die Nährstoffanalyse (Quelle: eigene Aufnahmen + Erstellung, KAINDL 2020, 2022)..... | 81 |
| Abb. 26: Erhebungsmethoden zum Vorkommen von Tieren im Substrat und an den Pflanzen der BeRTA-Module (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)..... | 82 |
| Abb. 27: Pflanzenmonitoring – Gesamtdeckungsgrad: Ergebnisse am Standort Absberggasse 05 (A05) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 94 |
| Abb. 28: Pflanzenmonitoring – Gesamtdeckungsgrad: Ergebnisse am Standort Jagdgasse 25 (J25) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 95 |
| Abb. 29: Pflanzenmonitoring – Gesamtdeckungsgrad: Ergebnisse am Standort Herzgasse 47 (H47) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 96 |
| Abb. 30: Pflanzenmonitoring – Gesamtdeckungsgrad: Ergebnisse am Standort Kudlichgasse 14 (K14) (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2020)..... | 97 |
| Abb. 31: Schadbilder an den Blättern am Standort Absberggasse 5 (A05) – Fotodokumentation (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022, eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)..... | 124 |
| Abb. 32: Schadbilder an den Blättern am Standort Jagdgasse 25 (J25) – Fotodokumentation (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022, eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)..... | 126 |

| | |
|---|-----|
| Abb. 33: Schadbilder an den Blättern am Standort Herzgasse 47 (H47) – Fotodokumentation (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022, eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)..... | 128 |
| Abb. 34: Schadbilder an den Blättern am Standort Kudlichgasse 14 (K14) – Fotodokumentation (Quelle: eigene Erstellung, KAINDL 2022, eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)..... | 130 |
| Abb. 35: Fotodokumentation Tiervorkommen am Standort Absberggasse 5 (A05) (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020; eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 143 |
| Abb. 36: Fotodokumentation Tiervorkommen am Standort Jagdgasse 25 (J25) (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020; eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 145 |
| Abb. 37: Fotodokumentation Tiervorkommen am Standort Herzgasse 47 (H47) (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020; eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 147 |
| Abb. 38: Fotodokumentation Tiervorkommen am Standort Kudlichgasse 14 (K14) (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020; eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 149 |
| Abb. 39: Material Steinfaser: Kalkausblühungen (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)..... | 163 |
| Abb. 40: Standort Kudlichgasse 14, beschädigte Wasserstandsanzeigen (links + Mitte), verschraubte Abdeckhülse (rechts). (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2021)..... | 164 |
| Abb. 41: Amtshaus Margareten, Schönbrunnerstr. 54, 1050 Wien (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2019)..... | 165 |
| Abb. 42: Stücki Einkaufszentrum, Basel (Quelle: WÜSTNER o. J.)..... | 166 |
| Abb. 43: <i>Wisteria floribunda</i> – Reibungsspuren an verholztem Haupttrieb durch Rankseil (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020)..... | 168 |
| Abb. 44: Spannhülse mit Rankseil (Quelle: WÜSTNER o. J.)..... | 169 |

| | |
|---|-----|
| Abb. 45: Anbinden der Triebe an Bambusstäben bei Selbstklimmern. (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2019)..... | 171 |
| Abb. 46: Austreibende Haftscheiben von <i>P. tricuspidata</i> wachsen Richtung Licht (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)..... | 171 |
| Abb. 47: Schadbild Blatt bei <i>Wisteria floribunda</i> , Kudlichgasse 14 (Okt. 2020) (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)..... | 186 |
| Abb. 48: Schadbild Blatt bei <i>P. tricuspidata</i> , Absberggasse 5 (Okt. 2020) (Quelle: eigene Aufnahme, KAINDL 2020)..... | 186 |
| Abb. 49: Tiervorkommen – Pflanzenschädlinge an den Untersuchungsstandorten (Quelle: eigene Aufnahmen, KAINDL 2020, eigene Erstellung, KAINDL 2022)..... | 194 |

11 ABBILDUNGS- UND TABELLENANHANG

Im folgenden Kapitel werden sämtliche Grundlagendaten in vollständiger Form angeführt, die für die Erarbeitung dieser Masterarbeit erstellt und verwendet wurden. Hier finden sich die Vorlagen der Aufnahmebögen zum Pflanzenmonitoring, die Pflegeprotokolle der Pflegebeauftragten, der Erhebungsbogen zum Tiermonitoring sowie der Leitfaden der Interviews zur Akzeptanz bzgl. dem Vorkommen von Tieren.

