

**Gebäudeoptimierung durch Fassadenbegrünung
unter besonderer Berücksichtigung des
Verschattungseffekts**

**Building Optimization through Facade Greening with
Special Consideration of the Shading Effect**

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering (BSc)

der Fachhochschule FH Campus Wien

Bachelorstudiengang: Architektur - Green Building

Vorgelegt von:

Felix Gauges

Personenkennzeichen

c2110733014

Erstbegutachter:

Dipl.-Ing. Dr. techn. Tobias Steiner

Eingereicht am:

10.07.2023

Erklärung:

Ich erkläre, dass die vorliegende Abschlussarbeit von mir selbst verfasst wurde und ich keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet bzw. mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe (wie z.B. ChatGPT oder ähnlichen auf künstlicher Intelligenz basierenden Programmen) bedient habe. Ich versichere, dass diese Arbeit keine personenbezogenen Daten enthält und dass ich sämtliche urheber-, lizenz- sowie bildrechtliche Fragen im Zusammenhang mit der elektronischen Veröffentlichung dieser Arbeit geklärt habe, widrigenfalls werde ich die FH Campus Wien von Ersatzansprüchen Dritter schad- und klaglos halten. Ich versichere, dass ich diese Abschlussarbeit bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass die von mir eingereichten Exemplare (ausgedruckt und elektronisch) identisch sind.

Datum: ...25.06.2023..... Unterschrift: *Felix Gaus*

Kurzfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Thema Fassadenbegrünung. Es werden die verschiedenen Konstruktionsmöglichkeiten und unterschiedliche Pflanzenarten, die dabei zum Einsatz kommen, erläutert. Der Hauptteil der Arbeit beschäftigt sich mit der Gebäudeoptimierung, die durch den Einsatz von Vertikalbegrünung erzielt werden kann.

Im zweiten Kapitel werden die unterschiedlichen Techniken, mit denen Fassaden begrünt werden können, genannt. Dabei wird grob zwischen boden- und wandgebundener Begrünung unterschieden, wobei es bei beiden Konstruktionsformen jeweils noch verschiedene Methoden gibt. Für jede Art der Fassadenbegrünung müssen unterschiedliche Pflanzenarten mit verschiedenen Wuchsformen verwendet werden. Diese werden ebenfalls im ersten Kapitel erläutert.

Das dritte Kapitel, welches zusammen mit dem vierten den Hauptteil der Arbeit darstellt, behandelt die Gebäudeoptimierung mithilfe von Fassadenbegrünung. Die verschiedenen Effekte der Begrünung, also Wärmedämmwirkung, Verdunstungskühlung, Regenwasserrückhalt, Luftverbesserung, ökonomische Auswirkungen und Schadstoffbindung werden hier beschrieben. Aber auch die Hürden und Probleme, die es oft bei der Umsetzung gibt, werden in diesem Kapitel erläutert.

Das vierte Kapitel behandelt den Verschattungseffekt, der mithilfe von Vertikalbegrünung auf die Fassade und die Fenster erzielt werden kann.

Vertikalbegrünung ist zwar ein junges Thema in der Architektur, jedoch gibt es schon einige Projekte, bei denen eine Umsetzung gelungen ist. Davon werden einige Beispiele aus Wien im fünften Kapitel beschrieben.

Zum Schluss wird noch ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung von Vertikalbegrünung gegeben.

Abstract

This thesis deals with the topic of facade greening. It explains the various construction options and different plant species that are used. The main part of the thesis focuses on the building optimization that can be achieved through the use of vertical greening.

In the second chapter, the different techniques that can be used to green facades are mentioned. A rough distinction is made between ground-based and wall-based greening, although there are still different methods for each of the two types of construction. For each type of facade greening, different plant species with unique growth forms must be used. All of which are discussed in the first chapter.

The third chapter, alongside the fourth forms the main part of the thesis, focusing on building optimization using facade greening. The various effects of greening, such as thermal insulation effect, evaporative cooling, rainwater retention, air improvement, economic effects and pollutant binding are described here. However, the hurdles and problems that often exist during implementation are also explained in this chapter.

The fourth chapter examines the shading effect that can be achieved with the help of vertical greening on the facade and windows.

Vertical greening is a relatively new concept in architecture, but there are already some projects where implementation has been successful. Of these, some examples from Vienna are described in the fifth chapter.

Finally, an outlook on the future development of vertical greening is given.

Schlüsselbegriffe

Fassadenbegrünung	facade greening
Gebäudeoptimierung	building optimization
Klimawandel	climate change
Mikroklima	microclimate
Verschattung	shading
Vertikalbegrünung	vertical greening

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	I
ABSTRACT	II
SCHLÜSSELBEGRIFFE	III
INHALTSVERZEICHNIS	IV
1. EINLEITUNG.....	1
2. KONSTRUKTIONSMÖGLICHKEITEN UND BAUTECHNISCHE RAHMENBEDINGUNGEN FÜR FASSADENBEGRÜNUNG	2
2.1. Bodengebundene Begrünung.....	2
2.1.1. Direktbegrünung.....	3
2.1.2. Leitbarer Bewuchs durch Gerüstkletterpflanzen.....	4
2.2. Wandgebundene Begrünung	6
2.2.1. Regalbauweise bzw. troggebundene Begrünung.....	7
2.2.2. Modulare Bauweisen.....	8
2.2.3. Flächige Bauweisen	10
2.3. Mischformen.....	12
3. PFLANZENAUSWAHL	14
3.1. Auswahlkriterien	14
3.2. Wuchsform	15
3.2.1. Selbstklimmer.....	16
3.2.2. Gerüstkletterer	16
3.2.3. Fassadengebundene Begrünung	17
4. GEBÄUDEOPTIMIERUNGSASPEKTE	19
4.1. Wärmeerhaltung.....	19
4.2. Verdunstungskühlung.....	21
4.3. Kombination mit Photovoltaik	22
4.4. Regenwasserrückhalt.....	23
4.5. Schadstoffbindung	24
4.6. Lüftung	25
4.7. Ökonomische Effekte	26
4.8. Lärmschutz.....	27
4.9. Ästhetik und Biodiversität	28
4.10. Probleme der Fassadenbegrünung.....	29
5. VERSCHATTUNG	32

6. PRAXISBEISPIELE	36
6.1. IKEA am Westbahnhof	36
6.2. MA48 Haus	38
6.3. 50 grüne Häuser.....	41
7. SCHLUSSBETRACHTUNGEN UND AUSBLICK	45
QUELLENVERZEICHNIS.....	47
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	51

1. Einleitung

Die Veränderung des Klimas in Folge des Klimawandels ist in den letzten Jahren ein präsenes Thema in der Baubranche geworden. Die Reduktion des Ausstoßes von CO₂ bei der Errichtung und dem Betrieb der Gebäude ist ein zentraler Punkt. Es wird vermehrt versucht Begrünung in die Architektur zu integrieren, da Pflanzen durch ihre CO₂-bindende Wirkung dem Klimawandel entgegenwirken können. Fassadenbegrünung bietet eine Möglichkeit, wie man Begrünung platzsparend und effizient in Gebäude beziehungsweise in das Stadtbild integrieren kann.

Neben der CO₂-bindenden Wirkung bietet Fassadenbegrünung zusätzlich viele weitere Vorteile, beispielsweise die Reduktion von Betriebskosten von Gebäuden, durch eine Senkung der Heiz- und Kühllasten, was zu einer Reduktion des Energieverbrauchs und damit auch zu einer Senkung des CO₂-Ausstoßes beim Betrieb des Gebäudes führt. Zudem hat Vertikalbegrünung einen ästhetischen Wert und führt im städtischen Raum zu einer Aufwertung des Stadtbildes und verbessert unter anderem auch das Image eines Gebäudes. Da durch Gebäudebegrünung allgemein mehr Pflanzen in die Stadt geholt werden, wird außerdem der Lebensraum von Tieren erweitert.

In dieser Arbeit wird die Frage beantwortet, welche unterschiedlichen Systeme es zur Konstruktion von Vertikalbegrünung gibt, und zusätzlich werden Beispiele für die Pflanzenarten, die in den jeweiligen Begrünungssystemen verwendet werden können, gegeben. Der Fokus der Arbeit liegt aber auf den gebäudeoptimierenden Aspekten, die durch Vertikalbegrünung erzielt werden können. Dabei werden unter anderem Verschattungswirkung, Verdunstungskühlung und Luftverbesserung, aber auch ökonomische Effekte, wie Betriebskostensenkung, berücksichtigt.

Probleme, mit denen die Umsetzung von Fassadenbegrünung aktuell zu kämpfen hat, werden ebenfalls erläutert. Zum Schluss der Arbeit wird außerdem ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der noch neuen Begrünungstechnik gegeben. Um die gewünschten Informationen zu erhalten, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt und das Wissen aus verschiedenen Quellen und Studien zu diesem Thema zusammengetragen.

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

Fassadenbegrünung ist ein aufstrebendes Thema in der modernen Architektur. Vor allem durch das Bestreben, in Folge des Klimawandels immer CO₂-neutraler und klimagerechter zu bauen, ist Gebäudebegrünung, aufgrund ihrer vielen positiven Auswirkungen auf das Mikroklima, aber auch durch die vielen Möglichkeiten zur Gebäudeoptimierung, die sich dadurch ergeben, in den letzten Jahren zu einem zentralen Faktor beim Planen neuer Bauwerke geworden. In diesem Unterkapitel werden ein allgemeiner Überblick über das Thema Fassadenbegrünung gegeben und Punkte, wie die verschiedenen Konstruktionsmöglichkeiten, Planungskriterien oder die Pflanzenauswahl behandelt.

Der wichtigste und zentrale Punkt beim Planen einer Fassadenbegrünung ist es, die richtige Pflanzenart zu wählen. Jede Pflanze benötigt unterschiedliche Voraussetzungen, um gut zu wachsen, zum Beispiel brauchen manche Pflanzen mehr Licht, andere wachsen besser im Schatten. Auch ein variierender Bedarf an Wasser und Nährstoffen ist bei der Auswahl zu beachten. Neben den Bedürfnissen der Gewächse ist die Wahl der Pflanzen auch noch von vielen anderen Faktoren abhängig, wie unter anderem auch von der Funktion, die die Begrünung erfüllen soll (z.B. Sichtschutz).¹ Bei Konstruktionsformen wird in bodengebundene Systeme, wandgebundene Konstruktionen, und Mischformen unterschieden.²

2.1. Bodengebundene Begrünung

Grundsätzlich versteht man unter bodengebundener Fassadenbegrünung die Vertikalbegrünung durch Pflanzen, die im Boden wurzeln.³ Grob kann dabei in zwei

¹ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 54

² Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegrueung.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 20f

³ Hancvencl, Georg: Fassadengebundene Vertikalbegrünung. Wien: Universität für Bodenkultur Wien. Masterarbeit 09.2013. In: https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=10671&property_id=107 (letzter Zugriff 24. 06. 2023). S. 18

Formen unterschieden werden – direktbewachsenen Fassaden und leitbarer Bewuchs durch Gerüstkletterpflanzen.⁴

2.1.1. Direktbegrünung



Abb. 1: Direktbegrünung mit Selbstklimmern

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 70)



Abb. 2: Direktbegrünung mit Selbstklimmern

(Quelle: Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg: MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 83)

Bei der Form der direktbewachsenen Fassade klettern die Pflanzen ohne Sekundärkonstruktion an der Wand hoch. Für diese Art der Gebäudebegrünung wird die Pflanzengruppe der Selbstklimmer herangezogen. Direktbewachsene Fassaden sind in der Ausführung deutlich billiger als Gerüstkletterpflanzen, da man hier keine Sekundärkonstruktion und keine zusätzlichen Systeme zur Wasserversorgung benötigt. Jedoch ist ein Rückbau mit hohen Kosten verbunden. Da die Pflanzen direkt an der Wand haften, trägt diese auch das gesamte Gewicht. Außerdem kann es dazu kommen, dass die Anstriche der Wand beschädigt werden, da manche Gewächse die Fassade chemisch anlösen, um sich festzuhalten. Dies führt dazu, dass direktbewachsene Fassaden nicht bei jeder Art von Wandkonstruktion angewendet werden können. Auch bei Fassaden mit Wandfugen kann es dazu kommen, dass die Gewächse sich in den Fugen anhaften und durch ihre Ausdehnung dort die Wand beschädigen. Außerdem muss darauf geachtet

⁴ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 70

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

werden, dass die Pflanzen nicht auf energetisch aktive Flächen oder über Fenster oder Türen wachsen. Dies kann man durch Wuchsbegrenzungen erreichen.⁵

2.1.2. Leitbarer Bewuchs durch Gerüstkletterpflanzen

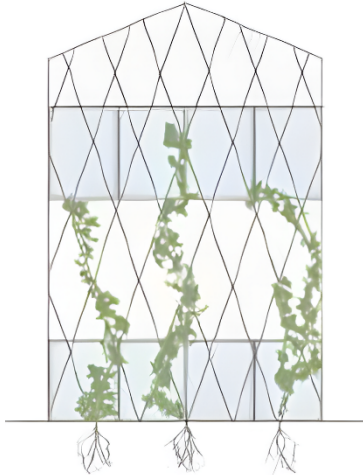


Abb. 3: Bodengebundene Begrünung mit Gerüstkletterpflanzen

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 70)



Abb. 4: Bodengebundene Begrünung mit Gerüstkletterpflanzen

(Quelle: Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg: MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 85)

Bei leitbarem Bewuchs durch Gerüstkletterpflanzen wurzeln die Pflanzen ebenfalls im Boden. Jedoch sind sie nicht in der Fassade verankert, sondern benötigen externe Systeme, um nach oben wachsen zu können.⁶ Bei diesen Sekundärkonstruktionen gibt es verschiedene Ausbildungsmöglichkeiten, welche wiederum der ausgewählten Pflanzenart anzupassen sind. Beispielsweise benötigt man für die Anbringung von Schlingern und Windern eher senkrechte Tragelemente, für Ranker Gitter und Netze und für Spreizklimmer eher waagrechte Konstruktionen (mehr dazu im Kapitel Pflanzenauswahl). Außerdem sind beispielsweise Wuchshöhe, Wuchsbreite oder Triebdurchmesser ebenfalls entscheidend bei der Auswahl der Tragsysteme.⁷ Ein Vorteil, der durch die

⁵ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 71f

⁶ Hancvencl, Georg: Fassadengebundene Vertikalbegrünung. Wien: Universität für Bodenkultur Wien. Masterarbeit 09.2013. In: https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=10671&property_id=107 (letzter Zugriff 24. 06. 2023). S. 18

⁷ Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruenung.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 28

Konstruktion mit separaten Tragelementen entsteht, ist, dass sich viele neue Gestaltungsmöglichkeiten ergeben und diese Art der Begrünung auch bei Fassaden angewendet werden kann, die für eine Direktbegrünung ungeeignet sind. Da die Pflanzen keine Wand brauchen, um in die Höhe zu wachsen, sondern nur eine freistehende Kletterhilfe, ist es beispielsweise möglich, diese so anzuordnen, dass sie Einblickschutz bei Balkonen oder Gärten gewährleisten.⁸

