Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB)
Department für Bautechnik und Naturgefahren
Universität für Bodenkultur Wien

Status quo zur Begrünung von Glasfassaden und zur nachträglichen Gebäudeisolierung am Beispiel Universitätsgebäude Muthgasse I der BOKU Wien

Status quo of glass facade greenings used as supplementary heat isolation using the example of university building Muthgasse I of the University of Natural Resources and Life Sciences in Vienna

Masterarbeit

Julian Conrads B.Sc. Matrikel-Nr.:1040348

Angestrebter akademischer Grad Diplomingenieur (Dipl. Ing.)

Betreuerin: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Rosemarie Stangl

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbständig verfasst habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Julian Conrads B.Sc. Wien, am
12.2.2018

Abstract

Diese Masterarbeit behandelt das Thema der Fassadenbegrünung als Maßnahme der nachträglichen Gebäudeisolierung und der Aufwertung von städtischen Freiräumen.
Am Beispiel eines Universitätsgebäudes der Universität für Bodenkultur Wien werden die technische Durchführbarkeit sowie die Zweckmäßigkeit einer nachträglich installierten Fassadenbegrünung zu Isolierungszwecken an einer Glasfassade beurteilt.
Hierfür wurde der Stand der Technik, anhand von bereits bestehenden Fassadenbegrünungssystemen, sowie einschlägiger Fachliteratur erhoben und dargestellt. Darauf basierend und auf Grundlage gewonnener Erkenntnisse aus ExpertInnen-Interviews, die im Laufe der Masterarbeit geführt wurden, wird ein Fassadenbegrünungsentwurf für den entsprechenden Gebäudeteil der Muthgasse I entwickelt. Anschließend wird der Schattenwurf der Begrünungsvariante durch eine dreidimensionale Simulation dargestellt und anhand dessen die Wirksamkeit des Begrünungskonzeptes beurteilt.
Die Untersuchung des Begrünungsentwurfes belegt eine effektive zu erwartende Hitzeisolierung für das Universitätsgebäude, sodass im Zuge einer Gebäudesanierung die Installation einer Fassadenbegrünung als zweckmäßig empfohlen werden kann.

Abstract

This master thesis deals with facade greening used as supplementary heat isolation of buildings and its functions of improving urban open space.
To evaluate the practicability and expedience of a supplementary façade greening on a glass façade, a building of the University of Natural Resources and Life Sciences in Vienna, is used to exemplify its functions. Therefore the state of technology has been reviewed on basis of expert interviews and specialist literature. This technical expertise was the basis to develop and simulate a concept for the building in Muthgasse I. By generating a three dimensional simulation of the greening concept and its shadowing effects, the expected effectiveness is rated.
The simulation of the greening concept points out that an effective heat isolation can be assumed. The installation of a facade greening throughout a building restauration can be recommanded as usefull.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 8

2 Fragestellung und Zielsetzung 9

2.1 Fragestellung 9

2.2 Zielsetzung 9

3 Methodiken 11

3.1 Strukturierte Literaturanalyse 11

3.2 Archivrecherche 13

3.3 Leitfadeninterviews 13

3.3.1 Theorie 13

3.3.2 Ziele 15

3.3.3 Ablauf 16

4 Fassadenbegrünungen und ihre Funktionen 18

4.1 Einführung 18

4.2 Gebäudeökonomische Faktoren 19

4.2.1 Physischer Schutz, UV Schutz und Witterung 19

4.2.2 Isolierende Wirkungen 20

4.2.3 Regenwassernutzung 23

4.2.4 Ästhetische Funktionen 24

4.2.5 Schäden durch Fassadenbegrünungen 26

4.3 Gesundheitsfördernde und ökologische Funktionen 28

4.3.1 Lufthygienische Funktionen 28

4.3.2 Klimatische Funktionen 30

4.3.3 Biodiversität 31

4.3.4 Minderung der Lärmbelästigung 32

4.3.5 Wohlfahrtswirkung 33

4.4 Fazit zu den Funktionen von Fassadenbegrünungen 33

5 Bauweisen von Fassadenbegrünungen 35

5.1 Einleitung 35

5.2 Bodengebundene Begrünungen ... 35
5.2.1 Kletterpflanzen ... 35
5.2.2 Rank- und Kletterhilfen ... 38
5.3 Fassadengebundene Begrünungen ... 39
5.3.1 Einführung zu fassadengebundenen Begrünung ... 39
5.3.2 Systemvorstellung Regalsysteme ... 41
5.3.3 Systemvorstellung modulare Systeme ... 42
5.3.4 Systemvorstellung flächige Systeme ... 43
5.3.5 Vergleich der fassadengebundenen Begrünungssysteme ... 44
5.4 Kombination aus fassaden- und bodengebundenen Systemen ... 46
6 Situationsanalyse Planungsbeispiel Muthgasse I ... 48
6.1 Problembeschreibung ... 48
6.1.1 Bisherige Problemlösungsansätze ... 49
6.2 Fazit Problembeschreibung Universitätsgebäude Muthgasse I ... 50
6.3 Aktuelle Lösungsoptionen ... 51
6.4 Baubestand ... 53
6.5 Planungsziele ... 54
7 Analyse Gebäudesubstanz ... 56
7.1.1 Verortung des Gebäudes ... 56
7.1.2 Plangrundlagen ... 58
... 59
... 59
7.1.3 Detail Wandaufbau ... 61
7.2 Konstruktive Grundlagenermittlung ... 63
7.2.1 Ortsbegehung ... 63
7.2.2 Konstruktive Verankerung einer Fassadenbegrünung ... 63
7.2.3 Statik ... 64
7.3 Bauphysikalische Grundlagen ... 64
7.3.1 Hitzeschutz-Theorie ... 65

7.3.2 Hitzeschutzberechnung Muthgasse I ... 67
7.3.3 Wärmedämm-Theorie ... 67
7.3.4 U-Wertberechnung Muthgasse I ... 68
7.4 Fazit Grundlagenermittlung zum Planobjekt ... 68
8 Planungsvorschlag ... 69
8.1 Ideenfindung ... 69
8.2 Konzeptbeispiele ... 70
8.2.1 Begrünungsvorhang ... 70
8.2.2 Grüne Sonnensegel ... 71
8.3 Übertragung des Konzeptes Rataplan auf die Glasfassade der Muthgasse I ... 72
8.4 Entwurf ... 73
8.4.1 Grafische Darstellung ... 74
8.4.2 Grafisches Detail ... 74
8.4.3 Detailansicht ... 75
8.4.4 Schnitt ... 76
8.4.5 Detailschnitt Stahlseilaufhängung ... 77
8.4.6 Detailschnitt Pflanztrog Dachterrasse ... 78
8.4.7 Detailschnitt Pflanztrog hängend ... 78
8.4.8 Perspektive: Pflanztrogkonstruktion ... 79
8.5 Schattenstudie ... 80
8.6 Bepflanzung und technische Ausstattung ... 83
8.6.1 Pflanzenwahl ... 84
8.6.2 Pflanzenmenge ... 86
8.7 Kostenschätzung ... 86
9 Diskussion ... 89
9.1 Tabellarische Beantwortung der Forschungsfragen ... 92
10 Ausblick ... 93
10.1 Statische Berechnungen ... 93
10.2 Entwicklung von Pflege- und Wartungssystemen ... 94

10.3 Zukunftschancen von Fassadenbegrünung 95
11 Quellenverzeichnisse 96
11.1 Literaturverzeichnis 96
11.2 Abbildungsverzeichnis 99
11.3 Tabellenverzeichnis 101
Anhang 103

1 Einleitung

Im Zuge dieser Masterarbeit wurde die Möglichkeit einer nachträglich angebrachten Fassadenbegrünung zum Zweck der Gebäudeisolierung untersucht. Die Notwendigkeit dieser Untersuchung entstand durch die von UniversitätsmitarbeiterInnen konkret geäußerte Problematik der Hitze- und Kälteentwicklung an einem Gebäude der Universität für Bodenkultur. Das Gebäude befindet sich in der Muthgasse I im 19. Wiener Gemeindebezirk, mit Blick auf den Donaukanal. Die Fassade des Gebäudes, die es zu untersuchen gilt, ist eine etwa 11 Meter hohe, mit Glas verkleidete Betonfassade in Süd-Ost-Exposition. Die GebäudenutzerInnen und MitarbeiterInnen berichten, dass besonders im Sommer die Gebäudetemperaturen in den Räumlichkeiten direkt hinter der Glasfassade unerträglich steigen und diese zeitweise in den warmen Jahreszeiten unbenutzbar geworden sind. Berichten zu Folge wurden in den Räumlichkeiten bereits in den Frühlingsmonaten um 10:00 Uhr morgens Temperaturen von 30° Celsius gemessen, während die Außentemperatur 26° Celsius betrug.

Die vermutete Ursache dieser Problematik ist die fehlende oder unzureichend ausgeführten Isolierung der Glasfassaden des in den 90er Jahren errichteten Gebäudes.

Das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien leistet seit einiger Zeit Pionierarbeit bezüglich der Erforschung von Bauwerksbegrünungen in urbanen Räumen. In diesem Zusammenhang entstand auch für diese Situation die Überlegung die Hitzeproblematik durch eine begrünte respektive begrünbare Alternative zu konventionellen baulichen Isolierungsmöglichkeiten zu erforschen. Weitere Motivation für diese Forschungsarbeit sind die positiven Auswirkungen, die über Fassadenbegrünungen bekannt sind. Dazu zählen die Thematik der Verbesserung des Stadtklimas bzw. potenzielle Beiträge zur Verringerung der sogenannten „Urban Heat Islands“, in deren Kontext immer wieder die positiven Einflüsse der Bauwerksbegrünung genannt werden. Vor diesem Hintergrund soll die vorliegende Masterarbeit einen Beitrag zur Erforschung von alternativen Isolierungsmöglichkeiten durch Fassadenbegrünungen leisten.

Bei der bestehenden Fassade handelt es sich um eine Glas-Betonfassade, deren baulicher Bestand auf die konstruktive sowie statische Ausführbarkeit eines Begrünungssystems untersucht und beurteilt wird. Auf dieser Grundlage wird eine architektonisch geeignete Begrünungsvariante entwickelt.

2 Fragestellung und Zielsetzung

Bezugnehmend auf die Aktualität des Themas der Fassadenbegrünungen zum Zweck der Klimaverbesserung im städtischen Raum sowie zu Isolierungszwecken, werden folgende Fragestellungen formuliert, die dieser Masterarbeit als Arbeitsgrundlage dienen sollen und die Konkretisierung der Arbeitsziele unterstützen.

2.1 Fragestellung

1. *„Was ist der aktuelle Stand der Technik zur nachträglichen Begrünung von kombinierten Glas- Betonfassaden?“*
2. *„Gibt es für die Begrünung von kombinierten Glas- Betonfassaden eindeutige Richtlinien?“*
3. *„Wie könnte eine Fassadenbegrünung des Gebäudes der Muthgasse I realisiert werden, um dadurch eine möglichst effektive Isolierungswirkung gegen Hitze zu erreichen?“*

2.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen detaillierten Überblick über den Stand der Technik und der Wissenschaft von Fassadenbegrünungen zu erarbeiten. Dazu sollen vegetationstechnische, sowie konstruktive Aspekte adressiert werden. Es wird der Status quo in Österreich und seinen angrenzenden Staaten für die Begrünung von Glasfassaden gezeigt, aber auch internationale Projekte zu diesem Thema werden beleuchtet, um einen weiteren Orientierungspunkt geben zu können. Dabei gilt es die Funktionen und Möglichkeiten von begrünten Fassaden zu erarbeiten und ihre Wirkungen auf Menschen und Umwelt darzustellen. Unter anderem werden die bauphysikalischen Auswirkungen sowie die zu erwartenden Effekte in der isolierenden Wirkung von begrünten Fassaden diskutiert. Mögliche Auswirkungen auf das städtische Mikroklima und auf das Makroklima werden auf Basis einer Literaturrecherche aufgezeigt. Es werden sowohl bodengebundene Systeme (Kapitel 5.2) näher erläutert und auf ihre Eignung hin untersucht, als auch fassadengebundene Systeme (Kapitel 5.3) dargestellt und beurteilt.

Daraufhin soll am konkreten Beispiel BOKU-Gebäude Muthgasse I gezeigt werden, wie eine Begrünung zum Zweck der Hitzeisolierung an einer Fassade angebracht werden kann. Es wird am Ende der Arbeit ein Entwurf erarbeitet, mit dem die Realisierung einer Fassadenbegrünung an dem genannten Universitätsgebäude baulich durchzuführen wäre.

Die wesentlichen Grundlagen für die Entwurfsplanung bilden dabei die Erkenntnisse aus:

1. der strukturierten Literaturanalyse zu Fassadenbegrünungen
2. den Untersuchungen der Plangrundlagen des Universitätsgebäudes.
3. den Leitfadeninterviews

Die Entwurfsplanung beinhaltet:

- Das architektonische Konzept
- Die Detailpläne für die Konstruktion der Fassadenbegrünung
- Die Beurteilung der Isolierungswirkung der Begrünungsvariante
- Eine Empfehlung über die Pflanzenauswähl für das konkrete Beispiel

Darüber hinaus wird eine grobe Kostenschätzung über die Realisierung des Projektes abgegeben. Diese soll sich auf vergleichbare Referenzprojekte stützen.

Die erarbeiteten Vorschläge und die Arbeit sollen später den verantwortlichen Institutionen als Basis für eine mögliche Realisierung einer nachträglich installierten Fassadenbegrünung zum Zweck der Isolierung gegen Hitze zur Verfügung stehen und für die EntscheidungsträgerInnen als Anschauungsmaterial dienen.

3 Methodiken

3.1 Strukturierte Literaturanalyse

Für die Erarbeitung des aktuellen Standes der Technik und für die Erhebung der Grundlagen zu Fassadenbegrünungen wurde eine strukturierte Literatur- und Internet-Analyse durchgeführt. Eine strukturierte Literaturanalyse stellt dabei nicht nur eine reine Zusammenfassung vorrangegangener Schriften dar, sondern dient vielmehr der Erkenntnis über Forschungsbedarf auf den unterschiedlichen Gebieten innerhalb der Thematik (vgl. WEBSTER J. und WATSON R. 2002, S. 13).

Auch wenn in einer wissenschaftlichen Arbeit meist nur ein kleiner Teil der fachspezifischen Literatur zitiert wird, ist es wichtig mit einer Suchstrategie das Literaturangebot zu überschauen und durchzuarbeiten, um die für die Arbeit wichtigen Themengebiete zu erkennen.

