

Master's Thesis

Greening of facades, roofs and open spaces – Planning manual based on international prestige projects

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Begrünung von Fassaden, Dächern und Freiräumen – Planungshandbuch auf Grundlage von internationalen Prestigeprojekten

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer
Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Lina Schnitter

Matr.Nr.: 11929281

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Azra Korjenic**

Dipl.-Ing. Dr.techn. **Jutta Hollands**

Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie
Forschungsbereich Ökologische Bautechnologien
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/E207-03, A-1040 Wien

Wien, im Mai 2022

Kurzfassung

Sowohl Fassaden-, Dach- und an ein Gebäude angrenzende Freiraumbegrünungen haben hinsichtlich klimatischer, biologischer und gestalterischer Gesichtspunkte eine positive Auswirkung auf die direkte Umgebung eines Gebäudes. Vor allem in stark bebauten urbanen Gebieten stellen grüne Flächen einen wichtigen Ausgleich zu versiegelten Oberflächen dar, indem ein Stück Natur zurück in die Stadt gebracht wird. Dies äußert sich unter anderem durch eine Abflachung von Temperaturspitzen, eine natürliche Regenwasserregulation und die Förderung der Biodiversität. Ebenfalls sind bauphysikalische Vorteile durch Gebäudebegrünungen zu verzeichnen, wie etwa ein Dämmeffekt. In dieser Arbeit werden verschiedene Prestigeprojekte, hauptsächlich aus dem DACH-Raum, vorgestellt und hinsichtlich ihrer Ziele und positiven Auswirkungen analysiert. Der Fokus liegt dabei vor allem auf den baulichen Merkmalen der Projekte und wie diese in Zusammenhang mit den ausgewählten Begrünungssystemen stehen. Technischen Zeichnungen stellen die Aufbauten und Anbringungen der grünen Konstruktionen an der Gebäudeoberfläche detailliert dar.

Das Ziel dieser Arbeit ist das Formulieren von Planungsgrundlagen, die einen Planer oder Bauherrn bei der Entscheidung für ein Begrünungssystem unterstützen. Dieser Leitfaden umfasst Fassaden- und Dachbegrünungen sowie eine Begrünung von Innenhöfen und Außenflächen, die ein Gebäude umgeben. Betrachtet und differenziert wird dabei zwischen der Planung einer Begrünung im Rahmen eines Neubauprojekts und der nachträglichen Begrünung eines Bestandsgebäudes. Dies ist notwendig, da ein Bestandsgebäude bauliche Voraussetzungen mitbringt, welche die Auswahlmöglichkeiten für ein System wesentlich einschränken. Bei einem Neubauprojekt hingegen kann die Begrünung in einer frühen Planungsphase miteingebunden werden, was eine freiere Gestaltung der Begrünungslösungen ermöglicht.

Die Vorgangsweise für den Entwurf des Leitfadens beginnt mit dem Herausfiltern und Zusammenfassen von Entscheidungskriterien, wozu einerseits das Begrünungsziel zählt und andererseits Standortkriterien sowie bautechnische, ökonomische und gestalterische Kriterien. Grafiken zur Pflanzenauswahl schlagen zudem potenzielle Pflanzenarten je nach Begrünungssystem aus den analysierten Prestigeprojekten vor. Für die Systemauswahl im Rahmen eines Neubauprojekts liegt ein multikriterielles Entscheidungsproblem vor, welches mit der Methode der Zielgewichtung gelöst wird. Eine maßgebende Rolle spielen dabei die Begrünungsziele bzw. ökonomischen und gestalterischen Wünsche des Bauherrn. Die Systemauswahl bei einem Bestandsgebäude wiederum wird maßgebend beeinflusst durch den Standort und die unveränderlichen baulichen Merkmale. Die Entscheidungsfindung wird in diesem Fall auf mehreren Ebenen mithilfe von angefertigten Tabellen zur Systemdifferenzierung gelöst.

Deutlich wird, dass die Auswahl und Ausführung eines Begrünungssystems von zahlreichen Faktoren abhängen. Die in dieser Arbeit enthaltenen Beispielprojekte spiegeln nicht ausreichend Informationen wider, um einen allgemeingültigen Planungsleitfaden zu verfassen. Außerdem bedarf es weiterer Forschung in Hinsicht auf ökologische, ökonomische, bauphysikalische und umweltmedizinische Auswirkungen der unterschiedlichen Systeme. Das in dieser Arbeit entwickelte multikriterielle System bildet jedoch ein wichtiges Fundament zur Entscheidungsfindung für die richtige Gebäudebegrünung. Diese Basis kann in Zukunft erweitert werden durch neue Erkenntnisse in der Forschung sowie durch Daten aus unterschiedlichen Fachbereichen und Quellen.

Abstract

Green facades, roofs and open spaces adjacent to a building have a positive effect on the immediate surroundings of a building in terms of climatic, biological and design aspects. Especially in densely built-up urban areas, green spaces represent an important compensation to sealed surfaces by bringing a piece of nature back into the city. This manifests itself, among other things, through a flattening of temperature peaks, natural rainwater regulation and the promotion of biodiversity. There are also advantages to green buildings in regards to building physics, such as an insulating effect. In this work, various prestige projects, mainly from the DACH region, are presented and analysed regarding their objectives and positive effects. The focus is mainly on the structural features of the projects and how these are related to the selected greening systems. Technical drawings show in detail the construction and application of the green constructions on the surface of the buildings.

The aim of this work is to formulate planning guidelines that will assist a designer or builder in deciding on a green system. This guideline includes facade and roof greening as well as greening of patios and outdoor areas surrounding a building. A distinction is made between the planning of greening in the context of a new building project and the subsequent greening of an existing building. This is necessary because an existing building has structural preconditions that significantly limit the options for selecting a system. In a new construction project, on the other hand, the greening can be included in an early planning phase, which allows a freer design of the greening solutions.

The procedure for drafting the guide begins with filtering out and summarising decision-making criteria, which include the greening objective on the one hand and location criteria as well as structural, economic and design criteria on the other. In addition, graphics for plant selection suggest potential plant species from the analysed prestige projects, depending on the greening system. For the system selection in the context of a new building project, a multi-criteria decision problem exists, which is solved with the method of target weighting. The greening goals and the economic and design wishes of the client play a decisive role. The choice of system for an existing building, on the other hand, is decisively influenced by the location and the unchangeable structural characteristics. In this case, the decision-making process is solved on several levels with the help of prepared tables for system differentiation.

It becomes clear that the selection and implementation of a greening system depends on numerous factors. The example projects included in this work do not reflect sufficient information to compile a generally valid planning guide. In addition, further research is needed on the ecological, economic and physical effects of the different systems. However, the multicriteria system developed in this work forms an important foundation for making decisions about the proper greening of buildings. This basis can be extended in the future by new discoveries in research as well as by data from different disciplines and sources.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Begrünung im Hochbau.....	3
2.1	Varianten von Begrünungssystemen	3
2.1.1	Fassadenbegrünung	3
2.1.2	Dachbegrünung	7
2.1.3	Freiraum-/ Innenhofbegrünung	8
2.2	Effekt auf Gebäudeebene	9
2.2.1	Temperaturregulation	9
2.2.2	Lärmschutz.....	9
2.2.3	Schonung der Gebäudeoberfläche	9
2.2.4	Entstehung von Erholungsflächen	10
2.3	Effekt für die Umgebung.....	10
2.3.1	Beitrag zur Verbesserung des Mikroklimas.....	10
2.3.2	Regenwasserregulation	11
2.3.3	Bindung von Feinstaub	11
2.3.4	Verringerung der umgebenden Lärmbelastung	11
2.3.5	Erhaltung der Artenvielfalt.....	12
2.3.6	Gestalterische Anerkennung	12
3	Projekte Fassadenbegrünung	13
3.1	Werkstätten und Kulturhaus WUK Wien	13
3.2	U1 Schacht Favoritenstraße Wien.....	15
3.3	Stadthaus M1 Freiburg	17
3.4	Institutsgebäude PTH St. Georgen Frankfurt	20
3.5	Garden Tower Wabern.....	22
3.6	Stückli Einkaufszentrum Basel.....	25
3.7	Kö-Bogen II Düsseldorf	29
3.8	Wienerberg D1 - MyHive Wien.....	32
3.9	McArthurGlen Ashford Designer Outlet Kent.....	35
3.10	M2 Metro Station Lausanne-Flon	39
3.11	Peter-Lamar-Platz Dillingen	42
3.12	Verwaltungsgebäude Osterrath Bad Laasphe.....	46
3.13	Zusammenfassung Fassadenbegrünung	49
4	Projekte Dachbegrünung.....	52
4.1	Wohngebäude Favoritenstraße Wien	52
4.2	SOLON Headquarter Berlin.....	56
4.3	Stückli Einkaufszentrum Basel.....	59
4.4	California Academy of Sciences San Francisco.....	63
4.5	Residenz Central Park Prag.....	68

4.6	M2 Metro Station Lausanne-Flon	71
4.7	Institutsgebäude PTH St. Georgen Frankfurt	73
4.8	Biodiversitätsdach Kindergarten Ried Koblach	75
4.9	Zusammenfassung Dachbegrünung	79
5	Projekte Freiraumbegrünung	83
5.1	Innenhof Favoritenstraße Wien	83
5.2	Innenhof Schubertgasse Wien	85
5.3	Innenhof Brestelgasse Wien	88
5.4	Innenhof Goltzstraße Berlin	90
5.5	SOLON Headquarter Berlin	92
5.6	ASI Reisen Natters	94
5.7	Betriebsgelände Clean Water Services Beaverton	96
5.8	Zusammenfassung Freiraumbegrünung	99
6	Planungsgrundlagen	101
6.1	Entscheidungskriterien	101
6.1.1	Begrünungsziel	101
6.1.2	Standortkriterien	102
6.1.3	Bautechnische Kriterien	102
6.1.4	Ökonomische Kriterien	102
6.1.5	Gestalterische Kriterien	103
6.2	Merkmale der analysierten Begrünungssysteme	103
6.2.1	Standort und bautechnische Merkmale	103
6.2.2	Ökonomische Merkmale	105
6.2.3	Gestalterische Merkmale	106
6.3	Merkmale & bauliche Anforderungen der analysierten Begrünungssysteme	108
6.4	Pflanzenauswahl	111
6.5	Planungsleitfaden für Gebäudebegrünung	113
6.5.1	Systemauswahl aufgrund des Begrünungsziels	113
6.5.2	Systemauswahl aufgrund Standort- und bautechnischer Kriterien	114
6.5.3	Kombination von Begrünungsarten	116
6.5.4	Systemauswahl Neubau	117
6.5.5	Systemauswahl Bestand	120
7	Fazit und Ausblick	123
	Literaturverzeichnis	125
	Abbildungsverzeichnis	131
	Tabellenverzeichnis	134

1 Einleitung

Der Klimaschutz ist aufgrund kritisch steigender Werte ein sehr aktuelles Thema und zählt zu den politischen Schwerpunkten der Europäischen Union (EU). Bei der Klimakonferenz in Paris wurde im Jahr 2015 festgelegt, dass „die globale Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius und möglichst unter 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau“, d.h. 1850 bis 1900, zu beschränken ist [1]. Eine Erwärmung um 2 Grad Celsius bedeutet bereits deutlich stärker ausgeprägte Folgen für Artensterben, Extremwetter, die menschliche Gesundheit und den Anstieg der Meeresspiegel. Jeder Zehntelgrad macht einen Unterschied und verschlimmert die Folgen, die für alle Menschen, Tiere und für die Natur auf jedem Kontinent und in den Ozeanen zu spüren sind. [2]

Die jährlichen weltweiten Temperaturabweichungen seit 1900 sind in Abb. 1 dargestellt. Die Nulllinie ist der Durchschnittswert aller Temperaturen im Zeitraum zwischen den Jahren 1901 und 2000. Deutlich wird, dass die globale Mitteltemperatur in den vergangenen Jahren bereits auf fast einen Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau gestiegen ist und die Temperatur ohne konsequente Maßnahmen weiterhin stark ansteigen wird. [3]

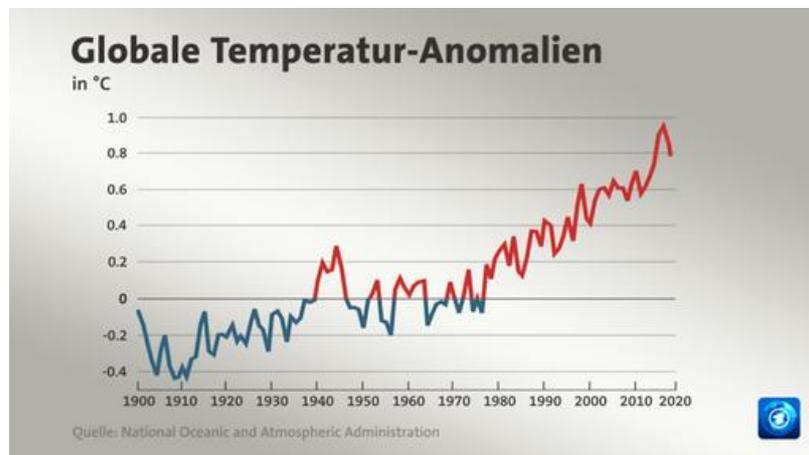


Abb. 1: Globale Temperaturanomalien © tagesschau [3]

Zur globalen Erwärmung kommt hinzu, dass die Temperaturen in städtischen Gebieten höher sind als in der ländlichen Umgebung. Dieser sogenannte Urban Heat Island Effekt wird erzeugt durch die Versiegelung der Städte und die dadurch verhinderte Speicherung und Verdunstung von Regenwasser. Versiegelte Oberflächen speichern Wärme und kühlen nur langsam hinunter, was Temperaturspitzen erzeugt.

Im Dezember 2019 wurden die Ziele der Klimaneutralität für die EU bekannt gegeben, die bis 2050 eine Vermeidung von Treibhausgasemissionen nach bester Möglichkeit vorsieht. Für den Ausgleich der Restemissionen wird auf besonders nachhaltige Wälder und Böden gesetzt, die die Treibhausgase aus der Atmosphäre entfernen sollen. [1]

Die World Health Organization (WHO) legte eine empfohlene Grenze von maximal fünf Mikrogramm pro Kubikmeter für die Konzentration von Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer (PM 2,5) fest. Dieser Grenzwert konnte im Jahr 2021 von keinem eigenständigen Land eingehalten werden. Die Stadt Wien lag mit einem Wert von 11,8 Mikrogramm pro Kubikmeter etwa um das Zwei- bis Dreifache über dem empfohlenen Wert. [4]

Zu den steigenden Temperaturen und den zu hohen Feinstaubwerten kommt hinzu, dass die Städte in Europa immer weiter wachsen durch eine steigende Urbanisierung. Im Jahr 2020 lebten 74,9 % der europäischen Bevölkerung in Städten. Nach einer Prognose des UN Department of Economic and Social Affairs werden im Jahr 2050 rund 83,7 % der Gesamtbevölkerung Europas in Städten leben. [5]

Temperaturspitzen im Sommer und hohe Feinstaubwerte verursachen gesundheitliche Beeinträchtigungen und können sogar zum Tod führen. Aufgrund von durch den Klimawandel bedingten häufiger auftretenden Hitzeperioden waren in Deutschland im Jahr 2019 rund 47 % mehr hitzebedingte Todesfälle, im Vergleich zur Referenzperiode von 2000 bis 2005, zu verzeichnen [6]. Die Lebensqualität in Städten wird deutlich eingeschränkt. Grünflächen können beiden Problematiken entgegenwirken, indem sie durch einen kühlenden Effekt das Mikroklima verbessern und die Luftqualität durch Feinstaubbindung steigern.

Durch das zunehmende Verdichten und Ausweiten von urbanen Gebieten werden immer mehr natürliche Grünflächen versiegelt und verbaut. Eine Begrünung von Fassaden und Dächern ermöglicht das Schaffen von bepflanzten Flächen inmitten bebauter Viertel, ohne dass Grundflächen dafür freigehalten werden müssen. Ein Großteil der Altbauten in Wien verfügt über Innenhöfe, bei denen Potential zur Schaffung von begrünten Aufenthaltsflächen besteht. Dieses Potential bieten ebenfalls Freiflächen, die an ein Gebäude angrenzen.

Bisher gibt es in den Städten zu wenig Umsetzungen von Gebäudebegrünungen. Das liegt unter anderem daran, dass es wenig PlanerInnen gibt, die sich mit dem Thema auskennen und wissen, welche Begrünungsmöglichkeiten es gibt, welches System für die spezifischen Gegebenheiten passend ist und was für die Umsetzung erforderlich ist. Die Herausforderung liegt dabei vor allem in der Querschnittsmaterie zwischen Landschaftsarchitektur, Vegetationstechnik, Bauingenieurwesen und Architektur. Viele der bisher umgesetzten Projekte sind Prestigeprojekte, aus denen es herauszufiltern gilt, welche Erkenntnisse aus diesen Umsetzungen für zukünftige Begrünungsprojekte hilfreich sind.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen Planungsleitfaden für die Begrünung von Fassaden, Dächern und Freiräumen zu erstellen, die einem Planer oder Bauherrn bei der Entscheidung für eine Begrünungsart unterstützt sowie Möglichkeiten zur Ausführung des gewählten Systems vorschlägt. Dabei wird sowohl die Planung einer Begrünung für Neubauprojekte als auch für Bestandsgebäude begleitet. Basiert werden die Ausarbeitungen auf unterschiedlichen bereits ausgeführten Prestigeprojekten. Mithilfe dieses Leitfadens können auch Privatpersonen, die über ein Eigentum verfügen, anhand ihrer Ziele und Wünsche sowie baulicher Gegebenheiten ihres Eigentums ein für sie geeignetes Begrünungssystem wählen und planen.

2 Begrünung im Hochbau

2.1 Varianten von Begrünungssystemen

Bei der Planung von Begrünungsmaßnahmen an einem Gebäude bieten sich die verschiedensten Möglichkeiten einer Umsetzung an. Grundsätzlich ist dabei einzuteilen, an welcher Stelle des Projektes sich die Begrünung befindet. Dabei wird unterschieden zwischen der Fassaden- und der Dachbegrünung. Zusätzlich wird in dieser Arbeit die Freiraum- sowie auch die Innenhofbegrünung als an das Gebäude direkt angrenzender Bereich betrachtet. In den folgenden Kapiteln sind die verschiedenen Varianten der Begrünungssysteme beschrieben.

2.1.1 Fassadenbegrünung

Die erste europäische Norm zur Fassadenbegrünung erschien im April 2021. Es handelt sich um die ÖNORM L1136, welche Anforderungen an Planung, Ausführung, Pflege und Kontrolle von Vertikalbegrünungen im Außenraum enthält. Die Kategorisierung der Vertikalbegrünungen ist darin wie folgt definiert:

- Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Selbstklimmern
- Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Rankhilfen und Kletterpflanzen
- Troggebundene Vertikalbegrünung
- Wandgebundene Vertikalbegrünung mit teilflächigen Vegetationsträgern
- Wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern

Diese Kategorien weichen von jenen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) ab, welche im Jahr 2018 Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen veröffentlichten. In dieser Arbeit wird die Kategorisierung nach FLL übernommen. Demnach wird die Fassadenbegrünung allgemein in bodengebundene Begrünung, wandgebundene Begrünung und in Mischformen dieser zwei Arten eingeteilt. In Abb. 2 ist die Kategorisierung der Fassadenbegrünungssysteme dargestellt. [7]

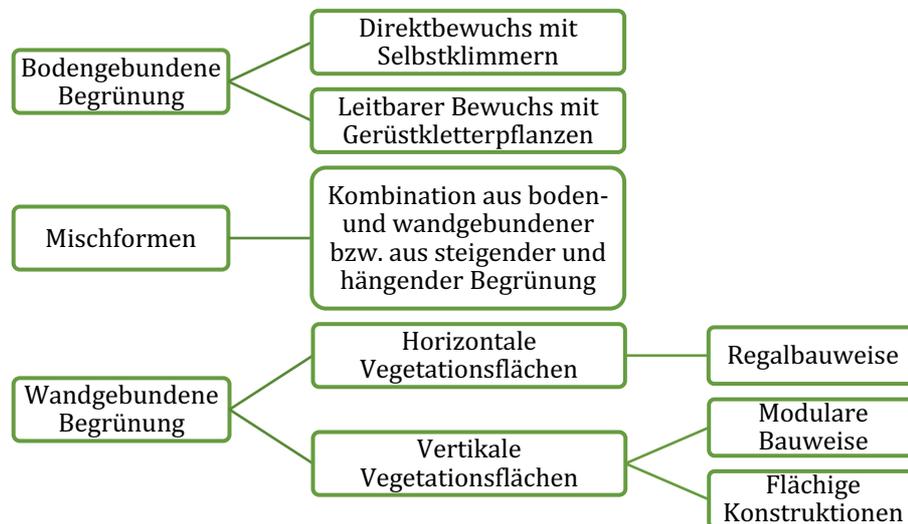


Abb. 2: Kategorisierung von Fassadenbegrünung, eigene Darstellung [7, p. 10]

2.1.1.1 Bodengebundene Begrünung

Die bodengebundene Begrünung kann nach FLL eingeteilt werden in Selbstklimmer, welche ohne Kletterhilfe direkt an der Fassade wachsen und in Gerüstkletterpflanzen, die zum Wachsen eine Kletterhilfe benötigen. Aufgrund der direkten Bepflanzung im Erdreich können die Pflanzen dem Boden Nährstoffe und Wasser auf natürliche Weise entnehmen.

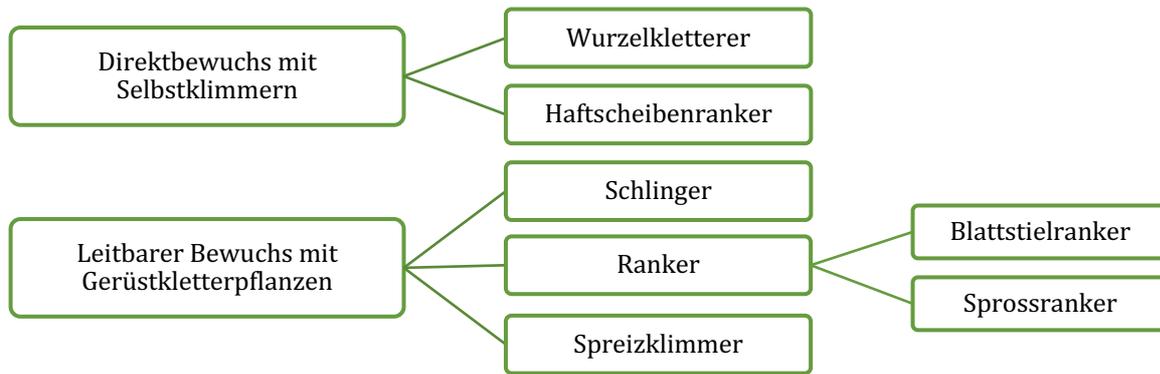


Abb. 3: Kategorisierung von bodengebundener Begrünung, eigene Darstellung [7, p. 54]

Selbstklimmer, oder auch Freikletterer genannt, haben spezielle Haftorgane ausgebildet, die es ihnen ermöglicht, sich ohne unterstützende Systeme unmittelbar an einer Fassade festzuhalten. *Wurzelkletterer* verwenden ihre Haftwurzeln, die über feine Wurzelhaare verfügen und sich auf der lichtabgewandten Seite bilden, um sich in kleinen Poren und Unebenheiten an die Fassade zu klammern [7, p. 56]. Ein Beispiel für einen Wurzelkletterer ist der Gemeine Efeu. Er ist eine beliebte Wahl zur vertikalen, flächigen Begrünung und wird schon seit Jahrhunderten verwendet. In Abb. 4 sind die Haftwurzeln eines Efeus abgebildet.



Abb. 4: Haftwurzeln des Efeus an einer Kiefer © Wilhelm Zimmerling PAR [8]

Bei dieser Pflanzenwahl ist jedoch Achtung geboten, vor allem, wenn die Oberfläche der Fassade rissig ist. Die Haftwurzeln wachsen in die Risse hinein und ziehen den Stamm der Pflanze mit sich, welcher immer massiver wird und die Risse ausweitet. Somit wird die Fassade Stück für Stück geschädigt. Unbeschädigte Fassaden beeinträchtigt ein Wurzelkletterer jedoch nicht – er verursacht von selbst keine Risse an der Oberfläche. [9]

Einen anderen Haftmechanismus verwenden die *Haftscheibenranker*. Sie bilden kleine Haftscheiben bzw. Haftfüße aus, welche sich durch Abgabe eines Haftsekrets auch an etwas glatteren Oberflächen festhalten können [7, p. 56]. Am häufigsten findet der Wilde Wein Anwendung bei der Ausführung einer Fassadenbegrünung mit Haftscheibenrankern. Dieser färbt sich im Herbst orange bis rot und wächst im Vergleich zu den Wurzelkletterern nicht in Oberflächenrisse hinein. In Abb. 5 sind Haftscheibenranker an einer Mauer bzw. einer Putzfassade abgebildet. Auf dem rechten Foto ist außerdem zu erkennen, dass die Haftscheiben von abgestorbenen Pflanzen an der Fassade verbleiben und nur schwer zu entfernen sind.



Abb. 5: links: Haftscheibenranker an einer Mauer und rechts: Lebendige und abgestorbene Haftscheiben an einer Putzfassade

Die zweite Kategorie der Gerüstkletterpflanzen kann weitergehend unterteilt werden in Schlinger, Blattstielranker, Sprossranker sowie Spreizklimmer, siehe Abb. 3.

Die sogenannten *Schlinger* winden sich schraubenförmig um die vertikale Kletterhilfe nach oben. Es gibt sowohl Schlingerarten, die sich rechtsherum winden als auch welche, die sich linksherum winden. Einige Arten verfügen sogar über feine Kletterhaare am Spross, mit denen sie sich besser am Gerüst festhalten können. Ein Beispiel für so einen Schlinger ist der Chinesische Strahlengriffel (*Actinidia Chinensis*) oder auch Kiwi genannt. [7, p. 54] Die wohl bekanntesten Beispiele für Schlinger sind der Blauregen und das Geißblatt. [10] In Abb. 6 ist eine Schlingpflanze dargestellt, die sich um einen Zaun windet.

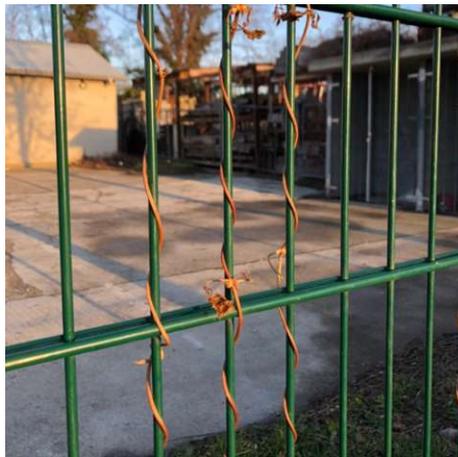


Abb. 6: Schlinger um einen Doppelstabmattenzaun

Geeignete Klettersysteme für Schlinger sind entweder Seil- und Rohrkonstruktionen oder Stäbe [11, p. 24]. Es sollte darauf geachtet werden, dass ein Abstand zwischen Kletterhilfe und der Fassade von mindestens 10 cm eingehalten wird, damit die Pflanze die Konstruktion ungehindert umkreisen kann [7, p. 54].

Ranker haben sehr berührungsempfindliche Befestigungsorgane, welche in kreisenden Bewegungen wachsen und sich bei Anstoßen an die Kletterhilfe um diese wickeln. Geeignete Klettersysteme sind gitterförmige Konstruktionen mit filigranen Stäben bzw. Seilen, damit Ranker diese umwickeln können. Sie entwickeln keine dicken Stämme, aber trocken nach geringer Zeit aus und verholzen. Daher ist eine regelmäßige Entfernung der vertrockneten Ranken erforderlich. [7, p. 55], [12]

Blattstielranker umwickeln die Rankhilfe mit ihren Blattstielen, während *Sprossranker* an ihren Seitensprossen abzweigende Halteorgane entwickeln und sich mit diesen festklammern. Zu

den Blattstielrankern zählen verschiedene Waldreben-Arten und die Ufer-Rebe ist ein US-amerikanisches Beispiel für einen Sprossranker (siehe Abb. 7).



Abb. 7: links: Blattstielranker Waldrebe (Clematis) © Jürgen Eppel, LWG Veitshöchheim [13] und rechts: Sprossranker Ufer-Rebe © Manfred Brusten [14]

Spreizklimmer wachsen nicht, wie die bereits erwähnten Kletterpflanzen, nur in vertikale Richtung, sondern breiten sich vor allem auch horizontal aus. Mit ihren Trieben stützen sie sich auf der Kletterhilfe oder durchdringen diese, wobei häufig vorhandene Stacheln, Dornen oder Borstenhaare beim Ankrallen helfen. Als Kletterhilfe eignen sich horizontal ausgerichtete Gitter in rechteckiger oder V-Form. [7, pp. 55–56]

Beispielhafte Pflanzensorten für Spreizklimmer sind Kletterrosen, wie in Abb. 8 dargestellt, oder Brombeeren.



Abb. 8: Spreizklimmer Kletterrose © Mein schöner Garten/Manuela Göhner [15]

2.1.1.2 Wandgebundene Begrünung

Der bodengebundenen Fassadenbegrünung ist die wandgebundene Begrünung gegenüberzustellen. Diese ist vollkommen vom Boden getrennt und bringt die Pflanzen in Gefäßen oder Pflanzsystemen direkt an der Fassade oder vor dieser unter. Die wandgebundene Begrünung kann nach FLL eingeteilt werden in horizontale und vertikale Vegetationsflächen. [7, p. 100]

Horizontale Vegetationsflächen zeichnen sich durch eine *Regalbauweise* aus, bei der Einzelgefäße oder Liniengefäße vor der Fassade positioniert werden. Eine mögliche Bepflanzung kann sich zusammensetzen aus Stauden, Kleingehölzen, Knollen- und Zwiebelpflanzen oder bedingt auch Kletterpflanzen, für die entsprechend eine Kletterhilfe angebracht werden muss. [7, p. 102]

Vertikale Vegetationsflächen können entweder als modulare Bauweise ausgeführt werden oder als flächige Konstruktion. Im Regelfall wachsen die Pflanzen bei dieser Konstruktion in die horizontale Ebene, praktisch von der Wand weg, wobei es auch Systeme gibt, bei denen die Sub-

stratbehälter etwas schräg angeordnet werden. Üblicherweise verwendete Pflanzen sind Stauden, Kleingehölze, Moose und bedingt Kletterpflanzen [7, p. 102].

Modulare Systeme sind meist quadratische Kassettensysteme mit einer Fläche zwischen 0,5 und 1,5 m², welche beliebig auf eine Unterkonstruktion vor der Fassade angeordnet und montiert werden können. Ein Vorteil der Module ist, dass diese bei Bedarf einfach ausgetauscht werden können und somit einen Erscheinungswchsel und die Begutachtung der dahinter liegenden Fassade vereinfachen. [7, pp. 105–106]

Mithilfe von *flächigen Konstruktionen* lassen sich gesamte Fassaden verhältnismäßig einfach vollflächig begrünen. Direkt an die Fassade oder auf eine Unterkonstruktion wird eine Trägerplatte montiert, vor die entweder nur ein Textil angeordnet wird oder eine Textil-Substrat-Kombination. Diese flächigen Systeme verfügen über einen wenig starken Aufbau und sind dementsprechend vergleichsweise leicht. [7, pp. 107–108]

2.1.1.3 Mischformen

Bei vielen Projekten wird sich sowohl der bodengebundenen als auch der wandgebundenen Begrünung bedient. Diese Kombination ermöglicht es, die Vorteile von beiden Systemen zu vereinen. Bei hohen Gebäuden können beispielsweise in den unteren Geschossen bodengebundene Kletterpflanzen verwendet werden, um einen Zugang zu den Nährstoffen und zum Wasser im Erdreich zu ermöglichen, während in den oberen Etagen ein wandgebundenes Begrünungssystem gewählt wird. Ebenso kann eine Mischform auch aus steigender und hängender Begrünung bestehen.

2.1.2 Dachbegrünung

Die Einteilung der Dachbegrünung orientiert sich prinzipiell an dem Erhaltungsaufwand der angeordneten Bepflanzung und dementsprechend an der Pflanzenwahl. Damit einhergehend fließt auch die Stärke des Substrataufbaus in die Kategorisierung mit hinein. Da eine Dachbegrünung meist aus diversen verschiedenen Pflanzenarten besteht, ist der Übergang dieser Kategorien fließend.

In dieser Arbeit wird die Einteilung nach der FLL in drei Begrünungsarten übernommen:

- Intensivbegrünung
- Einfache Intensivbegrünung
- Extensivbegrünung [16, p. 11]

Eine *intensive* Dachbegrünung erfordert eine intensive Pflege, eine regelmäßige Wasser- und Nährstoffzugabe und einen vergleichsweise stärkeren, anspruchsvollen Schichtaufbau. Typisch vorzufindende Pflanzen sind Stauden, Gräser, Blumenzwiebeln, Sommerblumen, Gehölze, Rasenflächen oder auch vereinzelt Bäume. Eine Intensivbegrünung soll im Regelfall genutzt werden und ist in seiner Vielfalt vergleichbar mit bodengebundenen Begrünungsflächen. [16, p. 11] In Abb. 9 ist ein typischer Dachgarten mit intensiver Begrünung dargestellt.



Abb. 9: Intensiv begrünter Dachgarten © GRÜNSTATTGRAU [17]

Einfache Intensivbegrünungen erfordern eine etwas geringere Pflege, Wasser- und Nährstoffzugabe und einen weniger starken Schichtaufbau als bei der Intensivbegrünung. Gewöhnliche Pflanzenarten sind Gräser, Stauden und Gehölze. [16, p. 11]

Eine *Extensivbegrünung* soll möglichst ohne Bewässerungssysteme und Pflege auskommen. Daher werden lediglich Pflanzen ausgewählt, die keine hohen Ansprüche erheben. Dazu gehören Moose, Sukkulenten, Kräuter und Gräser. Es können ebenfalls Zwiebel- und Knollenpflanzen hinzugefügt werden. Genannte Pflanzen sind fähig, längere Trockenperioden zu überstehen und benötigen nur eine geringe Substrathöhe. [16, p. 12] In Abb. 10 ist ein extensiv begrüntes Dach abgebildet.



Abb. 10: Extensive Dachbegrünung © Lamiot [18]

2.1.3 Freiraum-/ Innenhofbegrünung

Die dritte Begrünungsform, die in dieser Arbeit betrachtet wird, ist die Begrünung von Freiräumen und Innenhöfen, die direkt an ein Gebäude anschließen. In innerstädtischen, dicht bebauten Gebieten sind begrünte Freiflächen eine wertvolle Seltenheit. Der Gestaltung sind im Gegensatz zu Fassaden- und Dachbegrünungen kaum Grenzen gesetzt aufgrund eines natürlichen Untergrunds.

Die Landschaftsarchitektur beschäftigt sich mit Aufenthalts- und Lebensqualität im Außenraum, Naturschutz und Förderung der biologischen Vielfalt. Es gibt eine Reihe an Gestaltungsmöglichkeiten, um Freiräume und Innenhöfe zu einem erholsamen Aufenthaltsort auszuarbeiten. Dazu gehören neben bodengebundenen Begrünungen auch Topfpflanzen, Teiche, Brunnen, Terrassen, Spielplätze und vieles mehr. Zwei Beispiele von Freiraumbegrünung sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.



Abb. 11: links: Freiraumbegrünung © hochC Landschaftsarchitekten und rechts: Innenhofbegrünung

2.2 Effekt auf Gebäudeebene

Ein Gebäude zu begrünen, schafft bereits auf Gebäudeebene wesentliche Vorteile für die NutzerInnen bzw. EigentümerInnen des Bauwerkes und ebenso für die Erhaltung des Gebäudes an sich. Um diesen Nutzen generieren zu können, ist eine Mindestgröße an Begrünung erforderlich und je nach System können die Effekte unterschiedlich ausgeprägt sein. Im Folgenden werden die bauphysikalischen und ökonomischen Vorzüge auf Gebäudeebene zusammengefasst.

2.2.1 Temperaturregulation

Sowohl eine Fassaden- als auch eine Dachbegrünung bewirkt einen thermischen Effekt für das Gebäude, indem sie im Winter eine Dämmfunktion übernimmt und im Sommer durch Verschattung, Verdunstung und ebenfalls durch Dämmung eine Kühlung bezweckt. Beide dieser Effekte ermöglichen die Einsparung von Heiz- und Kühlenergie und der dadurch verursachten Kosten.

Die Dämmfunktion im Winter geht vor allem durch die Substratschicht hervor und kann durch immergrüne Pflanzenarten noch verstärkt werden. Dabei spielt vor allem die Substratstärke und die Bewuchsdichte eine wichtige Rolle. Ein begrüntes Dach mit einer Aufbauhöhe von 10-15 cm kann gegenüber einer vergleichbaren Kiesdachkonstruktion einen 3-10 % geringeren Wärmeverlust im Winter ausmachen [19]. [20, p. 22]

Im Sommer bewirkt die Begrünung eine Verschattung der Gebäudeoberfläche und abhängig von der Pflanzenwahl eine mehr oder weniger effektive Verdunstung durch Evapotranspiration. Dieser Kühlungseffekt macht sich im Inneren des Gebäudes deutlich bemerkbar und resultiert in der Einsparung von einem sonst erforderlichen hohen Energieverbrauch einer Klimaanlage. [7, p. 21]

Da Freiraumbegrünungen sich nicht, wie die anderen zwei Varianten, direkt am Gebäude befinden, haben sie einen weniger starken Einfluss auf die Temperaturregulation eines Gebäudes. Vor allem Bäume können jedoch aufgrund ihrer Größe eine Verschattung von Fassaden bewirken und damit die Innenräume im Sommer kühlen.

2.2.2 Lärmschutz

Vor allem im städtischen Bereich mit einer hohen Verkehrsbelastung kann eine Fassadenbegrünung einen positiven Nutzen hinsichtlich des Lärmschutzes hervorrufen. Ebenso wie bei der thermischen Dämmung, begünstigt ein hoher Substrataufbau die akustische Dämmung. Daher ist eine Intensivbegrünung mit dichter Bepflanzung besonders effektiv.

Auch eine Dachbegrünung bringt denselben Effekt mit sich, welcher vor allem im Bereich von Flugschneisen einen Vorteil schafft. Darüber hinaus verbessert der Substrataufbau ebenfalls die Trittschalldämmung bei einer Nutzung des Daches [16, p. 17].

Auf die Schallübertragung von innerhalb des Gebäudes nach außen hat die Begrünung ebenfalls einen positiven Einfluss. Im Freiraum gibt es bereits Umsetzungen von begrüntem Lärmschutzwänden, bei der die Pflanzen den Schallschutzeffekt verstärken [11, p. 8].

2.2.3 Schonung der Gebäudeoberfläche

Begrünte Fassaden und Dächer bieten, durch ihre Anordnung vor der eigentlichen Gebäudeoberfläche, Schutz vor Witterungseinflüssen und vermindern somit Schäden durch Schlagregen, Hagel oder Sturm. Vollflächige Begrünungen schützen das Gebäude vor UV-Strahlen, mechanischen Beschädigungen und ebenso vor chemischen Schadstoffen in der Luft. Die Verminderung von Temperaturschwankungen kann Spannungsrisse verhindern. [21, p. 5]

Vor allem Flachdächer profitieren von dem begrüntem Aufbau, da dieser Windsog abschwächt und außerdem einen Schutz gegen Flugfeuer gewährt. Durch diese positiven Effekte kann die Lebensdauer einer Dachabdichtung um bis zu 20 Jahre verlängert werden. [16, p. 17] [19]

2.2.4 Entstehung von Erholungsflächen

Für die BewohnerInnen oder NutzerInnen eines Gebäudes mit begehbarem begrüntem Dach entsteht eine neue Grünfläche auf dem gleichen Grundstück, welche nach Anforderungen und Anliegen der Zielgruppe gestaltet werden sollte. So kann der durch den Bau generierte Grünflächenverlust kompensiert werden. Bei Hochhäusern kann die neue Nutzfläche eventuell sogar durch eine eindrucksvolle Aussicht aufgewertet werden. [16, p. 16]

In Wien beispielsweise sind 20 % aller Dachflächen Flachdächer und wären somit optimal für eine Begrünung geeignet [21, p. 3]. Um eine Dachbegrünung von Bestandsgebäuden attraktiver zu machen, werden immer mehr Förderprogramme aufgebaut. Für Neubauten gibt es bereits in einigen Städten Vorgaben zur Grünflächenkompensierung.

Bei Altbauten mit Innenhöfen bietet sich eine Hofbegrünung in gleichem Maße an, um Erholungsflächen für BewohnerInnen, SchülerInnen, MitarbeiterInnen oder andere Personengruppen zu schaffen. Ebenso gilt dies für vorhandene Freiflächen, die durch Begrünung aufgewertet werden.

2.3 Effekt für die Umgebung

Neben den Effekten einer Gebäudebegrünung auf Ebene des einzelnen Gebäudes, sollten gerade die Vorteile zur Verbesserung in der Umgebung dazu motivieren, die Planung einer Fassaden-, Dach-, Freiraum- oder Hofbegrünung vorzunehmen. Eine ausreichend dimensionierte Bepflanzung kann unter anderem einen Einfluss auf das direkte Umgebungsklima haben und einen Lebensraum für verschiedenste Tierarten bieten. Grünflächen holen die Natur ein Stück weit in die Stadt zurück.

2.3.1 Beitrag zur Verbesserung des Mikroklimas

In städtischen Gebieten sind ein Großteil der Flächen versiegelt, was enorme Konsequenzen für das Stadtklima hat. In Deutschland hält die Stadt München den Rekord, denn im städtischen Gebiet sind 44 % der Fläche versiegelt [22]. Asphaltierte und betonierte Flächen können Wasser weder speichern noch verdunsten und da in bebauten Gebieten ebenfalls meistens der Windfluss gestört wird, kommt es zum sogenannten Wärmeinseleffekt. Im Vergleich zu ländlichen Gebieten heizen sich Städte im Sommer um bis zu 10 °C mehr auf. In Abb. 12 ist der Wärmeinseleffekt schematisch dargestellt. [23, p. 133]

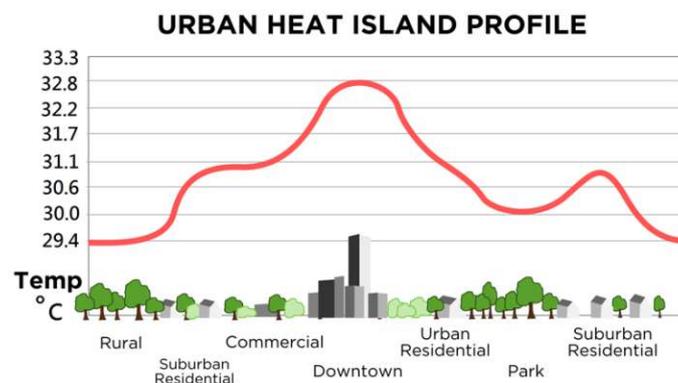


Abb. 12: Wärmeinseleffekt [24]

Um diesem Effekt entgegenzuwirken, ist Gebäudebegrünung eine mögliche Lösung. Wie in Kapitel 2.2.1 erläutert, verschattet eine Grünfläche das Gebäude und erzeugt einen Kühlungseffekt durch ihre Verdunstungsleistung. Dies ist nicht nur im Gebäude bemerkbar, sondern auch in der direkten Umgebung. Die erzeugte erhöhte Luftfeuchtigkeit und Luftkühlung kann bei ausreichendem Ausmaß dem Wärmeinseleffekt entgegenwirken.

2.3.2 Regenwasserregulation

Der bereits erwähnte starke urbane Versiegelungsanteil reduziert die natürlichen Versickerungsflächen auf ein Minimum. Daher kommt es bei Starkregenfällen häufig zu einer Überlastung der Kanalisation. Dachbegrünungen regulieren den Niederschlag durch Rückhaltung von Regenwasser sowie durch Abflussverzögerung. Je stärker der Substrataufbau ausgeführt wird, desto mehr Liter Wasser kann das System aufnehmen. Ein Teil des Wassers wird von den Pflanzen aufgenommen und durch Evaporation und Transpiration wieder in den natürlichen Kreislauf eingebracht. Das überschüssige Wasser, welches den Sättigungsgrad übersteigt, wird erst zeitverzögert abgeleitet und verhindert so eine punktuelle Überlastung des Kanalisationssystems. Darüber hinaus senkt ein verringerter Abflussbeiwert die Niederschlagswassergebühr eines Grundstückes, weshalb die Mieter sogar Kosten sparen können. [16, p. 17] [20, p. 17]

Begrünte horizontale Freiflächen sind die optimale Lösung, können aber im urbanen Raum aufgrund des Fehlens von unbebauten Flächen nur in begrenztem Maße angeordnet werden. Fassadenbegrünungen nehmen ebenfalls Niederschlag auf, haben aber einen vergleichsweise kleineren Einfluss auf das Regenwassermanagement.

2.3.3 Bindung von Feinstaub

In eng bebauten Stadtgebieten leidet die Luftqualität unter einem hohen motorisierten Individualverkehr. Dies wird weiter beeinträchtigt durch einen Mangel an Frischluftschneisen und durch am Straßenrand angeordnete Bäume, die einen Luftaustausch nach oben hin einschränken können. [25, p. 131]

Zu den Straßen orientierte Fassadenbegrünungen können insofern eine Verbesserung für die Luftqualität schaffen, da sie in der Lage sind durch ihre Blätter Feinstaub zu filtern. Am effektivsten binden Intensivbegrünungen und Moose Feinstaub. In einem Jahr können Moose etwa 2,2 kg/m² CO₂ aufnehmen, was die gleiche Wirkung einer ländlichen Intensivbegrünung herbeiführt. Dies rührt daher, dass Moose auch im Winter in gleicher Weise fortbestehen. [25, pp. 131–132]

Eine direkte Sauerstoffproduktion im Stadtgebiet trägt ebenfalls zur Verbesserung der Luftqualität bei.

2.3.4 Verringerung der umgebenden Lärmbelastung

Die Lärmwahrnehmung aus der Umgebung kann durch eine Gebäudebegrünung nicht nur innerhalb des Gebäudes verringert werden, sondern auch im Außenbereich gibt es Abminderungen. Die Schallintensität wird im Allgemeinen über eine Distanz verringert, durch Schallreflexion gestreut und mithilfe von Schallabsorption gedämpft [26, p. 155]. Grünflächen haben einen Einfluss auf letztere zwei Mechanismen. Materialien mit einer hohen Dichte sind dazu fähig, Schall besser zu absorbieren, während raue Oberflächen die Schallreflexion abmindern [23, p. 136].

Der stark dimensionierte Substrataufbau einer intensiven Dachbegrünung wirkt effektiv schallabsorbierend, ebenso ein extensiver Aufbau, wenn auch mit einer etwas geringeren Wirksamkeit. Die weiche, ungleichmäßige Substratoberfläche hält die Schallreflexion zudem gering. Die Schallreduktion, die die Bepflanzung bewirken kann, ist abhängig von der Blätterdichte, der Blattfläche und -dicke und von der Blattstellung. Ein Gründach kann eine Reflexionsschallminderung von 2 bis 12 dB(A) erzeugen sowie zwischen 3 und 46 dB(A) absorbieren. Um einen vorstellbaren Vergleich zu schaffen: ein Minus von 10 dB(A) wird als halb so laut empfunden. [23, p. 137] [26, pp. 155–156]

Eine Fassadenbegrünung in Modularbauweise oder als flächige Konstruktion hat durch ihren durchgehenden Substrataufbau und den dichten Bewuchs gute absorbierende Eigenschaften [26, p. 156]. Durch ihre mögliche Situierung in der vertikalen Ebene direkt an eine Straße angrenzend, kann sie die Lärmerzeugung im Straßenraum gezielt verringern.

2.3.5 Erhaltung der Artenvielfalt

Die Fauna leidet sehr durch den erhöhten Versiegelungsanteil in städtischen Gebieten und das geringe Grünflächenangebot. Die Errichtung von Gebäuden beansprucht eine vorher meist existierende Naturvielfalt, welche der Stadt wieder zurückgegeben werden sollte, um den Tieren einen Ersatzlebensraum und Nahrungslieferanten zu bieten [25, p. 139].

Die Schaffung von begrünbaren Flächen bietet auch der Flora die Möglichkeit sich vollkommen zu entfalten und somit die Biodiversität zu fördern. Sogenannte Biodiversitätsdächer kommen möglichst nahe an das vielfältige Angebot der Natur. Sie bieten durch pflegearme Extensivbegrünung, unterschiedliche Substrathöhen und Bereiche mit Totholz eine ideale Nistmöglichkeit für Insekten, Schmetterlinge und Wildbienen. Diese Tierarten bieten wiederum eine Nahrungsgrundlage für Vögel und Fledermäuse. [21, p. 4]

Auch intensive und herkömmliche extensive Dachbegrünungen sowie die verschiedenen Arten von Fassadenbegrünungen fördern die Artenvielfalt. Besonders wichtig ist es, dass die begrünten Freiräume, Höfe, Fassaden und Dächer einen bestimmten Abstand zwischeneinander nicht überschreiten, um den Biotopverbund sicherzustellen und die sogenannte Trittsteinfunktion zu erfüllen, einen Lebensraum für die Tiere auch in Siedlungsgebieten, zwischen den umliegenden Grünflächen, zu erzeugen. [21, p. 4] [25, p. 123]

2.3.6 Gestalterische Anerkennung

Aus diversen Befragungen geht hervor, dass die Menschen Grünflächen grundsätzlich als Aufwertung des Stadtbildes empfinden. Grünelemente an Gebäuden lassen diese, zwischen eintönigen Fassaden und Kiesdächern, hervorstechen und verleihen eine einzigartige Identität, welche Aufmerksamkeit erregt und den BetrachterInnen im Gedächtnis bleibt. Vor allem Fassadenbegrünungen erzeugen diesen Effekt, da sie von der Straße aus sichtbar sind und einen Akzent setzen. Sie dienen als Gestaltungselemente, welche raumbildend wirken und als beruhigend empfunden werden. [7, p. 20] [11, p. 9]

Aufgrund dieser positiven Wirkung von Gebäudebegrünung, steigt auch der Wert der begrünten Immobilie. Der Wiener Wohnbauträger EBG bezeugt, dass Wohnungen in Gebäuden mit Fassadenbegrünung gefragter sind und schneller vom Markt sind als andere Wohnungen. Die EigentümerInnen oder auch NutzerInnen gewinnen Anerkennung von Mitbürgern, da Gebäudebegrünung für nachhaltiges und verantwortliches Handeln steht. [16, p. 17] [11, p. 10]

Eine Wertsteigerung wird vor allem erzeugt durch das Schaffen von attraktiven Aufenthaltsflächen für BewohnerInnen oder NutzerInnen von Gebäuden. Das Errichten eines Dachgartens oder eines begrünten Innenhofs beispielsweise kann den Wert von Wohnungen deutlich erhöhen und den Einzug attraktiver machen.

3 Projekte Fassadenbegrünung

In diesem Kapitel werden zwölf unterschiedliche Fassadenbegrünungen internationaler Projekte beschrieben und hinsichtlich ihrer Funktion und Wirkung analysiert. Sortiert sind diese nach der in Kapitel 2.1.1 beschriebenen Systemart nach FLL – von bodengebundenen bis wandgebundenen Systemen und deren Mischungen. In der folgenden Tabelle wird noch einmal die Kategorisierung nach FLL und nach der ÖNORM L1136 gegenübergestellt.

Tabelle 1: Kategorisierung von Fassadenbegrünung nach FLL und ÖNORM L1136

FLL (2018)	ÖNORM L1136 (2021)
Bodengebundene Begrünung - Direktbewuchs mit Selbstklimmern - Leitbarer Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen Mischformen - Kombination aus boden- und wandgebundener bzw. aus steigender und hängender Begrünung Wandgebundene Begrünung - Horizontale Vegetationsflächen - Regalbauweise - Vertikale Vegetationsflächen - Modulare Bauweise - Flächige Konstruktionen	- Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Selbstklimmern - Bodengebundene Vertikalbegrünung mit Rankhilfen und Kletterpflanzen - Troggebundene Vertikalbegrünung - Wandgebundene Vertikalbegrünung mit teilflächigen Vegetationsträgern - Wandgebundene Vertikalbegrünung mit vollflächigen Vegetationsträgern

Die örtliche Konzentration dieser Prestigegebäude liegt auf dem DACH-Raum, jedoch wird ebenfalls ein Projekt außerhalb dieser Länder beschrieben. Drei der Fassadenbegrünungen sind in Wien, Österreich zu finden, fünf in Deutschland, drei in der Schweiz und eine befindet sich im Süden von England.

3.1 Werkstätten und Kulturhaus WUK Wien

Standort	Wien, AT
Pflanzung	1950
Fassadentyp	Backsteinmauerwerk
Systemart	Bodengebunden – Selbstklimmer
Begrünungsfläche	2.000 m ²
Ausrichtung	Innenhof – alle Himmelsrichtungen
Pflanzenart	Wilder Wein “Veitchii” (<i>Parthenocissus tricuspidata</i>)
Bewässerung	Keine künstliche
Pflege & Wartung	Rückschnitt 1x jährlich

[9] [11, p. 74]

3.1.1 Objektbeschreibung

Im Innenhof des im Jahre 1855 fertiggestellten Gebäudes in der Währinger Straße 59 in Wien bedecken sieben Exemplare des Wilden Weins die Backsteinfassade. Im Jahr 1981 bezog der Verein zur Schaffung offener Kultur- und Werkstättenhäuser (*WUK*) das denkmalgeschützte Gebäude, nutzt es seitdem als soziokulturelles Zentrum für diverse Veranstaltungen und lockt somit jährlich über 200.000 Menschen in den 9. Wiener Gemeindebezirk. Der 1.090 m² große Innenhof dient als Zugang zum Gebäude sowie als Aufenthalts- und Versammlungsort und ist mit Sitzgelegenheiten und Spielmöglichkeiten ausgestattet. [27][28, p. 124]

Der Wilde Wein ist ein Haftscheibenranker (Kategorisierung siehe Kapitel 2.1.1.1) und somit ein Selbstklimmer, welcher ohne Kletterhilfe an der Fassade wachsen kann. Er wächst an der Süd-, West- und Ostwand des umgebenden Gebäudes sowie an der Nord-, Ost- und Westfassade des im Hof befindlichen Gebäudes mit rechteckiger Grundfläche und bedeckt das Mauerwerk vollflächig bis zum Dach und ist damit bis zu 16 m hoch gewachsen [28, p. 125]. Ein Lageplan des WUK Gebäudes aus dem Geodatenviewer Wien ist in Abb. 13 rechts dargestellt.