Weil bei dieser Form der bodengebundenen Fassadenbegrünung die Pflanzen nicht an der Wand, sondern an Wuchshilfen haften, kann die Wand hier auch nicht genutzt werden, um Lasten abzutragen. Meistens wird das Problem der Lastabtragung hier so gelöst, dass die einwirkenden Kräfte durch ein externes Streifenfundament abgetragen werden oder die Sekundärkonstruktion mit der tragenden Schicht der Wand, vor der sie sich befindet, verbunden wird, um so Stabilität zu gewährleisten.⁹ Handelt es sich bei der Wand jedoch um einen gedämmten Wandaufbau ist darauf zu achten, dass es nicht zu einer Entstehung von Wärmebrücken kommt. Dieses Problem besteht nicht nur beim Bewuchs durch Gerüstkletterpflanzen, sondern generell auch bei allen wandgebundenen Systemen, da die Sekundärkonstruktion meistens mit der tragenden Schicht der Wand verbunden ist und dabei bei außen gedämmten Wänden die Dämmebene durchstoßen wird. Um dies zu vermeiden, gibt es wärmebrückenreduzierende Halterungen, welche auf die unterschiedlichen Dämmstärken abgestimmt sind. Außerdem ist darauf zu achten, dass die Dämmebene nicht durch lichtfliehende Triebe einiger Pflanzenarten beschädigt wird. Unabhängig vom Begrünungssystem müssen die Konsolen, die das Gewicht der Pflanzen und der Sekundärkonstruktion auf die tragende Schicht der Wand abtragen, außerdem richtig dimensioniert werden, da es im Falle einer fehlerhaften Ausbildung zu einer Durchbiegung und infolgedessen zu einer Beschädigung der Dämmebene kommen kann. Ein weiterer Punkt, der bei bodengebundenen, aber auch wandgebundenen Systemen beachtet werden muss, ist, dass die Konsolen, also die Elemente, die die Lasten der Bepflanzung und der Sekundärkonstruktion auf die tragende Schicht der Wand

⁸ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 74f

⁹ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 75

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

abtragen, ein Gefälle von etwa 3° nach außen aufweisen sollten, um die Konstruktion vor dem Eintritt von Wasser zu schützen oder Wasserlaufspuren zu vermeiden.¹⁰

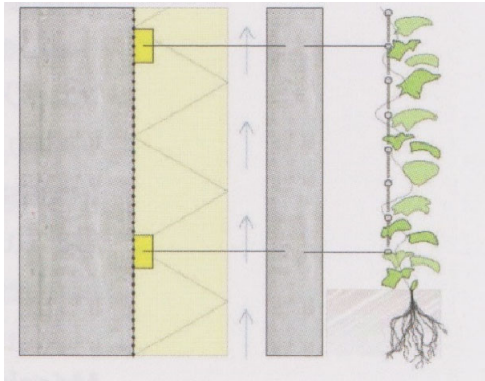


Abb. 5: Konstruktion von Gerüstkletterpflanzen bei gedämmtem Aufbau mit massiver Außenschale

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 187)

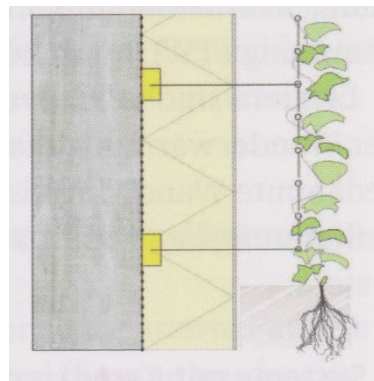


Abb. 6: Konstruktion von Gerüstkletterpflanzen bei gedämmtem Aufbau

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 184)

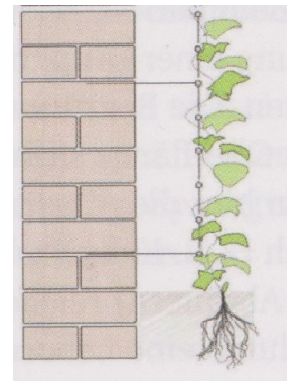


Abb. 7: Konstruktion von Gerüstkletterpflanzen bei ungedämmter Massivwand

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 171)

2.2. Wandgebundene Begrünung

Wandgebundene Begrünung ist die zweite Form der Fassadenbegrünung. Hier werden die Pflanzen direkt auf oder in der Fassade gepflanzt, ohne einen Anschluss zum Boden zu haben. Da hier die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen nicht durch den Boden gegeben ist, sind externe Systeme notwendig. Will man wandgebundene Begrünung in seinem Gebäude integrieren, ist dies meistens bereits in der Planung des Gebäudes zu berücksichtigen, da ein nachträglicher Einbau, abhängig von der Art der Ausführung der Bepflanzung, oftmals mit großem Aufwand verbunden ist. Wie bei der bodengebundenen Begrünung gibt es auch hier verschiedene Ausführungen, die jeweils spezifische Vorteile mit sich bringen.¹¹

¹⁰ Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 68f

¹¹ Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 65f

2.2.1. Regalbauweise bzw. troggebundene Begrünung



Abb. 8: Troggebundene Begrünung

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 70)



Abb. 9: Troggebundene Begrünung

(Quelle: Fassaden- & Vertikalbegrünung. Internationale & nationale best – practise – Beispiele. Wien: MA19 2019. In: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/e000037.pdf> (letzter Zugriff 19. 06. 2023). S. 21)

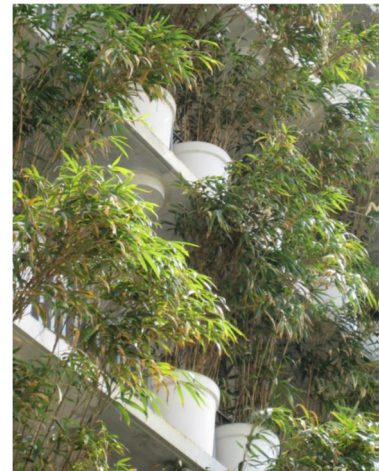


Abb. 10: Troggebundene Begrünung

(Quelle: Fassaden- & Vertikalbegrünung. Internationale & nationale best – practise – Beispiele. Wien: MA19 2019. In: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/e000037.pdf> (letzter Zugriff 19. 06. 2023). S. 21)

Troggebundene Begrünung beschreibt allgemein, dass die Pflanzen in Gefäßen mit Substrat außerhalb an der Fassade angebracht sind. Bei der Regalbauweise handelt es sich um eine lineare Ausführung, bei der sich die Pflanzen in Trögen auf übereinander platzierten Langrinnen befinden.¹² Die Wasser- und Nährstoffversorgung verläuft in diesen „Regalböden“. Der Name kommt daher, dass die Töpfe in Reihen übereinandergestapelt sind wie bei einem Blumenregal.

Das gesamte Gewicht der Pflanzen und des Substrats in den Trögen wird von der Vorkonstruktion getragen, auf der diese angebracht sind. Deshalb ist es bei dieser Ausführung essenziell, dass bereits bei der Planung des Gebäudes feststeht, dass dieses System angewendet wird, da in diesem Fall entweder Kragkonsolen oder eine Vorkonstruktion eingeplant werden muss, um die Lasten abzutragen¹³. Bei Abb. 11 ist die Konstruktion einer troggebundenen Begrünung bei einem Aufbau mit transparenter Wärmedämmung dargestellt. Wie bereits oben erläutert ist auch bei

¹² Reincke, Britt: Gebäudeoptimierung zur Klimaanpassung – Möglichkeiten und Grenzen von Fassadenbegrünung. Hamburg: Hafencity Universität Hamburg. Bachelorthesis 16.08.2017. In: https://repos.hcu-hamburg.de/bitstream/hcu/135/1/Reincke_Britt.pdf (letzter Zugriff 24. 06. 2023). S. 16

¹³ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 78f

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

dieser Konstruktion darauf zu achten, wärmebrückenreduzierende Halterungen zu verwenden¹⁴.

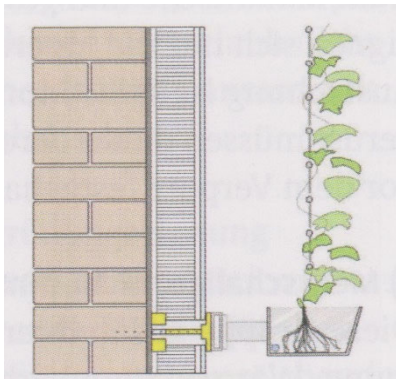


Abb. 11: Konstruktion von troggebundener Begrünung bei transparenter Wärmedämmung

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 184)

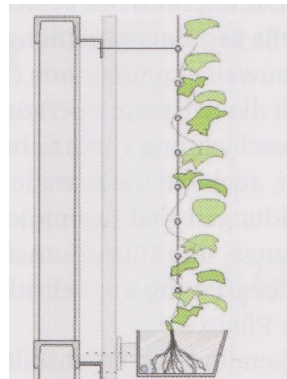


Abb. 12: Konstruktion von troggebundener Begrünung bei Metallskelettbauweise

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 175)

Diese Art der Konstruktion eignet sich gut als Blickschutz oder zur Verschattung. Weiters kann man die Pflanzen bereits vor dem Anbringen an der Fassade vorzüchten und hat somit gleich bei Baufertigstellung die positiven Aspekte der Fassadenbegrünung wie zum Beispiel CO₂-Bindung, Kühlung oder Blickschutz.

Außerdem besteht durch das Anpflanzen in herkömmlichen Trögen eine höhere Pflanzenauswahl und die Möglichkeiten Pflanzen zu ersetzen, sollten diese absterben. Dies macht die Regalbauweise zu einem sehr flexiblen System.¹⁵

2.2.2. Modulare Bauweisen



Abb. 13: Modulare Bauweise

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 70)



Abb. 14: Modulare Bauweise

(Quelle: Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg: MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 103)

¹⁴ Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 69

¹⁵ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 80

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

Die modulare Bauweise sieht vor, dass die Pflanzen in, meist rechteckigen oder quadratischen etwa 10 – 25 cm tiefen, Substratkästen wachsen. Für die Montage der Substratmodule benötigt man eine Unterkonstruktion, durch die die Pflanzen auch mit Wasser und Nährstoffen versorgt werden. Bei dieser Methode der vertikalen Begrünung hat man ebenfalls eine große Bandbreite an Gestaltungsmöglichkeiten, da sich die Module in beliebiger Größe und Form herstellen lassen und sie dadurch gut an die Struktur der Fassade anzupassen sind,

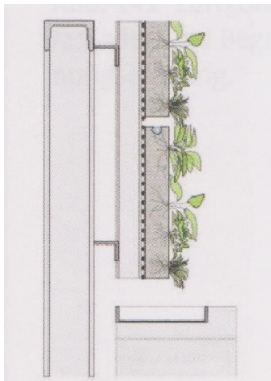


Abb. 15: Konstruktion von modularen Systemen bei Metallskelettbauweise

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 175)

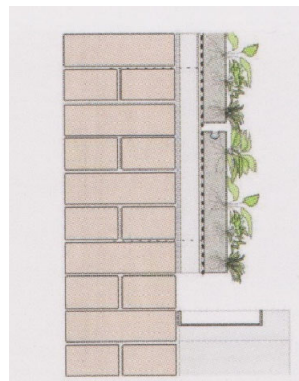


Abb. 16: Konstruktion von modularen Systemen bei ungedämmter Massivwand

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 171)

beziehungsweise auch künstlerische Ausführungen möglich sind. Die Pflanzen in den Substratkästen werden, wie bei der Regalbauweise, ebenfalls vor dem Einbau in die Fassade gezüchtet und können dadurch gleich nach Fertigstellung des Gebäudes ihre Aufgaben erfüllen. Außerdem bietet die modulare Bauweise einen guten Schutz der Gebäudeaußenwand und die Module sind relativ einfach auszu-

tauschen. Die Last der Substratkästen wird, in den meisten Fällen, durch Konsolen auf die Primärkonstruktion abgetragen.¹⁶ Abb. 17 zeigt das Skyflor System. Dies ist ein modulares System, welches direkt auf dem Tragwerk des Gebäudes montiert werden kann. Die Konstruktion besteht nur aus wenigen Schichten, die alle sehr dünn sind. Die Pflanzen wurzeln in einer Substratschicht und wachsen durch ein Keramikelement hindurch. Dieses ist porös und hilft bei der Verankerung der Wurzeln. Die Last des Fassadensystems wird durch ein Element aus Ultra-Hochleistungsbeton getragen, welches ein geringes Gewicht aufweist und sehr

¹⁶ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 81ff

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

dünn ist. Durch Befestigungselemente wird das hinterlüftete System an der Wand angebracht. Ein Bewässerungssystem ist ebenfalls integriert¹⁷.

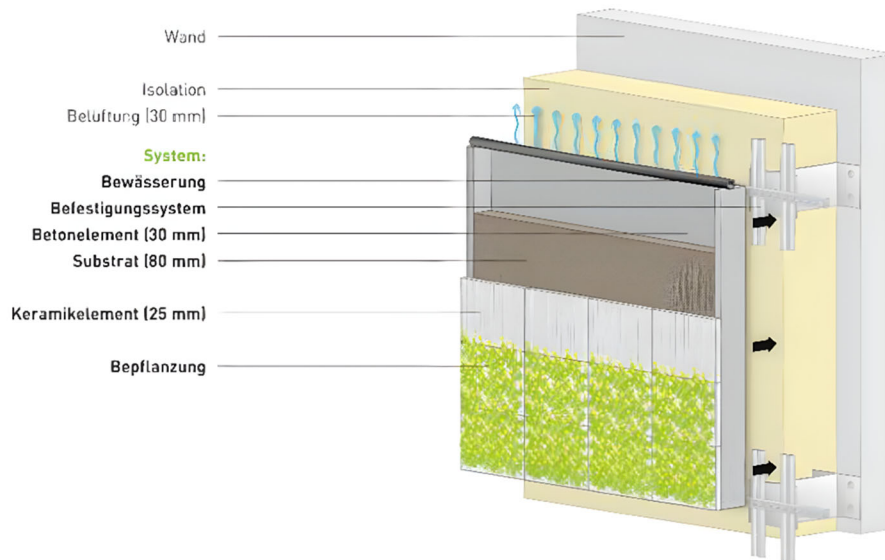


Abb. 17: Skyflor Fassadensystem

(Quelle: Berger, Ramona: Begrünte Fassaden im Trend: Das innovative Skyflor System. In: <https://deavita.com/wohnen/architektur/begrunte-fassaden-system-skyflor.html> (Letzter Zugriff 05. 07. 2023))

2.2.3. Flächige Bauweisen

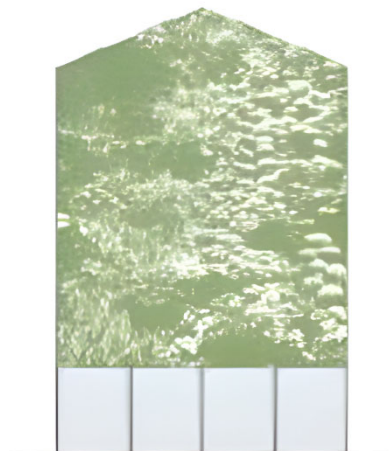


Abb. 18: Flächige Bauweise

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 70)



Abb. 19: Flächige Bauweise

(Quelle: Fassaden- & Vertikalbegrünung. Internationale & nationale best – practise – Beispiele. Wien: MA19 2019. In: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/e000037.pdf> (letzter Zugriff 19. 06. 2023). S. 25)

¹⁷ Berger, Ramona: Begrünte Fassaden im Trend: Das innovative Skyflor System. In: <https://deavita.com/wohnen/architektur/begrunte-fassaden-system-skyflor.html> (Letzter Zugriff 05. 07. 2023)