Bei der Vorgehensweise einer strukturierten Literaturanalyse sind einige Punkte zu beachten, durch deren kombinierte Anwendung ein repräsentativer Überblick zu der verfügbaren Literatur erarbeitet wird.

Dies beinhaltet nach Läzer et al. (2010 S.5)

1. Definition der Fragestellung
2. Auswahl der Suchbegriffe
3. Auswahl der Datenbanken
4. Eingrenzung der Suche
5. Erarbeitung der Suchstrategie
6. Sichtung der gefundenen Literatur
7. Beschaffung der Literatur

Im konkreten Fall dieser Masterarbeit wurden anhand der vorher definierten Fragestellungen, sowohl deutschsprachige als auch englischsprachige Themenbeiträge untersucht und ausgewertet. Es wurde mit Suchbegriffen nach Informationen zu den folgenden 7 Themen gesucht und auf die Eignung für das spezielle Fassadenbeispiel hin ausgewertet:

1. Technische Möglichkeiten für den Bau einer bodengebundenen Fassadenbegrünung und die damit verbundenen Rankhilfen
2. Technische Möglichkeiten von fassadengebundenen Begrünungen
3. Informationen über die Begrünungsmöglichkeiten von Glasfassaden
4. Informationen über die verschiedenen Ansprüche von bodengebundenen Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen
5. Informationen über die Eignung von Pflanzen für fassadengebundene Begrünungen
6. Allgemeine optische und physikalische Wirkungsweisen von Fassadenbegrünungen auf ihre Umwelt

7. Beispiele für gelungene Fassadenbegrünungen vergleichbar zum gewählten Projekt des Universitätsgebäudes.

Neben der Suche nach Fachbüchern, Fachartikeln und wissenschaftlichen Beiträgen sollen ebenfalls Literaturquellen herangezogen werden, in denen Informationen zu diesem Thema zusammengetragen werden, wie beispielsweise Leitfäden, Veröffentlichungen in Fachzeitschriften oder andere wissenschaftliche Arbeiten, wie Dissertationen oder Masterarbeiten dazu.
Mit der Sichtung der auf die Suchbegriffe gefundenen Literatur können sich oftmals weitere hilfreiche Quellen in deren Literaturverzeichnis finden lassen.
Neben der klassischen Literaturrecherche in Bibliotheksdatenbanken, wurde zusätzliche eine Internetrecherche durchgeführt. Diese erleichtert den Zugriff auf internationale Quellen. Für die Verwendung von Internetquellen ist das kritische Hinterfragen der Glaubwürdigkeit dieser Quelle besonders wichtig, da im Internet oftmals die Unterscheidung von seriösen zu unseriösen Quellen sehr schwierig sein kann (vgl. ECMC 2009 S.1). Die Einordnung seriöser Quellen kann durch die Überprüfung folgender Schlagworte durchgeführt werden:

1. Identität

   Mit dem Wissen über die Verantwortlichkeit einer Internetquelle, lassen sich Rückschlüsse auf die Qualität sowie die Authentizität einer Quelle schließen. Bei einer seriösen Quelle sind diese Angaben entweder unmittelbar mit dem Text angeführt, oder es lassen sich diese Informationen im Impressum der Internetseite finden. Die Echtheit dieser Angaben bleibt jedoch Vertrauenssache, sofern sie nicht durch eine Kontaktaufnahme mit den verantwortlichen Personen überprüft wurden.

2. Vollständigkeit

   Mit der Vollständigkeit von Internetquellen ist die Kontextualisierung gemeint, da bei der Stichwortsuche häufig nur Teilausschnitte einer Thematik erscheinen und dabei nicht der Kontext gezeigt wird in dem die Information steht. Das heißt um eine Quelle beurteilen zu können, sollten alle Unterseiten und Versionen des gesuchten Inhalts abgerufen werden können, damit eine Sicherheit über den Hintergrund der Informationen zu erhalten ist.

3. Aktualität

   Die Aktualität einer Internetquelle kann Auskunft über die Seriosität geben, wenn es sich um sogenannte zeitkritische Aussagen wie beispielsweise Gesundheits- oder Verbraucherinformationen handelt. Dennoch bleibt zu bedenken, dass auch die Datierung einer Internetquelle nicht in jedem Fall richtig sein muss, da oftmals Unklarheit über die Aktualisierungen der Informationen besteht. Ein weiterer Punkt, der die Aktualität einer Quelle

nicht gezwungener Maßen zu einem verlässlichen Kriterium werden lässt, ist der, dass auch falsche Informationen, unabhängig vom Datum ihrer Veröffentlichung, zu finden sind.

Mit der Berücksichtigung dieser Bewertungskriterien lassen sich unseriöse Informationen aus dem Internet relativ zuverlässig vermeiden. Dennoch sind zusätzlich die Primärquellen, auf die sich eine Information bezieht, zu überprüfen und bei widersprüchlichen Informationen eine dritte Meinung dazu einzuholen (vgl. ECMC 2009 S.1-6).

3.2 Archivrecherche

Als Grundlage für die Entwicklung einer Fassadenbegrünung am Universitätsgebäude Muthgasse I werden die architektonischen Baupläne aus den entsprechenden Archiven benötigt. Auf Basis dieser Pläne werden die technischen Planungen für die Konstruktionsweise der Fassadenbegrünungen erstellt. Auch für die optisch-gestalterische Darstellung in Form von Präsentationsplänen, bilden die archivierten Pläne eine wichtige Grundlage, die für die Überzeugung der EntscheidungsträgerInnen bezüglich der Realisierung des Projektes, hilfreich sind. Wesentlich für die Darstellung der Planungsideen sind Südost Ansichtspläne des Gebäudes, als auch Detailschnitte der entsprechenden Fassade. Dabei ist wichtig, dass in den Schnitten der Fassadenaufbau detailliert zu erkennen ist, um die spätere Planung des konstruktiven Aufbaus daran durchführen zu können.

Für die Beschaffung dieser Pläne wurde in einem ersten Schritt versucht, Kontakt zu den zuständigen Planarchiven herzustellen, welche die Baupläne des Universitätsgebäudes beinhalten sollten. Zuständig dafür ist das Facility Management der Universität für Bodenkultur.

Um die Richtigkeit der Plangrundlagen zu überprüfen, werden an dem Universitätsgebäude wichtige Maße für die Ausführungsplanung nachgemessen und gegebenenfalls in den Planungsgrundlagen angepasst.

Nach Erhalten der Pläne, sowie dem Kontrollaufmaß vor Ort werden die für eine Planung wichtigen Ansichten und Schnitte digitalisiert die dann als Grundlage für die technische Detailplanung dienen.

3.3 Leitfadeninterviews

3.3.1 Theorie

In der empirischen Sozialforschung gehört die Befragung zu der am häufigsten verwendeten Erhebungsmethode. Sie dient als Erhebungsinstrument mit dem die befragten Personen dazu veranlasst werden, verbale Informationen zu dem vorliegenden Untersuchungsthema zu geben (vgl. PAIER D. 2010 S.95). Leitfadeninterviews sind qualitative Interviews, deren Besonderheit die Form der Interviewführung ist, da die Struktur des Interviews mehr durch den Interviewten/

die Interviewte gesteuert wird, als durch den/ die Interviewende/n. Die Fragen werden offen gestellt, sodass die interviewten Personen die Möglichkeit haben eine umfassende Antwort mit eigenen Worten zu geben, und spontan aufgeworfene Fragen weiterverfolgt werden können (vgl. BORTZ J. und DÖRING N. 2010 S.365). Leitfadeninterviews werden auch halb- oder teilstrukturierte Interviews genannt, da es im Vergleich zu unstrukturierten Interviews einen vorgefertigten Fragenkatalog gibt, den sogenannten Interview-Leitfaden. Anhand des Leitfadens sind die Fragen grob festgelegt und geben einen schematischen Ablauf des Interviews vor. Dadurch bestehen im Vergleich zu vollstrukturierten Interviews, bei denen die Antwortmöglichkeiten exakt vorgegeben sind, mehr Freiheitsgrade. Diese Freiheitsgrade sind:

- Es darf spontan vom Leitfaden abgewichen werden
- Es dürfen Zusatz- und Vertiefungsfragen gestellt werden
- Der Wortlaut der Fragen darf angepasst werden
- Die Befragten beantworten die Fragen mit eigenen Worten
- Die Fragen können an die Interviewsituation angepasst werden

Der Interview-Leitfaden bietet ein Gerüst anhand dessen die Daten erhoben und in weiterer Folge analysiert werden können. Darüber hinaus werden die Daten unterschiedlicher Interviews, durch den Leitfaden vergleichbar gemacht, ohne ein spontanes Reagieren im Verlauf der Befragung zu verhindern. Auch soll, im Gegensatz zu anderen Interviewformen, die interviewende Person bei ihrem Gegenüber öfter nachfragen, bis sie die Antwort auf ihre Fragen vollständig verstanden hat.

Zu halbstrukturierten Interviews oder Leitfadeninterviews gibt es unterschiedliche spezifische Varianten wie zum Beispiel das telefonische-, das online-, das ExpertenInnen-, das problemzentrierte und das fokussierte Leitfadeninterview. Die Fragen des Interviews sollten in zwei Gruppen eingeteilt werden, die sogenannten Hauptfragen und die Differenzierungsfragen, die entweder wörtlich oder als Stichpunktfragen im Leitfaden stehen, und der jeweiligen Situation entsprechend gestellt werden (vgl. BORTZ J. und DÖRING N. 2010 S.372).

Die Aufnahme der Interviews hat entweder durch Notizen der Interviewenden Person, durch Audioaufzeichnungen, oder durch Gedächtnisprotokolle zu erfolgen (vgl. ATTESLANDER P. und CROMM J. 2010 S. 142).

Im Folgenden wird das ExpertInnen- Leitfadeninterview als spezifische Variante näher dargestellt, da es neben weiteren allgemeineren Leitfadeninterviews, Anwendung in dieser Arbeit findet.

3.3.2 ExpertInnen-Interviews

Bei den ExpertInnen-Interviews werden die befragten Personen nicht als Laien oder Betroffene angesprochen, sondern als Fachleute für ein bestimmtes Themengebiet. Durch das Interview wird versucht das strukturelle Fachwissen, sowie das Praxis- und Handlungswissen der Perso-

nen zu erschließen. Die Kriterien, nach denen die Interviewpartner den ExpertInnenstatus zugeschrieben bekommen, sollten nachvollziehbar und begründet sein und anhand von beispielsweise der beruflichen Erfahrung, dem formalen Abschluss, oder der aktuellen beruflichen Position, festgemacht werden. FachexpertInnen sind häufig wesentlich schwieriger zu erreichen und in deutlich geringerer Zahl anzutreffen als fachfremde Personen, wodurch die Anzahl der Interview-PartnerInnen nicht zu hoch angesetzt werden sollte.

Einen weiteren wichtigen Punkt für die Durchführung von ExpertInnen-Interviews nimmt die Position der interviewenden Person ein. Sie muss sich entscheiden, ob sie dem/ der Experten/ Expertin als Laie gegenübertritt, oder als Co-Expertin/ Co-Experte. Die Interviewführung als Laie hätte den Vorteil, dass die interviewte Person ihr Wissen in vereinfachter Weise und damit leichter verständlich vermittelt. Der Vorteil der interviewenden Person in der Position als Co-Expertin/ Co-Experte liegt darin, dass die Unterhaltung auf einem fachlich anspruchsvollen Niveau stattfinden kann, sofern eine entsprechende Vorbildung in dem Bereich stattgefunden hat. Die Auswahl der Position während der Interviewführung sollte reflektiert und begründet werden und kann vom Thema des Interviews abhängig gemacht werden (vgl. BORTZ J. und DÖRING N. 2010 S.375).

Neben den Interviews mit ausgewählten Expertinnen der Österreichischen Fassadenbegrünungsbranche, werden im Zuge dieser Arbeit Leitfaden-Interviews mit einer Person gehalten, die von der Hitzeproblematik des Universitätsgebäudes der Muthgasse l direkt betroffen ist, sowie mit einer Person die in erster Instanz die Entscheidungsbefugnis über evtl. bauliche Maßnahmen, an dem betroffenen Gebäude hat.

3.3.2 Ziele

Ziele aus den Leitfadeninterviews mit:

a. der betroffenen Person

Ziel des Leitfadeninterviews mit der betroffenen Person ist, die Problematik in dem Universitätsgebäude zu verstehen und den Handlungsbedarf zu erkennen. Ebenfalls sollen Wünsche und Vorschläge zur Behebung des Problems geäußert werden, um entsprechende Maßnahmen untersuchen zu können.

b. Person aus dem Facility Management

Mit der Befragung einer Person aus dem Facility Management, welche die AnsprechpartnerInnen für derartige Belange sind und diese an die EntscheidungsträgerInnen des Rektorates weiter leiten, wird eruiert, ob und in welchem Ausmaß die Problematik bekannt ist und welche Schritte zur Behebung der Missstände denkbar, oder bereits eingeleitet sind. Ebenfalls soll das Interview Klarheit darüber geben, in welchem Ausmaß eine Renovierung des Universitätsgebäudes denkbar wäre.

c. den ExpertInnen

Aus den ExpertInnen-Interviews sollen fach- und praxisrelevante Erkenntnisse über mögliche Problemlösungsansätze zu der Thematik gewonnen werden, da besonders die Begrünung von Glasfassaden eine besondere Herausforderung darstellt (vgl. FLL 2000 S.11). Die Resultate persönlicher Erfahrungen der befragten Personen, werden als Orientierungshilfe genützt, um dadurch einerseits grobe Fehlplanungen an dem konkreten Projekt vorzubeugen und andererseits Erfahrungswissen in die Planung miteinfließen zu lassen

3.3.3 Ablauf

Die Leitfadeninterviews sind den jeweiligen Interview-PartnerInnen angepasst und haben folgenden Ablauf:

a. Betroffene Person

Die betroffene Person wird gefragt ob sie die Hitzeproblematik betrifft und welche Auswirkungen das auf die jeweilige Arbeit hat. Es wird erfragt seit wann die Problematik besteht, in welchem Ausmaß, und wer davon betroffen ist. Die Person soll schildern, welche Versuche unternommen wurden, der Problematik entgegen zu wirken, in wie weit sie selber darauf aufmerksam gemacht hat, wen sie darauf aufmerksam gemacht hat, oder ob sie sogar schon selber Maßnahmen ergriffen hat.