Abb. 13: links: Wilder Wein WUK Innenhof © Manfred Werner - Tsui, CC BY-SA 3.0 [29] und rechts: Lageplan WUK (www.wien.gv.at/viennagis/, 28.02.2022)

Im Jahr 2011 wurde O. Univ. Prof. Florin Florineth beauftragt, die Fassadenbegrünung des WUK zu begutachten, um in Erfahrung zu bringen, ob der Veitschii schädlich für die Fassade ist und entfernt werden muss. In diesem Gutachten wird erläutert, dass der Haftscheibenranker seinen Stamm, im Gegensatz zum Wurzelkletterer, nicht in vorhandene Risse in der Fassade hineinzieht und daher keine Beschädigung des Mauerwerks zur Folge hat. An einer Stelle wurde der Wilde Wein zu nah an die Fassade gepflanzt, wodurch die Gefahr bestand, dass die Wurzeln durch den Backstein dringen und Schäden hinterlassen. Dieser Bereich wurde ausgebessert und zum Schutz der Triebe anschließend im Sockelbereich Schutzbeete angelegt (siehe Abb. 14 rechts). [9] [28, p. 125]



Abb. 14: links: Wilder Wein WUK Innenhof im Winter und rechts: Schutzbeet für Veitschii

Der Wilde Wein ist recht pflegeleicht, er muss nicht bewässert werden und nur einmal im Jahr zurückgeschnitten werden. Dies ist notwendig, um Türen und Fenster vom Bewuchs freizuhalten sowie ein übermäßiges Wuchern und ein daraus resultierendes mögliches Lösen der Pflanze von der Fassade, aufgrund des Eigengewichtes, zu verhindern. Da das Laub nach der Rotfärbung im Herbst abfällt, sollte es vom Boden entfernt werden. Bei Bedarf ist es ratsam, gelöste Zweige abzutrennen und stärkere Stämme ab einem Durchmesser von zehn Zentimetern an der Fassade zu befestigen, um Eigenschwingungen zu verringern und den Massenschwerpunkt möglichst nah an der Wandoberfläche zu halten. Auch an den Standort hat der Veitchii keine hohen Anforderungen. Er wächst in schattigen Bereichen genauso gut wie an einem sonnigen Standort. Die Sonneneinstrahlung verleiht dem Wilden Wein lediglich im Herbst eine prächtigere Rot-Orange-Färbung. [9] [11, p. 74]

In den Jahren 2022 und 2023 soll die Fassade saniert werden, wobei die Firma GRÜNSTATTGRAU das Projekt in Hinblick auf die Fassadenbegrünung begleiten wird.

3.1.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Der Wilde Wein befindet sich schon seit ca. 70 Jahren an der Backsteinfassade des WUK und hat die Oberfläche in dieser Zeit bis unter das Dach bedeckt. Die mittlerweile etwa 2.000 m² große begrünte Fläche hat durchaus einen Einfluss auf das Mikroklima und somit eine positive Wirkung auf die Lebensqualität im engen Umkreis.

In seinem Gutachten schreibt Prof. Dr. Florineth, dass die vergleichsweise großen Blätter des Wilden Weins die Verdunstung durch Transpiration fördern, damit die Luftfeuchtigkeit um die Fassade herum erhöhen und Temperaturspitzen im Sommer deutlich spürbar abflachen. Des Weiteren können die Blätter effektiv Feinstaub binden, der sich an den Blättern absetzt, durch den Laubfall im Herbst zu Boden fällt und anschließend im Zuge der Kompostierung abgebaut wird. [9]

Die Backsteinfassade erleidet keinerlei Schäden durch die Begrünung, im Gegenteil, sie wird vor Witterung geschützt und durch Beschattung im Sommer gekühlt. Dies verhindert Spannungen in der Fassade durch Temperaturschwankungen. Eine Entfernung der Pflanzen von der Fassade würde negative Folgen mit sich bringen. Zum einen würden die soeben beschriebenen mikroklimatischen Wirkungen wegfallen und zum anderen würden die Haftscheiben an der Fassade verbleiben. Diese können nur schwer entfernt werden und verschlechtern die Ästhetik des Gebäudes. [9]

3.2 U1 Schacht Favoritenstraße Wien

Standort	Wien, AT
Bauherr	Steinbauer
Pflanzung	1989
Fassadentyp	Sichtbeton
Systemart	Bodengebunden – Selbstklimmer
Ausrichtung	Nord, West und Ost
Pflanzenart	Efeu & Wilder Wein „Veitchii“
Bewässerung	Keine künstliche
Pflege & Wartung	Rückschnitt nach Bedarf

[Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]

3.2.1 Objektbeschreibung

Im Innenhof der Favoritenstraße 50 im 4. Wiener Gemeindebezirk befindet sich ein rund 10 m hoher Schacht der U-Bahnlinie U1, der mittlerweile bis nach oben hin begrünt ist. Im Jahr 1989

wurden der Efeu und Veitchii am Fuße des Schachtes angepflanzt. Es hat rund zehn Jahre gedauert, bis die Selbstklimmer das obere Lüftungsgitter erreicht haben. In Abb. 15 ist zu erkennen, dass sich der schattenliebende Efeu gut behaupten kann und einen Großteil des U1 Schachtes bedeckt. Der Veitchii ist auf den im Winter aufgenommenen Fotos leicht an den laublosen Zweigen zu erkennen. Er ist überwiegend auf der West- und Ostwand des Schachtes in Richtung Süden präsent. [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]



Abb. 15: links: U1 Schacht Favoritenstraße 50 und rechts: Selbstklimmer am U1 Schacht

Die bodengebundenen Selbstklimmer werden nicht künstlich bewässert, sondern wachsen durch die natürliche Aufnahme von Regenwasser aus dem Boden. Erforderlich ist allerdings das regelmäßige Zurückschneiden der Begrünung, denn bei einem zu hohen Eigengewicht ist ein Lösen von der Wand möglich. In der Vergangenheit ist der Efeu des Öfteren in den Lüftungsschacht hineingewachsen und musste anschließend abgeschnitten und hinausgezogen werden. Um ein Hineinwachsen zu verhindern, wurden später rundum das Lüftungsgitter Metallschienen angeordnet. Die BewohnerInnen des Hauses in der Favoritenstraße 50 sind die NutzerInnen des Innenhofes und kümmern sich auch um die Pflege der Vertikalbegrünung. Nach optischer Untersuchung wird entschieden, ob ein Rückschnitt erforderlich ist. [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]

3.2.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Efeu und Veitchii bedecken den U1 Schacht, bis auf die Lüftungsgitter, fast komplett und verdecken somit die graue Sichtbetonoberfläche. Für die BewohnerInnen und NutzerInnen des Gebäudes in der Favoritenstraße 50 verbessert die Begrünung subjektiv die Ästhetik des optisch herausstechenden Turms. Die Kletterpflanzen wurden mit einem Abstand von etwa 20 cm zur Schachtwand gepflanzt und bisher gab es im unterirdischen Bereich keine Probleme mit Zerstörungen der Betonoberfläche durch die Wurzeln. Lediglich das Hineinwachsen in die Lüftungsgitter stellte in der Vergangenheit ein Problem dar, was wie oben beschrieben durch ein Anbringen von Metallschienen gelöst wurde. Für ein Ziehen von Kletterpflanzen in Trögen, würde der Fachbetrieb, der die Begrünung in der Favoritenstraße ausführte, eine Trogrgröße von 100 x 55 x 60 cm (L x B x H) für je zwei Kletterpflanzen empfehlen. [30] [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 10.05.2022]

Darüber hinaus leistet die Schachtbegrünung ihren Beitrag zur Verbesserung des Mikroklimas durch Kühlung und Verdunstungsleistung. Auch der Beitrag zur Feinstaubbindung und CO₂-Reduktion verbessert die Lebensqualität in der direkten Umgebung. Die Fläche der vertikalen

Begrünung ist zwar in Relation klein, doch in Zusammenwirkung mit der Hofbegrünung kann ein spürbar positiver Effekt für die Aufenthaltsqualität erzielt werden.

3.3 Stadthaus M1 Freiburg

Standort	Freiburg, DE
Bauherr	Freiburger Stadtbau GmbH
Architekt	Barkow Leibinger Architekten
Landschaftsarchitekt	Raderschallpartner AG
Fertigstellung	Dezember 2013
Fassadentyp	Stahlbetonskelettbauweise, ausfachende Holzrahmenbauelemente
Systemart	Bodengebunden – Leitbarer Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen (linear)
Begrünungsfläche	1.480 m ²
Ausrichtung	Süd
Pflanzenart	Kletter-/Ramblerrosen, Wilder Wein, Wildreben, Waldreben, Schlingknöterich, Geißblätter, Akebien, Glyzinien
Bewässerung	Automatisch gesteuerte Tropfbewässerung mittels Zeitsteuerung
Pflege & Wartung	Rückschnitt und Nachpflanzung nach Bedarf
Investitionskosten	Pflanzenquartier + Vegetation Hotel: 40.200 € Pflanzenquartier + Vegetation Wohngebäude: 49.000 € Gesamt: 89.200 € → 60 €/m ²

[31][32, p. 50][33]

3.3.1 Objektbeschreibung

Das Stadthaus M1 ist ein straßenbildprägendes 3- bis 5-stöckiges Gebäude mit Mischnutzung am Rande des Freiburger Stadtteils Vauban. Die Nutzung als Wohn- und Hotelgebäude mit Gewerbeflächen im Erdgeschoss erlaubt eine einheitliche Fassadengestaltung und ist daher ideal geeignet für eine vertikale Fassadenbegrünung. Der auf einem ehemaligen Kasernengelände entstandene Stadtteil legt Wert auf Nachhaltigkeit und verpflichtet zur Niedrigenergiebauweise. Das Stadthaus M1, bestehend aus zwei Gebäudeteilen, ist ein Vorreiter für hochwertige Energiestandards und prägt die vorderste Reihe des Stadtteils. [31]

Bereits der Rohbau setzt den Grundbaustein für ein energiesparendes Konzept. Das Stadthaus wurde in Stahlbetonskelettbauweise errichtet und mit Holzelementen ausgefacht. Besonders ausgezeichnet wird das Gebäude durch den linearen Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen vor der Fassade, der die Nachhaltigkeit des Baus widerspiegelt. Da es keine auskragenden Balkone, sondern Loggien gibt, können Edelstahlseile vom Boden bis unter die Traufe gespannt werden, mit Befestigungen zwischendurch an der Fassade. [31]



Abb. 16: Fassadenbegrünung Stadthaus M1 Freiburg © Jakob Rope Systems/Severin Jakob [34]

Vor den Loggien ist der Abstand der Seile etwas weiter als vor den Wänden gewählt, um eine ausreichende Blickmöglichkeit zu ermöglichen (siehe Abb. 17 rechts). Dort beträgt der Abstand zwischen den Seilen 125 cm, während die Seile vor geschlossener Fassade etwa 63 cm voneinander entfernt sind. Der Abstand zwischen Fassade und den Seilen beträgt an allen Stellen 50 cm. An den Kletterseilen hangeln sich vom Boden aus Kletter- bzw. Ramblerrosen, Wilder Wein, Wildreben, Waldreben, Schlingknöterich, Geißblätter sowie Akebien und Glyzinien hoch und überdecken fast die gesamte Fassade. [32, p. 51]



Abb. 17: links: Kletterpflanzen Fassade © Barkow Leibinger, Ina Reinecke [33] und rechts: Bewuchs Bereich Loggien © Jakob Rope Systems/Severin Jakob [34]

In der folgenden Abbildung ist ein technischer Schnitt durch die Fassade mit der Befestigung der Edelstahlseile dargestellt. Auf der linken Seite sind die oberen Geschosse skizziert sowie auf der rechten Seite das Erdgeschoss mit der Anbindung des Edelstahlseils am Boden.

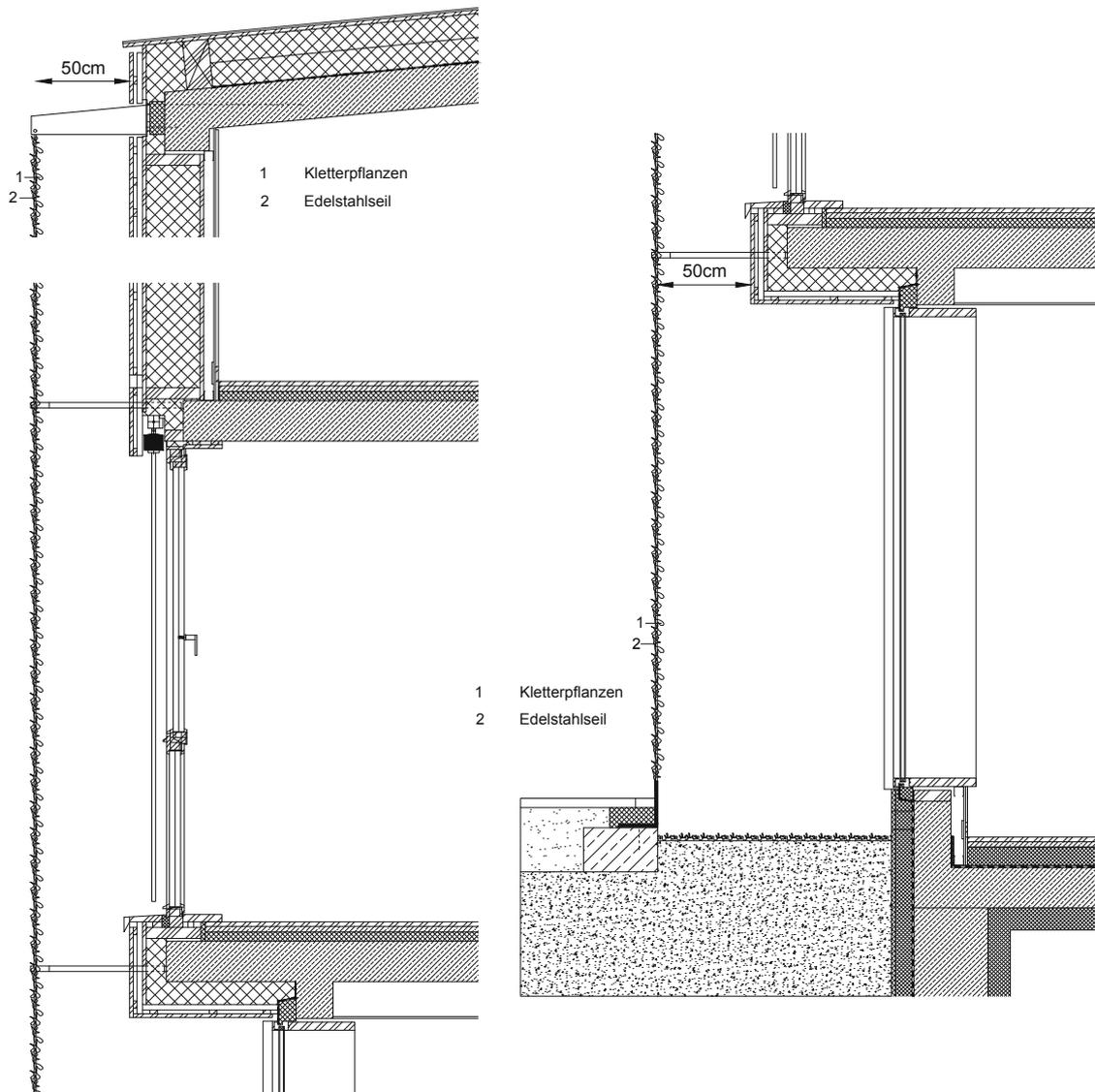


Abb. 18: Begrünung Südfassade Stadthaus M1 – Aufbau, eigene Darstellung © Barkow Leibinger [33]

Im Bodenbereich befindet sich ein automatisch gesteuertes Bewässerungssystem mit Zeitschaltuhr. Der Pflegeaufwand der Kletterpflanzen ist gering, denn es muss nur bei Bedarf geschnitten oder zusätzlich nachgepflanzt werden. [32, p. 51]

3.3.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die die Südfassade bedeckenden Kletterpflanzen unterstreichen einerseits den hohen Energiestandard des Gebäudes, lassen es ästhetisch attraktiver für die Menschen erscheinen und verleihen einen einzigartigen Charakter. Die Befestigung der Edelstahlseile hält die Bepflanzung etwa einen halben Meter von der Fassade entfernt. Dies ermöglicht einen Schutz der Wandoberfläche vor Witterung und UV-Eintrag und beschattet vor allem das Gebäude im Sommer. Resultierend daraus heizen die Innenräume weniger schnell auf und es können Energiekosten für die Klimatisierung eingespart werden. Ebenfalls verlängert sich die Lebensdauer des Gebäudes durch den Schutz der Bausubstanz. Im Winter wiederum sind die Zweige nicht belaubt und lassen daher wertvolles Sonnenlicht auf die Südfassade einwirken. [35]

Auch die in Kapitel 2.3 nachlesbaren ökologischen Vorteile von Fassadenbegrünungen können die 25 verschiedenen Pflanzenarten erfüllen. Sie binden Feinstaub, nehmen CO₂ auf und sondern stattdessen Sauerstoff aus, vermindern die Wirkungen des Straßenlärms durch Schallabsorbie-

lung und eine reduzierte Schallreflexion. Durch Transpiration erhöhen die Pflanzen die Luftfeuchtigkeit und kühlen die Umgebung im mikroklimatischen Bereich. [36]

3.4 Institutsgebäude PTH St. Georgen Frankfurt

Standort	Frankfurt am Main, DE
Bauherr	Philosophisch-Theologische Hochschule St. Georgen e.V.
Architekt	Kissler + Effgen Architekten BDA
Landschaftsarchitekt	BIERBAUM. AICHELE.landschaftsarchitekten
Fertigstellung	Juni 2004
Fassadentyp	WDVS mit vorliegenden Fluchtbalkonen
Systemart	Bodengebunden – Leitbarer Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen (flächig)
Begrünungsfläche	1.856 m ²
Ausrichtung	Alle Himmelsrichtungen
Pflanzenart	Wilder Wein (Parthenocissus quinquefolia)
Bewässerung	Automatische Bewässerung mit Zeitschaltuhr und Regensensor, Regenwassernutzung
Pflege & Wartung	Rückschnitt nach Bedarf, 1x jährlich Gärtner
Investitionskosten	Gesamt ca. 270.000 € → 146 €/m ²

[26, p. 210] [32, p. 54] [37]

3.4.1 Objektbeschreibung

Das Institutsgebäude der PTH St. Georgen befindet sich inmitten eines Parks, der im 19. Jahrhundert, den englischen Landschaftsgärten imitierend, errichtet wurde. Um zwischen dem Neubau und der umgebenden Natur ein Gleichgewicht zu schaffen, ließen sich die Kissler + Effgen Architekten ein Konzept mit flächiger Fassadenbegrünung einfallen. [26, p. 210]



Abb. 19: Eingang Institutsgebäude PTH St. Georgen © Dietmar Strauß Besigheim [32, p. 55]

Die Form des Gebäudes ist einfach gehalten und entspricht einem großen Würfel, der rundum von Fluchtbalkonen umgeben ist. Ebenso um das gesamte Gebäude herum erstreckt sich der Wilde Wein an einem Edelstahlnetz (Maschenbreite ca. 60/135 mm), welches an den Kanten der Balkone befestigt ist (siehe Abb. 20). Die Fassade ist insgesamt etwa 14 m hoch und es hat fast zehn Jahre gedauert, bis die Kletterpflanzen die Dachkante erreicht haben. [PTH St. Georgen, persönliche Kommunikation, 11.05.2022]

Den Brandschutz betreffend wird das Gebäude mit einer Fassadenhöhe von 14 m in die Gebäudeklasse 5 eingestuft. In dieser Klasse muss eine Pflegeordnung erstellt werden. Brandabschnitte dürfen nicht überwachsen werden und der Übergriff von Feuer auf die Dachkonstruktion muss verhindert werden. Zudem müssen die Rankhilfen nicht brennbar sein und mindestens die Brandschutzklasse B1 erfüllen. Ein Brandriegel in jedem Geschoss ist erforderlich oder es muss ein Geschoss ohne Begrünung zwischen zwei begrünten Etagen geben. Nicht erforderlich sind Brandriegel jedoch, wenn der Abstand zu Öffnungen über einen Meter beträgt und eine wirksame Löscharbeit durch die Höhe möglich bleibt. Diese Anforderungen werden bei dem Institutsgebäude der PTH erfüllt. [38]

Wie in Abb. 19 zu erkennen ist, wachsen die Kletterpflanzen mittig nicht zusammen und decken die Glasfassade nicht ab. Der Wilde Wein wächst im freien Untergrund und hat unbegrenzten Wurzelraum, aber dennoch konnte er den mittleren Teil des Gebäudes nicht erreichen. Da dadurch keine Beschattung gegeben ist, wurden die Fensterfronten sowie auch die Glaskuppel auf dem Dach in diesem Jahr mit Sonnenschutzfolien versehen. [PTH St. Georgen, persönliche Kommunikation, 11.05.2022]

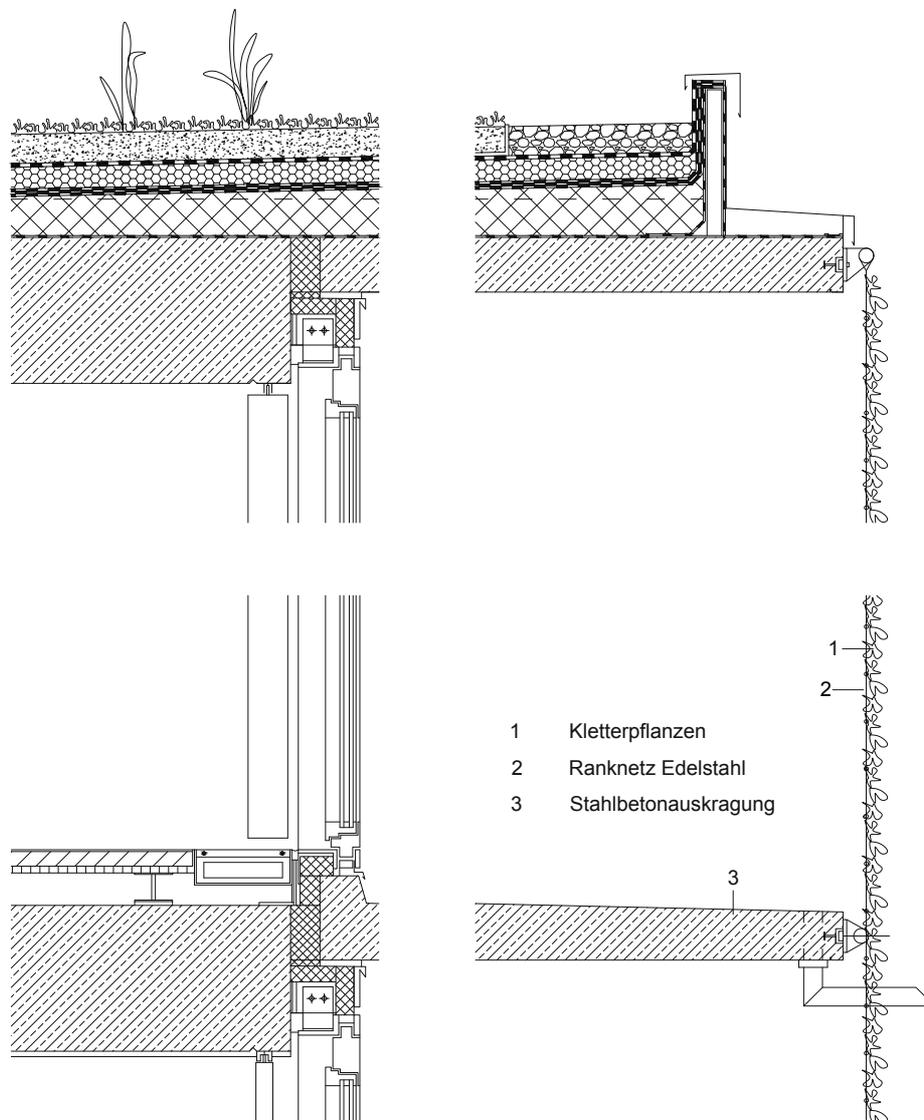


Abb. 20: Fassadenbegrünung PTH St. Georgen – Aufbau, eigene Darstellung © Kissler + Effgen Architekten BDA [26, p. 211]

Die Wasserversorgung der bodengebundenen Kletterpflanzen erfolgt mithilfe einer automatischen Bewässerung mit Zeitschaltuhr und Regensensor. Bewässert wird unter der Verwendung

von gesammeltem Regen- bzw. Dachwasser, welches in einem Wassertank unter dem Park gesammelt wird. Bevor das Wasser für die Bewässerung der Kletterpflanzen wiederverwendet wird, werden Schwebeteile und weitere Feinteile gefiltert. Eine weitere Aufbereitung ist nicht erforderlich. Das Abschneiden von überschüssigen Zweigen erfolgt nach Bedarf, wobei die MitarbeiterInnen des Instituts die Pflege größtenteils selbst übernehmen und einmal jährlich ein Gärtner nachhilft. Die Haustechnikmitarbeiter der PTH fädeln bei Bedarf die Zweige des Wilden Weins in das Gitter ein. Anstehende Fragen zur Fassadenbegrünung werden individuell mit dem zuständigen Landschaftsbauer geregelt. [32] [PTH St. Georgen, persönliche Kommunikation, 11.05.2022]

Um die Zugehörigkeit des Gebäudes zum Park abzurunden, befindet sich auf dem Dach eine extensive Begrünung. Diese wird in Kapitel 4.7 genauer beschrieben.

3.4.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Neben der Aufgabe als Kletterhilfe für den Wilden Wein, erfüllt das Gitternetz ebenfalls die Funktion als Absturzsicherung der umlaufenden Balkone. Eine Vorrichtung zur Verhinderung eines Absturzes war baulich gesehen notwendig und durch den Einsatz eines Gitternetzes konnte ohne zusätzliche Kosten ebenfalls die Funktion als Kletterhilfe erfüllt werden. Der flächendeckende Bewuchs wirft im Sommer Schatten auf die Fenster und Fassade und kühlt damit die Innenräume und den Balkonbereich, was klimatisch und energetisch vorteilhaft ist. Ebenso kann das Wohlbefinden der Personen gesteigert werden, die sich im Schatten der Pflanzen aufhalten. Die Verdunstungsleistung und Feinstaubbindung der Blätter verbessert das Mikroklima. Da der Wilde Wein im Winter seine Blätter verliert, wird der Sonneneintrag in dieser Saison durch das Edelstahlnetz hindurch sichergestellt. [26, p. 210]

3.5 Garden Tower Wabern

Standort	Wabern bei Bern, CH
Bauherr	Widmer Hans Management AG
Architekt	Buchner Bründler Architekten AG
Landschaftsarchitekt	Nipkow Landschaftsarchitektur AG Beglinger & Bryan Landschaftsarchitektur
Fertigstellung	2016
Fassadentyp	Stahlbeton, großer Fensteranteil
Systemart	Mischform- Wandgebunden Regalbauweise, Leitbarer Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen (flächig)
Begrünungsfläche	3.000 m ²
Ausrichtung	Alle Himmelsrichtungen
Pflanzenart	Geißblätter, Wilder Wein, Sonnenhut, Storchschnabel
Bewässerung	Automatische Bewässerung mit Sensoren
Pflege & Wartung	Rückschnitt nach Bedarf durch Eigentümer

[39][40][41] [Nipkow Landschaftsarchitektur AG, persönliche Kommunikation, 02.02.2022]

3.5.1 Objektbeschreibung

Für den Entwurf des Garden Towers in Wabern galt es das Thema „Wohnen mit Aussicht“ zu erfüllen. Daher erfolgte das architektonische Konzept in Anlehnung an die landschaftliche Umgebung. Situier ist das Gebäude im Ort Wabern, angrenzend an die Stadt Bern und in unmittelbarer Nähe zum Hausberg Gurten. In Blickentfernung befinden sich die Berner Alpen, welche die

Architekten dazu inspiriert haben, dem Gebäude die Optik einer begrünten Felswand zu verleihen und es somit optimal in die Umgebung einzubinden (siehe Abb. 21). [42]



Abb. 21: links: Garden Tower Wabern © Michael Blaser/Buchner Bründler Architekten AG [39] und rechts: Gerüstkletterpflanzen Garden Tower © Michael Blaser/Buchner Bründler Architekten AG [39]

Der Wohnraum des Turms erstreckt sich um den Stahlbetonkern herum und schließt mit umgebenden auskragenden Balkonen nach außen ab. Bei Betrachtung des Gebäudes erkennt man die auf- und ablaufenden Stahlbügel, die den Beobachter an eine Felslandschaft erinnern. Von den Balkonplatten bis zu den Bügeln hinauf dienen Metallnetze als Absturzsicherung, die dementsprechend teilweise wie ein Geländer wirken und an anderen Abschnitten die gesamte Geschosshöhe abdecken. [42]

Das Metallnetz dient aber vor allem als Gerüst für die Kletterpflanzen, die das Gebäude ebenfalls von allen Seiten umgeben. Bereits im Zuge des Tragwerkentwurfs wurden die Pflanztröge statisch und geometrisch berücksichtigt. Wie in Abb. 22 zu erkennen ist, sind die Tröge an den Rändern der Balkonplatten integriert. Sie sind etwa 70 cm breit, 55 cm hoch und an der langen Kante zum Netz hin ca. 210 cm lang. Die Maschenbreite beträgt 80/141 mm. Das Metallnetz ist etwa 16 cm vom Trogrand zum Substrat entfernt (siehe Abb. 23).



Abb. 22: Pflanztrög und Metallnetz © Michael Blaser/Buchner Bründler Architekten AG [39]

Abhängig von den Standortansprüchen wurden je nach Himmelsrichtung an den umgebenden Kletterhilfen verschiedene Pflanzenarten verwendet. Im Folgenden sind die final eingesetzten Kletterpflanzen aufgelistet.

Tabelle 2: Pflanzenliste Garden Tower, eigene Darstellung [41] [43]

Nr.	Name	Botanischer Name	Blütezeit	Laub	Standort
1	Immergrünes Geißblatt	Lonicera henryi	Juni – Juli	Immergrün	Sonne bis Schatten
2	Wilder Wein	Parthenocissus quinquefolia	Juli – Aug	Sommergrün Winterrot	Sonne bis Halbschatten
3	Feuer-Geißblatt	Lonicera heckrottii	Juni – Sept	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
4	Leuchtender Sonnenhut	Rudbeckia „Goldsturm“	Juli – Sept	Sommergrün	Sonne
5	Rotblühender Scheinsonnenhut	Echinacea „Magnus“	Juli – Sept	Sommergrün	Sonne
6	Storchschnabel	Geranium „Biokovo“	Juni – Sept	Wintergrün	Sonne

In der folgenden Abbildung ist der Schnitt eines Pflanzentroges, welcher als Betonfertigteile in die auskragende Balkonplatte integriert ist. Ebenfalls skizziert ist die Befestigung des Edelstahlnetzes an der Fertigteilaußenkante mit Funktion als Kletterhilfe und Absturzsicherung.

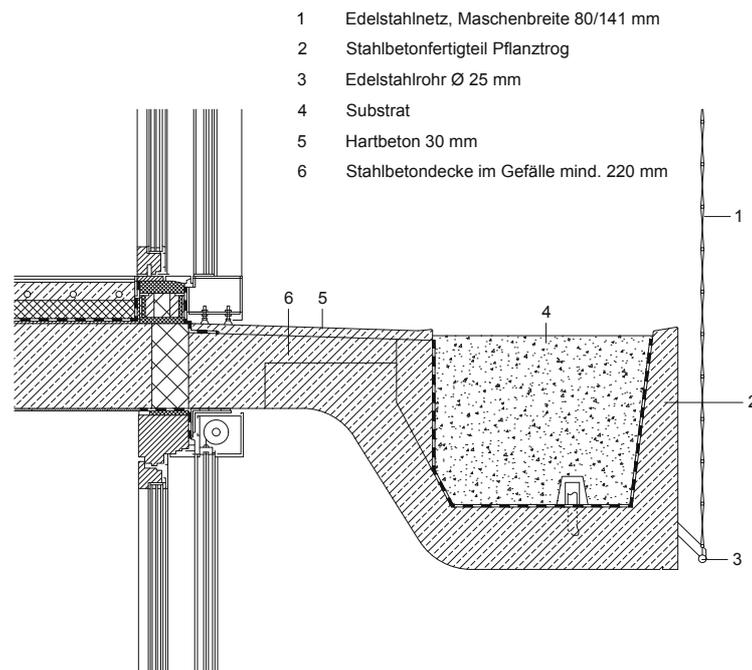


Abb. 23: Fassadenbegrünung Garden Tower – Aufbau, eigene Darstellung © DETAIL Business Information GmbH [44]

Eine integrierte automatische Bewässerungsanlage misst die Feuchtigkeit des Substrats über Sensoren und dosiert das notwendige Wasser in optimalem Ausmaß. Nach starkem Regenfall kann das restliche Wasser über die geschwungenen Brüstungsprofile abtropfen. Die Pflege der Begrünung wird nach Bedarf von den EigentümerInnen der Wohnungen selbst wahrgenommen. Dies wurde durch die Architekten ursprünglich nicht befürwortet. [44] [Nipkow Landschaftsarchitektur AG, persönliche Kommunikation, 02.02.2022]

3.5.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die Fassadenbegrünung des Garden Towers spielt, wie bereits beschrieben, eine wichtige Rolle in der Ästhetik des Gebäudes und hat den Charakter eines Pilotprojektes. Sie soll zudem die Wohnatmosphäre für die Menschen aufwerten und ein Vorbild für Maßnahmen gegen eine Versiegelung der urbanen Gebiete signalisieren. [42] [Nipkow Landschaftsarchitektur AG, persönliche Kommunikation, 02.02.2022]

Genau wie bei den anderen Fassadenbegrünungsprojekten auch, haben die Kletterpflanzen eine ökologische und energetische Funktion und repräsentieren nachhaltiges Bauen. Die Pflanzen verschatten die Balkonbereiche und anschließend die Innenräume des Turms, kühlen die nahe Umgebung durch Verdunstung und verringern somit im Sommer den Energieaufwand für die Klimatisierung der Wohnräume. Bis auf das Immergrüne Geißblatt sind die verwendeten Pflanzen sommergrün, verlieren daher im Winter ihr Laub und lassen Freiraum für wärmende Sonnenstrahlen. [42] [Nipkow Landschaftsarchitektur AG, persönliche Kommunikation, 02.02.2022]

3.6 Stückli Einkaufszentrum Basel

Standort	Basel, CH
Bauherr	Credit Suisse AG Tivona Eta AG
Architekt	Diener & Diener Architekten
Landschaftsarchitekt	Fahrni und Breitenfeld GmbH Vogt Landschaftsarchitekten
Fertigstellung	Dezember 2010
Fassadentyp	Massiv, auskragende Laubengänge
Systemart	Mischform – Bodengebunden & wandgebunden Regalbauweise, Leitbarer Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen (linear)
Begrünungsfläche	700 m ²
Ausrichtung	Süd und West
Pflanzenart	23 verschiedene Gehölzarten und Kletterpflanzen: Geißblatt, Blauregen, Waldrebe, Wilder Wein, Architektentrost, Pfeifenwinde, Trompetenblume
Bewässerung	Automatische Bewässerung mit Zeitschaltuhr und Regensensor
Pflege & Wartung	Schnitt halbjährlich, Entfernen Fremdvegetation nach Bedarf bzw. alle zwei Monate, Hebebühne erforderlich Wartung Bewässerungsanlage halbjährlich
Investitionskosten	Gesamt 675.000 CF exkl. Rankhilfen und MwSt. → 964 CF/m ² , nach Wechselkurs vom 20.05.2022 umgerechnet in Euro: 936 €/m ²

[32, p. 8] [45] [46] [47]

3.6.1 Objektbeschreibung

Das Stückli Gebäude in Basel, mit einer Bruttogeschossfläche von 98.000 m², besteht aus einem zweigeschossigen Einkaufszentrum, einem Hoteltrakt und Büroflächen. Es wurde in Massivbauweise errichtet, erstreckt sich auf bis zu sieben Ebenen und umfasst ferner vier Türme. Situiert ist der Komplex zwischen einem Industrie- und einem Wohnviertel. Um sich in dieses Stadtbild

gut einzugliedern, wurden die zum Industriegebiet gerichteten Fassaden als Putzfassaden ausgestaltet, während die Süd- und Westfassade begrünt der Wohngegend angrenzt. [26, p. 218]

Die Südfassade markiert den Eingangsbereich des Einkaufszentrums. Dort verlaufen auskragende Platten auf drei Ebenen, auf denen lineare Pflanztröge angeordnet sind (siehe Abb. 24 links). An den Kanten der Vorsprünge sind Edelstahlseile befestigt, an denen sich die Gerüstkletterpflanzen in vertikale Richtung nach oben ranken und schlingen können. Ebenfalls sind in den Trögen Gehölze angepflanzt. An der Westfassade des Gebäudes befindet sich lediglich ein auskragender Laubengang mit Stahlgeländer sowie Fluchttreppen. Von der Traufe hin zum Boden spannen sich, rautenförmig überkreuzt, Edelstahlseile über die gesamte Höhe des Einkaufszentrums. Hier gibt es im Vergleich zur Südfassade eine bodengebundene Fassadenbegrünung und zusätzlich ragen Kletterpflanzen über den Dachrand hinaus und wachsen die Seile in vertikaler Richtung nach unten hinunter (siehe Abb. 24 rechts). Die Kletterpflanzen wachsen hier im freien Untergrund. Sie benötigen diesen möglichst uneingeschränkten Wurzelraum, um die gesamte Fassadenhöhe von 15 m zu erreichen. Die Wuchsdauer ist abhängig von der Pflanzenart sehr unterschiedlich. Der Schlingknöterich beispielsweise wächst sehr rasch und erreichte die Dachkante bereits nach drei bis vier Jahren. Andere Pflanzen brauchen dafür deutlich länger. Die Idee, die Westfassade ebenfalls durch Hängepflanzen vom Dach von oben her zu begrünen, hat schlecht funktioniert. Grund dafür ist, dass der Dachrand über einen Meter breit ist und für die Pflanzen nur schwierig zu überwinden ist, da er sich trotz weißer Farbe immer wieder sehr stark erhitzt. [Fahrni und Breitenfeld, persönliche Kommunikation, 11.05.2022]



Abb. 24: links: Südfassade Stüchi Einkaufszentrum © Jakob Rope Systems [26, p. 218] und rechts: Westfassade Stüchi Einkaufszentrum © Jakob Rope Systems [26, p. 219]

Folgend ist ein Revisionsplan der Begrünung des östlichen Teils der Südfassade von Fahrni und Breitenfeld dargestellt sowie die dazugehörige Pflanzenliste. Die Maße der Pflanztröge betragen 300 x 60 x 50 cm und der Abstand der Seile untereinander beträgt ca. 55 cm. [Fahrni und Breitenfeld, persönliche Kommunikation, 11.05.2022]

Südfassade Teil Ost



Abb. 25: Revisionsplan Begrünung Südfassade Teil Ost © Fahrni und Breitenfeld GmbH [48]

In der folgenden Tabelle sind die zum Plan zugehörigen Pflanzen aufgelistet. In den grün markierten Zeilen befinden sich die Pflanzenarten, die nicht notwendigerweise klettern, sondern unter anderem im unteren Bereich in den Trögen wachsen.

Tabelle 3: Pflanzenliste Südfassade Stücker Einkaufszentrum, eigene Darstellung [48] [43]

Nr.	Name	Botanischer Name	Blütezeit	Laub	Standort
1	Efeu „Hestor“	Hedera helix „Hestor“	Sept – Okt	Immergrün	Sonne bis Schatten
2	Großblättriger Irischer Efeu	Hedera hibernica	Sept – Okt	Immergrün	Sonne bis Schatten
3	Efeu „Plattensee“	Hedera helix „Plattensee“	Sept – Okt	Immergrün	Sonne bis Schatten
4	Kaukasus Efeu „Sulphur Heart“	Hedera colchica „Sulphur Heart“	Sept – Okt	Immergrün	Sonne bis Schatten
5	Immergrünes Geißblatt „Copper Beauty“	Lonicera henryi „Copper Beauty“	Juni – Juli	Immergrün	Sonne bis Schatten
6	Schirmbambus	Fargesia robusta	-	Immergrün	Sonne bis Schatten
7	Böschungsmyrthe	Lonicera pileata „Moss Green“ formiert	Mai – Juli	Immergrün	Sonne bis Halbschatten
8	Heckenmyrthe „Maigrün Säule“	Lonicera nitida „Maigrün Säule“	Mai	Immergrün	Sonne bis Schatten
9	Hainbuche „Zylinder“	Carpinus betulus „Zylinder“	April – Mai	Sommergrün	Sonne bis Schatten
10	Japanisches Geißblatt „Halliana“	Lonicera japonica „Halliana“	Juni – Sept	Immergrün	Sonne bis Halbschatten
11	Japanisches Geißblatt	Lonicera japonica chinensis	Juni – Sept	Immergrün	Sonne bis Halbschatten
12	Feuerdorn „Orange Glow“	Pyracantha „Orange Glow“	Mai – Juni	Immergrün	Sonne bis Halbschatten
13	Bartblume	Caryopteris clandonensis	Aug – Sept	Sommergrün	Sonne
14	Wilder Wein „Engelmannii“	Parthenocissus quinq. „Engelmannii“	Juli – Aug	Sommergrün Winterrot	Sonne bis Halbschatten
15	Erbsestrauch „Walker“	Caragana arborescens „Walker“	Mai – Juni	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten

16	Hänge-Forsythie	<i>Forsythia suspensa</i>	März – April	Sommergrün	Sonne
17	Winterjasmin	<i>Jasminum nudiflorum</i>	Dez – März	Winterblüher	Sonne bis Halbschatten
18	Berg-Waldrebe „Mayleen“	<i>Clematis montana</i> „Mayleen“	Mai – Juni	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
19	Fächerblattbaum „Fastigiata Blagon“	<i>Ginkgo biloba</i> „Fastigiata Blagon“	-	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
20	Thunbergs Busch- klee	<i>Lespedeza thunbergii</i>	Aug – Nov	Sommergrün	Sonne
21	Blauregen	<i>Wisteria sinensis</i>	Mai – Juni	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
22	Echter Lavendel	<i>Lavendula angustifolia</i>	Juli – Sept	Immergrün	Sonne
23	Sämlings- Blutbuche	<i>Fagus sylvatica</i> „Atropunicea“	Mai – Juni	Sommergrün	Sonne bis Schatten
24	Bodendeckerrose	<i>Rosa</i>	Juni – Aug	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten

Bei der Pflanzenauswahl achteten die Landschaftsarchitekten darauf, ein sehr breit gefächertes Sortiment zusammenzustellen. Wie in Tabelle 3 zu erkennen ist, sind viele Pflanzen angeordnet worden, die das ganze Jahr über grün sind. Außerdem sind die Blütezeiten in unterschiedlichen Monaten, sodass die Fassade über das gesamte Jahr einen wechselnden Farbverlauf durchlebt. Im Revisionsplan wird ersichtlich, dass für die Pflanzen geeignete Kletterhilfen verwendet werden müssen. Für den Schirmbambus wird beispielsweise ein breit gefächertes Edelstahlgitter mit einem Raster von etwa 55 x 80 cm gewählt.

Die Bewässerung der Pflanzen erfolgt über eine integrierte automatische Bewässerungsanlage mit Zeitschaltuhr und Regensensor. Dem Wasser werden ebenfalls flüssige Nährstoffe beigegeben. Die Bewässerungsanlage muss halbjährlich gewartet werden, im gleichen zeitlichen Abstand erfolgt der Formschnitt der Pflanzen, um das gepflegte Bild des Einkaufszentrums zu bewahren. Bei Bedarf werden bestimmte Bauteile freigeschnitten, Fremdvegetation beseitigt sowie Nachpflanzungen vorgenommen. Viele Bereiche können von den Gärtnern über die Laubgänge erreicht werden, dennoch ist die Verwendung von Wartungsfahrzeugen mit Hebebühne erforderlich. Das liegt daran, dass die Pflanzen zum Licht und damit weg vom Laubgang wachsen. Eine vollständige Pflege von den Laubgängen aus wäre daher nur schwierig umsetzbar. Die vorhandene räumliche Separation der Tröge von der Fassade und die gute Zugänglichkeit ermöglicht im Allgemeinen eine günstige Wartung sowie, falls erforderlich, unkomplizierte Ersatzpflanzungen. Zur Begrünung der Westfassade äußert Landschaftsarchitekt Beat Breitenfeld: „... Die Westfassade erscheint recht wild. Wild darum, weil die ineinander gewachsenen Schlinger schwierig zu pflegen sind. Eine Pflege ist aber nicht zwingend notwendig. Das ganze System reguliert sich selbstständig.“ Gewollt war der im Vergleich zur geordneten Südfassade intensivere Eindruck der Westfassade. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Überkreuzung der Seile problematisch ist, dass es zu Überschneidungen der verschiedenen Pflanzen kommt und dies die Pflege erschwert. Bei zukünftigen Planungen sollten die Drahtseileinteilung und die Pflanzenwahl besser abgestimmt werden. [32, p. 9] [47] [Fahrni und Breitenfeld, persönliche Kommunikation, 11.05.2022]

Im Jahr 2017 erfolgte eine Namensänderung des Komplexes zu „Stücker Park“ und miteingehend eine Umgestaltung, mit dem Bau zusätzlicher Gebäude für Büro- und Labornutzung, der sich in den Folgejahren durchsetzte. Bis 2020 wurden Flächen für Gastronomie, Detailhandel und Arztpraxen ergänzt sowie das neue Multiplex-Kino errichtet. [49]

3.6.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die Fassadenbegrünung des Stücki Einkaufszentrum hat eindeutig eine ästhetische Funktion, um dem Gebäude einen einzigartigen Wiedererkennungswert zu verleihen und eine attraktive Atmosphäre an den Vorplätzen in Richtung des Wohngebietes und des Flusses Wiese zu schaffen. Nicht ohne Grund wurden dafür, wie bereits erwähnt, vielfältige immergrüne und blühende Pflanzen ausgewählt. Grundsätzlich kann man festhalten, dass einheimische Pflanzen einen größeren Beitrag zur Biodiversität leisten können als fremdländische. Diese sind aber oft ungeeignet für Fassadenbegrünungen, da es sich um extreme Standorte handelt, an denen sich einheimische Pflanzen nicht gut halten können. Trotzdem sind die hier ausgewählten Pflanzen ökologisch wertvoll und fördern die Biodiversität. [47] [Fahrni und Breitenfeld, persönliche Kommunikation, 11.05.2022]

Darüber hinaus trägt die vertikale Begrünung zur Kühlung des Inneren des Gebäudes im Sommer durch Verschattung bei und kühlt die Umgebungsluft durch Verdunstung. Dieser Effekt hat bereits einen positiven Einfluss auf das Mikroklima. Ein ebenso positiver Effekt der Kletterpflanzen und Gehölzarten wird erreicht durch die Feinstaubbindung und den Abbau von CO₂ - bei diesem Projekt hält diese Wirkung durch die immergrünen Pflanzen sogar im Winter an. [47]

3.7 Kö-Bogen II Düsseldorf

Standort	Düsseldorf, DE
Bauherr	CENTRUM Holding Deutschland GmbH & Co. KG B&L Gruppe
Architekt	ingenhoven architects gmbh
Fertigstellung	Dezember 2020
Fassadentyp	Stahlbeton, separate Tragstruktur für Tröge
Systemart	Wandgebunden – Regalbauweise (linear)
Begrünungsfläche	8 Kilometer
Neigung	40°
Ausrichtung	Nord und West
Pflanzenart	Hainbuche
Pflanzenmenge	30.000 Stück
Bewässerung	Integriertes Be- und Entwässerungssystem
Pflege & Wartung	Regelmäßiger Rückschnitt

[50] [51]

3.7.1 Objektbeschreibung

Der im Dezember 2020 fertiggestellte Kö-Bogen II befindet sich im Stadtzentrum Düsseldorfs und umfasst Geschäfts- sowie Büroflächen auf insgesamt fünf Geschossen. Die Architektur des Gebäudes sollte ein einprägsames Bild verkörpern und nicht zuletzt in nachhaltiger Weise umgesetzt werden. Aufgrund dessen war eine Fassadenbegrünung bereits von Anfang an Teil des Konzeptes. Der Kö-Bogen II fügt sich gut in die Umgebung ein – durch die abgeschrägten Fassaden ergibt sich ein Korridor mit freiem Blick auf das stadtbildende Dreischeibenhaus und das Schauspielhaus und die begrünten Fassaden spiegeln den dahinterliegenden Hofgarten wider. [50] [52]

In Abb. 26 ist die Objektanordnung ersichtlich und ebenso ist zu erkennen, dass es neben den zwei begrünten Fassaden und dem begrünten Dach des Kö-Bogens II noch eine Rasenfläche auf dem dreieckförmigen Foodcourt gibt. Diese ist begehbar und dient als Erholungsfläche für EinkäuferInnen. [50] [51]



Abb. 26: Kö-Bogen II Düsseldorf © ingenhoven architects/HGEsch

Auf dem Kö-Bogen II wachsen rund 30.000 Hainbuchen auf insgesamt acht Kilometer Länge. Die Nord- und Westfassade haben eine Neigung von 40° und tragen die in horizontal angeordneten Behältern gepflanzten Hainbuchen über eine separate, fest mit der Fassade verbundene Tragstruktur. Die Fassadenkonstruktion lässt die Tröge teilweise bis zu drei Meter über die Gebäudekante hinausragen. Die Pflanzen wurden bereits ab dem Jahr 2016 bei einem Gärtner in den zukünftigen Trögen vorgezogen und konnten dann im Herbst 2019 mit bereits ausgeprägten Wurzeln und einer Heckenhöhe von 1,35 m an die Tragstruktur montiert werden. [51] [52] [Optigrün international AG, persönliche Kommunikation, 25.01.2022]

Für die Auswahl der Pflanzenart wurde der Phytotechnologe Prof. Dr. Strauch von der Beuth Hochschule Berlin involviert, der unter anderem mit Hilfe einer Nachmodellierung der Fassaden-Trog-Konstruktion ein botanisches Konzept entwickelte. Dabei wurde die Wirkung verschiedener Pflanzenarten auf das Mikroklima untersucht. Im Labor wurden dazu Messungen des Stoffwechsels, der Sauerstoffproduktion und der Kühlleistung durch Verdunstung durchgeführt. Die Entscheidung fiel letztendlich auf die heimische Hainbuche, da diese auch in urbaner Umgebung resilient ist, im Winter kein aktives Laub trägt und daher zu dieser Jahreszeit kein Wasser benötigt. Das Laub bleibt trotzdem bis zum Frühjahr an den Ästen, wenn auch in brauner Farbe, und fällt erst eine Woche bevor sich bereits neue Triebe bilden, ab. Zudem ging aus Brandversuchen hervor, dass die Hainbuche im Vergleich zu ähnlichen Arten nur schwer entflammbar ist. [52] [53]



Abb. 27: links: Hainbuchen Nahaufnahme © Jakob Leonhards Söhne GmbH & Co. KG [50] und rechts: Auskragung Pflanztröge © Jakob Leonhards Söhne GmbH & Co. KG [50]

Für die 1,35 m hohen Hecken wurden vom Begrünungsunternehmen spezielle doppelschalige Aluminium-Pflanzgefäße mit Wasseranstaue entwickelt, die über ein Überlaufventil verfügen.

Eine Systemskizze wird in Abb. 28 dargestellt. Das abgebildete Pflanzgefäß ist eine Systemlösung, welche von der umgesetzten Variante an der Fassade des Kö-Bogens II abweichen kann. Die Außenmaße stimmen mit den wirklichen Projektanmessungen überein. Die im Querschnitt 35 x 48 cm großen Tröge bieten nur einen kleinen Wurzelraum für die Hainbuchen, daher galt es als Ziel, ein aufnahmefähiges Wurzelsystem für den begrenzten Platz zu entwickeln. [52] [54] [Optigrün international AG, persönliche Kommunikation, 25.01.2022] [FRENER & REIFER GmbH, persönliche Kommunikation, 13.01.2022]

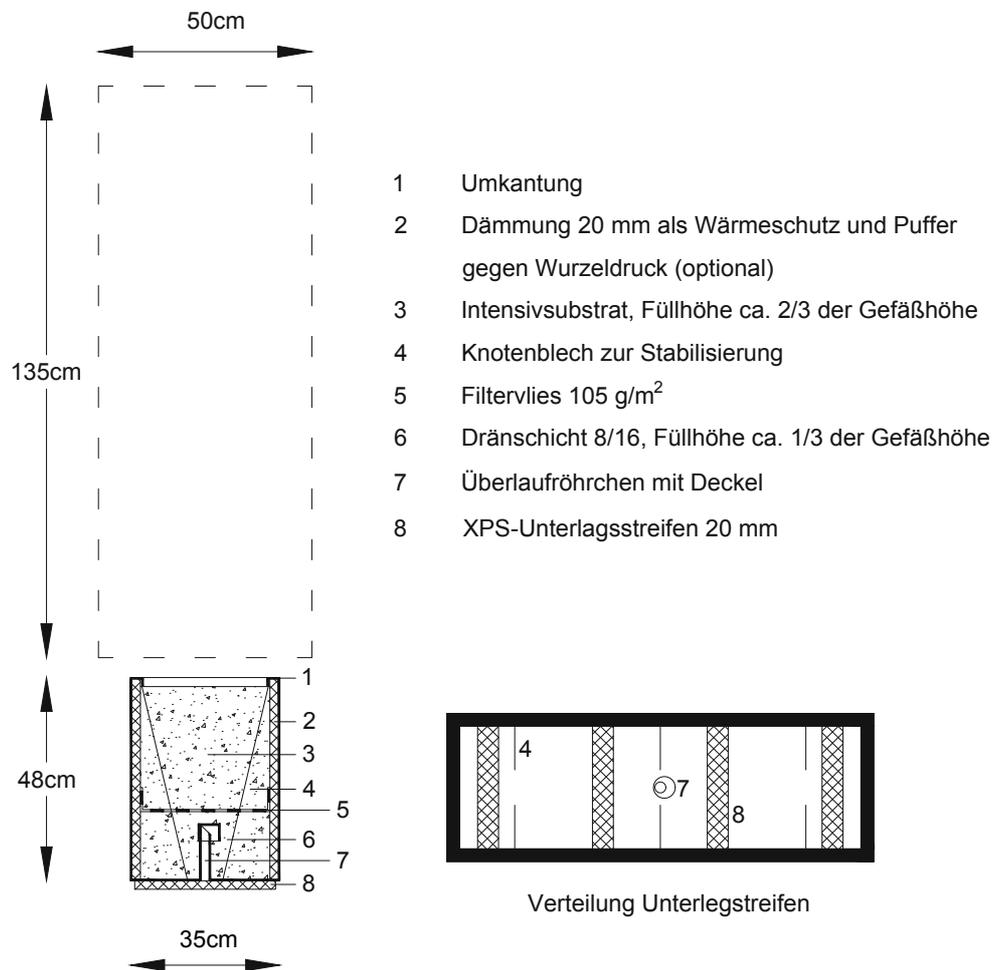


Abb. 28: System Pflanzgefäß Aluminium, eigene Darstellung © Optigrün international AG [54] [55]

Für die Wasser- und Nährstoffversorgung der Hainbuchen ist eine Bewässerungsanlage vorhanden. Um ein ästhetisch ansprechendes Bild zu wahren, müssen die Pflanzen regelmäßig von einer Fachfirma gepflegt werden. Die Erreichbarkeit der Begrünung, auch auf der geneigten Fassade, wird durch Laufstege sowie Befahranlagen sichergestellt. [53] [56]

3.7.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Neben der Funktion als architektonisches Mittel, wurde die Begrünung bewusst wegen ihres ökologischen Nutzens geplant. Die acht Kilometer langen Hecken entsprechen in ihrer ökologischen Wirkung nämlich rund 80 ausgewachsenen Laubbäumen. Die ganzjährig anhaltenden Blätter der Hainbuchen verbessern das Mikroklima durch ihre Verdunstungskühlung sowie Kühlung durch Verschattung und verhindert somit eine Aufheizung der Gebäudehülle im Sommer von bis zu 70 Grad. Darüber hinaus binden die Hecken Feinstaub, nehmen CO₂ auf und produzieren Sauerstoff, dämpfen den in urbanen Gebieten typischen Verkehrslärm und fördern die Biodiversität durch die Bildung eines Lebensraumes für Vögel und Insekten. [50] [52] [56]

3.8 Wienerberg D1 - MyHive Wien

Standort	Wien, AT
Fertigstellung	Oktober 2020
Fassadentyp	Betonfertigteil
Systemart	Wandgebunden – Regalbauweise (linear)
Begrünungsfläche	60 m ²
Ausrichtung	West
Pflanzenart	Katzenminze, Blaugras, Fetthenne, Bergenie, Storchschnabel
Pflanzenmenge	1400 Stück, 24 Stück/m ²
Bewässerung	Automatisiertes Bewässerungssystem mit Fernüberwachung
Pflege & Wartung	Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs, Nachpflanzung & Düngung 1x jährlich, Hubsteiger erforderlich Wartung Bewässerungsanlage 1x jährlich
Gewicht	22 kg/m → 88 kg/m ² , wassergesättigt (ca. 4 Tröge pro Höhenmeter)
Füllvolumen	12 l/m → 48 l/m ² (ca. 4 Tröge pro Höhenmeter)
Wasserspeicherung	6 l/m → 24 l/m ² (ca. 4 Tröge pro Höhenmeter)

[57] [58]

3.8.1 Objektbeschreibung

Die im 10. Wiener Gemeindebezirk situierten Vienna Twin Tower sowie das Gebäude in der Wienerbergstraße 7-9 bilden gemeinsam das MyHive Geschäfts- und Bürozentrum am Wienerberg. Unter diesem Namen existiert das Zentrum, welches zu den größten Büro- und Geschäftsstandorten in Wien zählt, seit 2018. Davor war das Gewerbegebiet bekannt unter dem Namen Business Park Vienna.