11.1 Aufnahmebogen Pflanzenmonitoring

11.1.1 Vitalität

Gehölz-Aufnahmebogen: Vitalität (monatlich)

Standort: Adresse _____

Datum: _____

Bearbeiter*innen: Dunzer/Kaindl/ Weiss

| Trog-Nummer | Gehölz-Nummer | Vitalität nach Roloff* | Deckungsgrad (%) | Infloreszenz (1-5) | Fruchtifikation (1-5) | Lufttemperatur (Wärmebildkamera) | Überprüfung Funktionsweise | Wasserstandsanzeige (oben - unten) | Littering | | | | organisch | anorganisch | organisch & anorganisch | Art der Verschmutzung | Fotodokumentation |
|-------------|---------------|------------------------|------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------|-------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | | | | | | | keine Verschmutzung | leichte Verschmutzung | mittlere Verschmutzung | starke Verschmutzung | | | | | |
| 1 | 1.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 7.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 8.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 10.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Vitalität: 0...Exploration, 1...Degeneration, 2...Stagnation, 3...Resignation, 4...Abgestorben

* Infloreszenz: 1 = viele Blüten (<20), 2 = zahlreiche Blüten (11-20), 3 = wenige Blüten (4-10), 4 = einzelne/rare Blüten (1-3), 5 = keine Blüten (0)

Bemerkung:

11.1.2 Schädigungen

Gehölz-Aufnahmebogen: Schädigungen (monatlich)

Standort: Adresse

Datum: _____

| Trog-Nummer | Gehölz-Nummer | Blatt | | | | Stamm/Triebe | | | | | Schäden | | | | | | | | Wurzel | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|--|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|----------------|---------------------|-----------|-----------|------------|------------------|-----------|-----------------------|---------------------|----------------------|------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|-------|-----------|
| | | Belaubt ja/nein | Blattchlorosen | Blattnekrosen | | Neigung (ges. Pflanze in Grad) | Dürrholz (ges. Leittrieb abgestorben) | Triebbruch (Teil des Haupttriebes) | Spitzendürre (oberster Triebteil-Spitz) | Abgestorbene Triebspitzen | Aufgeplatzte Rinde/ Risse | Knicke (kein Bruch) | Wund-/Schnittstellen | Einschnürungen | Wülste/ Wucherungen | Höhlungen | Morschung | Faulstelle | Pilzfruchtkörper | Schädling | Mulchsicht beschädigt | Aufgrabungen (Loch) | Bodenabtrag/-auftrag | Bodenrisse | Anhebungen Substrat (in cm) | Absenkung Substrat (in cm) | Freiliegende Wurzel | Fäule | Sonstiges |
| 1 | 1.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 7.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 8.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 10.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Bemerkungen:

Gehölz-Aufnahmebogen: Grunddaten (einmalig/1 x jährlich)

Datum: _____

Standort: Adresse

Bearbeiter*innen: Dunzer/Kaindl/Weiss

| Trög-Nummer | Exposition | Gehölz-Nummer | Gattung/ Art | Pflanzdatum | LINKS Anzahl bodennahe Triebe (Stämme) | LINKS Stammdurchmesser (cm) | Durchschnitt Durchmesser gesamt | RECHTS Anzahl bodennahe Triebe | RECHTS Stammdurchmesser (cm) | Durchschnitt Durchmesser gesamt | Wuchshöhe (cm) | Wuchsbreite (cm) | Substrat | | Beschädigungen Modul | Überprüfung auf Funktionsweise (System) | Kontrolle Messtechnik (Datenlogger) |
|-------------|------------|---------------|-----------------------------------|-------------|--|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | Standard (ohne LiteSoil) | Standard (mit LiteSoil) | | | |
| 1 | S | 1.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | x | | | | |
| | | 1.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | S | 2.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | x | | | | |
| | | 2.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | S | 3.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | x | | | | |
| | | 3.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | S | 4.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | x | | | | |
| | | 4.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | S | 5.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | x | | | | |
| | | 5.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | S | 6.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | x | | | |
| | | 6.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | S | 7.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | x | | | |
| | | 7.3 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | S | 8.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | x | | | |
| | | 8.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | S | 9.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | x | | | |
| | | 9.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | S | 10.1 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | x | | | |
| | | 10.2 | <i>P. tricuspidata</i> 'Veitchii' | 12.11.2019 | | | | | | | | | | | | | |