Des Weiteren wird in Erfahrung gebracht, welche Wünsche oder Vorschläge es zur Behebung des Problems gibt, ob die Isolierungsmöglichkeit durch eine Fassadenbegrünung bekannt ist und wie die Meinung zu einer derartigen alternativen Isolierungsform ist.

b. Person aus dem Facility Management

Im Interview mit der zuständigen Ansprechpartnerin des Facility Managements des Universitätsgebäudes wird in Erfahrung gebracht, ob und in welchem Ausmaß die Hitzeproblematik des betroffenen Gebäudes bekannt ist. In weiterer Folge wird erfragt, ob und welche Versuche die betroffenen Personen unternommen haben um die Problematik zu kommunizieren, um in weiterer Folge das Problem zu beheben.

Außerdem wird erfragt welche Maßnahmen für die Problemlösung ergriffen wurden, sofern das Problem schon länger bekannt ist. Wie der betroffenen Person, wird auch in diesem Interview die Frage gestellt, in wieweit die Isolierungsmöglichkeit mit Fassadenbegrünungen bekannt ist und was die Meinung zu einem solchen Vorschlag wäre.

c. ExpertInnen-Interview

Im Gegensatz zu den ersten beiden Formen des Leitfadeninterviews, tritt die interviewende Person der/dem InterviewpartnerIn als Co-Experte gegenüber, wodurch die Unterhaltung ein fachlich höheres Niveau erlangt.

Zu Beginn des ExpertInnen-Interviews wird den interviewten Personen die Situation zu dem Universitätsgebäude kurz dargelegt. Es werden die Auswirkungen der Hitzeproblematik auf die

betroffenen InstitutsmitarbeiterInnen erläutert und die Idee von einer nachträglichen Isolierung der Fassade mittels einer Begrünung geschildert. Anschließend werden den ExpertInnen Fotos von der Fassade, sowie Plangrundlagen dazu, vorgelegt. Nachdem die Grundlagen geklärt sind, werden erste Reaktionen und Vorschläge der befragten ExpertInnen abgewartet. Im weiteren Interviewverlauf werden Fragen nach möglichen Fassadenbegrünungsformen gestellt. Auch sollen eigene Planungsansätze bezüglich einer passenden Begrünung für die Fassade den ExpertInnen dargestellt und daraufhin von ihnen beurteilt werden. Wird eine Begrünungsform von den ExpertInnen für die Situation in der Muthgasse I empfohlen, so werden weitere Fragen bezüglich der Montage einer solchen Konstruktion gestellt, und in weiterer Folge, Informationen zu möglichen Systemanbietern eines solchen Systems erfragt.

4 Fassadenbegrünungen und ihre Funktionen

4.1 Einführung

Unter Fassadenbegrünungen wird jede Form der Begrünung von Fassaden verstanden. Diese sind jedoch nicht zu verwechseln mit wild aufgehenden Pioniergehölzen oder Gräsern auf Fassaden und Mauerelementen. Bei diesem Spontanbewuchs handelt es sich nicht um bewusst angelegte Fassadenbegrünungen (vgl. KÖHLER M. 2012 S.15). Wände zu begrünen war neben dem Anbau von Pflanzen auf horizontalen Flächen seit jeher der Wunsch der Menschen. Das verdeutlicht sich, indem diese Form der Gebäudebegrünung durch alle Epochen hinweg nachgewiesen werden kann (vgl. FLL 2000 S.5).

Die Thematik der Bauwerksbegrünung und im speziellen die der Fassadenbegrünung, hat in den letzten Jahren stark an Aufmerksamkeit gewonnen, da durch das stetige Wachstum der Städte die Menschen besonders in urbanen Räumen von der Klimaerwärmung betroffen sind und noch mehr betroffen sein werden. Es stellt sich immer regelmäßiger die Frage, wie dieser Entwicklung entgegengewirkt werden kann. Dabei wird die Gebäudebegrünung, als Verbesserungsmöglichkeit zunehmend thematisiert (vgl. PITHA U. ET AL. 2015 S.6).

Neben den Möglichkeiten zu verschiedenen Dachbegrünungssystemen, spielt die Fassadenbegrünung eine immer wichtiger werdende Rolle. Dies verdeutlicht sich besonders an den erstellten Literaturlisten zu dieser Thematik. Im Jahr 1993 listete Manfred Köhler alle 280 Veröffentlichungen, die bis dahin zu dem Thema der Fassadenbegrünung erschienen sind, auf. Zwei weitere Überarbeitungen dieser Liste im Jahre 2008 und 2011 zeigten, dass die Zahl der Veröffentlichungen weiter auf zuerst 780 Werke und drei weitere Jahre später, auf bereits 1300 Veröffentlichungen gestiegen waren. Dieser drastische Anstieg der Literaturveröffentlichungen zu diesem Thema zeigt, dass nicht nur in Europa, sondern auch gerade international eine rege Forschungstätigkeit im Bereich der Fassadenbegrünung zu verzeichnen ist (vgl. KÖHLER M. 2011 S.1).

Mittlerweile ist bekannt, dass der bereits eingangs erwähnten Thematik der Überhitzung-, der Trockenheit- und der Abgas- und Staubbelastung der Luft, vor allem in städtischen Freiräumen, durch Gebäudebegrünung entgegengewirkt werden kann. Darüber hinaus können Fassadenbegrünungen gegen die fortschreitenden Belastungen durch Schallemissionen sowie der stetig steigenden Abflussspitzen nach Starkregenereignissen entgegenwirken, da sie sowohl schallreduzierende Eigenschaften haben, als auch eine Pufferwirkung des Wasserabflusses nach Regenereignissen bieten (vgl. PFOSER ET AL. 2014 S.14). Diese Pufferwirkung begründet sich durch die Einleitung von Dachwässern in eine Fassadenbegrünung, oder durch die Interzeption von Schlagregen, der ohne eine Begrünung auf direktem Wege dem Abwassersystem zugeführt würde (vgl. ENZI V. 2010 S.9).

Neben den zahlreichen physikalisch-stofflichen Auswirkungen, die Fassadenbegrünungen auf ihre Umwelt haben, sei auch noch auf die psychologische, nicht materielle Wirkungsweise von Fassadenbegrünungen, hinzuweisen. Da Begrünungen in urbanen Räumen dem sogenannten „sick building syndrom[1]“ vorbeugen und damit einen nachgewiesenen Einfluss auf die Wohlfahrtswirkung für Menschen haben (vgl. KÖHLER M. 2012 S.16). Im folgenden Kapitel werden die Funktionsweisen von Fassadenbegrünungen dargestellt und die wissenschaftlichen Erkenntnisse dazu beleuchtet.

4.2 Gebäudeökonomische Faktoren

4.2.1 Physischer Schutz, UV Schutz und Witterung

Durch eine Fassadenbegrünung kann je nach Art und Weise der Begrünung eine beachtliche Schutzwirkung für das Fassadenmaterial entstehen und dadurch die Lebensdauer der selbigen verlängert werden. Da die Pflanzen, ab einem bestimmten Grad des Bewuchses wie ein „Solarfilter“ wirken, bieten sie einen Sonnenschutz und reduzieren dadurch die UV-Strahlung, die häufig eine Ermüdung des Fassadenmaterials verursacht (vgl. KÖHLER M. 2012 S.108).

Neben UV- Schutz verhindern oder zumindest mildern Fassadenbegrünungen ebenfalls die Witterungseinflüsse durch Regen und Temperaturschwankungen. So konnte bei einer entsprechenden Begrünung durch immergrüne Pflanzen, wie beispielsweise *Hedera helix*, gemessen werden, dass über die Dauer eines gesamten Jahreszyklus keinerlei Regenwasser auf das Fassadenmaterial durchdrang.

Auch Messungen der Wandfeuchte ergaben, dass Fassadenbegrünungen keinerlei Nachteile für die Gebäude darstellen, da der Temperaturgradient innerhalb der Wand geringer ist, wodurch eine Taupunktverschiebung durch eine Begrünung nicht zu befürchten ist.

Fassadenbegrünungen verringern die Windgeschwindigkeiten, da durch die erhöhte Rauigkeit einer Oberfläche die vorbeiströmende Luft verwirbelt wird und eine Verringerung der Luftströmung verursacht. Dadurch und mit der Bildung einer beruhigten Luftschicht zwischen Wand und Begrünung, konnte bei Messungen bestätigt werden, dass durch die Begrünung von Wänden eine isolierende Wirkung für das dahinterliegende Bauwerk entsteht. Aufgrund der isolierenden Wirkung und des Schutzes der Fassade gegen Nässe und Sonneneinstrahlung, bewirken die Begrünungen eine physikalische Entlastung für das Fassadenmaterial, sodass die Schwankung zwischen Temperaturen abgeschwächt wird und dadurch die Wände begrünter Bauwerke eine höhere Dauerhaftigkeit haben. (vgl. KIEßL K. und RATH J. 1989 S.32).

[1] Das „sick building“-Syndrom ist eine vermehrt in den industrialisierten Ländern vorkommende Symptomatik bei Personen, die den Großteil ihrer Zeit innerhalb von Gebäuden verbringen. Die betroffenen Personen leiden unter Anderem an Kopfschmerzen, Schleimhautirritationen und Konzentrationsschwäche. Eine eindeutige Schuldzuweisung für den Auslöser dieser Symptome kann derzeit nicht gemacht werden. Es gibt jedoch eindeutige Zusammenhänge zwischen den Symptomen und Luftverunreinigungen der Innen- und Außenluft von Gebäuden (vgl. GEBBERS J.O. und GLÜCK U. 2003 S.1)

Auch als Schutz vor mechanischer Beschädigung können Fassadenbegrünungen wirksam sein, da sie beispielsweise die Beschädigungen durch Hagelschlag gänzlich verhindern, oder das Schadensausmaß reduzieren können (vgl. PFOSER N. 2016 S.87).
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Begrünungen Vorteile gegen bauphysikalische Verwitterungseinflüsse haben, da sie die chemischen und mechanischen Einflüsse auf die Materialien der Gebäudehülle, abschwächen.

4.2.2 Isolierende Wirkungen

4.2.2.1 Hitzeschutz

Fassadenbegrünungen können sowohl als Wärmedämmung im Sommer-, als auch als Kälteschutz im Winter, wirksam sein. Besonders der Dämmeffekt durch Bepflanzungen ist schon länger bekannt. So gibt es Nachweise, dass bereits im 19. Jahrhundert die Menschen beispielsweise Weinkeller, für eine zusätzliche Kühlung, mit Kletterpflanzen begrünten.
Der kühlende Effekt von Fassadenbegrünungen hat mehrere Ursachen. Zum einen beschattet die Begrünung die dahinterliegende Fassade, wodurch ein Teil der auftreffenden Energie reflektiert wird und so ein Aufheizen des Bauwerks verhindert wird. Zum anderen gibt es eine Reihe von Prozessen, die ebenfalls eine Umwandlung und dadurch eine Reduzierung der auftreffenden Sonnenenergie bewirken. Durch die Umwandlung der auftreffenden Sonnenenergie in Blattmasse (Photosynthese) wird Energie verbraucht, die somit nicht mehr als Wärmestrahlung verfügbar ist. Neben den biologischen Aufbauprozessen von Blattmasse regulieren die Pflanzen ihre Blatttemperatur durch pflanzenphysiologische Prozesse, wie die Transpiration. Dabei geben die Pflanzen, über die Spaltöffnungen der Blätter Feuchtigkeit ab, durch deren Verdunstung dann wiederum ein kühlender Effekt für das Mikroklima entsteht (vgl.: KÖHLER M. 2012 S.110).
Die jeweilige Energiebilanz, und der damit einhergehende Kühleffekt einer Begrünung, wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst. Die Art der Bepflanzung, die Exposition der Fassade, die Dämmung der Fassade, die Region, die Feuchte des Pflanzsubstrates, das Alter der Begrünung und einige weitere Faktoren, sind als Beispiele für die beeinflussenden Faktoren zu nennen. Die Kombinationen dieser Faktoren können zu unterschiedlichen Wirkungen bezüglich der Dämmung eines Gebäudes führen (vgl.: PFOSER N. 2016 S.71-73).
Aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen, die auf Fassadenbegrünungen wirken können, scheint eine verallgemeinerte Aussage über die Energiebilanz einer Fassadenbegrünung unmöglich zu sein, dennoch hat Manfred Köhler, basierend auf Erkenntnissen von Gernot Minke, eine vereinfachte Energiebilanz für die Blätter einer Fassadenbegrünung erstellt, wonach die auftreffende Strahlungsenergie unterschiedlich umgewandelt wird:

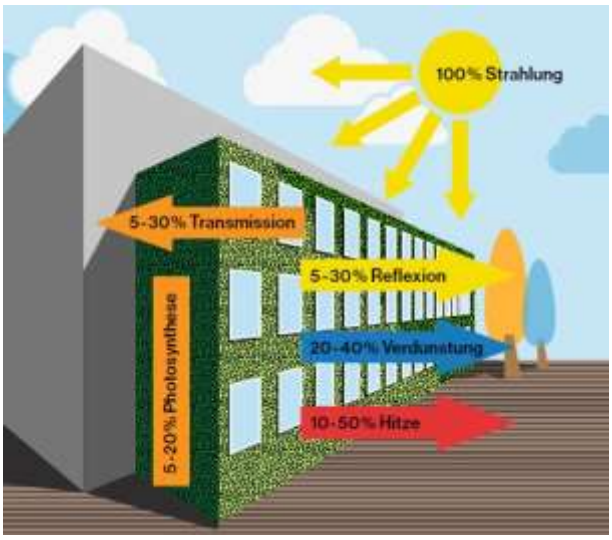


Abbildung 1: Energiebilanz Fassadenbegrünungen.
Quelle: PITHA, U. ET AL. 2015 S.13

- 30% Verdunstung (Transpiration)
- 18% Reflexion
- 30% Emission
- 18% Transmission
- Etwa 4% Fotosynthese

(Vgl.: KÖHLER M. 2012 S.110).

Dieser vereinfachten Energiebilanz entsprechen auch die Messergebnisse, die Marco Schmidt an den Bepflanzungen des Physikgebäudes in Berlin Adlershof durchführte, nach denen nur etwa 5-30% der solaren Einstrahlung die Blattmasse passieren und dadurch eine wesentlich geringere Aufheizung des Gebäudes zu verzeichnen ist, als sie an Gebäuden ohne eine Begrünung, gemessen wurde (vgl. SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN 2010 S.37). Der dadurch entstehende Kühleffekt für das Gebäude wird, wie bereits erwähnt, durch die Verdunstungsleistung der Pflanzen begünstigt.