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

Ähnlich wie bei der modularen Bauweise kommen hier Textil – Substratmatten zum Einsatz. Die Wurzeln der Pflanzen werden in diesen Matten befestigt und die Pflanzen überwachsen diese mit der Zeit. Diese werden entweder auf Sekundärkonstruktionen, welche die einwirkenden Lasten in die Wand ableiten, oder großflächig inklusive der Leitungen für Wasser und Nährstoffe direkt an der Massivwand angebracht. Da der Wurzelraum bei dieser Form sehr begrenzt ist, gibt es die Möglichkeit, Gewächse, deren Wurzeln mehr Platz benötigen, in Vliestaschen, welche mit Substrat gefüllt sind, an den Textilmatten, einzusetzen. Die Pflanzen können teilweise vorkultiviert werden, jedoch nicht komplett, was dazu führt, dass die Flächenwirkung erst nach etwa drei Jahren im Gegensatz zur modularen Bauweise ein Austausch von abgestorbenen Pflanzen jedoch nur schwer möglich.¹⁸

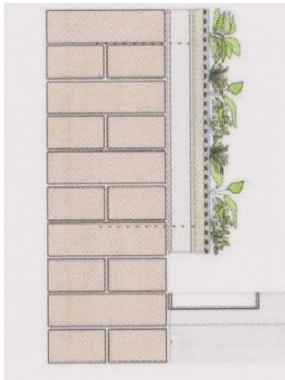


Abb. 20: Konstruktion von flächiger Bauweise bei ungedämmter Massivwand

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 171)

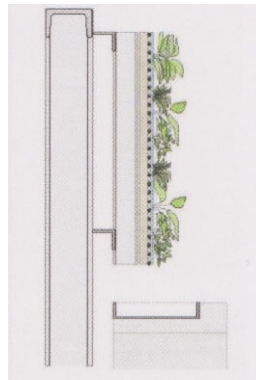


Abb. 21: Konstruktion von flächiger Bauweise bei Metallskelettbauweise

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 175)

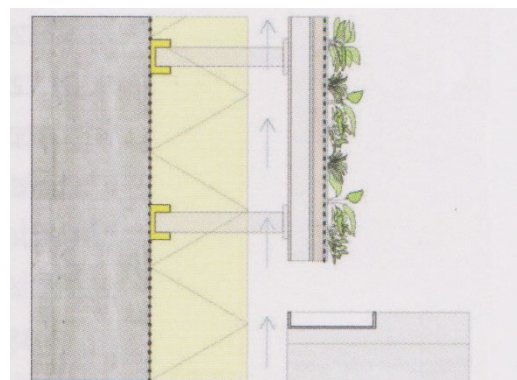


Abb. 22: Konstruktion von flächiger Bauweise bei gedämmtem Aufbau

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 187)

Eine weitere Ausführung der flächigen Bauweise erfolgt mithilfe von vertikalen Seilen. Diese sind schraubenförmig verdreht, was ermöglicht, dass man darin Substrat und Pflanzensamen einschließen kann. Die Schnüre können vor Fassaden, aber auch vor transparenten Flächen, zur Verschattung oder als Einblickschutz gespannt werden und sind in alle Richtungen hin bewachsen. Zudem

¹⁸ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 50f

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

ist der Austausch der einzelnen Schnüre einfach möglich. Außerdem eignen sie sich gut zum vertical farming.¹⁹

2.3. Mischformen



Abb. 23: Mischformen

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 70)



Abb. 24: Mischformen

(Quelle: Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg: MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 29)

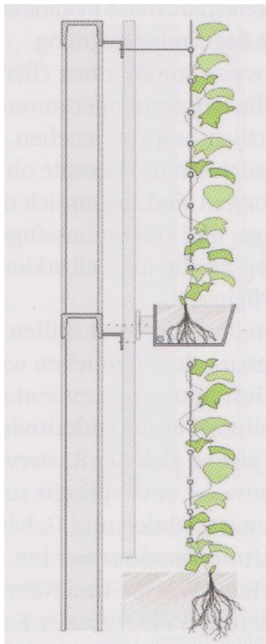


Abb. 25: Konstruktion von Mischformen bei Metallskelettbauweise

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 175)

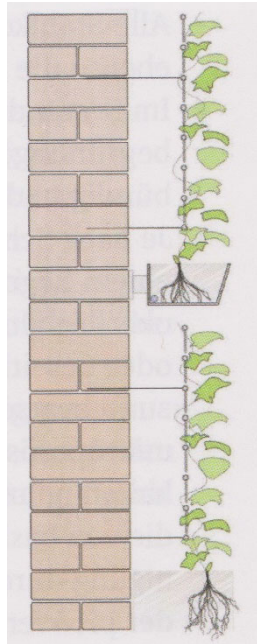


Abb. 26: Konstruktion von Mischformen bei ungedämmter Massivwand

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 171)

Mischformen sind Systeme, bei denen bodengebundene, aber auch wandgebundene Konstruktionen zum Einsatz kommen. Dies eröffnet die Möglichkeit einer kontrastreichen Fassadengestaltung, da man durch die Verbindung von bodengebundener und wandgebundener Vertikalbegrünung verschiedene Pflanzenarten auf derselben Fassade haben kann (zum Beispiel bodengebundene Gerüstkletterpflanzen und Stauden in Trögen in größeren Höhen). Außerdem ist es hier auch möglich,

einen Teil der Pflanzen vorzuzüchten und dann bereits im ausgereiften Zustand an der Fassade anzubringen. Ein weiterer wesentlicher Vorteil von

¹⁹ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 89f

2. Konstruktionsmöglichkeiten und bautechnische Rahmenbedingungen für Fassadenbegrünung

Mischformen ist, dass, im Gegensatz zu beispielsweise ausschließlich bodengebundener Begrünung, durch die teilweise Vorkultivierung, ein Bewachsen der gesamten Fassade viel schneller ermöglicht wird.²⁰

²⁰ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 90f

3. Pflanzenauswahl

Wie bei den Konstruktionsformen schon erwähnt wurde, ist die Wahl der richtigen Pflanzenart ein essenzieller Punkt für eine funktionierende Vertikalbegrünung. Dabei sind verschiedene Aspekte zu beachten. In diesem Unterkapitel werden diese behandelt und ein Überblick über die verschiedenen Wuchsformen gegeben.

3.1. Auswahlkriterien

Besonders wichtig ist eine auf die gewählte Pflanze abgestimmte Belichtung. Manche Gewächse wachsen besser in der Sonne, andere im Halbschatten. Hier bietet die Südfassade einen optimalen Platz für Pflanzen, die viel Sonne vertragen, während schattenbevorzugende Gewächse gut an Nordwänden wachsen.²¹ Außerdem muss man sich mit dem Wasser- beziehungsweise Nährstoffbedarf und dem benötigten Wurzelraum der Pflanze auseinandersetzen.

Bevor man sich für eine Art entscheidet, muss außerdem die Begrünungsart feststehen. Hierbei unterscheidet man, wie bereits erläutert, zwischen Selbstklimmern, Gerüstkletterpflanzen und fassadengebundenen Systemen.

Kommen mehrere Gewächsarten an derselben Fassade zum Einsatz, ist das Konkurrenzverhalten von großer Bedeutung.²² Wird dies nicht beachtet, kann es passieren, dass eine Pflanze die andere überwuchert und dadurch schwächt oder sogar abtötet. Daher ist es von Vorteil sich bei einer Bepflanzung, bei der unterschiedliche Pflanzenarten an derselben Fassade zum Einsatz kommen, für Arten mit ähnlichen Wasser-, und Nährstoffanforderungen und ähnlichem Konkurrenzverhalten zu entscheiden.²³ Zudem sollte man sich damit beschäftigen, wie die Pflanzen mit den Auswirkungen des Klimawandels, also beispielsweise dem

²¹ Brune, Miriam/Bender, Steffen/Groth, Markus: Gebäudebegrünung und Klimawandel. Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung. Hamburg: Climate Service Center Germany 2017. In: <https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report30.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 24f

²² Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg. MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 35

²³ Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg. MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 44

Temperaturanstieg oder der Zunahme von Extremwetterereignissen zurechtkommt.²⁴

Da Vertikalbegrünung in den meisten Fällen auch Pflege benötigt, ist es ebenso wichtig sich im Vorhinein mit der Pflegeintensität zu beschäftigen. Das Erscheinungsbild bei Grünfassaden ist ebenso relevant. Wie in den vorherigen Kapiteln erläutert, gibt es, abhängig von der Konstruktionsform, auch die Möglichkeiten die Begrünung beispielsweise nur punktuell, großflächig oder linear zu gestalten. Hierbei ist es aufwändiger, einzelne kleine Flächen zu pflegen als große. Außerdem sind beim Erscheinungsbild auch Faktoren wie Blattform, Blattfarbe, Blattgröße, Blütenstand, immergrün oder sommergrün zu beachten.²⁵

Es besteht nämlich auch die Wahl zwischen sommergrünen und immergrünen Arten. Hierbei ist relevant, welche gebäudeoptimierenden Aspekte man durch die Begrünung erzielen will. Beispielsweise eignen sich sommergrüne Pflanzen gut für eine Verschattung von Fenstern, während immergrüne Gewächse eine zusätzliche Dämmwirkung im Winter erzielen können und dadurch zu einer Reduktion der Heizlasten beitragen können. Diese Aspekte werden im dritten Kapitel genauer erläutert.²⁶

3.2. Wuchsform

Bei der Wuchsform wird zwischen Selbstklimmern, Gerüstkletterpflanzen und fassadengebundenen Systemen unterschieden.

²⁴ Brune, Miriam/Bender, Steffen/Groth, Markus: Gebäudebegrünung und Klimawandel. Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung. Hamburg: Climate Service Center Germany 2017. In: <https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report30.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 25

²⁵ Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg. MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 35

²⁶ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 104ff

3.2.1. Selbstklimmer

Selbstklimmer wurzeln im Boden und wachsen direkt an der Fassade hoch.²⁷ Sie verfügen über Haftorgane oder halten sich an der Wand fest, indem sie den Untergrund chemisch anlösen.²⁸ Sie benötigen zwar keine Hilfsmittel wie Seile oder Gerüste, jedoch kann es durch den Direktbewuchs der Fassade zu Schäden am Putz kommen oder die Haftorgane können nach Absterben der Pflanzen Spuren an der Wand hinterlassen. Ist die Fassade durch Risse beschädigt, kann es außerdem passieren, dass die Pflanzen in diesen Rissen wachsen und diese durch das Dickenwachstum vergrößern.²⁹ Sommergrüne Selbstklimmer sind zum Beispiel der wilde Wein, welcher eine Wuchshöhe von bis zu 20 Metern erreichen kann, oder die Trompetenblume. Diese Arten eignen sich gut zur Verschattung an der Südseite des Gebäudes, da sie viel Sonne vertragen. Die Kletterhortensie ist ebenfalls ein sommergrüner Selbstklimmer, wächst jedoch besser im Halbschatten bis Schatten. Efeu ist einer der bekanntesten Selbstklimmer. Diese Pflanze wächst ebenso besser im Halbschatten und verliert die Blätter im Winter nicht.³⁰

3.2.2. Gerüstkletterer

Anders als bei den Selbstklimmern bedürfen Gerüstkletterpflanzen Sekundärkonstruktionen, um an Wänden hinaufzuwachsen. Die Wuchshilfen müssen so dimensioniert sein, dass die Pflanzen sich gut daran festhalten beziehungsweise diese umranken können. Bei Gerüstkletterern unterscheidet man wiederum in Schlinger und Winder, Ranker und Spreizklimmer, die jeweils unterschiedliche Rankhilfen benötigen.

²⁷ Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg. MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 38

²⁸ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 72

²⁹ Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg. MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 45

³⁰ Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruenung.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 15

Schlinger und Winder schlingen sich, wie der Name schon sagt, um ihre Kletterhilfe und benötigen daher senkrechte, lineare Seile oder Stäbe. Der Blauregen und das Geißblatt zählen zu den Schlingern und Windern.³¹ Die beiden Arten sind sommergrün und wachsen am besten in der Sonne. Der Blauregen kann dabei eine Höhe von bis zu 30 Metern erreichen. Immergrüne Schlingpflanzen sind unter anderem der Knöterich, diese Art verträgt viel Sonne, und die Brombeere, welche eine Schattenpflanze ist.³²

Ranker halten sich durch Greiforgane an der Sekundärkonstruktion (meist Gitter, Stahlmatten oder gitterförmige Seilkonstruktionen) fest und umwachsen diese. Dazu gehören Weinrebe, Waldrebe oder Berg-Rebe, welche sommergrün sind und gut in der Sonne wachsen. Weitere einjährige Varianten von Rankern sind unter anderem Glockenrebe und Flaschenkürbis.³³

Spreizklimmer gehören eigentlich nicht zu den Kletterpflanzen. Sie klammern sich an Latten fest und wachsen dann in die Breite. Deshalb benötigen sie vertikale Latten oder Stäbe. Die Kletterrosen und der Winter-Jasmin sind sommergrüne Spreizklimmer, während der Feuerdorn immergrün ist.³⁴

3.2.3. Fassadengebundene Begrünung

Für fassadengebundene Begrünung eignen sich Sukkulente, Stauden und Kräuter, Gräser und Gehölze. Sukkulente sind sehr anspruchslose Gewächse und eignen sich sehr gut für Fassaden, die nach Süden ausgerichtet sind. Sie speichern Wasser in den Blättern und benötigen dadurch sehr wenig Bewässerung. Außerdem

³¹Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg. MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 45

³² Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 58f

³³ Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 55

³⁴ Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruening.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 80f

3. Pflanzenauswahl

sind sie sonnenresistent und pflegeleicht. Dazu gehören beispielsweise der Mauerpfeffer oder die Sibirische Fetthenne.

Stauden und Kräuter ist ein Überbegriff und umfasst alle krautartigen Gewächse, die mehrere Jahre alt werden und nicht zu den sukkulenten Arten zählen. Vorteile, die die Vertikalbegrünung mittels Stauden und Kräutern mit sich bringt, sind beispielsweise das dichte Laub, die Blüte oder, bei manchen Arten, der Duft. Jedoch sind sie sehr pflegebedürftig und benötigen eine intensive Wasser-, und Nährstoffversorgung. Beispiele für Stauden und Kräuter sind Katzenminze, Storchschnabel oder Frauenmantel.

Gräser sind sehr anspruchslos und eignen sich sowohl für nasse als auch trockene Standorte, da sie meistens auch wenig Wasser benötigen. Die Pflanzen sind außerdem sehr konkurrenzstark und verfügen über eine gute Frosthärte. Weiters sind sie resistent gegen viele Krankheitserreger. Jedoch muss bei der Verwendung von Gräsern zur Vertikalbegrünung auch damit gerechnet werden, dass sich diese im Laufe eines Jahres verfärben können, oder Teile austrocknen können. Weiters muss bedacht werden, dass viele Menschen auf die Pollen unterschiedlicher Gräserarten allergisch reagieren können, was einen großen Nachteil für die Vertikalbegrünung mittels Gräser darstellt. Häufig verwendete Sorten zur Fassadenbegrünung sind unter anderem Blaugras oder Schaf-Schwingel.