Bemerkungen:

11.2 Pflegeprotokoll für Pflegebeauftragte Person

S 1/2

Pflegelaggebuch meiner BERTA am Standort Absberggasse 5

Wöchentlich durchgeführte Tätigkeiten

Aufnahmedatum: _____

SYSTEM PFLANZTROG

Defekte

| | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| | <input type="checkbox"/> | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T10 | T7 |

Defekte (welche?)

| | | | | | |
|----|-------|----|-------|-----|-------|
| T1 | _____ | T4 | _____ | T8 | _____ |
| T2 | _____ | T5 | _____ | T9 | _____ |
| T3 | _____ | T6 | _____ | T10 | _____ |

Verschmutzung

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T7 |

Art der Verschmutzung

| | | | | | |
|----|-------|----|-------|-----|-------|
| T1 | _____ | T4 | _____ | T8 | _____ |
| T2 | _____ | T5 | _____ | T9 | _____ |
| T3 | _____ | T6 | _____ | T10 | _____ |

Vandalismus

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T7 |

Vandalismusart

| | | | | | |
|----|-------|----|-------|-----|-------|
| T1 | _____ | T4 | _____ | T8 | _____ |
| T2 | _____ | T5 | _____ | T9 | _____ |
| T3 | _____ | T6 | _____ | T10 | _____ |

SUBSTRAT

S 2/2

Feuchtigkeit T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10
 (Bitte entsprechende Zahl eintragen)

| | |
|---|---------|
| 1 | Trocken |
| 2 | Frisch |
| 3 | Feucht |

BEWÄSSERUNG

Kontrolle Wasserstandsanzeige T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10
 (Bitte entsprechende Zahl eintragen)

| | |
|---|---------------------|
| 1 | < Minimum |
| 2 | zw. Minimum-Maximum |
| 3 | > Maximum |

PFLANZEN

Veränderungen am Blatt T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10

T7 _____

Vergilbung, Vertrocknung, Flecken, Laubabwurf, Verfärbung (z.B. bei Mehltau) T1 _____ T2 _____

T4 _____ T8 _____
 T5 _____ T9 _____

Schädlinge T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10

T6 _____ T10 _____

Einschätzung des Befalls in Prozent (Bitte entsprechende Zahl eintragen)

| | |
|---|---------|
| 1 | 0-10% |
| 2 | 10-50% |
| 3 | 50-100% |

Läuse, Milben, Raupen, Fraßspuren an den Blättern T1 _____ T2 _____ T3 _____

T4 _____ T8 _____
 T5 _____ T9 _____
 T6 _____ T10 _____

11.3 Tiermonitoring

11.3.1 Tiermonitoring – Erhebungsbogen Tiervorkommen

Monitoring Tiere

Datum:

| | Kudlichgasse 14 (T4) | Absberggasse 5 (T6) | Herzgasse 47 (T4) | Jagdgasse 25 (T3) |
|--|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| UMGEBUNGSFAKTOR WETTER | | | | |
| Bewölkung (Bedeckungsgrad) | | | | |
| wolkenlos (0/8) | | | | |
| leicht bewölkt (1/8 - 3/8) | | | | |
| mittel bewölkt (4/8 - 5/8) | | | | |
| stark bewölkt (6/8 - 7/8) | | | | |
| bewölkt (8/8) | | | | |
| Exposition (Süden/Westen) | Süden | Süden | Westen | Westen |
| Besonnung | | | | |
| Vollsonne (direktes Licht) | | | | |
| Halbschatten (Gebäudeschatten) | | | | |
| Schatten (Gebäudeschatten + Bewölkung) | | | | |
| Wind | | | | |
| kein Wind | | | | |
| leichter Wind (Brise) | | | | |
| mittlerer Wind | | | | |
| starker Wind | | | | |
| Temperatur | | | | |
| MONITORING UHRZEIT | | | | |
| von - bis | | | | |
| | | | | |
| MONITORING IM SUBSTRAT | | | | |
| Feuchtigkeit Substrat | | | | |
| trocken | | | | |
| frisch | | | | |
| feucht | | | | |
| Tiere Substrat | | | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| beobachtet, nicht bestimmt: | | | | |
| | | | | |
| MONITORING AN DER PFLANZE | | | | |
| Feuchtigkeit Blätter | | | | |
| trocken | | | | |
| benetzt | | | | |
| nass | | | | |
| Tiere Pflanze | | | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| beobachtet, nicht bestimmt: | | | | |
| | | | | |