Um diese Verdunstungsleistung, und den damit einhergehenden Wasserverbrauch der Fassadenbegrünung zu messen, wurden an, in Trögen gepflanzten, Kletterpflanzen, wie beispielsweise *Wisteria sinensis* oder *Clematis vitalba* am Institutsgebäude der Humboldt Universität in Berlin im Jahr 2005, zahlreiche Messungen durchgeführt. Diese Messungen ergaben, dass eine 20 Meter hohe Kletterpflanze, bei relativ geringem durchwurzelbarem Raum (Tröge), zwischen 10 und 15 Litern Wasser pro Quadratmeter Trogoberfläche benötigt.

Bei einer Verdunstungskälte von 0,68kWh/Liter Wasser bedeutet dies eine konkrete Einsparung von 280kWh pro Fassade und Tag (vgl. SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN 2010 S.375).

Ein vergleichbar hohes Einsparungspotential von Energie, die für Gebäudekühlung aufgebracht wird, können auch die fassadengebundenen Begrünungen (siehe Kapitel 5.3) nachweisen. So wurde bei Messversuchen der Universität für Bodenkultur an einer Fassadenbegrünung der MA 48 in Wien Werte gemessen, bei denen umgerechnet gut 1000 kWh Kühlleistung/Sommertag aufgrund der Begrünung eingespart wurden (vgl. GRÜNE WÄNDE 2013 Min.:3:10). Diese Einsparungen sind vergleichbar mit der Leistung von 45 Klimageräten in einem durchschnittlichen Sommer in Wien.

Ebenfalls zahlreiche internationale Forschungstätigkeiten belegen, dass die Hitzeschutzwirkung von Fassadenbegrünungen nicht zu leugnen ist, so zählen IP K. et al. 2009 in einem Paper zahlreiche Forschungsergebnisse von unterschiedlichen Forschern auf, die eindeutig belegen,

dass durch die Verschattung und die Kühlleistung von Pflanzen die Fassadenbegrünung eine effektive Form der Gebäudekühlung ist, vergleichbar mit den Werten die am Gebäude der MA 48 in Wien gemessen wurden (vgl.: IP, K. et al. 2009 S.81).

4.2.2.2 Kälteschutz

Für die Optimierung eines Gebäudes hinsichtlich des Energieverbrauchs, können Fassadenbegrünungen unterschiedliche Funktionen erfüllen. Zum einen ist es möglich die bereits näher beschriebenen Kühlleistungen zu erbringen und so zu Einsparungen des Klimatisierungsaufwands führen oder zum anderen erfüllen sie den Zweck einer zusätzlichen Wärmedämmung. Die wärmedämmende Funktion entsteht durch eine zusätzliche, beruhigte Luftschicht, wodurch der Temperaturverlust des Gebäudes reduziert wird (vgl. KÖHLER M. 2012 S.111).

Diese thermischen Pufferzonen an Häusern wurden schon früher durch Haus-nahe Bepflanzungen, aber auch durch große Dachüberstände oder Balkone geschaffen (vgl. BAUMANN R. ET AL. 1983 S. 28). So verringert eine ca. 5 cm dicke stehende Luftschicht in einer Fassadenbegrünung den Wärmeverlust eines Hauses um 10-30% (vgl. MINKE G. und WITTER G. 1983 S.14)

Eine zusätzlich beruhigte Luftschicht kann im Sommer dazu dienen, das Gebäude gegen hohe Außentemperaturen zu isolieren. Dabei vergrößert sich der Dämmeffekt sowohl von Innen nach Außen, als auch andersherum, mit der Stärke des stehenden Luftpolsters (vgl. KÖHLER M. 2012 S.111).

Die thermischen Wirkungsweisen der verschiedenen Fassadenbegrünungen können sehr unterschiedlich sein und sind nicht zuletzt von den Fassaden beeinflusst auf denen sie angebracht sind. Um diese Einflüsse in konkreten Zahlen darstellen zu können, berechnete Manfred Köhler anhand ausgewählter Wandaufbauten die thermischen Widerstandswerte unterschiedlicher Fassadenbegrüngen. Dafür verwendete er eine von Hagentoft 2003 entwickelte Formel zur Berechnung der Wärmeaustauschprozesse.

$R1 = \frac{d1}{\lambda 1}; R2 = \frac{d2}{\lambda 2}; \dots Rn = \frac{dn}{\lambda n}$ in m² · K/W

R =Wärmedurchlasswiderstand in m² • K/W

d = Dicke der Schicht

λ = Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit der Schicht in W/(m • K)

Die Ergebnisse seiner Berechnungen hat er in folgender Tabelle zusammengefasst (vgl. KÖHLER M. 2012 S.111):

Tabelle 1: Dämmfunktionen von Fassadenbegrünungen (nach KÖHLER M. 2012 S.117)

Art der Wandkonstruktion	**Veränderungen des Thermischen Widerstandwertes durch die Begrünungsvarianten**	
	Kletterpflanzen	**fassadengebundene Begrünungssysteme**
Vollmauerwerk, massiv	24,3 %	123 %
zweischaliger Wandaufbau mit stehender Luftschicht	16,7 %	45 %
Wärmegedämmter, zweischaliger Wandaufbau mit stehender Luftschicht	2,9%	14 %

Einen anderen Ansatz, sich die positiven Eigenschaften von Fassadenbegrünungen bezüglich des Energieverbrauchs zu Nutze zu machen, beschreibt unter anderen Nicole Pfoser 2016. Dafür wird nach Bedarf für einen sommerlichen Hitzeschutz- und der gewünschten winterlichen Erwärmung eines Gebäudes durch Sonneneinstrahlung eine Sommergrüne Fassadenbegrünung verwendet. Bei südseitiger Exposition führt dies zu einer Beschattung der Fassade im Sommer, während im Winter die direkte Sonnenstrahlung auf die Fassade für die Erwärmung des Gebäudes genutzt wird.

Für eine nicht direkt besonnte Seite eines Gebäudes könnte eine immergrüne Fassadenbepflanzung jedoch dauerhaft von Vorteil sein, da durch sie eine Pufferung der Extremtemperaturen der jeweiligen Jahreszeiten erreicht würde, und ganzjährig eine gewünschte Wärmedämmung, bzw. ein Kälteschutz, für die Fassade entsteht (vgl. PFOSER N. 2016 S.73).

Trotz ihrer positiven und nachhaltigen Dämmwerteigenschaften gehören die Gebäudebegrünungen heute noch nicht zum Standard der Maßnahmen, die für eine Gebäudesanierung oder einen Neubau gesetzt werden. Dies wird damit begründet, dass durch unterschiedlich stark ausgeprägte Vegetation im Jahreszyklus oder der ggf. unterschiedlichen Durchfeuchtung des Pflanzsubstrates die Berechnung für einen konstanten Wärmedurchgangskoeffizienten erschwert ist. Die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten ist aber Voraussetzung, um in Wärmeschutzbetrachtungen Berücksichtigung zu finden. Daraufhin haben Hersteller begonnen wandgebundene Fassadenbegrünungssysteme in Kombination mit Vollwärmeschutz anzubieten, um der Vorschrift Rechnung zu tragen (vgl. PFOSER N. 2016 S.77).

4.2.3 Regenwassernutzung

Da große Flächen von urbanen Flächen versiegelt sind, wird ein hoher Anteil der Niederschläge auf direktem Wege durch Oberflächenentwässerung der Kanalisation zugeführt. Dies führt besonders bei Starkregenereignissen zu einer Überlastung der Kanalsysteme, und in weiterer Folge zu Hochwasserereignissen. Um dieser Problematik entgegen zu wirken, empfehlen sich Maßnahmen, um sogenannte Abflussspitzen des anfallenden Regenwassers zu verzögern und

zu verringern. In diesem Kontext wird immer häufiger die Gebäudebegrünung genannt, da besonders die Dachbegrünungen durch ihren Substrataufbau eine große Pufferwirkung für anfallende Regenwässer haben und diese durch Verdunstungsraten reduziert werden (vgl. GRÜNSTADTKLIMA 2015 S18.).

Jedoch sind auch die Wasserrückhaltekapazitäten von Fassadenbegrünungen nicht zu unterschätzen. So haben besonders die fassadengebundenen Systeme, abhängig von ihrem Substrataufbau, positive Auswirkungen auf die anfallenden Regenwässer, da sie zu einer Kühlung und Reinigung der selbigen führen (vgl. PFOSER N. 2016 S.86). Sie können eine Rückhaltekapazität zwischen 15-30% des anfallenden Starkregenereignisses bewirken (vgl.: ENZI V. 2010 S.71). Neben der Wasserspeicherkapazität ist auch die bereits angeführte Verdunstungsleistung der Fassadenbegrünung zu nennen, wodurch Regenwässer, die ohne Fassadenbegrünung in die Kanalisation eingetragen würden, der Umgebungsluft wieder zugeführt werden können und dadurch zu einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit führen. Dafür wird das Regenwasser in Zisternen gesammelt und über ein Bewässerungssystem in die Begrünung geleitet. Neben Regenwasser könnten auch gering verschmutzte Hausabwässer, sogenanntes Grauwasser, dem Bewässerungssystem zugeleitet werden, wodurch eine weitere Entlastung des Kanalsystems, sowie die Erhöhung der Luftfeuchte, erreicht würde (vgl. PFOSER N. 2016 S.86).

Durch die Verringerung von versiegelten Flächen sowie die Verdunstungsleistung von Fassadenbegrünungen, wie sie am Beispiel der Humboldtuniversität in Berlin beschrieben werden, können anfallende Abwässer reduziert werden und dadurch Kostenaufwand für Kanalsysteme, wie in der Wasseraufbereitung, eingespart werden.

So beschreibt auch Manfred Köhler das System der sogenannten „gespaltenen Abwassergebühr“, welches schon teilweise in deutschen Kommunen Anwendung findet. Dabei werden nicht versiegelte Flächen, wie beispielsweise Dach,- oder Fassadenbegrünungen bei der Berechnung der Abwassergebühr gesondert berechnet, wodurch Einsparungen in der Abwassergebühr für einen Grundstücksbesitzer von bis zu 50% entstehen können. Dies bietet einen Anreiz, nicht unnötig Flächen zu versiegeln, und wird damit zu einem wichtigen ökologischen Steuerungselement (vgl. KÖHLER M. 2012 S.21).

4.2.4 Ästhetische Funktionen

> *„Die Verbesserung des Wohnumfeldes in den Innenstädten und den innenstadtnahen Wohngebieten kann zu den wichtigsten wohnungs- und städtebaulichen Aufgaben unserer Zeit gerechnet werden* […] *da besonders in den Innenstadtbereichen ein bedenkliches Maß an Defiziten der Natur entsteht.“* (BAUMANN R. ET AL. 1983 S.7).

So beginnt Rudi Baumann sein Buch „Begrünte Architektur“. Diese Aussage begründet er in seinen weiteren Ausführungen damit, dass ein erheblicher Teil der damaligen Stadtbewohner

den Wunsch nach einem Einfamilienhaus im Grünen hegen (1979 bereits über 81%), wodurch der Siedlungsdruck auf die Umgebung erhöht wird (Vgl. BAUMANN R. ET AL. 1983 S.7).
Zur heutigen Zeit, ca. 35 Jahre später leben bereits 50% der Weltbevölkerung in Städten und laut den Prognosen sollen diese Zahlen in den nächsten 35 Jahren um weitere 30% und somit auf 80% der Bevölkerung steigen (vgl. PITHA U. ET AL. 2015 S.6).
Die von Baumann befürchtete sogenannte „Stadtflucht" scheint damit erst einmal beendet. Dennoch oder gerade deswegen und aufgrund der stärker werdenden Auswirkungen des Klimawandels ist die Forderung nach Grünräumen in urbanen Gebieten gestiegen. Von zahlreichen Städten wird beispielsweise im EU-Projekt „Urbane Hitzeinseln" versucht, durch das Setzen von nachhaltigen Maßnahmen, wie unter anderen der Begrünung von Fassaden, dem Klimawandel entgegen zu wirken (WIEN GV 2017).
Jedoch nicht nur die klimatischen Probleme können den Bau von Fassadenbegrünungen begünstigen, sondern auch rein ökonomisch- ästhetische Aspekte können förderlich sein. Grundstücke im Grünen können hohe Preise erzielen, wodurch die Fassadenbegrünung zu einem guten Kompromiss werden kann, da durch sie mehr Wohnqualität bei einem geringeren Flächenverbrauch entsteht (Vgl.: KÖHLER M. 2012 S.15).
So beschreibt auch das Gutachten zu Fassadenbegrünung, dass durch die Nutzung der horizontalen Flächen eine hohe Flächennutzungsoptimierung erreicht werden kann und besonders innerhalb von Stadtgebieten, mit hohen Grundstückspreisen und nur wenigen Grünflächen, bedeutende Vorteile erreicht werden können (vgl.: DETTMAR J. ET AL. 2016 S.34).
Darüber hinaus sind Fassadenbegrünungen bei einem Großteil der BürgerInnen beliebt und für sie scheinen viele positive Eigenschaften in Bezug auf Gebäudebegrünung zu überwiegen, wie eine Umfrage von 2003 belegt. Dafür wurde im Zuge einer Dissertation eine großangelegte Bevölkerungsbefragung durchgeführt. Bei dieser wurden die Teilnehmer sowohl nach ihrer Meinung bezüglich der ästhetischen Wirkung von Fassadenbegrünungen auf sie befragt, als auch nach ihrer Meinung zu den ökologischen Auswirkungen und den ökonomischen Faktoren die für die Errichtung oder die Pflege von Fassadenbegrünungen notwendig wären (vgl.: SCHLÖSSER A. 2003 S.92). Da ein Großteil der Bevölkerung Fassadenbegrünungen mit positiven ökologischen umweltrelevanten Faktoren in Verbindung bringt und auch einen ästhetischen Mehrwert in Fassadenbegrünungen, sowohl für das eigene Haus, als auch für das Erscheinungsbild des Straßenzuges sieht, ist davon auszugehen, dass ein ökonomischer Mehrwert von begrünten Fassaden erreichbar ist, wie im weiteren Verlauf der Arbeit gezeigt wird. Meiner Meinung nach ist zu erwarten, dass die BewohnerInnen bereit sein sollten, bewusst oder unbewusst, diesen Mehrwert zu vergüten. Darüber hinaus können Fassadenbegrünungen auch als Gestaltungselement gesehen werden, um einem *„unpersönlichen Konsumartikel"* wie der Wohnung oder einem Haus, oft als einzige legale Möglichkeit, einem Mietobjekt, einen individuellen Charme zu verleihen (Vgl.: MINKE G. und WITTER G. 1983 S.8).

