



Dr. Leoni Mack

Grüne Wände für lebendige Städte

Wandgebundene Fassadenbegrünung bietet Kühlung und neuen Lebensraum

Grüne Wände für lebendige Städte

Wandgebundene Fassadenbegrünung bietet Kühlung und neuen Lebensraum

Dr. Leoni Mack

Zusammenfassung

Im Forschungsprojekt „Artenreiche grüne Gebäudehüllen“ wurde eine wildbienenfreundliche Gestaltung von klimawirksamen, wandgebundenen Fassadenbegrünungen erstellt und über drei Jahre erprobt. Gabionen- und Rinnensysteme, die nach Süden, Westen und Südwesten ausgerichtet waren, wurden mit zwei verschiedenen Pflanzengemeinschaften bepflanzt. Die bienenfreundlichen Stauden wurden regelmäßig bonitiert, um deren Eignung für die Fassadenbegrünung und als Nahrungsquellen für Wildbienen zu erproben. Außerdem wurden Nisthilfen entwickelt und in die Fassadenbegrünungen integriert, um deren Annahme durch die Wildbienen vor Ort zu prüfen.

Insgesamt haben sich 32 von den 47 untersuchten Stauden gut entwickelt, davon 14 von heißen und trockenen Standorten (Südfassaden) und 18 von frischeren Standorten (Westfassaden). Diese Mischungen stellen über den gesamten Aktivitätszeitraum von Wildbienen auch Blüten als Nahrungsquelle zur Verfügung. Im Zuge eines Wildbienenmonitorings haben sich vor allem vier Staudenarten/-sorten als besonders beliebt erwiesen, die auch oligolektischen Arten Pollen liefern können: *Calamintha nepeta* 'Triumphator', *Campanula portenschlagiana*, *Erigeron karvinskianus* 'Blütenmeer' und *Campanula rotundifolia* 'Olympica'.

Von vier entwickelten Nisthilfen wurden zwei Modelle stark für Nistaktivitäten genutzt: Harthölzer mit Bohrungen, sowie Stroh- und Papierhalme mit Durchmessern von 3-9 mm. Mindestens 11 Wildbienenarten an den Versuchsstandorten haben die Nisthilfen genutzt und waren von März bis Oktober mit Nistaktivitäten beschäftigt.

Die entwickelten Fassadenbegrünungen haben für einige Arten geeignete Nahrungs- als auch Nisthabitate zur Verfügung gestellt. Jedoch stellen diese Arten nur einen kleinen Teil der heimischen Wildbienen Vielfalt dar. Fassadenbegrünungen können demnach keinen vollwertigen Lebensraum für die gesamte Wildbienen Vielfalt darstellen, was den Schutz natürlicher Lebensräume dringend erforderlich macht.

Unsre Städte: Artenarme Hitzeinseln

Der Klimawandel und der Rückgang der Artenvielfalt sind drängende Probleme unserer Zeit und ihre Konsequenzen sind weitreichend zu spüren. Regelmäßig werden neue Rekorde in der Intensität und Häufigkeit von Hitzeperioden aufgestellt (Harris et al., 2018) und laut Weltklimarat hält diese Entwicklung auch in Zukunft an. Die Auswirkungen der Hitzewellen sind

in den Städten schon jetzt deutlich zu spüren. Die Gebäude speichern tagsüber die Wärme und geben sie nachts wieder an die Umgebung ab. Durch die dichte Bebauung herrschen außerdem verminderte Luftströme und so kann die Wärme kaum abtransportiert werden (Soriano et al., 2005). Dieser Hitzeinseleffekt belastet den Kreislauf und in den letzten Jahren stieg die Anzahl der hitzebedingten Sterbefälle merklich an (Winklmayr et al., 2022).