Interview Leitfaden

29. SEPTEMBER 2020

BOKU Wien – 50 grüne Häuser Team
Verfasst von:
DI Oliver Weiss
Julia Dunzer BSc.
Christine Kaindl BSc.





Interviewleitfaden – Info

Im Zuge des Forschungsprojektes 50 grüne Häuser werden zwei Interviews bezogen auf Ihre BeRTA-Grünfassadenmodule durchgeführt. Diese Interviews finden jeweils am Anfang der Vegetationsperiode (März/April) und am Ende der Vegetationsperiode (September/Oktober) statt.

Als Interviewpartner werden jene Personen befragt, welche sich mit der Fassadenbegrünung beschäftigt haben bzw. welche diese gepflegt oder monitort haben.

Das Interview wird ca. eine halbe bis eine dreiviertel Stunde in Anspruch nehmen und deckt folgende Themenbereiche ab:

- Funktionalität
- Wahrnehmung
- Vandalismus
- Pflege und Wartung
- Monitoring
- Tiere in der Stadt

Auf den Seiten vier und fünf können Sie die Fragen vorab durchsehen, um sich auf das Interview vorzubereiten.

Wir bitten Sie auch, die Einwilligungserklärung auf der Seite drei zu unterzeichnen und uns per E-Mail oder per Post zukommen zu lassen, damit wir die Interviewtermine koordinieren können. Falls es für Sie nicht möglich ist uns die Unterschrift zukommen zu lassen, können wir die Unterschrift auch bei einem späteren Monitoring Termin einholen.

Bitte schreiben Sie uns auch eine E-Mail, an welchen Tagen es für Sie möglich ist, das Interview durchzuführen.

Wir freuen uns sehr auf die Gespräche mit Ihnen =)

Andreas Kainrath

Julia Danner

Oliver Weiss





Einwilligungserklärung zur Erhebung und Verarbeitung der Interviewdaten

Forschungsprojekt: 50 grüne Häuser
Durchführendes Institut: Universität für Bodenkultur Wien
Interviewerinnen: Christine Kaindl und Julia Dunzer
Interviewdatum:

Aufgrund der aktuellen Situation des COVID-19 Virus sind wir gezwungen, das Interview in einer anderen Form als ursprünglich geplant, abzuhalten. Das Interview wird jetzt mittels Videokonferenz bzw. wenn keine Videokonferenz möglich oder gewollt ist mittels Telefonkonferenz durchgeführt.

Falls es für Sie möglich ist eine Videokonferenz durchzuführen, werden wir das Programm 'Zoom', welches für den PC als auch für Smartphones verfügbar ist, verwenden. Wenn Sie den PC verwenden, müssen Sie nur zum Start des Interviews auf den von uns vorab per Mail geschickten Link klicken, um an der Videokonferenz teilzunehmen. Bitte kontrollieren Sie vorab Ihre Internetverbindung, Ihre Webcam und Ihre Audioeinstellungen. Vielleicht ist es auch nötig, mögliche Plugins zu installieren. Falls Sie die Konferenz über Ihr Smartphone abhalten wollen, müssen Sie nur die App 'ZOOM Cloud Meetings' in Ihrem App Store von Apple oder Google Play Store downloaden. Danach können Sie auch über den Link auf Ihrem Handy zugreifen. Es fallen dadurch keine Kosten an.

Dieses Interview wird aufgezeichnet und von den Interviewerinnen wortwörtlich transkribiert. Hierbei werden Wortwiederholungen, Füllwörter sowie Dialekte etc. miteinbezogen.