4.2.5 Schäden durch Fassadenbegrünungen

Die Diskussion über negative oder positive Auswirkungen von Kletterpflanzen auf die Gebäude wird schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts geführt. Immer wieder wurden dabei die problematischen Auswirkungen von Kletterpflanzen genannt. Da sich Pflanzen, wie beispielsweise *Hedera helix* mit sogenannten Haftwurzeln an der Fassade fixieren, werden ihnen schädigende Auswirkungen auf das Fassadenmaterial nachgesagt. Im Gegenzug dazu wurden die positiven Eigenschaften derselben Pflanzen diskutiert, da sie nachweislich die Sanierungsintervalle einer Putzfassade verlängern können (vgl.: KÖHLER M. 1993 S.48). Auch Dirk Althaus et al. (1987, S.47-61) untersuchten Fassadenschäden, die in direktem Zusammenhang mit Wurzelkletterpflanzen stehen könnten. Konkrete Aussagen zu den Ergebnissen dieser Untersuchungen zu machen, gestalteten sich jedoch als sehr schwierig. Es fehlten Vergleichsmöglichkeiten, die belegen würden in welchem Zustand die untersuchten Fassaden ohne eine Begrünung wären.

Da Heutzutage das Pflanzenwachstum und die Pflanzenchemie umfassend erforscht sind, und damit auch ihre Auswirkungen auf die Gebäudesubstanz bekannt sind, können schädigende Wirkungen von Fassadenbegrünungen durch fachgerechte Planung vorgebeugt und verhindert werden.

Schäden, die durch Wettereinflüsse auf das Gebäude oder die Pflanzen entstehen, sind meist etwas schwieriger abzuschätzen und dadurch auch vorzubeugen (vgl. PFOSER N. ET AL. 2014 S.74).

Nicole Pfoser teilt die Schadensursachen, neben mangelnder oder falscher Pflege der Begrünung und bereits bestehenden Schäden der Gebäudesubstanz in zwei Kategorien ein, die in folgender Tabelle 2 aufgezeigt und erklärt werden.

Tabelle 2: Schadensverursachung durch Fassadenbegrünungen (nach PFOSER N. 2016 S.50)

Feuchteschäden	**Ungeeignete Pflanzenauswahl/ Begrünungstechnik**	**Bautechnische Planungsfehler**
	Verrottung, Pilz- und Schimmelbildung: Entstehen durch eine falsche Pflanzenwahl Gebäudeschäden, kann dies in weiterer Folge zum Eindringen von Feuchtigkeit und Schimmelbildung führen. Ebenfalls bei zu dicht vor organischen Fassadenmaterialien stehendem Bewuchs, kann es zu einer Ansammlung von Feuchtigkeit kommen und zum Verrotten, beispielsweise einer Holzfassade, führen.	**Durchfeuchtung der Bausubstanz:** Werden flächige modulare Begrünungssysteme nachträglich an einer Fassade montiert, muss beurteilt werden ob eine Bauabdichtung erforderlich ist, da es sonst zu einer Durchfeuchtung der Bausubstanz kommen kann.
		Pilz- und Schimmelbefall: Ungeeignete Wandflächen mit zu dicht stehenden Begrünungen und Wuchshilfen, können einen Feuchte-, Schimmel- und Pilzbefall begünstigen.
		Kondensatbildung in der Dämmebene: Wird eine Dämmschicht durchbrochen um Beispielsweise eine Kletterhilfe im tragenden Mauerwerk zu verankern, müssen diese mit einer Wärmebrücken- Minimierung ausgeführt

		werden, da sich sonst Kondenswasser an der Verankerung sammelt und in die Dämmebene gelangt.
Mechanische Schäden	**Ungeeignet Pflanzenauswahl/ Begrünungstechnik**	**Bautechnische Planungsfehler**
	Unterwanderung von hautbildenden Beschichtungen: Durch negativen Phototropismus und Ernährungswurzeln hinterwachsen die Pflanzen Wandkonstruktionen und beschädigen diese möglicherweise.	**Verstärkung von Fugenvorschädigungen und Rissen:** Durch negativen Phototropismus, also durch Pflanzen die vom Licht weg in Fugen oder Risse einer Fassade wachsen, können Bauwerksschäden entstehen, wodurch für derartige Fassaden negativ phototrope Pflanzen ungeeignet sind.
	Fugeneinwuchs und Sprengwirkung: Durch negativen Phototropismus, also durch Pflanzen die vom Licht weg in Fugen oder Risse einer Fassade wachsen, können Bauwerksschäden entstehen, wodurch für derartige Fassaden negativ phototrope Pflanzen ungeeignet sind.	
	Zerstörung von Bauteilen: Durch das Dickenwachstum von stark schlingenden Pflanzen wie z.B. *Wisteria* arten, können ebenfalls mechanische Zerstörungen an Gebäudeteilen wie z.B. Regenfallrohren, Antennen, Rollladen etc. verursacht werden.	
Sonstige Schäden	**Ungeeignet Pflanzenauswahl/ Begrünungstechnik**	**Bautechnische Planungsfehler**
	Einwachsen/ Überwachsen: Um ein Überwachsen und Einwachsen von Gebäudeteilen zu verhindern, müssen der Pflanzenwahl entsprechende Pflegemaßnahmen im Vorhinein geplant werden.	**Beschichtungs- und Putzschäden:** Bei verputzten oder gestrichenen Fassaden kann der Untergrund ein ungeeigneter Haftgrund für Selbstklimmer sein, wodurch sich die Begrünung nach einiger Zeit löst und eine Beschädigung verursachen kann.
	Brandgefahr und Brandübergriff: Es müssen bei einer Begrünung je nach Pflanzenarten die Totholzanteile berücksichtigt und dementsprechende Pflegemaßnahmen veranlasst werden, um durch einen zu hohen Totholzanteil oder den Trockenfall einer Begrünung, nicht die Brandgefahr zu erhöhen.	**Zerstörung von Beschichtungen, Putz und Dämmung:** Sind Kletterhilfen oder Pflanzenhalterungen nicht ausreichend dimensioniert, können sie durch Ausreißen aus der Fassade oder Verbiegen, schwerwiegende Schäden am Gebäude verursachen.
	Materialverfärbungen: Fassadenbepflanzungen können durch chemische Reaktionen mit Früchten, Blättern Pflanzensäften, etc., irreversible Verfärbungen an den Fassadenoberflächen verursachen. Daher sollte beurteilt werden ob derartige Verfärbungen störend wären.	
	Ausbildung von Haftorganen bei Selbstklimmern: Selbstklimmende Pflanzen wie Beispielsweise *Parthenocissus* oder *Hedera* Arten bilden Haftorgane aus, mit denen sie sich an der Fassade halten. Diese können bei der Entfernung einer Begrünung als Ruckstände auf der Fassade zurückbleiben, welche häufig gar nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand zu entfernen sind.	
	Schäden durch Wuchs-, Schnee-, Eis- und Windlast: Durch Gewichtslasten, die durch Regen, Schnee, Eis und Wind auf Fassaden-	

	begrünungen sowie auf ihre Kletterhilfen wirken, können hohe Schäden an Gebäuden und Personen entstehen.	

4.3 Gesundheitsfördernde und ökologische Funktionen

4.3.1 Lufthygienische Funktionen

Die luftverbessernde Funktion von Pflanzen liegt unter anderem in der Anreicherung der Luft mit Sauerstoff (O_2) bei gleichzeitigem Verbrauch von Kohlendioxid (CO_2) während dem Prozess der Photosynthese.

Dabei ist die gemessene Blattoberfläche im Verhältnis zur Bodenfläche, welche die Pflanze bedeckt, zwischen den einzelnen Pflanzengattungen unterschiedlich, wodurch sich auch die Photosyntheseleistungen unterscheiden.

Beispielsweise ein Quadratmeter einer gemähten Rasenfläche hat ca. 9 m² Blattoberfläche, während eine ungemähte Wiese bis zu 225 m² Blattoberfläche haben kann. Eine bodengebundene Fassadenbegrünung mit Efeu oder wildem Wein hat ca. 3-12m² Blattoberfläche/m² Wandfläche, abhängig von der Dicke des Pflanzenpolsters und der Gattung.

25m² Blattoberfläche, also durchschnittlich 5m² Wandfläche mit einer bodengebundenen Fassadenbegrünung, würden genauso viel Sauerstoff am Tag produzieren, wie ein Mensch in der gleichen Zeit verbraucht (vgl. MINKE G. und WITTER G. 1983 S.10). Ein solches Rechenbeispiel auf eine fassadengebundene Begrünung anzuwenden ist sehr schwierig, da die unterschiedlichen verwendeten Pflanzen auch unterschiedliche Blattoberflächen aufweisen und der Deckungsgrad der Begrünungen sehr unterschiedlich sein kann. Dennoch ist davon auszugehen, dass eine gut entwickelte fassadengebundene Begrünung um einiges mehr Sauerstoff produzieren kann, als eine bodengebundene Begrünung.

Grundsätzlich können Fassadenbegrünungen, je nach ihren Ausführungen, mit anderen Vegetationsformen verglichen werden. So können großgewachsene Kletterpflanzen die vergleichbare Menge Biomasse wie Bäume haben, sowohl oberirdisch als auch unterirdisch im Wurzelbereich der Pflanzen (vgl. KÖHLER M. 1993 S.30). Wandgebundene Systeme sind eher mit einem Wiesenstandort zu vergleichen, wobei dafür, wie schon erwähnt, der Deckungsgrad der jeweiligen Begrünung zu beurteilen ist, um Aussagen über die lufthygienische Leistungsfähigkeit einer Begrünung treffen zu können. Um den Gesamtdeckungsgrad einer Begrünung festzulegen, geht man in der Regel von einem Schätzwert aus (vgl. TREMP H. 2005 S.16).

Ein weiterer lufthygienischer Aspekt von Stadtgrün ist die Entstaubung und Entgiftung von Luft, wodurch sie wesentlich zur biologischen Klärung der Atemluft beitragen (vgl. BAUMANN R. ET AL. 1983 S.11). Den größten Teil der Schadstoffbelastungen in Städten machen die staubförmigen Immissionen aus (vgl. KÖHLER M. 1993 S.30). Diese Stäube können sehr klein sein,

wodurch sie immer schwebefähiger werden und dazu neigen, sich mit kleinen flüssigen Schwebeteilen zu verbinden, wodurch sich die gefürchteten sogenannten zivilisatorischen Aerosole bilden. Diese Aerosole sind für einen großen Teil der Atemwegserkrankungen verantwortlich und lassen sich ebenfalls durch Fassadenbegrünungen reduzieren (vgl. KLEEBERG J. 1995 S.24). Dabei bleiben die Staub- und Schmutzpartikel an den Blättern und Zweigen haften, von wo aus sie dann durch Regen abgespült werden und in den Boden fließen (vgl. MINKE G. und WITTER G. 1983 S.11).

Über das genaue Maß der Wirksamkeit, in Bezug auf die Schadstoff- und Staubbindung von Fassadenbegrünungen, gibt es in der Literatur unterschiedliche Aussagen, die von ca. 4% des jährlichen Staubniederschlags (vgl. KÖHLER M. 1993 S.34) bis hin zu Senkungen des in der Stadtluft befindlichen Staubgehalts um 70% (vgl. KLEEBERG J. 1995 S.24) gehen können. Köhler bezieht seine Aussagen auf konkrete Versuche, die er im Zuge einer Dissertation 1987 zu dem Thema durchgeführt hat. Die unterschiedlichen Kapazitäten der Staubbindung von Pflanzen gibt er im sogenannten Blattflächenindex an, um damit die Pflanzen vergleichbar zu machen. Der Blattflächenindex, auch LAI (Leaf Area Index) genannt beschreibt das Verhältnis der gesamten Blattoberfläche eines Bestandes zur gesamten Bestandsgrundfläche (LAI = Blattfläche des Bestandes / Grundfläche des Bestandes [m^2/m^2]) (vgl. KNORR D. und WEISE C. 2000 S.1). Köhler hat den Blattflächenindex der in der Regel auf die Grundfläche eines beispielsweise Baumbestandes angewendet wird, auf den Bedeckungsgrad von Wänden umgelegt. Dafür gibt er das Verhältnis von begrünbarer Wandfläche zu der entsprechenden Blattoberfläche an (Wandfläche: Blattfläche = Index). Der Blattflächenindex variiert bei den unterschiedlichen Pflanzenarten. Für *Parthenocissus tricuspidata* liegt er beispielsweise bei 1,6- 4, während er bei *Hedera helix* zwischen 2,6- 7,7 liegen kann (vgl. KÖHLER M. 1993 S.34). Die Angaben von Kleeberg (1993 S.24) über die Luftschadstoffreduzierung von bis zu 70%, bei einer Begrünung aller verfügbaren Wandflächen, werden in seinem Buch nicht weiter belegt. Dadurch ist diese Quelle als nicht zuverlässig zu beurteilen und die Schadstoffreduzierungskapazitäten durch eine Begrünung aller verfügbaren Wandflächen, sind bei dem von Köhler angegebenen Wert von 4-8% anzusetzen, da diese Messergebnisse gut nachvollziehbar aufbereitet und belegt sind.

Trotz der unterschiedlichen Angaben herrscht in der Literatur ein Konsens darüber, dass Pflanzen in der Lage sind, einen großen Teil der umweltschädigenden Gase und Stoffe, zu reduzieren. Die Reduktion von schädlichen Gasen, wie Kohlenstoffdioxid, Schwefeldioxid und Stickstoff können durch den Vorgang der Photosynthese umgewandelt werden, während sich giftige Stäube auf den Pflanzenteilen niederschlagen, von wo aus sie dann entweder durch Windturbulenzen erneut vertragen werden oder wie schon erwähnt, durch Regen in das Erdreich gespült werden (vgl. OTTELE M. 2011 S.32).