Aufgrund ihrer hohen Wuchshöhe und dem großen Eigengewicht werden Gehölze eher selten für die Fassadenbegrünung eingesetzt. Für die Verwendung von Gehölzen benötigt man große Tröge, die genügend Wurzelraum bieten, was nur bei spezifischen Konstruktionen zur Vertikalbegrünung umgesetzt werden kann. Sie bieten jedoch ein dichtes Laub und viele Arten entwickeln eine schöne Blüte. Zu den Gehölzen gehören beispielweise Eibe, Zwergmispel oder Spindelstrauch.³⁵

³⁵ Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg. MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 45ff

4. Gebäudeoptimierungsaspekte

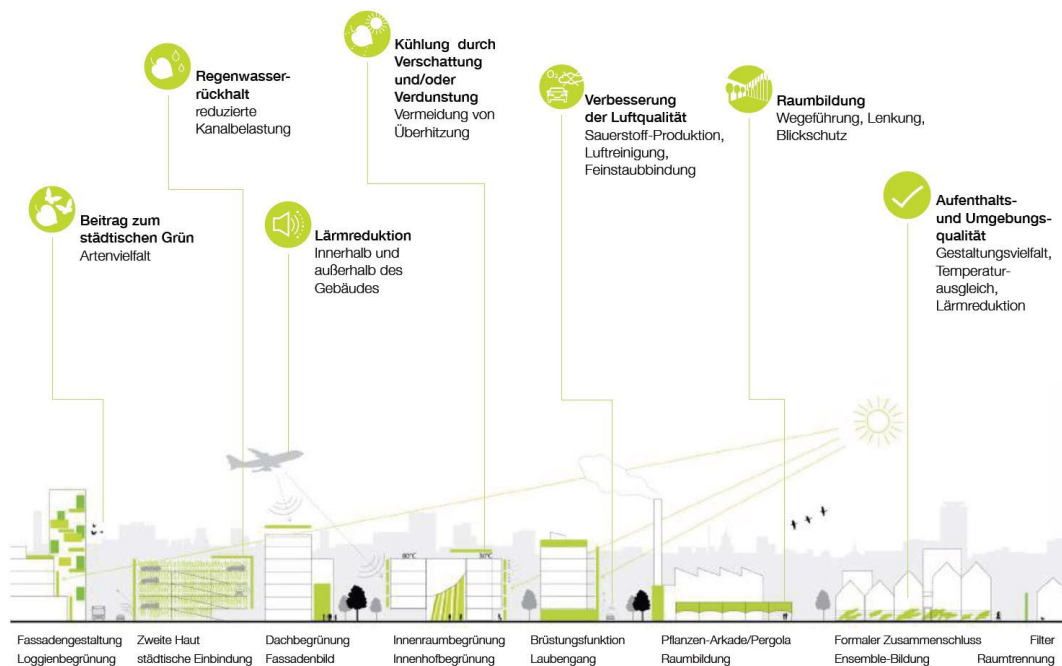


Abb. 27: Gebäudeoptimierungsaspekte durch Fassadenbegrünung

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 146)

Dieses Unterkapitel gibt einen Überblick über die verschiedenen positiven Auswirkungen, die Fassadenbegrünung auf die jeweiligen Gebäude haben kann. Vertikalbegrünung verbessert hauptsächlich die Nachhaltigkeit des Bauwerks, indem sie beispielsweise Heiz-, und Kühllasten verringert oder die Bauteile vor Einwirkungen wie Schlagregen oder Wind schützt, und somit deren Haltbarkeit erhöht. Neben diesen Aspekten bringt Vertikalbegrünung, wie andere Pflanzen im öffentlichen Raum auch, eine erhöhte Aufenthaltsqualität und Bevölkerungszufriedenheit mit sich.³⁶

4.1. Wärmeerhaltung

Um die Heizlasten im Winter zu senken, benötigt man immergrüne Begrünungen, da diese ihre Blätter im Winter nicht verlieren. Das Prinzip der Wärmeerhaltung im Winter beruht darauf, dass sich zwischen den Pflanzen und der Wandoberfläche ein

³⁶ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 120

4. Gebäudeoptimierungsaspekte

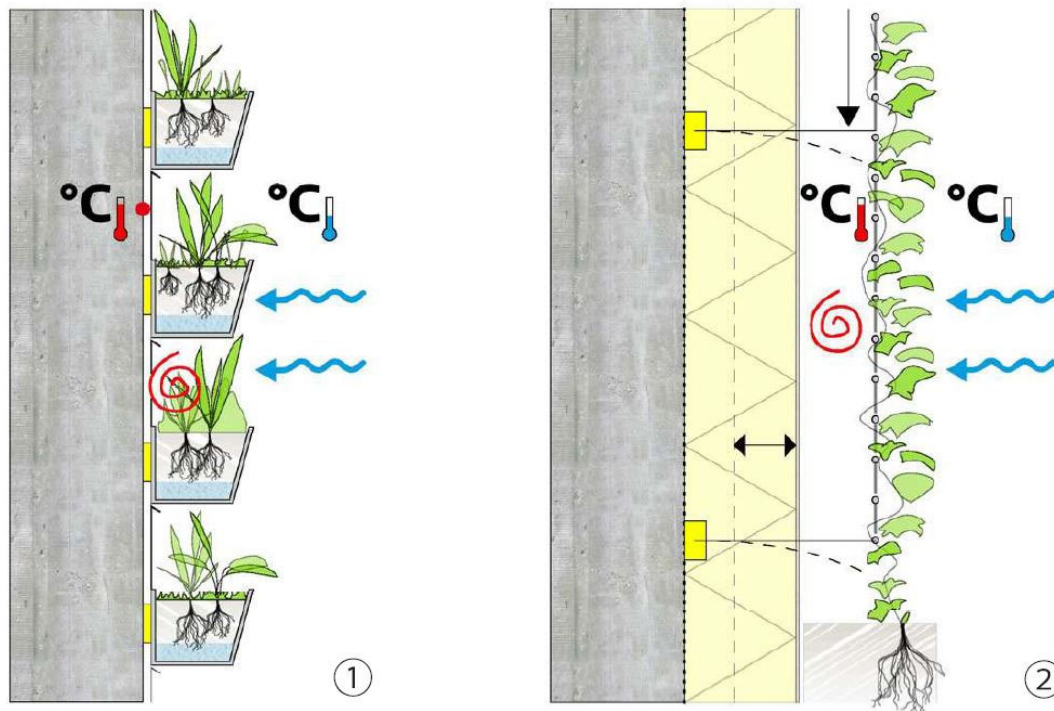


Abb. 28: 1. Dämmwirkung durch lineare Wandbegrünung, 2. Dämmwirkung durch bodengebundene Gerüstkletterpflanzen (Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 102)

Luftpolster bildet, welcher als Puffer wirkt.³⁷ Die Luft in dieser stehenden Luftschicht ist aufgrund des wärmedämmenden Effekts der Begrünung etwas wärmer als die Außenluft. Bei bodengebundener Begrünung ist dadurch die Luft hinter der Fassadenbegrünung bis zu 3 °C höher als davor und bei wandgebundener sogar bis zu 7 °C.³⁸ Dadurch ist wiederum der Temperaturunterschied zwischen der Innenoberfläche und der Außenoberfläche der Außenwand geringer, was dazu führt, dass der Wärmeverlust durch die entsprechende Wand bis zu 20%, im Vergleich zu einer gewöhnlichen Putzfassade, reduziert werden kann.³⁹ Der Effekt ist hierbei abhängig von der Blattdichte der einzelnen Pflanzen, der Substratschicht und der Durchfeuchtung. Man muss hierbei jedoch darauf achten, dass durch die jeweiligen Unterkonstruktionen keine Wärmebrücken entstehen. Da die

³⁷ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 101f

³⁸ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 104

³⁹ Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruenung.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 13

wärmedämmende Wirkung von vertikaler Begrünung, abhängig von der Art der Konstruktion, der eingesetzten Pflanzen und dem Feuchtegehalt des Substrats, stark variiert, wird Fassadenbegrünung aktuell noch nicht in Wärmeschutzbetrachtungen berücksichtigt.⁴⁰ Bei wandgebundenen Systemen (z.B. bei modularen und flächigen Bauweisen) entsteht die wärmedämmende Wirkung durch die zusätzlichen Schichten der Unterkonstruktion und gegebenenfalls eine Luftschicht bei hinterlüfteten Bauweisen.⁴¹

Zusätzlich zu dem Kältepuffer schützen die immergrünen Pflanzen die Fassade vor Wind und Regen bzw. Feuchte, was ebenfalls die Wärmeverluste verringert. Durch diese Maßnahmen können die Temperatur der Wandaußenoberfläche erheblich erhöht und somit die Wärmeverluste minimiert werden.⁴²

4.2. Verdunstungskühlung

Die Verdunstungskühlung von Vertikalbegrünung wird durch Transpiration, also die Verdunstung von Wasser über die Blätter, und Evaporation, was die Verdunstung über den Boden beschreibt, erreicht.⁴³ Um den Kühleffekt im Sommer zu erzielen, eignen sich sommergrüne Pflanzen am besten, da diese im Winter ihr Laub abwerfen und somit die solaren Gewinne in der Heizperiode ermöglichen (mehr dazu im Kapitel Verschattung). Neben dem Aspekt der Verschattung wirkt Vertikalbegrünung der sommerlichen Überwärmung auch durch Verdunstungskühlung (adiabate Kühlung) entgegen.⁴⁴ Pflanzen wandeln beim Verdunsten von Wasser dieses vom flüssigen in den gasförmigen Zustand um. Dies ist ein

⁴⁰ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 104f

⁴¹Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 101f

⁴² Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 104

⁴³ Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In: <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 33

⁴⁴ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 114ff

chemischer Prozess und benötigt Energie, welche die Pflanzen aus der Luft entnehmen, indem sie ihr Wärme entziehen. Dadurch wird die Umgebung abgekühlt. Neben der Luft werden aber auch die angrenzenden Bauteiloberflächen gekühlt und dadurch langwellige, also thermische Strahlung, gemindert. Dies minimiert nicht nur den Primärenergiebedarf, da so die Kühllasten sinken, sondern erhöht zusätzlich die Langlebigkeit der Bauteile.⁴⁵ Ein weiterer Effekt, der dies begünstigt, ist, dass durch die Bewässerung der Begrünungssysteme zusätzlich die Verdunstungsleistung und somit die Kühlleistung erhöht wird.⁴⁶ Durch die Verdunstungskühlung bildet sich außerdem ein kühler Luftpolster zwischen der Fassade und der Begrünung. Jedoch ist zu beachten, dass der kühle Luftpolster, der sich zwischen Wand und Pflanzen bildet, verloren geht, wenn der Abstand zwischen Begrünung und Fassade zu hoch wird.⁴⁷

4.3. Kombination mit Photovoltaik

Der Effekt der Abkühlung der Umgebung unmittelbar um die Pflanzen herum beziehungsweise im gebäudenahen Bereich hilft auch dabei, die Erträge durch fassadenintegrierte Photovoltaik zu steigern. Die Paneele der Anlagen heizen sich durch die dunkle Farbe und die direkte Sonneneinstrahlung sehr stark auf, was zu einer Leistungsminderung führt, da die Paneele weniger effizient arbeiten, wenn sie erhitzt sind.⁴⁸ Die Leistungsminderung beträgt dabei etwa 0,5% pro Grad Temperatursteigerung, was im Sommer, wenn die Paneele bis zu 80 Grad Celsius erreichen können, eine Einbuße von bis zu 25% der Nennleistung mit sich bringen kann. Die Verdunstungskühlung der Gebäudebegrünung kühlt den Bereich um die Pflanzen herum ab, was bei einer Kombination von fassadenintegrierter

⁴⁵ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 112ff

⁴⁶ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 88

⁴⁷ Hancvencl, Georg: Fassadengebundene Vertikalbegrünung. Wien: Universität für Bodenkultur Wien. Masterarbeit 09.2013. In: https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=10671&property_id=107 (letzter Zugriff 24. 06. 2023). S. 12

⁴⁸ Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruenung.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 13

Photovoltaik und Vertikalbegrünung auch dazu führt, dass die Module der Solaranlage heruntergekühlt werden. Die Bewässerung der Pflanzen erhöht die Verdunstungsleistung zusätzlich. Dadurch kann eine Leistungssteigerung der Paneele von etwa 4 – 5 % erreicht werden.

Ein weiterer Vorteil, den die Kombination von Photovoltaik und Fassadenbegrünung mit sich bringt, ist, dass beide auf derselben Unterkonstruktion montiert und somit Kosten gespart werden können.

Jedoch ist darauf zu achten, dass die Pflanzen die Module nicht verschatten oder, dass diese nicht durch Pollenstaub bedeckt werden, da es bei einer teilweisen Verschattung der Photovoltaik bereits zu einem Gesamtausfall des Systems kommt. Deshalb ist es wichtig darauf zu achten, dass die richtige Pflanzenart gewählt wird und das Wachstum durch Wuchsbegrenzung so reguliert ist, dass die Module nicht verschattet werden. Außerdem sollte der Luftstrom der hinterlüfteten Module erst durch die Pflanzen gekühlt werden, bevor er die Photovoltaik erreicht.⁴⁹

4.4. Regenwasserrückhalt

Außerdem kann Fassadenbegrünung dabei helfen die negativen Auswirkungen von Starkregenereignissen zu verringern⁵⁰. In den Städten gibt es aufgrund des hohen Versiegelungsgrads, abgesehen vom Kanalsystem, keine Möglichkeit das Wasser kontrolliert abzuleiten. Oftmals führen Starkregenereignisse jedoch dazu, dass das Kanalsystem durch die plötzlich anfallenden Wassermassen überlastet wird. Dies kann beispielsweise zu einer Überflutung von Kellern oder Tunneln und zu hohen Sachschäden führen.⁵¹ Beispielsweise verursachte die Flut, die sich im Sommer 2021 im Ahrtal ereignet hat, Zerstörungen, die die bis dahin größten Schäden durch

⁴⁹ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 122ff

⁵⁰ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 124

⁵¹ Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In: <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 47

Überschwemmungen vielfach überstiegen.⁵² Vertikalbegrünungen bieten, abhängig von der Konstruktion, einen guten Regenwasserrückhalt, da die Pflanzen in den Wurzeln und Blättern beziehungsweise im Substrat Wasser speichern können.⁵³ Dies hilft wiederum dabei, bei Starkregenereignissen das Kanalsystem zu entlasten. Weiters kann Regenwasser effizient zur Bewässerung der Pflanzen genutzt werden.⁵⁴ Außerdem wird durch die Verdunstung des gespeicherten Regens durch den Boden beziehungsweise die Blätter, wie bereits erwähnt, ein kühlender Effekt erzielt. Der Regenwasserrückhalt ist bei Fassadenbegrünung, durch die vertikale Anordnung der Pflanzen, nicht so hoch wie bei Dachbegrünungen, kann aber, bei gepflegten Grünfassaden, trotzdem bis zu 60% erreichen.⁵⁵

4.5. Schadstoffbindung

Im städtischen Raum ist die Schadstoffkonzentration durch das hohe Verkehrsaufkommen und die dichte Bebauung sehr hoch und kann gesundheitsschädliche Auswirkungen nach sich ziehen. Pflanzen helfen die Luftqualität auf verschiedene Wege zu verbessern.