Danach bekommen Sie das transkribierte Interview per Mail zugeschickt, um dieses nochmalig durchzusehen. Nachdem bitten wir Sie uns das Protokoll wieder zu schicken und zu bestätigen. Das ganze Interview wird anonym abgehalten und es werden keine Namen genannt.

Das Interview wird für die weitere Datenerhebung in den wissenschaftlichen Arbeiten sowie etwaigen Veröffentlichungen verwendet. Personenbezogene Daten werden von den Interviewdaten getrennt und sind für Dritte unzugänglich.

Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich damit einverstanden bin, im Rahmen des 50 grüne Häuser Forschungsprojektes an den Interviews teilzunehmen.

Vorname; Nachname in Druckschrift

Ort, Datum / Unterschrift

Bitte schicken Sie dieses Formular unterzeichnet an die 50 grüne Häuser E-Mail-Adresse:

50gh@boku.ac.at

Oder mit der Post an folgende Adresse:

Universität für Bodenkultur Wien_Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Oliver Weiss, Peter Jordan-Straße 82/ 3. Stock, A-1190 Wien

Peter Jordan-Straße 82, A-1190 Vienna, phone: +43 1 47654-87412





Leitfadengestütztes Interview -50 grüne Häuser

Rahmenklärung des Interviews

Interviewer: Wissenschaftliches Personal BOKU Wien – Christine Kaindl & Julia Dunzer

Forschungsprojekt: 50 grüne Häuser

Zielgruppe: Einreichende / Pflegebeauftragte / Bewohner*innen

Teilnahme: 2 Befragungen (April 2020, Sept. 2020)

Erklärung über die Nutzung der Daten: Vertraulichkeit, Anonymität

Dauer: ¼ - ¾ Stunde

Kategorie 1 – Funktionalität:

- Wie beurteilen Sie die Funktionalität des Moduls (*Bewässerung, Pflege, Düngung*)?

Kategorie 2 – Wahrnehmung:

- Wie gefällt Ihnen das Modul, bezogen auf Farbe und Form?
- Wie nahmen Sie die Straße in Bezug auf Empfinden und Ästhetik wahr, als die Module noch nicht vorhanden waren.
- Wie stark hat sich das Erscheinungsbild der Fassadenbegrünung für Sie seit der Montage im Bezug auf Ihr Empfinden und des Aussehens verändert?
 - Wie hat sich Ihre Wahrnehmung des Moduls seit der letzten Befragung in der Straße verändert? (erst bei der zweiten Befragung)
- Sind Sie mit der Pflanzenauswahl zufrieden? Haben Sie sich über die Pflanzenart informiert und recherchiert?

Kategorie 3 – Vandalismus:

- Gibt es für Sie Störfaktoren durch die neue Fassadenbegrünung? (z.B. durch Tiere, Vandalismus)
 - Was haben Sie bezüglich Vandalismus oder Verschmutzungen des Troges beobachtet?
 - Was haben Sie bezüglich Vandalismus oder Verschmutzungen der Pflanzen beobachtet?
 - Ist der Vandalismus seitdem es die Fassadenbegrünung gibt gestiegen, gleichgeblieben oder weniger geworden?





Kategorie 4 – Pflege- und Wartung:

- Kennen Sie die Pflege- und Wartungsprozesse der Universität für Bodenkultur?
- Wie sind Ihre Erfahrungswerte zu den Pflege- und Wartungsprozessen der Universität für Bodenkultur?
- Wie sind Ihre persönlichen Erfahrungen mit der Anwuchspflege? Gab es diesbezüglich Unklarheiten oder Probleme bei der Umsetzung?

Kategorie 5 – Monitoring:

- Wussten Sie über unsere Monitoring Termine Bescheid?
- Waren diese Termine / Besichtigungen für Sie hilfreich?
- Wie zufrieden waren Sie mit den Monitoring Terminen?

Kategorie 6 – Tiere in der Stadt:

- Haben Sie an Ihrem Modul bzw. an den Pflanzen bisher Tiere entdeckt? (Ameisen, Asseln, Spinnen, Raupen, Läuse, Fliegen, Bienen, Schmetterlinge, Vögel, etc.)
- Wie bewerten Sie persönlich das Vorkommen von Tieren an Ihren Modulen?