Auch für unsere wilden Mitbewohner werden die Städte durch die Abnahme von Grünflächen immer unwirtlicher. Global ist ein dramatischer Rückgang in der Artenvielfalt zu beobachten, der auch vor Insekten keinen Halt macht (IPBES, 2019). Urbane Gebiete gelten als Rückzugsort für viele Tierarten, die auf intensiven landwirtschaftlichen Flächen keinen Lebensraum mehr finden. Eine Studie von Baldrock und Kollegen (2015) zeigte, dass die Artenvielfalt der Wildbienen in Städten sogar höher sein kann als in ländlichen Gebieten. Jedoch müssen die urbanen Grünflächen immer mehr der Verstädterung weichen, sodass Bestäuber wie Wildbienen nun auch hier immer weniger Lebensraum finden.

Wildbienen als wichtige Bestäuber

Die wilden Schwestern der Honigbiene sind unverzichtbar für das Ökosystem, da sie sehr effektive Bestäuber sind. In Deutschland leben etwa 600 Arten von Wildbienen, die eine hohe Vielfalt zeigen. Mit Größen von 4 bis 28 mm und zahlreichen Färbungen und Mustern zeigen sie ein breites Spektrum im Aussehen (Bild 1). Sie leben in enger Symbiose mit (Wild)pflanzen, denn sie sichern die Reproduktion der Pflanzen, während sie Nahrung ernten. Oligolektische Arten sind dabei stark spezialisiert und können den Pollen für ihre Nachkommen nur an bestimmten Pflanzen sammeln. Ihre Nester graben Wildbienen meist in sonnigen, karg bewachsenen Böden, Totholz oder markgefüllten Pflanzenstängeln, manche nutzen auch vorhandene Hohlräume wie Fraßgänge von Käferlarven (Wiesbauer, 2023).

Durch ihre vielfältigen Lebensweisen sind sie für die Bestäubung von etwa 80 % der Wild- und Kulturpflanzen in Deutschland zuständig. Dabei sind einige Pflanzenarten komplett auf die Bestäubung durch Wildbienen angewiesen, wie etwa Luzernen. Andere Arten werden zwar auch durch andere Tiergruppen bestäubt, können aber erst durch eine Vielfalt an Bestäubern hohe Erträge an nahrhaften Früchten bilden (Garibaldi et al., 2012). Durch den Verlust an natürlichen Lebensräumen sind heutzutage schon über die Hälfte aller Wildbienenarten gefährdet (Westrich, 2018) und der Trend geht abwärts. Das gefährdet nicht nur das Fortbestehen der Wildbienen, sondern auch die Stabilität des Nahrungsnetzwerks.

Grünflächen in der Vertikalen

Die Lösung: Mehr städtisches Grün. Es gibt vielfältige Möglichkeiten, wieder mehr Pflanzen in unsere Städte zu bringen, doch für Bäume oder Gärten werden freie Flächen benötigt. In Gebieten mit hoher Bebauung und Versiegelung steht oft kein Platz mehr zur Verfügung. Eine Schlüsselrolle können hier die Gebäude selbst spielen, denn ihre Fassaden- und Dachflächen übersteigen die bebaute Grundfläche um ein Vielfaches. Sie zu begrünen birgt ein großes Potential, da sie durch die enorme Fläche auch einen großen Einfluss auf die Umgebung haben. Und es entsteht auch kein Flächenkonflikt, denn bei der wandgebundenen Fassadenbegrünung benötigen die Pflanzen keinen Bodenanschluss und tritt somit nicht in

Konkurrenz zu unterirdischen Versorgungsleitungen. Die Pflanzen wachsen in eigenständigen Systemen, die ihnen alles notwendige bieten - Wurzelraum, Wasser und Nährstoffe.



Bild 1: Verschiedene Wildbienen beim Blütenbesuch an den Fassadenbegrünungen. Links oben nach rechts unten: Gewöhnliche Schmalbiene (*Lasioglossum calceatum*), Große Holzbiene (*Xylocopa violacea*), Erzfarbene Düstersandbiene (*Andrena nigroaenea*), Gelbbindige Furchenbiene (*Halictus scabiosae*), Glockenblumen-Scherenbiene (*Chelostoma rapunculi*), Garten-Wollbiene (*Anthidium manicatum*), Gehörnte Mauerbiene (*Osmia cornuta*) und Sandrasen-Kegelbiene (*Coelioxys conoidea*).