Im Herbst 2020 wurde am Eingangsbereich des Gebäudes in der Wienerbergstraße 9 an die bestehende Fassade eine 60 m² große Trogbegrünung angebracht, die das Logo der Marke MyHive trägt. [57]

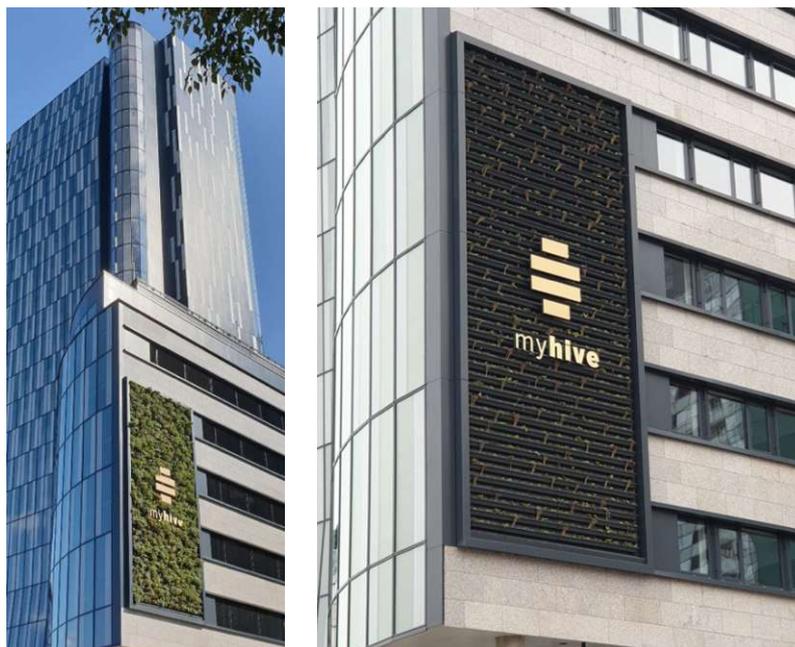


Abb. 29: links: Gebäude MyHive Wienerberg © Dachgrün GmbH, Christian Oberbichler [59] und rechts: Fassadenbegrünung MyHive © Dachgrün GmbH, Christian Oberbichler [59]

Für die Montage der Trogbegrünung auf einer Höhe von ca. acht Metern (Unterkante Grünwand) wurde zunächst die Verkleidung entfernt, sodass die Betonfertigteilwand zugänglich war. Im nächsten Schritt erfolgte die Anbringung einer vertikalen Unterkonstruktion aus Aluminium und zwischen diesen Profilen die Verdübelung von 80 mm Steinwolle als Dämmmaterial. Im unteren Bereich wurde eine Kastenrinne zum Auffangen von überschüssigem Wasser montiert und an den Ablauf angeschlossen. Im Anschluss konnten 90 je 2400 mm lange Pflanztroggprofile angeschraubt werden (siehe Abb. 30). Die Querschnittsmaße eines Troges betragen ca. 150 x 92 mm (B x H). Die Tröge wurden mit Multifunktionsvlies ausgelegt, wonach eine mineralische System-Pflanzenerde auf Basis von Leichtschüttstoffen und organischen Komponenten aufgeschüttet wurde. Pro Laufmeter wurden sechs Pflanzen angeordnet mit einer abschließenden Einbringung von Depotdünger. [57]



Abb. 30: MyHive Logo Bepflanzung © Dachgrün GmbH, Christian Oberbichler [59]

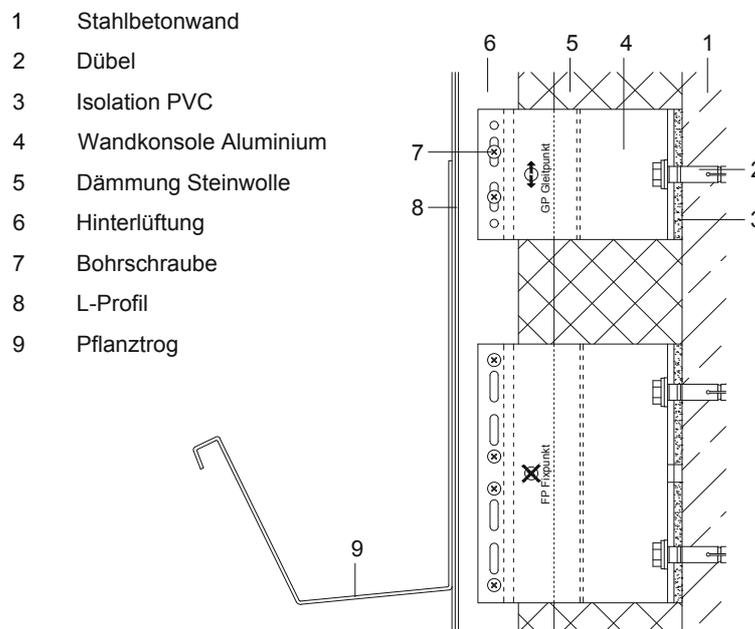
Für die in Richtung Westen exponierte Fassadenbegrünung wurden 1.400 Pflanzen verwendet, darunter Arten, die sich bereits bei vergleichbaren Referenzprojekten bewährt haben. Die Auflistung der ausgewählten Arten ist in Tabelle 4 nachzulesen. Die Bepflanzung erfolgt durchmischt, sodass ein jahreszeitlich gestaffeltes Wuchsbild aus verschiedenen Strukturen und Farben entsteht. Durch die hohe Pflanzendichte und üppige Wuchsform gleicht die Begrünung einem grünbunten Pflanzenteppich. Lediglich hinter dem „myhive“ Logo wurden kleinwüchsige Polsterpflanzen und Fetthennen gewählt, damit die Beschriftung nicht überwachsen wird. Es wurden größtenteils robuste wintergrüne Arten ausgewählt, um selbst im Winter das grüne Bild der Pflanzenwand zu wahren. [57]

Tabelle 4: Pflanzenliste MyHive Wienerberg, eigene Darstellung [57] [43]

Nr.	Name	Botanischer Name	Blütezeit	Laub	Standort
1	Storchschnabel „Bevan“	Geranium macrorrhizum „Bevan“	Mai-Juli (purpur)	Wintergrün	Sonne
2	Cambridge Storchschnabel „Saint Ola“	Geranium x cantabrigiense “Saint Ola”	Mai-Juli (weiß/hellrosa)	Wintergrün	Sonne bis Halbschatten
3	Storchschnabel „Freundorf“	Geranium macrorrhizum “Freundorf”	Mai-Juli (rosa)	Wintergrün	Sonne bis Halbschatten
4	Blaue Katzenminze	Nepeta x faassenii	Mai-Aug (blau)	Sommergrün	Sonne
5	Hohe Fetthenne „Herbstfreude“	Sedum telephium „Herbstfreude“	Aug-Sept (rosa/rot)	Sommergrün	Sonne
6	Bergenie	Bergenia cordifolia	April-Mai (rot)	Wintergrün	Halbschatten
7	Blaugras	Sesleria caerulea	März-Mai (blau/grün)	Wintergrün	Sonne bis Halbschatten
8	Farnblättriger Lerchensporn	Corydalis cheilanthifolia	April-Juni (gelb)	Wintergrün	Sonne bis Halbschatten

Für die Bewässerung erfolgte der Einbau eines automatisierten computergesteuerten frostüberwachten Bewässerungssystems, das sich über WLAN ferngesteuert überwachen lässt. Die Wasserzufuhr erfolgt über in den Pflanztrögen verlegte Tropfrohre. Überschüssiges Regenwasser kann über Überlaufbohrungen nach unten kaskadenartig ablaufen. Die Wartung und Steuerung des Bewässerungssystems sollen laut dem Systemhersteller von einer qualifizierten Firma übernommen werden. [57]

In der folgenden Abbildung ist eine Systemskizze des Aluminium-Trogsystems dargestellt, wie es in ähnlicher Weise auch an der Fassade am MyHive Geschäfts- und Bürozentrum ausgeführt wurde.

**Abb. 31:** Aluminium-Trogsystem, eigene Darstellung © Fa. Techmetall GmbH [60]

Einmal jährlich, Ende März oder Anfang April, muss die Bewässerungsanlage der Vertikalbegrünung geprüft und gewartet sowie die Pflanzenpflege durchgeführt werden. Dabei wird die Begrünung zurückgeschnitten, Fremdbewuchs entfernt und vereinzelte Pflanzen, die durch Frosteinwirkung und Frosttrocknis abgestorben sind, ausgetauscht. Darüber hinaus wird eine

Depotdüngung verteilt. Um die Fassadenbegrünung erreichen zu können, muss ein Hubsteiger verwendet werden. In regelmäßigen Abständen erfolgen Sichtkontrollen der Bepflanzung sowie laufend die Überwachung der Bewässerungstechnik. [57] [58]

3.8.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die im Vergleich zu den vorherig aufgeführten Neubauprojekten nachträglich angebrachte Vertikalbegrünung am MyHive Geschäfts- und Bürozentrum am Wienerberg hat vor allem eine repräsentative Wirkung. Sie zieht die Blicke der BeobachterInnen auf sich und lenkt sie damit auf das Logo „myhive“. Neben dieser gestalterischen Ausdrucksmöglichkeit fördert die Fassadenbegrünung die Biodiversität und bietet durch eine vielfältige Auswahl von blühenden Pflanzen eine urbane Bestäubungsfläche. Zwischen den Aluminium-Wandkonsolen und der Stahlbetonwand sind PVC-Isolierungen angeordnet, um einen Wärmefluss zu vermeiden. Lediglich mit den Dübeln ist eine geringflächige Wärmebrücke gegeben. [57]

Da die Grünfläche dieses Projektes aufgrund der angrenzenden Fensterflächen lediglich 60 m² umfasst, äußern sich die ökologischen und energiesparenden Wirkungen nur in begrenztem Rahmen. Die gesamte Fassade auf dieser Seite des Gebäudes hat eine Fläche von etwa 900 m², woraus zu schließen ist, dass lediglich 7 % der Fläche begrünt ist. Trotzdem machen sich die ökologischen Auswirkungen bemerkbar und sind jedenfalls bei einer gleichen Ausführung in größerem Umfang ausgeprägter. Die bedeckte Fassadenfläche wird vor Verwitterung und Verschmutzung geschützt. Im Sommer kühlt die dichte Bepflanzung die Fassade durch Verschattung und Verdunstung, womit Energiekosten für die Klimatisierung gespart werden können. Im Winter wiederum wirkt die Pflanzendecke als zusätzliche Dämmung, da die hauptsächlich wintergrünen Exemplare ihr Laub erst im späten Winter verlieren. Der Systemhersteller gibt außerdem an, dass das Trogsystem Wasser zurückhält und damit das Kanalnetz entlastet. Die dicht bewachsene Bepflanzung bindet darüber hinaus CO₂ und Feinstaub und dient als Schallschutz durch Dämpfung des Lärmpegels. [57]

3.9 McArthurGlen Ashford Designer Outlet Kent

Standort	Ashford, Kent, UK
Bauherr	McArthurGlen
Architekt	Chapman Taylor
Landschaftsarchitekt	Applied Landscape Design
Erhaltung	Bioteecture Ltd
Fertigstellung	Oktober 2019
Fassadentyp	Stahlrahmenkonstruktion, Isolierputzfassade
Systemart	Wandgebunden – Modulare Bauweise
Begrünungsfläche	2.155 m ²
Ausrichtung	Alle Himmelsrichtungen
Pflanzenart	Über 30 Arten: u.a. Efeu, Bergenien, Silberglöckchen, Farne, Wolfsmilch, Heckenmyrthe
Pflanzenmenge	120.000 Stück
Bewässerung	Integrierte Bewässerung
Pflege & Wartung	Sichtkontrollen alle 6-8 Wochen, vollständige Pflege 3x jährlich Wartung Bewässerungsanlage 3x jährlich
Modulmaße	60 x 45 x 6,2 cm
Gewicht	65 kg/m ² , wassergesättigt

[61] [62]

3.9.1 Objektbeschreibung

Der Bauherr McArthurGlen beauftragte eine Erweiterung des Ashford Designer Outlets, welches ursprünglich im Jahr 2000 eröffnet wurde und mit pavillonartigen Membranen überspannt wird. Die neuen Geschäftsgebäude sollten ebenfalls eine auffällige architektonische Ausstrahlung bekommen und daher kam die Idee die Fassaden mit einer modularen Begrünung auszukleiden. Diese Ausführung unterstreicht zudem den Status der englischen Grafschaft Kent „The Garden of England“, in der sich das Projekt befindet. Im Oktober 2019 wurden 46 neue Geschäfte eröffnet, die insgesamt von 2.155 m² Pflanzen bedeckt sind. Damit gehört dieses Projekt zu den größten Fassadenbegrünungen in Europa und erfüllt eine Vorbildfunktion für Fassadenbegrünungen und ihre zahlreichen Vorzüge zur Verbesserung der städtischen Umwelt. [61]



Abb. 32: McArthurGlen Ashford Designer Outlet © Chapman Taylor Architects [62]

Bereits in der Planungsphase war eine enge Zusammenarbeit zwischen den Planern erforderlich, damit die nötige Bewässerungsinfrastruktur für das Modulsystem in den Entwurf integriert und die Planung der Pflanzpaletten mit der Architektur der Gebäude gegenseitig abgestimmt werden konnte. [61]

Die modulare Fassadenbegrünung basiert auf einem hydroponischen Anbau. Das bedeutet, dass die Pflanzen ohne Erde auskommen und in einem natürlichen, formstabilen, chemisch inerten Substrat aus Steinwolle gezogen werden. Ein integriertes Bewässerungssystem mit Nährstoffzufuhr kann über WLAN gesteuert werden und so die Dosierung je nach Wetter optimal kontrolliert werden. Da die begrünten Fassaden allen Himmelsrichtungen exponiert sind, musste die Auswahl der Pflanzen sorgfältig geplant werden. Es wurden zahlreiche Pflanzen-Matrizen entwickelt und schlussendlich ein Design gewählt, das ein wellenartiges Muster an den Fassaden erzeugt. Das Pflanzenbild enthält farbliche Akzente und eine saisonal wechselnde Optik, um BesucherInnen des Outlets zum Wiederkommen zu animieren (siehe Abb. 33). Zu den über 30 verschiedenen verwendeten Pflanzenarten gehören Efeu, Bergenien, Silberglöckchen, Farne, Wolfsmilch, Heckenmyrthen und viele mehr. [61] [63]



Abb. 33: links: Fassadenbegrünung Ashford Designer Outlet 1 © Biotecture [61] und rechts: Fassadenbegrünung Ashford Designer Outlet 2 © Biotecture

Die modulare Begrünung wurden zwischen Frühjahr und Herbst 2019 installiert, während das Designer Outlet für Kunden bereits geöffnet war. In der ersten Phase erfolgte die Montage der Rückwandplatten und Aluminium-Montageschienen sowie die Installation und Inbetriebnahme des Bewässerungssystems. In der zweiten Phase wurden dann die bereits bepflanzen Paneele zwischen den Montageschienen eingesetzt. Pro Tag konnte das Montageteam 60 m² der Pflanzenwand anbringen. Ein Modul hat standardmäßig Abmessungen von 600 x 450 mm und das Sättigungsgewicht der fertigen Konstruktion inklusive Platten, Substrat und Pflanzen beträgt etwa 65 kg pro Quadratmeter. [61] [63]

In den folgenden zwei Darstellungen ist der Aufbau des modularen Systems dargestellt. Die Nummerierung der rechten Skizze lautet wie folgt:

1. Tragende Wand
2. Wasserdichte Rückwandplatte
3. Hintere Drainageschicht
4. Aluminiumschienen & Tropfschlauch
5. Kapillarbrüche
6. Nährmedium
7. Paneelkasten
8. Pflanzen

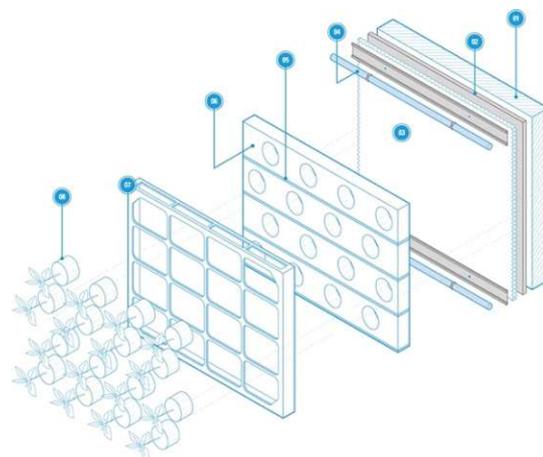


Abb. 34: links: Pflanzpaneele hydroponisches Modulsystem © Biotecture [63] und rechts: Paneel Aufbau © Biotecture [63]

In Abb. 35 ist eine Systemskizze der modularen Vertikalbegrünung dargestellt, die an den Fassaden des McArthurGlen Designer Outlets in Ashford installiert wurde.

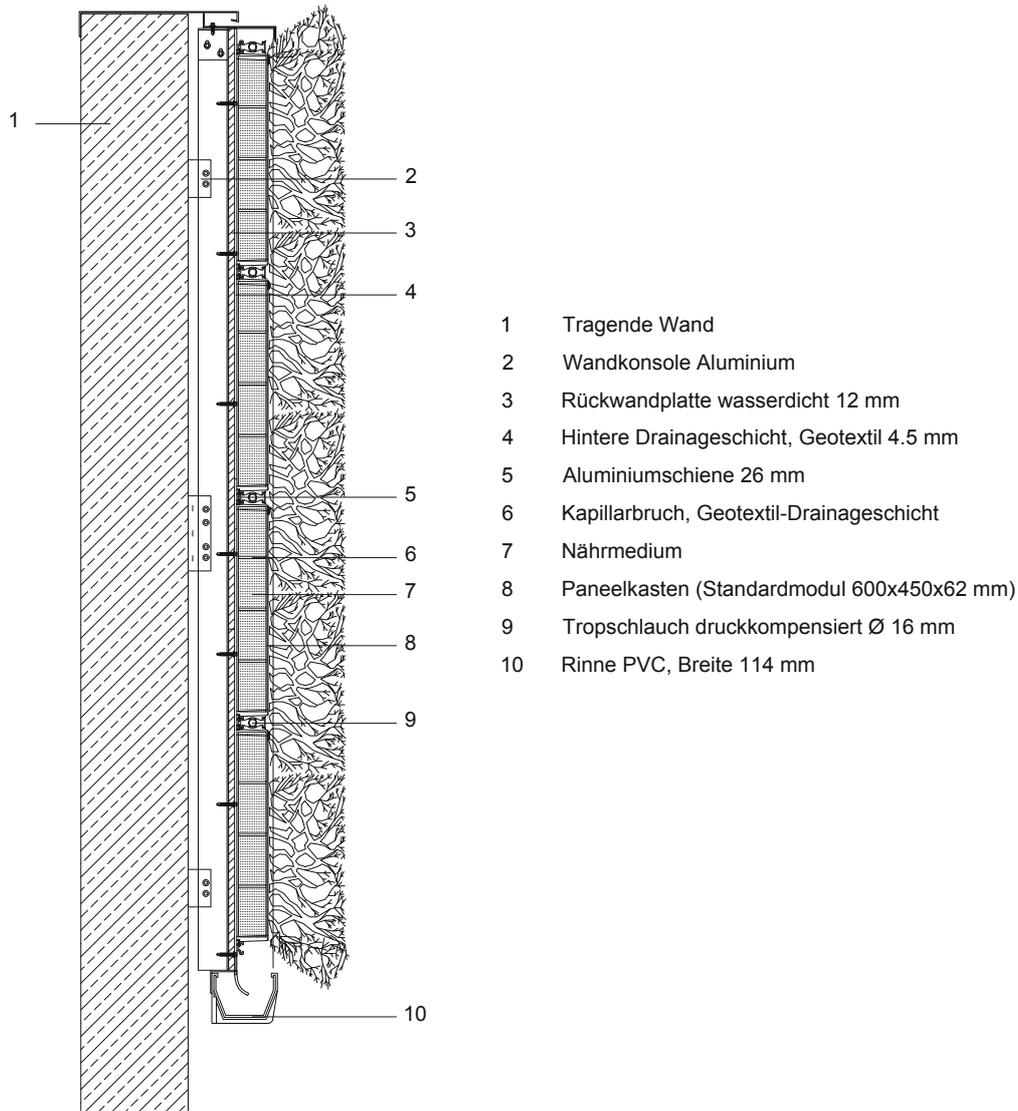


Abb. 35: Hydroponisches Modulsystem, eigene Darstellung © Biotope [64]

Das integrierte Bewässerungssystem wird vom Wartungsteam des Systemherstellers täglich fernüberwacht und je nach Jahreszeit werden die Einstellungen dem Wasserbedarf der Pflanzen angepasst. Sichtkontrollen der Begrünung werden alle sechs bis acht Wochen durchgeführt und dreimal jährlich erfolgen umfassende Wartungsarbeiten, um die Pflanzen in bestem Zustand zu halten. Ebenso wird auch die Funktion des Bewässerungssystems vor Ort dreimal jährlich begutachtet. [61]

3.9.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Wie bereits erwähnt hat die begrünte Fassade des McArthurGlen Ashford Designer Outlets vor allem eine ästhetische Aufgabe. Sie soll den BesucherInnen eine entspannte und interessante Umgebung schaffen und damit das Einkaufserlebnis bereichern. [61]

Die modulare Fassadenbegrünung hat eine sehr hohe Pflanzendichte und umfasst zudem einen hohen Anteil an immergrünen oder wintergrünen Pflanzen, letztere die ihre Blätter erst zu Ende des Winters verlieren und im Frühjahr wieder neue ausbilden. Diese Eigenschaften und ebenfalls die Voraussetzung stark strukturierter Blätter maximieren die Bindung von Feinstaub und CO₂. Die hohe Pflanzendichte trägt ebenso der Schallreduktion bei und verringert damit den Umgebungslärmpegel. Die Vertikalbegrünung des Outlets in Ashford umfasst eine Pflanzenmenge von 120.000 Exemplaren sowie eine Auswahl an verschiedenen Arten, welche einen Gewinn

an biologischer Vielfalt erzielen. Diese verschiedenen Pflanzenarten bieten eine Lebens- und Nahrungsgrundlage für viele Insekten und ermöglicht einen Beitrag als Trittsteinbiotop im urbanen Bereich. [63]

Eine wichtige Rolle bei der Betrachtung der ökologischen Vorteile der modularen Fassadenbegrünung, spielt die Nachhaltigkeit des Modulsystems selbst. Die Verkleidung der Module wird zu 100 % aus recyceltem Kunststoff hergestellt. Durch Kunststoffproduktion und -verbrennung gelangt eine immense Menge an Kohlenstoffdioxid in die Umwelt. Dies versucht der Systemhersteller mit seiner Produktion zu vermeiden. Das hydroponische Substrat zersetzt sich nicht und kann Jahrzehnte lang verwendet werden. Soll ein solches Begrünungssystem trotzdem abgebaut werden, kann die Steinwolle idealerweise als Ziegelsteinzuschlag weiterverwendet werden. Bei der Anordnung einer modularen Begrünung für Neubauten übernimmt diese die Funktion als Regenschutzelement, wodurch sich sonst nötige Wasserschutzmaßnahmen an der Außenseite des Gebäudes einsparen lassen. Das hydroponische Substrat ermöglicht die Speicherung einer großen Menge an Wasser und fördert damit die Regenwasserrückhaltung. [63]

3.10 M2 Metro Station Lausanne-Flon

Standort	Lausanne, CH
Bauherr	Métro Lausanne Ouchy sa Transports Lausannois Stadt Lausanne
Architekt	Bernard Tschumi Architects M+V Merlini & Ventura Architects
Landschaftsarchitekt	Jean-Jacques Borgeaud
Fertigstellung	Mai 2008
Fassadentyp	Stahlbeton Skelettbauweise
Systemart	Wandgebunden – Modulare Bauweise
Begrünungsfläche	135 m ²
Neigung	82°
Ausrichtung	West
Pflanzenart	Felsen-Efeu „Sagittifolia“ (Hedera helix “Sagittifolia”) Golderdbeere (Waldsteinia geoides) Immergrüne Schleifenblume (Iberis sempervirens) Großblättriger Frauenmantel (Alchemilla mollis)
Pflanzenmenge	5.855 Stück, 50 Stück/m ²
Bewässerung	Automatische Bewässerungsanlage mit Zeitschaltuhr und Regensensor
Pflege & Wartung	Entfernung Fremdvegetation & Rückschnitt ca. alle 3 Monate
Modulmaße	100 x 200 x 20 cm
Investitionskosten	1.645 CF/m ² inkl. Bewässerung, exkl. Zisterne, nach Wechselkurs vom 20.05.2022 umgerechnet in Euro: 1.598 €/m ²

[26, p. 220] [32, p. 24] [65] [66]

3.10.1 Objektbeschreibung

Als Hauptticketstelle sollte das Gebäude an der M2 Metro Station Lausanne-Flon ein besonderes Äußeres aufweisen, um den Ruf der Verkehrsbetriebe und der Stadt Lausanne zu bewahren. Ein einzigartiges Erscheinungsbild verleiht dem Gebäude die gefaltete Beton-Optik, welche die Topografie von Lausanne und den Alpen repräsentiert. Darüber schmiegt sich ein dicht bepflanzter grüner Teppich an Dach und Westfassade, der auf Wunsch des Bauherrn aufgrund Umweltas-

pekten geplant wurde. Unter anderem trägt dieser dazu bei, den in der Schweiz üblichen Minergie-Standard einzuhalten. Er ist vergleichbar mit dem Standard eines Niedrigenergie-Gebäudes und zeichnet komfortable und energieeffiziente Gebäude aus. [67] [68]

Das Betondach und die Fassade verläuft mit einem Vorsprung und schützt die restlichen Glasfassaden des Gebäudes. Auf der Westseite geht die Dachbegrünung in einzigartiger Weise mit der Fassadenbegrünung über, während sich darunter der Eingang zur Metro aus Glastüren befindet. Neben der Rampe, die zu diesem Eingang hinunterführt, befindet sich ebenfalls eine begrünte Böschungsfläche. Diese ermöglicht einen Ausblick ins Grüne aus dem Untergeschoss hinaus. [26, p. 220]



Abb. 36: M2 Metro Station Lausanne-Flon © Peter Mauss, ESTO/Bernard Tschumi Architects [69]

Die einzelnen Module der Fassadenbegrünung haben Standardmaße von 100 x 200 cm und wurden in diesem Projekt vorgehängt hinterlüftet angebracht, wie es in der Schnittzeichnung Abb. 37 dargestellt ist. Das Modulsystem wird an einer Tragkonstruktion befestigt, die auf einer 14 cm starken Dämmschicht anliegt. Am unteren Ende der Fassadenbegrünung ist eine Entwässerungsrinne vorhanden, um überschüssiges Wasser aufzufangen und abzuleiten. [32, p. 24]

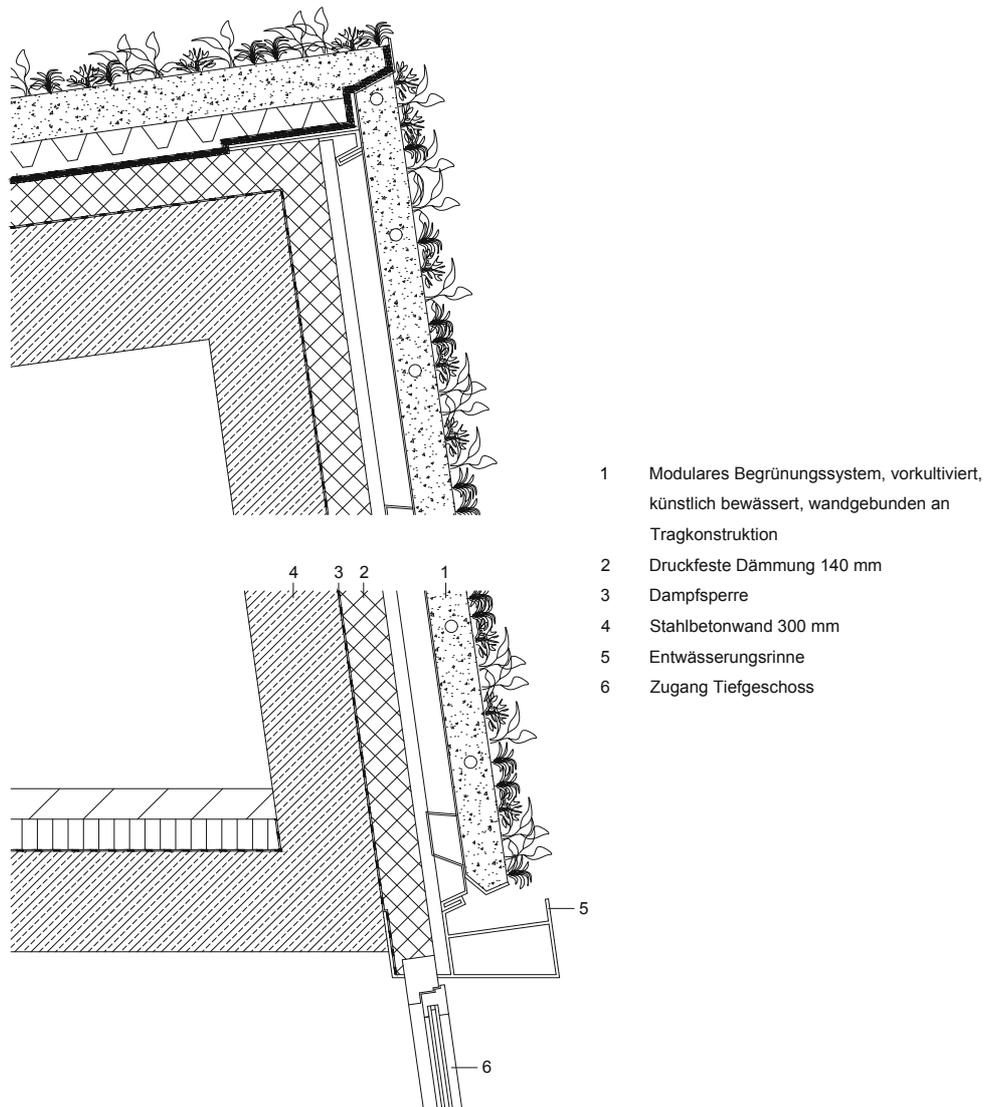


Abb. 37: Fassadenbegrünung M2 Metro Station Lausanne-Flon – Aufbau, eigene Darstellung © Bernard Tschumi und Merlini & Ventura [26, p. 221] [65]

Die um 82° geneigte Westfassade hat mit 50 Pflanzen/m² eine höhere Pflanzendichte als das Dach mit 25 Pflanzen/m². Somit befinden sich auf der Fassade 5.855 Pflanzen der insgesamt 16.530 verwendeten Pflanzen, die Böschung mit einberechnet. Für das Projekt wurden vier verschiedene Arten verwendet, welche streifenförmig benachbart angeordnet wurden, um mögliche Probleme bei der Vermischung der Pflanzen zu vermeiden. Zu den verwendeten Arten zählen der Felsen-Efeu, Golderdbeeren, Immergrüne Schleifenblumen und der Großblättrige Frauenmantel. Der Efeu und die Schleifenblume sind immergrün, die Golderdbeere wintergrün und lediglich der Frauenmantel sommergrün. Somit bleibt das prächtig grüne Farbenbild des Pflanzenteppichs zum Großteil das ganze Jahr erhalten. [32, p. 24] [65] [Bernard Tschumi Architects, persönliche Kommunikation, 25.01.2022]

Die Bewässerung erfolgt mithilfe einer automatischen Bewässerungsanlage mit Zeitschaltuhr und Regensensor, wobei dafür Regenwasser gesammelt und genutzt wird. Ein Rückschnitt und die Entfernung von Fremdvegetation erfolgt nach Zeitplan und Pflichtenheft etwa alle drei Monate. [32, p. 24] [65]

3.10.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Wie bereits in der Objektbeschreibung erwähnt, hat die Begrünung vor allem die Funktion einen Wiedererkennungswert des Objektes zu generieren sowie einen Beitrag für den schweizerischen Minergie-Standard zu leisten. Darüber hinaus wird das natürliche Potential von Pflanzen genutzt, die Luftverschmutzung zu reduzieren. Dies ist gerade an einem Standort mit hohem Verkehrsaufkommen, wie es bei diesem Objekt der Fall ist, förderlich. Die Landschaftsarchitekten Jean-Jacques Borgeaud übernahmen bei der Planung der Metro Station die Luftreinigungswerte einer Referenz-Pflanzenwand am Bahnhof Perrache in Lyon. Diese begrünte Fläche bindet 50 % des Stickstoffdioxids und 80 % der flüchtigen organischen Verbindungen. Pro Stunde und pro Quadratmeter Wand werden 500 bis 2.000 Liter Luft gefiltert, das ergibt 2.000.000 m³ pro Jahr. [65]

Überdies erzeugt der Pflanzenteppich durch Verschattung und Verdunstung einen Kühlungseffekt, der im Inneren des Gebäudes und in der nahen Umgebung wahrzunehmen ist. Regenwasser wird zudem vom Dach gespeichert und anschließend für die Bewässerung verwendet, hierauf wird genau in Kapitel 4.6.2 eingegangen. [26, p. 220]

3.11 Peter-Lamar-Platz Dillingen

Standort	Dillingen/Saar, DE
Bauherr	Stadt Dillingen/Saar
Landschaftsarchitekt	HDK Dutt + Kist Landschaftsarchitekten
Fertigstellung	Juni 2013
Fassadentyp	WDVS-Putzfassade
Systemart	Wandgebunden – Modulare Bauweise
Begrünungsfläche	132 m ²
Neigung	7 - 10°
Ausrichtung	Nord und Süd
Pflanzenart	Stauden und Kleingehölze, 30 Arten
Pflanzenmenge	3.700 Stück
Bewässerung	ferngesteuerte Bewässerungsanlage, Regenwassernutzung
Pflege & Wartung	Zwei- bis viermal jährlich, Schnitt und evtl. Nachpflanzung Wartung Bewässerungsanlage mehrfach im Jahr
Modulmaße	60 x 100 x 6 cm
Gewicht	83 kg/m ² , wassergesättigt

[32, p. 52] [70] [71] [72]

3.11.1 Objektbeschreibung

Im Zentrum der Stadt Dillingen im Saarland wurden leerstehende Gebäude abgebrochen und die im Zuge dessen entstandene Freifläche als Erweiterung der Fußgängerzone genutzt. Es entstand ein Aufenthaltsbereich, welcher durch zwei insgesamt 132 m² große wandgebundene Fassadenbegrünungen begrenzt wird (siehe Abb. 38). Im Juni 2013 wurde das Projekt abgeschlossen und im Folgejahr erhielt es den Bauherrenpreis der Architektenkammer des Saarlandes. [32, p. 53] [73]



Abb. 38: Fassadenbegrünung Peter-Lamar-Platz Dillingen © Optigrün international AG [70]

Durch den Abbruch der zwei Gebäude waren Giebelsicherungen an den freistehenden Fassaden erforderlich, die zunächst mit einer Wärmedämmung versehen und anschließend mit Lisenen stabilisiert wurden. Diese wurden gleichzeitig als Tragkonstruktion für die Grünwände verwendet, da der Gebäudeeigentümer einer Anbringung direkt an den Fassaden nicht zustimmte. In Abb. 39 ist die Unterkonstruktion der Begrünung zu erkennen, die sich aus folgenden Bestandteilen zusammensetzt:

- Betonstützen (Lisenen)
- Konsolen, in die Lisenen verschraubt als Auflager für Doppel-T-Träger
- Doppel-T-Träger
- Klemmen, aufgesteckt auf die Doppel-T-Träger
- Einhangschienen, befestigt an den Klemmen
- Fassadenbegrünungselemente, eingehängt in die Einhangschienen

Abschließend wurden die Ränder des Systems mit einem Metallrahmen umrandet. Aufgrund der Form der Lisenen sind die beiden Grünwände um 7-10° nach hinten geneigt und bilden ein bis zwei Meter breite hinterlüftete Zwischenräume. Unter der Aufenthaltsfläche verlaufen Strom- und Wasserleitungen, die für die begrünten Fassaden benötigt werden. Weitere Technischelemente und Versorgungsleitungen befinden sich in den Zwischenräumen hinter den Grünwänden. Der Sockelbereich ist mit Siebplatten abgedeckt, welche eine Hinterlüftung des Systems ermöglichen. Innerhalb von nur zwei Tagen erfolgte der Einbau der zwei Fassadensysteme im November 2012. [32, pp. 52–53] [70]



Abb. 39: links: Lisenen mit Konsolen © Dutt & Kist GmbH [73] und rechts: Begrünungselemente eingehängt © Dutt & Kist GmbH [73]

Für die Fassadenbegrünung wurde ein Aluminium-Kassetten-System mit integriertem Substrat verwendet. Die einzelnen Fassadenelemente haben Maße von 60 x 100 cm und sind einfach einzubauen, da sie ohne Bepflanzung in die zuvor beschriebenen Einhangschienen eingesetzt werden. Vorteilhaft ist, dass die Pflanzen vor Ort nach Installation der Fassadenelemente ganz einfach eingesetzt werden können. Außerdem können Fassadenelemente, Pflanzen sowie die Tropfbewässerung getrennt voneinander demontiert und ausgetauscht werden. [70]

Die Bepflanzung der Elemente wurde erst nach dem Winter im Mai 2013 mithilfe eines Hubsteigers durchgeführt (siehe Abb. 40 links). Lediglich drei Monate später wurde das Wachstumsziel erreicht und beide Wände waren fast vollständig mit einem dichten Bewuchs abgedeckt. Das Aluminium-Kassetten-System ermöglicht eine große Artenvielfalt an bewährten Pflanzen mit unterschiedlichen Farben, Blattformen und -strukturen. Insgesamt befinden sich 3.700 Pflanzen an den Fassadensystemen, bestehend aus 30 verschiedenen Stauden- und Kleingehölzarten. Die Pflanzenauswahl orientiert sich an der Nord- und Südausrichtung, weiteren Standortanforderungen und am Wuchsverhalten. [32, p. 52] [70]



Abb. 40: links: Einsetzen der Pflanzen mit Hubsteiger © Dutt & Kist GmbH [73] und rechts: fertige Grünwand © Dutt & Kist GmbH [73]

Im Folgenden wird der Standard-Aufbau des Aluminium-Kassetten-Systems beschrieben und skizziert (Abb. 41), dieser kann jedoch von der ausgeführten Variante in Dillingen abweichen. Das System besteht aus einem Aluminium-Rahmen mit Abdeckblech an der Oberkante sowie Entwässerungsrinne am unteren Ende. Die Einhangschiene aus Aluminium dient zum einfachen Einhängen der Fassadenkörbe, welche als Kassettensystem aus Aluminium mit einer Ansichtsfläche aus Aluminium-Gittergewebe konstruiert sind. Befüllt sind diese mit einem mineralischen Spezialsubstrat und einer 1,5 cm starken Deckkörnung aus gebrochenem Blähschiefer (Körnung 8/16). Hinter dem Substrat befindet sich ein Saug- und Kapillarlvlies, das Wasser speichert und gleichmäßig an alle Fassadenelemente verteilt. Die regelmäßig angeordneten Pflanztöpfe bestehen aus Recycling-Kunststoff und ermöglichen ein einfaches Einsetzen sowie Entfernen der Pflanzen. Die Wurzelballen sind in direktem Kontakt mit dem Vlies. [32, p. 52] [72]

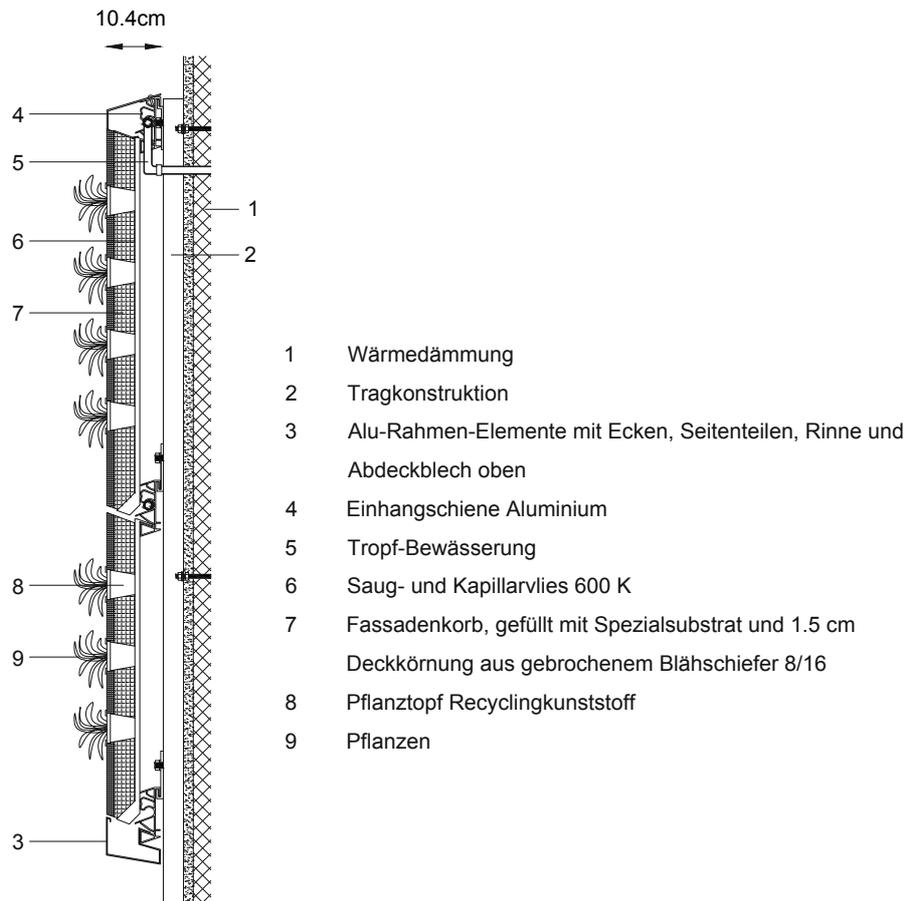


Abb. 41: Aluminium-Kassetten-System, eigene Darstellung © Optigrün international AG [72]

Hinter der Sockelverkleidung befindet sich eine Bewässerungsautomation, die das überwiegend auf den benachbarten Dachflächen gesammelte Niederschlagswasser aus der Zisterne auf die einzelnen Bewässerungskreise verteilt. Die Steuerung der Bewässerungsanlage erfolgt über Fernzugriff. Beide Grünwände sind in drei Bereiche – oben, Mitte, unten – aufgeteilt, welche jeweils eigene Wasserführungen haben. Jede Fassadenkorbbreihe hat einen eigenen Bewässerungsstrang, der individuell eingestellt werden kann und die Bedürfnisse der Pflanzen somit spezifisch erfüllt. Abhängig von der Jahreszeit und der Temperatur werden unterschiedliche Bewässerungszeitabstände und Wasservolumen festgelegt. Über die Tropfbewässerung wird den Pflanzen ebenfalls per Fernsteuerung wassergelöster Dünger zugegeben. [32, p. 53] [70]

Das Bewässerungssystem wird laufend über Fernsteuerung kontrolliert, dennoch müssen mehrfach im Jahr Kontrollen vor Ort erfolgen. Die Begrünung selbst wird zwei- bis viermal jährlich gepflegt, es erfolgen Rückschnitt, Pflanzenschutzmaßnahmen und nach Erfordernis auch Nachpflanzungen. Pflegegänge im Frühjahr und im Herbst sind dabei besonders wichtig. Pflege und Wartung der beiden Fassadenbegrünungen werden von der Ausführungsfirma Floratec durchgeführt. [70]

3.11.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Das Besondere an dieser Fassadenbegrünung ist, dass aufgrund von statischen Aspekten eine separate Tragkonstruktion errichtet wurde. Durch die Neigung der Wände nach hinten wird ein Freiraum erzeugt, welcher Platz für diverse Technik bietet. Die Fassadenbegrünungen decken die sonst freistehenden Giebelflächen der Gebäude ab und schonen in diesem Bereich die Fassadenoberfläche. Ebenso wird eine Verschattung und Lärmreduzierung durch die Gesamtkonstruktion erzeugt. Für die Stadt Dillingen sind die zwei begrünten Fassaden vor allem ein Erfolg, da sie eine überregionale Ausstrahlung erzeugen und das Stadtzentrum gestalterisch auf-

werten. Unter anderem im Rahmen der Fachveranstaltung „Tag der Architektur 2013“ konnte das Projekt ein weitreichendes Publikum für sich interessieren. Zudem wurde dazu ein Beitrag im Fernsehen ausgestrahlt, was die Reichweite vergrößerte. Die Resonanz der BewohnerInnen und BesucherInnen Dillingens zeigt sich begeistert in Hinsicht auf die Umsetzung des urbanen Pflanzentepichs. Der Bauherr nutzte den Trend der Gebäudebegrünung in erster Linie, um die Stadt zu vermarkten. [70]

Abgesehen von der Imagewerbung für die Stadt und dem Wohlfühlaspekt für BesucherInnen, trägt die Begrünung ihren Anteil zur Verbesserung des Mikroklimas durch die Verdunstungswirkung der Pflanzen bei. Dieser Effekt ist durch die bei diesem Projekt hohe Pflanzendichte besonders hoch, ebenso kommt es zu einer Lärmreduktion durch Schallabsorption und Minderung der Schallreflexion. [72]

Darüber hinaus filtert die dichte Bepflanzung Schadstoffe aus der Luft, bindet CO₂ und produziert im Gegenzug Sauerstoff. Die ansonsten aufgrund des Abbruchs ungenutzten Giebelflächen haben jetzt eine Funktion und bieten einen Lebensraum für Flora und Fauna. [72]

3.12 Verwaltungsgebäude Osterrath Bad Laasphe

Standort	Bad Laasphe, NRW, DE
Bauherr	Osterrath GmbH & Co KG
Landschaftsarchitekt	GDL Belke GmbH Dach- und Fassadenbegrünung
Fertigstellung	August 2018
Fassadentyp	Betonständerwerk ausgefacht mit Ziegelmauerwerk
Systemart	Wandgebunden – Flächige Konstruktion
Begrünungsfläche	832 m ²
Ausrichtung	Alle Himmelsrichtungen
Pflanzenart	Stauden, Gräser, Kleingehölze
Pflanzenmenge	13.000 Stück
Bewässerung	Automatische Bewässerung mit Tropfrohren
Pflege & Wartung	2x jährlich Pflegegänge (Herbst & Frühling), 1x jährlich Wartung der Bewässerungsanlage
Gewicht	30 kg/m ² , wassergesättigt

[74] [75]

3.12.1 Objektbeschreibung

Im August 2018 wurde die Grünfassade des Verwaltungsgebäudes der Osterrath GmbH in Bad Laasphe, Nordrhein-Westfalen fertiggestellt. Das Unternehmen stellt Stanzprodukte aus Metall her und legt einen hohen Wert auf Nachhaltigkeit und ökologisches Bewusstsein. Bereits die Dächer der Nebengebäude wurden von der GDL Belke GmbH begrünt. Darüber hinaus gewinnt die Firma 40 % ihrer Energie durch PV-Anlagen auf den Dächern der Produktionshallen und heizt ihre Betriebsgebäude ausschließlich mit regional nachwachsenden Rohstoffen.

Das Verwaltungsgebäude stammt aus dem Jahr 1910 und dessen Fassade wurde 1970 als Blechvorhangfassade ohne Dämmung konstruiert. Um das Gebäude optisch aufzuwerten und eine angenehme Atmosphäre für die MitarbeiterInnen zu erzeugen, sollte schließlich eine Fassadenbegrünung geplant werden. Das Projekt wurde bei der GaLa-Bau-Messe in Nürnberg vom Fachpublikum zur „BUGG-Fassadenbegrünung des Jahres 2018“ gewählt. [74]



Abb. 42: links: Luftaufnahme Grünfassade Osterrath GmbH © GDL Belke GmbH, Clemens Belke und rechts: Übersicht Grünfassade Osterrath GmbH © GDL Belke GmbH, Clemens Belke

Die Entscheidung für ein Begrünungssystem fiel auf ein Vlies-Substrat-System, welches eine ganzflächige Konstruktion ist und gut an die gegebene Fassade anpassbar war. Das System überzeugte außerdem durch seine Flexibilität, Leichtigkeit und durch bauphysikalische Vorteile. Aus der statischen Berechnung resultierte, dass das bestehende Ziegelmauerwerk nicht ausreichend tragfähig für die Begrünung war und sich daher die Notwendigkeit von Verankerungen herausstellte, die größtenteils mit Verbundmörtel ausgeführt wurden. Aufgrund der unregelmäßigen Maße des Gebäudes, wie zum Beispiel der Fenster, mussten die Planer die Grünfassade genau anpassen. Das Fassadenunternehmen stellte maßgeschneiderte, mit Aluminium beschichtete Bleche her und kantete diese entsprechend vor Ort. [74]

Wie bereits erwähnt verfügt das Vlies-Substrat-System über gute Dämmeigenschaften und daher ergaben bauphysikalische Berechnungen eine erforderliche Dämmstärke von lediglich 100 mm mit einer mineralischen Dämmung FDP2/Vs 035. An einigen Vorsprüngen wurde stattdessen ein Hochleistungsdämmstoff eingesetzt, der mit einer Stärke von nur 60 mm angebracht wurde. Das Vlies-Substrat-System besteht aus Verbundplatten, die als vorgehängte, hinterlüftete Fassade ausgeführt wurden. Auf diese nicht brennbaren Aluminiumverbundplatten mit mineralischem Kern wurden Vliese angebracht, die als Vegetationsträger dienen und das Substrat aufnehmen. [74]



Abb. 43: links: Nahaufnahme Pflanzen Living Wall © GDL Belke GmbH, Clemens Belke und rechts: Vlies-Substrat-System © GDL Belke GmbH, Clemens Belke

Zu Beginn wuchsen die Pflanzen hypotonisch im rückgefeuchteten Vlies, später jedoch auch mit Wurzeln im Substrat, welches eine hohe Wasserspeicherkapazität aufweist und das System durchgehend feucht hält. Auf der rundum begrünten Fassade des Verwaltungsgebäudes wachsen insgesamt rund 13.000 Stauden, Gräser und einige Gehölze. Es zeigte sich, dass die Pflanzen sehr dicht und schnell wuchsen – die im Frühjahr bepflanzten Fassadenbereiche zeigten bereits im Sommer 2018 einen flächendeckenden Bewuchs. Die Giebelseiten des Gebäudes wurden im

zweiten Durchgang im Juli und August bepflanzt und im Mai 2019 wurde ein ebenso dichter Bewuchs erreicht, wie in den anderen Abschnitten. Die entstandene Grünfassade wird geprägt durch eine abwechslungsreiche Struktur, Textur und Farbgebung der Pflanzen, welche sich in Form von Streifen über die Fassade ziehen. Die Verwendung von vielen immergrünen und wintergrünen Arten erzeugen das ganze Jahr über eine ästhetisch ansprechende Oberfläche. Ergänzt wird die wandgebundene Begrünung durch sommergrüne Pflanzen mit langen Blühzeiten. [74]

In der folgenden Abbildung ist eine Systemskizze der Vlies-Substrat-Fassadenbegrünung dargestellt, wie sie in ähnlicher Weise an der Fassade des Verwaltungsgebäudes der Osterrath GmbH ausgeführt wurde.

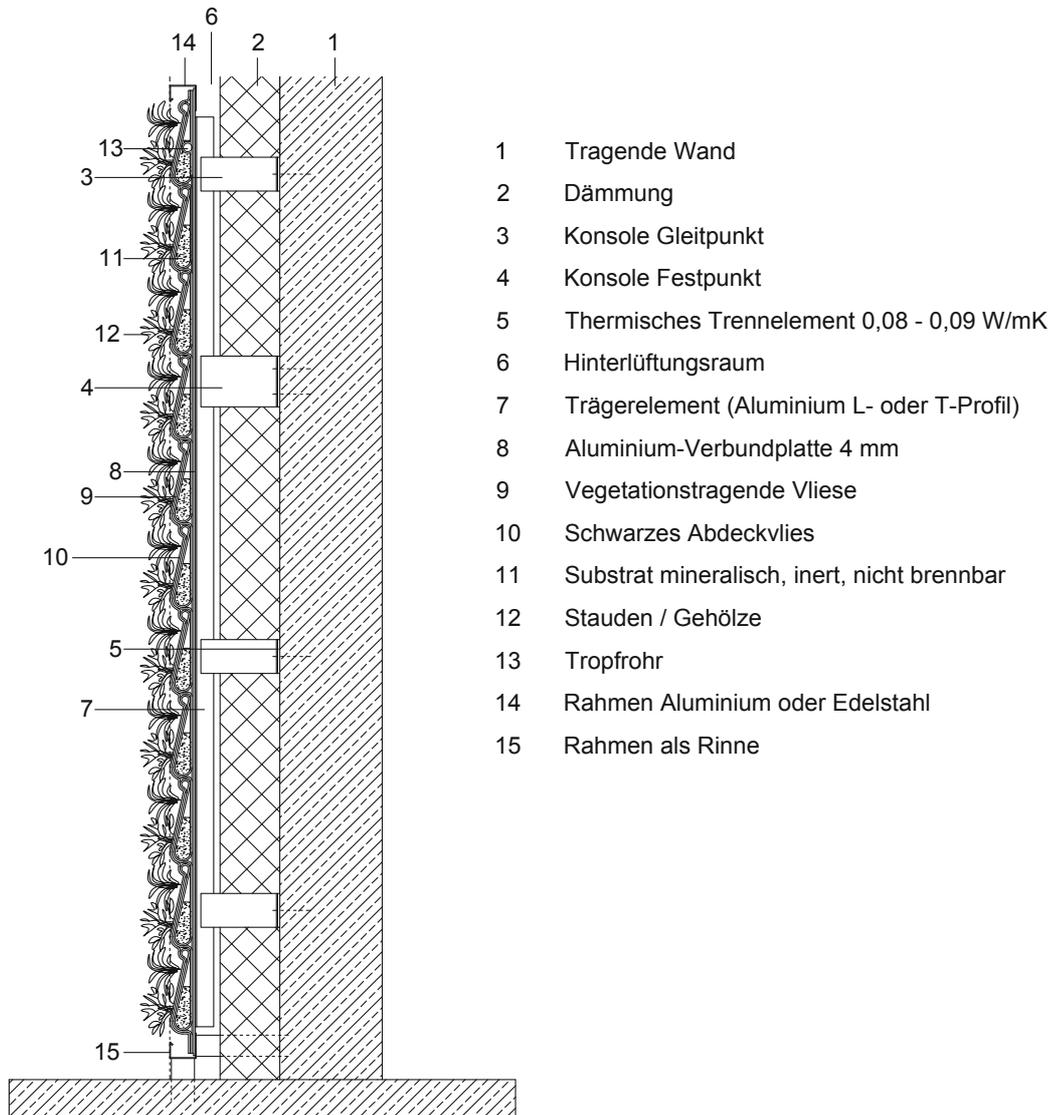


Abb. 44: Vlies-Substrat-System, eigene Darstellung © Vertiko GmbH [76]

Das Fassadensystem umfasst Tropfrohren, die über eine sich im Keller befindliche Bewässerungsanlage mit Wasser und Dünger versorgt werden. Das Bewässerungssystem kann per Fernzugriff über das Internet gesteuert werden und ist das ganze Jahr über aktiv. Mithilfe eines Sensors wird die Bewässerung bei Frosttemperaturen gestoppt und die Leitungen entleert, damit ein Platzen durch sich bildendes Eis verhindert wird. Bei Abweichungen der eingestellten Richtwerte in einer der insgesamt zwölf vorhandenen Bewässerungskreise werden Warnungen über eine App auf das Mobiltelefon der Errichter gesendet und es kann unverzüglich reagiert werden. Zweimal pro Jahr – im Herbst und im Frühling – erfolgen Pflegegänge, bei denen ein

Rückschnitt der Pflanzenfassade erfolgt und einzelne Pflanzen bei Bedarf ausgetauscht werden. Das Bewässerungssystem muss einmal jährlich gewartet werden. [74]

3.12.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Im vorangegangenen Kapitel wurde bereits deutlich, dass das Vlies-Substrat-System aufgrund seiner Flexibilität, seiner guten Dämmeigenschaften und der optischen Aufwertung der Fassade ausgewählt wurde. Weitere Vorzüge der Begrünung sind die Minderung von Temperaturextremen im Sommer und die Schalldämmung. Zur Befestigung des Begrünungssystems werden Konsolen verwendet, wobei sowohl feste als auch verschiebbliche Konsolen verwendet werden. Dies ist erforderlich, um Spannungen, die zum Beispiel durch Temperaturdehnungen entstehen, zu vermeiden. Um Wärmebrücken zu verhindern, werden thermische Trennelemente zwischen Konsole und Wand angebracht. Für diese wandgebundene Begrünung ist eine automatische Bewässerungsanlage erforderlich, die im Gebäude frostgeschützt untergebracht werden muss. Bei diesem Projekt befindet sich die Automatik im Keller des Verwaltungsgebäudes. Berücksichtigt werden muss dabei die Führung der Wasserleitungen. Durch die Pflanzen wird das Mikroklima verbessert, Feinstaub gebunden sowie ein Lebensraum für Flora und Fauna in einem urbanen Gebiet gestellt. [74] [77]

3.13 Zusammenfassung Fassadenbegrünung

Um die Fassadenbegrünungsprojekte besser in den Planungsleitfaden einbeziehen zu können, werden in der folgenden Tabelle wichtige Merkmale zusammengefasst. Die Zuteilung der Projekte zu einem Begrünungssystem erfolgt nach Kategorisierung der FLL. Wie bereits in Kapitel 3 erläutert, wird auch hier noch einmal auf den Unterschied zur Kategorisierung der ÖNORM L1136 hingewiesen.