4.3.2 Klimatische Funktionen

Fassadenbegrünungen werden positive Auswirkungen auf das städtische Mikroklima nachgesagt. Durch die Verdunstungsleistung der Kletterpflanzen oder den fassadengebundenen Pflanzungen und deren Substrate, wird die Luftfeuchtigkeit in unmittelbarer Nähe der Pflanzen erhöht. Außerdem entzieht der Verdunstungsprozess, wie schon in Kapitel 4.2.2.1 erwähnt, der Umgebung Wärme, wodurch eine Senkung der Temperatur die Folge ist. Sowohl die Senkung der Temperatur, als auch die Erhöhung der Luftfeuchtigkeit haben positive Auswirkungen auf das Wohlbefinden der StadtbewohnerInnen. Vergleichsmessungen an einer unbegrünten Putzfassade und an einer begrünten Fassade haben gezeigt, dass besonders bei höheren Lufttemperaturen, ab ca. 10°C ein deutlicher Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit um ca. 10% vor der Fassadenbegrünung zu verzeichnen ist (vgl. PITHA U. ET AL. 2015 S.15). Als Beispiel für den Energieverbrauch, der während der Transpiration von Pflanzen gemessen wurde, führten Christen und Vogt 2004 Versuche durch, bei denen der Verbrauch von Freilandstandorten mit dem von Stadtstandorten verglichen wurden. Die Ergebnisse zeigten, dass auf Freilandstandorten etwa 80% der zur Verfügung stehenden Sonnenenergie in Verdunstung umgesetzt werden. An Stadtstandorten mit Grünflächenanteilen von 0-30% werden weniger als 20% der Sonnenenergie bei der Verdunstung umgesetzt, wodurch ein wesentlich höherer Anteil der Sonnenenergie durch den sensiblen Wärmefluss zu einer Erhitzung der Lufttemperatur führt (vgl. PFOSER N. ET AL. 2014 S.170). Diese städtische Erwärmung führt im Sommer häufig zu so genannten Wärmeinseln (engl. *Urban Heat Island*), da die städtische Gebäudemasse aus Beton, Stein und Bitumen die Wärmestrahlung absorbiert und sich dadurch erwärmt. Hinzu kommt, dass die absorbierte Wärme in der Nacht wieder abgestrahlt wird, wodurch ein nächtliches Abkühlen der städtischen Hitzeinseln verringert wird. Dem können die Fassadenbegrünungen entgegenwirken, da sie vor allem eine spätere Rückstrahlung verhindern, da die Energie sowohl in der Verdunstung von Wasser der Pflanzen und dem Substrat, als auch für den Aufbau von Biomasse, verbraucht wurde (vgl. KÖHLER M. 2012 S.111). Zusätzliche Auswirkungen der Verdunstung von Wasser durch die Pflanzen sind die Häufigkeit von Niederschlägen zu zuordnen. Die Regenwasserverdunstung hat einen größeren Einfluss auf regionale Niederschlagsereignisse als die Verdunstung von Meerwasser. Dadurch ist es wichtig, dass Regenwasser so wenig wie möglich in die Kanalisation eingeleitet wird, damit es verdunsten kann und somit dem regionalen-, sogenannten kleinen Wasserkreislauf erhalten bleibt (vgl. PFOSER N. ET AL. 2014 S.153).

Eine weitere Auswirkung von Fassadenbegrünungen auf das Klima beschreiben Gernot Minke und Gottfried Witter (1983 S.12), mit der Verringerung der vertikalen Luftbewegung. Dabei erzeugen Fassadenbegrünungen Luftverwirbelungen bei aufsteigender Luft, wodurch diese ge-

bremst wird. Durch die Verringerung der Geschwindigkeit führt die Luft weniger Staub mit sich, kühlt sich an der begrünten Fläche ab und wird mit Sauerstoff angereichert.

4.3.3 Biodiversität

Bodengebundene Fassadenbegrünungen erhöhen die Biodiversität in Stadträumen besonders, da sie für verschiedenste Tierarten einen Lebensraum bieten und als Trittsteinbiotope funktionieren, wodurch eine wichtige Verbindung zwischen städtischen Grünflächen und dem Umland geschaffen wird. Es wurden gute Bruterfolge von Vögeln in Fassadenbegrünungen nachgewiesen, sofern deren Nester nicht in der Erreichbarkeit von Katzen und Mardern liegen. Außer Vögeln, bieten die Fassadenbegrünungen auch zahlreichen Insekten einen Lebensraum, da viele von ihnen vorzugsweise in Altholzbeständen leben, wie sie bei Begrünungen mit Efeu und wildem Wein anzutreffen sind. Diese Insekten dienen nicht nur den Vögeln, sondern auch den städtischen Fledermäusen als Nahrung (vgl. PFOSER N. ET AL. 2014 S.159).
Trotzdem die Begrünungen Lebensräume für zahlreiche Insekten und Spinnen bieten können, ergaben Untersuchungen, dass deren Individuenzahl im Vergleich zu anderen Gehölzstrukturen oder Grünflächen in städtischen Freiräumen geringer ausfallen. Ebenfalls ergaben Untersuchungen, dass Gebäude im Umfeld von Grünanlagen ein geringeres Insektenaufkommen in den Räumlichkeiten haben, als solche ohne vergleichbare Lebensräume für Tiere (vgl. KÖHLER M. 1993 S. 43). Anhand einer tabellarischen Darstellung wird verdeutlicht, welche Funktionen die bodengebundenen Fassadenbegrünungen für die Fauna mit ihren unterschiedlichen Arten übernehmen können.

Tabelle 3: Auswirkungen bodengebundener Fassadenbegrünungen auf die Fauna (nach PFOSER N. 2016, S. 97)

Fressplatz	Vögel, Insekten, Spinnen, Kleinsäuger etc.
Nistplatz	Amseln, Spatzen, Gartenbaumläufer
Fangplatz	(Netze) Spinnen
Sonnen-/Schattenplätze	Springspinnen, Fliegen, Käfer etc.
Versteck-Platz	Spinnen, Vögel, Insekten
Witterungsschutz	Insekten, Vögel, Spinnen etc.
Verpuppungsort	Raupen, Schmetterlinge
Aussichtsplatz	Vögel
Paarungsraum	Vögel, Insekten, Spinnen etc.

Darüber hinaus können die bodengebundenen Fassadenbegrünungen Nahrung 1.Ordnung in Form von Blattmasse, Nektar, Pollen und Früchten für viele Tiere bieten (vgl. PFOSER N. 2016 S.97).
Untersuchungsergebnisse zu den Auswirkungen von fassadengebundenen Begrünungssystemen auf die Fauna, liegen zum derzeitigen Stand nicht vor. Derartige Systeme sind noch sehr jung (ca. 20 Jahre), wodurch noch keinerlei wissenschaftliche Versuche diesbezüglich durchgeführt wurden.

4.3.4 Minderung der Lärmbelästigung

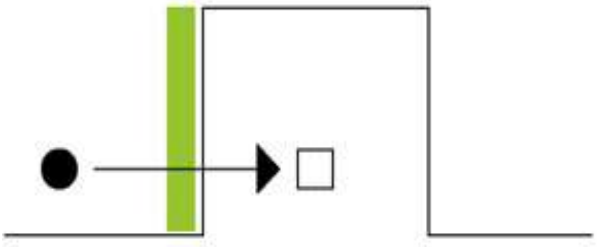


Abbildung 2: Schallreduzierung durch Fassadenbegrünung vom Außen in den Innenraum. Quelle: PFOSER N. 2014 S.156

Der in städtischen Landschaften erzeugte Lärm wird in erster Linie durch den Verkehr erzeugt. Hinzu kommen noch Baulärm, Kindergeschrei, Musikfeste etc., die den Lärmschall erhöhen. Dieser Schall vermischt sich häufig und breitet sich als undefinierbare Geräuschkulisse aus. Wenn der Schall beispielsweise auf die Körpermasse einer Gebäudehülle trifft, verliert er Energie an den sogenannten Körperschall und kann so teilweise, oder zur Gänze, adsorbiert werden. Diese Adsorbtionsleistungen sind auch für Fassadenbegrünungen nachgewiesen, wobei die Ausmaße der Lärmreduktion sehr unterschiedlich zwischen den Bauweisen der Begrünungen sind (vgl. PFOSER N. 2016 S.95). Dabei weisen die wandgebundenen Begrünungssysteme in dichter Modulbauweise, mit einem starken durchfeuchteten Substratkörper, die besten Absorptionseigenschaften auf, sofern sie mit einer sogenannten schwingungsentkoppelten Montagetechnik an der Gebäudehülle angebracht sind und dadurch eine Schallübertragung in den Innenraum verringert wird. Eine schwingungsentkoppelte Montagetechnik kann durch die Verwendung von weichen Dichtungen oder den Einsatz beispielsweise von Unterlegscheiben aus Gummi erreicht werden (vgl. HERZOG ET AL. T. 2004 S.56).

Aber nicht nur die Lärmübertragung vom Außen- in den Innenraum kann durch Fassadenbegrünungen reduziert werden, sondern ebenfalls eine Lärmreduktion im Außenraum, kann durch Fassadenbegrünungen erreicht werden (vgl. PFOSER N. ET AL. 2014 S.156). Dabei spielt die Dichtheit der Belaubung eine wichtige Rolle. Ebenfalls die Blattstellung in Bezug auf die Schallquelle, beeinflusst die Schallreduzierung sowie die Größe und die Dicke der Blätter. Die Schallreduzierung kann wie bereits erwähnt, sehr unterschiedlich Ausmaße, abhängig vom Begrünungssystem, haben. Messergebnisse dazu wurden vereinfacht von Nicole Pfoser et al. (2014 S.156) in einem Leitfaden zur Bauwerksbegrünung dargestellt, die in der Abhängigkeit von der Begrünung und der Schallintensität, sowie in der Wirkungsweise gezeigt werden:

Messungen unterschiedlicher Wissenschaftler ergaben, dass durch bodengebundene Begrünungen eine Schallreduzierung von ca. 1,7 - 4 dB erreicht werden können, während wandgebundene Begrünungen den Schall sogar um 4 -9,9 dB reduzieren können (vgl. PFOSER N. ET AL. 2014 S.156). Die Lärmreduzierung im Außenraum, also Beispielsweise für den Straßenraum, wird durch die Streuung des Schalls, sowie die Adsorption an begrünten Fassaden erreicht. Häuserfassaden haben eine große Oberfläche, und stehen häufig sehr nahe an Straßen und damit in unmittelbarer Nähe zu einer der Hauptgeräuschquellen. Mit der Begrünung dieser Fassaden, könnte der Schall schon in der Nähe seines Entstehungsortes adsorbiert werden,

wodurch sich der Lärm im öffentlichen Raum reduzieren ließe (vgl. PFOSER N. 2014 S.156). Auch wenn die Reduktion von Schall durch Begrünungen verhältnismäßig gering ausfällt, scheint sie von BürgerInnen als stärker empfunden zu werden, wie eine Befragung von Althöfer 1996 in SCHLÖSSER A. (2003 S.23) zeigt. Bei dieser Umfrage waren etwa 98 % der Befragten der Meinung, dass durch eine Fassadenbegrünung eine Lärmreduzierung erreicht wird (vgl. SCHLÖSSER A. 2003 S.23).

4.3.5 Wohlfahrtswirkung

Da der Aufenthalt in der Natur als Ausgleich zu den heutzutage vorherrschenden sitzenden Tätigkeiten allgemein anerkannt ist, werden den Fassadenbegrünungen, neben den bereits erwähnten ökologischen Funktionen, ebenfalls auch gesundheitliche und psychosoziale Funktionen nachgesagt (vgl. KÖHLER M. 2012 S.16). Die psychologische und gesundheitliche Wirkung von begrünten Fassaden ist jedoch äußerst schwierig zu quantifizieren (vgl. SCHLÖSSER A. 2003 S.18), sodass sie in ihrer diesbezüglichen Wirkungsweise meist mit anderen wissenschaftlichen Erkenntnissen, zu der Wirkung von Pflanzen und Grünräumen auf den Menschen gemacht werden. So schreibt Brämer, dass sich das Wohlbefinden von Menschen in der Nähe von Pflanzen und natürlichem Grün steigert, da die allgemeine beruhigende Wirkung von Pflanzen, auch positive Auswirkungen auf den Gefühlszustand der Menschen hat (vgl. BRÄMER R. 2008 S.5).

Die positiven Wirkungen auf Gesundheit und Psyche von Pflanzen konnte auch Brinkslimark (2009, S. 424) in einer Reihe von Versuchen zu der Wirkung von Innenraumbegrünungen auf den Menschen, verdeutlichen.

Auch Manfred Köhler ist überzeugt von der Wohlfahrtswirkung der Pflanzen und gibt zu bedenken, dass aus unterschiedlichen Gründen (zeitlich, finanziell, etc.) die Menschen heutzutage häufig verhindert sind sich in ein begrüntes Umfeld zu begeben, oder sie das Interesse dafür verloren haben. Dadurch können Fassadenbegrünungen gerade im urbanen Raum einen erleichterten Zugang zur Natur ermöglichen und damit in weiterer Folge das sogenannte „Sick Building Syndrom“ verhindern (vgl. KÖHLER M. 2012 S.16).

4.4 Fazit zu den Funktionen von Fassadenbegrünungen

Die Leistungen und Wirkungsweisen von Fassadenbegrünungen können besonders in urbanen Räumen gegenwärtig, sowie besonders in zukünftigen Klimaszenarien eine wichtige Rolle einnehmen. Durch die klimaregulierenden Auswirkungen, wie die Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und gleichzeitige Kühlung der Umgebungstemperatur, können begrünte Wandflächen, der bereits erwähnten Problematik, die Bildung urbaner Hitzeinseln, entgegenwirken. Durch die Filterung von Luftschadstoffen übernehmen die Pflanzen lufthygienische Funktionen und verringern somit den Gehalt von Feinstäuben sowie schädlichen Gasen. Ebenfalls können Fassadenbegrünungen eine Minderung der Lärmbelästigung bewirken, da die begrünten Wände die Schal-

lausbreitung beispielsweise des Verkehrslärms minimieren. Eine weitere ökologische Funktion der Fassadenbegrünungen wäre die Erhöhung der Biodiversität. Neben Vögeln, Fledermäusen und Insekten bieten die begrünten Flächen die Lebensgrundlage für Flechten und Moose und können dadurch als wichtige Trittsteinbiotope funktionieren.