Die Vorteile für das Gebäude und das Umfeld sind vielfältig. Emissionen können reduziert werden, da die Fassadenbegrünung dämmend wirkt und Heizenergie einsparen kann. Städte können sich auch besser an die Folgen des Klimawandels anpassen. Pflanzen kühlen die Umgebung aktiv durch Transpiration ab. Besonders in den dicht bebauten Straßenzügen, in denen sich im Sommer die Hitze anstaut, kann so für willkommene Abkühlung gesorgt werden (ARUP, 2016). Außerdem können die Begrünungen auch so gestaltet werden, dass sie die urbane Artenvielfalt fördern.

Fassadenbegrünungen bieten die Möglichkeit, Trittsteinbiotope zu schaffen. Diese erlauben es den Tieren, zwischen geeigneten Habitaten zu Wandern. Von dort aus können sie sich weiterverbreiten oder auch stabile Populationen bilden, wenn die Bedingungen stimmen. Gerade für Arten mit geringem Aktionsradius können Trittsteinbiotope essenziell sein. Wildbienen haben teilweise Flugweiten von nur 100 Metern und sind keine grünen Inseln in Reichweite, so ist die Population isoliert. Außerdem sinkt der Reproduktionserfolg bei zu weiten Entfernungen zwischen der Nahrungsquelle und dem Nistplatz rapide ab (Zurbuchen et al., 2012). Als geeignetes Habitat oder Trittsteinbiotop für Wildbienen müssen Fassadenbegrünungen einige Voraussetzungen erfüllen.

Extremstandort Fassade

An der Fassade wird den Pflanzen einiges abverlangt, da sich hier die Bedingungen stark von denen am Boden unterscheiden. Die Pflanzen wachsen in Systemen mit eingeschränktem Wurzelraum und sind von einer kontinuierlichen Wasser- und Nährstoffversorgung abhängig. Die Sonneneinstrahlung und Windexposition sind durch die vertikale Exposition erhöht und bedingen meist eine verstärkte Transpiration. Außerdem wirkt die Schwerkraft in eine andere Richtung als bei ebenerdigen Pflanzen. Nicht jede Pflanze kommt mit diesen Bedingungen zurecht und so muss die Eignung für die Fassadenbegrünung für jede Art getestet werden.

Unser Projekt: Artenreiche grüne Gebäudehüllen

In dem Projekt „Artenreiche grüne Gebäudehüllen“ haben wir untersucht, ob man mit einer bienenfreundlichen Bepflanzung der Fassadenbegrünung und integrierten Nisthilfen einen geeigneten Lebensraum für Wildbienen schaffen kann. Bepflanzt wurden zwei Begrünungssysteme mit unterschiedlicher Ausrichtung der Pflanzfläche. Gabionen sind Gitterkörbe, die mit Substrat gefüllt werden. Ein Vlies verhindert das Herausrieseln des Substrates und Wasserverlust bei Sonneneinstrahlung. Die Pflanzen werden hier vertikal eingesetzt, während sie in dem zweiten System, einem Regalsystem, horizontal eingesetzt werden (Bild 2). Die einzelnen Rinnen sind mit einem Vlies ausgelegt, das auftreffendes Gießwasser gleichmäßig im Substrat verteilt. Jeweils ein Gabionen- und ein Rinnensystem wurde an eine Fassade mit Süd, Süd-West und Westausrichtung gehängt.



Bild 2: Biodiversitätsfördernde Fassadenbegrünungen, links das Gabionensystem (Vertuss – Vertical Green, Uden, NL) und rechts das Rinnensystem (Tech Metall Erzeugungs- und Handel und Montage GmbH, Wien, Österreich).