Tabelle 5: Vergleich Merkmale und Ziele Fassadenbegrünungen

Projekt	Begrünungssystem nach FLL	Fassaden-typ	Neubau/ Sanierung/ Bestand	Merkmale Gebäude	Ziel
WUK (Kap. 3.1)	Bodengebunden – Selbstklimmer	Backstein-mauerwerk	Bestand	Innenhof 2.000 m ²	Vermutl. Ästhetik und Wohlbefinden
U1 Schacht Favoritenstr. (Kap. 3.2)	Bodengebunden – Selbstklimmer	Sichtbeton	Bestand	Freistehender Schacht	Ästhetik Nachhaltigkeit
Stadthaus M1 (Kap. 3.3)	Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear)	Stahlbetonskelettbauweise	Neubau	Keine Vorsprünge, Loggien 1.500 m ²	Nachhaltigkeit Ästhetik
PTH St. Georgen (Kap. 3.4)	Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig)	WDVS- Putzfassade	Neubau	Umgebende auskragende Fluchtbalkone 1.900 m ²	Absturzsicherung Ästhetik
Garden Tower (Kap. 3.5)	Mischform – wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (flächig)	Massiv, hoher Fensteranteil	Neubau	Umgebende auskragende Balkone 3.000 m ²	Ästhetik Absturzsicherung Vorbild Wohlbefinden Nachhaltigkeit

Stücki (Kap. 3.6)	Mischform – bodengebunden & wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (linear)	Massiv	Neubau	Auskragende Laubengänge 700 m ²	Ästhetik Wohlbefinden
Kö-Bogen II (Kap. 3.7)	Wandgebunden – Regalbauweise (linear)	Massiv	Neubau	Separate Tragstruktur für Tröge Neigung 40°	Ästhetik Nachhaltigkeit
Wienerberg D1 – MyHive (Kap. 3.8)	Wandgebunden – Regalbauweise (linear)	Massiv, Verkleidung wurde entfernt	Sanierung (Entfernung Verkleidung & Anbringung Dämmung)	Durchgehende Wandfläche 60 m ²	Ästhetik
Ashford Designer Outlet (Kap. 3.9)	Wandgebunden – Modulare Bauweise	Isolierputzfassade	Neubau	Entwurf auf Modulmaße abgestimmt 2.000 m ²	Ästhetik Vorbild Wohlbefinden Biodiversität Nachhaltigkeit
Metro Station Lausanne (Kap. 3.10)	Wandgebunden – Modulare Bauweise	Massiv	Neubau	Durchgehende Wandfläche Neigung 82° ~70 m ²	Ästhetik Image Nachhaltigkeit
Peter-Lamar-Platz (Kap. 3.11)	Wandgebunden – Modulare Bauweise	WDVS- Putzfassade, Neubau Unterkonstruktion	Sanierung (separate Tragkonstruktion)	Freistehende Giebelfassade 7 – 10° 130 m ²	Wohlbefinden Ästhetik Image
Osterrath (Kap. 3.12)	Wandgebunden – Flächige Konstruktion	Ziegelmauerwerk, Blechverkleidung wurde entfernt	Sanierung (Entfernung Verkleidung & Anbringung Dämmung)	Unregelmäßige Fassade mit Fenstern 830 m ²	Nachhaltigkeit Ästhetik Bauphysikalische Aspekte

Vergleicht man die Gegebenheiten der Projekte untereinander, ist zu erkennen, dass die wandgebundenen Systeme mit Kletterpflanzen in drei Fällen an auskragenden Balkonen installiert wurden. Bei dem Stadthaus M1 in Freiburg ist eine ebene Fassade mit Loggien und ohne Auskragungen vorhanden, wodurch die Edelstahlseile durchgehend von der Traufe bis zum Boden gespannt werden konnten. Zudem wurden die flächigen Kletterhilfen, also Gitternetze, gleichzeitig als Absturzsicherung für die Balkone verwendet.

Der große Vorteil einer wandgebundenen flächigen Konstruktion gegenüber einer modularen Bauweise ist die Anpassungsfähigkeit an beliebige Formflächen. Daher konnte das System für das Verwaltungsgebäude der Osterrath GmbH trotz ungleichmäßiger Fluchten gewählt werden. Die Module der modularen Bauweise haben Standardmaße, von denen nur im Spezialfall und mit Zusatzkosten abgewichen werden kann. Sowohl bei der Metro Station Lausanne als auch dem Projekt am Peter-Lamar-Platz stehen durchgehende Wandflächen ohne Durchbrüche zur Verfügung. Die Modulmaße der Living Wall wurden bereits bei der Planung des Ashford Designer Outlets bereits berücksichtigt und so konnten die Wandöffnungen unter Berücksichtigung des Begrünungssystems platziert werden.

Bei allen Projekten hatte die Fassadenbegrünung das Ziel das Gebäude optisch aufzuwerten. Im Vergleich zu einer Dachbegrünung, die man im Normalfall vom Boden aus nicht sieht, sind

Fassadenbegrünungen für BetrachterInnen auf der Straße immer präsent und geben dem Gebäude einen unverwechselbaren Charakter. Für die Bestandsgebäude das WUK und den U1 Schacht in der Favoritenstraße konnten die Selbstklimmer ohne zusätzliche stützende Maßnahmen angepflanzt werden. Die Systeme an den Bestandsgebäuden Wienerberg und Osterrath GmbH wurden vorgehängt hinterlüftet angebracht, wobei bei beiden Projekten vorher die Wandverkleidungen entfernt wurden. Auch das System am Peter-Lamar-Platz wurde vorgehängt hinterlüftet montiert, jedoch kam dort eine stützende Unterkonstruktion zum Einsatz, weshalb das Projekt als Sanierungsobjekt eingestuft wurde. Neubauten haben den Vorteil, dass die Planung des Entwurfs Hand in Hand mit der Planung des Begrünungssystems vorgenommen werden kann und beide Elemente so ideal aufeinander abgestimmt werden können.

4 Projekte Dachbegrünung

In diesem Kapitel werden acht unterschiedliche Dachbegrünungen internationaler Projekte beschrieben und hinsichtlich ihrer Funktion und Wirkung analysiert. Sortiert sind diese nach der in Kapitel 2.1.2 beschriebenen Systemart – intensiv, einfach intensiv und extensiv. Die örtliche Konzentration dieser Prestigegebäude liegt auf dem DACH-Raum, jedoch werden ebenfalls zwei Projekte außerhalb dieser Länder beschrieben. Zwei der Dachbegrünungen sind in Österreich, zwei in Deutschland, zwei in der Schweiz, eine in Tschechien sowie eine in den USA zu finden.

4.1 Wohngebäude Favoritenstraße Wien

Standort	Wien. AT
Bauherr	Steinbauer
Fertigstellung	Intensiv: 1998 Extensiv: 1989
Dachkonstruktion	Warmdach Intensiv: Massivkonstruktion Extensiv: Holzkonstruktion
Systemart	Intensiv & extensiv
Begrünungsfläche	170 m ²
Gefälle	0°
Pflanzenart	Intensiv: Rasen, Gräser, Kräuter, Sedum, Zwiebelpflanzen, Stauden, Sträucher, Kleingehölze, Bäume Extensiv: Sedum
Bewässerung	Intensiv: automatische Bewässerungsanlage Extensiv: keine künstliche
Pflege & Wartung	Intensiv: regelmäßig – Rückschnitt & Entfernung Fremdbewuchs Extensiv: Entfernung Fremdbewuchs & Gehölzsämlinge 1x jährlich

[17] [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022] [GRÜNSTATTTGRAU, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

4.1.1 Objektbeschreibung

Das Dachgeschoss des Gründerzeitgebäudes in der Favoritenstraße 50 wurde in den 90er Jahren ausgebaut und zu einem Flachdach ohne Neigung umgebaut. Im Zuge dessen plante und errichtete ein Fachbetrieb im Jahr 1998 einen intensiven Dachgarten, der mitten im 4. Wiener Gemeindebezirk eine wertvolle Grünfläche mit einer breit gefächerten Auswahl an Pflanzen darstellt. Der Zugang zu dem rund 150 m² großen Dachgarten erfolgt über die Wohnung bzw. die Büroflächen der Firma Steinbauer und GRÜNSTATTTGRAU, welche die Grünfläche privat sowie für Meetings nutzen können. Ebenfalls höhenversetzt befindet sich eine extensive Begrünung auf einem nicht begehbaren Teil des Daches, der von dem Dachgarten aus zu sehen ist. Dieser wurde im Jahr 1989 errichtet. [17] [78] [GRÜNSTATTTGRAU, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

Die extensive Begrünung befindet sich auf einer Holzkonstruktion, während der intensiv begrünte Bereich auf einer Massivkonstruktion geschaffen wurde. Für die Abdichtung wurden Kunststoffabdichtungsbahnen verwendet und der Aufbau erfolgte als Warmdach. [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]

In Abb. 45 ist ein Teil des intensiv begrünten Dachgartens im Winter sowie auch im Sommer zu erkennen. Er umfasst einen gepflasterten Terrassenbereich mit Sitzmöglichkeiten, einen klei-

nen Teich sowie Rasenflächen und dicht bepflanzte Beete. Der Aufbau erfolgte nach den Vorgaben der ÖNORM L1131 „Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken“ und beinhaltet eine 10 bis 15 cm starke Drainageschicht, welche die Bepflanzung durch einen vollflächigen Wasseranstau auch nach Niederschlägen mit Regenwasser versorgen kann. Das Substrat besteht aus einer Mischung von Ziegelsplitt und Humus und dessen Höhe variiert je nach Bepflanzung über die Dachfläche und erreicht dabei Höhen zwischen 30 und 80 cm.

Aus dem persönlichen Gespräch mit Herrn Steinbauer stellte sich heraus, dass es sich wahrscheinlich um ein Warmdach handle. Somit wäre der Aufbau von oben nach unten: Substrat, Filtermatte, Drainage, Kunststoffabdichtung (wurzelfest), Dämmung, Dampfsperre, Stahlbeton. [17] [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022] [GRÜNSTATTTGRAU, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]



Abb. 45: links: Intensive Dachbegrünung Winter und rechts: Intensive Dachbegrünung Sommer © GRÜNSTATTTGRAU [17]

Die Pflanzenauswahl der intensiven Dachbegrünung ist in Tabelle 6 aufgelistet. Darunter befinden sich Gräser, Kräuter, Sedum, Zwiebelpflanzen, Stauden, Sträucher, Kleingehölze sowie Bäume. Die meisten der gepflanzten Arten verlieren ihr Laub im Winter, daher ist in der linken Abb. 45 wenig Grün zu sehen.

Tabelle 6: Pflanzenliste Intensive Dachbegrünung Favoritenstraße 50, eigene Darstellung [78] [43]

Nr.	Name	Botanischer Name	Blütezeit	Laub	Standort
1	Japanischer Ahorn	Acer japonica	April – Mai (rot)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
2	Bambus	Bambuseae	-	Immergrün	Sonne bis Halbschatten
3	Buchs	Buxus sempervirens	März – April (gelb)	Immergrün	Sonne bis Schatten
4	Bartblume	Caryopteris x clandonensis	Aug – Sept (blau)	Sommergrün	Sonne
5	Japanische Zierquitte	Chaenomeles japonica	Mai – Juni (rot)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
6	Korkhasel	Corylus avellana	März – April (gelbgrün)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
7	Perückenstrauch	Cotinus coggygria	Juni – Juli (gelbgrün)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
8	Krokus	Crocus	Feb – April (blau)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
9	Ginster	Cytisus scoparius	Mai – Juni (gelb)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten

10	Forsythie	<i>Forsythia intermedia</i>	März – April (gelb)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
11	Storchschnabel	<i>Geranium sanguineum</i>	Mai – Juli (blau)	Wintergrün	Sonne
12	Efeu	<i>Hedera helix</i>	Sept – Okt (gelbgrün)	Immergrün	Sonne bis Schatten
13	Hyazinthe	<i>Hyacinthus</i>	April – Mai (rosa/blau)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
14	Stechpalme	<i>Ilex aquifolium</i>	Mai (gelb)	Immergrün	Sonne bis Schatten
15	Sumpfschwertlilie	<i>Iris pseudacorus</i>	Juni – Juli (gelb)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
16	Ranunkelstrauch	<i>Kerria japonica</i>	Juni – Juli (gelb)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
17	Lavendel	<i>Lavendula angustifolia</i>	Juli – Sept (blau)	Immergrün	Sonne
18	Zierapfel	<i>Malus spec</i>	April – Mai (rosa-weiß)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
19	Hopfenklee	<i>Medicago lupulina</i>	Mai – Okt (gelb)	Immergrün	Sonne bis Halbschatten
20	Traubenhyazinthe	<i>Muscari</i>	Aug – Okt (blau)	Wintergrün	Halbschatten
21	Narzisse	<i>Narcissus</i>	März – April (gelb/weiß)	Sommergrün	Sonne
22	Oregano	<i>Origanum vulgare</i>	Juli – Sept (rosa)	Wintergrün	Sonne
23	Felsennelke	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	Juni – Aug (weiß)	Sommergrün	Sonne
24	Zirbel-Kiefer	<i>Pinus cembra</i>	-	Immergrün	Sonne bis Halbschatten
25	Primel	<i>Primula</i>	Juni – Juli (gelb)	Sommergrün	Halbschatten bis Schatten
26	Mauerpfeffer	<i>Sedum album</i>	Juni – Aug (weiß)	Immergrün	Sonne
27	Weihenstephaner Gold	<i>Sedum floriferum</i>	Juli – Aug (gelb)	Immergrün	Sonne
28	Goldrute	<i>Solidago canadensis</i>	Mai – Aug (gelb)	Wintergrün	Sonne bis Halbschatten
29	Sommerspiere	<i>Spiraea japonica</i>	Juni – Sept (rosa)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
30	Flieder	<i>Syringa</i>	April – Juni (blau)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
31	Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	April – Mai (gelb)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
32	Eibe	<i>Taxus baccata</i>	-	Immergrün	Sonne bis Schatten
33	Tulpe	<i>Tulipa</i>	März – Mai (rot)	Sommergrün	Sonne
34	Schneeball	<i>Viburnum</i>	April – Mai (weiß)	Sommergrün	Sonne
35	Immergrün	<i>Vinca minor</i>	April – Mai (blau)	Immergrün	Sonne bis Schatten
36	Wein	<i>Vitis vinifera</i>	Juni – Juli (gelbgrün)	Sommergrün	Sonne

37	Weigelie	Weigela	Mai – Juni (rosa)	Sommergrün	Sonne bis Halbschatten
----	----------	---------	----------------------	------------	------------------------

Die Substrathöhe der extensiven Begrünung beträgt zwischen 8 und 12 cm. Im Gegensatz zur intensiven Begrünung wurde hier keine Drainageschicht angeordnet, da die Pflanzen keinen hohen Wasserbedarf haben. Die verschiedenen verwendeten Sedumarten sind in Abb. 46 im Winter sowie im Sommer abgebildet [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]



Abb. 46: links: Extensive Dachbegrünung Winter und rechts: Extensive Dachbegrünung Sommer © GRÜNSTATTGRAU [17]

Der intensiv begrünte Dachgarten verfügt über eine automatische Bewässerungsanlage, die die Pflanzen, wenn nötig, zusätzlich zur Wasseraufnahme von der Drainageschicht, mit Wasser versorgt. Der Besitzer führt in regelmäßigen Abständen Pflegemaßnahmen durch, darunter Zurückschneiden der Pflanzen sowie Entfernen von Fremdbewuchs. Die extensive Begrünung benötigt keine künstliche Bewässerung und wird einmal jährlich von Neophyten und Gehölzsämlingen befreit. [17] [78]

4.1.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die intensiv begrünte Dachfläche hat die Besonderheit, mitten im urbanen Gebiet eine Aufenthaltsfläche zwischen artenreichen Pflanzen zu schaffen. Damit ist eine erholsame Umgebung gegeben, die zur Erhöhung der Lebensqualität beiträgt und NachbarInnen zusammenbringt. Auch für Kleintiere bietet die Begrünung einen attraktiven Nahrungs- und Lebensraum. Vögel können sich in dem angelegten Teich baden und daraus trinken und laut Studien der BOKU sind auf diesem Dach über 30 Wildbienenarten zu finden. Die Biodiversität von Flora und Fauna wird durch die Auswahl von verschiedensten Pflanzenarten gefördert. Regenwasserspeicherung in den bis zu 80 cm hohen Substratschichten sowie in der Drainageschicht entlastet das städtische Kanalnetz und trägt durch Verdunstung zur spürbaren Kühlung der direkten Umgebung bei. Auch die Verschattung durch Kleingehölze und Bäume trägt zur Verbesserung des Mikroklimas bei. [17] [GRÜNSTATTGRAU, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

Sowohl die intensive als auch die extensive Dachbegrünung haben einen positiven Effekt für das Mikroklima, da eine das Flachdach stattdessen abdeckende Bitumenbahn beispielsweise eine viel wärmere Oberfläche erzeugen würde. Durch den Gründachaufbau wird darüber hinaus eine Dämmfunktion erzeugt, vor allem durch die hohen Substratstärken der Intensivbegrünung. Einen kleinen Beitrag leisten die Grünflächen außerdem zur Reduzierung der Feinstaubbelastung in der Luft. [GRÜNSTATTGRAU, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

4.2 SOLON Headquarter Berlin

Standort	Berlin, DE
Bauherr	SOLON SE
Architekt	SFA Schulte-Frohlinde Architekten
Landschaftsarchitekt	hochC Landschaftsarchitektur
Fertigstellung	2009
Dachkonstruktion	Umkehrdach mit WU-Beton
Systemart	Intensiv
Begrünungsfläche	3.000 m ²
Gefälle	Durchschnittlich 12°
Pflanzenart	Rasen, Stauden, Gehölze
Bewässerung	Regelmäßige Tröpfchenbewässerung mit Regenwasser
Pflege & Wartung	Regelmäßiger Schnitt & Düngung

[26, p. 222] [79]

4.2.1 Objektbeschreibung

Im Jahr 2009 wurde der neue Firmensitz des Solarenergieunternehmens SOLON SE im Bereich des Wissenschafts- und Technologieparks Adlershof in Berlin errichtet. Der Standort umfasst Produktion und Verwaltung eines der zu dem Zeitpunkt größten Solarmodulproduzenten Europas. Die Idee des Objektentwurfs war es, eine Aufenthaltsfläche für die 950 MitarbeiterInnen des Unternehmens zu schaffen sowie die Grünflächen als Teil und ebenso als Mittel zum Ausdruck eines energetisch vorbildlichen Konzeptes zu schaffen. [79] [80]



Abb. 47: links: Dachbegrünung SOLON Verwaltungsgebäude © SOLON, Manfred Jarisch [80] und rechts: Seitenansicht SOLON Verwaltungsgebäude © hochC Landschaftsarchitekten

Das intensiv begrünte Dach erstreckt sich über 3.000 m² und ist erreichbar über acht Erschließungskerne. Die geneigte Dachfläche setzt sich zum Großteil aus Rasenflächen zusammen, jedoch stehen ebenso Holzterrassen mit Sitzgelegenheiten zu Verfügung, auf denen die MitarbeiterInnen von SOLON arbeiten sowie ihre Pausen verbringen können. Die Zugänglichkeit der Holzterrassen und der Rasenflächen wird von den Erschließungskernen aus, über rasterförmig angeordnete Holzstege, ermöglicht. Das Dach umfasst ebenfalls eine Terrassenfläche mit Bar für Veranstaltungen sowie ein Wasserbecken umrandet von Sand (siehe Abb. 48 links). [79]



Abb. 48: links: Sandstrand und Wasserbecken © hochC Landschaftsarchitekten und rechts: Sitzmöglichkeiten und Rasenfeld mit Baumhügeln © ZinCo GmbH [79]

SOLON gehört zu den ersten Mitgliedern des Berliner Klimabündnisses und verpflichtet sich damit, ihren Beitrag zum Erreichen der CO₂-Reduktionsziele Berlins beizutragen. Demnach soll der CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2020 um mindestens 40 % gesenkt werden [81]. Um diesem Ziel nachzukommen, soll der Hauptsitz des Solarenergieunternehmens ein Vorbild darstellen. Für die Erwärmung der Innenräume wird die Abwärme aus der Produktion genutzt und zusätzlich Fernwärme ergänzt. Außerdem soll ein Biogas-Blockheizkraftwerk den gesamten Energiebedarf des Gebäudes abdecken und diese damit CO₂ neutral machen. Die überwiegend aus dem recycelbaren Rohstoff Holz gefertigten Fassadenelemente erzeugen eine nachhaltige Gebäudehülle und tragen dazu bei, den Heizwärmebedarf gering zu halten. Lediglich etwa 15 % des Stromverbrauchs werden durch PV-Anlagen gewonnen. Ein Großteil der angeordneten Solarzellen werden nämlich als Versuchsobjekte für neue Entwicklungen genutzt. Der Bauherr war bereits überzeugt von dezentralen Solarkraftwerken und setzte zudem die Aufenthaltsmöglichkeit auf dem Dach und damit den Komfort für die MitarbeiterInnen an erste Stelle. [80]

Die Aufbauten an verschiedenen Bereichen des Daches werden in Abb. 50 und Abb. 51 dargestellt. Ausgeführt wurde das Dach mithilfe einer 35 cm starken monolithischen WU-Beton-Platte, auf die ein Wurzelschutz und darauf eine Umkehrdämmung aus 16 cm Polystyrol verlegt wurde. Darüber ist ein wasserabweisendes, aber dampfdurchlässiges Trennvlies angeordnet, welches eine Diffusion von Wasserdampf aus der Dämmschicht nach außen hin ermöglicht. Die darüber platzierte ebenfalls dampfdurchlässige Drainageschicht aus Recycling-Hartschaum speichert versickertes Wasser und leitet dieses zu den Dachabläufen. Wie in Abb. 49 zu erkennen ist, befinden sich auf der Oberfläche des Dränelements Noppen, die das Abrutschen von Substrat an den geneigten Dachbereichen verhindert. [79]



Abb. 49: Schubswellen und Noppen des Dränelements © ZinCo GmbH [79]

Speziell für diese im Durchschnitt um 12° geneigten Flächen, fertigte das Dachbegrünungsunternehmen Schubswellen als Abrutschsicherung an, die auf der Dämmung alle 6 bis 10 m angeordnet und mit Stahlbolzen in der monolithischen Platte verankert wurden. Hier machte sich

der Vorteil der WU-Betonplatte bemerkbar. Der Kostenfaktor ist zwar höher als bei einer normalen Betonausführung, jedoch konnte eine Abdichtung der über 2850 durch Bolzen verursachten Durchdringungen vernachlässigt werden. Betrachtet man das Gesamtsystem rentiert sich in diesem Fall also das Umkehrdach mit WU-Beton. [79]

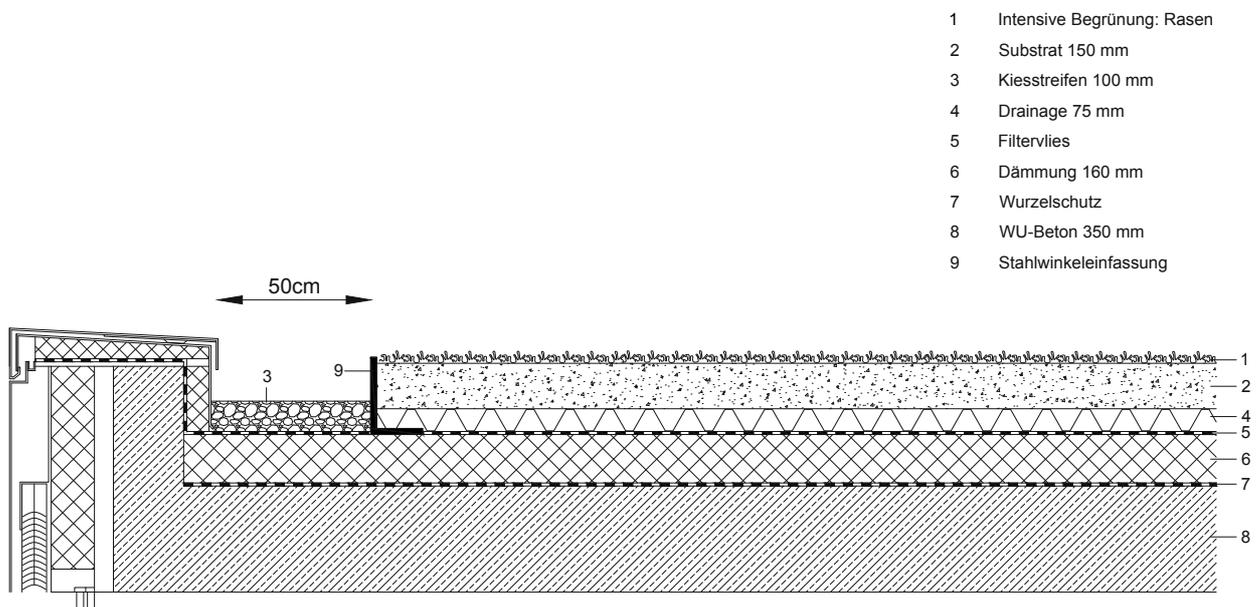


Abb. 50: Dachbegrünung SOLON Headquarter Rasen – Aufbau, eigene Darstellung © hochC Landschaftsarchitekten [26, p. 223] [82]

Abgesehen von den großen Rasenflächen, kamen im westlichen Bereich des Daches, in dem Sitzmöglichkeiten auf den Holzterrassen angeboten werden, auch Ziersträucher und Kleinbäume wie Felsenbirnen zum Einsatz. Um ausreichend Verwurzelungsraum zu bieten, wurde die Substratschicht dort auf 45 cm erhöht (siehe Abb. 51). Darüber hinaus wurden die Wurzelballen mit Baustahlgittern verankert, um eine ausreichende Stabilität gegen horizontale Windbelastung zu erreichen. [79]

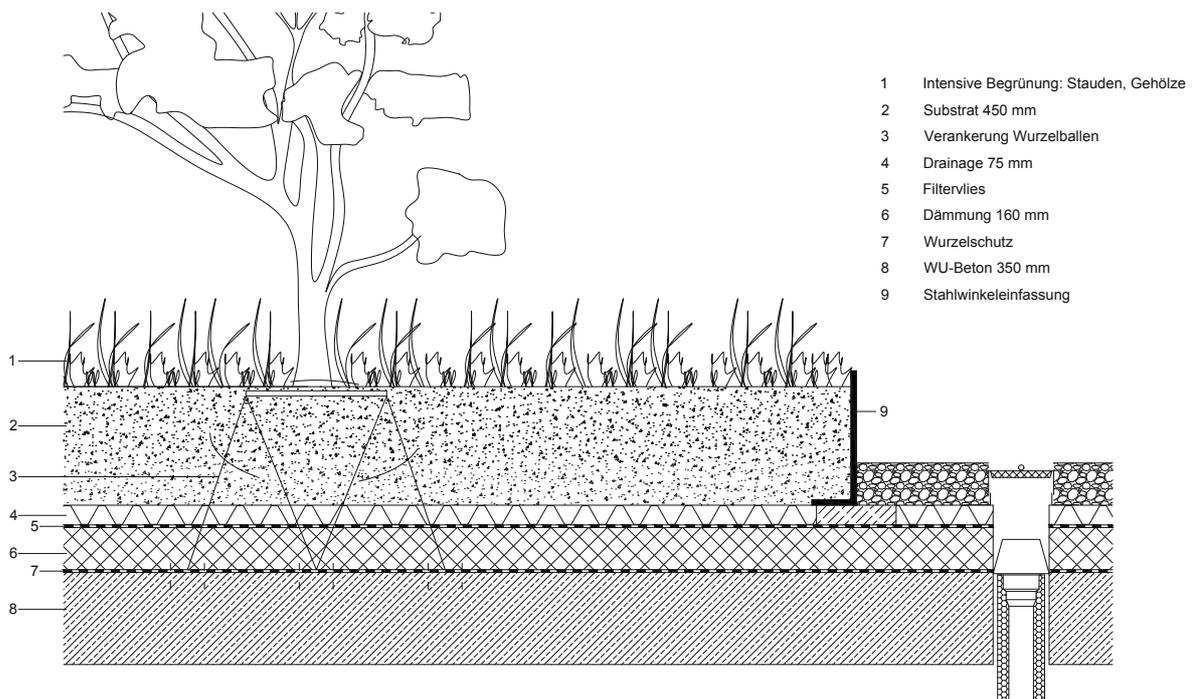


Abb. 51: Dachbegrünung SOLON Headquarter Hochbeet – Aufbau, eigene Darstellung © hochC Landschaftsarchitekten [26, p. 223] [82]

Für die regelmäßige Bewässerung erfolgt der Einsatz einer Tröpfchenbewässerung. Darüber hinaus muss die intensive Begrünung regelmäßig geschnitten bzw. gemäht sowie gedüngt werden. [79]

4.2.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die hochC Landschaftsarchitekten planten neben dem begrünten Dach auch die kompletten Außenanlagen und Innenhöfe und überlegten sich dafür ein nachhaltiges Konzept. Die Überlegungen zu den Außenanlagen werden in Kapitel 5.5 erläutert. HochC erläutert in einer persönlichen Kommunikation in erster Linie die Bedürfnisse des Bauherrn und der NutzerInnen erfüllen zu wollen. Daher erfolgte eine anspruchsvolle und nachhaltige Gestaltung, die repräsentativ für das Firmengebäude stehen soll und eine vielfältige Nutzung für alle MitarbeiterInnen ermöglicht. Der Fokus auf Nachhaltigkeit beeinflusste den Entscheidungsgang der Landschaftsarchitekten, eine intensiv begrünte Dachlandschaft zu gestalten, die einen großen Regenwasserrückhalt erlaubt. Darüber hinaus beinhaltet das Regenwasserkonzept Nutzungsmöglichkeiten von überschüssigem Wasser in und um das Gebäude. [hochC Landschaftsarchitekten, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

Der Substrataufbau des Gründaches speichert ca. 70 % des Regenwassers auf dem Dach. Die über die Sättigungsgrenze hinausgehende Menge an Wasser wird in einem Zisternensystem gesammelt und für die Tröpfchenbewässerung der Intensivbegrünung verwendet. Ferner wird es als Grauwasser zur Toilettenspülung, für die Füllung eines Wasserbeckens am Rande des Gebäudes sowie für die Gartenbewässerung benutzt. [79]

Die Dachbegrünung bewirkt des Weiteren eine sommerliche Kühlung des Gebäudes, vor allem im Sättigungsfall, durch einen adiabaten Kühlungseffekt. Außerdem hat die mindestens 15 cm dicke Substratschicht eine Dämmwirkung zur Folge und sie gleicht die Temperaturamplitude auf dem Dach aus, was ein angenehmes Klima für die MitarbeiterInnen im Sommer schafft. Im Vergleich zu anderen analysierten Dachbegrünungsprojekten verfügt dieses Dach hauptsächlich über eine weitreichende Rasenfläche. Bis auf einige Hochbeete mit Stauden und Gehölzen ist keine hohe Artenvielfalt gegeben, was die Biodiversität geringer hält. Die Felsenbirne ist beispielsweise nordamerikanischer Herkunft und die Ziersträucher dienen in erster Linie der Optik. Trotzdem hat jede Pflanze einen wertvollen ökologischen Effekt. [26, p. 222]

4.3 Stückli Einkaufszentrum Basel

Standort	Basel, CH
Bauherr	Credit Suisse AG Tivona Eta AG
Architekt	Diener & Diener Architekten
Landschaftsarchitekt	Fahrni und Breitenfeld GmbH Vogt Landschaftsarchitekten
Fertigstellung	Dezember 2010
Dachkonstruktion	Stahlbeton Skelettbauweise
Systemart	Intensiv & extensiv
Begrünungsfläche	31.000 m ² , davon 5.800 m ² intensiv
Pflanzenart	Sedum, Kräuter, Gräser, Stauden, Blumen, Hängepflanzen
Bewässerung	Keine künstliche
Pflege & Wartung	1x jährlich

[Fahrni und Breitenfeld GmbH, persönliche Kommunikation, 24.01.2022] [26, p. 218]

4.3.1 Objektbeschreibung

In Kapitel 3.6.1 ist die allgemeine Objektbeschreibung des Stücki Einkaufszentrums in Basel nachzulesen. Neben den Kletterpflanzen, die sich vor der Fassade an Edelstahlseilen hochranken, befindet sich auf dem Dach eine 31.000 m² große Dachbegrünung. Davon ist eine Fläche von 5.800 m² intensiv und der Großteil der Dachfläche extensiv begrünt. Damit zählt diese Dachbegrünung zu einer der größten in der Schweiz. [26, p. 218]

Ein Überblick des begrüntes Daches ist in Abb. 52 zu erkennen. Mittig sind 19 Lichtkuppeln vorhanden, die das Einkaufszentrum teilweise mit Tageslicht versorgen können. Auffällig ist, dass die Bepflanzung nicht einheitlich ist, sondern vielmehr, dass es rechteckige Felder mit unterschiedlicher Vegetation gibt.



Abb. 52: Gründach Stücki Einkaufszentrum © Erich Meyer/Diener & Diener Architekten [83]

In Basel herrscht bereits seit November 1999 eine Begrünungspflicht für ungenutzte Flachdächer ab einer Größe von 10 m² und bis zu einer Neigung von 10°. Dafür gibt es Förderungsprogramme und mehrere Normen, die als Hilfestellung für die Planung und Umsetzung von Dachbegrünungen dient. Dementsprechend musste das Dach des Stücki Einkaufszentrums begrünt werden und aufgrund seiner Größe wurden weitere Auflagen festgelegt, darunter eine Ausführung von unterschiedlichen Substratstärken. [84] [Fahrni und Breitenfeld GmbH, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

Die verschiedenen rechteckförmig realisierten Vegetationsflächen werden in Abb. 53 dargestellt. In Tabelle 7 sind die dazugehörigen Aufbauhöhen und Pflanzenarten angegeben. Die Vegetationsflächen A bis D sind extensive bzw. intensive Begrünungen, wobei der Übergang dieser Definitionen sehr fließend ist. Darüber hinaus sind streifenförmig an einem Rand des Daches Hängepflanzen angeordnet, die über die Traufe hinaus an Edelstahlseilen die Westfassade des Einkaufszentrums hinunterwachsen. Um das Dach neben der breit gefächerten Flora noch etwas biodiverser zu gestalten, wurden Holzstücke und grobe Steine auf das Dach befördert. Diese bieten einen Lebensraum für Insekten. [85]

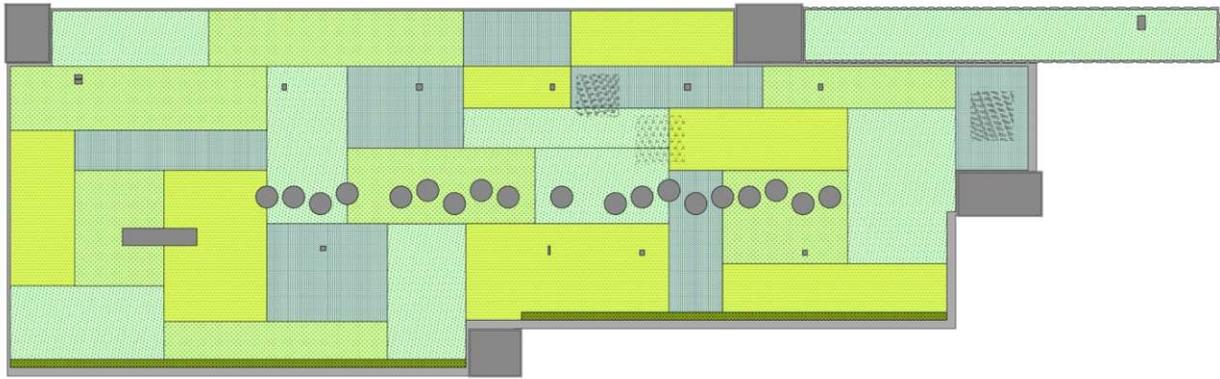


Abb. 53: Vegetationsflächen Dach Stücki Einkaufszentrum © Fahrni und Breitenfeld GmbH

Tabelle 7: Legende Vegetationsflächen, eigene Darstellung © Fahrni und Breitenfeld GmbH

	Vegetation A	Aufbauhöhe 8-9 cm, Kiessand 0/32 Kräuter und Sedumarten
	Vegetation B	Aufbauhöhe 13 cm, Kiessand 0/32 Gräser, Stauden, krautige Blütenpflanzen
	Vegetation C	Aufbauhöhe 17 cm, 12 cm Braunkies 0/32 Gräser, Stauden, Blumen, Sträucher
	Vegetation D	Aufbauhöhe 21 cm, 16 cm Braunkies 0/32 Gräser, Stauden, Blumen, krautige Blütenpflanzen
	Holzstücke	-
	Grobe Steine	-
	Intensive Dachbegrünung mit Hängepflanzen	Rankhilfe Edelstahlseile Wilder Wein, Chinesischer Blauregen

Die unterschiedlichen Vegetationsfelder auf dem Dach des Einkaufszentrums sowie die über den Dachrand hinausabhängenden Kletterpflanzen sind in Abb. 54 ersichtlich.



Abb. 54: links: Nahaufnahme Dachbegrünung © Fahrni und Breitenfeld GmbH und rechts: Hängepflanzen © Fahrni und Breitenfeld GmbH [26, p. 219]

Das gesamte Flachdach wurde zunächst mit einer 1,8 mm starken mehrschichtigen Kunststoffbahn mit Glasvlieseinlage abgedichtet, welche UV- sowie flammgeschützt ist und mit Heißluft verschweißt werden kann. In den Bereichen der Vegetation A wurde keine Drainageschicht verwendet, auf der Abdichtung befindet sich ein Schutzvlies und darauf der Kiessand mit einer Höhe von 8-9 cm. In den Vegetationsfeldern B bis D ist auf der Abdichtungsbahn eine beidseitig vlieskaschierte Drainageschicht verlegt. Das bietet den Vorteil, dass ein Zuschlämmen der Sickerschicht durch feine Bodenpartikel verhindert wird und Überschusswasser ungestört ablaufen kann. Eine weitere Lage von Vlies kann somit eingespart werden, daher wurde direkt auf dieses Produkt der Kiessand 0/32 bzw. Braunkies 0/32 verteilt. In Abb. 55 sind die Aufbauten der Vegetationen A bis D dargestellt. [85] [86] [87]

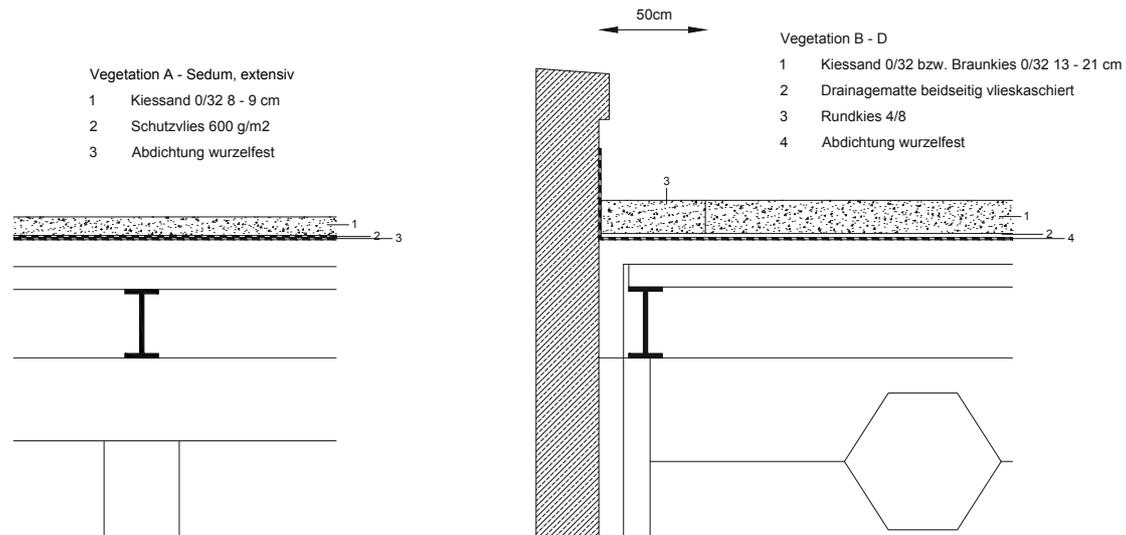


Abb. 55: Dachbegrünung Stücki Einkaufszentrum Vegetation A-D – Aufbau, eigene Darstellung
© Fahrni und Breitenfeld GmbH [85]

Im Randbereich, wo die Hängepflanzen angeordnet sind, kommt auf horizontaler Ebene eine 5 cm starke Drainplatte zum Einsatz, sowie in vertikaler Ebene an der Attika eine 2,5 cm starke Drainmatte. Die Drainelemente wurden abgedeckt mit einem Filtervlies aus Polyester, worauf im nächsten Arbeitsschritt 50 cm Dachgartensubstrat geschüttet wurde. [85]

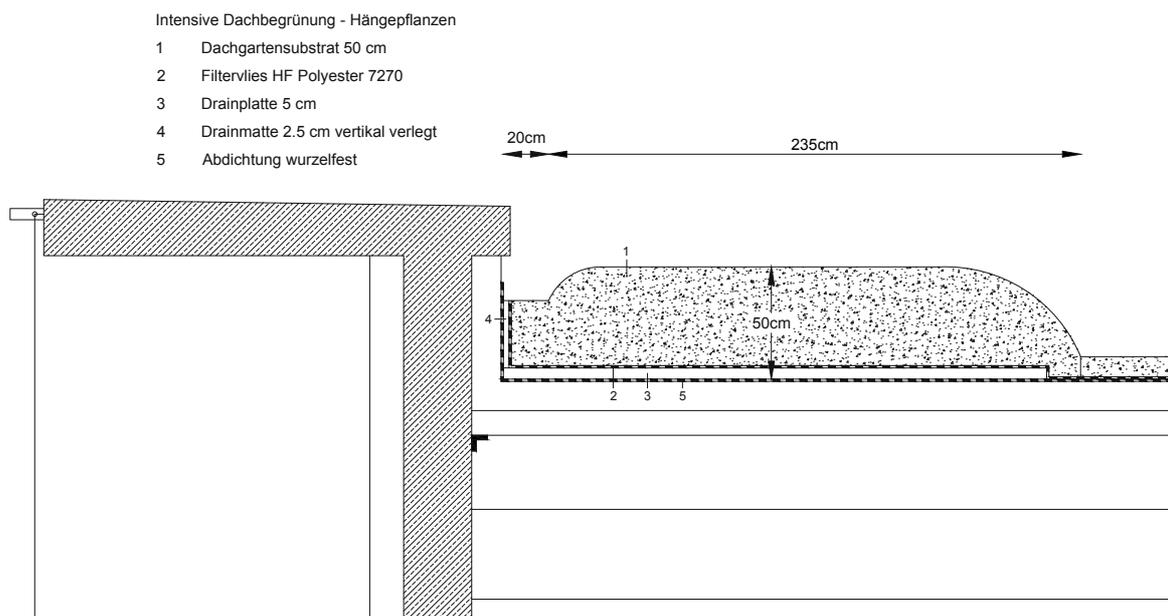


Abb. 56: Intensive Dachbegrünung (Hängepflanzen) Stücki Einkaufszentrum – Aufbau, eigene Darstellung
© Fahrni und Breitenfeld GmbH [85]

Auf dem Gründach des Einkaufszentrums ist kein Bewässerungssystem vorhanden, die Pflanzen kommen mit natürlicher Beregnung aus. Einmal jährlich wird das Dach betreten und eine Kontrolle der Vegetation durchgeführt. Dabei werden Neophyten und Gehölzsämlinge entfernt. Weitere erforderliche Eingriffe finden nur bei Bedarf statt. [Fahrni und Breitenfeld GmbH, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

4.3.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die Dachbegrünung wurde deshalb durchgeführt, weil sie als behördliche Auflage des Kantons Basel-Stadt vorgegeben war. Diese Festlegung in der Gesetzgebung wurde durchgesetzt, da Natur in den Siedlungsraum eingebunden werden soll und ökologische Ausgleichsflächen für die Errichtung eines Neubaus als erforderlich betrachtet werden. [84]

Im Vergleich zu versiegelten Oberflächen, heizt sich ein begrüntes Flachdach weniger stark auf und trägt dazu einen positiven Effekt für das Stadtklima bei. Darüber hinaus kann das 31.000 m² große Dach eine große Menge an Wasser speichern, nämlich bis zu 70 % des Niederschlagswassers. Diese Menge gelangt folglich nicht in das Kanalisationssystem Basels und entlastet es somit. Das überschüssige Wasser, welches das gesättigte Substrat nicht mehr aufnehmen kann, wird bei Starkregen zeitlich verzögert abgeleitet. Die 8 bis 21 cm hohen Aufbauten unterstützen in energetischer Hinsicht zudem die Gebäudekühlung in den Sommermonaten. [26, p. 218] [84]

Gewünscht waren unterschiedliche Substrataufbauten und diverse Pflanzenarten, um die Biodiversität ausgiebig zu fördern. Es wurde eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt, mit dem Ziel möglichst viele seltene Arten aus der Umgebung auf dem Dach wieder etablieren zu können. Die abwechslungsreiche Vegetation des Daches bietet einen Lebens- und Nahrungsraum für Wildbienen, Spinnen und Ödlandschrecken, letztere, die sich auf sandig-kiesigen Flächen heimisch fühlen. [88]

4.4 California Academy of Sciences San Francisco

Standort	San Francisco, Kalifornien, US
Bauherr	California Academy of Sciences
Architekt	Renzo Piano Building Workshop Stantec Architecture (ehem. Chong and Partners)
Landschaftsarchitekt	SWA Group Rana Creek Living Architecture
Fertigstellung	2008
Dachkonstruktion	Stahlträger & Beton
Systemart	Einfach intensiv
Begrünungsfläche	18.302 m ²
Gefälle	Bis 60°
Pflanzenart	Über 50 in Kalifornien heimische Pflanzen und weitere Arten, vor allem: Chile-Erdbeere (<i>Fragaria chiloensis</i>) & Kleine Braunelle (<i>Prunella vulgaris</i>)
Pflanzenmenge	1,7 Millionen
Bewässerung	Integriertes Bewässerungssystem für Trockenperioden im Sommer und das Anwachsen der Pflanzen
Pflege & Wartung	Geringer Aufwand

[89] [90] [91]

4.4.1 Objektbeschreibung

Das Loma-Prieta-Erdbeben im Jahr 1989 führte zu Schäden an den zwölf Gebäude im Golden Gate Park in San Francisco, in denen die Academy of Sciences untergebracht war. In Folge wurde entschieden, die bestehenden Objekte zurückzubauen und die Akademie in einem einzelnen neuen Gebäude unterzubringen. So entstand im Jahr 2008 das neue Gebäude, entworfen von den Architekten Renzo Piano Building Workshop in Kooperation mit der damaligen Firma Chong and Partners. Die Entwicklung des Designkonzeptes erfolgte im Einklang mit dem Leitbild der Academy of Sciences „To Explore, Explain and Protect the Natural World“. [89] [92]

Die Stahlträger-Beton-Konstruktion wird überspannt von einem etwa 18.000 m² mit einheimischen Pflanzen begrüntem hügeligen Dach, das an die sieben großen Hügel von San Francisco erinnern soll [93]. Mit dieser Ästhetik scheint die Akademie mit dem Golden Gate Park zu verschmelzen. Unter dem Dach sind ein Aquarium, Planetarium und öffentliche Ausstellungsräume beherbergt, die jährlich eine Menge an BesucherInnen anziehen. [89]

Die Ausbeulungen auf dem Dach sind mit kreisrunden Lichtkuppeln ausgestattet, um das Innere des Gebäudes mit natürlichem Sonnenlicht zu versorgen. Darüber hinaus sind die Fenster mit Wärmesensoren ausgestattet, mithilfe dessen sie sich bei Erreichen einer bestimmten Temperatur automatisch öffnen und das Gebäude abkühlen. Unter den beiden großen Kuppeln befinden sich das Planetarium und eine Regenwaldausstellung. Eine Aussichtsterrasse auf dem begrüntem Dach ermöglicht den vielzähligen BesucherInnen eine genauere Betrachtung des geschwungenen Pflanzenteppichs. [91]

Das lebende Dach wird umrandet von einem Glasdach aus 60.000 Solarzellen, die pro Jahr rund 213.000 Kilowattstunden Energie erzeugen und damit bis zu 10 % des Strombedarfs der California Academy of Sciences abdecken. [91]



Abb. 57: Überblick Gründach Academy of Sciences © SWA Group [93]

Das neue Akademiegebäude ist ein Vorbild für nachhaltiges Design und verkörpert das Leitbild der Institution. Im Vordergrund steht Wasser- und Energieeffizienz, natürliches Licht, natürliche Belüftung, Umweltqualität in Innenräumen und nachhaltiges Standortmanagement. Nach Möglichkeit wurden recycelte Baumaterialien verwendet und nicht nur auf dem Gründach, sondern auch in der umgebenden Landschaft, kommen einheimische Pflanzen zum Einsatz. [89]

Diese Designaspekte führten dazu, dass die Akademie die höchstmögliche US-amerikanische Umweltbewertung erhielt, die Platin-Bewertung in *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*. In den folgenden Bereichen wurde die Akademie unter anderem ausgezeichnet:

- Wassereffiziente Landschaftsgestaltung – eine Einsparung von 50 % durch die Verwendung von gesammeltem oder wiederaufbereitetem Standortwasser

- Reduzierung des Wasserverbrauchs – eine Einsparung von 76,9 % durch die Wiederverwendung von Grauwasser; Toiletten, Küchenspülen und Duschen mit niedrigem Wasserverbrauch
- Optimierung der Energieleistung – eine Einsparung von 34 % durch natürliche Belüftung, Wärmerückgewinnung, Verdrängungslüftung, externe Beschattung, reduzierte Beleuchtungsdichte und Tageslichtsteuerung
- Sammlung von Wertstoffen – Bereitstellung von Recycling-Sammel- und Lagereinrichtungen für die gesamte Akademie
- Management von Bauabfällen – Vermeidung der Deponierung von mehr als 22.906 Tonnen vor Ort anfallender Abfälle
- Recycelte Materialien – 14,8 % der gesamten Baumaterialien wurden unter Verwendung von recycelten Materialien hergestellt
- Emissionsarme Materialien – alle Innenanstriche, Kleb- und Dichtstoffe, Holzverbundwerkstoffe und Teppichböden erfüllen VOC-Grenzwerte [94]



Abb. 58: Nahaufnahme Hügel mit Luken © SWA Group [93]

Speziell für dieses Projekt entwickelte Paul Kephart, der leitende Designer des Gründaches von Rana Creek, zusammen mit Kurt Horvarth von Intrinsic Landscaping ein modulare, biologisch abbaubares Gründachsystem (siehe Abb. 59). Rana Creek lieferte rund 50.000 Stück der 45x45 cm großen Pflanzschalen, die aus Kokosfasern von den Philippinen hergestellt wurden. [91]

Auf gleicher Ebene befindet sich ein Gitter aus Gabionenkanälen, das einerseits für die Wasserableitung sorgt und andererseits die gepressten Pflanzschalen stützt. Die Pflanzen werden in den Kokosfaserschalen in einer Gärtnerei gezüchtet und anschließend händisch in das Gabionenraster gesetzt. Die Schalen bilden eine vorübergehende Stützstruktur, bis sich die Pflanzen gut etabliert haben. Anschließend zersetzen sie sich und ermöglichen den Wurzeln sich auszubreiten und eine starke pflanzliche Schicht zu bilden. [89] [93]

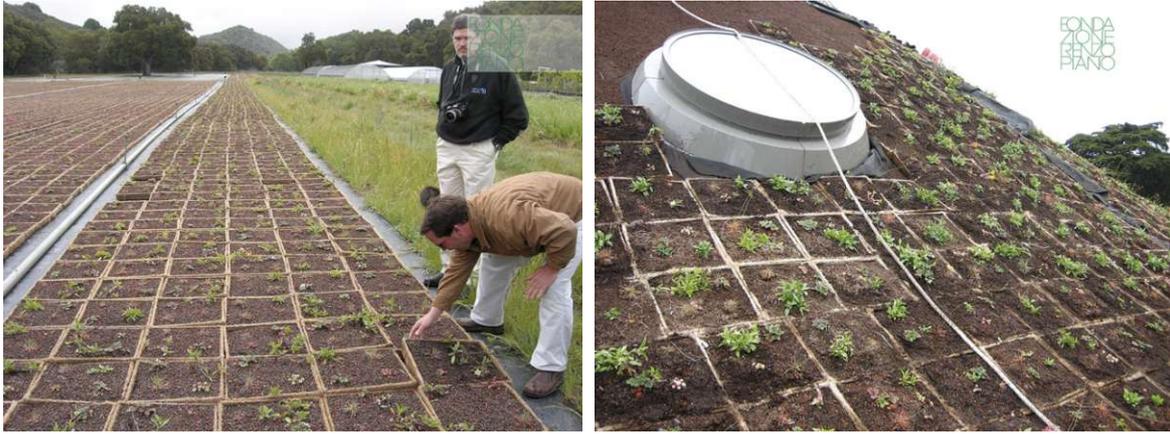


Abb. 59: links: Aufzucht in Pflanzenschalen © RPBW - Renzo Piano Building Workshop Architects [90] und rechts: Pflanzenschalen installiert © RPBW - Renzo Piano Building Workshop Architects [90]