Die Schadstoffe reichern sich an den Blättern an und Niederschläge führen dazu, dass diese in die Wurzelzone gespült werden und dort aufgenommen werden. Eine zu hohe Belastung kann jedoch auch schlechte Auswirkungen auf die Pflanzen haben. Die Blattmasse ist, wie bei den anderen Effekten der Gebäudebegrünung, auch hier ein wichtiger Faktor, jedoch nicht allein entscheidend für die Emissionsableitungskapazität der Pflanzen. Beispielsweise kommt es bei Bäumen, trotz der hohen Blattmasse, oft zu Schadstoffanreicherungen unter den Kronen, da

⁵² Münchner Rück: Klimawandel macht Naturkatastrophen extremer. In: <https://www.derstandard.at/story/2000142426145/muenchener-rueck-klimawandel-macht-naturkatastrophen-extremer?ref=article> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

⁵³ Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruenung.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 15

⁵⁴ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 117

⁵⁵ Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In: <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 49

die Luftströme, die die Schadstoffpartikel in höhere Luftschichten transportieren, blockiert werden können. Vertikale Begrünung blockiert, im Gegensatz zu Bäumen, nicht die vertikalen Luftströme, was einen Feinstaubabtransport in höhere Luftschichten ermöglicht und eine hohe Schadstoffkonzentration im Bereich der Pflanzen verhindert.

Die Beschaffenheit der Blattoberflächen ist außerdem ein wichtiger Faktor, da bei behaarten Blättern beispielsweise dreimal so viele Schadstoffe gebunden werden können. Allgemein erreichen die Blätter einen Bedeckungsgrad von 40% bis 60% ihrer Oberfläche. Weiters ist zu beachten, dass sommergrüne Pflanzen, obwohl sie ihre Blätter im Winter verlieren, auf eine längere Zeit gesehen eine bessere Feinstaubbindungskapazität haben als immergrüne. Dies kommt daher, dass jeden Frühling neue, noch unbeschmutzte, Blätter wachsen, welche wiederum die volle Menge an Schadstoffen binden können.⁵⁶

Die Anlagerung von Partikeln ist jedoch nicht der einzige Beitrag von Pflanzen zur Verbesserung der Luftqualität, da die Blätter auch grasförmige Luftschadstoffe aufnehmen können.⁵⁷

4.6. Lüftung

Blätter der Begrünung spalten CO₂ auf und reichern die Luft mit Sauerstoff an. Außerdem binden sie, wie vorhin schon genannt, verschiedene Luftschadstoffe, was die Luftqualität erhöht. Daher und aufgrund der Verdunstungskühlung und der erhöhten Luftfeuchtigkeit durch Gebäudebegrünungen empfiehlt es sich Fassadenbegrünung mit mechanischen Lüftungen zu verbinden. Jedoch muss man auf eventuelle Pollen-, Staub-, oder Insektenbelastung reagieren und auf

⁵⁶ Hancvencl, Georg: Fassadengebundene Vertikalbegrünung. Wien: Universität für Bodenkultur Wien. Masterarbeit 09.2013. In: https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=10671&property_id=107 (letzter Zugriff 24. 06. 2023). S. 10f

⁵⁷ Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In: <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 50

ausreichend Abstand, mindestens einen Meter, der Ansaugöffnungen zur Begrünung achten.⁵⁸

Weiters kann die Vertikalbegrünung auch bei natürlicher Lüftung, also Fensterlüftung, von großer Unterstützung sein. Fensterlüftung funktioniert ohne den Einsatz technischer Hilfsmittel und ohne Vorkonditionierung der Luft, führt also im Winter zu einer Auskühlung des Raumes und im Sommer zu einer Aufheizung, was beides unerwünscht ist. Gebäudebegrünung wirkt der winterlichen Auskühlung entgegen, da sie, wie bereits erwähnt, einen Luftpolster zwischen Wand und Blättern erzeugt, was dazu führt, dass man beim Lüften im Winter nicht so starke Wärmeverluste hat, da die Luft des Polsters etwas wärmer als die Außenluft ist. Weiters wird der Abkühlung der Bauteiloberflächen dadurch entgegengewirkt. Außerdem erhöhen die Pflanzen die relative Luftfeuchtigkeit durch ihre Verdunstung um 2 – 8%, was bei der meist trockenen Winterluft ebenfalls von Vorteil ist.

Im Sommer kühlen die Pflanzen die Wandoberflächen durch ihre Verdunstungskühlung ab und verhindern allgemein, durch die Abminderung der direkten Sonneneinstrahlung untermits, auch deren starke Aufheizung. Dadurch ist die Wärmeabgabe der Bauteile in der Nacht, also der Zeit, in der gelüftet wird, geringer, was dazu führt, dass diese die in das Haus einströmende Luft nicht so stark aufheizen. Da im Sommer die relative Luftfeuchtigkeit allgemein sehr hoch sein kann, ist darauf zu achten, dass diese im Raum nicht über 70% steigt, da dies nicht mehr als angenehm empfunden wird. Außerdem steigt mit einer Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit um 10% ebenfalls die gefühlte Temperatur um 0,3 Kelvin.

Die luftverbessernden Wirkungen, also CO₂-Bindung, Sauerstoffanreicherung und Schadstoffbindung, begünstigen zusätzlich die Kombination von natürlicher Lüftung und Fassadenbegrünung.⁵⁹

4.7. Ökonomische Effekte

Da bei Gebäuden nicht nur die Errichtungs- und Betriebskosten beziehungsweise die Umweltbelastung, während dem Bau und dem Betrieb des Gebäudes beachtet

⁵⁸ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 114

⁵⁹ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 115f

werden müssen, ist es wichtig sich über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes Gedanken zu machen. Dabei spielt die Langlebigkeit der Bauteile eine entscheidende Rolle, da somit eine lange Betriebsdauer des Gebäudes gewährleistet wird und der Kostenaufwand für Sanierungen gesenkt wird.

Fassadenbegrünung kann einerseits die negativen Auswirkungen, die ein Gebäude auf das Klima hat, vermindern, da die Begrünung auf dem Gebäude während seiner Betriebsdauer einen Teil des beim Bau und beim Betrieb ausgestoßenen Kohlenstoffdioxids bindet und andererseits die Bauteile vor Umwelteinwirkungen schützen und dadurch deren Lebensdauer erhöhen. Die Blätter schützen die Wand beispielsweise vor UV – Strahlung, starken Temperaturschwankungen oder vor Regen und Hagel. Weiters werden die Betriebskosten, durch den vorhin schon erwähnten winterlichen Wärmeschutz und die Kühlung im Sommer, gesenkt.⁶⁰

4.8. Lärmschutz

Grundsätzlich ist der Lärmpegel im städtischen Raum sehr hoch. Ursachen dafür sind unter anderem der Straßenverkehr, die öffentlichen Verkehrsmittel, Flugzeuge, Menschen oder Baulärm.⁶¹ In den Straßenschluchten wird dieser Lärm verstärkt. Menschen in Städten sind dem Lärm dauerhaft ausgesetzt, was nicht nur unangenehm ist, sondern auch zu gesundheitlichen Problemen führen kann.

Begrünung kann helfen die Schallausbreitung zu minimieren und den Lärmpegel in den Städten zu senken. Grundsätzlich ermöglicht Begrünung eine Schallreduktion durch drei Faktoren. Einerseits lenken die Blätter die Schallwellen ab oder reflektieren diese. Andererseits können Pflanzen den Schall absorbieren und zusätzlich werden die Schallwellen durch Boden,- oder Substratschichten gebremst.

Der Schall breitet sich dadurch aus, dass seine Energie die Luftmoleküle beziehungsweise die Teilchen der dem Schall ausgesetzten Objekte in Schwingung versetzt. Trifft diese Energie also auf die Blätter der Begrünung, wird diese in

⁶⁰ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 118ff

⁶¹ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 135

mechanische Energie umgewandelt, was die Blätter in Schwingung versetzt.⁶² Da die schallmindernde Wirkung mit erhöhter Blattmasse steigt, eignet sich Intensivbegrünung am besten zur Reduktion des Schalls. Weiters sind Blattstellung, Blattoberfläche, Dichte und Dicke entscheidende Faktoren. Bei modularen Systemen wirkt der Substratuntergrund zusätzlich als schallabsorbierende Schicht, was bei dieser Konstruktionsform ebenfalls zu guten Schalldämmeigenschaften führt.⁶³

4.9. Ästhetik und Biodiversität

Fassadenbegrünung führt neben den Auswirkungen auf das Stadtklima und den ökonomischen Vorteilen auch zu einer Aufwertung der Umgebung, da der Anblick von Pflanzen von vielen Menschen als angenehm empfunden wird.⁶⁴

Vertikalbegrünung schafft eine angenehme Abwechslung zu den monotonen Gebäudefassaden, bietet Orientierungshilfen und hilft die Identität eines Bauwerks oder Wohngebiets in einer Stadt zu stärken. Die Pflanzen, die sich im Laufe eines Jahres immer wieder durch das Abwerfen der Blätter oder die Blüten verändern, steigern zusätzlich das Naturbewusstsein der BewohnerInnen. Aufgrund von Arbeit und Ausbildung verbringen Menschen heutzutage sehr viel Zeit im Innenraum. Da Bepflanzung ebenfalls zu einer Steigerung der Produktivität führen kann, ist es wichtig, diese auch in das Arbeitsumfeld zu integrieren. Durch Fassadenbegrünung wird es ermöglicht die Natur, mit dem Innenraum zu verbinden und dadurch das Naturbewusstsein zu stärken und die Arbeitsumgebung aufzuwerten.⁶⁵

⁶² Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In: <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 53

⁶³ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 135f

⁶⁴ Hancvencl, Georg: Fassadengebundene Vertikalbegrünung. Wien: Universität für Bodenkultur Wien. Masterarbeit 09.2013. In: https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=10671&property_id=107 (letzter Zugriff 24. 06. 2023). S. 16

⁶⁵ Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In: <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 57ff

Zusätzlich trägt Vertikalbegrünung zur Steigerung der Biodiversität bei. Durch mangelnde Begrünung fehlt es Tieren oft an Lebensraum, welcher durch Fassadenbegrünung bereitgestellt werden kann. Da die Pflanzen hier teilweise in großer Höhe wachsen, bieten sie beispielsweise Vögeln Nistplätze und Zufluchtsorte abseits des Straßenlärms und das Nahrungsangebot wird, durch die zahlreichen Insekten, die im Bereich der Pflanzen leben, zusätzlich erhöht. Die teilweise sehr großen Glasfassaden, die immer häufiger in der aktuellen Architektur Verwendung finden, führen oftmals auch zu Vogelschlag. Hier hilft eine Begrünung vor der Fassade dieses Risiko einzudämmen. Vertikalbegrünung führt aufgrund dieser Faktoren für Vögel und andere Tiere zu einer Aufwertung des Lebensraums.⁶⁶

4.10. Probleme der Fassadenbegrünung

Trotz der zahlreichen positiven Auswirkungen, die Vertikalbegrünung auf das Gebäude und auf das Umfeld hat, wird das Konzept noch relativ spärlich umgesetzt. Dies liegt unter anderem an dem fehlenden Fachwissen. Durch die mangelhafte Aufklärung werden Bauherren oft abgeschreckt, weil Kosten zu hoch eingeschätzt werden. Da viele Projekte darauf abzielen, die Investitionskosten möglichst gering zu halten, werden höhere Unterhaltungskosten oftmals in Kauf genommen. Fassadenbegrünung hilft dabei, die Lebenszykluskosten zu verringern, ist jedoch teurer in der Anschaffung, was es für Planer sehr schwierig macht, diese in das Projekt zu integrieren,⁶⁷ obwohl die Langzeitauswirkungen der Begrünung zu einer erheblichen Kosteneinsparung führen könnten. Der mögliche Ausfall von Pflanzen durch Krankheiten oder Dürre ist ein weiterer Faktor, der abschreckend wirkt, da dies zu zusätzlich anfallenden Kosten und Aufwand führen kann. Wird die Planung

⁶⁶ Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 39f

⁶⁷ Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruening.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 17 f

und Umsetzung jedoch korrekt ausgeführt, ist das Risiko für einen Pflanzenausfall sehr gering.⁶⁸

Für bodengebundene Systeme sind die Installationskosten sehr gering, der Quadratmeterpreis liegt hier bei etwa 70 Euro für den Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen. Entscheidet man sich für einen Direktbewuchs der Fassade durch Selbstklimmer kann der Preis auf bis zu 0,4 Euro absinken, da hier keine Sekundärkonstruktion benötigt wird. Bei einer Kombination aus boden-, und wandgebundener Begrünung steigt der Preis pro Quadratmeter im Mittel auf circa 700 Euro. Bei der Regalbauweise befinden sich die Kosten in einem ähnlichen Bereich. Modulare und flächige Systeme haben die höchsten Installationskosten. Bei ersteren liegt der Preis bei etwa 850 Euro pro Quadratmeter, während bei der flächigen Bauweise die Kosten im Mittel auf 900 Euro ansteigen.⁶⁹

Vertikalbegrünung muss, im Gegensatz zu herkömmlichen Fassaden, regelmäßig gepflegt werden. Es ist zu beachten, dass bodengebundene Begrünung in der Regel einmal pro Jahr zurückgeschnitten werden muss, während bei wandgebundenen Systemen mindestens zwei Rückschnitte vorgenommen werden müssen. Weiters umfasst die Pflege aber auch noch das Jäten von Unkraut, eine Auflockerung des Bodens, eventuell das Entfernen von abgestorbenen Pflanzenteilen oder, falls kein Bewässerungssystem vorhanden ist, das Gießen und Düngen der Pflanzen. Außerdem ist eine Wartung der Sekundärkonstruktion in regelmäßigen Abständen erforderlich. Diese Pflege sollte dabei von einem Fachpersonal durchgeführt werden. Werden die Pflanzen künstlich bewässert, so fällt außerdem ein zusätzlicher Wartungsaufwand an, da das Bewässerungssystem ebenfalls überprüft werden muss. Dies ist besonders wichtig, da fehlerhafte Sensoren oder kaputte Leitungen zu einem Absterben der Begrünung führen können. Die Kosten und der Pflegeaufwand sind hierbei von der gewählten Pflanzenart, den optischen Anforderungen an die Begrünung und von der Art der

⁶⁸ Koutni, Jenni: Können begrünte Fassaden wirklich überhitzte Städte retten? In: <https://faktundfaktor.at/begrunte-fassaden/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

⁶⁹ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 52

Konstruktion abhängig. Hierbei sind bodengebundene Systeme deutlich einfacher und kostengünstiger zu warten als wandgebundene.⁷⁰

Ein weiteres Problem ist, dass sich die einzelnen Parteien, die am Bau eines Gebäudes beteiligt sind, nicht gut genug aufeinander abstimmen. Außerdem sollten FachplanerInnen in allen Bereichen, also bei der Planung, dem Bau und der Pflege herangezogen werden, um kostspielige Fehler zu vermeiden. Weiters gibt es, im Gegensatz zur Dachbegrünung und bodengebundener Begrünung, sehr wenige Regelungen und Datensätze bezüglich wandgebundener Begrünung, was eine Umsetzung zusätzlich erschwert.