Pflanzenlisten für bienenfreundliche Fassadenbegrünungen

Wir haben zwei unterschiedliche Pflanzenlisten erstellt, um eine möglichst standortgerechte Bepflanzung zu erzielen. Für die Fassaden mit Süd- und Süd-West-Ausrichtung haben wir Stauden gewählt, die an trockene Standorte angepasst sind. Eine zweite Liste mit Pflanzen von frischeren Standorten wurde an Fassaden mit Süd-West- und West-Ausrichtung getestet. Voraussetzung für die Pflanzengemeinschaften war, dass sie eine möglichst hohe Vielfalt an Blütenformen und sich abwechselnde Blühzeiträume haben, sodass möglichst vielen Wildbienenarten über die gesamte Flugzeit Nahrung zur Verfügung steht. Außerdem wurden möglichst kleinwüchsige Arten/Sorten gewählt, um die Wind- und Traglast zu minimieren und den Pflegeaufwand möglichst gering zu halten. Insgesamt haben wir 45 bienenfreundliche Staudenarten und -sorten daraufhin untersucht, ob sie sich für den Einsatz in den Fassadenbegrünungen eignen und wie gut sie von den Wildbienen an den Versuchsstandorten angenommen wurden (Bild 3).

Von den gepflanzten Staudenarten und -sorten haben sich 32 zufriedenstellend in den Begrünungen entwickelt, während 13 durch mangelnde Vitalität, Deckung oder Blütenentwicklung als ungeeignet bewertet wurden (Bild 3). Eine besonders hohe Eignung haben zum Beispiel *Potentilla neumanniana*, *Achillea clypeolata*, *Potentilla megalantha* oder *Scabiosa columbaria* 'Pink Mist' gezeigt. *Cardamine pratensis* oder *Achillea tomentosa* 'Aurea' dagegen starben kurz nach dem Einpflanzen ab, während *Lotus corniculatus* so stark wucherte und sich aussäte, dass benachbarte Pflanzen unter dem hohen Konkurrenzdruck oft abstarben. Die Mischung aus geeigneten Stauden liefert im gesamten Aktivitätszeitraum der Wildbienen Blüten und so wurde eine Vielzahl an Arten angelockt.

Trockener Standort	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Wildbienen
<i>Iberis sempervirens</i> 'Appen-Etz'	-												6
<i>Potentilla neumanniana</i>	++												3
<i>Alyssum montanum</i> 'Berggold'	-												4
<i>Euphorbia amygdaloides</i> 'Purpurea'	++												13
<i>Centaurea bella</i>	+												14
<i>Nepeta x faassenii</i> 'Cat's Pajamas'	++												12
<i>Nepeta racemosa</i> 'Superba'	G												6
<i>Geranium sanguineum</i> 'Elsbeth'	+												7
<i>Salvia officinalis</i> 'Nana Alba'	+												11
<i>Nepeta x faassenii</i> 'Senior'	G												13
<i>Achillea clypeolata</i> 'Moonshine'	++												7
<i>Lavandula angustifolia</i> 'Nana Alba'	++												13
<i>Campanula portenschlagiana</i>	+												15
<i>Dianthus carthusianorum</i>	+												8
<i>Achillea tomentosa</i> 'Aurea'	-												1
<i>Eryngium bourgatii</i>	-												0
<i>Lotus corniculatus</i>	-												15
<i>Ononis natrix</i>	-												3
<i>Bupthalam salicifolium</i>	-												11
<i>Inula ensifolia</i> 'Compacta'	++												9
<i>Thymus pulegioides</i>	-												7
<i>Origanum vulgare</i> 'Compactum'	-												12
<i>Calamintha nepeta</i> 'Triumphator'	R												34
<i>Hyssopus officinalis</i> ssp. <i>aristatus</i>	+												5
<i>Anemone blanda</i> 'White Splendour'	-												0
Frischer Standort	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Wildbienen
<i>Primula vulgaris</i>	-												0
<i>Pulmonaria</i> 'Trevi Fountain'	R												2
<i>Cardamine pratensis</i>	-												0
<i>Waldsteinia geoides</i>	G												3
<i>Primula veris</i>	-												1
<i>Potentilla megalantha</i>	++												0
<i>Geum x montanum</i> 'Diana'	R												1
<i>Bergenia</i> 'Rosi Klose'	++												2
<i>Ajuga reptans</i>	R												0
<i>Fragaria vesca</i> var. <i>semperflorens</i> 'Alexandria'	++												0
<i>Geranium x cantabrigiense</i> 'Cambridge'	+												3
<i>Sedum floriferum</i> 'Weihenstephaner Gold'	R												6
<i>Alchemilla erythropoda</i>	+												1
<i>Papaver nudicaule</i> 'Gartenzwerg'	-												3
<i>Alchemilla epipsila</i>	++												0
<i>Scabiosa columbaria</i> 'Pink Mist'	++												13
<i>Erigeron karvinskianus</i> 'Blütenmeer'	G												17
<i>Campanula rotundifolia</i> 'Olympica'	++												17
<i>Stachys monnieri</i> 'Hummelo'	R												7
<i>Teucrium x lucidrys</i>	++												9
<i>Aster dumosus</i> 'Niobe'	+												7
<i>Aster dumosus</i> 'Herbstgruß vom Bresserhof'	G												5