Meine letzte Frage lautet:

- Wie zufrieden sind Sie im Allgemeinen mit den Modulen?





Kontrolle der transkribierten Interviews

Liebe BeRTA-Modul Eigentümer*innen und Pflegebeauftragte! Wir wollen uns nochmals für die zahlreichen Interviews mit Ihnen bedanken.

Nun zu den weiteren Vorgehensweisen damit wir (Julia Dunzer & Christine Kaindl) Ihre Aussagen von den durchgeführten Interviews verwenden dürfen:

- Beigefügt finden Sie die transkribierten Interviews vom ersten und vom zweiten Interview (falls beide stattgefunden haben). Bitte erschrecken Sie nicht, da wir das Interview wortwörtlich transkribiert haben, finden Sie in dem Dokument sowohl Wortwiederholungen, Dialekte, Füllwörter etc.
- Bitte lesen Sie sich die Interviews durch. Falls es Unklarheiten gibt, können Sie sich gerne per Mail an uns wenden.
- Wenn Sie mit dem von uns Transkribierten konform sind, bitten wir Sie jeweils das erste und das zweite Interview getrennt voneinander am Ende zu unterzeichnen. Nur mit einer Unterschrift können wir die von Ihnen getätigten Aussagen in unseren Masterarbeiten verwenden. (Bezogen auf die Masterarbeiten werden NUR Inhalte, welche das 50 grüne Häuser Projekt umfasst, behandelt. Persönliche Aussagen, welche nicht das Projekt betreffen, werden nicht behandelt.)
- Bitte schicken Sie die unterzeichneten Transkriptionen dann innerhalb von 3 Wochen per Mail oder per Post an uns zurück. (Adressen sind unten angeführt). Umso schneller, desto besser, vielen Dank! =)

Legende zu den Interviews:

Der Sprechtext der unterschiedlichen Personen ist in unterschiedlichen Farben für eine gute Lesbarkeit dargestellt. (siehe Kopfzeile der Interviews)

Zusätzliche Satzzeichen zum Verständnis:

Pausen wurden je nach Länge mit (.) gekennzeichnet (max. 3 Sekunden (...))
Betonte Wörter sind in GROSSBUCHSTABEN gekennzeichnet
Zwischenrufe bzw. Sprechüberlappungen sind mit //.....// gekennzeichnet
Nonverbale Äußerungen sind in (Klammer) gesetzt
Die Zeitmarker zeigen das Ende einer Fragekategorie und wurden mit # gekennzeichnet
Unverständliche Wörter bzw. Satzteile wurden mit (unv.) gekennzeichnet
Wort- und/oder Satzbrüche wurden mit / gekennzeichnet
Rezeptionssignale und Füllwörter wurden jeweils einheitlich transkribiert (Ja, Hm, Ähm)

Bei Fragen stehen wir Ihnen gerne per Mail zu Verfügung.

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung und die unterschriebenen Interviews. Vielen Dank!

Bitte schicken Sie die Interviews unterzeichnet an die 50 grüne Häuser E-Mail-Adresse: 50gh@boku.ac.at

Oder mit der Post an folgende Adresse:

Universität für Bodenkultur Wien_Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Oliver Weiss, Peter Jordan-
Straße 82/ 3. Stock,
A-1190 Wien

Peter Jordan-Straße 82, A-1190 Vienna, phone: +43 1 47654-87412



12 LEBENSLAUF/CV



CHRISTINE KAINDL
STUDENTIN LANDSCHAFTSARCHITEKTUR

Hauptstraße 119/1/3,
3021 Pressbaum

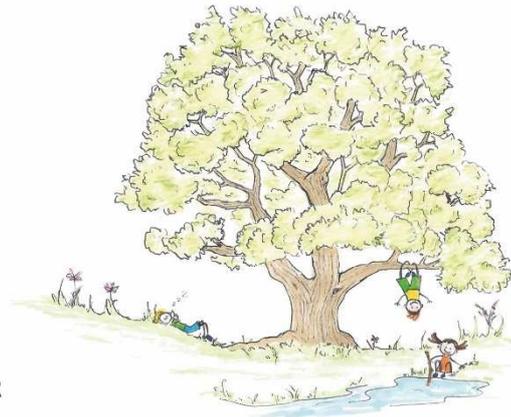
+43 699 128 443 40

christine.kaindl@gmx.net



PERSÖNLICHE DATEN

Name: Christine Kaindl, BSc
Anschrift: Hauptstraße 119/1/3
3021 Pressbaum
Tel.: +43 699 128 443 40
Mail: christine.kaindl@gmx.net
Geburtsdatum: 28.01.1985, Wien