Ohne spezielle Vorgaben und Kommunikation zwischen FachplanerInnen, LandschaftsarchitektInnen, Behörden, Bauherren, usw. kommt es daher kaum zur Umsetzung von Vertikalbegrünung in aktuellen Projekten.⁷¹

⁷⁰ Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 75f

⁷¹ Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruenung.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023). S. 17f

5. Verschattung

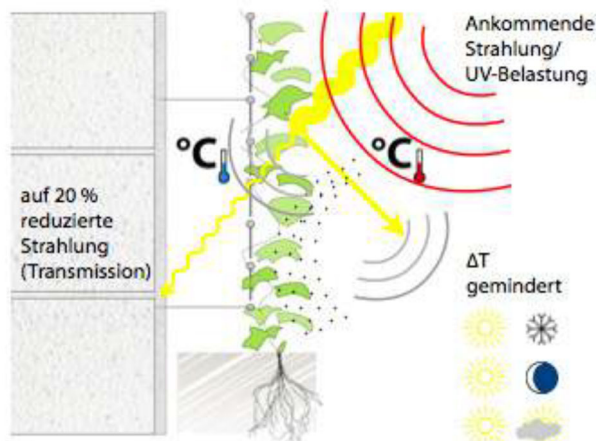


Abb. 29: Verschattung durch bodengebundene Gerüstkletterpflanzen

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 32)

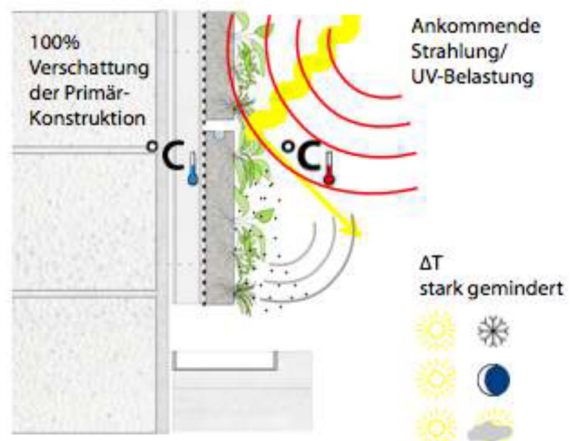


Abb. 30: Verschattung durch wandgebundene modulare Systeme

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 32)

Das Thema der sommerlichen Überhitzung hat in den letzten Jahren als Folge des Klimawandels immer mehr an Bedeutung gewonnen. Vor allen in den Städten kommt es im Sommer zu Temperaturextremen. Ein Grund dafür ist, neben den allgemein ansteigenden Temperaturen, der hohe Versiegelungsgrad in den Städten. Im Gegensatz zu natürlichem Boden speichern versiegelte Oberflächen, wie Straßen, aber auch Fassaden und Dachflächen, die Wärme und geben diese dann über die Nacht wieder ab. Das führt dazu, dass es nie wirklich zu einer Abkühlung der Umgebung kommen kann. Dadurch kommt es zum urbanen Hitzeinseleffekt. Der allgemein erhöhte Wärmeausstoß in Städten durch Klimaanlage, den Verkehr oder die Industrie verstärkt diesen Effekt zusätzlich. Außerdem wird der Wind durch die, teils sehr dichte, Bebauung gebremst, was einen Abtransport der warmen Luft zusätzlich erschwert.⁷²

Das Erhitzen der Oberflächen untertags, was, wie gerade erwähnt, ein Hauptauslöser des urbanen Hitzeinseleffekts ist, kann durch Verschattung reduziert

⁷² Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In: <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 5

oder auch ganz verhindert werden.⁷³ Die Beschattungswirkung von Pflanzen kann, neben der Verschattung von Fenstern, genutzt werden, um die solare Einstrahlung auf die Fassade zu reduzieren. Dadurch heizen sich die Flächen nicht so stark auf und haben deshalb auch weniger Energie, die sie in der Nacht abgeben können, was eine Auskühlung des Gebäudes ermöglicht und den urbanen Hitzeinseleffekt reduziert. Messungen zeigen, dass sich Grünfassaden nicht so stark erwärmen wie beispielsweise Putz-, oder Natursteinfassaden. An weißen Putzfassaden kommt es im Sommer zu Temperaturen um die 36°C, während dunkle Fassaden sogar circa 52°C erreichen können. Begrünt man diese Wände, beträgt die Temperatur vor den Pflanzen der helleren Fassade 28°C und bei der dunkleren 33°C. Allgemein ist zu sagen, dass die Begrünung die Temperaturen der Wände um bis zu 20°C verringern kann und die Temperaturen unmittelbar vor den Pflanzen teilweise auch geringer sind als die Umgebungstemperatur. Grund dafür ist, neben der Verschattung, auch die Verdunstungskühlung.⁷⁴

Will man nur eine Verschattung der Fassade erzielen, eignet es sich, immergrüne Pflanzen heranzuziehen. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass die Fenster, beispielsweise durch Wuchsbegrenzungen, freigehalten werden. Der Grund dafür ist, dass ansonsten die solaren Erträge im Winter auch minimiert werden, was unerwünscht ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die immergrünen Pflanzen auch der in dieser schon Arbeit beschriebene Effekt der Wärmeerhaltung erzielt werden kann.⁷⁵

Konstruktive Sonnenschutzsysteme an den Fenstern der Süd- und Westfassaden sind in den immer heißer werdenden Städten mittlerweile sehr wichtig, um ein Überhitzen der Innenräume zu vermeiden beziehungsweise die Kühllasten zu senken. Die Aufgabe der außenliegenden Verschattungselemente liegt darin, den Strahlungseinfall in die Innenräume zu reduzieren. Dabei wandeln die Systeme die

⁷³ Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In: <https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 33

⁷⁴ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 99ff

⁷⁵ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 105f

5. Verschattung

kurzwellige Einstrahlung, also das Licht in langwellige Strahlung, also in sensible Wärme um. Das verhindert zwar einen Eintritt der langwelligen Strahlung in den Innenraum, führt jedoch durch die Umwandlung in Wärme zu einer erhöhten Temperatur im Bereich der Fassade. Diese Wärme dringt dann entweder durch die Fassade oder während der Fensterlüftung ins Haus ein und führt zu einer Steigerung der Innenraumtemperaturen und infolgedessen zu einer Erhöhung der Kühllasten.

Wird Vertikalbegrünung zur Verschattung herangezogen, wirkt diese der Wärmeentstehung entgegen. Wie vorher schon erwähnt, kühlen die Begrünungssysteme ihre Umgebung durch die Verdunstung von Wasser über die Blätter und den Boden ab, was zu einer Reduzierung der langwelligen Strahlung führt.⁷⁶ Der Effekt der Phototropie begünstigt zusätzlich den Einsatz von Pflanzen zur Verschattung. Um den maximalen solaren Ertrag auf den Blättern zu erzielen, drehen die Pflanzen diese im Laufe des Tages so, dass die Sonneneinstrahlung am höchsten ist, was dazu führt, dass ein Großteil der Strahlung abgefangen wird. Bei einer ausgewachsenen bodengebundenen Begrünung kommen daher nur 20% der Sonnenenergie bis zur Fassade durch, da 50% absorbiert und 30% reflektiert werden.⁷⁷ Die Verschattungsrate beträgt bei Vertikalbegrünung 70% – 95% und kann, bei richtiger Ausführung, zu einer Kühlkosteneinsparung von etwa 43% führen. Die Strahlungsdämpfung ist in etwa so hoch wie bei Aluminiumjalousien und der Abminderungsfaktor liegt zwischen 0,62 – 0,3.

Wie bei herkömmlichen Sonnenschutzsystemen muss aber auch hier auf eine gute Hinterlüftung der Begrünungsebene und genügend Abstand zur Wand geachtet werden, da es sonst, trotz der Verdunstungskühlung, zu einem Hitzestau kommen kann. Außerdem kann es dazu führen, dass der Strombedarf für die Beleuchtung in den Sommermonaten steigen kann, da der Lichteinfall in den Innenraum, im Gegensatz zu Jalousien, nicht gesteuert werden kann und dadurch auch zu

⁷⁶ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 109ff

⁷⁷ Hancvencl, Georg: Fassadengebundene Vertikalbegrünung. Wien: Universität für Bodenkultur Wien. Masterarbeit 09.2013. In: https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=10671&property_id=107 (letzter Zugriff 24. 06. 2023). S. 14

Tageszeiten mit weniger Solarstrahlung, wie am Morgen oder am Abend, reduziert wird.⁷⁸

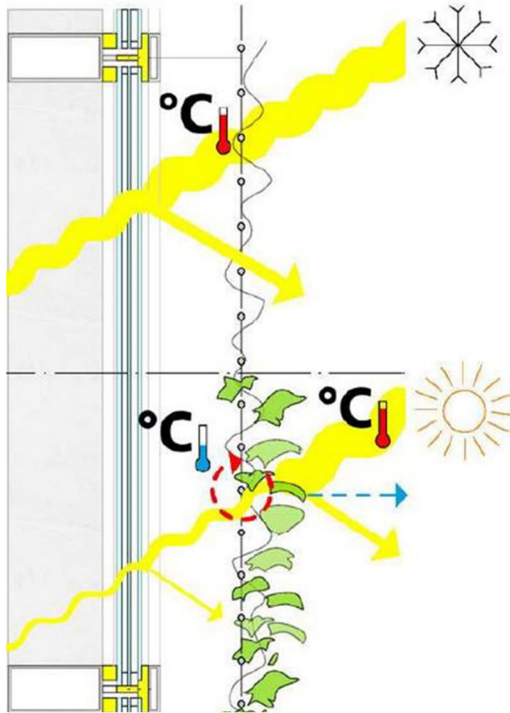


Abb. 31: Verschattungsverhalten von Begrünung bei Fensterflächen im Sommer/Winter

(Quelle: Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 106)

wird.⁷⁸

Die Verschattung von Fensterflächen ist im Winter, wo man die solaren Erträge maximieren will, unerwünscht. Daher ist nur der Einsatz von sommergrünen Pflanzen zur Verschattung von Fenstern sinnvoll. Diese werfen im Herbst ihre Blätter ab und ermöglichen dadurch den Eintritt von Solarstrahlung in den Innenraum, was dabei hilft, die Heizlasten zu reduzieren.⁷⁹

Darüber hinaus ist zu beachten, dass es durch den Einsatz von Fassadenbegrünung zur Verschattung zum Wegfall von konstruktiven Sonnenschutzsystemen kommt, was eine Kostenersparnis mit sich bringt.⁸⁰

⁷⁸ Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 110f

⁷⁹ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 105ff

⁸⁰ Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018. S. 121

6. Praxisbeispiele

Mittlerweile gibt es weltweit schon sehr viele gute Projekte, bei denen Fassadenbegrünung erfolgreich umgesetzt worden ist. Beispiele dafür wären unter anderem das Oasia Hotel Downtown in Singapur, die Kö-Bögen II in Düsseldorf⁸¹ oder die Cafetería Colahorra in Elche.⁸²

Auch wenn Fassadenbegrünung in Österreich und in Wien nicht so weit verbreitet ist wie in anderen Ländern, gibt es doch einige gute Beispiele, bei denen Vertikalbegrünung zum Einsatz gekommen ist. Daher werden in diesem Kapitel drei Projekte aus Wien genauer beschrieben.

6.1. IKEA am Westbahnhof



Abb. 32: IKEA Wien Westbahnhof

(Quelle: IKEA wien westbahnhof. In: <https://www.querkraft.at/projekte/ikea-city-center> (letzter Zugriff 18. 06. 2023))



Abb. 33: IKEA Wien Westbahnhof

(Quelle: IKEA wien westbahnhof. In: <https://www.querkraft.at/projekte/ikea-city-center> (letzter Zugriff 18. 06. 2023))

Eines dieser Gebäude ist der IKEA am Westbahnhof. Dieses liegt in Wien und wurde 2021 fertiggestellt. Das Gebäude verfügt über sieben Stockwerke mit Verkaufsflächen, Hostel und einer öffentlich zugänglichen Dachterrasse und wurde von „querkraft architekten“ entworfen, wobei die Begrünung von Kräftner Landschaftsarchitektur und Green4Cities geplant wurde.⁸³ Die Hülle des Gebäudes reicht nicht bis zur Baufuchtlinie nach vorne, sondern ist vier Meter nach hinten versetzt. Das gesamte Gebäude ist von einem Gerüst umgeben, was

⁸¹ Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 13f

⁸² Cardelús, Cayetano: Grüne Architektur. Modernes und nachhaltiges Bauen. 1. Auflage. Kerkdriel: Libro IBP 2019. S. 314

⁸³ IKEA wien westbahnhof. In: <https://www.querkraft.at/projekte/ikea-city-center> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

Raumerweiterungen und die Montage von Balkonen und Loggien ermöglicht und zusätzlich die eigentliche Fassade verschattet.

Zusätzlich hat das Gerüst aber auch die Funktion die Gebäudebegrünung des Projektes zu tragen.⁸⁴ Hierbei hat man sich für die Regalbauweise beziehungsweise für eine troggebundene Konstruktion entschieden. Auf den, an dem Gerüst befestigten, „Regalen“, aber auch auf der Dachterrasse, stehen große Töpfe mit Bäumen, welche beim Einpflanzen etwa eine Höhe von 6 Metern hatten. Insgesamt verfügt das Gebäude über 160 Bäume, wobei bei der Auswahl auch darauf geachtet wurde, dass die Arten stadtklimaverträglich sind, um ein gutes Wachstum zu ermöglichen. Die Bewässerung der Pflanzen erfolgt durch ein Bewässerungssystem, welches automatisch gesteuert wird. Da jede Pflanze einen individuellen Wasserbedarf hat, verfügt das Gebäude über mehr als 30 verschiedene Bewässerungskreise.

Zusätzlich zu der troggebundenen Begrünung mit Gehölzen befindet sich an zwei Fassaden des Gebäudes ebenfalls Vertikalbegrünung mit Schlingpflanzen.⁸⁵

Da die Pflanzen nicht nur auf dem Dach, sondern größtenteils vertikal angeordnet sind, wird das Resultat erzielt, dass mehr Bäume in dem Projekt untergebracht sind als auf einer Grünfläche derselben Größe gepflanzt werden könnten. Die Bepflanzung hat viele positive Auswirkungen auf das Gebäude, aber auch auf seine Umgebung. Auf der Dachterrasse wird die PET, also die gefühlte Temperatur, durch die Verschattung und die Verdunstungskühlung an Sommertagen um bis zu 12°C gesenkt, was diesen Bereich zu einem angenehmen Aufenthaltsort macht. Die tatsächliche Temperatur in der Umgebung des Gebäudes wird im Sommer ebenfalls um 1,5°C verringert.⁸⁶ Zusätzlich zu den Auswirkungen auf die Temperatur, verbessern die Pflanzen die Luftqualität durch Sauerstoffanreicherung und schaffen Lebensraum für Tiere in dem dicht verbauten Stadtgebiet.