Bild 3: Bienenfreundliche Pflanzenarten und -sorten, die im Versuch getestet wurden. Die Eignung für die Fassadenbegrünung ist angegeben mit „++“ sehr gut, „+“ gut, „G“: nur für Gabionen, „R“: nur für Rinnen und „-“ nicht geeignet. Die Anzahl der Wildbienenarten, die beim Blütenbesuch gesichtet wurden, sind in der letzten Spalte angegeben. Diese ist fett gedruckt, wenn darunter oligolektische Arten waren.

Nisthilfen für Wildbienen

Um geeignete Nistressourcen zur Verfügung zu stellen, haben wir verschiedene Arten von Nisthilfen entwickelt. Die Nisthilfen haben vorhandene Hohlräume und Steilwände nachgestellt, indem Hartholz mit Bohrungen versehen wurde, Papier- und Strohhalme gebündelt wurden oder ein Behälter mit einem Sand-Lehm-Gemisch gefüllt wurde (Bild 4). Zentraler Aspekt bei allen Nisthilfen war der Schutz vor eindringender Feuchtigkeit von der Bewässerung der Pflanzen und auftreffenden Regen. Hierfür wurden Schutzhüllen mit Vordach in die Begrünungssysteme integriert, in welche dann die Nisthilfen eingesetzt wurden. Um die Annahme der Nisthilfen durch Wildbienen zu prüfen, haben wir regelmäßig die neu belegten und frisch verlassenen Nistgänge dokumentiert.



Bild 4: Nisthilfen in Schutzhüllen. Links: Ein Hartholzblock mit Bohrungen mit Durchmessern 3, 6 und 9 mm. Mitte: Stroh- und Papierhalme mit Durchmessern 3, 6 und 9 mm. Rechts: Steilwand aus einem Sand-Lehm-Gemisch.

Von den entwickelten Nisthilfen wurden vor allem die Harthölzer mit Bohrungen und die Papier- und Strohhalme von den Wildbienen genutzt. Ab März sind die ersten Wildbienen geschlüpft und haben nach der Paarung sofort angefangen, neue Nester zu bauen. Bis Oktober waren die Wildbienen aktiv (Bild 5) und haben Nektar und Pollen als Proviant für die Nachkommen in die Nistgänge gebracht. Dabei haben vor allem kleine Arten die Nisthilfen genutzt und die Nistgänge mit 3 mm Durchmesser belegt. Durch Beobachtungen von Wildbienen und die Auswertung der verschiedenen Materialien, die für die Nestverschlüsse genutzt wurden, können wir darauf schließen, dass mindestens elf verschiedene Arten die Hohlräume zum Nisten genutzt haben (Bild 6, Bild 7).