AUSZUG ABSOLVIERTER LEHRFÄCHER

Forstwirtschaftliche Produktion
Gehölkunde
Verwendung von Ziergehölzen
Bau der Pflanze & Systematische Botanik
Staudenproduktion und -verwendung
Farbkomposition mit Pflanzen
Bodenkunde und Geologie

Vegetationstechnik & Landschaftsbau
Bauwerksbegrünung
Ökologie in der Landschaftsplanung
Tierökologie terrestrischer Lebensräume
Landschaftspflege und Naturschutz
Geschichte der Landwirtschaft und der ältesten
Kulturpflanzen Europas



PROJEKTARBEITEN/KURSE

Baumbiologie, Baumkontrolle und Baumpflege

Erstellung eines Portfolios zu den Inhalten Baumbiologie und Wundreaktion, Standortkunde und Baumartenwahl, Nützlinge/Schädlinge/Schadsymptome, Naturschutz und Ökologie, Arbeitstechniken und Schnittmaßnahmen sowie Regelwerke und Baumkontrolle.

Pflanzendesign und gartenbauliches Ökosystem-Management

Entwurf einer naturnahen Staudenpflanzung mit dem Titel *Natural Dynamic* unter Berücksichtigung des Designelements „Pflanze“, der Konkurrenzverhältnisse und Wuchseigenschaften innerhalb der Pflanzengemeinschaft sowie der Erstellung eines Pflanzkonzeptes mit nachhaltigem Pflegekonzept.

Vertiefungsprojekt zu Landschaftsbau, Vegetationstechnik und Ingenieurbiologie

ROOFTOP CLASSROOM - Planung und Ausführung zur Umgestaltung einer Dachterasse zur Nutzung als Freiraum, Pausenraum, Gartenraum und Lehrraum in Zusammenarbeit mit den SchülerInnen der Klasse 3 HSD der Höheren Bundeslehranstalt für wirtschaftliche Berufe, Reumannplatz 3 in 1110 Wien.

Lebende Weidenzelte bauen

Bau eines Weidenzeltes mit 3,50 m Durchmesser. Informationen zum Bau sowie Pflege und Erhalt des Weidenzeltes, Bedeutung der Weiden in der Natur- und Kulturlandschaft.



CHRISTINE KAINDL

STUDENTIN LANDSCHAFTSARCHITEKTUR

Hauptstraße 119/1/3,
3021 Pressbaum
 +43 699 128 443 40
 christine.kaindl@gmx.net



BERUFLICHE TÄTIGKEIT

seit 08.2004

Wiener Kinderfreunde- 1140 Wien
Kindergartenpädagogin



SCHULBILDUNG

09.1995 - 06.1999

Wirtschaftskundliches Realgymnasium der Dominikanerinnen
1130 Wien

09.1991 - 06.1995

Josef Schöffel Volksschule
3002 Purkersdorf



AUSBILDUNG

seit 03.2018

**Masterstudium zu Landschaftsplanung und
Landschaftsarchitektur**
Universität für Bodenkultur Wien, 1180 Wien

09. 2014 - 03.2018

**Bachelorstudium zu Landschaftsplanung und
Landschaftsarchitektur**
Universität für Bodenkultur Wien, 1180 Wien

09.1999 – 06.2004

Ausbildung zur Kindergartenpädagogin
Bildungsanstalt für Kindergartenpädagogik,
Sacre Coeur Pressbaum
Abschluss: Matura



KOMPETENZEN

Selbständigkeit, Kreativität,
Flexibilität, hohe Lernbereitschaft



INTERESSEN

Gartengestaltung, Holzbearbeitung,
Fotografieren und Zeichnen von Flora
und Fauna



SPRACHEN

Deutsch

Englisch

Griechisch



KNOW-HOW

Dendrologie

Botan. Kenntnisse

Vertikal- und

Dachbegrünungen

Garten- und Land-
schaftsbaubau