⁸⁴ Leeb, Franziska: IKEA Wien – Westbahnhof. In: <https://www.architektur-aktuell.at/projekte/ikea-wien-westbahnhof> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

⁸⁵ IKEA Wien Westbahnhof/ 1150 Wien. In: <https://gruenstattgrau.at/projekt/ikea-wien-westbahnhof-1150-wien/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

⁸⁶ IKEA Wien Westbahnhof. In: <https://www.green4cities.com/ikea-de/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

6. Praxisbeispiele

Neben der Begrünung zeichnet sich das Gebäude auch durch die 500m² Photovoltaikanlage, die grünen Strom, nicht nur an das Gebäude, sondern auch für die Umgebung, liefert, aus. Dieser wird auch verwendet, um die Wärmepumpen, die das Gebäude mit Wärme, aber auch mit Kälte, versorgen können, betreiben. Dadurch kommt es im Jahr zu einer Einsparung von etwa 94 Tonnen CO₂. Die Energie wird durch verschiedene Systeme auch so effizient wie möglich genutzt, was zusätzlich noch einmal zu einer Einsparung von 5%-6% pro Jahr führt. Weiters ist das Gebäude so ausgelegt, dass der Einkauf für BesucherInnen, die mit dem Rad, zu Fuß oder öffentlich anreisen, einfach zu erledigen ist. Die Auslieferung von größeren Objekten funktioniert über ein Logistikzentrum, welches mithilfe von Elektrolastwagen die Ware ausliefert. Dadurch werden etwa 350.000 Autofahrten pro Jahr eingespart, was circa 1000 Tonnen an CO₂ entspricht. Aufgrund dieser vielen Aspekte stößt das Gebäude, im Gegensatz zu herkömmlichen Möbelgeschäften, etwa 5000 Tonnen weniger CO₂ aus. Das Projekt erhielt durch die positiven Auswirkungen auf das Klima, neben vielen anderen Auszeichnungen, auch das GREENPASS Platinum Zertifikat oder das BREEAM Zertifikat.⁸⁷

6.2. MA48 Haus



Abb. 34: MA48 Gebäude

(Quelle: MA 48. In: <https://gruenstattgrau.at/projekt/ma-48/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023))



Abb. 35: Tröge zur Begrünung des MA48 Gebäudes

(Quelle: MA 48. In: <https://gruenstattgrau.at/projekt/ma-48/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023))

Das MA48 Haus befindet sich in Wien im 5. Bezirk. Das Gebäude liegt am Gürtel, einer der am stärksten befahrenen Straßen Wiens. Generell ist der Anteil an Begrünung in diesem Stadtteil eher gering. Das Gebäude wurde bereits in den 60er

⁸⁷ New IKEA inner-city store rethinks about everything. In: <https://www.ingka.com/news/the-new-inner-city-ikea-store-thats-rethinking-just-about-everything/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

Jahren aus Ziegeln erbaut, damals aber noch ohne Wärmedämmung. Im Zuge einer Sanierung der Fassade im Jahr 2010 wurde entschieden, die gesamte straßenzugewandte Fassade, welche eine Fläche von etwa 850m² hat, zu begrünen.⁸⁸ Wie bei dem IKEA-Gebäude entschied man sich hier für eine troggebundene Konstruktion. Die Pflanzen befinden sich in länglichen Gefäßen aus Aluminium, die außen in Reihen übereinander an der Fassade befestigt sind und insgesamt eine Länge von 2850 Laufmetern aufweisen. Diese Tröge beherbergen rund 17.000 Pflanzen, wobei man hier eine Variation an Gräsern und Sträuchern verwendet hat, welche circa eine Höhe zwischen 15 cm und 60 cm erreichen und gut mit Dürre und dem Stadtklima zurechtkommen.⁸⁹ In der Blütezeit werten die Pflanzen die Umgebung durch die bunten Farben auf und immergrüne Arten, wie etwa die Schleifenblume, sorgen für Grün auch in den Herbst- und Wintermonaten. Durch das üppige Wachstum der Pflanzen wird die Metallkonstruktion verdeckt. Außerdem sind die Pflanzenarten so ausgesucht, dass, falls es zu einem Absterben einzelner Gewächse kommt, deren Platz schnell wieder von den anderen Pflanzen eingenommen wird und es dadurch nicht zum Entstehen von Lücken kommt. Generell ist das System so ausgelegt, dass es ohne viel Wartung und Pflege erhalten werden kann.⁹⁰

Die Bewässerung der Pflanzen erfolgt über Schläuche, welche eine Länge von circa 3500 Metern haben und das Wasser mittels Tröpfchenbewässerung an die Pflanzen abgeben. Die 12 Zuleitungen zu den Schläuchen sind individuell einstellbar. Im Sommer benötigen die Pflanzen bis zu 1800 Liter Wasser pro Tag, von dem vieles durch Transpiration und Evaporation verdunstet wird.⁹¹

⁸⁸ MA 48. In: <https://gruenstattgrau.at/projekt/ma-48/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

⁸⁹ Enzi, Vera/Scharf, Bernhard: Das Haus im „Grünen Pelz“. In: <https://docplayer.org/34478673-Das-haus-im-gruenen-pelz-buerogebaeude-der-ma-48-einsiedlergasse-2-1050-wien.html> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 3

⁹⁰ Enzi, Vera/Scharf, Bernhard: Das Haus im „Grünen Pelz“. In: <https://docplayer.org/34478673-Das-haus-im-gruenen-pelz-buerogebaeude-der-ma-48-einsiedlergasse-2-1050-wien.html> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 5

⁹¹ Enzi, Vera/Scharf, Bernhard: Das Haus im „Grünen Pelz“. In: <https://docplayer.org/34478673-Das-haus-im-gruenen-pelz-buerogebaeude-der-ma-48-einsiedlergasse-2-1050-wien.html> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 3

Die Auswirkungen der Begrünung auf das Mikroklima wurden von der BOKU gemessen und untersucht. Durch die immergrüne Begrünung und den Substrataufbau der Tröge wird die Dämmwirkung der Fassade in der Heizperiode erhöht. Die Wärmeverluste können dadurch um bis zu 50% reduziert werden, was die Heizlasten erheblich verringert.

Aber auch im Sommer ermöglicht die Bepflanzung eine Minderung der Kühllasten. Durch die Verdunstung von Wasser erzielt das System dabei eine Kühlleistung, die 45 Klimaanlage, die 8 Stunden pro Tag mit einer Leistung von 3000 Watt laufen, entspricht (Kühlleistung von 135kW). Die Pflanzen verdunsten dabei in etwa so viel wie vier Buchen mit einem Alter von 100 Jahren, welche von ihrem Volumen her in etwa so groß wären wie das gesamte Gebäude.

Die mangelnde Begrünung in der Umgebung führt auch dazu, dass sich die Fassaden der benachbarten Gebäude sehr stark erwärmen, was zu dem schon beschriebenen urbanen Hitzeinseleffekt führt. Dabei erreichen die Wände Temperaturen von bis zu 50°C. Die begrünte Fassade des 48er Hauses ist durch Verschattung und Verdunstung um bis zu 15°C kühler als die in der Nachbarschaft.⁹²

Zusätzlich haben die Pflanzen positive Auswirkungen auf das Klima, da sie jedes Jahr in etwa 5600 Kilogramm CO₂ binden. Außerdem wird die Luftqualität erhöht, da Schadstoffe, die auch durch den Verkehr der angrenzenden Straße ausgestoßen werden, an den Blättern gebunden werden und die Luftfeuchtigkeit erhöht wird. Zusätzlich dazu wird der Lärm, der durch die Straße entsteht und die angrenzenden Wohnbereiche stark belastet, durch die Blätter verringert.

Ein weiterer positiver Effekt ist, dass die Langlebigkeit der Fassade erhöht wird, da Schmutz und UV – Strahlung nicht bis zur Bausubstanz durchdringen können und die Pflanzen als wasserführende Schicht agieren und dadurch auch beispielsweise Schlagregen abhalten.⁹³

⁹² Enzi, Vera/Scharf, Bernhard: Das Haus im „Grünen Pelz“. In: <https://docplayer.org/34478673-Das-haus-im-gruenen-pelz-buerogebaeude-der-ma-48-einsiedlergasse-2-1050-wien.html> (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 4

⁹³ Grünfassade der MA 48 feiert 10. Geburtstag. In: <https://presse.wien.gv.at/2020/07/15/gruenfassade-der-ma-48-feiert-10-geburtstag-natuerliche-klimaanlage-schon-das-klima-und-spart-45-klimageraete-pro-jahr-ein> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

Das Projekt gilt als Pilotprojekt in diesem Gebiet und funktioniert mittlerweile schon seit über 10 Jahren ohne gravierendere Eingriffe. Lediglich im Frühling werden die Pflanzen eingekürzt, um ein optimales Wachstum zu ermöglichen. 2019 kam es zwar zu einer Unterversorgung, was zu einer Austrocknung der überirdischen Teile einiger Pflanzen führte. Da die ausgewählten Gewächsorten jedoch sehr trockenheitsresistent sind, konnten sie sich regenerieren beziehungsweise neu austreiben.⁹⁴

6.3. 50 grüne Häuser



Abb. 36: BeRTA Tröge mit Pflanzen

(Quelle: Pitha, Ulrike u.a.: 50 grüne Häuser - Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems. Wien: BMK 2021. In: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2022-48_50-gruene-haeuser.pdf (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 30)



Abb. 37: BeRTA Tröge mit Pflanzen

(Quelle: Pitha, Ulrike u.a.: 50 grüne Häuser - Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems. Wien: BMK 2021. In: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2022-48_50-gruene-haeuser.pdf (letzter Zugriff 18.

Da der Genehmigungsprozess und die Umsetzung von Vertikalbegrünung relativ kompliziert sind, wurde das Partizipationsprojekt „50 grüne Häuser“ ins Leben gerufen. Die Idee dahinter ist, das hohe Begrünungspotential in Wien effizient zu nutzen und eine Umsetzung zu erleichtern. Das Team für das Projekt besteht aus verschiedenen TeilnehmerInnen aus unterschiedlichen Fachdisziplinen.⁹⁵

⁹⁴ Fassadenbegrünung MA48 kaputt? Nein! In: <https://hausderlandschaft.org/fassadenbegruenung-ma48-kaputt-nein/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

⁹⁵ 50 grüne Häuser. In: <https://gruenstattgrau.at/projekt/50-gruene-haeuser/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

6. Praxisbeispiele

Um eine effiziente Realisierung der Begrünung zu ermöglichen, wurde ein Modul, das BeRTA – Modul, für troggebundene Fassadenbegrünung entwickelt, mit dem

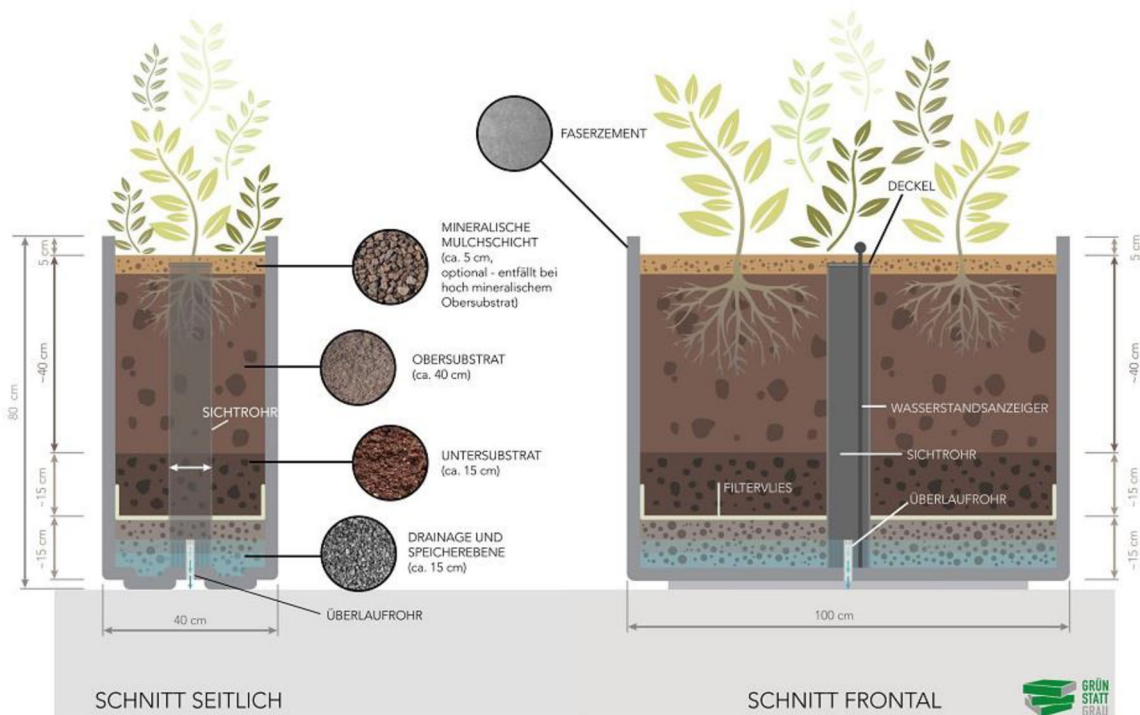


Abb. 38: Aufbau eines BeRTA Troges

(Quelle: Pitha, Ulrike u.a.: 50 grüne Häuser - Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems. Wien: BMK 2021. In: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2022-48_50-gruene-haeuser.pdf (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 28)

eine Begrünung der Erdgeschosszone erreicht werden kann. Das Modul sollte unter anderem kostengünstig und nicht pflegeintensiv sein. Das Gefäß für den Wurzelraum hat ein Fassungsvermögen von etwa 300 Litern und kann auf dem Gehsteig vor der Fassade abgestellt werden. Dieses beinhaltet Mulchschicht, Vegetationsschicht, ein Filterfließ und eine Drainageebene. Es ist so ausgelegt, dass viele verschiedene Pflanzen mit unterschiedlichen Anforderungen an Wasser, Substrat und Nährstoffe in dem gleichen Gefäß untergebracht werden können und der Trog dadurch bei vielen verschiedenen Standorten installiert werden kann.⁹⁶

Außerdem ist in einem BeRTA – Modul noch eine Kletterhilfe vorhanden. Dafür gibt es, je nach den Anforderungen, die die verwendeten Pflanzen benötigen, eine Auswahl aus verschiedenen Möglichkeiten, unter anderem Seile, Netze oder Gitter.

⁹⁶ Pitha, Ulrike u.a.: 50 grüne Häuser - Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems. Wien: BMK 2021. In: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2022-48_50-gruene-haeuser.pdf (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 25ff

Es gibt auch die Möglichkeit eine mobile Rankhilfe zu verwenden, damit das System bei Bedarf umgestellt werden kann. Falls es die Fassade erlaubt, können auch Selbstklimmer eingesetzt werden, hier ist keine Rankhilfe erforderlich.⁹⁷

Da der Genehmigungsprozess für Fassadenbegrünung sehr kompliziert ist, wurde auch eine Lösung entwickelt, wie das Modul in möglichst kurzer Zeit, einfach an vielen verschiedenen Standorten genehmigt und aufgestellt werden kann. Die Lösung dafür ist ein Einreichwebtool, welches aus drei Stufen besteht. Damit kann einfach das richtige BeRTA - System für das zu begrünende Gebäude zusammengestellt werden (Pflanzenauswahl für den Standort, Kletterhilfe, usw.).

Außerdem vereinfacht das Webtool beispielsweise die Genehmigung der Begrünung, die Erhebung des Einverständnisses der EigentümerInnen mit dem Projekt oder die Koordination zwischen den verschiedenen Institutionen, die bei dem Projekt und dem Genehmigungsverfahren beteiligt sind. Da die Tröge auf dem Gehsteig vor der Fassade platziert werden, ist es außerdem wichtig, dass die erforderliche Gehsteigbreite nicht unterschritten wird.

Die ersten 50 Prototypen waren zudem kostenfrei, daher auch der Name 50 grüne Häuser. InteressentInnen konnten sich dafür online 2019 bewerben, wobei es dabei über 700 Anfragen gab.⁹⁸

Nebenbei wurde ein Monitoring betrieben, um die Auswirkungen, die die Begrünung auf das Gebäude hat, zu ermitteln und die Ergebnisse für die Öffentlichkeit verfügbar zu machen. Dies trägt zur Aufklärung bei und dient beispielsweise BauherrInnen als Entscheidungshilfe bezüglich Integration von Fassadenbegrünung in ihre Projekte.⁹⁹

Beim Monitoring wurde unter anderem die Entwicklung der Pflanzen, Schäden an den Pflanzen beziehungsweise den Modulen oder die Pflege betrachtet. Weiters

⁹⁷ BeRTA. In: <https://gruenstattgrau.at/produkt/berta/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

⁹⁸ Pitha, Ulrike u.a.: 50 grüne Häuser - Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems. Wien: BMK 2021. In: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2022-48_50-gruene-haeuser.pdf (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 8f

⁹⁹ 50 grüne Häuser. In: <https://gruenstattgrau.at/projekt/50-gruene-haeuser/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

6. Praxisbeispiele

wurde der Nährstoffgehalt in den Behältern und der Wasserbedarf der Pflanzen untersucht, um die Düngerabgabe beziehungsweise die Bewässerungssysteme zu optimieren.