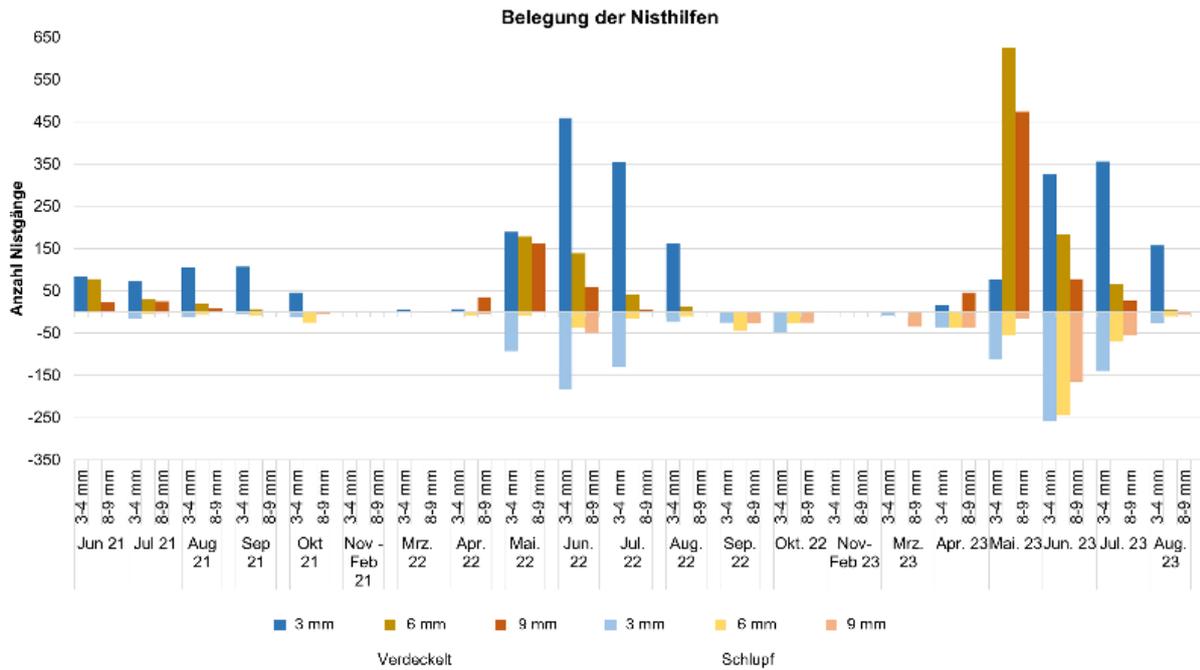


Bild 5: Neu belegte und verlassene Nistgänge im Jahresverlauf.

Wildbienen an den grünen Fassaden

Insgesamt wurden 61 Wildbienenarten beim Blütenbesuch beobachtet. Die meisten Arten wurden an Calamintha nepeta 'Triumphator' gesichtet, Campanula portenschlagiana, Erigeron karvinskianus 'Blütenmeer' und Campanula rotundifolia 'Olympica' waren auch sehr beliebt. Es konnten auch einige oligolektische Arten beim Sammeln von Nahrung beobachtet werden. So wurde beispielsweise die Filzbindige Seidenbiene (Colletes fodiens), die auf Korbblütler



Bild 6: Eine Wollbiene bringt Pollen und Nektar in einen Nistgang.

spezialisiert ist, an Centaurea bella beobachtet. Und nur durch die Pflanzung von Glockenblumen konnten die Braune Schuppensandbiene (Andrena curvungulata) oder die Glockenblumen-Sägehornbiene (Melitta haemorrhoidalis) Pollen für ihre Brut sammeln. An manchen Pflanzen, beispielweise Pulmonaria 'Trevi Fountain' oder Potentilla megalantha, wurden keine oder nur wenig Wildbienen beobachtet, obwohl sie als bienenfreundlich gelten (Bild 3). Bei diesen Arten lag der Blühzeitpunkt meist außerhalb der Termine, an denen die Wildbienen bestimmt wurden.