Jedoch nicht nur ökologische Funktionen werden von den Fassadenbegrünungen erfüllt, sondern auch die gebäudeökonomischen Funktionen können Vorteile, etwa für Besitzer einer Immobilie, bieten. Durch den physischen Schutz der Wandoberfläche durch eine Begrünung wird die Beanspruchung durch UV- Strahlung, Regen, etc. reduziert und dadurch die Lebensdauer einer Fassade nachweislich verlängert. Die isolierende Wirkung, sowohl gegen Kälte als auch gegen Wärme, bietet die Möglichkeit, Energiekosten einzusparen. Ist eine Fassadenbegrünung in entsprechendem Zustand, bietet sie ebenfalls ästhetische Reize und kann sich dadurch wertsteigernd für eine Immobilie auswirken.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Fassadenbegrünungen, die fachgerecht ausgeführt und entsprechend gepflegt werden, eine Reihe von Vorteilen in ökologischer als auch ökonomischer Hinsicht zu bieten haben.

5 Bauweisen von Fassadenbegrünungen

5.1 Einleitung

Fassadenbegrünungen werden grundsätzlich in zwei Kategorien eingeteilt. Während auf traditionelle Art und Weise vertikale Begrünungen ausschließlich mit kletternden Pflanzen durchgeführt wurden, wird aktuell zwischen zwei Hauptformen der Wandbegrünung unterschieden. Die Aufteilung der Fassadenbegrünung wird in erster Linie aufgrund der Bauweise, der Versorgung und den Eigenschaften gemacht, wodurch sich das Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen den Kategorien der bodengebundenen und fassadengebundenen Begrünungsform entwickelt hat (vgl. PFOSER N. 2016 S.52).

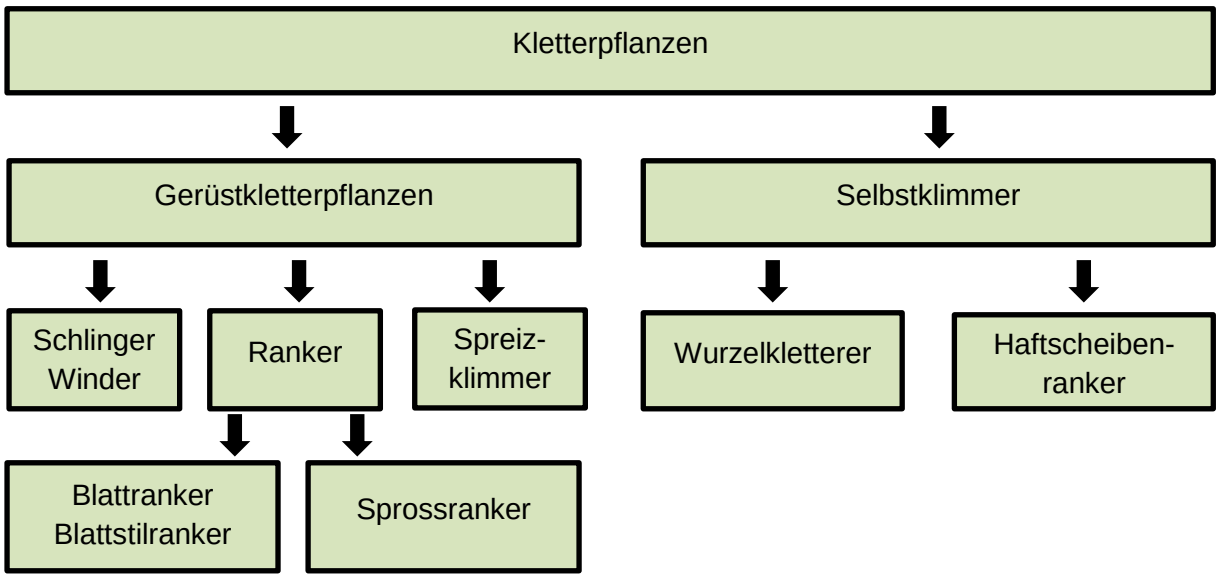
5.2 Bodengebundene Begrünungen

Bei den bodengebundenen Begrünungen werden Kletterpflanzen eingesetzt, die entweder in Form von sogenannten „Direktbegrünern“, wie beispielsweise Efeu oder Wilder Wein, eine Fassade bewachsen, oder Gerüstkletterpflanzen, die für den Bewuchs einer Fassade ein Gerüst benötigen. Die Pflanzen dieser Begrünungsform haben einen Anschluss an den Boden und somit Wurzelraum, was bei den fassadengebundenen Begrünungssystemen (siehe Kapitel5.3) nicht der Fall ist (vgl. KÖHLER M. 2012 S. 103). Die Pflanzen einer bodengebundenen Begrünung beziehen die benötigten Nährstoffe und das Wasser aus dem anstehenden Boden. Der Boden kann gewachsener Boden, oder ein entsprechendes Pflanzsubstrat sein und sollte ein angemessenes Volumen umfassen. Außerdem muss ein entsprechender Anschluss des Bodenkörpers an das Grundwasser gegeben sein, oder durch eine künstliche Bewässerung die Versorgung mit Wasser gesichert werden (vgl. PFOSER N. 2014 ET AL. S.34).

5.2.1 Kletterpflanzen

Als Kletterpflanzen werden all diejenigen Pflanzen bezeichnet, die für ihren aufrechten Wuchs eine Unterstützung benötigen. Die Kletterpflanzen werden neben ihrer botanischen Systematik zusätzlich nach ihrer Kletterform eingeteilt, um sie dadurch in ihrer Verwendung und den damit verbundenen Vorkehrungen unterscheiden zu können (vgl. FLL 2000 S.19).

Tabelle 4: Einteilung der Kletterpflanzen (nach FLL 2000 S.19)



Die selbstklimmenden Kletterpflanzen befestigen sich durch sogenannte Haftorgane an ihrem Wuchsuntergrund. Diese Haftorgane sind je nach Pflanzenart in Form von Kletterwurzeln oder Haftscheiben ausgebildet. Da die Begrünungen mit selbstklimmenden Pflanzen direkt an der Fassade anhaften, wird bei dieser Begrünungsform auch von einer Direktbegrünung gesprochen (vgl. PFOSER N. 2016 S.56). Bei den Gerüstkletterpflanzen werden die Pflanzen nach ihrer Wuchsform und der damit verbundenen Form des Kletterns unterschieden (sieheTabelle 4: Einteilung der Kletterpflanzen (nach FLL 2000 S.19 Tabelle 4).

In den folgenden Tabellen sind die unterschiedlichen Wuchsbedingungen der Pflanzen veranschaulicht und jeweils mit den wichtigsten Pflanzenbeispielen und ihren Wuchsformen erläutert.

Tabelle 5: Bodengebundene Begrünungen

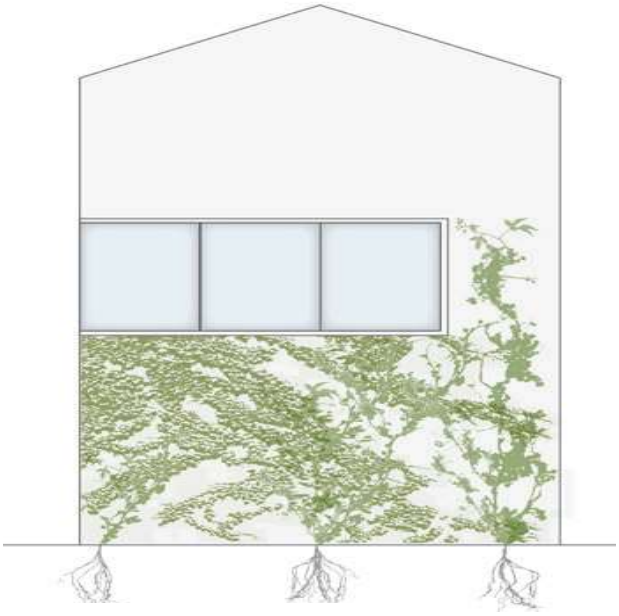
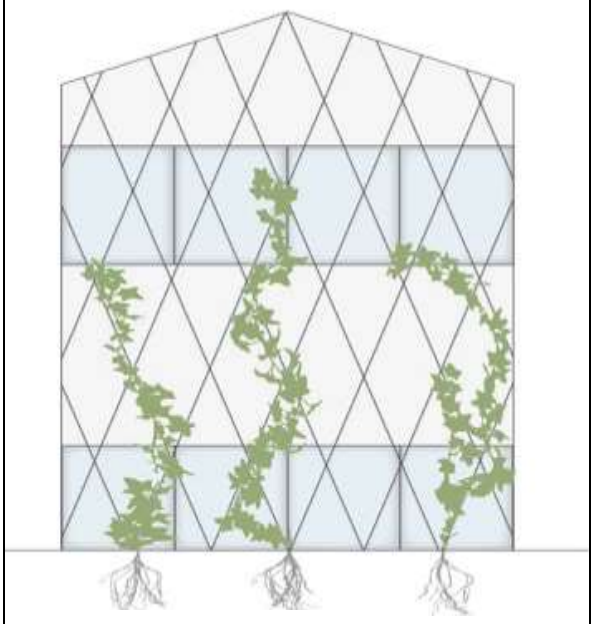
Selbstklimmer	**Gerüstkletterpflanzen**
 Abbildung 3: Selbstklimmer. Quelle: PFOSER N. 2016 S.66	 Abbildung 4: Gerüstkletterpflanzen. Quelle: PFOSER N. 2016 S.66
Wuchsform: Wurzelkletterer, Haftscheibenranker	**Wuchsform:** Schlinger/ Winder, Ranker, Spreizklimmer, spalierbare Gehölze
Kletterhilfe: Ohne Kletterhilfe	**Kletterhilfe**: Kletterhilfe/ Spalier erforderlich (Stäbe, Rohre, Seile, Gitter, Netze)

Tabelle 6: Beispielpflanzen für die wichtigsten Selbstkletterer (nach KÖHLER M. 1993 S.80 und ENZI V. 2010 S.117)

Lateinischer Name	**Deutscher Name**	**Wuchshöhe**	**Immergrün**	**Lichtanspruch**	**Pflegeaufwand**
Campsis radicans	Trompetenblume	Bis 12 m	Nein	Sonne	mittel
Euonymus fortunei	Kletterspindelstrauch	Bis 5 m	ja	Halbschatten	mittel
Hedera helix	Efeu	Bis 30 m	ja	Halbschatten-Sonne	mittel
Hydrangea anomala ssp. petiolaris	Kletterhortensie	Bis 10 m	Nein	Halbschatten-Schatten	mittel
Parthenocissus quinquefolia	Fünfblättriger wilder Wein	Bis 10 m	Nein	Sonnig- Halbschatten	gering
Parthenocissus tricuspidata	Dreilappiger wilder Wein	Bis 20 m	Nein	Sonnig- Halbschatten	gering

Tabelle 7: Beispiele für die wichtigsten Gerüstkletterpflanzen (nach KÖHLER M. 1993 S.80 und ENZI V. 2010 S.117)

Lateinischer Name	Deutscher Name	Wuchshöhe	Immergrün	Lichtanspruch	Pflege-aufwand
Schlingpflanzen					
Akebia quinata	Akebie	Bis 10 m	Nein	Sonnig- Halb-schatten	mittel
Aristolochia macrophylla	Pfeifenwinde	Bis 10 m	Nein	Halbschatten-Schatten	mittel
Celastrus orbi-culatus	Baumwürger	Bis 13 m	Nein	Sonnig- Halb-schatten	gering
Fallopia auber-tii	Knöterich	Bis 12 m	Nein	Sonnig- Halb-schatten	mittel
Humulus lupu-lus	Hopfen	Bis 8 m	Nein	Halbschatten-Schatten	mittel
Ipomoea trico-lor	Trichterwinde	Bis 3 m	Nein	Sonnig	mittel
Lonicera caprifolium	Geißblatt	Bis 6 m	Nein	Halbschatten	mittel
Wisteria sinen-sis	Blauregen	Bis 15 m	Nein	Sonnig- Halb-schatten	gering
Rankpflanzen					
Clematis vital-ba	Gemeine Waldre-be	Bis 12 m	Nein	Halbschatten	mittel
Vitis vinifera	Echter Wein	Bis 10 m	Nein	Sonnig	hoch
Spreizklimmer					
Jasminum nudiflorum	Winterjasmin	Bis 3 m	Ja	Sonnig- Halb-schatten	gering
Rosa ssp. und Sorten	Kletterrose	Bis 5 m	Nein	Sonnig	hoch
Rubus frutico-sus	Brombeere	Bis 3 m	Nein	Sonnig- Halb-schatten	hoch
Solanum dulcamara	Bittersüßer Nacht-schatten	Bis 3 m	Nein	Sonnig- Halb-schatten	mittel

5.2.2 Rank- und Kletterhilfen

Da Kletterpflanzen keine eigene Statik ausbilden benötigen sie einen Untergrund, an dem sie emporwachsen können, um an Höhe zu gewinnen und Licht zu erreichen. In natürlicher Umgebung nutzen die Pflanzen dafür Felsen, Sträucher und Bäume. Um an Wänden ebenfalls einen geeigneten Untergrund für die Pflanzen zu schaffen, müssen entsprechende Kletterhilfen installiert werden. Für die Bestimmung der passenden Kletterhilfe müssen die zu erwartenden Lasten auf die Konstruktion, sowie die Ansprüche der verwendeten Pflanzenart, bekannt sein. Lasten

die auf die Kletterhilfe wirken, entstehen durch das Gewicht der Pflanzen, inklusive der Fruchtlast, den Niederschlagslasten wie Schnee und Eis, als auch durch die Schlingkräfte, wie sie beispielsweise bei *Wisteria sinensis* zu erwarten sind. Zu diesen Eigenlasten der Pflanzen kommen zusätzlich noch Windlasten, die bei der Dimensionierung der Kletterhilfen zu berücksichtigen sind. Die Lasten werden entweder über separate Streifenfundamente in den Untergrund abgeleitet, oder über Konsolen in den Wandaufbau eingeleitet.

Wenn die durch die Pflanzen zu erwartenden Lasten bekannt sind, gilt es die passende Form für die Kletterhilfe zu wählen. Neben den traditionellen Kletterhilfen als Gitterform, sind dem Pflanzenwuchs entsprechend horizontale oder vertikale Stangen, Seile, Netze etc. möglich. Neben der Form und der Rasterung der Kletterhilfen, ist auch der Abstand zu ihrem Untergrund ein zu berücksichtigender Faktor, den es bei der Planung einer solchen Kletterkonstruktion zu ermitteln gilt. In erster Linie ist die Entscheidung für- oder gegen ein System von den pflanzenphysiologischen Bedingungen abhängig zu machen und sollte erst in weiterer Folge aufgrund der optischen Vorlieben gefällt werden.