Weiters wurde aus dem Projekt ein Businessmodell entwickelt, welches auch in anderen Städten angewandt werden kann und somit an vielen Standorten für grüne Fassaden sorgen kann.¹⁰⁰

¹⁰⁰ Pitha, Ulrike u.a.: 50 grüne Häuser - Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems. Wien: BMK 2021. In: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2022-48_50-gruene-haeuser.pdf (letzter Zugriff 18. 06. 2023). S. 21

7. Schlussbetrachtungen und Ausblick

Aktuell ist noch eher wenig Vertikalbegrünung im städtischen Raum zu finden, was aber auch den Grund hat, dass das Thema gerade erst im Kommen ist. In Zukunft ist davon auszugehen, dass es zu einer vermehrten Umsetzung von Fassadenbegrünung bei Neubauten und bei Sanierungen kommen wird. Das Interesse an Begrünung im städtischen Raum ist allgemein zunehmend und Vertikalbegrünung bietet eine gute Möglichkeit diese platzsparend in die Stadt zu integrieren.

Durch den Klimawandel und den urbanen Hitzeinseleffekt werden die Temperaturen, vor allem in den Städten stark ansteigen. Beispielsweise rechnet der französische Wetterdienst Météo France mit bis zu 90 Tropennächten (Nächte mit Temperaturen über 20 °C).¹⁰¹ Zudem ist damit zu rechnen, dass es vermehrt zu Extremwetterereignissen, wie zum Beispiel Starkregenereignissen kommen wird, welche aufgrund eines Mangels an Versickerungsmöglichkeiten zu Überlastungen des Kanalsystems und zu Überschwemmungen führen wird. Wie im Kapitel Gebäudeoptimierung beschrieben wurde, kann Fassadenbegrünung helfen, diese negativen Auswirkungen zu mindern, da sie teilweise zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes beiträgt. Dies passiert unter anderem durch die Minderung von Heiz- und Kühllasten oder eine Verlängerung der Lebenszeit der Bauteile. Zusätzlich wird durch Fassadenbegrünung der Pflanzenanteil in der Stadt erhöht, was dazu führt, dass die Luftqualität verbessert wird und die Luft abgekühlt wird. Weiters bieten mehr Pflanzen auch einen besseren Regenwasserrückhalt und mindern damit auch die Auswirkungen von Starkregenereignissen.

Damit es bei vielen Projekten tatsächlich zur Umsetzung von Fassadenbegrünung kommt, ist es jedoch erforderlich, dass besser über das Thema aufgeklärt wird und sich BauherrInnen und InvestorInnen über die Potentiale der Begrünungssysteme bewusst sind. Weiters ist es wichtig, dass weiter Forschung bezüglich Vertikalbegrünung betrieben wird und Normen und Regelungen dazu verfasst

¹⁰¹ Brändle, Stefan: Vier Grad mehr – Paris bereitet sich auf die schleichende Katastrophe vor. In: <https://www.derstandard.at/story/3000000030812/vier-grad-mehr--vorbereitung-auf-schleichende-katastrophe> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

7. Schlussbetrachtungen

werden. Beispielsweise gibt es seit 1.4.2021 eine eigene Norm, die sich mit dem Thema Fassadenbegrünung beschäftigt.¹⁰² Außerdem ist es wichtig, dass genügend Fachpersonal vorhanden ist, um BauherInnen und InvestorInnen zu beraten.

Die Entwicklung in den letzten Jahren geht in eine positive Richtung, da die Akzeptanz für Vertikalbegrünung gestiegen ist und es immer mehr Ansätze dazu gibt, die die Umsetzung zu erleichtern. Die Stadt Wien erhöhte unter anderem auch die Förderungen für Begrünungsprojekte, um dem urbanen Hitzeinseleffekt in Wien entgegenzuwirken. Die Beträge liegen hier seit 2019 bei 5.200 Euro pro Projekt.¹⁰³ Außerdem will die Stadt Wien die Umsetzung von Fassadenbegrünung in den Rahmen einer Novellierung der Bauordnung erleichtern. In Zukunft dürfen die Rankhilfen die Baufluchtlinien bis zu 20 Zentimeter überragen. Weiters soll die Bewilligungspflicht für Rankgerüste in den drei unteren Geschossen aufgehoben werden und für darüber liegende Stockwerke nur noch anzeige-, aber nicht bewilligungspflichtig sein.¹⁰⁴

Generell bieten 37% der Städte in Deutschland Förderungen zur Umsetzung von Fassadenbegrünung an. Die Höhe der Unterstützungen variieren stark und liegt in etwa zwischen 10 und 80 Euro pro Quadratmeter und für gesamte Projekte zwischen 250 und 100.000 Euro.¹⁰⁵ Weiters werden immer mehr Institutionen gegründet, die es sich zum Ziel gesetzt haben über die positiven Auswirkungen von Fassadenbegrünung aufzuklären und das Thema zu verbreiten, wie zum Beispiel „Grün statt Grau“.¹⁰⁶

¹⁰² Neue Norm für Fassadenbegrünung. In: <https://gruenstattgrau.at/neue-norm-fuer-fassadenbegruenung/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

¹⁰³ 1,5 Millionen Euro Förderung für begrünte Häuser. In: <https://www.wien.gv.at/umwelt/coolswien/foerderungen.html#:~:text=An%20PI%C3%A4tzen%2C%20an%20denen%20keine,5.200%20Euro%20pro%20Projekt%20erh%C3%B6ht> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

¹⁰⁴ Putschögl, Martin: Wiener Novelle: Grüne Fassaden, weniger Stellplätze, weniger Airbnb. In: <https://www.derstandard.at/story/3000000175770/wiener-novelle-gruene-fassaden-weniger-stellplaetze-weniger-airbnb?ref=article> (letzter Zugriff 24. 06. 2023)

¹⁰⁵ Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023. S. 23

¹⁰⁶ Mugli. In: <https://gruenstattgrau.at/mugli/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

Quellenverzeichnis

Gedruckte Publikationen:

- Cardelús, Cayetano: Grüne Architektur. Modernes und nachhaltiges Bauen. 1. Auflage. Kerkdriel: Librero IBP 2019
- Pfoser, Nicole: Grüne Fassaden. 1. Auflage. München: DETAIL Business Informationen GmbH 2023
- Pfoser, Nicole: Vertikale Begrünung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2018

Internetquellen:

- 1,5 Millionen Euro Förderung für begrünte Häuser. In: <https://www.wien.gv.at/umwelt/cooleswien/foerderungen.html#:~:text=An%20PI%C3%A4tzen%2C%20an%20denen%20keine,5.200%20Euro%20pro%20Projekt%20erh%C3%B6ht> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- 50 grüne Häuser. In: <https://gruenstattgrau.at/projekt/50-gruene-haeuser/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Berger, Ramona: Begrünte Fassaden im Trend: Das innovative Skyflor System. In: <https://deavita.com/wohnen/architektur/begrunte-fassaden-system-skyflor.html> (Letzter Zugriff 05. 07. 2023)
- BeRTA. In: <https://gruenstattgrau.at/produkt/berta/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Brändle, Stefan: Vier Grad mehr – Paris bereitet sich auf die schleichende Katastrophe vor. In: <https://www.derstandard.at/story/3000000030812/vier-grad-mehr--vorbereitung-auf-schleichende-katastrophe> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Brune, Miriam/Bender, Steffen/Groth, Markus: Gebäudebegrünung und Klimawandel. Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung. Hamburg: Climate Service Center Germany 2017. In: <https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report30.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

- Dettmar, Jörg/Pfoser, Nicole/Sieber, Sandra: Gutachten Fassadenbegrünung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2019. In:
https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegrueung.pdf (letzter Zugriff: 18. 06. 2023)
- Enzi, Vera/Scharf, Bernhard: Das Haus im „Grünen Pelz“. In:
<https://docplayer.org/34478673-Das-haus-im-gruenen-pelz-buerogebaeude-der-ma-48-einsiedlergasse-2-1050-wien.html> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Fassadenbegrünung MA48 kaputt? Nein! In:
<https://hausderlandschaft.org/fassadenbegruenung-ma48-kaputt-nein/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Fassaden- & Vertikalbegrünung. Internationale & nationale best – practise – Beispiele. Wien: MA19 2019. In:
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/e000037.pdf> (letzter Zugriff 19. 06. 2023)
- Grünfassade der MA 48 feiert 10. Geburtstag. In:
<https://presse.wien.gv.at/2020/07/15/gruenfassade-der-ma-48-feiert-10-geburtstag-natuerliche-klimaanlage-schon-das-klima-und-spart-45-klimageraete-pro-jahr-ein> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Hancvencl, Georg: Fassadengebundene Vertikalbegrünung. Wien: Universität für Bodenkultur Wien. Masterarbeit 09.2013. In:
https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=10671&property_id=107 (letzter Zugriff 24. 06. 2023)
- IKEA wien westbahnhof. In: <https://www.querkraft.at/projekte/ikea-city-center> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- IKEA Wien Westbahnhof. In: <https://www.green4cities.com/ikea-de/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- IKEA Wien Westbahnhof/ 1150 Wien. In:
<https://gruenstattgrau.at/projekt/ikea-wien-westbahnhof-1150-wien/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

- Koutni, Jenni: Können begrünte Fassaden wirklich überhitzte Städte retten? In: <https://faktundfaktor.at/begrunte-fassaden/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Kraus, Florian, u.a.: Wien: Leitfaden für Fassadenbegrünung. Hrsg. MA22 2019. In: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/content/thumbview/3560539> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Leeb, Franziska: IKEA Wien – Westbahnhof. In: <https://www.architektur-aktuell.at/projekte/ikea-wien-westbahnhof> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- MA 48. In: <https://gruenstattgrau.at/projekt/ma-48/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Mugli. In: <https://gruenstattgrau.at/mugli/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Münchner Rück: Klimawandel mach Naturkatastrophen extremer. In: <https://www.derstandard.at/story/2000142426145/muenchener-rueck-klimawandel-macht-naturkatastrophen-extremer?ref=article> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Neue Norm für Fassadenbegrünung. In: <https://gruenstattgrau.at/neue-norm-fuer-fassadenbegruenung/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- New IKEA inner-city store rethinks about everything. In: <https://www.ingka.com/news/the-new-inner-city-ikea-store-thats-rethinking-just-about-everything/> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Pfoser, Nicole, u.a.: Gebäude, Begrünung und Energie: Potentiale und Wechselwirkung. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt 2013. In: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (letzter Zugriff 18. 06. 2023)
- Pitha, Ulrike u.a.: 50 grüne Häuser - Entwicklung und Demonstration eines Low-Tech-Grünfassadensystems. Wien: BMK 2021. In: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2022-48_50-gruene-haeuser.pdf (letzter Zugriff 18. 06. 2023)

- Putschögl, Martin: Wiener Novelle: Grüne Fassaden, weniger Stellplätze, weniger Airbnb. In:
<https://www.derstandard.at/story/3000000175770/wiener-novelle-gruene-fassaden-weniger-stellplaetze-weniger-airbnb?ref=article> (letzter Zugriff 24. 06. 2023)
- Reincke, Britt: Gebäudeoptimierung zur Klimaanpassung – Möglichkeiten und Grenzen von Fassadenbegrünung. Hamburg: Hafencity Universität Hamburg. Bachelorthesis 16.08.2017. In: https://repos.hcu-hamburg.de/bitstream/hcu/135/1/Reincke_Britt.pdf (letzter Zugriff 24. 06. 2023)
- Reinwald, Florian, u.a.: Green up your City. Grundlagenstudie zur Fassaden- und Dachbegrünung im geförderten Wohnbau in Wien. Wien: Universität für Bodenkultur 2019. In:
<https://www.wohnbauforschung.at/index.php?inc=download&id=5911>
(letzter Zugriff 18. 06. 2023)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Direktbegrünung mit Selbstklimmern	3
Abb. 2: Direktbegrünung mit Selbstklimmern	3
Abb. 3: Bodengebundene Begrünung mit Gerüstkletterpflanzen.....	4
Abb. 4: Bodengebundene Begrünung mit Gerüstkletterpflanzen.....	4
Abb. 5: Konstruktion von Gerüstkletterpflanzen bei gedämmtem Aufbau mit massiver Außenschale	6
Abb. 6: Konstruktion von Gerüstkletterpflanzen bei gedämmtem Aufbau	6
Abb. 7: Konstruktion von Gerüstkletterpflanzen bei ungedämmter Massivwand....	6
Abb. 8: Troggebundene Begrünung	7
Abb. 9: Troggebundene Begrünung	7
Abb. 10: Troggebundene Begrünung	7
Abb. 11: Konstruktion von troggebundener Begrünung bei transparenter Wärmedämmung.....	8
Abb. 12: Konstruktion von troggebundener Begrünung bei Metallskelettbauweise	8
Abb. 13: Modulare Bauweise.....	8
Abb. 14: Modulare Bauweise.....	8
Abb. 15: Konstruktion von modularen Systemen bei Metallskelettbauweise	9
Abb. 16: Konstruktion von modularen Systemen bei ungedämmter Massivwand ..	9
Abb. 17: Skyflor Fassadensystem	10
Abb. 18: Flächige Bauweise	10
Abb. 19: Flächige Bauweise	10
Abb. 20: Konstruktion von flächiger Bauweise bei ungedämmter Massivwand....	11
Abb. 21: Konstruktion von flächiger Bauweise bei Metallskelettbauweise.....	11
Abb. 22: Konstruktion von flächiger Bauweise bei gedämmtem Aufbau	11
Abb. 23: Mischformen	12
Abb. 24: Mischformen	12
Abb. 25: Konstruktion von Mischformen bei Metallskelettbauweise	12
Abb. 26: Konstruktion von Mischformen bei ungedämmter Massivwand	12
Abb. 27: Gebäudeoptimierungsaspekte durch Fassadenbegrünung.....	19
Abb. 28: 1. Dämmwirkung durch lineare Wandbegrünung, 2. Dämmwirkung durch bodengebundene Gerüstkletterpflanzen	20
Abb. 29: Verschattung durch bodengebundene Gerüstkletterpflanzen	32
Abb. 30: Verschattung durch wandgebundene modulare Systeme	32
Abb. 31: Verschattungsverhalten von Begrünung bei Fensterflächen im Sommer/Winter	35
Abb. 32: IKEA Wien Westbahnhof.....	36

Abb. 33: IKEA Wien Westbahnhof.....	36
Abb. 34: MA48 Gebäude	38
Abb. 35: Tröge zur Begrünung des MA48 Gebäudes.....	38
Abb. 36: BeRTA Tröge mit Pflanzen.....	41
Abb. 37: BeRTA Tröge mit Pflanzen.....	41
Abb. 38: Aufbau eines BeRTA Troges.....	42