Einige Wildbienen wurden sowohl beim Blütenbesuch als auch beim Nisten beobachtet. Außerdem nahm die Nutzung der Nisthilfen mit den Jahren zu (Bild 5), da sie mehreren Generationen als Nisthabitat diente. Es lässt sich also darauf schließen, dass die Fassadenbegrünungen einen geeigneten Lebensraum darstellen, um stabile Populationen zu bilden. Erfreulicherweise konnte auch einigen oligolektischen Arten, wie der Glockenblumen-Scherenbiene (*Chelostoma rapunculi*) oder der Schöterich-Mauerbiene (*Osmia brevicornis*) ein Lebensraum mit Nahrungs- und Nistressourcen zur Verfügung gestellt werden. Jedoch sollte beachtet werden, dass nur ein geringer Anteil der heimischen Wildbienen solche vorhandenen Hohlräume für die Brut nutzt. Die meisten Arten benötigen sonnige Bodenstellen, welche innerhalb von Fassadenbegrünungen nicht nachzustellen sind. Die Begrünungen können also keinen vollwertigen Ersatz für die natürlichen Habitate von Wildbienen darstellen und der Schutz und Erhalt von Lebensräumen wie Hochstaudenfluren, Auwäldern oder Magerwiesen ist zwingend notwendig, um die Vielfalt der Wildbienen zu schützen.

Bild 7: Verschiedene Materialien für den Verschluss der Nistgänge.

Kühlung durch Fassadenbegrünung

Um den Einfluss der Begrünungen auf die Umgebungstemperatur zu untersuchen, haben wir die Temperaturen an und um die begrünten und unbegrünten Fassaden gemessen. So konnten wir beispielsweise zeigen, dass sie an einem Sommertag (Außentemperatur von 32 °C) die unbegrünte Fassaden auf 51,9 °C erhitzt hat. Zur gleichen Zeit haben dicht bewachsene Stellen der begrünten Fassaden Temperaturen von 28,4 (Gabionen) und 32,7 °C (Rinnen) gezeigt. Die begrünten Wände sind als deutlich kühler als unbegrünte und können so auch weniger Wärme an die Umgebung abgeben und sogar aktiv die Umgebung abkühlen (Bild 8).

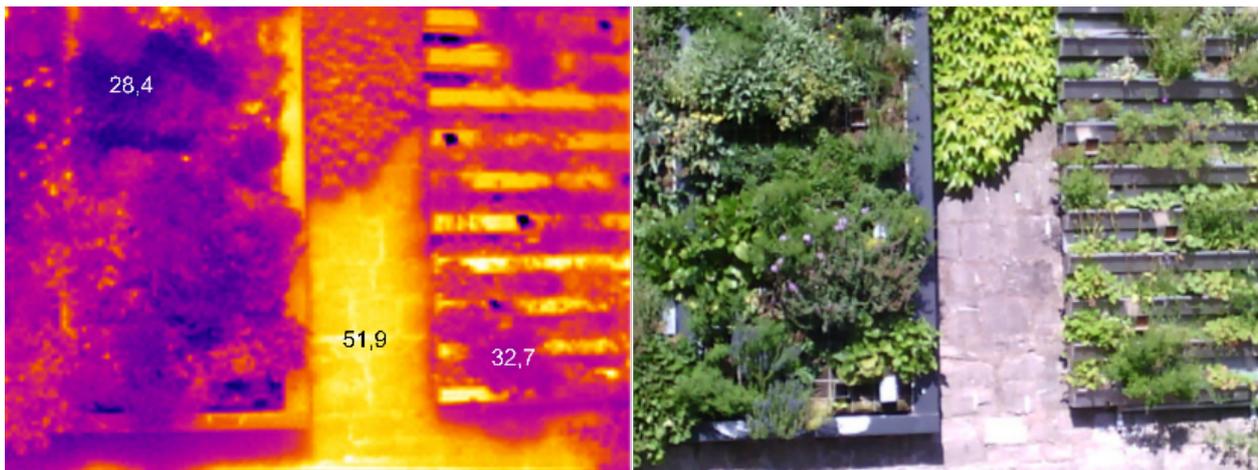


Bild 3: Wärmebild von Fassadenbegrünungen an einer Natursteinmauer. Während sich die Natursteinmauer bei einer Außentemperatur von 30 °C auf 51,9 °C erhitzt, bleiben die Temperaturen an den begrünten Fassaden bei 28,4 °C (dichter Bewuchs in Gabione) und 32,7 °C (dichter Bewuchs in Rinne).