Die Dachabdichtung besteht aus einem monolithischen, gummierten Heiasphalt. Drainageplatten ermglichen den Wasserrückhalt in eiförmigen Strukturen und die Ableitung von überschüssigem Wasser durch kleine Löcher in das Regenwassersystem des Gebäude. Von dort aus gelangt das Regenwasser in unterirdische Wassertanks neben dem Gebäude. Diese Tanks können das Wasser nach Bedarf in den Grundwasserleiter einbringen oder es für die Bewässerung auf dem Dach in trockenen Sommermonaten bereitstellen. [89]

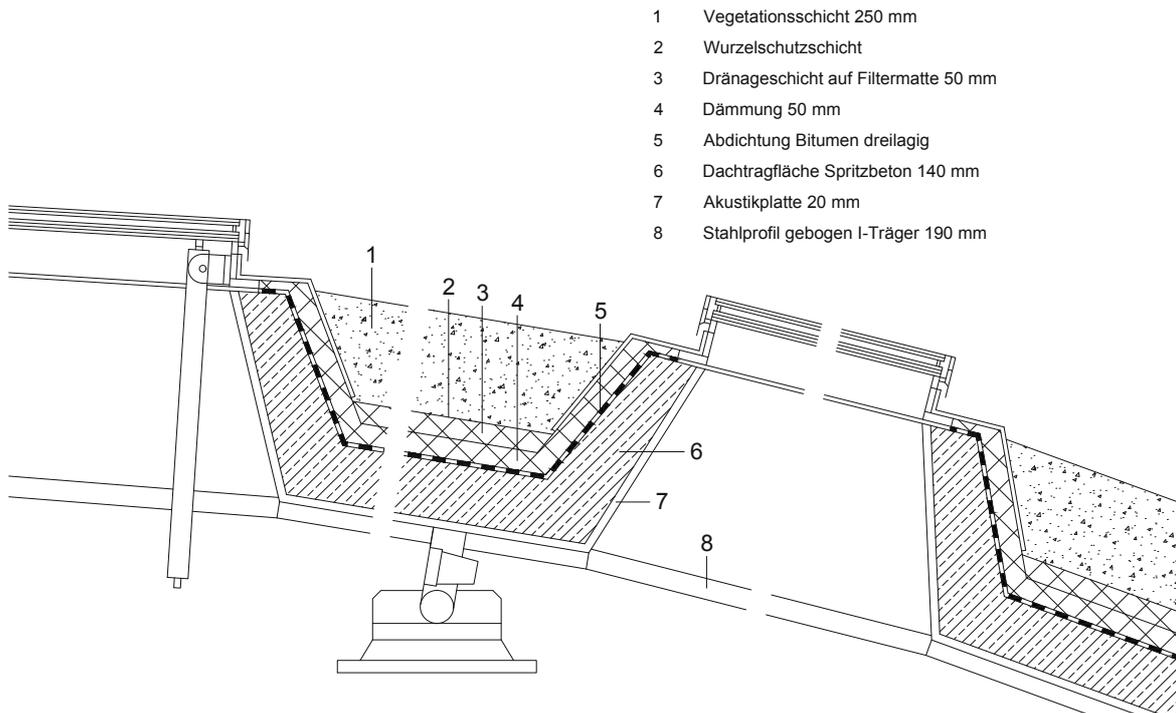


Abb. 60: Dachbegrünung California Academy of Sciences – Aufbau, eigene Darstellung © Renzo Piano Building Workshop/Stantec Architecture, DETAIL Business Information GmbH [95]

Das hügelige Dach verfügt an einigen Stellen über Steigungen von bis zu 60° und macht es daher zu einer Herausforderung, die richtigen Pflanzen zu wählen. Daher wurden umfangreiche Versuche durchgeführt und zahlreiche Arten getestet. Ein Modell des Dachhgels wurde in Originalgröße hergestellt, um die Verankerungssysteme und das mehrschichtige Boden-Drainagesystem zu testen. Es wurden viele Arten von Gräsern und Kräutern auf ihre Leistungsfähigkeit und ihr attraktives Erscheinungsbild über ein ganzes Jahr ohne Bewässerung, Düngung und Pflege untersucht. Plötzliche, starke Regenfälle gefolgt von Dürreperioden sind typisch für das Klima von San Francisco. Die meisten in dieser Region typischen Pflanzen gehen bei trockene-

nem Wetter in Vegetationsruhe. Nach dem umfangreichen Testprozess fiel die Entscheidung auf neun einheimische kalifornische Pflanzenarten, die trockenresistent sind und grundsätzlich keine künstliche Bewässerung benötigen. Diese Auswahl ist in Tabelle 8 nachzulesen. [89] [92] [93] [96]

Tabelle 8: Pflanzenliste California Academy of Sciences [96]

Nr.	Name	Botanischer Name	Blütezeit	Standort
1	Chile-Erdbeere	<i>Fragaria chiloensis</i>	Juni – Juli	Sonne bis Halbschatten
2	Kleine Braunelle	<i>Prunella vulgaris</i>	Juni – Okt	Sonne bis Halbschatten
3	Strand-Grasnelke	<i>Armeria maritima</i>	Mai – Juni	Sonne
4	Fetthenne	<i>Sedum spathulifolium</i>	Mai – Juni	Sonne
5	Weißspitzchen	<i>Layia platyglossa</i>	Juni – Okt	Sonne
6	Zwerglupine	<i>Lupinus bicolor</i>	Juni – Aug	Sonne
7	Kalifornischer Mohn	<i>Eschscholzia californica</i>	Juni – Okt	Sonne
8	Wegerich	<i>Plantago erecta</i>	Mai – Sept	Sonne
9	California Goldfields	<i>Lasthenia californica</i>	April – Mai	Sonne

Zusätzlich zu diesen einheimischen Arten wurden auf dem Dach verschiedene Wildblumen ausgesät, die einen farblichen Kontrast bilden. Insgesamt befinden sich über 50 verschiedene einheimische Wildblumen und andere Arten auf dem Gründach der Akademie. Die Vielfalt und Kombination der unterschiedlichen Pflanzenarten machen die Bepflanzung biologisch stabiler. Die Pflanzen sind folglich weniger anfällig für Krankheitserreger und saisonale Störungen. Sie bilden eine durchgehende Vegetationsmatte, oberflächlich wie auch unter der Oberfläche, mit einer durchgehenden Wurzelmasse. [89] [91]

Im Substrat befindet sich ein Bewässerungssystem, das die Pflanzen ursprünglich während der Anzuchtphase und in den ersten trockenen Sommermonaten mit Wasser versorgen sollte. Die Planung sah vor, die Bewässerungssysteme zu entfernen und das Gründach im Sommer trockenfallen zu lassen, wie es auch in der Umgebung üblich ist. Allerdings steht die Dachfläche zur Schau für die zahlreichen BesucherInnen und ist ikonisch geworden, sodass die Pflanzen weiterhin bei Bedarf bewässert werden und das grünbunte Bild durchgehend erhalten bleibt. Pflege und Wartung fallen minimal aus, was auch eine Voraussetzung bei der Pflanzenauswahl war, da die steilen Hügel nur schwierig erreicht werden können. [89] [96]

4.4.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Das großflächige Gründach der California Academy of Sciences speichert 93 % des Niederschlagswassers und verhindert somit jährlich einen Abfluss von 13,2 Millionen Liter Wasser in das Kanalsystem. Außerdem ermöglicht das Regenwassersystem ebenfalls ein Einleiten des Wassers zurück in den Grundwasserleiter. [93] [96]

Neben dem Bonus der Regenwasserregulation, hat die Dachbegrünung eine hohe Kühlwirkung durch Verdunstungsleistung und Verschattung. Der Substrataufbau und die dichte Begrünung bietet eine hervorragende Isolierung und verringert die Innentemperatur um 5,6°C. Die Dachoberfläche bleibt ebenso um rund 22° C kühler als bei einem Bitumendach, was dem städtischen Wärmeinseleffekt entgegenwirkt. Darüber hinaus wird der tieffrequente Lärm um etwa 40 dB verringert. [91]

Die verschiedenen blühenden Pflanzen bieten einen Lebensraum und eine Nahrungsquelle für viele lokal angesiedelte Tiere, wie Bienen, Wespen, Schmetterlinge, Vögel und weitere Insekten. Das Dach leistet einen Beitrag für das Ökosystem der Umgebung, indem es die Biodiversität fördert. Die Pflanzen locken folgende Tierarten an: die Beeren der Chile-Erdbeeren locken eine Reihe von einheimischen Vögeln an, die Braunelle bildet röhrenförmige Blüten aus, die Hummeln und Kolibris anlocken. Die Blüten der Strand-Grasnelken sind attraktiv für Schmetterlinge,

sowie auch der Nektar der Fetthennen, der zusätzlich den bedrohten San-Bruno-Elfenfalter anzieht. Wespen und Wanzen ernähren sich von den Schädlingen, die sich auf den Weißspitzchen niederlassen. Zwergglupinen und der kalifornische Mohn liefern Nektar für Bienen und Schmetterlinge, der kalifornische Wegerich beherbergt eine Vielzahl von Schmetterlingslarven und die leuchtend gelben Blüten der Goldfield-Pflanze ziehen heimische Nutzinsekten an. So können die MuseumsbesucherInnen neben einer beeindruckenden Vielfalt an Blumen und Pflanzen ebenfalls besondere Kleintiere entdecken. [91] [96]

4.5 Residenz Central Park Prag

Standort	Prag, CZ
Bauherr	Central Park Praha Development s.r.o.
Architekt	A69 Architects
Landschaftsarchitekt	AED Project
Fertigstellung	2009
Dachkonstruktion	Massiv
Systemart	Extensiv
Begrünungsfläche	3.000 m ² , 1.000 m ² davon von mit vorgestelltem Aufbau
Gefälle	45°
Pflanzenart	Sedum, Kräuter, Gräser
Bewässerung	Automatische Tröpfchenbewässerung im Substrat
Pflege & Wartung	Fachgerechte Pflege und Wartung
Investitionskosten	Mit Vegetationsmatte ab ca. 74 €/m ²
Gewicht	120 kg/m ² , wassergesättigt

[97] [98] [99] [100]

4.5.1 Objektbeschreibung

Das im Jahr 2009 umgesetzte Projekt Central Park Prag besteht aus mehreren modernen und hochwertigen Wohntürmen und dreigeschossigen Reihenhäusern am Fuße der Türme. Das Besondere dieses Entwurfs war es, die Gebäude in Einklang mit dem angrenzenden Park zu bringen und ein auffälliges, naturnahes Erscheinungsbild auszuarbeiten. Daher erforderte der Entwurfsprozess Spezialisten aus den Bereichen Architektur, Stadtplanung und Landschaftsbau, die ihre Ideen vereinten. Die Türme wurden in Ziegelmauerwerk-Skelettbauweise mit großen Fensterflächen gebaut und ermöglichen den Anwohnern durch umlaufende Loggien einen umfassenden Fernblick. [97]

Der ästhetisch wertvolle Übergang zwischen den Reihenhäusern und dem Park wurde durch abgeschrägte Dächer hergestellt, die extensiv begrünt sind und mit der Rasenfläche des Parks verschmelzen (siehe Abb. 61). Eine Fläche von rund 3.000 m² in Hanglage wird von einer dichten Extensivbegrünung abgedeckt, davon etwa ein Drittel mit einem System mit Vegetationsmatte. [101]



Abb. 61: Central Park Prag © Ester Havlova [97]

Für die Dachneigung von ca. 45° musste ein spezielles Begrünungssystem her, das Vorkehrungen gegen das Abrutschen des Substrats beinhaltet. Aus diesem Grund wurden für die Schubsicherung Träger und Schwellen aus verrottungsbeständigem Recycling-Kunststoff angeordnet, zwischen die leichtes Substrat gefüllt wurde (siehe Abb. 62). Bei einer Neigung zwischen 30 und 45° beträgt der Abstand der Schubsicherungsschwellen 25 cm. Auf die Dachkonstruktion wurde eine wurzelfeste Dachabdichtung angeordnet und darüber ein Struktur- und Speichervlies mit Wasserspeicher- und Dränfunktion. Darauf befinden sich in Rasterform angelegt die Schubschwellen und -träger, dessen dazwischen entstandenen Kammern mit leichtem Extensivsubstrat verfüllt wurden. Zuletzt wurden einzelne Stücke der vorkultivierten Vegetationsmatte eng nebeneinander auf die ebene Substratschicht verteilt. Dies erfolgte aufgrund der steilen Steigung unter Anseilen der Fachkräfte. Das direkte Auftragen der Vegetationsmatte stellte sicher, dass die Optik des Gründaches auf Anrieb vorhanden ist und nicht auf das Anwachsen der Bepflanzung gewartet werden muss. [98] [99]



Abb. 62: Schubsicherung Schrägdach © Optigrün international AG [100]

In Abb. 63 ist eine Systemskizze von einem Schrägdach mit dem ausgeführten Schubsicherungssystem dargestellt.

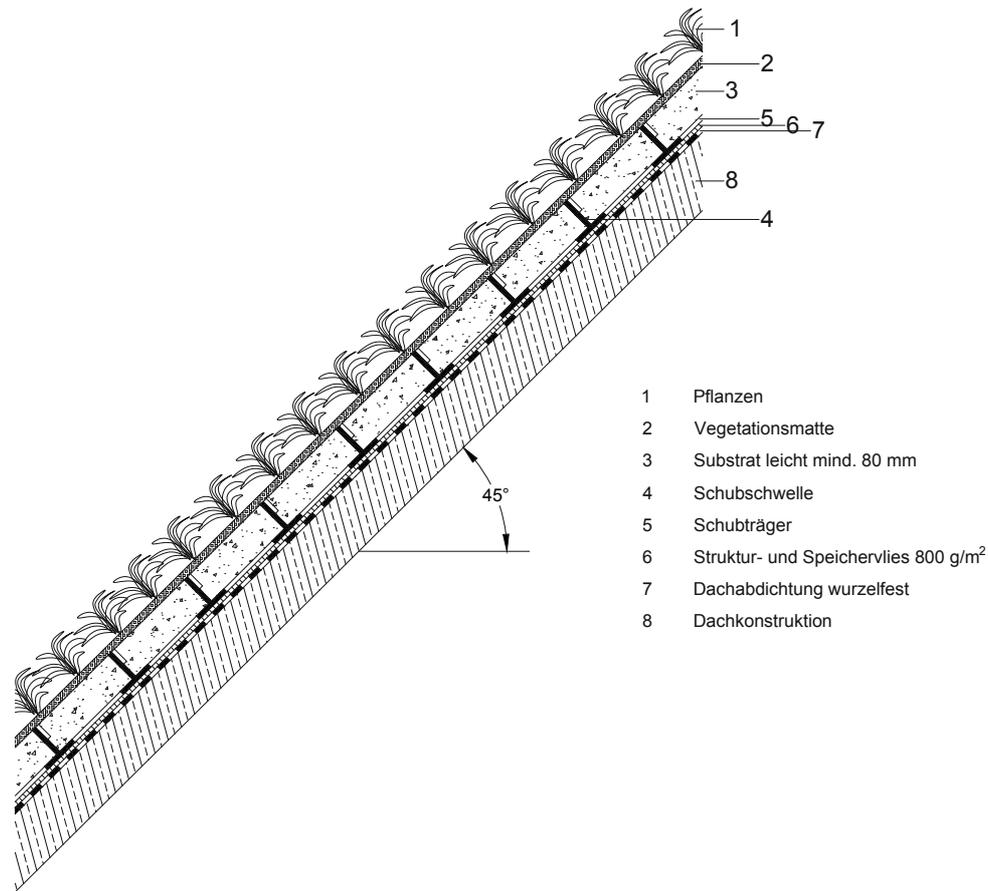


Abb. 63: Schrägdach mit Schubsicherungssystem, eigene Darstellung © Optigrün international AG [102]

In Abb. 64 ist der blühend bunte Pflanzenteppich auf den Reihenhausdächern, bestehend aus einer Sedum-Kräuter-Gräser-Vegetation, abgebildet. Diese extensive Begrünung benötigt in der Regel keine künstliche Bewässerung. Da in diesem geneigten Fall das Regenwasser jedoch nicht lange in der Substratschicht sowie im Vlies gehalten werden kann, ist eine automatische Bewässerung erforderlich. An den Schubschwellen sind daher Tropfschläuche angebracht, die für eine ausreichende Bewässerung sorgen. Gelegentliche Pflege- und Wartungsarbeiten durch Fachpersonal sorgt für ein gepflegtes Bild der Begrünung. [98]



Abb. 64: Schrägdachbegrünung Central Park Prag © Optigrün international AG [103]

4.5.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die Dachbegrünung der Residenz Central Park in Prag macht den Gebäudekomplex aus und verankert es im Kopf der BetrachterInnen. Wie bereits beschrieben, erfolgt durch die Bepflanzung die direkte Einbindung an den angrenzenden Park. Eine Regenwasserrückhaltung erfolgt bei diesem Projekt lediglich in geringem Maße, da keine Drainageschicht vorhanden ist und die Substratschicht relativ gering ausfällt. Die dichte Sedum-Kräuter-Gräser-Bepflanzung beeinflusst das Mikroklima durch ihre natürliche Verdunstungswirkung, kühlt dadurch das Gebäude im Sommer und vermindert die Temperaturamplitude auf der Dachoberfläche. Zudem schützt der zusätzliche Aufbau die Dachabdichtung und verlängert ihre Lebensdauer. Darüber hinaus erfüllt die Begrünung eine lärmreduzierende Funktion. [104]

4.6 M2 Metro Station Lausanne-Flon

Standort	Lausanne, CH
Bauherr	Métro Lausanne Ouchy sa Transports Lausannois Stadt Lausanne
Architekt	Bernard Tschumi Architects M+V Merlini & Ventura Architects
Landschaftsarchitekt	Jean-Jacques Borgeaud
Fertigstellung	Mai 2008
Dachkonstruktion	Warmdach, Stahlbeton Skelettbauweise
Systemart	Extensiv
Begrünungsfläche	285 m ²
Gefälle	8° bzw. 22°
Pflanzenart	Felsen-Efeu „Sagittifolia“ (Hedera helix “Sagittifolia”) Golderdbeere (Waldsteinia geoides) Immergrüne Schleifenblume (Iberis sempervirens) Großblättriger Frauenmantel (Alchemilla mollis)
Pflanzenmenge	9.250 Stück, 25 Stück/m ²
Bewässerung	Keine künstliche
Pflege & Wartung	Entfernung Fremdvegetation

[26, p. 220] [32, p. 24] [65] [66]

4.6.1 Objektbeschreibung

Die Optik des Kundenzentrums an der M2 Metro Station Lausanne-Flon wurde bereits in Kapitel 3.10.1 beschrieben. Das Hauptmotiv für die Begrünung dieses Objektes waren ästhetische Gründe, die Begrünung sollte auffallen und einen Wiedererkennungswert schaffen. Wie in Abb. 65 zu erkennen ist, verlaufen um das Gebäude herum eine Fußgängerbrücke sowie eine hochgelegene Straße. Da man von dort einen Überblick über das gesamte Kundenzentrum hat, sollte auch das Dach in optisch attraktiver Weise gestaltet werden.



Abb. 65: Dachbegrünung M2 Metro Station Lausanne-Flon © Guilhem Vellut [105]

Wie auch an der Fassade wurden vier verschiedene Pflanzenarten verwendet und streifenförmig angeordnet. Die vier Arten sind der Felsen-Efeu, Golderdbeeren, Immergrüne Schleifenblumen sowie der Großblättrige Frauenmantel, welche ein Bild von unterschiedlichen Grüntönen erzeugen.

Der auskragende Bereich des Daches wurde ungedämmt ausgeführt, während der das Zentrum überdachende Bereich mit Dämmung geplant wurde. Dementsprechend wurde auf dem Großteil der Stahlbetondecke eine Dampfsperre ausgelegt, worüber sich eine druckfeste Dämmschicht von 14 cm Höhe befindet. Darüber kommt eine Dichtungsbahn, Wurzelschutz, 8 cm Drainageschicht und zuletzt eine 15 cm hohe Substratschicht, in der die extensive Begrünung wächst (siehe Abb. 66). Das verwendete Substrat hat einen hohen Mineralanteil und besteht aus 30 % Torf, 20 % Rindenhumus, 10 % Schwarzerde, 15 % Kompost, 5 % Ton sowie zu 20 % aus 4-10 mm Blähton. Der auskragende Teil des Daches ist beginnend mit der Dichtungsbahn gleich aufgebaut wie der andere Bereich, jedoch ist die Substratschicht mit 28 cm stärker ausgeführt. [26, p. 221] [65]

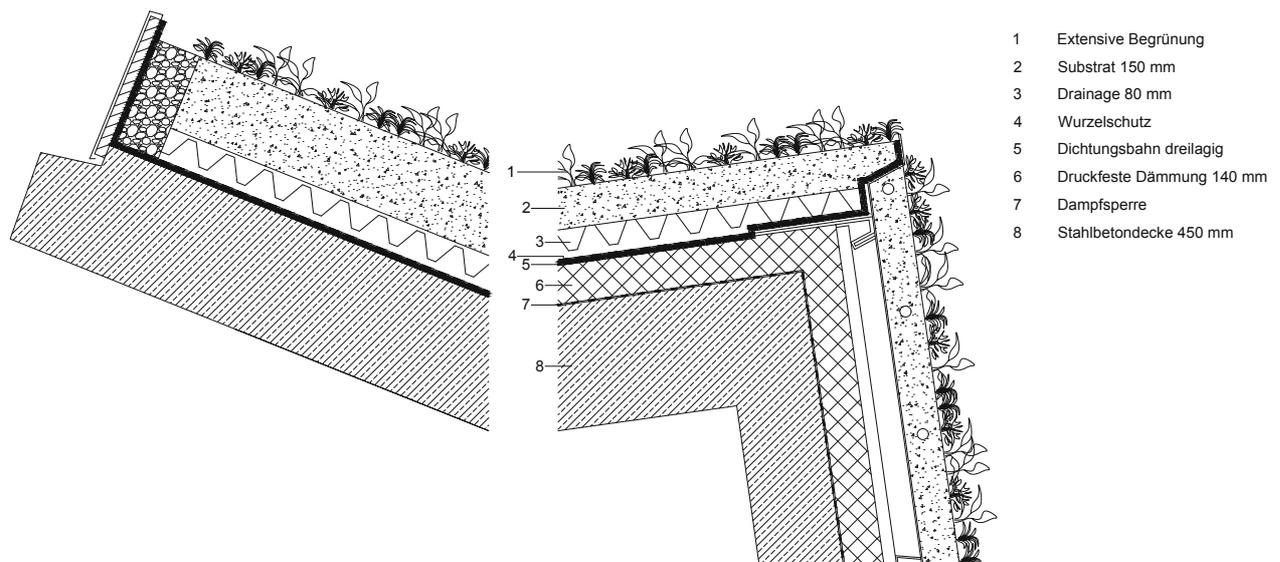


Abb. 66: Dachbegrünung M2 Metro Station Lausanne-Flon – Aufbau, eigene Darstellung © Bernard Tschumi und Merlini & Ventura [26, p. 221] [65]

Ein künstliches Bewässerungssystem, wie bei der Fassadenbegrünung, ist auf der Dachfläche nicht vorhanden. Wie bei allen Extensivbegrünungen muss in regelmäßigen Abständen Fremdbewuchs entfernt werden, um ein gepflegtes Bild zu wahren. Erreicht werden kann das Dach über eine ausziehbare Leiter. [26, p. 221] [65]

4.6.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

In Kapitel 3.10.2 werden die positiven Effekte der Begrünung auf Gebäudeebene sowie die Umwelt betreffend erläutert. Diese gelten sowohl für die Vertikal- als auch für die Horizontalbegrünung. Das Dach hat durch seine horizontale Lage jedoch die weitere Möglichkeit des Regenwasserauffangens. Das überschüssige Niederschlagswasser wird in der unterhalb der Vertikalwand angeordneten Zisterne aufgefangen und für die Bewässerung der Fassadenbegrünung wiederverwendet. Es ist ein Wassertank vorhanden, der 30 m³ fasst und das Wasser zwischenspeichern kann. Regenwasser wird zurückgehalten, wiederverwertet und nicht abgeleitet, was das Kanalsystem entlastet und außerdem verhindert, dass mit Dünger vermischtes Wasser in Gewässern landet. [65]

4.7 Institutsgebäude PTH St. Georgen Frankfurt

Standort	Frankfurt am Main, DE
Bauherr	Philosophisch-Theologische Hochschule St. Georgen e.V.
Architekt	Kissler + Effgen Architekten BDA
Landschaftsarchitekt	BIERBAUM. AICHELE.landschaftsarchitekten
Fertigstellung	Juni 2004
Dachkonstruktion	Warmdach, Stahlbeton
Systemart	Extensiv
Begrünungsfläche	2.740 m ²
Gefälle	2 %
Pflanzenart	Sedum, Kräuter, Gräser
Bewässerung	Keine künstliche
Pflege & Wartung	2-3x jährlich
Investitionskosten	aktuell 40 – 50 €/m ²

[26, p. 210][37] [PTH St. Georgen, persönliche Kommunikation, 25.02.2022]

4.7.1 Objektbeschreibung

Das Konzept des Institutsgebäudes der PTH St. Georgen ist im Kapitel 3.4.1 nachzulesen. Um die sich in den Park eingliedernde Ästhetik des Gebäudes abzurunden, wurde die gesamte Dachfläche extensiv begrünt (siehe Abb. 67).



Abb. 67: Dachbegrünung PTH St. Georgen © Nicole Pfoser [26, p. 211]

Der Dachaufbau ist in Abb. 68 dargestellt. Das Gebäude schließt nach oben mit einer 40 cm starken Stahlbetondecke ab. Diese wird mit einer Dampfsperre abgedeckt, um die Diffusion von Wasserdampf in die darauf liegende Gefälledämmung zu verhindern. Auf der mindestens 10 cm hohen Gefälledämmung befindet eine dreilagige Dichtungsbahn. Darauf wurde eine druckfeste Dämmung von 6 cm angeordnet, folgend eine Wurzelschutzbahn und zuletzt eine 8 cm hohe Substratschicht. Die Pflanzenwahl betreffend kamen hauptsächlich Sedumpflanzen zum Einsatz, sowie einige Kräuter und Gräser. [26, p. 211] [PTH St. Georgen, persönliche Kommunikation, 25.02.2022]

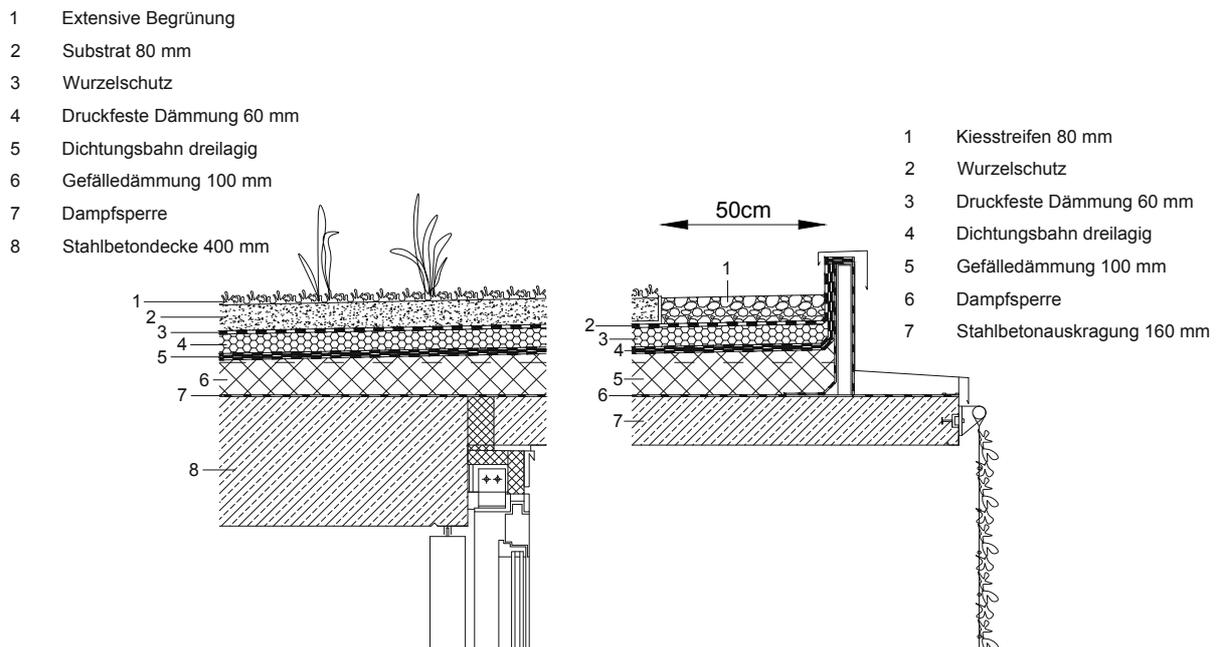


Abb. 68: Dachbegrünung PTH St. Georgen – Aufbau, eigene Darstellung © Kissler + Effgen Architekten BDA [26, p. 211]

Die hier vorhandene klassische Extensivbegrünung benötigt lediglich in der Anwuchsphase und bei ungünstiger Witterung eine künstliche Bewässerung, im Normalfall reicht der natürliche Niederschlag aus. Daher ist kein Bewässerungssystem vorhanden. Seit der Errichtung des Gebäudes wurde die Dachbegrünung zweimal jährlich gepflegt. Dabei werden Gehölze und Fremdbewuchs entfernt. Aufgrund von Bestandsumbildungen und optischen Ansprüchen sollen ab dem Jahr 2022 jedoch drei Pflegegänge pro Jahr durchgeführt werden. [PTH St. Georgen, persönliche Kommunikation, 25.02.2022]

4.7.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Die 8 cm hohe Substratschicht der extensiven Begrünung ist nicht sehr hoch, jedoch fängt die 2.740 m² große Dachfläche eine Menge an Niederschlagswasser auf und speichert dieses. Ein Vorteil einer kombinierten Dach- und Fassadenbegrünung ist es, dass Wasser auf dem Dach aufgefangen und anschließend dem Bewässerungssystem für die Fassadenbegrünung zugeführt werden kann. In diesem Projekt ist genau dies der Fall, das Regenwasser wird zwischengespeichert und für das automatische Bewässerungssystem der bodengebundenen Gerüstkletterpflanzen wiederverwendet. [37]

Weitere Vorteile dieser Begrünung sind eine verlängerte Lebensdauer der Abdichtungsbahn durch eine Minimierung von Temperaturschwankungen auf dem Dach, eine Staub- und CO₂-Bindung der Vegetation, eine Kühl- und Verdunstungsleistung, welche im Sommer ein angenehmeres Klima in den Innenräumen erzeugt sowie die Förderung der Biodiversität durch das Schaffen eines Ersatzlebensraumes für Flora und Fauna. [PTH St. Georgen, persönliche Kommunikation, 25.02.2022]

4.8 Biodiversitätsdach Kindergarten Ried Koblach

Standort	Koblach, Vorarlberg, AT
Bauherr	Gemeinde Koblach
Architekt	Marte.Marte Architekten
Fertigstellung	April 2021
Dachkonstruktion	Stahlbeton bzw. Holz
Systemart	Extensiv
Begrünungsfläche	1.000 m ²
Gefälle	2 %
Pflanzenart	Autochthones Saatgut, Magerwiese
Bewässerung	Keine künstliche
Pflege & Wartung	1x jährlich Entfernung Gehölze und invasiver Neophyten
Investitionskosten	26 €/m ² (Oberbodenaufbau) – 46 €/m ² (Ziegelsubstrataufbau, Drainageschicht & Spritzbegrünung)

[Gemeindeamt Koblach, persönliche Kommunikation, 25.01.2022] [106]

4.8.1 Objektbeschreibung

Das Biodiversitätsdach des Kindergartens Ried in Koblach ist eines der drei bisher umgesetzten Begrünungsmaßnahmen im Zuge des interreg-Projektes Bürger-Bienen-Biodiversität. Das Ziel dieses Vorhabens war es, auf öffentlichen Gebäuden in Vorarlberg Ersatzlebensräume für Flora und Fauna zu erzeugen und somit Vorzeigeprojekte zu schaffen, die zur Umsetzung weiterer Biodiversitätsdächer in der Bodenseeregion und darüber hinaus animieren soll. [106]

Das Tragwerk des Kindergartens wurde in der Planungsphase bereits so bemessen, dass eine nachträgliche Ergänzung eines zweiten Stockwerkes möglich ist. Daher lief die zusätzliche Planung des extensiv begrüntes Daches problematisch ab. Dieses Pilotprojekt beinhaltet unter anderem Begrünungsaufbauten, welche nicht standardmäßig der ÖNORM entsprechen. Sie wurden ohne Drainageschicht ausgeführt, der Humus wurde direkt auf ein Schutzvlies aufgebracht. Die Vegetation auf dem Dach wird laufend mit einem Monitoring aufgezeichnet und über mehrere Jahre von der Firma pulswerk GmbH analysiert. [pulswerk GmbH, persönliche Kommunikation, 14.01.2022]



Abb. 69: Biodiversitätsdach Kindergarten Ried © Gemeindeamt Koblach

In Abb. 70 sind die drei verschiedenen Aufbauten auf dem Dach des Kindergartens skizziert. Auf der blauen Fläche wurde der Oberbodenabtrag, der für den Bau des Kindergartens angefallen ist, wiederverwendet und zur Hälfte mit Sand abgemagert. Die Humus-Sand-Mischung wurde ohne Drainageschicht direkt auf ein Schutzvlies aufgetragen. Im grünen Bereich wurde der reine Oberboden des Abtrages verwendet und ebenfalls direkt auf das Vlies aufgebracht. Die Substratstärken betragen jeweils 12 cm, zusätzlich wurden Humusanhäufungen angeordnet, die bis zu 25 cm hoch sind. Diese bieten einen möglichst natürlichen Lebensraum für Insekten, genauso das Aufbringen von Totholz. Die gelben Flächen stellen einen Systemaufbau dar, wie er herkömmlich nach ÖNORM mit Drainageschicht aufgebaut ist und mit 6-8 cm mineralischem Ziegelrecyclingsubstrat abgedeckt wird. Kiesstreifen quer über die Dachfläche verteilt und vor allem in den Randbereichen dienen zum besseren Abfluss von Regenwasser und leiten dieses bei Überschuss zu den Abflüssen. [pulswerk GmbH, persönliche Kommunikation, 14.01. und 19.01.2022] [106]

Die Zielvegetation des Biodiversitätsdaches ist eine Magerwiese, wie sie in der Region um Koblach herum üblicherweise vorkommt. Daher wurde autochthones Saatgut verwendet, welches mit einem speziellen Gerät zerstörungsfrei aus den lokalen Wiesen gewonnen wurde. Mit diesem Gerät werden die Pflanzen abgebürstet und die Samen gelangen anschließend in einen Fangkorb. Anschließend wird das Saatgut getrocknet und kann dann auf dem Dach angesät werden. Die Ernte schont nicht nur die Pflanzen, sondern auch die Insekten, welche in diesen Wiesen heimisch sind. [106]

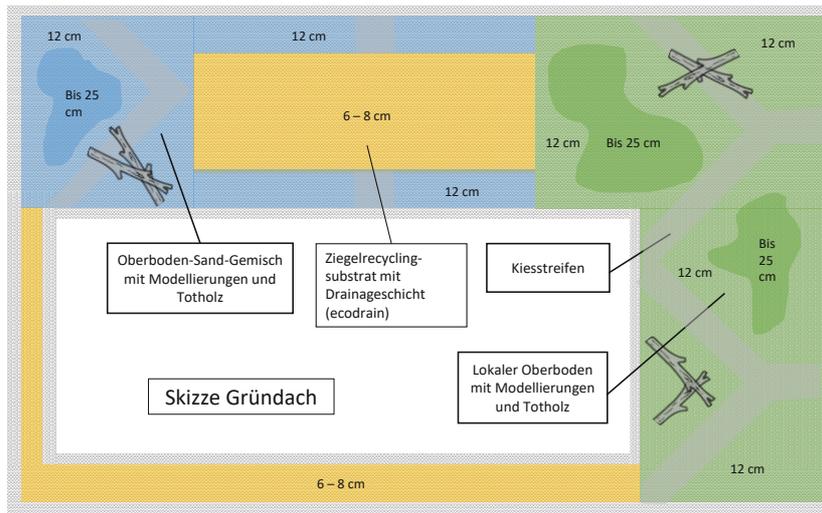


Abb. 70: Aufbauten Biodiversitätsdach © pulswerk GmbH

Im Bereich der rechteckigen gelben Fläche in Abb. 70 gibt es einen abweichenden Aufbau aufgrund der Anordnung einer Photovoltaik-Anlage. Eine solche Anlage in Kombination mit einem Biodiversitätsdach stellt eine Herausforderung dar, da ohne spezielle Maßnahmen Probleme auftreten. Ordnet man nämlich die PV-Anlage auf einer begrünten Fläche mit Humusschüttung an, ist die Beschattung unterhalb vegetationstechnisch problematisch und des Weiteren rinnt Regenwasser von den Modulen gesammelt auf eine Linie hinunter. Dort entsteht rund um die PV-Paneele ein extremer Aufwuchs, sodass die Module rundum von Pflanzen überwachsen werden. Alternativ kann daher Ziegelsubstrat verwendet werden, mit dem das Potential aus ökologischer Sicht jedoch in geringster Weise ausgeschöpft wird. Es entsteht ein zu extremer Standort, kaum Insekten finden sich ein, es etablieren sich lediglich wenige Pflanzen, die zudem meist nur bedingt heimisch sind. Um für diese Probleme einen Mittelweg zu finden, kann die PV-Anlage entweder aufgeständert und die Humusschicht etwas höher ausgeführt werden, oder die Module werden kompakt in der Mitte des Daches auf eine Ziegelsubstratschicht aufgestellt. Dazu können Sedumarten und typische, nicht starkwüchsige Dachkräuter angesät werden sowie in den Randbereich Erdmaterial verwendet werden. [pulswerk GmbH, persönliche Kommunikation, 14.01.2022]

Letztere Variante kam auf dem Biodiversitätsdach des Kindergartens Ried zum Einsatz, wie es in Abb. 71 erkennbar ist. Es wurde zugekauft mineralisches Ziegelrecyclingsubstrat verwendet und trockenresistente Dachkräuter sowie übliche Sedumarten angesät. [pulswerk GmbH, persönliche Kommunikation, 14.01.2022] [106]



Abb. 71: links: Dachfläche Ziegelrecyclingsubstrat © Gemeindeamt Koblach und rechts: PV-Anlagen © Gemeindeamt Koblach

In Abb. 72 sind die Aufbauten der drei verschiedenen Dachbereiche dargestellt. Auf der Stahlbeton- bzw. bereichsweise BSH-Platten-Decke ist zunächst eine wasserundurchlässige Abdichtung mittels Flämmplatte zweilagig hergestellt worden, die oberste Lage davon wurzelfest. Als nächster Schritt wurde das Dach über 48 Stunden lang geflutet und damit die Dichtheit der Dachhaut überprüft. Facharbeiter verlegten auf der Abdichtung ein Schutzvlies, auf welches als nächstes die Kiesstreifen geschüttet wurden. Mit einem Greifer wurde der lokale, vorher zwischengelagerte Oberboden auf das Dach gebracht und händisch verteilt, während das Ziegelbruchmaterial im Bereich der PV-Anlagen und des Randstreifens mit einem Schlauch direkt auf das Dach befördert wurde. Im nächsten Zug erfolgte das Aufbringen von Totholz aus lokalen Waldgebieten sowie die Verteilung des Saatgutes entweder direkt oder mittels Spritzverfahren. Letztere Vorgangsweise bietet durch die Vermischung des Saatgutes mit Wasser, Zellulose und natürlichem Kleber den Vorteil, dass es nicht verweht wird und eine homogene Verteilung ermöglicht wird. [Gemeindeamt Koblach, persönliche Kommunikation, 25.01.2022] [106]

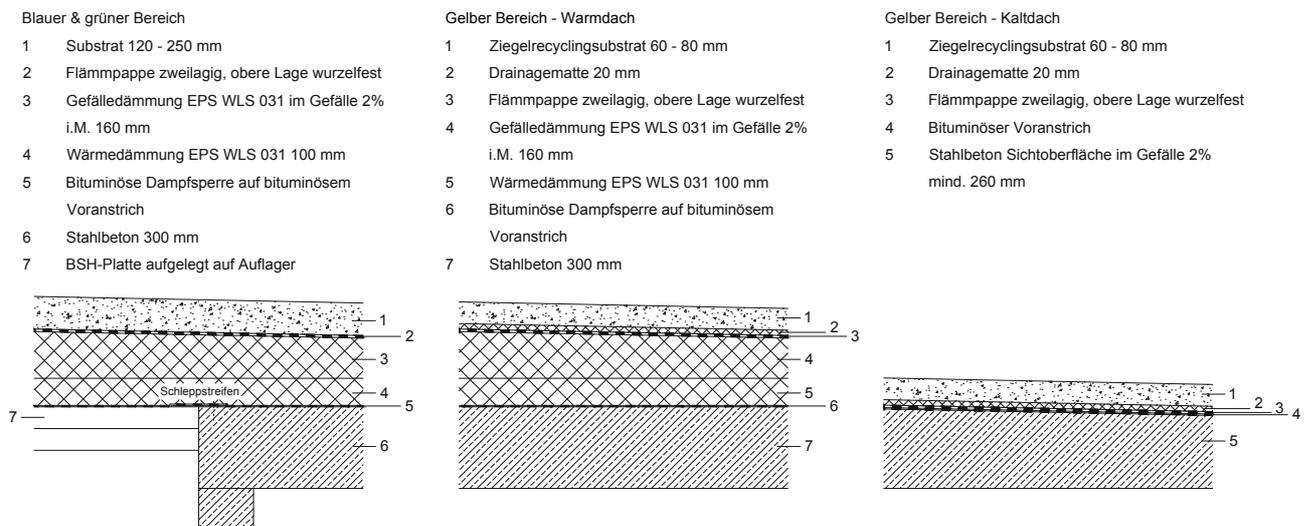


Abb. 72: Dachbegrünung Kindergarten Ried – Aufbauten, eigene Darstellung © marte.marte architekten zt gmbh [107]

Biodiversitätsdächer sollen möglichst naturnah ausgebildet werden und daher technische aufwendige Bewässerungslösungen vermieden werden. Die extensive Begrünung benötigt, wie auch in der natürlichen Umgebung, keine künstliche Bewässerung. Zudem ist Vorarlberg ein regenreiches Gebiet und versorgt das Gründach mit ausreichend natürlichem Regenwasser. [pulswerk GmbH, persönliche Kommunikation, 14.01.2022]

Im Pflegekonzept ist vorgesehen, dass das Dach ein- bis maximal zweimal im Jahr betreten werden muss, um Gehölze und invasive Neophyten zu entfernen. Das Problem bei immer größer werdenden Gehölzen ist nicht unbedingt eine Zerstörung der Dachabdichtung, sondern vielmehr die Ausbildung eines sehr flachen Wurzeltellers, der im Falle des Umstürzens eines Baumes die Dachkonstruktion in großem Maße schädigen kann. Regulär ist kein Mähen der Magerwiese vorgesehen, jedoch ist die Erde bei vergleichbaren Pilotdächern im ersten und manchmal auch noch im zweiten Jahr sehr nährstoffreich und dementsprechend bildet sich ein starker Aufwuchs. Dieser wurde in den besagten Projekten in den Anfängen gemäht. [pulswerk GmbH, persönliche Kommunikation, 14.01.2022]

4.8.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Das erstrangige Ziel von Biodiversitätsdächern ist das Wiederherstellen verlorengegangener Lebensräume für Flora und Fauna. Das naturnahe Dachbild wurde erzeugt durch verschiedene Substratstärken, Auflagerung von Tot- und Altholz, das sich im Laufe der Jahre zersetzt, und ei-

ner artenreichen Wiese. Diese Variation bietet einen Lebens- und Nahrungsraum für Vögel, Schmetterlinge und weitere zahlreiche Insekten. [106]

Zudem wird durch den im Schnitt 12 cm starken lehmurchsetzten Substrataufbau ein großer Retentionseffekt erreicht, also ein Zurückhalten und verzögertes Ablaufen des Niederschlagswassers. Darüber hinaus hat der Substrataufbau einen Seiteneffekt der thermischen Isolierung. Er kühlt das Innere des Kindergartens und beeinflusst das Raumklima in positiver Weise. [106]

Bei diesem Projekt wurde außerdem ressourcenschonend gearbeitet, denn der abgetragene Oberboden für den Bau des Kindergartens wurde auf der Dachfläche wiederverwendet. Im selben Zuge wurden dadurch auch Kosten eingespart, da der Materialzukauf sowie Transport und Deponieausgaben eingespart werden konnten. Im Vergleich zum Systemaufbau nach ÖNORM mit zugekauftem Substrat konnte in den Biodiversitätsflächen eine deutliche Kostenreduktion erreicht werden. [106]

4.9 Zusammenfassung Dachbegrünung

Die intensiven und extensiven Dachaufbauten der analysierten Projekte können miteinander hinsichtlich Reihenfolge des Aufbaus und Aufbaustärken verglichen werden. Zunächst werden die intensiven Begrünungen der Favoritenstraße 50, SOLON Headquarter, Stücki Einkaufszentrum und der Academy of Sciences gegenübergestellt.

Es ist zu erkennen, dass sich in der Schichtreihenfolge drei verschiedene Aufbauten herauskristallisieren. Zum einen gibt es den Aufbau nach ÖNORM L 1131, wie er auf dem Dach der Favoritenstraße 50 und auf dem schweizerischen Stücki Einkaufszentrum umgesetzt wurde:

- Substrat 30 – 80 cm
- Filtermatte
- Drainage 5 – 15 cm
- Abdichtung wurzelfest
- (Dämmung)
- (Dampfsperre)
- Dachkonstruktion

Des Weiteren gibt es den Aufbau des SOLON Headquarters, welcher in der Sicht unterschiedlich ist, dass es sich um ein Umkehrdach mit WU-Beton handelt und daher keine Abdichtungsbahn erforderlich ist:

- Substrat 15 – 45 cm
- Drainage 7,5 cm
- Filtermatte
- Dämmung 16 cm
- Wurzelschutz
- WU-Beton 35 cm

Vergleicht man die beiden zuletzt erwähnten Aufbauten, wird ersichtlich, dass die Filterschicht entweder zwischen Substrat und Drainage angeordnet wurde oder zwischen Drainage und Dämmschicht. Ebenfalls ist der Wurzelschutz einmal unter der Drainage und über der Dämmung und im anderen Fall unter der Dämmung zu finden. Der dritte Aufbau ist der einfach intensive Aufbau der US-amerikanischen Academy of Sciences. Hier ist der Unterschied zu den anderen zwei Aufbauten, dass sich der Wurzelschutz direkt unter dem Substrat befindet und die Filtermatte zwischen Drainage und Dämmschicht:

- Substrat 25 cm
- Wurzelschutz
- Drainage 5 cm
- Filtermatte
- Dämmung 5 cm

- Abdichtung
- Dachkonstruktion Spritzbeton/Stahl

Die Substratstärken variieren insgesamt bei allen Projekten mit intensiver Dachbegrünung zwischen 15 und 80 cm, die Drainageschichten zwischen 5 und 15 cm und die Dämmschichten zwischen 5 und 16 cm.

Bei den extensiven Dachbegrünungen sind ebenso verschiedene Aufbauten zu erkennen. Betrachtet werden die Dachaufbauten der Favoritenstraße 50, Stücki Einkaufszentrum, Residenz Central Park, Metro Station Lausanne, PTH St. Georgen und des Kindergartens in Koblach. Das erste Schema wird ohne Drainageschicht ausgeführt und ist auf dem Dach der Favoritenstraße 50, Stücki Einkaufszentrum, Residenz Central Park und des Kindergartens in Koblach zu finden:

- Substrat 8 – 12 cm (12 – 25 cm Biodiversitätsdach)
- (Schutzvlies)
- Abdichtung wurzelfest
- (Dämmung 26 cm)
- (Dampfsperre)
- Dachkonstruktion

Ein weiterer Aufbau, der in der Abfolge gleich ist, findet sich auf dem Dach der Metro Station Lausanne und auf dem Kindergarten Ried:

- Substrat 6 – 15 cm
- Drainage 2 – 8 cm
- Wurzelschutz
- Abdichtung
- (Dämmung 14 – 26 cm)
- (Dampfsperre)
- Dachkonstruktion

Der Unterschied ist, dass bei diesen Projekten Drainageschichten unter den Substratschichten eingebaut wurden. Der Aufbau des Institutsgebäudes der PTH St. Georgen weicht von den anderen Gründächern ab und ist wie folgt aufgebaut:

- Substrat 8 cm
- Wurzelschutz
- Dämmung 6 cm
- Abdichtung
- Gefälledämmung 10 cm
- Dampfsperre
- Dachkonstruktion Stahlbeton

Die Substratstärken variieren insgesamt bei allen Projekten mit extensiver Dachbegrünung zwischen 8 und 15 cm und die Dämmschichten zwischen 14 und 26 cm. Eine Drainageschicht ist nicht bei allen Aufbauten vorhanden und variiert ansonsten zwischen 2 und 8 cm.

Um die Dachbegrünungsprojekte besser in den Planungsleitfaden einbeziehen zu können, werden in der folgenden Tabelle wichtige Merkmale zusammengefasst.

Tabelle 9: Vergleich Merkmale und Ziele Dachbegrünungen

Projekt	Begrünungssystem	Dachkonstruktion	Neubau/Sanierung/Bestand	Merkmale Gebäude	Ziel
Favoritenstr. Dachgarten (Kap. 4.1)	Intensiv	Massiv	Sanierung	Flachdach 0° Zugang 150 m ²	Aufenthaltsfläche Biodiversität
SOLON (Kap. 4.2)	Intensiv	Massiv (Umkehrdach)	Neubau	Gefälle bis 12° Erschließungskern 3.000 m ²	Aufenthaltsfläche Image Nachhaltigkeit (v.a. Regenwasserspeicher)
Stücki (Kap. 4.3)	Intensiv + extensiv	Massiv	Neubau	Flachdach 31.000 m ²	Behördliche Auflage – Biodiversität Nachhaltigkeit (v.a. Regenwasserspeicher)
Academy of Sciences (Kap. 4.4)	Einfach intensiv	Stahlträger, Beton	Neubau	Hügeliges Dach bis 60° 18.000 m ²	Ästhetik Nachhaltigkeit (v.a. Regenwasserspeicher) Biodiversität
Residenz Central Park (Kap. 4.5)	Extensiv	Massiv	Neubau	Gefälle 45° 3.000 m ²	Ästhetik
Metro Station Lausanne (Kap. 4.6)	Extensiv	Massiv	Neubau	Gefälle 8° bzw. 22° ~350 m ²	Ästhetik Image Nachhaltigkeit (u.a. Regenwasserspeicher)
PTH St. Georgen (Kap. 4.7)	Extensiv	Massiv	Neubau	Gefälle 2 % 2.700 m ²	Ästhetik Nachhaltigkeit (v.a. Regenwasserspeicher)
Favoritenstr. Sedum (Kap. 4.1)	Extensiv	Holz	Sanierung	Flachdach 0° ~20 m ²	Nachhaltigkeit
Kindergarten Ried (Kap. 4.8)	Extensiv	Massiv	Bestand	Gefälle 2 % Tragreserven 1.000 m ²	Biodiversität

Bei dem Vergleich der Gebäudemerkmale, Begrünungssysteme und der Ziele der Dachbegrünungen, ist auffällig, dass intensive Begrünungen mit einer großen Dachfläche eine Menge an Wasser speichern können und das Niederschlagswasser für Prozesse im Gebäude ressourcensparend weiterverwendet wird. Im Fall der Projekte in Lausanne und der PTH St. Georgen kann auf den extensiv begrünten Dachflächen genug Regenwasser für die Bewässerung der Fassadenbegrünung gespeichert werden. Für die intensive Dachbegrünung des Wohn- und Bürogebäudes in der Favoritenstraße und des SOLON Headquarters steht die Entstehung einer Aufenthaltsfläche an erster Stelle. Da die meisten der untersuchten Projekte Neubauten sind, kann der Gründachaufbau direkt bei der Tragwerksplanung berücksichtigt werden. Wenn Bestandsgebäude jedoch begrünt werden sollen, ist darauf zu achten, dass die Dächer über ausreichende Tragreserven verfügen. Ansonsten wird eine Verstärkung der Tragstruktur erforderlich. Der nachträglich begrünte Kindergarten Ried in Koblach wurde für die Aufstockung eines weiteren Geschosses bemessen, daher waren keine weiteren Verstärkungsmaßnahmen erforderlich.

Das Ziel eine hohe Biodiversität zu generieren und einen Lebensraum für unterschiedliche Tierarten zu bieten kann entweder durch eine artenreiche Intensivbegrünung erreicht werden, da hier die Auswahl der Pflanzenspezies sehr umfangreich ist, oder durch ein Biodiversitäts-

dach. Letzteres kommt der wilden Natur am nächsten, verfügt über unterschiedliche Substrathöhen und bietet durch Anhäufungen von Totholz einen abwechslungsreichen Lebensraum. Zudem ist der Vorteil gegenüber einem intensiv begrünten Dachgarten, wie in der Favoritenstraße, dass die Lebewesen nicht durch humane Anwesenheit gestört werden. Einige Projekte sollen durch ihr grünes Dach optisch in die umgebende Parklandschaft eingegliedert werden.

5 Projekte Freiraumbegrünung

In diesem Kapitel werden verschiedene Projekte der Freiraumbegrünung vorgestellt, darunter Innenhöfe und Außenanlagen. Drei Innenhöfe von Altbauten in Wien sowie ein Innenhof in Berlin werden in den Kapiteln 5.1 bis 5.4 erläutert. Es handelt sich bei den zugehörigen Gebäuden um Wohnhäuser, teilweise mit Büronutzung. Bei den Projekten in den Kapiteln 5.5 bis 5.7 geht es um Firmensitze, dessen Außengelände sorgfältig geplant wurden. Die drei Freiraumbegrünungen befinden sich in Berlin, Österreich und in den USA.

5.1 Innenhof Favoritenstraße Wien

Standort	Wien, AT
Bauherr	Steinbauer
Begrünung	Fachbetrieb
Pflanzung	1989
Fläche	920 m ²
Pflanzenart	Rasen, Sträucher, Bäume, Beerenobst, Efeu, Wilder Wein
Bewässerung	Keine künstliche
Pflege & Wartung	Mähen, Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs

[Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]

5.1.1 Objektbeschreibung

Der Innenhof des Wohn- und Bürogebäudes in der Favoritenstraße 50 im 4. Wiener Gemeindebezirk wurde im Jahr 1989 angelegt. Zu dem Gründerzeitbau gehört eine 920 m² große Aufenthaltsfläche, die von weiteren Gebäuden umgeben wird. Genutzt werden kann der Innenhof von allen AnwohnerInnen des Hauses sowie von den MitarbeiterInnen, die ihre Büroräume ebenfalls in dem Gebäude haben. Im Hof befindet sich der in Kapitel 3.2 begrünte Schacht der U-Bahnlinie U1, eine ebenfalls begrünte Gartenhütte (siehe Abb. 73 links), eine Rutsche auf der großen Rasenfläche und im hinteren Bereich des Hofes ein Trampolin für die Kinder der AnwohnerInnen (siehe Abb. 74 links). [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]



Abb. 73: links: Wiese und Gartenhütte und rechts: Spielwiese

Die Fassade des U1 Schachtes ist mit Efeu und Wildem Wein bedeckt und ebenso ist die Gartenhütte rundum mit Efeu eingekleidet. Der Innenhof umfasst eine große Rasenfläche, Gräser,

verschiedene Sträucher, unter anderem mit Beerenobst, und einige Bäume. Zwischen den Sträuchern ist auf dem Boden immer wieder Efeu zu finden. Zu den Bäumen zählen eine Linde, zwei Ahorne und eine Gleditschie. In Abb. 74 rechts ist zu sehen, dass sich im hinteren Bereich des Gartens eine Hecke aus Zypressen befindet, die als Sichtschutz zum dahinter liegenden Gebäude dient. Laut Herrn Steinbauer wächst die Hecke sehr schnell und hoch und muss alle drei bis vier Jahre zurückgeschnitten werden. [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]



Abb. 74: links: Innenhof hinterer Bereich und rechts: Zypressen als Sichtschutz

Die in Abb. 75 links dargestellten versickerungsoffenen Wegeführungen erschließen alle Bereiche des Innenhofs. Die Wege bestehen aus Gesteinskörnungen, die verklebt werden und komplett luft- und wasserdurchlässig sind. Sie sind in unterschiedlichen Farben, d.h. mit unterschiedlichen Splitten, abschnittsweise verwendet worden. Mit diesen Gehwegen entstehen keine versiegelten Flächen und das Regenwasser kann natürlich in den Untergrund versickern. Darüber hinaus wird der Lebensraum von Pflanzen und Wurzeln der Bäume nicht beeinträchtigt und der Gasaustausch im Boden wird nicht gestört. [17] [108] [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]

An einer der Hauswände wurde Efeu angepflanzt, der sich mit seinen Haftwurzeln an der Fassade festhält (siehe Abb. 75 rechts). Dort wurde ein Versuch durchgeführt, wie lange der Selbstklimmer ohne Rückschnitt an der Wand verbleiben würde, ohne abzufallen. Nach etwa 10 bis 15 Jahren wurde der Zeitpunkt erreicht, dass der Efeu zu schwer wurde und sich von der Fassade löste. [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]



Abb. 75: links: Versickerungsoffene Wege und rechts: Efeu-Versuch

Aus diesem Versuch wird deutlich, dass Efeu hin und wieder zurückgeschnitten werden muss, damit der Gewichtsschwerpunkt direkt an der Fassade bleibt und die Haftwurzeln die Pflanze halten können. Zur Pflege gehört zudem das Mähen der Rasenflächen, was in diesem Innenhof durch eine Firma übernommen wird. Wie in jedem normalen Garten müssen auch die Sträucher und Bäume bei Bedarf zurückgeschnitten sowie Fremdbewuchs entfernt werden, um ein gepflegtes Bild zu bewahren. Dies wird durch die BewohnerInnen des Hauses selbst durchgeführt. Der Niederschlag reicht aus, um die heimischen Pflanzen mit Wasser zu versorgen. [Gerold Steinbauer, persönliche Kommunikation, 08.02.2022]

5.1.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Der Innenhof in der Favoritenstraße 50 befindet sich mitten im innerstädtischen Bereich Wiens, wo private Grünflächen eine Besonderheit darstellen. Daher ist das Gestalten einer begrünter Aufenthaltsfläche mit vielfältigen Pflanzen ein Bonus für alle NutzerInnen und verbessert dabei die Lebensqualität. Insbesondere die Größe des Innenhofs mit 920 m² macht diesen Garten zu einer geschätzten „Grünoase“ und wertet damit die Immobilie auf. [17]

Dieses Stück Natur in einem urbanen Gebiet bietet einen einzigartigen Lebensraum für Tiere und Pflanzen und fördert damit die Biodiversität. Die Grünflächen sowie auch die Wegebefestigungen ermöglichen die Versickerung von Regenwasser und schaffen damit einen kleinen Ausgleich zum hohen Versiegelungsgrad in der Stadt. Die Pflanzen verbessern durch Verschattung und Transpiration das Mikroklima und sorgen für lokale angenehme Temperaturen im Sommer. Außerdem filtern sie Feinstaub, binden CO₂ und produzieren Sauerstoff. [17]

5.2 Innenhof Schubertgasse Wien

Standort	Wien, AT
Bauherr	Hauseigentümer
Begrünung	HausbewohnerInnen bzw. Fachbetrieb
Pflanzung	~1987, Umgestaltung 2012
Fläche	230 m ²
Pflanzenart	Blumen, Kräuter, Gemüse, Selbstklimmer, Sträucher
Bewässerung	Keine künstliche
Pflege & Wartung	Mähen, Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs

[Elisabeth Zaussinger - Hausbewohnerin, persönliche Kommunikation, 18.02.2022]

5.2.1 Objektbeschreibung

Das Gebäude in der Schubertgasse 5 im 9. Wiener Gemeindebezirk wurde etwa im Jahr 1980 gebaut und verfügt über einen 230 m² großen Innenhof. Bereits bei der Errichtung des Gebäudes wurde dort eine kleine Rasenfläche angelegt. Ungefähr im Jahr 1987 beschlossen einige MiteigentümerInnen des Hauses die angrenzenden Fassaden zu begrünen sowie andere Pflanzungen durchzuführen. Für diese Maßnahmen gab es eine Förderung der Gemeinde Wien, zwar nicht finanziell, jedoch wurden die gewünschten Pflanzen zur Verfügung gestellt. Die Pflanzungen selbst wurden durch die BewohnerInnen in Eigenregie durchgeführt. Zu dem Zeitpunkt waren viele Sträucher vorhanden sowie ein Kinderspielplatz für die damals kleineren Kinder. [Elisabeth Zaussinger - Hausbewohnerin, persönliche Kommunikation, 18.02.2022]

In Abb. 76 sieht man links die angrenzende nach Westen exponierte Fassade des Nebengebäudes, welche heute mittig mit Efeu und an den Seiten mit Wildem Wein bewachsen ist. Die Selbstklimmer haben die Dachkante erst vor etwa drei Jahren erreicht, was bedeutet, dass die Gebäudehöhe von ca. 12 m nach etwa 32 Jahren erreicht wurde. Auf dem rechten Bild ist die gegenüberliegende nach Osten exponierte Fassade abgebildet, welche größtenteils von Wildem

Wein und mittig ebenfalls mit Efeu bedeckt ist. Überraschend ist, dass der Efeu nicht für die Fassaden gedacht war und dort auch nicht gepflanzt wurde. Die Entscheidung fiel auf den Wilden Wein „Veitchii“, da die Angst bestand, Efeu sprengte die Fassade. Heute wird sichtbar, dass der Efeu zumindest auf der nach Westen orientieren Fassade dominiert, den Veitchii verdrängt und dessen Äste zudem als Rankgerüst nutzt. Die Selbstklimmer werden grundsätzlich nicht zurückgeschnitten, außer sie erreichen die Fenster des Nachbargebäudes. [Elisabeth Zaussinger - Hausbewohnerin, persönliche Kommunikation, 18.02.2022]



Abb. 76: links: Selbstklimmer Fassade Westausrichtung und rechts: Selbstklimmer Fassade Ostausrichtung

Vor etwa zehn Jahren, im Jahr 2012, wurde eine Umgestaltung des Innenhofes durch eine Fachfirma ausgeführt und der Garten damit auf die neuen Bedürfnisse der BewohnerInnen angepasst. So wurden der Kinderspielplatz und eine Vielzahl an Sträuchern entfernt und der Drahtzaun (siehe Abb. 79 links) mit Efeu als Sichtschutz bepflanzt. Für diese Änderungen, aus Interesse der Gemeinschaft, gab es eine finanzielle Förderung der Stadt Wien. [Elisabeth Zaussinger - Hausbewohnerin, persönliche Kommunikation, 18.02.2022]

In Abb. 77 ist der aktuelle Aufbau des Gemeinschaftsgartens, welcher für alle BewohnerInnen der Schubertgasse 5 zugänglich und nutzbar ist, dargestellt. Neben den privaten Terrassen der ErdgeschossbewohnerInnen gibt es einen Beetstreifen, auf dem die BewohnerInnen Blumen oder andere Pflanzen ihrer Wahl platzieren können. Auf der Westseite des Gartens befindet sich eine hohe Hecke aus Thujen als Sichtschutz sowie daneben, am Fuße der begrünten Fassade, ein Beet mit Funkien, die zu den Spargelgewächsen zählen. Auf der östlichen Seite der Rasenfläche ist ein Blumenbeet mit einem Rosenstrauch vorhanden sowie daneben ein Hochbeet für die Züchtung von Kräutern und Gemüsepflanzen (siehe Abb. 78 links). Ebenfalls auf dieser Seite gibt es im Sommer blühende Storchschnäbel und zwei Felsenbirnen. Davor befindet sich eine kleine Sitzfläche mit Terrassenplatten. Auf der dem Haus gegenüberliegenden Seite bedeckt Efeu den Drahtzaun und davor wachsen Storchschnäbel und Narzissen.

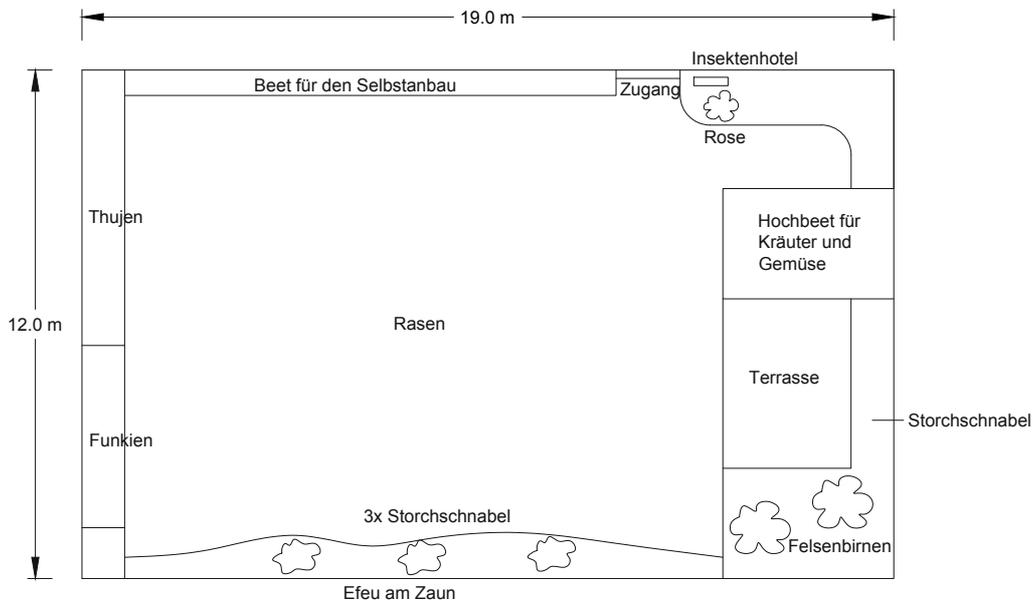


Abb. 77: Skizze Innenhof Schubertgasse, eigene Darstellung © Elisabeth Zaussinger

Das in Abb. 78 rechts ersichtliche Insektenhotel besteht seit Sommer 2021 und ist ein Projekt, um die Biodiversität zu fördern.

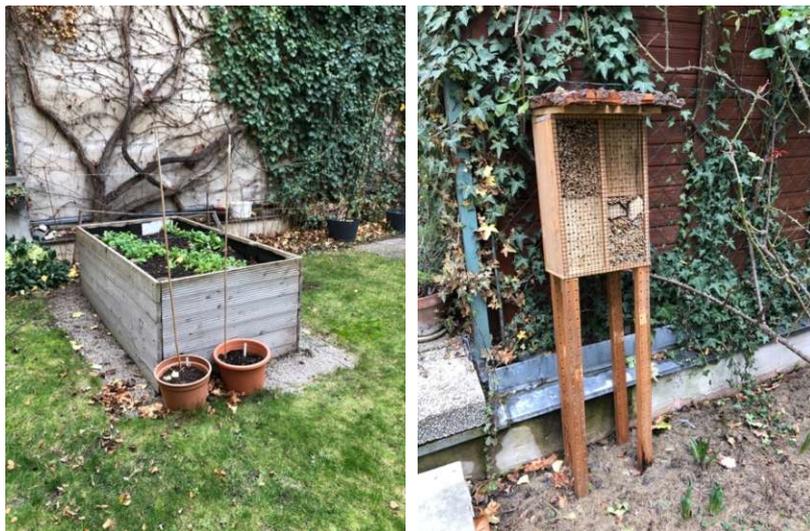


Abb. 78: links: Hochbeet und rechts: Insektenhotel

Der Drahtzaun in Abb. 79 links war über lange Zeit komplett mit Efeu bedeckt und bot den NutzerInnen des Gartens einen höheren Sichtschutz zum dahinter liegenden Gebäude. Aufgrund eines Befalls von Schildläusen mussten die befallenen Pflanzen entfernt werden, weshalb nun sichtbare Lücken vorhanden sind. Es gibt zwar Spritzmittel zur Behandlung gegen Schildläuse, jedoch ist dies eine aufwendige und kostenintensive Prozedur. Daher setzen die BewohnerInnen des Hauses auf den kalten Winter und damit auf das Erfrieren der Schildläuse. Vor allem junge Triebe sind noch unbefallen, was Hoffnung auf ein weiteres Austreiben des Efeus gibt. [Elisabeth Zaussinger - Hausbewohnerin, persönliche Kommunikation, 18.02.2022]



Abb. 79: links: Drahtzaun bedeckt mit Efeu und rechts: Befallenes Efeublatt von Schildläusen

Die Pflege des begrünten Innenhofs wird von den HausbewohnerInnen selbst übernommen. Sie wechseln sich ab und mähen den Rasen, schneiden die Pflanzen und entfernen Fremdbewuchs. Eine Bewässerung neben dem Niederschlag ist nicht erforderlich. [Elisabeth Zaussinger - Hausbewohnerin, persönliche Kommunikation, 18.02.2022]

5.2.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Frau Zaussinger, die schon seit der Errichtung des Hauses in der Schubertgasse 5 wohnt, preist den Innenhof sehr hoch an. Alle BewohnerInnen schätzen die mit Pflanzen bereicherte Aufenthaltsfläche und bezeichnen ihren Innenhof als „Grünoase mitten in der Stadt“. Die Hauptfunktion war es seit Beginn an, den BewohnerInnen eine Grünfläche zu bieten, die vor allem für Familien mit jungen Kindern einen großen Reiz hat. Darüber hinaus finden Kleintiere und Insekten einen Lebensraum im urbanen Gebiet und diese Artenvielfalt sollte durch die Anschaffung eines Insektenhotels noch weiter gefördert werden. Durch Beschattungs- und Verdunstungsleistung verbessert sich das Mikroklima und im Sommer sinken die Lufttemperaturen im Bereich des Innenhofs. Dies fällt den BewohnerInnen stark auf, denn im Straßenbereich vor der Haustür ist die Luft an sonnigen Tagen deutlich wärmer als im Innenhof. Außerdem binden die Pflanzen Feinstaub und die nicht versiegelte Grünfläche ermöglicht eine natürliche Versickerung des Regenwassers. [Elisabeth Zaussinger - Hausbewohnerin, persönliche Kommunikation, 18.02.2022]

5.3 Innenhof Brestelgasse Wien

Standort	Wien, AT
Bauherr	Hauseigentümer
Begrünung	Fachbetrieb
Pflanzung	Frühjahr 2017
Fläche	48 m ² Beet, 140 m ² Innenhof gesamt
Pflanzenart	Blumen, Farne, Gräser, Stauden, Sträucher
Bewässerung	nach Bedarf durch BewohnerInnen
Pflege & Wartung	Entfernung Fremdbewuchs
Investitionskosten	Gesamt: 4.986 € inkl. Regie, Pflanzung, Eingießen, Endreinigung → 104 €/m ² Gesamt: 2.766 € nur Material (Pflanzen, Dünger, Erde) → 58 €/m ² (2017)

[109] [GB*, persönliche Kommunikation, 24.02.2022]

5.3.1 Objektbeschreibung

Im Frühjahr 2017 wurde der Innenhof des Wohnhauses in der Brestelgasse 9 im 16. Wiener Gemeindebezirk begrünt. Der insgesamt 140 m² große Hof umfasst eine versiegelte Terrassenfläche, welche immer aktiv von den BewohnerInnen genutzt wurde. Um diese Aufenthaltsfläche gestalterisch aufzuwerten, sollte die Beetfläche mit verschiedenen grünen Bodendeckern sowie blühenden Blumen bepflanzt werden. Das Beet ist rund 48 m² groß und umrandet die Terrasse an drei Seiten. [GB*, persönliche Kommunikation, 24.02.2022]



Abb. 80: Hofbegrünung Brestelgasse Bereich 1 © GB*

Das Projekt wurde durch die Gebietsbetreuung Stadterneuerung GB* begleitet, eine Service-Einrichtung der Stadt Wien, die kostenlose Beratungen zum Thema Wohnen, Wohnumfeld, Nachbarschaft und zu städtischen Entwicklungen anbietet. GB* unterstützt bei der Umgestaltung von Innenhöfen aller Art und berät kostenlos zu Begrünung und Förderungen der Stadt Wien. Die Finanzierung wurde zum Teil durch den Hauseigentümer übernommen, der andere Teil wurde von der Stadt Wien gefördert. GB* kümmerte sich um die Einholung der Angebote von Gärtnereien, von denen einer der Betriebe die Pflanzungen letztendlich ausführte. [110] [GB*, persönliche Kommunikation, 24.02.2022]



Abb. 81: links: Hofbegrünung Brestelgasse Bereich 2 © GB* und rechts: Hofbegrünung Brestelgasse Bereich 3 © GB*

Für die Beete fiel die Entscheidung auf zehn verschiedene Arten von Blumen, Farnen, Gräsern, Stauden und Sträuchern. Die Pflanzenauswahl ist in Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: Pflanzenliste Innenhof Brestelgasse 9 [GB*, persönliche Kommunikation, 24.02.2022]

Nr.	Name	Botanischer Name	Pflanzabstand	Fläche	Menge
1	Kaschmir-Bergenie	Bergenia ciliata	40 cm	5 m ²	50 Stk
2	Haselwurz	Asarum Europaeum	25 cm	4,5 m ²	80 Stk
3	Sternolde ‚Rosea‘	Astrantia maxima ‚Rosea‘	50 cm	3 m ²	15 Stk
4	Schattensegge	Carex umbrosa	25 cm	3 m ²	50 Stk
5	Hirschzungenfarn	Asplenium Scolopendrium	10 Stk/m ²	4 m ²	40 Stk
6	Bastard-Schaumblüte ‚Stoplight‘®	Heucherella tiarelloides ‚Stoplight‘®	15 Stk/m ²	4 m ²	60 Stk
7	Ballhortensia ‚Annabelle‘	Hydrangea arborescens ‚Annabelle‘	2 Stk/lfm	2 m ²	4 Stk
8	Hainsimse	Luzula nivea	10 Stk/m ²	4 m ²	40 Stk
9	Japanische Segge	Carex morrowii	30 cm	9 m ²	80 Stk
10	Rote Elfenblume	Epimedium rubrum	10 Stk/m ²	11 m ²	110 Stk

Eine Bewässerung der Pflanzen wird im Bedarfsfall durch die AnwohnerInnen der Brestelgasse 9 durchgeführt. Ebenso übernehmen sie die Beetpflege, bei der übliche Arbeiten, wie das Entfernen von Fremdbewuchs, anfällt. [GB*, persönliche Kommunikation, 24.02.2022]

5.3.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Der Hauptgrund für die Begrünung des Innenhofes in der Brestelgasse 9 war der Wunsch einer Verschönerung, da die Terrassenfläche häufig von den BewohnerInnen genutzt wird. Da die Beetfläche nicht allzu groß ist und weiterhin ein hoher Versiegelungsgrad im Innenhof besteht, sind die ökologischen Auswirkungen nicht sehr hoch. [GB*, persönliche Kommunikation, 24.02.2022]

5.4 Innenhof Goltzstraße Berlin

Standort	Berlin, DE
Bauherr	Hauseigentümer
Begrünung	Fachbetrieb
Pflanzung	Frühjahr 2013
Fläche	90 m ²
Pflanzenart	Gräser, Stauden, Sträucher
Bewässerung	Nach Bedarf in trockenen Sommern
Pflege & Wartung	1x monatlich, Laubentfernung, Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs

[Johannes Haag, persönliche Kommunikation, 21.02.2022]

5.4.1 Objektbeschreibung

Der 90 m² große Innenhof eines Altbaus in der Goltzstraße im dicht besiedelten Berlin Schöneberg wurde auf Wunsch des Eigentümers im Frühjahr 2013 umgestaltet. Im Zuge einer Gebäudesanierung plante ein Architekt die Wegeführung sowie Form der Beete und ein Fachbetrieb für Hofbegrünungen entwickelte ein Pflanzkonzept für den schattig gelegenen Hof. Finanziert wurde das Projekt durch den Hauseigentümer selbst. [Johannes Haag, persönliche Kommunikation, 21.02.2022]

Zu Beginn wurden Hortensien sowie drei Geraniumarten gepflanzt – Brunnera, Astilben und Endressii – von denen sich letztere durchgesetzt hat und die anderen zwei Arten nach fast zehn

Jahren kaum noch vorhanden sind. Zudem wurden Herbstanemonen ‚Septembercharme‘ sowie verschiedene Gräser – vorzugsweise Carexarten – verwendet, die sich beide gut behaupten. [Johannes Haag, persönliche Kommunikation, 21.02.2022]

Angrenzend zum Innenhof befinden sich zwei kleine Restaurants und es wird vermutet, dass Fett von dort in die Rohrleitungen gelangt, den Abfluss im Innenhof blockiert und bei Regen zum Überlaufen bringt. Diese Situation ist bis vor zwei Jahren mehrmals aufgetreten und führte zu Stauwasser im Hof. Aufgrund dessen wurde eine Neupflanzung mit japanischem Berggras vorgenommen, welche in Abb. 82 zu sehen ist. Diese Aufnahme ist von November 2017. Die ausführende Begrünungsfirma äußert, sie hätte im Nachhinein anstatt dem sommergrünen jap. Berggras wieder Carexarten verwendet, wie zum Beispiel *C. morowii variegata*, da diese wintergrün sind, dichter wachsen und den Boden damit besser decken. [Johannes Haag, persönliche Kommunikation, 21.02.2022]



Abb. 82: Hofbegrünung Goltzstraße © Johannes Haag

Gelegentlich ist eine Bewässerung der Hortensien erforderlich, da es in Berlin im Sommer Perioden ohne Niederschlag von bis zu sieben Wochen geben kann. Die Beetpflege erfolgt zwischen Februar und Dezember einmal monatlich und wird von dem Fachbetrieb übernommen, der die Pflanzung durchführte. Dabei wird im Herbst Laub aufgesammelt, welches eine Eiche aus dem benachbarten Innenhof abwirft, Pflanzen zurückgeschnitten und Fremdbewuchs entfernt. [Johannes Haag, persönliche Kommunikation, 21.02.2022]

5.4.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Der Hauseigentümer erwartete sich durch die Neugestaltung des Innenhofs ein verbessertes Erscheinungsbild, weshalb auch ein Architekt hinzugezogen wurde. Die Begrünung wertet die Immobilie auf und steigert die Aufenthaltsqualität im Hofbereich für alle BewohnerInnen. Der Hof scheint eher dem Durchgang zu dienen und verfügt über gepflasterte Wege. Die Pflanzen erfüllen in natürlicher Weise ihren ökologischen Nutzen, jedoch ist die begrünte Fläche nicht groß genug, um beispielsweise das Mikroklima in spürbarem Maße zu verbessern. Trotzdem leistet jede Begrünung ihren Beitrag gegen eine Versiegelung der städtischen Gebiete und fördert das ökologische Handeln. [Johannes Haag, persönliche Kommunikation, 21.02.2022]

5.5 SOLON Headquarter Berlin

Standort	Berlin, DE
Bauherr	SOLON SE
Architekt	SFA Schulte-Frohlinde Architekten
Begrünung	hochC Landschaftsarchitektur
Pflanzung	2009
Fläche	22.000 m ²
Pflanzenart	Rasen, Bäume, Stauden, Bodendecker, Blumen, Gräser, Wasserpflanzen, Gerüstkletterpflanzen
Bewässerung	Bewässerung mit Regenwasser vom Dach
Pflege & Wartung	Mähen, Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs, Laubentfernung

[111]

5.5.1 Objektbeschreibung

In Kapitel 4.2 wurde bereits das intensiv begrünte Dach des Solon Headquarters vorgestellt. Das Konzept dieses Projektes sah vor, das Gebäude und die Freianlagen gegenseitig abzustimmen und ein einheitlich gestaltetes Bild zu schaffen. Zu den Freianlagen zählen, neben dem das Verwaltungsgebäude umgebende Gelände, fünf individuell gestaltete Innenhöfe. Das ganzheitliche Konzept ermöglichte ein materialsparendes Anlegen der Freianlagen, denn das ansteigende Betriebsgelände wurde aus dem Bodenaushub des Gebäudes modelliert. [111]

Das Gelände besteht größtenteils aus einer Wiesenlandschaft mit insgesamt sieben kaskadenartig angeordneten Sickerbecken, welche mit Rollrasen ausgelegt wurden (siehe Abb. 83 links). Auf der gegenüberliegenden Seite des Verwaltungsgebäudes befinden sich Parkplätze, zwischen denen Ulmen gepflanzt wurden. Dahinter werden Müllcontainer von einem mit Wildem Wein bedeckten Zaun umfasst. Besonders auffällig ist ein großes Wasserbecken, welches das Verwaltungsgebäude an zwei Seiten umrandet (siehe Abb. 83 rechts). Zudem entschied sich das Solarnergieunternehmen für einen großen Solarmover zur Straße hin sowie für eine Solartankstelle für Elektroroller an der das Gelände abschließenden Mauer. [111]



Abb. 83: links: Freianlagen SOLON Headquarter © hochC Landschaftsarchitekten und rechts: Wasserbecken SOLON Headquarter © hochC Landschaftsarchitekten

Einen großen Einfluss auf die Gestaltung der Freianlagen hatte die Notwendigkeit der Entwässerung. Das intensiv begrünte Dach speichert einen hohen Anteil des Regenwassers, während überschüssiges Wasser entweder in einer Zisterne gesammelt und für Toilettenspülung sowie Gartenbewässerung genutzt wird oder der Sickerkaskade zugeleitet wird. Auch bei der

Planung der befestigten Außenanlagen wurde darauf geachtet, dass der Niederschlag in Sickermulden entwässern kann. [111]

Zwischen den Sickerbecken sind durchmischt unterschiedliche Baumarten angepflanzt worden, die am Rand des Grundstücks in engeren Abständen stehen. Vor allem sind blühende Wildobstbäume wie Wildapfel, Wildkirsche und Wildbirne auf der Wiese zu finden. Die Rasenfläche wurde mit Geophyten unterpflanzt, weshalb im Herbst und im Frühjahr Herbstzeitlose, Krokusse und Sibirische Blausterne das Grün mit weißen und blauen Tupfern versehen. In der größten Sickermulde befindet sich eine kleine höhergelegene Insel, auf der ein einziger Amberbaum steht, dessen Blätter sich im Herbst orange-rot färben. Im hinteren Bereich der Außenanlage stehen einige Stieleichen sowie zwischen den Parkflächen mehrere Ulmen. Der Streifen zwischen Verwaltungsgebäude und Straße wurde mit Buchsbaumhecken, Rasenflächen und Rosen- bzw. Lavendelbeeten mit weißen Tulpen zwischendrin geziert. Das Wasserbecken enthält verschieden Wasserpflanzen, wie Schilfrohr, Sumpf-Schwertlilien, Herzblättriges Hechtkraut und Pfeilkraut. [111] [112]

Die fünf Innenhöfe des Verwaltungsgebäudes von SOLON haben alle einen einzigartigen Charakter, dessen Gestaltung sowohl vom begehbaren Dach als auch durch Fenster von den Innenräumen aus zu sehen ist. Sie dienen als Erholungsbereiche für die MitarbeiterInnen und werden bei Dunkelheit beleuchtet. Der in Abb. 84 dargestellte Hof 1 ist mit 400 m² der größte Innenhof. Zwischen mit Bärenfellgras bedeckten Erdhügeln, auf denen Himalayabirken wachsen, verlaufen versickerungsoffene Wege aus hellem Dolomitsplitt. Im Frühling blühen in der Wellenlandschaft in violetter Farbe Riesenzierlauche. Diese Atmosphäre kann von Sitzmöglichkeiten auf den breiteren Splittflächen aus genossen werden. [111] [112]



Abb. 84: Innenhof 1 „Himalayabirken auf grüner Wellenlandschaft“ © hochC Landschaftsarchitekten

Hof 3 „Bambus-Ovale im Holzdeck“ bietet auf seinen 190 m² Möglichkeit zu Entspannung auf roten, weißen und orangefarbenen Sitzelementen, die auf einem Holzpodest aus brandenburgischer Eiche verteilt sind. Zwischen den Holzdielen sind ovale Pflanzeninseln angelegt worden, auf denen verschiedene Bambusarten wachsen. Ebenfalls sind in diesem Hof zwei ovale Lichtkunstobjekte des Berliner Künstlers Sven Weber zu finden, die er extra für SOLON anfertigte.

Im Hof 4 „Schieferschollen mit Brunnentrog und Winterkirschen“, mit einer Fläche von 140 m², rahmen dunkle Basaltplatten eine etwas tiefer liegende Fläche aus geschichteten Schieferschollen. Im Inneren des Gebäudes wird der dunkle Bodenbelag aus Basalt fortgeführt. Drei Zierkirschen wurden gepflanzt sowie ein kleiner beleuchteter Brunnen angeordnet. [111] [112]

Zur Pflege und Wartung sind keine genauen Informationen bekannt, außer, dass das auf dem Dach gesammelte Regenwasser für die Bewässerung der Außenanlagen verwendet wird. Vermutlich ist eine übliche Gartenpflege erforderlich, die ein Mähen des Rasens, Rückschnitt, Entfernung von Fremdbewuchs und die Laubentfernung im Herbst umfasst.

5.5.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Bei der Planung des SOLON Headquarters stand eine nachhaltige Gestaltung an oberster Stelle. Alle Bestandteile des Projekts, wie die Dachbegrünung, das Gebäude selbst und die Außenanlagen, wurden gegenseitig abgestimmt und die Materialgewinnung für die jeweils anderen Bereiche genutzt. So wurde der Aushub von der Gründung des Verwaltungsgebäudes für die Modellierung des Außengeländes verwendet und damit Ressourcen gespart. Das Gelände schließt zur Straße hin dammartig ab, um den Lärm einer vielbefahrenen Straße abzuschirmen. [hochC Landschaftsarchitekten, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

Ein Konzept, welchem besonders viel Aufmerksamkeit geschenkt wurde, ist das Regenwassermanagement. Das auf dem Dach gesammelte, überschüssige Regenwasser wird unter anderem zur Bewässerung der Außenanlagen und für das Wasserbecken rund um das Gebäude genutzt. Zudem dienen die vielzähligen kaskadenartigen Versickerungsmulden zur natürlichen Zurückgabe des Wassers in den Wasserkreislauf. [hochC Landschaftsarchitekten, persönliche Kommunikation, 24.01.2022]

Die fünf Innenhöfe erfüllen den Zweck einer Aufenthaltsfläche für die SOLON MitarbeiterInnen. Sie können sich dort in ihren Pausen erholen oder die Sitzmöglichkeiten als Arbeitsplatz nutzen. Besondere thematische Gestaltungen mit Brunnen und Kunstobjekten steigern das Wohlbefinden und werten die Höfe optisch auf. [111]

5.6 ASI Reisen Natters

Standort	Natters bei Innsbruck, AT
Bauherr	ASI Reisen – Alpinschule Innsbruck GmbH
Architekt	Snøhetta
Begrünung	Snøhetta
Pflanzung	August 2019
Fläche	479 m ² Außenanlagen, 2.027 m ² Grundstück
Pflanzenart	Rasen, Bäume, Sträucher, Stauden, Blumen, Gerüstkletterpflanzen
Bewässerung	Automatische Bewässerung mit Regenwasser
Pflege & Wartung	Mähen, Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs, Laubentfernung

[113]

5.6.1 Objektbeschreibung

Im August 2019 wurde der neue Hauptsitz der Innsbrucker Firma ASI Reisen in Natters fertiggestellt. Der Reiseveranstalter legt hohen Wert auf Nachhaltigkeit und bietet Abenteuer- und Wanderreisen mit Rücksicht auf Minimierung des ökologischen Fußabdrucks an. Mittlerweile werden keine Inlandsflüge mehr angeboten und die CO₂-Emissionen der angebotenen Reisen werden zu 100 % kompensiert. Dieses Leitbild sollte auch in der Umsetzung des Firmensitzes erkennbar sein, daher entstand ein energieeffizientes, ressourcensparendes und nachhaltiges Projekt. [113] [114]

Auf einem massiven Sockel wurde das viergeschossige Gebäude als Holzskelettbau mit schlanken Massivholzelementen konzipiert. Im Vergleich zu einer reinen Stahlbetonkonstruktion sparte man so über 50 % CO₂ ein. Die Holzfassade wurde nach dem traditionellen japanischen ökologischen Yakisugi-Schutzverfahren behandelt, bei dem die Oberfläche leicht verkohlt und karbonisiert wird und die Gebäudehülle damit resistent gegen Witterung und Insekten

macht. Auf umweltschädliche Produkte wie Imprägniermittel und Lacke kann somit verzichtet werden. [113] [114]

Vor der geschwärtzten Fassade umspannt ein Edelstahlnetz der Firma Jakob Rope Systems das ganze Gebäude. Es dient als Rankgerüst für 17 verschiedene Arten von in Trögen gepflanzten sommer- und immergrünen Kletterpflanzen. Auf die jeweiligen Bedürfnisse der Pflanzen wurde durch individuell angefertigte Netze reagiert. Zudem wurden Fenster mithilfe von Rohrrahmen in das begrünte Fassadensystem integriert, um das Einfallen von Sonnenlicht sowie den Blick auf die Natur um das Gebäude herum zu ermöglichen (siehe Abb. 85). Eine Zahl von insgesamt 118 Kletterpflanzen decken die Fassade mit räumlichem Abstand ab und erzeugen ein saisonal abhängiges einprägsames Erscheinungsbild. Das Projekt umfasst zusätzlich eine großflächige PV-Anlage auf dem Gebäudedach, die einen Teil des Energiebedarfs des Bürogebäudes abdeckt. [113] [115] [116]



Abb. 85: links: Begrünte Glasfassade ASI Reisen © Christian Flatscher [114] und rechts: Außenanlagen ASI Reisen © Christian Flatscher [114]

Die Fassadenbegrünung soll das Gebäude optisch in die umliegende Natur einfügen. Insgesamt 479 m² beträgt die Fläche der Außenanlagen, die sich aus einer großen Rasenfläche mit Bäumen, Sträuchern, Stauden und Blumen zusammensetzt. Die Verwendung von 73 lokalen Arten und über 1.200 Pflanzen fördert die Artenvielfalt und Biodiversität. [113] [117]

Regenwasser wird in einer unterirdischen Zisterne gesammelt und für die automatische Bewässerung der Fassadenbegrünung und des Gartens verwendet. Zur Pflege und Wartung des Außenbereichs sind keine weiteren Informationen bekannt. Vermutlich ist eine Wartung der automatischen Bewässerungsanlage sowie eine übliche Gartenpflege erforderlich, die ein Mähen des Rasens, Rückschnitt, Entfernung von Fremdbewuchs und die Laubentfernung im Herbst umfasst. [114] [116]

5.6.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Das Gesamtprojekt folgt den Leitpunkten Naturverbundenheit, Regionalität und Nachhaltigkeit, da auch diese das Unternehmen ASI Reisen ausmachen. Die Fassaden- und Freiraumbegrünung spiegelt die Haltung wider und bilden damit einen essenziellen Teil des Entwurfs. Mit dem Garten wird eine Erholungsfläche für die MitarbeiterInnen geschaffen und eine Kulisse, die vom Inneren des Gebäudes durch die großen Fensterflächen genossen werden kann. Außerdem fördert die Vielfalt an regionalen Pflanzenarten die Biodiversität und bietet einen Lebensraum für heimische Tiere. Nachhaltigkeit wird ebenfalls geäußert durch ein ressourcensparendes Nutzen von Niederschlagswasser für die Bewässerung der Pflanzen. [113] [116]

Die am Edelstahlnetz wachsenden Kletterpflanzen verschatten die Holzfassade und Glasflächen der Büros im Sommer, kühlen damit die Innenräume und ermöglichen so eine Einsparung von Energie für die Gebäudekühlung. Im Winter wird der Eintrag von Sonnenstrahlen trotzdem ermöglicht, da zum einen Aussparungen im Netz vorhanden sind und zum anderen einige der

Pflanzen ihr Laub verlieren. Das Klimakonzept des ASI Reisen Hauptsitzes wurde mithilfe einer thermisch-dynamischen Gebäudesimulation ausfoptimiert. Über Rohrleitungen im Boden kann das Gebäude geheizt und auch gekühlt werden, indem eine reversible Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage eingesetzt wird. Die natürliche Lüftung wird vollautomatisch über Sensoren gesteuert, welche laufend die Raumtemperatur, Feuchte, CO₂-Werte und Luftbewegung messen. Beim Überschreiten bestimmter Schwellenwerte erfolgt die Öffnung der mechanisch angetriebenen Lüftungsflügel. [113] [114]

5.7 Betriebsgelände Clean Water Services Beaverton

Standort	Beaverton, Oregon, US
Bauherr	Clean Water Services TriMet (Tri-County Metropolitan Transportation District of Oregon)
Architekt	PIVOT Architecture (ehem. WBSG Architecture and Planning)
Begrünung	Murase Associates
Pflanzung	August 2003
Fläche	40.000 m ²
Pflanzenart	Bäume, Sträucher, Stauden Dach: Sedum, Wildblumen, Bodendecker
Bewässerung	Sprinkleranlage auf Gründach für Anfangsphase und trockene Sommermonate Keine künstliche Bewässerung der Freiraumbegrünung
Pflege & Wartung	Regelmäßiges Jäten und Mulchen in der Anfangsphase Nachpflanzung und Sedimententfernung nach Bedarf Regelmäßiger Rückschnitt, Laubentfernung, Absaugen der Beton- und Pflasterflächen
Investitionskosten	Gesamtes Gelände: 187 €/m ² Landschaftsgestaltung 30 % teurer als herkömmliche Anlage, jedoch deutlich billiger als herkömmliche Wannen und Rohrleitungen „Grüne Straße“ mit Mulden: weniger Kosten durch das Einsparen von Rohrleitungen Porenbeton 30 cm stark: 339 €/m ² oder 15 cm stark: 113 €/m ² (bei 15 cm ähnlicher Preis wie normaler Betonparkplatz) Pflaster: 118 €/m ² handverlegt, inkl. Unterbau Gründach: 10 % teurer als herkömmliches Dach 142 €/m ² inkl. Abdichtung und Begrünung Kies-Lagerfläche: 39 €/m ² inkl. Unterbau und Geotextil (2002) Alle Kosten umgerechnet nach Wechselkurs vom 20.05.2022 von US-Dollar in Euro

[118]

5.7.1 Objektbeschreibung

Clean Water Services ist ein öffentliches Wasserversorgungsunternehmen in Teilen Oregons in den Vereinigten Staaten und setzt sich für den Schutz der Wasserressourcen im Wassereinzugsgebiet des Tualatin River in Oregon ein. Im August 2003 wurde der Clean Water Services Standort um eine neue Betriebszentrale, einen Busabfertigungsbereich und Parkplätze für den Fuhr-

park erweitert. Auf dem insgesamt 40.000 m² großen Gelände gilt es die Wasserqualität zu verbessern und nahe gelegene Bäche und Feuchtgebiete zu schützen. Geplant war daher den Abfluss zu reduzieren und die natürliche Regenwasserversickerung zu maximieren. Um diese Ziele zu erreichen, umfasst die Anlage Regenwassersickergräben, Testbereiche mit versickerungsoffenem Pflaster, eine trockenheitstolerante Landschaftsgestaltung und eines der ersten Gründächer der Region. In Abb. 86 ist eine Skizze des Betriebsgeländes mit seinen Gestaltungselementen dargestellt. [118] [119]

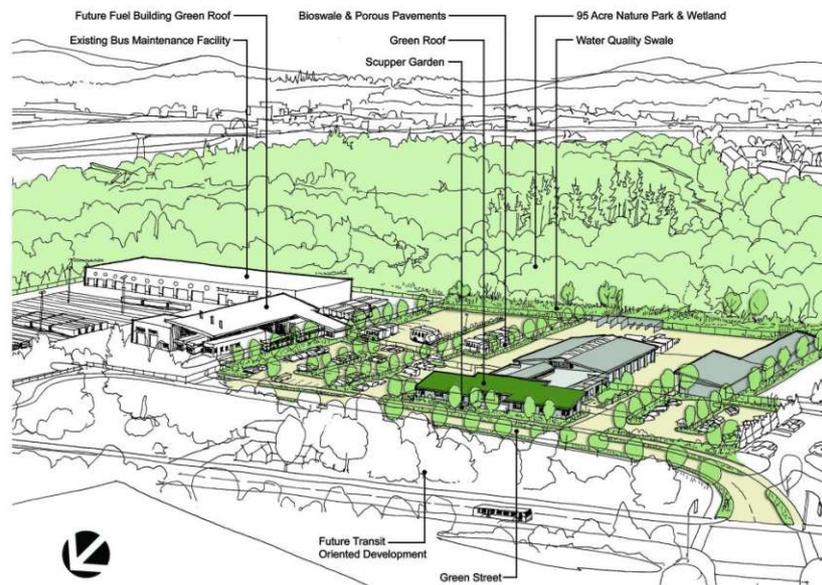


Abb. 86: Übersicht Betriebshof Clean Water Services © PIVOT Architecture [119]

Über das Gelände verteilt sind eine Reihe an Sickergräben errichtet worden, die hin zu einem größeren „Wasserqualitätssickergraben“ führen, der 15 m breit und 180 m lang ist und sich am hinteren Ende des Grundstücks über die gesamte Länge erstreckt. Die Geländegestaltung orientiert sich an einer ungestörten natürlichen Landschaft, weshalb die Gräben mäanderartig konstruiert wurden und mit Holzstapeln und heimischen Baum-, Sträucher- und Staudenarten einen Lebensraum für Insekten, Vögel und kleine Säugetiere bieten. Überschüssiges Wasser, welches in den kleineren Gräben nicht versickert ist, wird im großen Sickergraben gefiltert und vom Boden und den Pflanzen aufgenommen. [118] [120]

Auf dem gesamten Betriebsgelände von Clean Water Services befindet sich lediglich ein Regenrückhaltebecken, während jene Bauten in den meisten Siedlungen standardmäßig zum Einsatz kommen, um Regenwasser über Rohrleitungen abzuleiten. Dieses Becken ist auf diesem Gelände gesetzlich vorgeschrieben, damit das vom Parkplatz abfließende Wasser durch einen Ölabscheider gefiltert wird, bevor es in die Sickergräben gelangt. [120]

Während der Ausführungsphase des Projekts gab es zur Aufrechterhaltung der Wasserqualität strenge Vorgaben zum Erosionsschutz und zur Sedimentkontrolle. Dafür wurden zwei Absetzbecken errichtet, die alle Sedimente und anfallende Abwässer von der Baustelle aufnehmen. Zu keinem Zeitpunkt durften über fünf Prozent der Oberfläche freigelegt werden. Erosionsbarrieren und Dämme wurden errichtet, um Sedimente zurückzuhalten und diese nicht in das Absetzbecken gelangen zu lassen. Bei Starkregen wurde ein organisches Flockungsmittel in den Absetzbecken eingesetzt, um eine Ablagerung von Partikeln zu fördern. Ein zuständiger Projektleiter war durchgehend vor Ort, um das System zu überwachen und sicherzustellen, dass alle Vorgaben eingehalten werden. [118]

Die Zufahrtsstraße zum Betriebsgelände hat auf der Südseite keine Bordsteinkanten oder Rinnen, damit das Regenwasser direkt in die angrenzenden Mulden abfließen kann. Dort wird es vom Boden oder von den Wurzeln der einheimischen Pflanzen aufgenommen. Solche Mulden

haben einen Kostenvorteil, da sonst notwendige Rinnen und Rohrleitungen eingespart werden können. [118]

Der 1.700 m² große Mitarbeiterparkplatz wurde aus durchlässigem Porenbeton errichtet, der luft- und wasserdurchlässig ist und eine natürliche Versickerung des Niederschlags ermöglicht. Damit wird der Abfluss reduziert, die Verdunstung hält die Oberfläche kühl und minimiert den Abfluss von warmem Oberflächenwasser in nahe gelegene Bäche oder Feuchtgebiete. [118]

Auch bei den sieben Parkplätzen am Haupteingang des Verwaltungsgebäudes lag der Fokus auf einer möglichen Regenwasserversickerung. Daher wurde die Fläche mit halbdurchlässigen Pflastersteinen ausgelegt. Das Besondere an dieser Pflasterfläche ist, dass die Steine auf Schienen verlegt werden und die Steinflanken für mehr Stabilität abgefräst werden. Damit wird eine gleichbleibende Fugenbreite garantiert, ohne ein Kippen oder Drehen der Steine. Darüber hinaus wurde eine 280 m² große Lagerfläche auf dem Wartungshof mit Kies angelegt, der durch ein Geokunststoff mit 25 x 25 cm Gitter gestützt wird. Der Kies wird dabei zwischen das Gitter geschüttet. Beide Oberflächen sind kosteneffizient und versickerungsfähig. [118] [121]

Das in Abb. 87 sichtbare nach Norden ausgerichtete Schrägdach des Verwaltungsgebäudes mit einer Neigung von 17 % wurde extensiv mit 17.000 trockenheitsresistenten Pflanzen auf 10 cm Kultursubstrat errichtet. Aus finanziellen Gründen konnte nur ein Viertel des Daches begrünt werden. Dafür wurde der Teil des Daches gewählt, der zur Straße zeigt und für PassantInnen und BesucherInnen am besten sichtbar ist. Die Entwässerung des Daches erfolgt über Rinnen und Fallrohre, die kleine Wasserfälle auf Kiesflächen auf dem Boden erzeugen. Der Kies verlangsamt den Wasserfluss, das Wasser kühlt ab, wird gefiltert und ein Großteil versickert bereits vor dem Erreichen der Sickergräben. [120]



Abb. 87: Gründach Clean Water Services © PIVOT Architecture [119]

Im August 2003 wurde auf dem Dach eine Mischung aus Sedum, Wildblumen und Bodendeckern gepflanzt mit dem Fokus auf Trockenheitstoleranz, jahreszeitliche Farbgebung, Laubkontrast und geringem Pflegeaufwand. Für die Anfangsphase, bis zur Etablierung der Pflanzen, und für trockene Sommermonate wurde eine Tröpfchenbewässerung unter dem Substrat installiert. Durch die starke Dachneigung und den damit eingehenden Druckunterschied zwischen oben und unten, war es jedoch schwierig das System richtig einzustellen und zudem wurden Verbindungen undicht und die Bruchstellen konnten nicht lokalisiert werden. Daher wurde das Bewässerungssystem 2006 entfernt und ein Jahr später eine oberirdische Sprinkleranlage montiert. [120]

Bis sich die Pflanzen in den Sickergräben etabliert haben, muss regelmäßig gejätet und gemulcht werden. Außerdem ist eine regelmäßige Inspizierung nötig, um den geplanten Regenwasserablauf sicherzustellen. Nach Erfordernis müssen Probleme, wie die Ansammlung von Sedimenten, stehendes Wasser, unzureichende Vegetationsbedeckung sowie Erosion und Kolkbildung innerhalb der Gräben, behoben werden. Auch die Mulden neben der Zufahrtsstraße

müssen regelmäßig gepflegt werden, um eine ordnungsgemäße Funktion und eine ästhetisch ansprechende Landschaft zu gewährleisten. Die Instandhaltungskosten sind mit herkömmlichen Landschaftsgestaltungen vergleichbar. Die durchlässigen Beton- und Pflasterflächen sollten regelmäßig abgesaugt werden, um zu verhindern, dass sich feine Materialien in den Porenräumen festsetzen. Auf dem Gründach sind nur wenige Pflegemaßnahmen erforderlich. [118] [120]

5.7.2 Bautechnische und umweltbezogene Analyse

Bei der Gestaltung des Betriebsgeländes von Clean Water Services stand der Schutz von Wasserressourcen im Vordergrund. Ziel bei dem Projekt ist eine Verlangsamung und Reduzierung des Abflusses, eine Verbesserung der Wasserqualität sowie eine Versickerungsmaximierung. Die Demonstration innovativer Techniken für Wasserversickerung, -kühlung und -aufbereitung haben eine Vorbildfunktion und sollen dazu animieren, solche Lösungen auf anderen Grundstücken ebenfalls in Betracht zu ziehen. Auch die Dachbegrünung wurde bewusst in Straßennähe angeordnet, damit sie Aufmerksamkeit erregt und BesucherInnen in die Einrichtung lockt, um anschließend von den weiteren Wasserschutzmaßnahmen zu erfahren. [120]

Eine Vielzahl an heimischen Pflanzen fördert die Biodiversität, bietet Tieren einen Lebens- und Nahrungsraum und kühlt die Umgebungsluft. Die Dachbegrünung nimmt Regenwasser auf und dient außerdem der Isolierung des Gebäudes. Ziel ist es, das Wasser in den natürlichen Kreislauf zurückzubringen und fast 80 % des Wassers auf dem Dach wird durch Evapotranspiration an die Atmosphäre zurückgegeben. Die extensive Begrünung verlängert zudem die Lebensdauer der Dachabdichtung, bindet Feinstaub und nimmt CO₂ auf. [118]

5.8 Zusammenfassung Freiraumbegrünung

Um die Freiraumbegrünungsprojekte besser in den Planungsleitfaden einbeziehen zu können, werden in der folgenden Tabelle wichtige Merkmale zusammengefasst.

Tabelle 11: Vergleich Merkmale und Ziele Freiraumbegrünungen

Projekt	Größe	Neubau/ Sanierung/ Bestand	Gestaltungselemente	Ziel
Innenhof Favoritenstr. (Kap. 5.1)	920 m ²	Bestand	Rasenflächen, Spielgeräte, Gartenhütte, versickerungsoffene Wegebefestigungen, Fassadenbegrünungen, Sichtschutz, Beete	Aufenthaltsfläche Wohlbefinden Ästhetik
Innenhof Schubertgasse (Kap. 5.2)	230 m ²	Bestand	Rasenfläche, Hochbeet, Terrasse, begrünter Zaun, Fassadenbegrünungen, Insektenhotel, Beete	Aufenthaltsfläche Wohlbefinden Ästhetik
Innenhof Brestelgasse (Kap. 5.3)	140 m ²	Bestand	Terrasse, Zaun, Beete	Aufenthaltsfläche Wohlbefinden Ästhetik
Innenhof Goltzstraße (Kap. 5.4)	90 m ²	Bestand	Wegebefestigung, Beete	Ästhetik Wohlbefinden Aufenthaltsfläche
SOLON – Innenhöfe (Kap. 5.5)	je Hof 140 - 400 m ²	Neubau	Individuelle Gestaltung, versickerungsoffene Wegebefestigungen, bepflanzte Erdhügel, Sitzelemente, Holzpodeste, Kunstobjekte, Brunnen	Aufenthaltsfläche Ästhetik Wohlbefinden

SOLON – Außengelände (Kap. 5.5)	22.000 m ²	Neubau	Rasenfläche, Sickerbecken, Parkplätze, begrünter Zaun, Wasserbecken, Solarmover, Solartankstelle, Hecken, Beete	Regenwasserversickerung Lärmschutz
ASI Reisen (Kap. 5.6)	480 m ²	Neubau	Fassadenbegrünung, Rasenflächen, Beete	Naturverbundenheit Nachhaltigkeit
Clean Water Services (Kap. 5.7)	40.000 m ²	Neubau	Sickergräben, versickerungsoffenes Pflaster, trockenheitstolerante und heimische Landschaftsgestaltung, extensive Dachbegrünung, Parkplätze aus Porenbeton	Regenwasserversickerung Wasserqualität Vorbild Biodiversität

Vergleicht man die Ziele der Projekte untereinander, ist zu erkennen, dass das Schaffen einer Aufenthaltsfläche die oberste Priorität bei vier von fünf Innenhöfen darstellt. Innenhöfe in städtischen Gebieten erfüllen häufig auch den Zweck, von einem zum anderen Gebäude zu gelangen und werden oft als Abstellfläche für z.B. Fahrräder genutzt. Eine mit Kosten verbundene Begrünung wird jedoch normalerweise nur angelegt, wenn sich BewohnerInnen im Hof aufhalten und die Ästhetik und damit das Wohlbefinden gesteigert werden soll.

Die Gestaltung der Außenanlagen von SOLON und Clean Water Services richtet sich vor allem nach der Funktion der Regenwasserversickerung. Die vergleichbar großen Flächen mit 22.000 und 40.000 m² nehmen eine große Menge an Niederschlagswasser auf und kaskadenartig angeordnete Sickerbecken bzw. -gräben dienen dazu, das Wasser zu sammeln und auf natürliche Weise zurück in das Grundwasser zu leiten. Die Bepflanzung der SOLON und ASI Reisen Gelände wird in nachhaltiger Weise mit gesammeltem Regenwasser bewässert, während die heimischen Arten in Oregon keine Bewässerung benötigen. Häufig werden bei Neubauprojekten verschiedene Begrünungsarten kombiniert geplant, wie es bei allen drei Außenanlagen-Projekten der Fall ist. Sowohl zusätzliche Dachbegrünungen als auch Fassaden- oder Zaunbegrünungen wurden umgesetzt und stehen in Wechselwirkung miteinander. Auf dieses gegenseitige Profitieren bei einer Verwendung verschiedener Begrünungssysteme auf einem Grundstück wird in Kapitel 6.5.3 eingegangen.

6 Planungsgrundlagen

In den vorstehenden Kapiteln wurden unterschiedliche Begrünungen von Fassaden, Dächern und Freiräumen, hauptsächlich in den DACH-Ländern, vorgestellt. Aus diesen Beispielprojekten gilt es Planungsgrundlagen zu formulieren, die einem Planer oder Bauherrn bei der Entscheidungsfindung für eine Begrünungsart unterstützen. Zu beachten ist, dass diese Planungshilfe nicht die Merkmale aller möglichen Systeme umfasst, sondern auf den in dieser Arbeit enthaltenen Projekten basiert.

6.1 Entscheidungskriterien

Zu Beginn ist es notwendig, alle Kriterien aufzulisten, die einen Einfluss auf die Entscheidung für ein bestimmtes Begrünungssystem haben. Diese Entscheidungskriterien reichen vom Begrünungsziel über Standortkriterien, bautechnische Kriterien und ökonomische Kriterien hin zu gestalterischen Kriterien.

6.1.1 Begrünungsziel

Das Begrünungsziel bildet ein Kernkriterium bei der Entscheidung für ein bestimmtes Begrünungssystem. In Kapitel 2.2 und 2.3 wurden die Effekte von Begrünung im Hochbau bereits erläutert, diese werden hier erneut aufgegriffen und kompakt aufgelistet. In den Tabellen der Zusammenfassung, als letztes Unterkapitel der Fassaden-, Dach- und Freiraumbegrünung, wurden die Hauptziele der jeweiligen Prestigeprojekte aufgelistet. Diese finden sich in der folgenden stichpunktartigen Auflistung wieder.