Vielfältiges Grün für zukunftsfähige Städte

Mit fortschreitendem Klimawandel wird städtisches Grün in Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen. Die wandgebundene Fassadenbegrünung wird besonders dort relevant, wo eine dichte Bebauung mit hoher Versiegelung keine andere Begrünungsform zulässt. Doch für eine zukunftsfähige und lebenswerte Gestaltung der Städte ist eine vielfältige Kombination aus verschiedenen Begrünungsarten notwendig. Ziel sollte es sein, grüne Korridore durch die Städte zu ziehen, um so die notwendige Abkühlung im Sommer und ein ungehindertes Ausbreiten von Tieren zu ermöglichen.

*Dr. Leoni Mack
LWG Veitshöchheim*

Literatur

- ARUP (2016). Cities Alive – Green Building Envelope. Scheuermann, R., Pauli, M., Armour, T., Law, A. (Eds), Berlin, 70 S. <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-green-building-envelope>
- Baldock, K. G. B., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Osgathrope, L. M., Potts, S. G., Robertson, K. M., Scott, A. V., Stone, G. N., Vaughan, I. P., Memmott, J. (2015). Where is the UK'S pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B* 282, 20142849. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2849>
- Harris, R. M. B., Beaumont, L. J., Vance, T. R., Tozer, C. R., Remenyi, T. A., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Mitchell, P. J., Nicotra, A. B., McGregor, S., Andrew, N. R., Letnic, M., Kearney, M. R., Wernberg, T., Hutley, L. B., Chambers, L. E., Fletcher, M.-S., Keatley, M. R., Woodward, C. A., Williamson, G., Duke, N. C., Bowman, D. M. J. S. (2018). Biological responses to the press and pulse of climate trends and extreme events. *Nature Climate Change* 8, S. 579–587. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0187-9>
- IPBES (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Brondizio, E. S., Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T (Eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany, 1148 S. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., et al. (2012). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey-bee abundance. *Science* 339, 6127. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>.
- Soriano, C. et al. (2005). Comparison of urban and rural wind speeds. In: Rotach, M., Fisher, B., Pieringer, M. (Eds.): *Meteorology Applied to Urban Air Pollution Problems. Final Report of the COST Action 715*, Zürich, S. 41–50.
- Westrich (2023). Pflanzenlisten auf der Website „Faszination Wildbienen: Grandiose Vielfalt“. https://www.wildbienen.info/bluetenbesuch/oligolektische_arten_nach_pflanzenfamilien.php<https://www.wildbienen.info/> (zuletzt abgerufen am 14.12.2023).
- Wiesbauer, H. (2023). *Wilde Bienen: Biologie, Lebensraumdynamik und Gefährdung*. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 528 S.
- Winklmayr, C., Muthers, S., Niemann, H., Mücke, H. G., an der Heiden, M. (2022). Heat-related mortality in Germany from 1992 to 2021. *Deutsches Ärzteblatt International* 119, 451-7.
- Zurbuchen, A. und Müller, A. (2012). *Wildbienenenschutz – von der Wissenschaft zur Praxis*. Band 33 der Bristol-Schriftenreihe, Haupt, Bern, 162 S.

Bildnachweis: © LWG Veitshöchheim

IMPRESSUM

Herausgeber

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim,
Telefon +49 931 9801-0, www.lwg.bayern.de

Redaktion und Gestaltung

Institut für Stadtgrün- und Landschaftsbau (ISL), isl@lwg.bayern.de

© LWG Veitshöchheim, Nachdruck und Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.