Nutzen auf Gebäudeebene

- Temperaturregulation – Gebäudedämmung/Verschattung/Evapotranspiration
- Schaffen von Aufenthaltsflächen
- Funktioneller Nutzen (z.B. Absturzsicherung)

Umwelt – Ökologischer Nutzen

- Verbesserung des Mikroklimas
- Regenwasserregulation
- Erhaltung der Artenvielfalt und Steigerung der Biodiversität

Ökonomischer Nutzen

- Imageaufwertung
- Wertsteigerung der Immobilie
- Schutz der Gebäudeoberfläche & Lebensdauerverlängerung
- Einsparung des Energieverbrauchs
- Einsparung des Wasserverbrauchs

Lebensqualität

- Lärmschutz & Bindung von Feinstaub
- Wohlbefinden
- Gestalterische Anerkennung

6.1.2 Standortkriterien

Folgend werden Standortkriterien aufgelistet, welche Einfluss auf die Auswahl eines Begrünungssystems haben:

- Klimazone (Temperaturmaxima, Niederschlagshöhe)
- Exposition
- Erreichbarkeit Erdboden (Versiegelung)
- Bodenqualität + Grundwassererreichbarkeit
- Platzverhältnisse und Umgebung (z.B. angrenzender Gehweg, Innenhof, Sportgelände)
- Möglichkeit von Vandalismus an öffentlichen Plätzen
- Verschattung durch nebenstehende Gebäude oder Bäume
- Regenexposition
- Windexposition
- Sichtbarkeit der Grünfläche
- Erreichbarkeit der Grünfläche
- Möglichkeit Transport der Materialien zur Grünfläche

6.1.3 Bautechnische Kriterien

Folgend werden bautechnische Kriterien aufgelistet, welche Einfluss auf die Auswahl eines Begrünungssystems haben:

- Größe der Begrünungsfläche
- Form der Begrünungsfläche (z.B. Unterbrechungen durch Fenster oder Türöffnungen)
- Fassadenhöhe
- Fassadeneigung/Dachgefälle/Geländeneigung
- Vorsprünge
- Fassadentyp bzw. Dachkonstruktion
- Tragfähigkeitsreserven Dach oder Fassade
- Zustand Bausubstanz (z.B. Risse an Fassade)
- Möglichkeit der Montage
- Notwendigkeit Erreichbarkeit Fassade (Kontrollen, Renovierung)
- Zugänglichkeit bzw. Erreichbarkeit Grünfläche
- Wasseranschluss
- Platzbedarf für Bewässerungsanlagen (frostfreie Platzierung)
- Möglichkeit der Entwässerung
- Energieversorgung

6.1.4 Ökonomische Kriterien

Folgend werden ökonomische Kriterien aufgelistet, welche Einfluss auf die Auswahl eines Begrünungssystems haben:

- Investitionskosten
- Pflegeaufwand
- Wartungsaufwand
- Bewässerung
- Energiekosteneinsparung
- Wasserkosteneinsparung
- Reduktion der Abwassergebühr durch Regenwassermanagement

6.1.5 Gestalterische Kriterien

Folgend werden gestalterische Kriterien aufgelistet, welche Einfluss auf die Auswahl eines Begrünungssystems haben:

- Begrünungsdauer
- Deckungsgrad
- Gestalterische Möglichkeiten
- Möglichkeit der Vorkultivierung (und damit Begrünungsdauer gleich Null, da das System sofort mit voll entfalteter Begrünung hergestellt werden kann)

6.2 Merkmale der analysierten Begrünungssysteme

In den folgenden Tabellen werden die Merkmale der beschriebenen Prestigeprojekte zusammengefasst. Die Auflistung erfolgt nicht mehr, wie in den zusammenfassenden Tabellen am Ende der Fassaden-, Dach- und Freiraumbegrünungskapitel, nach Projekt, sondern nach Systemart. Insgesamt gibt es drei Tabellen - zum Standort und den bautechnischen Merkmalen, den ökonomischen Merkmalen und den gestalterischen Merkmalen.

6.2.1 Standort und bautechnische Merkmale

In der folgenden Tabelle werden die standortspezifischen und bautechnischen Merkmale der analysierten Begrünungsprojekte zusammengefasst. Unter diese Merkmale fallen die Konstruktion, Neigung und Höhe der Fassade bzw. Dachneigung sowie, ob eine Bewässerungsanlage vorhanden ist. In der letzten Spalte werden die baulichen Merkmale der analysierten Gebäude aufgelistet.

Tabelle 12: Standort und bautechnische Merkmale der analysierten Begrünungssysteme

	Begrünungssystem	Konstruktion	Neigung & Höhe	Bewässerungsanlage	Bauliche Merkmale
Fassade	Bodengebunden – Selbstklimmer	MW, Putzfassade	90° Bis ca. 16 m	Nein	Freie Formen – Rundungen Viele Fenster Keine Balkone
	Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear)	Edelstahlseile mit Abstand vor der Fassade gespannt	90° Bis ca, 15 m	Ja (aber nicht notwendig*)	Fassade baulich getrennt & unabhängig Befestigung der Seile an ebener Fassade (hineinkragende Loggien) oder an auskragenden Laubengängen
	Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig)	Stahlnetz mit Abstand vor der Fassade gespannt	90° Bis ca. 15 m	Ja (aber nicht notwendig*)	Fassade baulich getrennt & unabhängig Befestigung der Netze an auskragenden Laubengängen
	Mischform: Wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (linear)	Edelstahlseile mit Abstand vor der Fassade gespannt	90° Bis ca. 15 m	Ja (aber nicht notwendig*)	Fassade baulich getrennt & unabhängig Befestigung der Seile an auskragenden Laubengängen Tröge stehen auf den auskragenden Platten
	Mischform: Wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (flächig)	Stahlnetz mit Abstand vor der Fassade gespannt	90° Bis ca. 53 m	Ja (aber nicht notwendig*)	Fassade baulich getrennt & unabhängig Befestigung der Netze an auskragenden Laubengängen bzw. Bügeln

	Wandgebunden – Regalbauweise (linear)	Massiv, ohne Verkleidung, Unterkonstruktion, hinterlüftet	40° - 90° Bis ca. 27 m	Ja	Geschlossene Fassade, gleichmäßige Form Trogrprofile 2,40 m lang
	Wandgebunden – Modulare Bauweise	Massiv, Putzfassade, vorgehängt, hinterlüftet bzw. Lisenen als Tragkonstruktion	80° - 90° Bis ca. 9 m	Ja	Fläche mit Fenstern & Türen Maße abgestimmt auf Module Bzw. geschlossene, gleichmäßige Fläche Module 45 x 60 cm / 60 x 100 cm / 100 x 200 cm
	Wandgebunden – Flächige Konstruktion	Massiv, ohne Verkleidung, vorgehängt, hinterlüftet	90° Bis ca. 10 m	Ja	Unregelmäßige Fassade mit vielen Fenstern
Dach	Intensiv	Massiv, Umkehrdach	0° - 12°	Ja und nein	Bei Gefälle bis 12° Schubschwellen und genoppte Dränelemente Bei begehbaren Dächern Absturzsicherung und geeignete Erschließung erforderlich Drainageschicht vorhanden
	Einfach intensiv	Massiv	Bis 60°	Ja (für Anwuchsphase und Trockenperioden im Sommer)	Pflanzschalen 45 x 45 cm und Gitter aus Gabionenkanälen für Schubsicherung auf geneigten Flächen Drainageschicht vorhanden
	Extensiv	Massiv, Holz	0° - 45°	Ja bei 45° Nein	Bei 45° Neigung Träger und Schwellen als Schubsicherung Tragreserven beim Biodiversitätsdach Teilweise Drainageschicht vorhanden

* Es ist keine Bewässerungsanlage erforderlich, da es sich um horizontale Systeme handelt und eine Wasserverteilung damit möglich ist. Vorausgesetzt ist die Erreichbarkeit des Substrats für eine händische Bewässerung.

Bei der Freiraumbegrünung wurden Innenhöfe und freie Gelände, um Gebäude herum, betrachtet. Funktionen von Innenhöfen sind das Herstellen einer Aufenthaltsfläche, die den ästhetischen Ansprüchen der NutzerInnen entspricht und für ein ausreichendes Wohlbefinden sorgt. Häufig werden Spielplätze oder Spielgeräte in den Höfen für Familien mit kleinen Kindern platziert. Um das Wohlbefinden zu steigern, muss durch einen Sichtschutz für ausreichende Privatsphäre gesorgt werden. Dies wird in den betrachteten Projekten meist mittels Pflanzen oder begrünter Zäune erreicht. Auch Wegebefestigungen sind ein wichtiger Bestandteil von Innenhöfen, zur Erschließung von beispielsweise anderen Gebäudeteilen, Gartenhütten oder Terrassen. Bereits bei vielen der Freiraumbegrünungsprojekte wurde darauf geachtet versickerungsoffene Materialien zu verwenden und eine Versiegelung zu vermeiden.

Bei den großflächigen Freianlagen, wie die des SOLON Headquarters und von Clean Water Services, liegt der Fokus auf der Versickerung des Regenwassers. Dafür wurden eine Vielzahl an Sickermulden angeordnet, die das Wasser kaskadenartig weiterleiten, bis zur vollständigen Versickerung. Die Randbereiche von befestigten Außenflächen sind so gestaltet, dass das Wasser, anstatt einer Ableitung durch Rohre, natürlich versickert. Vor allem bei dem US-amerikanischen Betriebsgelände der Clean Water Services werden innovative Lösungen verwendet, um die Versickerungsrate auf dem Gelände zu maximieren.

Bei den Freiraumbegrünungen kommt es ganz auf die gewählten Pflanzen an, ob eine künstliche Bewässerung erforderlich ist oder nicht. In den beschriebenen Innenhöfen sind keine automatischen Bewässerungsanlagen vorhanden. Nach Bedarf kann eine händische Bewässerung im

Sommer und beim Anwuchs erforderlich sein. Auf dem Gelände des SOLON Headquarters und von ASI Reisen ist eine automatische Bewässerungsanlage vorhanden.

6.2.2 Ökonomische Merkmale

In Tabelle 13 werden die ökonomischen Merkmale der analysierten Begrünungsprojekte zusammengefasst. Unter diese Merkmale fallen die Bewässerung, Pflegeaufwand, der Wartungsaufwand, verursacht durch das Vorhandensein einer automatischen Bewässerungsanlage, und die Investitionskosten. Bezüglich der Investitionskosten ist zu erwähnen, dass bei den meisten Projekten keine Angaben bekannt sind. Zum Teil werden Kosteninformationen nicht herausgegeben und in anderen Projekten ist das Begrünungssystem in die Tragstruktur integriert (siehe Kapitel 3.5), was die Kostendifferenzierung wesentlich erschwert. Zudem spielt die starke Inflation eine große Rolle. Die Projekte wurden in verschiedenen Jahren errichtet, daher können die Preise nicht gegenübergestellt werden. Trotzdem wurden die verfügbaren Investitionskosten hier eingetragen, um eine grobe Übersicht zu bieten. Für Systeme, bei denen die Kosten nicht bekannt sind, wurde eine Schätzung vorgenommen und damit eine Einstufung von gering bis hoch erstellt.

Tabelle 13: Ökonomische Merkmale der analysierten Begrünungssysteme

	Begrünungssystem	Bewässerung	Pflegeaufwand	Wartungsaufwand	Investitionskosten
Fassade	Bodengebunden – Selbstklimmer	keine künstliche	gering Rückschnitt 1x jährlich bzw. nach Bedarf	-	gering
	Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear)	automatische Tropfbewässerung	gering Rückschnitt und Nachpflanzung nach Bedarf	gering	mittel 60 €/m ² (Kap. 3.3)
	Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig)	automatische Bewässerung	gering Rückschnitt 1x jährlich bzw. nach Bedarf	gering	mittel 146 €/m ² (Kap. 3.4)
	Mischform: Wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (linear)	automatische Bewässerung	mittel Schnitt 2x jährlich, Entfernen Fremdvegetation nach Bedarf bzw. alle zwei Monate	mittel 2x jährlich	mittel 936 €/m ² exkl. Rankhilfen und MwSt. (Kap. 3.6)*
	Mischform: Wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (flächig)	automatische Bewässerung	gering Rückschnitt nach Bedarf	mittel	mittel
	Wandgebunden – Regalbauweise (linear)	automatische Bewässerung	gering Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs, Nachpflanzung & Düngung 1x jährlich	mittel jährlich	hoch
	Wandgebunden – Modulare Bauweise	automatische Bewässerung	hoch Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs & Nachpflanzung 3-4x jährlich	hoch 3x jährlich	hoch 1.598 €/m ² (Kap. 3.10)*
	Wandgebunden – Flächige Konstruktion	automatische Tropfbewässerung	mittel Rückschnitt & Nachpflanzung 2x jährlich	mittel jährlich	hoch

Dach	Intensiv	automatische Bewässerung	mittel Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs & Düngung regelmäßig	mittel	hoch
	Einfach intensiv	automatische Bewässerung für Anwuchs, danach Entfernung	gering	gering	mittel
	Extensiv	i.d.R. keine künstliche, nur bei starkem Gefälle automatische Bewässerung erforderlich	gering Entfernung Fremdbewuchs & Gehölzsämlinge 1x jährlich (Ausnahme: PTH St. Georgen 2-3x jährlich aufgrund optischer Ansprüche)	i.d.R. keiner, bei starkem Gefälle gering	mittel 40 – 50 €/m ² (Kap. 4.7) 74 €/m ² mit Vegetationsmatte (Kap. 4.5) 26 – 46 €/m ² Biodiversitätsdach (Kap. 4.8)
Freiraum	Innenhof	händisch nach Bedarf	gering – hoch (abhängig von Bepflanzung) Mähen, Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs, Laubentfernung nach Bedarf bzw. 1x monatlich	-	gering – hoch (abhängig von Bepflanzung und Gestaltungselementen) Beet 58€/m ² (Kap. 5.3)
	Freigelände	keine künstliche - automatische Bewässerung abhängig von Bepflanzung)	gering – hoch (abhängig von Bepflanzung) Mähen, Rückschnitt, Entfernung Fremdbewuchs, Laubentfernung, Absaugen Beton-/Pflasterflächen regelmäßig	keiner bzw. gering	gering – hoch (abhängig von Bepflanzung und Gestaltungselementen) Gelände Wasser-schutz 187€/m ² (Kap. 5.7)

* Die Investitionskosten sind als Ausreißer zu betrachten. Dies liegt unter anderem an den erhöhten Kosten in der Schweiz.

Bezüglich der Begrünung von Innenhöfen und von Außenanlagen ist zu erwähnen, dass die Auswahl an Pflanzenarten und Gestaltungselementen kaum begrenzt ist und daher der Pflege- und Wartungsaufwand sowie die Investitionskosten je nach Projekt stark variieren können. Daher ist in Tabelle 13 jeweils eine Spanne von gering bis hoch angegeben.

6.2.3 Gestalterische Merkmale

In Tabelle 14 werden die gestalterischen Merkmale der analysierten Begrünungsprojekte zusammengefasst. Unter diese Merkmale fallen die Pflanzenart, welche in Kapitel 6.4 noch genauer eingeteilt wird, Begrünungsdauer, Deckungsgrad, Gestalterische Möglichkeiten und die Möglichkeit einer Vorkultivierung. Hinzuzufügen ist, dass es sich bei der Begrünungsdauer nicht um die Wuchsdauer der Pflanzen handelt, sondern um die Dauer, bis der gewünschte Deckungsgrad erreicht wird. Wenn ein Begrünungssystem eine Vorkultivierung ermöglicht, bedeutet das effektiv, dass die Begrünungsdauer gleich null oder kurz ist. Wenn der gewünschte Deckungsgrad ohne eine Wartezeit direkt erreicht wird, ist dies mit „sofort“ gekennzeichnet.

Tabelle 14: Gestalterische Merkmale der analysierten Begrünungssysteme

	Begrünungssystem	Pflanzenart	Begrünungsdauer	Deckungsgrad	Gestalterische Möglichkeiten	Möglichkeit Vorkultivierung
Fassade	Bodengebunden – Selbstklimmer	Wilder Wein, Efeu	lang ca. 1 m/Jahr	mittel	gering	nein
	Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear)	Kletterrosen, Wilder Wein, Wildreben, Waldreben, Geißblätter, Akebien, etc.	lang 1-2 m/Jahr	gering (abhängig vom Abstand der Seile)	gering	bedingt*
	Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig)	Wilder Wein	lang	mittel	mittel	bedingt*
	Mischform: Wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (linear)	Geißblatt, Blauregen, Waldrebe, Wilder Wein, Architektentrost, Pfeifenwinde, etc.	mittel (aufgrund Pflanzung auf mehreren Ebenen)	gering (abhängig vom Abstand der Seile)	gering	bedingt*
	Mischform: Wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (flächig)	Geißblätter, Sonnenhut, Storchschnabel	mittel (aufgrund Pflanzung auf mehreren Ebenen)	mittel	mittel	bedingt*
	Wandgebunden – Regalbauweise (linear)	Hainbuche, Katzenminze, Blaugras, Fetthenne, Bergenie, Storchschnabel	sofort – lang Hainbuchen 3 Jahre (Kap. 3.7)	mittel	hoch	ja im Regalsystem oder separat
	Wandgebunden – Modulare Bauweise	Efeu, Bergenie, Farne, Schleifenblume, Frauenmantel	sofort – kurz (i.d.R. vorkultiviert) Peter-Lamar-Platz: 3 Monate (Kap. 3.11)	hoch	sehr hoch	ja im Modul
	Wandgebunden – Flächige Konstruktion	Stauden, Gräser, Kleingehölze	kurz – mittel Osterrath: ca. 3 – 6 Monate (Kap. 3.12)	hoch	hoch	ja separat
Dach	Intensiv	Rasen, Gräser, Kräuter, Zwiebelpflanzen, Blumen, Stauden, Sträucher, Kleingehölze, Bäume	sofort – lang	hoch	hoch	ja separat
	Einfach intensiv	Kräuter, Gräser, Stauden, Blumen	sofort – mittel	gering – hoch	mittel	ja separat
	Extensiv	Sedum, Kräuter, Gräser	sofort – mittel	gering – hoch	gering	ja separat

* Gerüstkletterpflanzen können bis zu einer geringen Größe gekauft werden

In Innenhöfen und auf freiem Gelände ist die Auswahl der Pflanzenarten im Normalfall nicht begrenzt, da es sich um Freiräume handelt und ausreichend Wurzelraum zur Verfügung steht. Begrenzt werden kann dies z.B. durch eine Unterkellerung unter einem Innenhof, jedoch kommt dieser Fall in den in dieser Arbeit analysierten Projekten nicht vor. Außerdem kann die Hofbegrünung in einem solchen Fall als Dach eingestuft werden und dementsprechend klassifiziert werden. Bei den analysierten Freiraumbegrünungen kamen folgende Pflanzen zum Einsatz: Rasen, Blumen, Kräuter, Gemüsepflanzen, Farne, Gräser, Bodendecker, Stauden, Sträucher, Bäume, Kletterpflanzen und Wasserpflanzen. Die Begrünungsdauer und der Deckungsgrad hängen in hohem Maße von der Pflanzenauswahl ab. Die gestalterischen Möglichkeiten sind, wie bereits erwähnt, meist unbegrenzt und damit sehr hoch. Eine Vorkultivierung ist möglich, es können bereits vorgezogene Pflanzen gesetzt oder beispielsweise auch Rollrasen verlegt werden. Letzteres wird häufig bevorzugt, da somit die Begrünungsdauer auf null reduziert wird und die gewünschte Begrünung sofort ausgeprägt ist.

6.3 Merkmale & bauliche Anforderungen der analysierten Begrünungssysteme

In diesem Kapitel werden die Merkmale der verschiedenen Begrünungssysteme von Fassaden, Dächern und Freiräumen aus den vorherigen Tabellen aufgegriffen und durch weitere Kennwerte hinterlegt. Es werden außerdem bauliche Anforderungen aus den analysierten Projekten formuliert. Dies sind zum Beispiel geometrische Vorgaben von den spezifischen Projekten. Verallgemeinern lassen sich die Anforderungen und Empfehlungen daher nicht, allerdings geben sie eine grobe Einschätzung, was bei der Ausführung solcher Systeme zu beachten ist. Zudem wird in diesem Kapitel jeweils auf die Projektkapitel sowie technischen Zeichnungen verwiesen. In Tabelle 15 werden die Merkmale und baulichen Anforderungen der verschiedenen Begrünungssysteme von Fassaden aufgelistet.

Tabelle 15: Merkmale und bauliche Anforderungen Fassadenbegrünung

Fassadenbegrünung	
Merkmale	Bauliche Anforderungen
Bodengebunden – Selbstklimmer	
<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshöhe bis ca. 20 m - Geringer Pflegeaufwand - Geringe Investitionskosten (nur die Pflanze selbst) 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Bewässerungsanlage erforderlich → keine Wartung (Voraussetzung Erreichbarkeit zur händischen Bewässerung an Extremstandorten) - Keine Sekundärkonstruktion erforderlich - Efeu: rissfreie Oberfläche erforderlich, da Triebe die Risse sprengen können (siehe Kapitel 3.1) - Pflanzung mit Abstand zur Fassade, damit Wurzeln die Fassade nicht zerstören - Empfohlen ist das Errichten eines Schutzbeetes, zum Schutz der Wurzeln (siehe Abb. 14 rechts) - Frei hängende Stämme ab 10 cm Durchmesser sollten an der Fassade angebunden werden - Pflanzabstand zur Fassade 20 cm (siehe Kapitel 3.2) - Wurzelraum von ca. 100 x 55 x 60 cm (L x B x H) für zwei Kletterpflanzen erforderlich (siehe Kapitel 3.2)
Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear)	
<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshöhe bis ca. 20 m - Geringer Pflegeaufwand - Geringer Wartungsaufwand - Mittlere Investitionskosten - Erreichbarkeit der Pflanzen auch von Gebäudeseite (bei Abstand zur Fassade) 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Bewässerungsanlage erforderlich - Edelstahlseile baulich von Fassade getrennt, Abstand: 50 cm - Abstand der Seile untereinander: vor geschlossener Fassade 63 cm, vor Loggien 125 cm (siehe Kapitel 3.3) - Befestigung der Seile an ebener Fassade (Skizze siehe Abb. 18) oder an auskragenden Laubengängen - Bei Verwendung von Hängepflanzen Attikabreite &

	Erwärmung beachten (siehe Problem Stücki Kapitel 3.6)
Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig)	
<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshöhe bis ca. 20 m - Geringer Pflegeaufwand - Geringer Wartungsaufwand - Mittlere Investitionskosten - Erreichbarkeit der Pflanzen auch von Gebäudeseite (bei Abstand zur Fassade) - Mögliche Verwendung von Kletterpflanzen in größerer Höhe - Begrünungsdauer im Vergleich zu bodengebundenen Kletterpflanzen verkürzt durch Platzierung in mehreren Ebenen 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Bewässerungsanlage erforderlich - Netze baulich von Fassade getrennt - Befestigung der Netze an auskragenden Laubengängen (Skizze siehe Abb. 20) - Zu beachten, dass Kletterpflanzen sich kaum horizontal ausbreiten (siehe Problem PTH Kapitel 3.4) - Maschenbreite ca. 60/135 mm für Wilden Wein (siehe Kapitel 3.4)
Mischform: Wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (linear)	
<ul style="list-style-type: none"> - Mittlerer Pflegeaufwand - Mittlerer Wartungsaufwand - Mittlere Investitionskosten - Erreichbarkeit der Pflanzen auch von Gebäudeseite - Mögliche Verwendung von Kletterpflanzen in größerer Höhe - Begrünungsdauer im Vergleich zu bodengebundenen Kletterpflanzen verkürzt durch Platzierung in mehreren Ebenen 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Bewässerungsanlage erforderlich - Seile baulich von Fassade getrennt - Befestigung der Seile an auskragenden Laubengängen (siehe Abb. 24 links) - Auskragende Konstruktion erforderlich für Aufnahme der Tröge - Abstand der Seile 55 cm (Skizze siehe Abb. 25) - Wurzelraum von ca. 300 x 60 x 50 cm (L x B x H) erforderlich (siehe Kapitel 3.6)
Mischform: Wandgebunden – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen (flächig)	
<ul style="list-style-type: none"> - Mittlerer Pflegeaufwand - Mittlerer Wartungsaufwand - Mittlere Investitionskosten - Erreichbarkeit der Pflanzen auch von Gebäudeseite 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Bewässerungsanlage erforderlich - Netze baulich von Fassade getrennt - Befestigung der Netze an auskragenden Laubengängen bzw. Bügeln, Maschenbreite 80/141 mm (Skizze siehe Abb. 23) - Auskragende Konstruktion erforderlich für Aufnahme der Tröge - Pflanzabstand zur Fassade ca. 16 cm (siehe Kapitel 3.5) - Wurzelraum von ca. 210 x 70 x 55 cm (L x B x H) erforderlich (siehe Kapitel 3.5) - Schirnbambus Seilraster ca. 55 x 80 cm (siehe Kapitel 3.6)
Wandgebunden – Regalbauweise – Tröge separat (siehe Kapitel 3.7)	
<ul style="list-style-type: none"> - Mittlerer Pflegeaufwand - Mittlerer Wartungsaufwand - Mittlere Investitionskosten - Einfacher Austausch von einzelnen Trögen - Erreichbarkeit der Pflanzen auch von Gebäudeseite 	<ul style="list-style-type: none"> - Bewässerungsanlage erforderlich - Auskragende Konstruktion erforderlich für Aufnahme der Tröge bzw. sekundäre Tragkonstruktion (siehe Kapitel 3.7) - Doppelschalige Aluminium-Pflanztröge für Hainbuchen im Querschnitt 35 x 48 cm (Skizze siehe Abb. 28)
Wandgebunden – Regalbauweise – Trogprofile an Fassade (siehe Kapitel 3.8)	
<ul style="list-style-type: none"> - Mittlerer Pflegeaufwand - Mittlerer Wartungsaufwand - Hohe Investitionskosten - Einfacher Austausch von einzelnen Trögen - Trogprofile L x B x H = 2400 x 150 x 92 mm (Skizze siehe Abb. 31) - Gewicht 88 kg/m², wassergesättigt (siehe Kapitel 3.8) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bewässerungsanlage erforderlich - Sekundärkonstruktion erforderlich
Wandgebunden – Modulare Bauweise	
<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Pflegeaufwand - Hoher Wartungsaufwand - Hohe Investitionskosten - Einfacher Austausch von einzelnen Modulen 	<ul style="list-style-type: none"> - Bewässerungsanlage erforderlich - Sekundärkonstruktion erforderlich

<ul style="list-style-type: none"> - Modulmaße: 45 x 60 cm, hydroponisches System (siehe Kapitel 3.9, Abb. 35) 100 x 200 cm, Substratsystem (siehe Kapitel 3.10, Abb. 37) 60 x 100 cm, Kassettensystem (siehe Kapitel 3.11, Abb. 41) - Gewicht 45 kg/m² bzw. 83 kg/m², wassergesättigt (siehe Kapitel 3.9 bzw. 3.11) 	
Wandgebunden – Flächige Konstruktion	
<ul style="list-style-type: none"> - Mittlerer Pflegeaufwand - Hoher Wartungsaufwand - Hohe Investitionskosten - Geringes Gewicht, 30 kg/m², wassergesättigt (siehe Kapitel 3.12) - Flexible Anpassung an geometrische Formen - Einfacher Austausch einzelner Pflanzen - Beispiel: Vlies-Substrat-System (Skizze siehe Abb. 44) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bewässerungsanlage erforderlich - Sekundärkonstruktion erforderlich

In Tabelle 16 werden die Merkmale und baulichen Anforderungen der verschiedenen Begrünungssysteme von Dächern aufgelistet.

Tabelle 16: Merkmale und bauliche Anforderungen Dachbegrünung

Dachbegrünung	
Merkmale	Bauliche Anforderungen
Intensiv - Substratschüttung	
<ul style="list-style-type: none"> - Mittlerer Pflegeaufwand - Mittlerer Wartungsaufwand - Beispielaufbau Rasenfläche (siehe Abb. 50) - Beispielaufbau Hochbeet (siehe Abb. 51) 	<ul style="list-style-type: none"> - Drainageschicht 5 – 15 cm erforderlich - Bewässerungsanlage i.d.R. erforderlich - Für Gefälle z.B. 12° Schubschwellen alle 6-10 cm und Noppen erforderlich (siehe Abb. 49) - Verankerung von Bäumen mit Baustahlgittern (siehe Abb. 51) - 50 cm breiter Kiesstreifen am Rand vor Attika anordnen - Bei Fassadenbegrünung mit Gerüstkletterpflanzen Hängepflanzen an den Dachrand anordnen (siehe Abb. 56)
Einfach intensiv - Substratschüttung	
<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Pflegeaufwand - Geringer Wartungsaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> - Drainageschicht 5 cm erforderlich - Bewässerungsanlage für Anwuchs erforderlich, danach Entfernung
Einfach intensiv – Pflanzschalen	
<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Pflegeaufwand - Geringer Wartungsaufwand - Biologisch abbaubare Pflanzschalen aus Kokosfasern 45 x 45 cm - Beispielaufbau (siehe Abb. 60) 	<ul style="list-style-type: none"> - Drainageschicht 5 cm - Bewässerungsanlage für Anwuchs erforderlich, danach Entfernung - Für Gefälle bis 60° Pflanzschalen zwischen Gabionenraster anordnen
Extensiv - Substratschüttung	
<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Pflegeaufwand - kein Wartungsaufwand - Mittlere Investitionskosten, 40 – 50 €/m² (siehe Kapitel 4.7) - Beispielaufbau (siehe Abb. 66 oder Abb. 68) 	<ul style="list-style-type: none"> - Drainageschicht 2-8 cm nicht zwingend erforderlich - keine Bewässerungsanlage erforderlich - 50 cm breiter Kiesstreifen am Rand vor Attika anordnen
Extensiv - Vegetationsmatte	
<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Pflegeaufwand - i.d.R. kein Wartungsaufwand, wenn keine Bewässerungsanlage vorhanden - Mittlere Investitionskosten, 74 €/m² (siehe Kapitel 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Drainageschicht bei Gefälle - i.d.R. keine Bewässerungsanlage erforderlich, jedoch bei Gefälle z.B. 45° erforderlich - bei 45° Gefälle Schubschwellen und -träger anord-

4.5) - Gewicht 120 kg/m ² , wassergesättigt	nen, Abstand 25 cm (siehe Abb. 63)
Extensiv - Biodiversitätsdach	
- Geringer Pflegeaufwand - Kein Wartungsaufwand - Beispielaufbau (siehe Abb. 72)	- keine Bewässerungsanlage erforderlich - Drainageschicht erforderlich, bei Ziegelrecyclingsubstrat-Aufbau nicht erforderlich - Kiesstreifen, Totholz und Substratanhäufungen empfohlen für idealen Lebensraum (siehe Abb. 70)

In Tabelle 17 werden die Merkmale und baulichen Anforderungen der verschiedenen Begrünungssysteme von Freiräumen aufgelistet.

Tabelle 17: Merkmale und bauliche Anforderungen Freiraumbegrünung

Freiraumbegrünung	
Merkmale	Bauliche Anforderungen
Innenhof	
- Pflegeaufwand stark abhängig von der Bepflanzung - Wartungsaufwand abhängig vom Vorhandensein einer Bewässerungsanlage	- Bewässerungsanlage nicht zwingend erforderlich - Versickerungsoffene Wegeführungen ausführen (siehe Kapitel 5.1) - Sitzelemente, Rasenflächen und Spielgeräte sind beliebt - Sichtschutz zu Nachbargebäuden kann durch Hecken oder begrünte Zäune erreicht werden
Freigelände	
- Pflegeaufwand stark abhängig von der Bepflanzung - Wartungsaufwand abhängig vom Vorhandensein einer Bewässerungsanlage	- Bewässerungsanlage nicht zwingend erforderlich, bei großen Flächen und ohne Beschattung jedoch ratsam (abhängig von der Bepflanzung) - Kaskadenartige Versickerungsbecken bzw. -gräben anordnen - Versickerungsoffene Flächen planen, z.B. Porenbeton, Kies, versickerungsoffenes Pflaster (siehe Kapitel 5.7) - Mulden am Rand von Straßen/Wegen platzieren - Möglichst heimische Pflanzenarten verwenden

6.4 Pflanzenauswahl

In diesem Kapitel werden die Pflanzenarten, welche in den beschriebenen Prestigeprojekten in den DACH-Staaten gewählt wurden, aufgelistet. Diese stellen eine optionale Pflanzenauswahl abhängig von dem jeweiligen Begrünungssystem dar. Bei der Verwendung mehrerer Arten muss jedoch die Verträglichkeit geprüft werden und darüber hinaus sind weitere Kriterien zu beachten. Die Auswahl geeigneter Pflanzen für ein bestimmtes Begrünungssystem hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Exposition
- Gewünschter Deckungsgrad und Begrünungsdauer
- Ganzjähriges Erscheinungsbild (immergrüne/sommergrüne/wintergrüne Pflanzen, Blühperioden)
- Nutzbarkeit der Grünfläche (z.B. Rasenflächen, Sitzmöglichkeiten)
- Gestalterische Vorstellungen (z.B. Farbe & Form der Pflanzen)
- Möglichkeit von giftigen Pflanzen
- Wunsch von Nutzpflanzen (z.B. Kräuter, Gemüse, Obst)

In der folgenden Grafik ist eine mögliche Pflanzenauswahl für die unterschiedlichen Fassadenbegrünungssysteme angegeben. Das Beispielprojekt, bei dem eine flächige Konstruktion

ausgeführt wurde, enthält keine Angaben zu ausgewählten Pflanzenarten. Daher ist diese Kategorie nicht in Abb. 88 enthalten.

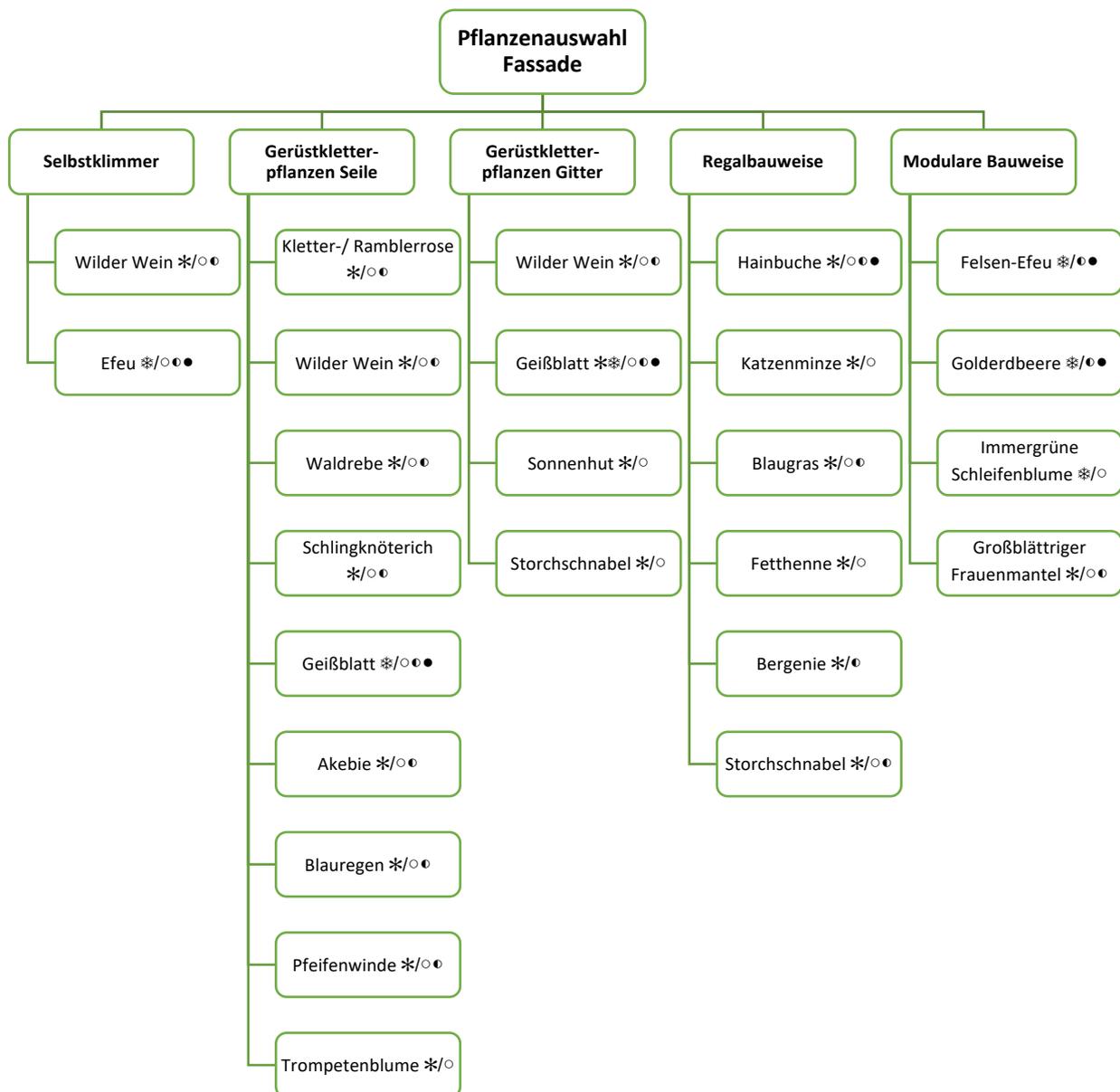


Abb. 88: Pflanzenauswahl Fassadenbegrünung

Legende: * sommergrün/wintergrün * immergrün ○ Sonne ● Halbschatten ● Schatten

Die beschriebenen Dachbegrünungsprojekte sowie Freiraumbegrünungen enthalten, aufgeteilt nach Systemart, folgende Pflanzen:

- Intensiv: Rasen, Gräser, Kräuter, Zwiebelpflanzen, Stauden, Sträucher, Gehölze, Bäume
- Einfach intensiv: Gräser, Kräuter, Zwiebelpflanzen, Sträucher
- Extensiv: Sedum, Kräuter, Gräser
- Freiraum: Rasen, Kräuter, Gräser, Blumen, Farne, Stauden, Sträucher, Bäume, Beerenobst, Gemüse, Wasserpflanzen

Eine genauere Einteilung wird hier nicht vorgenommen, da die Liste sehr umfangreich ist und zudem bei den Projekten teilweise keine genauen Angaben zur Pflanzenauswahl gemacht wurden.

Folgende Zusammenhänge zwischen Pflanzenauswahl und Wirkung können beispielhaft aufgezählt werden:

- Rasenfläche → Aufenthaltsfläche
- Sedum, Kräuter → nicht begehbare Fläche
- Bäume → Schattenspender je nach Größe (Auswahl je nach Platzangebot und gewünschter Wirkung)
- Immergrüne Pflanzen → Gestalterische Wirkung das ganze Jahr über
- Giftige Pflanzen → keine Verwendung bei z.B. angrenzendem Kindergarten

6.5 Planungsleitfaden für Gebäudebegrünung

Aus den Entscheidungskriterien und den Merkmalen der verschiedenen Begrünungssysteme werden in diesem Kapitel Planungshilfen in Form von Matrizen dargestellt. Bei der Entscheidungshilfe liegt der Fokus auf zwei Grundlagen: dem Begrünungsziel und standortspezifischen bzw. bautechnischen Kriterien. Diese Faktoren beeinflussen die Entscheidungsfindung eines Begrünungssystems maßgebend. Zu differenzieren ist zwischen Neubau- und Bestandsprojekten, da die Voraussetzungen und Möglichkeiten unterschiedlich sind. Bei einem Bestandsprojekt sind bereits durch das Gebäude selbst Einschränkungen bezüglich der Systemwahl gegeben, während bei einem Neubau die Planung des Gebäudes theoretisch an das gewünschte Begrünungssystem angepasst werden kann.

6.5.1 Systemauswahl aufgrund des Begrünungsziels

In Tabelle 18 ist eine Matrixdarstellung der Begrünungsziele in Bezug auf die verschiedenen Begrünungssysteme dargestellt. Dabei wurden die Begrünungsziele aus Kapitel 6.1.1 aufgegriffen. Ist ein Kreuzchen in einem Feld gesetzt, bedeutet dies, dass das zugehörige System in dieser Zeile das Ziel in dieser Spalte in einem bestimmten Maße erfüllen kann. In Kapitel 6.5.4 wird dieses Diagramm anstelle der Kreuzchen mit einer Gewichtung erweitert.

Tabelle 18: Matrixdarstellung Begrünungsziel

Begrünungsziel			Dämmfunktion	Verschattung	Aufenthaltsfläche	Absturzsicherung	Verbesserung Mikroklima	Regenwasserregulation	Artenvielfalt und Biodiversität	Imageaufwertung	Wertsteigerung	Schutz der Gebäudeoberfläche	Einsparung Energieverbrauch	Einsparung Wasserverbrauch	Steigerung Wohlbefinden	Lärmschutz	Gestalterische Anerkennung	
Fassade	Bodengebunden	Selbstklimmer		X			X		X	X	X	X	X		X		X	
		Gerüstkletterpflanzen (linear)		X			X		X	X	X	X	X		X		X	
		Gerüstkletterpflanzen (flächig)		X		X	X		X	X	X	X	X		X		X	
	Wandgebunden	Mischform	Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen		X		X	X		X	X	X	X	X		X		X
		Regalbauweise	Regalbauweise – Tröge separat (Kap. 3.7)		X			X		X	X	X		X		X		X
			Regalbauweise – Trogprofile an Fassade	X	X		X	X		X	X	X	X	X		X	X	X
			Modulare Bauweise	X	X			X		X	X	X	X	X		X	X	X
		Flächige Konstruktion	X	X			X		X	X	X	X	X		X	X	X	
Dach	Intensiv		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Einfach intensiv		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X		
	Extensiv		X	X			X	X	X	X		X	X	X		X		
	Extensiv – Biodiversitätsdach		X	X			X	X	X	X		X	X	X		X		
Freiraum	Innenhof			X	X		X	X	X	X	X				X			
	Freigelände			X	X		X	X	X	X	X				X		X	

Sowohl die Begrünungsziele Verschattung, Verbesserung des Mikroklimas, Artenvielfalt und Biodiversität, Imageaufwertung als auch die Steigerung des Wohlbefindens werden durch alle Begrünungssysteme erfüllt. Jedes System kann diese Ziele jedoch nicht in gleicher Weise erfüllen, daher wird für die Verwendung als Planungsleitfaden in Kapitel 6.5.4 eine genauere Gewichtung vorgenommen.

6.5.2 Systemauswahl aufgrund Standort- und bautechnischer Kriterien

In Tabelle 19 ist eine Matrixdarstellung der Standort- und bautechnischen Gegebenheiten eines Gebäudes in Bezug auf die verschiedenen Fassadenbegrünungssysteme dargestellt. In den Spalten sind die baulichen Merkmale angegeben und in den Zeilen die unterschiedlichen Systeme. Ein Kreuzchen bedeutet, dass ein bestimmtes System unter den baulichen Voraussetzungen ausführbar ist.

Tabelle 19: Matrixdarstellung Standort- und bautechnische Kriterien – Fassadenbegrünung

Standort- & bautechnische Gegebenheiten			Erdboden versiegelt bzw. kein Wurzelraum vorhanden	Verfügbare Platz am Boden vor Fassade < 50 cm	Angrenzender öffentlicher Platz (möglicher Vandalismus)	Viele Wandöffnungen & Freiformen	Bereich Vorsprung/Balkone	Bereich Loggien	Fassadenhöhe > 20 m	Neigung > 40° **	Strom-/Wasseranschluss erforderlich	Platz für Bewässerungstechnik
Fassade	Bodengebunden	Selbstklimmer		X		X*						
		Gerüstkletterpflanzen (linear)				X	X	X				
		Gerüstkletterpflanzen (flächig)				X	X	X				
	Mischform	Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen	X	X	X	X	X	X	X			
	Wandgebunden	Regalbauweise – Tröge separat (Kap. 3.7)	X	X	X	X	X		X	X		
		Regalbauweise – Trogprofile an Fassade	X	X	X				X		X	X
		Modulare Bauweise	X	X	X				X		X	X
		Flächige Konstruktion	X	X	X	X			X		X	X

* mit steigendem Aufwand zum Rückschnitt an Wandöffnungen verbunden

** soweit Ausführung bekannt aus analysierten Projekten

Diese Tabelle soll eine grobe Einschätzung geben, unter welchen Voraussetzungen welche Systeme in Betracht gezogen werden können. Genauere Kennwerte und Maße werden in Kapitel 6.5.5 angegeben. Anzumerken ist, dass eine Gefahr von Vandalismus an öffentlichen Plätzen vermieden werden kann durch eine Platzierung der Begrünung ab einer nicht erreichbaren Höhe. Daher werden in dieser Spalte bodengebundene Systeme aussortiert.

In Tabelle 20 ist ebenfalls eine Matrixdarstellung der Standort- und bautechnischen Gegebenheiten eines Gebäudes dargestellt, diesmal in Bezug auf Dach- und Freiraumbegrünungen.

Tabelle 20: Matrixdarstellung Standort- und bautechnische Kriterien – Dach- und Freiraumbegrünung

Standort- & bautechnische Gegebenheiten		Gefälle > 22°*	Strom- / Wasseranschluss erforderlich	regelmäßig nutzbarer Zugang zur Fläche erforderlich
Dach	Intensiv - Substratschüttung		X	X
	Einfach intensiv - Substratschüttung		X	
	Einfach intensiv – Pflanzenschalen (Kap. 4.4)	X	X	
	Extensiv - Substratschüttung			
	Extensiv – Vegetationsmatte (Kap. 4.5)	X		
	Extensiv – Biodiversitätsdach (Kap. 4.8)			
Freiraum	Innenhof	X	X	X
	Freigelände	X	X	X

* soweit Ausführung bekannt aus analysierten Projekten

6.5.3 Kombination von Begrünungsarten

Wenn die baulichen Voraussetzungen gegeben sind, kann es vorteilhaft sein, mehrere Begrünungsarten für dasselbe Projekt zu wählen. Damit gemeint ist beispielsweise eine Kombination von Fassaden- und Dachbegrünung. Bei einigen der vorgestellten Projekte wurde eine solche Kombination ausgeführt, was wechselwirkend zu Profiten führt. Im Folgenden wird auf die Kombinationen der spezifischen Projekte eingegangen und deren Vorteile und zu berücksichtigende Faktoren genannt.

Die Projekte Institutsgebäude PTH St. Georgen (Kapitel 3.4 und 4.7), Stücki Einkaufszentrum (Kapitel 3.6 und 4.3) und M2 Metro Station Lausanne-Flon (Kapitel 3.10 und 4.6) besitzen sowohl eine Dachbegrünung als auch eine Fassadenbegrünung. Beim Institutsgebäude und der Metro Station wird Regenwasser auf den Dächern aufgefangen, zwischengespeichert und anschließend den automatischen Bewässerungsanlagen zugeführt, welche die Fassadenbegrünungen mit Wasser versorgen. Dadurch kann einerseits Frischwasser eingespart werden und ebenfalls wird eine Zuführung von Regenwasser in das Kanalsystem verhindert. Auf dem Dach des Stücki Einkaufszentrums werden die Randstreifen zur Westfassade für Hängepflanzen freigehalten, welche über die Traufe hinauswachsen und die Edelstahlseile der Fassadenbegrünung aus bodengebundenen Gerüstkletterpflanzen von oben nach unten bewachsen. Die Dachbegrünung bietet also die Möglichkeit eines Bewuchses der Seile nicht nur vom Boden aus, sondern auch vom Dach aus und verkürzt damit die Begrünungsdauer. Ebenfalls kann das Seilsystem so über die Wuchshöhe der Kletterpflanzen hinaus errichtet werden.

Die Kombination von Begrünungen beim SOLON Headquarter in Berlin (Kapitel 4.2 und 5.5) besteht aus einer intensiven Dachbegrünung und einer Freiraumbegrünung der Innenhöfe und des umliegenden Geländes. Bereits durch die Verwendung des durch den Bau des Gebäudes entstandenen Aushubs für die Modellierung der Außenanlagen konnten Material und Kosten einge-

spart werden. Auch in diesem Projekt wird auf dem Dach Regenwasser gesammelt und für die Bewässerung der Außenanlagen sowie für das Füllen des Wasserbeckens genutzt.

Auch bei der Dachbegrünung des Kindergartens Ried in Koblach (Kapitel 4.8) wurde ressourcensparend gearbeitet und der für den Bau abgetragene Oberboden auf dem Dach wiederverwendet. Bei diesem Projekt wird das Thema PV-Anlage in Kombination mit einem Gründach angeschnitten und auf die Herausforderungen eingegangen. PV-Paneele erzeugen neue Bedingungen für die Dachbegrünung durch eine Verschattung und das auf einen Punkt konzentrierte Hinuntertropfen von Regenwasser. Es entsteht ein extremer Standort, auf den mit angepasster Bepflanzung und einem angepassten Aufbau reagiert werden muss.

Der Hauptsitz der Firma ASI Reisen in Natters (Kapitel 5.6) spielt als Gesamtkonzept für die Kombination verschiedener Begrünungsarten eine interessante Rolle. Das Gebäude selbst wurde in nachhaltiger Weise ressourcen- und energiesparend gebaut. Die Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen an einem Netz fügt das Gebäude passend in die Umgebung ein. Ausschnitte in der Kletterhilfe und große Fensterflächen bieten den Mitarbeitern die Möglichkeit die umgebende Freiraumbegrünung zu genießen.

6.5.4 Systemauswahl Neubau

Bei der Systemauswahl für ein Neubauprojekt sind die Begrünungsziele von Bedeutung, da die Planung im Idealfall noch nicht weit fortgeschritten ist und die Planung der Begrünung in Einklang mit der baulichen Planung verlaufen kann. Sollte die Gebäudeplanung schon weit fortgeschritten sein und bereits einige bauliche Voraussetzungen feststehen, eignet sich die Systemauswahl für Bestandsgebäude (siehe Kapitel 6.5.5) besser.

In diesem Kapitel wurde die Tabelle 18 aufgegriffen und erweitert durch die Wünsche eines geringen Pflege- bzw. Wartungsaufwands, geringer Investitionskosten und einer kurzen Begrünungsdauer. Die Kreuzchen in der Tabelle wurden ersetzt durch ein Punktesystem zwischen 1 und 5, je nachdem inwieweit ein bestimmtes Begrünungssystem ein Ziel oder Wunsch erfüllen kann. Dabei handelt es sich um ein klassisches Notensystem: 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = befriedigend, 4 = genügend und 5 = nicht genügend. Eine Bewertung mit einer 5 in der Tabelle kann entweder bedeuten, dass es keinen Effekt gibt, oder dass der Effekt zu gering ist im Vergleich zu den anderen Systemen. Fassadenbegrünungen können beispielsweise nur einen sehr geringen Beitrag zum Regenwassermanagement im Vergleich zu horizontalen Systemen leisten, daher ist dort eine 5 eingetragen. Die Tabellenwerte stellen Richtwerte dar, sollen einen Anhaltspunkt bieten und als Entscheidungshilfe für ein Begrünungssystem dienen.

Bei Spannen wird von der bestmöglichen Benotung ausgegangen. Beispielsweise wird bei der Begrünungsdauer von einer Vorkultivierung ausgegangen, wenn dies bei dem jeweiligen System möglich ist, um den besten Wert zu erhalten. Das Ziel „Wertsteigerung“ basiert beispielsweise auf der Aufwertung einer Aufenthaltsfläche bzw. auf der Sichtbarkeit der Begrünung. Daher erreichen ein intensiv begrünter Dachgarten sowie Freiraumbegrünungen die höchste Wertsteigerung und bekommen die Bewertung „sehr gut“ (1). Fassadenbegrünungen sind meist vom öffentlichen Raum aus sichtbar, steigern damit den Wert des Gebäudes und bekommen eine gute Benotung (2).

Tabelle 21: Zielgewichtung je nach Begrünungssystem

Ziel/Wunsch			Dämmfunktion	Verschattung/Deckungsgrad	Aufenthaltsfläche	Absturzsicherung	Verbesserung Mikroklima	Regenwasserregulation	Artenvielfalt und Biodiversität	Imageaufwertung	Wertsteigerung	Schutz der Gebäudeoberfläche	Einsparung Energieverbrauch	Einsparung Wasserverbrauch	Steigerung Wohlbefinden	Lärmschutz	Gestalterische Anerkennung	Geringer Pflege-/Wartungsaufwand	Geringe Investitionskosten	Kurze Begründungsdauer
Fassade	Bodengebunden	Selbstklimmer	5	3	5	5	3	5	4	1	2	4	3	5	3	5	1	2	1	4
		Gerüstklet- pflanzen (linear)	5	4	5	5	3	5	4	1	2	4	4	5	2	5	1	2	2	4
		Gerüstklet- pflanzen (flä- chig)	5	3	5	1	3	5	4	1	2	4	3	5	2	5	1	2	3	4
	Misch- form	Regalbauweise, Gerüstklet- pflanzen	5	3	5	1	3	5	3	1	2	4	3	5	2	5	1	3	3	3
	Wandgebunden	Regalbauweise - Tröge separat	5	4	5	5	3	5	3	1	2	5	4	5	2	5	1	2	3	1
		Regalbauweise - Trogprofile an Fassade	3	3	5	1	3	5	3	1	2	1	3	5	3	3	1	2	4	2
		Modulare Bau- weise	2	2	5	5	2	5	3	1	2	1	2	5	3	1	1	4	4	1
		Flächige Kon- struktion	1	1	5	5	2	5	3	1	2	1	1	5	3	1	1	3	4	2
	Dach	Intensiv	1	1	1	5	2	1	2	3	1	1	1	1	1	1	5	3	4	1
		Einfach intensiv	2	2	4	5	3	2	3	3	4	1	2	1	5	2	5	2	3	1
Extensiv		4	4	5	5	3	2	3	3	5	1	4	1	5	3	5	2	3	1	
Extensiv - Biodiversi- tätsdach		3	3	5	5	3	2	1	2	5	1	3	1	5	3	5	2	3	3	
Freiraum	Innenhof	5	4	1	5	1	2	3	3	1	5	5	5	1	5	5	3	4	1	
	Freigelände	5	4	1	5	1	1	1	2	1	5	5	5	1	5	3	3	4	1	

Mithilfe dieser Tabelle kann die Entscheidungsfindung für ein bestimmtes Begrünungssystem bei einem Neubau vereinfacht werden. Im Folgenden wird erklärt, wie sie angewendet wird. Es liegt ein multikriterielles Entscheidungsproblem vor, welches mit unterschiedlichen Prinzipien gelöst werden kann. Hier kommt das Prinzip der Zielgewichtung zum Einsatz. Aus der ersten Zeile wählt man mehrere Ziele bzw. Wünsche aus, die das Begrünungssystem erfüllen soll und gewichtet diese mit einem Prozentwert. In Summe sollte die Gewichtung der ausgewählten Ziele 100 % ergeben. Im nächsten Schritt ist einzugrenzen, welche der Begrünungsarten bei dem Neubauprojekt in Frage kommen. Hat man beispielsweise keine Freiräume zur Verfügung, streicht man diese. Bietet das Projekt Potential für Fassaden-, Dach- und Freiraumbegrünungen, können alle Zeilen ausgewertet werden.

Beispielhaft wird nun eine Zielgewichtungsrechnung durchgeführt. Der Bauherr möchte mit seinem Begrünungssystem eine Dämmfunktion und eine Wertsteigerung in einer möglichst kurzen Begrünungsdauer erreichen. Er gewichtet diese wie folgt:

- Dämmfunktion 20%
- Wertsteigerung 30 %
- Kurze Begrünungsdauer 50 %

Sein Projekt ist noch am Anfang der Planungsphase und daher ist er offen für Fassaden-, Dach- und Freiraumbegrünungen. Anschließend kann also jede Zeile berechnet werden, indem die Werte in der Tabelle mit der Zielgewichtung multipliziert werden und die jeweiligen Produkte summiert werden.

Tabelle 22: Beispiel Systemauswahl Neubau - Zielgewichtung je nach Begrünungssystem

Ziel/Wunsch		Dämmfunktion 20 %	Wertsteigerung 30 %	Kurze Begrü- nungsdauer 50 %	Summe	
Fassade	Bodenge- bunden	Selbstklimmer	5	2	4	$5 \times 0,2 + 2 \times 0,3 + 4 \times 0,5 = 3,6$
		Gerüstkletterpflanzen (linear)	5	2	4	$5 \times 0,2 + 2 \times 0,3 + 4 \times 0,5 = 3,6$
		Gerüstkletterpflanzen (flächig)	5	2	4	$5 \times 0,2 + 2 \times 0,3 + 4 \times 0,5 = 3,6$
	Misch form	Regalbauweise, Ge- rüstkletterpflanzen	5	2	3	$5 \times 0,2 + 2 \times 0,3 + 3 \times 0,5 = 3,1$
	Wandgebunden	Regalbauweise - Tröge separat	5	2	1	$5 \times 0,2 + 2 \times 0,3 + 1 \times 0,5 = 2,1$
		Regalbauweise - Trogprofile an Fassa- de	3	2	2	$3 \times 0,2 + 2 \times 0,3 + 2 \times 0,5 = 2,2$
		Modulare Bauweise	2	2	1	$2 \times 0,2 + 2 \times 0,3 + 1 \times 0,5 = 1,5$
Flächige Konstruktion		1	2	2	$1 \times 0,2 + 2 \times 0,3 + 2 \times 0,5 = 1,8$	
Dach	Intensiv	1	1	1	$1 \times 0,2 + 1 \times 0,3 + 1 \times 0,5 = 1,0$	
	Einfach intensiv	2	4	1	$2 \times 0,2 + 4 \times 0,3 + 1 \times 0,5 = 2,1$	
	Extensiv	4	5	1	$4 \times 0,2 + 5 \times 0,3 + 1 \times 0,5 = 2,8$	
	Extensiv - Biodiversitätsdach	3	5	3	$3 \times 0,2 + 5 \times 0,3 + 3 \times 0,5 = 3,6$	
Freiraum	Innenhof	5	1	1	$5 \times 0,2 + 1 \times 0,3 + 1 \times 0,5 = 1,8$	
	Freigelände	5	1	1	$5 \times 0,2 + 1 \times 0,3 + 1 \times 0,5 = 1,8$	

Das Ergebnis zeigt, dass ein intensiv begrüntes Dach mit einer finalen Benotung von 1,0 die beste Lösung für den Bauherrn ist. Für die Fassade würde sich eine modulare Bauweise am besten eignen und auch ein begrünter Innenhof sowie ein begrüntes Freigelände sollten in Betracht gezogen werden. Voraussetzung für die Zielerfüllung ist eine Ausführung unter Berücksichtigung der Begrünungswünsche. Beispielsweise kann ein sofortiges Erreichen des gewünschten Deckungsgrades nur erreicht werden, wenn vorkultivierte Pflanzen zum Einsatz kommen. Bei der letztendlichen Ausführung des Begrünungssystem spielen Standortkriterien und bautechni-

sche Kriterien eine Rolle, jedoch können diese im Rahmen einer gemeinsamen Planung an die Begrünung angepasst werden.

In manchen Fällen kann ein Begrünungsziel auch als KO-Kriterium definiert werden. Wünscht sich der Bauherr beispielsweise ein Begrünungssystem mit der Funktion als Absturzsicherung für geplante Balkone, kommen lediglich drei Systeme infrage. Der Rest der Systeme wird nicht weiter berücksichtigt und die Auswertung erfolgt unter Zielgewichtung zwischen diesen drei Systemen.

6.5.5 Systemauswahl Bestand

Bei der Planung einer Gebäude- bzw. Freiraumbegrünung für ein Bestandsgebäude sind in erster Linie die baulichen Gegebenheiten von Bedeutung. Dabei ist zu differenzieren, welche Merkmale unveränderlich sind und die Systemauswahl in direkter Weise einschränken und welche Merkmale veränderlich sind und an ein System angepasst werden können. Sind diese Voraussetzungen definiert, können zusätzlich die Ziele und Wünsche aus Kapitel 6.5.4 in die Entscheidungsfindung miteinbezogen werden. In der folgenden Tabelle sind die Aspekte der drei Ebenen für die Systemauswahl eines Bestandsgebäudes aufgelistet.

Tabelle 23: Drei Ebenen für Systemauswahl Bestand

1. Ebene: Standort und unveränderliche bauliche Merkmale	
<ul style="list-style-type: none"> • Platzverhältnisse • angrenzender öffentlicher Platz (möglicher Vandalismus) • Größe der Begrünungsfläche • Form der Begrünungsfläche (z.B. Wandöffnungen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorsprünge, Balkone, Loggien • Fassadenhöhe • Neigung/Gefälle
2. Ebene: veränderliche bauliche Merkmale	
<ul style="list-style-type: none"> • Erreichbarkeit Boden (Versiegelung) • ausreichender Wurzelraum • Tragfähigkeitsreserven • Zustand Bausubstanz (z.B. Risse an Fassade) 	<ul style="list-style-type: none"> • Strom-/Wasseranschluss • Möglichkeit der Entwässerung • Zugänglichkeit Grünfläche • Platz für Bewässerungstechnik
3. Ebene: Begrünungsziel/Wunsch (siehe Kapitel 6.5.4)	
<ul style="list-style-type: none"> • Dämmfunktion • Verschattung/Deckungsgrad • Aufenthaltsfläche • Absturzsicherung • Verbesserung Mikroklima • Regenwasserregulation • Artenvielfalt und Biodiversität • Imageaufwertung • Wertsteigerung 	<ul style="list-style-type: none"> • Schutz der Gebäudeoberfläche • Einsparung Energieverbrauch • Einsparung Wasserverbrauch • Steigerung Wohlbefinden • Lärmschutz • Gestalterische Anerkennung • Pflege-/Wartungsaufwand • Investitionskosten • Begrünungsdauer

Für die Aussortierung von Begrünungssystemen aufgrund der unveränderlichen standortspezifischen und baulichen Gegebenheiten in *Ebene 1* können die Tabellen in Kapitel 6.5.2 zur Hilfe genommen werden. Als nächster Schritt sollten die veränderlichen baulichen Gegebenheiten in *Ebene 2* betrachtet und abgewogen werden, welche Änderungen durchgeführt werden können, deren Aufwand noch in Relation steht. Kommen nach Betrachtung dieser Voraussetzungen mehrere Systeme in Frage, kann für diese Möglichkeiten in *Ebene 3* eine Zielgewichtungsberechnung nach Kapitel 6.5.4 erfolgen. Detailliertere Vorteile und Voraussetzungen für die Wahl eines bestimmten Begrünungssystems sind in Kapitel 6.3 stichpunktartig aufgelistet. In Kapitel 6.4 sind Beispiele für mögliche Pflanzen für verschiedene Systeme aufgelistet, die als grobe Einschätzung für die Pflanzenwahl dienen soll.

Der beschriebene Vorgang für die Systemauswahl bei einem Bestandsprojekt wird an einem Beispiel verdeutlicht:

Es handelt sich um einen Gemeindebau in der Wiener Innenstadt aus der Zwischenkriegszeit, welcher in Massivbauweise mit einer Putzfassade errichtet wurde. Für dieses Gebäude ist eine nachträgliche Begrünung der Fassade gewünscht. Halbkreisförmige Durchlässe führen unter dem Gebäude hindurch und zahlreiche kleinere Fenster machen die Fassade aus. Vor dem Gebäude befindet sich ein großer Platz, der nicht öffentlich zugänglich ist und nur für die BewohnerInnen zur Verfügung steht. Die angrenzende Bodenfläche ist mit Betonplatten versiegelt. Das Gebäude ist ca. 25 m hoch und erstreckt sich über acht Stockwerke, wobei in den oberen Geschossen Loggien integriert sind.

Zunächst betrachtet man für eine gewünschte Fassadenbegrünung Tabelle 19. Daraus kommen durch die baulichen Gegebenheiten folgende Systeme in Frage:

Unterer Bereich des Gebäudes: viele Wandöffnungen & Freiformen:

- Bodengebunden – Selbstklimmer
- Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear)
- Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig)
- Mischform – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen
- Wandgebunden – Regalbauweise – Tröge separat
- Wandgebunden – Flächige Konstruktion

Bereich Loggien < 20 m:

- Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear)
- Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig)

Bereich Loggien > 20 m:

- Mischform – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen

Oberer Bereich des Gebäudes: Fassadenhöhe > 20 m & viele Wandöffnungen:

- Mischform – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen
- Wandgebunden – Regalbauweise – Tröge separat
- Wandgebunden – Flächige Konstruktion

In Ebene 2 wird festgelegt, dass die Betonplatten am Fuß des Gebäudes entfernt werden können und die Erde dort zugänglich ist. Ein Strom- und Wasseranschluss, sowie Platz für eine Bewässerungsanlage können eingerichtet werden. Aus diesen Kriterien folgt keine Ausscheidung der möglichen Systeme.

In Ebene 3 wird eine Zielgewichtungsberechnung nach Kapitel 6.5.4 durchgeführt. Die für das Projekt ausgewählten Ziele bzw. Wünsche werden wie folgt gewichtet:

- Artenvielfalt und Biodiversität 40 %
- Geringe Investitionskosten 60 %

In der folgenden Tabelle wird die Zielgewichtungsberechnung für das Beispiel eines Bestandsgebäudes durchgeführt.

Tabelle 24: Beispiel Systemauswahl Bestand - Zielgewichtung je nach Begrünungssystem

Ziel/Wunsch		Artenvielfalt und Biodiversität 40 %	Geringe Investitionskosten 60 %	Summe	
Fassade	Bodengebunden	Selbstklimmer	4	1	$4 \times 0,4 + 1 \times 0,6 = 2,2$
		Gerüstkletterpflanzen (linear)	4	2	$4 \times 0,4 + 2 \times 0,6 = 2,8$
		Gerüstkletterpflanzen (flächig)	4	3	$4 \times 0,4 + 3 \times 0,6 = 3,4$
	Mischform	Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen	3	3	$3 \times 0,4 + 3 \times 0,6 = 3,0$
	Wandgebunden	Regalbauweise – Tröge separat	3	3	$3 \times 0,4 + 3 \times 0,6 = 3,0$
		Regalbauweise – Trogprofile an Fassade	3	4	$3 \times 0,4 + 4 \times 0,6 = 3,6$
		Modulare Bauweise	3	4	$3 \times 0,4 + 4 \times 0,6 = 3,6$
		Flächige Konstruktion	3	4	$3 \times 0,4 + 4 \times 0,6 = 3,6$

Die Ergebnisse der Zielgewichtungsberechnung aufgeteilt nach Bereichen lautet wie folgt:

Unterer Bereich des Gebäudes: viele Wandöffnungen & Freiformen:

- Bodengebunden – Selbstklimmer **2,2**
- Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear) **2,8**
- Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig) **3,4**
- Mischform – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen **3,0**
- Wandgebunden – Regalbauweise – Tröge separat **3,0**
- Wandgebunden – Flächige Konstruktion **3,6**

Bereich Loggien < 20 m:

- Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (linear) **2,8**
- Bodengebunden – Gerüstkletterpflanzen (flächig) **3,4**

Bereich Loggien > 20 m:

- Mischform – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen **3,0**

Oberer Bereich des Gebäudes: Fassadenhöhe > 20 m & viele Wandöffnungen:

- Mischform – Regalbauweise, Gerüstkletterpflanzen **3,0**
- Wandgebunden – Regalbauweise – Tröge separat **3,0**
- Wandgebunden – Flächige Konstruktion **3,6**

Mit dieser Rangfolge werden in Kapitel 6.3 die genaueren bautechnischen Erfordernisse geprüft und eine Wahl getroffen. In diesem Beispielprojekt fällt die Entscheidung auf Selbstklimmer im unteren Bereich des Gebäudes bis zu einer Höhe von 10 m. Die Loggien sollen unbegrünt bleiben und stattdessen eine wandgebundene, flächige Begrünung in den oberen Geschossen angebracht werden.

7 Fazit und Ausblick

Während die Klimaerwärmung und die Feinstaubwerte sich auf einem kritischen Niveau befinden, werden laut Prognosen im Jahr 2050 knapp 84 % der Gesamtbevölkerung Europas in Städten leben. Lösungen für die nachhaltige Stadtentwicklung sind unter Berücksichtigung der vorhandenen Platzverhältnisse erforderlich. Eine Begrünung der städtischen Gebäude und der direkt angrenzenden Flächen bietet ein großes Potential, daher soll die vorliegende Arbeit bei der Planung des geeigneten Begrünungssystems für jede Ausgangssituation helfen.

Zusammenfassend können für diese Arbeit folgende Kernaussagen verfasst werden:

- Das in dieser Arbeit entwickelte multikriterielle Matrixsystem bildet ein wichtiges Fundament zur Entscheidungsfindung für die richtige Gebäudebegrünung und kann unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse und zusätzlicher Quellen erweitert werden.
- Anhand der analysierten Prestigeprojekte wird deutlich, dass Gebäudebegrünung noch weiterer Forschung bedarf, diese Beispiele jedoch bereits Aufschluss darüber bringen, welche Aspekte in Zukunft bei der Ausführung verbessert werden können.
- Der Planungsleitfaden zur Systemauswahl für ein Neubauprojekt basiert auf ökologischen, ökonomischen und bauphysikalischen Auswirkungen der unterschiedlichen Systeme. Konkrete differenzierte Angaben sind zu diesen Aspekten noch nicht ausreichend erforscht, weshalb die angegebenen Einstufungen lediglich als Richtwerte betrachtet werden können.
- Der Planungsleitfaden zur Systemauswahl für ein Bestandsprojekt basiert auf den baulichen Merkmalen der betrachteten Prestigeprojekte, welche aufgrund einer beschränkten Anzahl an analysierten Projekten nicht für jedes beliebige Ausgangsgebäude anwendbar sind.
- Die in dieser Arbeit enthaltenen Projekte decken nicht jede Ausführungsmöglichkeit der unterschiedlichen Systeme ab, was eine allgemeingültige Vorgabe für die Ausführung der Begrünung eines Gebäudes oder eines Freiraumes erschwert.

Die Auswahl und Ausführung einer Begrünungsart hängen von zahlreichen unterschiedlichen Faktoren ab. Um allgemeingültige Vorgaben für jede beliebige Ausgangssituation und jeden Wunsch zusammenfassen zu können, müssten eine Vielzahl an ausgeführten Projekten analysiert werden. Zu diesen müssten spezifische technische Kennwerte zu Merkmalen des Gebäudes oder der Begrünung bekannt sein. Zudem spielt eine Rückmeldung zum Erfolg der Begrünung eine wichtige Rolle, um Ausführungsfehler in Zukunft zu vermeiden. Bisher unbeachtet bleiben auch statische Anforderungen des Gebäudes für Fassaden- oder Dachbegrünungen. Diese können vor allem bei nicht ausreichenden Tragfähigkeitsreserven von Bestandsgebäuden einen großen Einfluss auf die Investitionskosten haben.

Nur zu einigen der analysierten Prestigeprojekten konnten Kostenangaben veröffentlicht werden, weshalb eine vergleichbare Aussage über die Investitionskosten kaum möglich ist. Hinzu kommt, dass unter diesen Kosten auch Ausreißer dabei sein können. Bei vielen der Projekte liegt der Fokus auf einer architektonisch hochwertigen Ausführung, was bedeutet, dass die Kosten der Begrünung ungewöhnlich hoch ausfallen. Zum Teil ist das Begrünungssystem baulich in der Gebäudehülle integriert, was eine Trennung der Kosten erschwert.

Der in Kapitel 6.5 formulierte Planungsleitfaden für Gebäudebegrünung basiert lediglich auf den Informationen der in dieser Arbeit enthaltenen Beispielprojekte. Er kann bei der Planung eines Neubaus oder eines nachträglich zu begrünenden Bestandsgebäudes vom Bauherrn oder Planer zur Hand genommen werden, um eine grobe Einschätzung zu bekommen, welche Art von Begrünung und welches spezifische System am besten geeignet sein könnte. In bestimmten Einzelfällen kann der Leitfaden jedoch ein in Wirklichkeit nicht gut geeignetes System vorschlagen. Dies ist zu begründen mit der eingeschränkten Berücksichtigung der beeinflussenden Faktoren.

Vor allem bei der Freiraumbegrünung liegt der Fokus auf Landschaftsgestaltung und Botanik, wozu aus den Beispielprojekten nicht ausreichend Informationen gezogen werden können, um konkrete Planungsempfehlungen vorzugeben.

In den jeweiligen Kapiteln der Beispielprojekte sind technische Zeichnungen abgebildet, die als Orientierung für die Ausführung des entsprechenden Systems dienen. Eine spezifische Ausführungsanleitung kann nicht bereitgestellt werden, da viele technische Kennwerte nicht bekannt sind. Botanische Anforderungen, wie zum Beispiel erforderliche Wurzelräume oder der genaue Wasserbedarf bestimmter Pflanzen sind Faktoren, die den Leitfaden präzisieren können. Darüber hinaus ist bei Dachbegrünungen entscheidend, welche Menge an Regenwasser gespeichert werden und anschließend wiederverwendet werden kann und welcher Anteil durch Evapotranspiration an die Atmosphäre zurückgegeben wird. Bezüglich technischer Kennwerte sind Aussagen erforderlich, bis zu welcher Neigung ein bestimmtes System ausgeführt werden kann, mit welchen zusätzlichen Maßnahmen sowie beispielsweise Werte zur Einsparung von Heiz- und Kühlenergie in Innenräumen. Auch der subjektiv wahrgenommene und gesundheitlich nachgewiesene Einfluss auf die Menschen bezüglich des Wohlbefindens und der ästhetischen Wirkung von Begrünungen wäre eine Bereicherung für den Planungsleitfaden.

Zusammenfassend ist mit der Lösung eines multikriteriellen Entscheidungsproblems für Neubauten und dem Weg zur Systemauswahl auf mehreren Ebenen für Bestandsbauten eine entscheidende Basis für die Entscheidungsfindung der richtigen Gebäudebegrünung gegeben. Vor allem privaten EigentümerInnen von Immobilien, die sich nicht auskennen mit dem Thema Gebäudebegrünung, können die Entscheidungsmatrizen helfen, das richtige System für ihr Gebäude zu finden. Die in dieser Arbeit entwickelte multikriterielle Entscheidungshilfe kann in Zukunft erweitert werden durch erforschte Aspekte hinsichtlich ökologischer, ökonomischer, bauphysikalischer und umweltmedizinischer Auswirkungen der unterschiedlichen Systeme. Es sollten noch weitere ausgeführte Begrünungsprojekte analysiert werden, um daraus Erkenntnisse zu erlangen und verschiedenen Ausführungen miteinander vergleichen zu können. Hilfreich ist dabei das Betrachten der Projekte mit Fachleuten aus unterschiedlichen Blickwinkeln – z.B. bautechnisch, vegetationstechnisch, botanisch, brandschutztechnisch und umweltmedizinisch. Darüber hinaus kann die Analyse von Beispielprojekten kombiniert werden mit vorhandenen Regelwerken und den darin enthaltenen Vorgaben. Ebenso sollte die Entscheidungsmatrix beispielhaft für frisch realisierte Projekte angewendet werden. So kann verglichen werden, ob das Ergebnis der Matrix mit dem ausgeführten System übereinstimmt oder es ist zu analysieren, woran es liegt, dass Differenzen aufkommen.

Literaturverzeichnis

- [1] “Klima- und Energiepolitik der Europäischen Union,” *Bundeministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz*, Jan. 21, 2021. <https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/eu-klimapolitik> (accessed May 08, 2022).
- [2] “Folgen der Klimakrise: 1,5 Grad versus 2 Grad,” *WWF*. <https://www.wwf.at/artikel/folgen-der-klimakrise-15-grad-versus-2-grad/> (accessed May 08, 2022).
- [3] “Ursachen und Folgen des Klimawandels,” *tagesschau*, Sep. 23, 2019. <https://www.tagesschau.de/multimedia/bilder/grafiken-klima-101.html> (accessed May 05, 2022).
- [4] “Luftverschmutzung in Wien war 2021 sehr hoch,” *Vienna.at*, Mar. 23, 2022. <https://www.vienna.at/luftverschmutzung-in-wien-war-2021-sehr-hoch/7339255> (accessed May 08, 2022).
- [5] J. Rudnicka, “Prognose zum Anteil von Stadt- und Landbewohnern in den Weltregionen bis 2050,” *statista*, Jan. 24, 2022. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/870960/umfrage/prognose-zum-anteil-von-stadt-und-landbewohnern-in-den-weltregionen/> (accessed May 08, 2022).
- [6] “Entwicklung der hitzebedingten Übersterblichkeit in Deutschland bis 2019,” *statista*, Jan. 21, 2022. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1240429/umfrage/hitzebedingte-uebersterblichkeit-in-deutschland/#statisticContainer> (accessed May 08, 2022).
- [7] M. Mahabadi *et al.*, “Fassadenbegrünungsrichtlinien - Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen.” Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn, 2018.
- [8] W. P. Zimmerling, “Ruhland, Bahndamm-Parallelweg West, Wald nordwestlich der Schwarzseebrücke, Efeu an Kiefer, Haftwurzeln,” *Wikimedia Commons*, Mar. 17, 2021. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ruhland,_Bahndamm-Parallelweg_West,_Wald_nordwestlich_der_Schwarzwasserbrücke,_Efeu_an_Kiefer,_Haftwurzeln_01.jpg (accessed Apr. 13, 2022).
- [9] F. Florineth, “Es lebe der wilde Wein,” *WUK-INFO-INTERN*, vol. 4, Nov. 2011.
- [10] H. Bornholdt, E. Vanhatalo, and J. Quanz, “HANDBUCH GRÜNE WÄNDE.” Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA), Hamburg, Jan. 2020. [Online]. Available: www.hamburg.de/gruendach
- [11] U. Pitha *et al.*, “Leitfaden Fassadenbegrünung.” Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen, Wien, 2013.
- [12] “Wuchstyp ‘Blattstielranker,’” *Fassaden Grün*. <https://www.fassadengruen.de/blattstielranker.html> (accessed Feb. 05, 2022).
- [13] “Mit Seil und Haken an der Wand - Empfehlenswerte Kletterpflanzen für den Profi,” *Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau*, 2012. <https://www.lwg.bayern.de/landespflege/gartendokumente/fachartikel/090836/index.php> (accessed Apr. 22, 2022).
- [14] “Vitis riparia Michx. - Ufer-Rebe, Sprossranken, M+O-Nord-Amerika,” *Botanischer Garten Wuppertal*. <http://www.botanischer-garten-wuppertal.de/bildergalerie/archiv-bildergalerie-2008/oktober/0000009b521294223/d027.html> (accessed Apr. 22, 2022).
- [15] Eva Monning, “Rankpflanzen oder Schlingpflanzen? So erkennen Sie den Unterschied,” *Mein schöner Garten*, Nov. 06, 2019. <https://www.mein-schoener-garten.de/gartenpraxis/ziergaerten/unterschied-rankpflanzen-und-schlingpflanzen-37086> (accessed Apr. 22, 2022).

- [16] G. Lösken *et al.*, “Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen.” Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn, Deutschland, Mar. 2008.
- [17] “Favoritenstraße 50,” *Grünstattgrau*. <https://gruenstattgrau.at/projekt/favoritenstrasse-50/> (accessed Mar. 19, 2022).
- [18] Lamiot, “EVA- Lanxmeer Green roof2 2009,” *Wikimedia commons*, Jul. 10, 2009. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EVA-_Lanxmeer_Green_roof2_2009.jpg (accessed Apr. 23, 2022).
- [19] G. Mann and F. Mollenhauer, “BuGG-Fachinformation ‘Positive Wirkungen von Gebäudebegrünungen (Dach-, Fassaden-und Innenraumbegrünung).’” Bundesverband GebäudeGrün e.V., Berlin, Nov. 2019. [Online]. Available: www.gebaeudegruen.info
- [20] M. Brune, S. Bender, and M. Groth, “Gebäudebegrünung und Klimawandel - Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung.” Climate Service Center Germany, Hamburg, Apr. 2017. [Online]. Available: www.climate-service-center.de
- [21] “Grundlagen der Dachbegrünung.” VfB - Verband für Bauwerksbegrünung, Wien.
- [22] “München ist die am stärksten versiegelte Stadt Deutschlands,” *Süddeutsche Zeitung*, Sep. 22, 2021. <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/muenchen-bodenversiegelung-klimaschutz-1.5416605> (accessed Feb. 07, 2022).
- [23] W. Kolb, *Dachbegrünung - Planung, Ausführung, Pflege*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG, 2016.
- [24] TheNewPhobia, “Urban heat island (Celsius),” *Wikimedia commons*, Oct. 23, 2011. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urban_heat_island_\(Celsius\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urban_heat_island_(Celsius).png) (accessed Apr. 22, 2022).
- [25] N. Pfoser, *Vertikale Begrünung*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG, 2018.
- [26] N. Pfoser, N. Jenner, J. Henrich, J. Heusinger, and S. Weber, “Gebäude Begrünung Energie - Potenziale und Wechselwirkungen.” Technische Universität Darmstadt / Technische Universität Braunschweig, Aug. 2013.
- [27] “WUK (Kulturzentrum),” *Wikipedia*, Dec. 31, 2021. [https://de.wikipedia.org/wiki/WUK_\(Kulturzentrum\)](https://de.wikipedia.org/wiki/WUK_(Kulturzentrum)) (accessed Feb. 15, 2022).
- [28] F. Schiefermair, “Integratives Regenwassermanagement mit Fokus auf vertikale Gebäudebegrünung,” Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien, 2020.
- [29] M. Werner, “WUK Hof 2011,” *Wikimedia Commons*, May 11, 2011. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WUK_Hof_2011_a.jpg (accessed Apr. 18, 2022).
- [30] “PETER SELBSTBAU PAKET,” *BeRTA ALL-IN-ONE GRÜNFASSADE*. Wien, May 2022.
- [31] “Das grüne Stadthaus M1,” *hamburg.de*. <https://www.hamburg.de/energielotsen/aus-der-praxis/14094830/aus-der-praxis-stadthaus-freiburg/> (accessed Feb. 18, 2022).
- [32] “Fassaden- & Vertikalbegrünung - Internationale & nationale Best-Practice-Beispiele.” Magistrat der Stadt Wien, MA 19, Wien, Jan. 2019.
- [33] “Stadthaus M1, Freiburg Vauban.” Barkow Leibinger.
- [34] “Stadthaus M1 Freiburg (D),” *raderschallpartnerag*. https://www.raderschall.ch/projekte/wohnumfeld/stadthaus_freiburg1.php (accessed Apr. 18, 2022).
- [35] “Stadthaus M1 / Barkow Leibinger,” *ArchDaily*, Sep. 16, 2014. <https://www.archdaily.com/546225/stadthaus-m1-barkow-leibinger> (accessed Feb. 19, 2022).
- [36] “Stadthaus M1 in Freiburg,” *Heinze*. <https://www.heinze.de/architekturobjekt/stadthaus-m1-in-freiburg/12704199/#images> (accessed Feb. 19, 2022).

- [37] “Institutsgebäude PTH St. Georgen in Frankfurt am Main,” *Grünstattgrau*. <https://gruenstattgrau.at/projekt/institutsgebaeude-ptth-st-georgen-in-frankfurt-am-main/> (accessed Feb. 19, 2022).
- [38] “Brandschutz großflächig begrünter Fassaden.” Fachausschuss Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz der deutschen Feuerwehren, München, May 26, 2020.
- [39] “Garden Tower - Grüner Wohnturm Wabern Bern,” *Buchner Bründler Architekten*. <https://bbarc.ch/de/garden-tower> (accessed Feb. 21, 2022).
- [40] Friedl, “Garden Tower Fassadenbegrünung Konzept.” Buchner Bründler AG Architekten BSA, Basel, Jun. 04, 2012.
- [41] “Garden Tower Pflanzen ausgeführt.” Buchner Bründler Architekten AG.
- [42] “Garden Tower,” *swiss-architects.com*, Sep. 22, 2016. <https://www.swiss-architects.com/de/architecture-news/reviews/garden-tower> (accessed Feb. 20, 2022).
- [43] “Baumschule Horstmann.” <https://www.baumschule-horstmann.de> (accessed Apr. 18, 2022).
- [44] “Begrünter Wohnturm bei Bern,” *DETAIL*, vol. 5, 2018.
- [45] “Stücker Einkaufszentrum in Basel,” *Grünstattgrau*. <https://gruenstattgrau.at/projekt/stuecker-einkaufszentrum-in-basel/> (accessed Feb. 23, 2022).
- [46] “Einkaufszentrum Stückfärberei, Basel, 2001-2009,” *Diener & Diener Architekten*. <http://www.dienerdiener.ch/de/project/shopping-center-stueckfaererei> (accessed Feb. 23, 2022).
- [47] “Fragebogen Stücker Einkaufszentrum.” Fahrni Breitenfeld GmbH.
- [48] “Revisionsplan Begrünung Südfassade.” Fahrni und Breitenfeld Landschaftsarchitekten BSLA, Basel, Mar. 16, 2009.
- [49] “Stücker Park,” *Wikipedia*, Jan. 31, 2022. https://de.wikipedia.org/wiki/Stuecker_Park (accessed Feb. 23, 2022).
- [50] “Kö-Bogen II Düsseldorf,” *Heinze*. <https://www.heinze.de/architekturobjekt/koe-bogen-ii-duesseldorf/12828022/#images> (accessed Mar. 21, 2022).
- [51] “KÖ-BOGEN II,” *FRENER & REIFER*. <https://www.frener-reifer.com/news/koe-bogen-ii-geschaefts-und-buerogebaeude/> (accessed Mar. 21, 2022).
- [52] “Kö-Bogen II, Düsseldorf - Europas größte Grünfassade.” ingenhoven architects, Düsseldorf, May 20, 2020.
- [53] F. Kaltenbach, “Kö-Bogen II in Düsseldorf - Gebäudehülle aus 30 000 Pflanzen,” *DETAIL*, Sep. 08, 2020. <https://www.detail.de/artikel/autos-zu-hainbuchen-ingenhoven-fk/> (accessed Mar. 24, 2022).
- [54] K. Strauch, “Kö-Bogen II - Konzept und Betriebssystem der Fassadenbepflanzung,” Nov. 2019.
- [55] “Optigrün-Systemlösung ‘Pflanzgefäß - Aluminium.’” Optigrün, Dec. 13, 2018.
- [56] “Neuer Klimastandard für Gebäude,” *Leonhards*. <https://www.leonhards.de/leistungen/fassaden-und-dachbegruenung/koe-bogen-2/> (accessed Mar. 24, 2022).
- [57] “Wandgrün System Grünwand für MY HIVE: Gemeinsam innovativ für das Klima.” Dachgrün GmbH, Wien, Nov. 2020.
- [58] “Wandgebundene Vertikalbegrünung nach ON L1136 mit teilflächigen Vegetationsträger - Wandgrün SYSTEM GRÜNWARD.” Dachgrün GmbH. [Online]. Available: www.dachgruen.at
- [59] C. Oberbichler, “Vertikalbegrünung im Außenraum nach ÖNORM L1136 mit WANDGRÜN Systemen der Dachgrün GmbH Wien.” Dachgrün GmbH.
- [60] “Schnitt Grünwand.” techmetall, Wien, Nov. 06, 2014.
- [61] “McArthurGlen Ashford Designer Outlet.” Biotecture Ltd.
- [62] “Project Profile: Constructing Europe’s largest green wall at Ashford Designer Outlet’s new extension,” *Chapman Taylor*, Oct. 03, 2019.

- <https://www.chapmantaylor.com/news/project-profile-constructing-europes-largest-green-wall-at-ashford-designer-outlets-new-extension> (accessed Feb. 24, 2022).
- [63] “Biotope Living Walls - Biotile System.” Biotope Ltd, Bosham, 2021.
- [64] “BioPanel-Standard-Details-Pack.” Biotope, Mar. 15, 2021.
- [65] “m2 Flon - PRESENTATION FSAP.” Bureau de Paysage Jean-Jacques Borgeaud, Lausanne, Jun. 19, 2009.
- [66] “Kundenzentrum Flon - M2 Metro Station in Lausanne,” *Grünstattgrau*. <https://gruenstattgrau.at/projekt/kundenzentrum-flon-m2-metro-station-in-lausanne/> (accessed Feb. 24, 2022).
- [67] “Minergie,” *MINERGIE*. <https://www.minergie.ch/de/ueber-minergie/baustandards/minergie/> (accessed Feb. 25, 2022).
- [68] “M2 Metro Station,” *Bernard Tschumi Architects*. <http://www.tschumi.com/projects/59/#> (accessed Feb. 25, 2022).
- [69] “Lausanne, Interface Flon M2 Metro Station, 2003-09,” *Bernard Tschumi. Event-Cities 4*, 2010.
- [70] “Neues Stadtbild in Dillingen mit Wandbegrünung,” *structurae*. <https://structurae.net/de/produkte-services/neues-stadtbild-in-dillingen-mit-wandbegruenung> (accessed Mar. 25, 2022).
- [71] “Peter-Lamar-Platz in Dillingen, Saarland,” *Grünstattgrau*. <https://gruenstattgrau.at/projekt/peter-lamar-platz-in-dillingen-saarland/> (accessed Mar. 25, 2022).
- [72] “Optigrün-Systemlösung Fassadengarten.” Optigrün, Dec. 2012.
- [73] “Peter-Lamar-Platz Dillingen,” *Dutt & Kist GmbH*. <https://hdk-sb.de/projekte/projekte/peter-lamar-platz-dillingen/> (accessed Mar. 25, 2022).
- [74] “Mit über 800 Quadratmetern Deutschlands größte ‘Living Wall,’” *GebäudeGrün*, vol. 4, 2018.
- [75] “Living Walls Outdoor,” *Vertiko*. <https://www.vertiko.de/begrueunungen-loesungen/living-wall-outdoor/> (accessed Mar. 26, 2022).
- [76] “Livingwall Systemschnitt.” Vertiko GmbH, Buchenbach-Himmelreich, Mar. 19, 2019.
- [77] “Vertiko GmbH Firmenprofil.” Vertiko GmbH, Buchenbach, Mar. 2019. [Online]. Available: www.vertiko.de
- [78] E. Gruchmann-Bernau, “Biodiversität auf Dachbegrünungen. Förderungen von vegetativen Lebensraumstrukturen für Wildbienen,” Wien, 2015.
- [79] “Arbeiten und Entspannen auf einem Schrägdach.” ZinCo.
- [80] C. Käpplinger, “Technologie nicht um jeden Preis - Hauptverwaltung der Solon SE, Berlin,” *DBZ*, Dec. 2009. https://www.dbz.de/artikel/dbz_Technologie_nicht_um_jeden_Preis_Hauptverwaltung_der_Solon_SE_Berlin_349611.html (accessed Feb. 28, 2022).
- [81] “SOLON AG Gründungspartner des Berliner Klimabündnisses,” *Pressebox*, Oct. 09, 2008. <https://www.pressebox.de/inaktiv/solon-se/SOLON-AG-Grueundungspartner-des-Berliner-Klimabuendnisses/boxid/209193> (accessed Mar. 01, 2022).
- [82] “Schnitt A und B Verwaltungsdach Betriebsgelände Solon AG.” hochC Landschaftsarchitekten, Berlin, Nov. 23, 2007.
- [83] “Einkaufszentrum Stückfärberei, Basel, 2001-2009,” *DIENER & DIENER ARCHITEKTEN*. <http://www.dienerdiener.ch/de/project/shopping-center-stueckfaerberei> (accessed Apr. 25, 2022).
- [84] E. Nikles, B. Knobel, and Y. Reisner, “Flachdachbegrünung - Flachdächer richtig begrünen - das ökologische Potenzial nutzen.” Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt, Basel, Jun. 2020.
- [85] “Dachbegrünung Basel Stücki.” Fahrni und Breitenfeld Landschaftsarchitekten BSLA, Basel, Jul. 24, 2009.

- [86] M. Hofer, "Referenzblatt SikaSchweizAG Roofing STÜCKI EINKAUFSZENTRUM, BASEL." SikaSchweizAG, 2009.
- [87] "Sarnafil TG 66-18," *Sika Österreich*.
<https://aut.sika.com/de/bau/dachsysteme/kunststoff-dachsysteme/flachdach-kunststoff/mit-auflast/sarnafil-tg-66-18.html> (accessed Mar. 11, 2022).
- [88] O. Gut, "Dachbegrünung als Naturoasen," *dergartenbau*, vol. 21, 2011.
- [89] S. L. Cantor, "California Academy of Sciences, Golden Gate Park, San Francisco, CA," in *GREEN ROOFS in Sustainable Landscape Design*, New York: W. W. Norton & Company, Inc., 2008, pp. 233–241.
- [90] "California Academy of Sciences." Fondazione Renzo Piano.
- [91] "California Academy of Sciences (CAS) Living Roof," *Greenroofs.org*, Jan. 24, 2020.
<https://www.greenroofs.com/projects/california-academy-of-sciences-cas-living-roof/> (accessed Mar. 03, 2022).
- [92] C. van Uffelen, "California Academy of Sciences," in *green greener greenest*, Editorial Office van Uffelen, Ed. Berlin: Braun, 2017, pp. 78–81.
- [93] "California Academy of Sciences," *SWA Group*.
<https://www.swagroup.com/projects/california-academy-of-sciences/> (accessed Mar. 03, 2022).
- [94] "Platinum LEED Finish for California Academy of Sciences," *ARUP*, Mar. 19, 2009.
<https://www.arup.com/news-and-events/platinum-leed-finish-for-california-academy-of-sciences> (accessed Mar. 04, 2022).
- [95] C. Breusing and R. Donhauser, "Die California Academy of Sciences," in *DETAIL engineering 2: Arup Building Design*, Christian Schittich, Christian Breusing, 2013, pp. 64–65.
- [96] G. Aquino, "California Academy of Sciences Roof: Three Years Later," *ideas SWA Group*, Jan. 20, 2012. <http://www.ideas.swagroup.com/california-academy-of-sciences-roof-three-years-later/> (accessed Mar. 03, 2022).
- [97] "Central Park Praha," *A69 Architects*. <https://www.a69.cz/en/central-park-praha> (accessed Mar. 06, 2022).
- [98] G. Mann, "Prag - nicht goldene, sondern grüne Stadt," *Dach+Grün*, vol. 3, 2010.
- [99] "Dachbegrünung Schrägdach 15-45°," *Optigrün*.
<https://www.optigruen.de/systemloesungen/schraegdach/15-45-system-t/> (accessed Mar. 06, 2022).
- [100] "Dachbegrünung Schrägdach 15-45°," *Optigrün*.
<https://www.optigruen.de/systemloesungen/schraegdach/15-45-system-t/> (accessed Apr. 26, 2022).
- [101] "Central Park in Prag - Wohnen auf steilem Niveau," *Galabau*, Nov. 04, 2010.
<https://www.soll-galabau.de/aktuelle-news/ansicht-aktuelles/datum/2010/11/04/central-park-in-prag-wohnen-auf-steilem-niveau.html> (accessed Mar. 06, 2022).
- [102] "Systemschnitt 'Optigrün Schrägdach mit Schubsicherungssystem T.'" *Optigrün*, Aug. 20, 2019.
- [103] "Referenzobjekt Schrägdach 1," *Optigrün*.
<https://www.optigruen.de/referenzen/schraegdach/objekt-scd-1/> (accessed Apr. 26, 2022).
- [104] "NATUR HAT ZUKUNFT MIT DER KOMPETENZ VON EXPERTEN." *Optigrün*, Sep. 2019.
- [105] G. Vellut, "Metro station @Place de l'Europe @Flon @Lausanne," *flickr*, Aug. 28, 2017. https://www.flickr.com/photos/o_0/36503680590/ (accessed Apr. 25, 2022).
- [106] BoBiDa 2021, Österreich. *Biodiversitätsdach Kindergarten Ried (Koblach, AT)*, (Sep. 06, 2021). Accessed: Mar. 09, 2022. [Online Video]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=wcddoaSBxAI>

- [107] “Neubau Kindergarten Straßenhäuser Koblach.” marte.marte architekten zt gmbh, Jun. 05, 2020.
- [108] “Terraway hat viele gute Seiten,” *TerraWay*. <https://terraway.at/#Eigenschaften> (accessed Apr. 02, 2022).
- [109] J. Fischel, “Angebot Starkl.” Anton Starkl GmbH, Frauenhofen/Tulln, May 23, 2017.
- [110] “Unterstützung anbieten,” *GB* Gebietsbetreuung Stadterneuerung*. <https://www.gbstern.at/was-wir-tun/wohnen-wohnumfeld-und-nachbarschaft/> (accessed Apr. 03, 2022).
- [111] “Freianlagen Headquarter Solon.” hochC Landschaftsarchitekten, Berlin.
- [112] “Pflanzplan Betriebsgelände Solon AG.” hochC Landschaftsarchitekten, Berlin, Oct. 30, 2007.
- [113] KR, “Bürogebäude ASI Reisen, Natters/AT,” *DBZ*, Oct. 2021. https://www.dbz.de/artikel/dbz_Buerogebaeude_ASI_Reisen_Natters_AT_3692361.html (accessed Apr. 07, 2022).
- [114] A. Bifulco, “Snøhetta: neues Hauptquartier für ASI Reisen in Natters,” *Floornature, Architecture & Surfaces*, Sep. 04, 2020. <https://www.floornature.de/snohetta-neues-hauptquartier-fur-asi-reisen-natters-15727/> (accessed Apr. 22, 2022).
- [115] “Asi-Reisen in Natters,” *Grünstattgrau*. <https://gruenstattgrau.at/projekt/asi-reisen-in-natters/> (accessed Apr. 22, 2022).
- [116] sh, “Bürogebäude in Natters,” *Baunetz Wissen*. <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/objekte/buero/buerogebaeude-in-natters-7412575> (accessed Apr. 22, 2022).
- [117] hn, “Mit der Tiroler Landschaft verwachsen,” *Baunetz*, Nov. 05, 2020. https://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Buerogebaeude_in_Natters_von_Snohetta_7384551.html (accessed Apr. 22, 2022).
- [118] “Slow the Flow! - Designing the built environment to protect urban watersheds,” *Oregon*, vol. 97123. Clean Water Services, Oregon, Jul. 2004. [Online]. Available: www.CleanWaterServices.org
- [119] “Field Operations Headquarters,” *PIVOT Architecture*. <https://pivotarchitecture.com/projects/field-operations-headquarters/?cat=civic> (accessed Apr. 10, 2022).
- [120] S. L. Cantor, “Clean Water Services Field Yard, Beaverton, OR,” in *GREEN ROOFS in Sustainable Landscape Design*, New York: W. W. Norton & Company, Inc., 2008, pp. 201–207.
- [121] “ECOSTONE,” *Metten Stein+Design*. <https://www.metten.de/oeffentlicher-raum/ecostone/> (accessed May 01, 2022).

Abbildungsverzeichnis

1	Globale Temperaturanomalien © tagesschau [3].....	1
2	Kategorisierung von Fassadenbegrünung, eigene Darstellung [7, p. 10].....	3
3	Kategorisierung von bodengebundener Begrünung, eigene Darstellung [7, p. 54]	4
4	Haftwurzeln des Efeus an einer Kiefer © Wilhelm Zimmerling PAR [8].....	4
5	links: Haftscheibenranker an einer Mauer und rechts: Lebendige und abgestorbene Haftscheiben an einer Putzfassade	5
6	Schlinger um einen Doppelstabmattenzaun	5
7	links: Blattstielranker Waldrebe (Clematis) © Jürgen Eppel, LWG Veitshöchheim [13] und rechts: Sprossranker Ufer-Rebe © Manfred Brusten [14].....	6
8	Spreizklimmer Kletterrose © Mein schöner Garten/Manuela Göhner [15].....	6
9	Intensiv begrünter Dachgarten © GRÜNSTATTGRAU [17]	7
10	Extensive Dachbegrünung © Lamiot [18]	8
11	links: Freiraumbegrünung © hochC Landschaftsarchitekten und rechts: Innenhofbegrünung	8
12	Wärmeinseleffekt [24].....	10
13	links: Wilder Wein WUK Innenhof © Manfred Werner - Tsui, CC BY-SA 3.0 [29] und rechts: Lageplan WUK (www.wien.gv.at/viennagis/, 28.02.2022)	14
14	links: Wilder Wein WUK Innenhof im Winter und rechts: Schutzbeet für Veitchii	14
15	links: U1 Schacht Favoritenstraße 50 und rechts: Selbstklimmer am U1 Schacht	16
16	Fassadenbegrünung Stadthaus M1 Freiburg © Jakob Rope Systems/Severin Jakob [34].	18
17	links: Kletterpflanzen Fassade © Barkow Leibinger, Ina Reinecke [33] und rechts: Bewuchs Bereich Loggien © Jakob Rope Systems/Severin Jakob [34].....	18
18	Begrünung Südfassade Stadthaus M1 – Aufbau, eigene Darstellung © Barkow Leibinger [33]	19
19	Eingang Institutsgebäude PTH St. Georgen © Dietmar Strauß Besigheim [32, p. 55]	20
20	Fassadenbegrünung PTH St. Georgen – Aufbau, eigene Darstellung © Kissler + Effgen Architekten BDA [26, p. 211].....	21
21	links: Garden Tower Wabern © Michael Blaser/Buchner Bründler Architekten AG [39] und rechts: Gerüstkletterpflanzen Garden Tower © Michael Blaser/Buchner Bründler Architekten AG [39].....	23
22	Pflanztrog und Metallnetz © Michael Blaser/Buchner Bründler Architekten AG [39].....	23
23	Fassadenbegrünung Garden Tower – Aufbau, eigene Darstellung © DETAIL Business Information GmbH [44]	24
24	links: Südfassade Stücki Einkaufszentrum © Jakob Rope Systems [26, p. 218] und rechts: Westfassade Stücki Einkaufszentrum © Jakob Rope Systems [26, p. 219].....	26
25	Revisionsplan Begrünung Südfassade Teil Ost © Fahrni und Breitenfeld GmbH [48]	27
26	Kö-Bogen II Düsseldorf © ingenhoven architects/HGEsch	30
27	links: Hainbuchen Nahaufnahme © Jakob Leonhards Söhne GmbH & Co. KG [50] und rechts: Auskragung Pflanztröge © Jakob Leonhards Söhne GmbH & Co. KG [50].....	30
28	System Pflanzgefäß Aluminium, eigene Darstellung © Optigrün international AG [54] [55]	31
29	links: Gebäude MyHive Wienerberg © Dachgrün GmbH, Christian Oberbichler [59] und rechts: Fassadenbegrünung MyHive © Dachgrün GmbH, Christian Oberbichler [59]	32
30	MyHive Logo Bepflanzung © Dachgrün GmbH, Christian Oberbichler [59].....	33
31	Aluminium-Trogssystem, eigene Darstellung © Fa. Techmetall GmbH [60].....	34
32	McArthurGlen Ashford Designer Outlet © Chapman Taylor Architects [62]	36
33	links: Fassadenbegrünung Ashford Designer Outlet 1 © Bioteecture [61] und rechts: Fassadenbegrünung Ashford Designer Outlet 2 © Bioteecture.....	37

34	links: Pflanzpaneel hydroponisches Modulsystem © Biotechure [63] und rechts: Paneel Aufbau © Biotechure [63].....	37
35	Hydroponisches Modulsystem, eigene Darstellung © Biotechure [64].....	38
36	M2 Metro Station Lausanne-Flon © Peter Mauss, ESTO/Bernard Tschumi Architects [69]	40
37	Fassadenbegrünung M2 Metro Station Lausanne-Flon – Aufbau, eigene Darstellung © Bernard Tschumi und Merlini & Ventura [26, p. 221] [65].....	41
38	Fassadenbegrünung Peter-Lamar-Platz Dillingen © Optigrün international AG [70].....	43
39	links: Lisenen mit Konsolen © Dutt & Kist GmbH [73] und rechts: Begrünungselemente eingehängt © Dutt & Kist GmbH [73].....	43
40	links: Einsetzen der Pflanzen mit Hubsteiger © Dutt & Kist GmbH [73] und rechts: fertige Grünwand © Dutt & Kist GmbH [73].....	44
41	Aluminium-Kassetten-System, eigene Darstellung © Optigrün international AG [72]	45
42	links: Luftaufnahme Grünfassade Osterrath GmbH © GDL Belke GmbH, Clemens Belke und rechts: Übersicht Grünfassade Osterrath GmbH © GDL Belke GmbH, Clemens Belke.....	47
43	links: Nahaufnahme Pflanzen Living Wall © GDL Belke GmbH, Clemens Belke und rechts: Vlies-Substrat-System © GDL Belke GmbH, Clemens Belke	47
44	Vlies-Substrat-System, eigene Darstellung © Vertiko GmbH [76].....	48
45	links: Intensive Dachbegrünung Winter und rechts: Intensive Dachbegrünung Sommer © GRÜNSTATGRAU [17]	53
46	links: Extensive Dachbegrünung Winter und rechts: Extensive Dachbegrünung Sommer .. © GRÜNSTATGRAU [17]	55
47	links: Dachbegrünung SOLON Verwaltungsgebäude © SOLON, Manfred Jarisch [80] und rechts: Seitenansicht SOLON Verwaltungsgebäude © hochC Landschaftsarchitekten	56
48	links: Sandstrand und Wasserbecken © hochC Landschaftsarchitekten und rechts: Sitzmöglichkeiten und Rasenfeld mit Baumhügeln © ZinCo GmbH [79]	57
49	Schubswellen und Noppen des Dränelements © ZinCo GmbH [79].....	57
50	Dachbegrünung SOLON Headquarter Rasen – Aufbau, eigene Darstellung © hochC Landschaftsarchitekten [26, p. 223] [82]	58
51	Dachbegrünung SOLON Headquarter Hochbeet – Aufbau, eigene Darstellung © hochC Landschaftsarchitekten [26, p. 223] [82]	58
52	Gründach Stücki Einkaufszentrum © Erich Meyer/Diener & Diener Architekten [83]....	60
53	Vegetationsflächen Dach Stücki Einkaufszentrum © Fahrni und Breitenfeld GmbH.....	61
54	links: Nahaufnahme Dachbegrünung © Fahrni und Breitenfeld GmbH und rechts: Hängepflanzen © Fahrni und Breitenfeld GmbH [26, p. 219].....	61
55	Dachbegrünung Stücki Einkaufszentrum Vegetation A-D – Aufbau, eigene Darstellung © Fahrni und Breitenfeld GmbH [85]	62
56	Intensive Dachbegrünung (Hängepflanzen) Stücki Einkaufszentrum – Aufbau, eigene Darstellung © Fahrni und Breitenfeld GmbH [85]	62
57	Überblick Gründach Academy of Sciences © SWA Group [93].....	64
58	Nahaufnahme Hügel mit Luken © SWA Group [93]	65
59	links: Aufzucht in Pflanzenschalen © RPBW - Renzo Piano Building Workshop Architects [90] und rechts: Pflanzenschalen installiert © RPBW - Renzo Piano Building Workshop Architects [90]	66
60	Dachbegrünung California Academy of Sciences – Aufbau, eigene Darstellung © Renzo Piano Building Workshop/Stantec Architecture, DETAIL Business Information GmbH [95]	66
61	Central Park Prag © Ester Havlova [97]	69

62	Schubsicherung Schrägdach © Optigrün international AG [100].....	69
63	Schrägdach mit Schubsicherungssystem, eigene Darstellung © Optigrün international AG [102]	70
64	Schrägdachbegrünung Central Park Prag © Optigrün international AG [103].....	70
65	Dachbegrünung M2 Metro Station Lausanne-Flon © Guilhem Vellut [105].....	72
66	Dachbegrünung M2 Metro Station Lausanne-Flon – Aufbau, eigene Darstellung © Bernard Tschumi und Merlini & Ventura [26, p. 221] [65].....	72
67	Dachbegrünung PTH St. Georgen © Nicole Pfoser [26, p. 211]	74
68	Dachbegrünung PTH St. Georgen – Aufbau, eigene Darstellung © Kissler + Effgen Architekten BDA [26, p. 211]	74
69	Biodiversitätsdach Kindergarten Ried © Gemeindeamt Koblach	76
70	Aufbauten Biodiversitätsdach © pulswerk GmbH.....	77
71	links: Dachfläche Ziegelrecyclingsubstrat © Gemeindeamt Koblach und rechts: PV-Anlagen	77
72	Dachbegrünung Kindergarten Ried – Aufbauten, eigene Darstellung © marte.marte architekten zt gmbh [107]	78
73	links: Wiese und Gartenhütte und rechts: Spielwiese	83
74	links: Innenhof hinterer Bereich und rechts: Zypressen als Sichtschutz.....	84
75	links: Versickerungsoffene Wege und rechts: Efeu-Versuch	84
76	links: Selbstklimmer Fassade Westausrichtung und rechts: Selbstklimmer Fassade Ostausrichtung.....	86
77	Skizze Innenhof Schubertgasse, eigene Darstellung © Elisabeth Zaussinger	87
78	links: Hochbeet und rechts: Insektenhotel	87
79	links: Drahtzaun bedeckt mit Efeu und rechts: Befallenes Efeublatt von Schildläusen	88
80	Hofbegrünung Brestelgasse Bereich 1 © GB*.....	89
81	links: Hofbegrünung Brestelgasse Bereich 2 © GB* und rechts: Hofbegrünung Brestelgasse Bereich 3 © GB*	89
82	Hofbegrünung Goltzstraße © Johannes Haag	91
83	links: Freianlagen SOLON Headquarter © hochC Landschaftsarchitekten und rechts: Wasserbecken SOLON Headquarter © hochC Landschaftsarchitekten	92
84	Innenhof 1 „Himalayabirken auf grüner Wellenlandschaft“ © hochC Landschaftsarchitekten.....	93
85	links: Begrünte Glasfassade ASI Reisen © Christian Flatscher [114] und rechts: Außenanlagen ASI Reisen © Christian Flatscher [114]	95
86	Übersicht Betriebshof Clean Water Services © PIVOT Architecture [119].....	97
87	Gründach Clean Water Services © PIVOT Architecture [119].....	98
88	Pflanzenauswahl Fassadenbegrünung	112

Tabellenverzeichnis

1	Kategorisierung von Fassadenbegrünung nach FLL und ÖNORM L1136	13
2	Pflanzenliste Garden Tower, eigene Darstellung [41] [43].....	24
3	Pflanzenliste Südfassade Stücker Einkaufszentrum, eigene Darstellung [48] [43].....	27
4	Pflanzenliste MyHive Wienerberg, eigene Darstellung [57] [43].....	34
5	Vergleich Merkmale und Ziele Fassadenbegrünungen	49
6	Pflanzenliste Intensive Dachbegrünung Favoritenstraße 50, eigene Darstellung [78] [43].....	53
7	Legende Vegetationsflächen, eigene Darstellung © Fahrni und Breitenfeld GmbH.....	61
8	Pflanzenliste California Academy of Sciences [96].....	67
9	Vergleich Merkmale und Ziele Dachbegrünungen	81
10	Pflanzenliste Innenhof Brestelgasse 9 [GB*, persönliche Kommunikation, 24.02.2022].	90
11	Vergleich Merkmale und Ziele Freiraumbegrünungen	99
12	Standort und bautechnische Merkmale der analysierten Begrünungssysteme.....	103
13	Ökonomische Merkmale der analysierten Begrünungssysteme.....	105
14	Gestalterische Merkmale der analysierten Begrünungssysteme	107
15	Merkmale und bauliche Anforderungen Fassadenbegrünung.....	108
16	Merkmale und bauliche Anforderungen Dachbegrünung	110
17	Merkmale und bauliche Anforderungen Freiraumbegrünung.....	111
18	Matrixdarstellung Begrünungsziel	114
19	Matrixdarstellung Standort- und bautechnische Kriterien – Fassadenbegrünung	115
20	Matrixdarstellung Standort- und bautechnische Kriterien – Dach- und Freiraumbegrünung	116
21	Zielgewichtung je nach Begrünungssystem	118
22	Beispiel Systemauswahl Neubau - Zielgewichtung je nach Begrünungssystem	119
23	Drei Ebenen für Systemauswahl Bestand	120
24	Beispiel Systemauswahl Bestand - Zielgewichtung je nach Begrünungssystem.....	122