Fassadenbegrünungen mit Gerüstkletterpflanzen haben den Vorteil gegenüber Begrünungen mit Selbstklimmern, dass die Ausbreitung der Pflanzen gesteuert werden kann, da durch die Kletterhilfe auch der Wuchs der Begrünung begrenzt ist und somit das Freihalten von Fassaden- und Dachbereichen, ohne Schnittmaßnahmen möglich ist. Auch die Pflanzenauswahl von Gerüstkletterpflanzen ist umfangreicher als die der selbstklimmenden Begrünungen (vgl. PFOSER N. 2014 ET AL. S.44).

5.3 Fassadengebundene Begrünungen

5.3.1 Einführung zu fassadengebundenen Begrünung

Fassadengebundene Begrünungssysteme sind ein recht neues Element der Landschaftsarchitektur. Schwerpunkte der Entwicklung zu dieser Technik wurden um 2010 in Frankreich und den Niederlanden gemacht. Die ältesten gärtnerischen Erfahrungen in diesem Bereich liegen gut 20 Jahre zurück, wodurch diese Art der Fassadenbegrünung im Vergleich zu bodengebundenen Begrünungen, als eine sehr junge gilt. Als Pionier dieser Entwicklung ist der Franzose Patric Blanc zu nennen, dessen erste Entwürfe 2008 realisiert wurden. Dennoch setzten sich diese Systeme mehrheitlich in subtropischen Gebieten durch wie Beispielsweise in Singapur. Durch weitere Untersuchungen und nicht zuletzt durch die Demonstrationsanlagen auf Gartenschauen im Jahr 2011, gewannen diese Bauweisen einen weiteren Aufschwung und die Anfrage nach Planungen zu solchen Systemen stieg. In Frankreich wurden demnach bereits im Jahr 2012 ca. 9000m² fassadengebundene Begrünungen installiert (vgl. KÖHLER M. 2012 S. 126).

Fassadengebundene Begrünungen ohne Bodenanschluss gewinnen immer weiter an Bedeutung, da sie besonders in Innenstadtbereichen als autarkes Begrünungssystem bestehen können und unabhängig von Schadstoffbelastung, Streusalzbelastung, Bodenverdichtung etc. ver-

baut werden können. Die Substratträger für die Pflanzen werden dabei in sogenannten Regal-, Modularen-, oder Flächigen Systemen an den Wänden angebracht und können mit einer Vielzahl von Stauden, Gräsern, bis hin zu Sträuchern, bepflanzt werden.

Im Vergleich zu den bodengebundenen Begrünungen können die fassaden- oder auch „wandgebundenen“ genannten Begrünungen in einem anderen Ausmaß in die Gestaltung und Architektur eines Gebäudes integriert werden. Die Pflanzen werden zum kalkulierten Bestandteil eines Gebäudes und eine regelmäßige Wartung, sowohl der Konstruktion, als auch der Pflanzen, ist einzuplanen.

Grundsätzlich können die verschiedenen Systeme für wandgebundene Begrünungen in zwei Wuchsebenen eingeteilt werden. Bei den Begrünungen, die eine horizontale Wuchsebene haben, wachsen die Pflanzen in Behältnissen, die häufig an herkömmliche Balkonkästen erinnern und ähnlich einzelner Regaletagen an der Fassade angebracht sind. Bei den fassadengebundenen Begrünungen, mit einer vertikalen Wuchsebene, wachsen die Pflanzen in zwei unterschiedlichen Systemen. Die modularen- und die flächigen Systeme unterscheiden sich in ihrer Konstruktion und in ihrer Art der Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen (vgl. PFOSER N. 2016 S.58).

5.3.2 Systemvorstellung Regalsysteme

Abbildung 5: Prinzipschnitt Einzelbehälter eines Regalsystems. Quelle: PFOSER N. 2016 S.58

Bei den sogenannten Regalsystemen beinhalten Einzel- oder Linearbehälter das Pflanzsubstrat, welches aus bodenähnlichen Mischungen mit wasserspeichernden Stoffen besteht. Die Behältnisse werden mit Tragkonsolen oder durch Vorkonstruktionen an der Fassade angebracht und mit entsprechenden Pflanzenarten bepflanzt. Ist eine sofortige Wirkung durch die Begrünung erwünscht, können durch die Verwendung von vorkultivierten Pflanzen, schnelle Effekte erzielt werden. Das Spektrum der geeigneten Pflanzen für die Regalsysteme ist sehr vielfältig und reicht von Stauden, Gräsern, Knollen- und Zwiebelpflanzen bis hin zu Kleingehölzen und vereinzelt auch Kletterpflanzen. Die Auswahl geeigneter Pflanzen für eine Begrünung ist dabei von vielen Faktoren abhängig. Es ist der Pflanzenstandort besonders zu berücksichtigen, bevor die gestalterischen Aspekte, wie Wuchsform, Laubfärbung, Blütenfarbe etc. berücksichtigt werden. Ein weiterer Aspekt bei der Pflanzenauswahl kann eine gewünschte Beschattungswirkung durch die Pflanzen sein. Dafür muss entschieden werden, ob eine sommerliche Bedeckung erwünscht ist, oder ob eine dauerhafte Bedeckung der dahinterliegenden Gebäudeteile das Ziel ist, um dementsprechend eine Auswahl für immergrüne- oder laubabwerfende Pflanzen zu treffen.

Abbildung 6: Prizipschnitt Linearbehälter eines Regalsystems. Quelle: PFOSER N. 2016 S.58

Die Pflanzenversorgung mit Wasser kann über manuelle oder automatische Bewässerungsanlagen gesteuert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass für eine ausreichende Drainage in den Behältnissen gesorgt ist, um eine Substratübernässung oder das Überlaufen der Pflanzgefäße zu verhindern. Für die Versorgung mit Nährstoffen kann ebenfalls das Bewässerungssystem genutzt werden, oder eine manuelle Düngung im Zuge der Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Bei der Planung einer solchen Begrünung muss immer auch die Zugänglichkeit der Flächen berücksichtigt werden, da die regelmäßige Wartung und Pflege unerlässlich ist.

Die Investitionskosten für fassadengebundene Begrünungen mit Regalsystemen, können sehr unterschiedlich sein und sind von der Montagetechnik, den verwendeten Materialien und der Zugänglichkeit der Fassade abhängig. Diese Kosten liegen bei den günstigsten Systemaufbau-

ten bei ca. 230€/m² und gehen bis zu einer Marke von 1000€/m² für aufwendigere Systemlösungen. Die Pflegekosten für die Regalsysteme können mit ca. 10€/m²/Jahr angegeben werden, wobei diese Kosten ebenfalls stark von der Erreichbarkeit der Begrünung abhängig sind (vgl. PFOSER N. 2016 S.59).

5.3.3 Systemvorstellung modulare Systeme

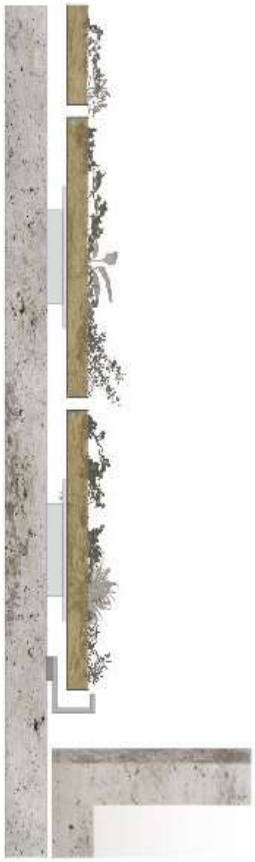


Abbildung 7: Prinzipschnitt Modulare Elementeinheiten. Quelle: PFOSER N. 2016 S.60

Die modularen Fassadenbegrünungssysteme zeichnen sich durch eine Rasterung der Fassadenfläche aus. Die einzelnen Fassadenmodule sind vorgefertigte Substratkästen mit einer Bautiefe von 10-25 cm, die auf eine entsprechende Unterkonstruktion an der Fassade montiert werden und dadurch partiell austausch- und erweiterbar sind. In den Modulen werden feuchtespeichernde, mineralische Substrate, wie Beispielsweise Bims oder Lava senkrecht gehalten, welche die meist vorkultivierten Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen versorgen. Die Versorgung geschieht über ein Bewässerungssystem dem ebenfalls die von den Pflanzen benötigten Nährstoffe, zugefügt werden. Unterhalb der Begrünungsmodule werden Auffangbleche montiert, die überschüssiges Wasser auffangen und wieder in den Kreislauf einspeisen. Für die Gitterbehälter, in denen sich das Substrat der modularen Begrünung befindet, können Kunststoffe sowie korrosionsfreie Metalle oder Edelstahl verwendet werden.

Durch die Möglichkeit der händischen Montage von einzelnen Modulen bis zu einer Flächengröße von 1m² und der Vorkultivierung der Pflanzen unter optimalen Bedingungen in den Gärtnereien, können die Ergebnisse besonders in innerstädtischen Bereichen, mit verhältnismäßig kleiner und schneller Baustelleneinrichtung, erreicht werden.

Abbildung 8: Moos-begrünte Keramikmodule mit Tröpfchenbewässerung Quelle: TECTONICA-ONLINE.DE 2017

Da die Substratbehälter je nach Ausführung und Substratfüllung schon ein fertiges Fassadenbild abgeben, kann in diesen Fällen mit rein sommergrünen Pflanzen gearbeitet werden, wodurch eine aufwendigere Winterbewässerung eingespart wird. Als Bepflanzung für die modularen fassadengebundenen Begrünungssysteme, sind ähnlich den Regalsystemen, Stauden, Gräser, Kleingehölze und bedingt der Einsatz von Kletterpflanzen, zu nennen.

Ebenfalls zu den modularen Systemen sind direktbegrünte Beton-, Ziegel-, Keramik- oder Steinplatten zu zählen, deren Oberflächenbeschaffenheit einen Pflanzenbewuchs, wie beispielsweise mit Moosen und Flechten, zulassen. Materialien für die Herstellung solcher Begrünungsmodule müssen eine gewisse Oberflächenrauigkeit aufweisen, die den Pflanzenwurzeln eine entsprechende Anhaftung ermöglicht. Ebenfalls die Wasserspeicherfähigkeit der Materialien muss gegeben sein, um die Versorgung mit Feuchtigkeit zu gewährleisten. Die Kosten für modulare Begrünungssysteme sind ähnlich denen von Regalsystemen und betragen von 370€ bis 1100€/m². Die Pflege solcher Systeme ist grundsätzlich aufwendiger und wird mit 10% der Herstellungskosten/Jahr angegeben (vgl. PFOSER N. 2016 S.61).

5.3.4 Systemvorstellung flächige Systeme

Abbildung 9: Prinzipschnitt Flächiges Textilsystem. Quelle: PFOSER N. 2016 S.62

Wandgebundene flächige Systeme sind für teil- oder ganzflächige Fassadenbegrünungen geeignet. Dabei gibt es keine Möglichkeit einzelne Bereiche des Systems aus zu tauschen, wie es beispielsweise bei einer modularen Begrünung möglich wäre. Zumeist werden bei den flächigen Systemen, Textilien als pflanzentragender Untergrund verwendet. Häufig sind diese auch mit Substrattaschen kombiniert, in welche Pflanzen eingesetzt werden, die einen höheren Versorgungsanspruch haben. Durch Bewässerungssysteme werden die Textilien befeuchtet und je nach Bedarf darüber auch die Nährstoffversorgung der Pflanzen geregelt.

Bei Massivwänden können die pflanzentragenden Geotextil- oder Vliesbahnen, sowie die Versorgungsleitungen, ohne eine Sekundärkonstruktion, montiert werden. Eine weitere Möglichkeit wäre die Montage einer hinterlüfteten Sekundärkonstruktion auf der dann das entsprechende System montiert wird (siehe Abbildung 9). Bei Fassadenoberflächen wie beispielsweise Wärmedämmverbundsystemen, oder Vorsatzschalen, die eine Montage entsprechender Unterkonstruktionen erschweren oder unmöglich machen, ist eine selbsttragende Konstruktion erforderlich. Für diese Form der Sekundärkonstruktion findet die Lastabtragung über eigene Fundamente in den Untergrund statt.

Abbildung 10: Aluminium Fassade mit partieller Begrünung. Quelle: DETAIL.DE 2017

Neben den flächigen fassadengebundenen Begrünungssystemen aus Geotextilien oder Vlies, ist eine andere Technik die Verwendung von nährstofftragenden Massivschalen. Dabei werden beispielsweise Vorsatzschalen aus Metallblechen oder Kunststoffmaterialien an der Fassade angebracht, die mit Öffnungen versehen sind, aus denen die Pflanzen wachsen, welche in dahinterliegenden Substratbehältern gepflanzt sind. Für diese Systeme als auch für die Systeme die mit textilen Materialien konstruiert werden, ist die Wasser und Nährstoffversorgung meist kombiniert und die benötigten Nährstoffe werden durch die Bewässerung, den Pflanzen zugeführt. Dabei liegen die Bewässerungsschläuche der Hauptversorgung meist in der tragenden Konstruktion der Begrünung, während die feineren Schläuche der Tröpfchenbewässerung direkt hinter dem Vlies verlegt sind. Dadurch soll besonders bei Begrünungen mit Moosen und Flechten eine dauerhafte Befeuchtung des Untergrundes, sichergestellt werden. Neben Moosen und Flechten können ebenfalls wie auch bei den anderen fassadengebundenen Begrünungssystemen weitere Pflanzen, wie Stauden, Kleingehölze und bedingt Kletterpflanzen, verwendet werden.

Die Kosten für die Errichtung flächiger, wandgebundener Begrünungssysteme gehen von ca. 400€ bis 1200€, während bei den jährlichen Pflege- und Wartungskosten mit ca. 40€/m² zu rechnen ist, was jedoch zu einem großen Teil von der Erreichbarkeit der begrünten Fläche abhängig ist (vgl. PFOSER N. ET AL. 2014 S.50).

5.3.5 Vergleich der fassadengebundenen Begrünungssysteme

In der folgenden Tabelle 8 sind die Eigenschaften der drei vorgestellten fassadengebundenen Begrünungssysteme nebeneinandergestellt, um eine Übersicht zu erlangen und die Funktionsweise der Systeme miteinander vergleichen zu können.

Tabelle 8: Systemeigenschaften der fassadengebundenen Begrünungen (nach PFOSER N. 2016 S. 58-63)

	Regalsysteme	**Modulare Systeme**	**Flächige Systeme**
Wuchsebene	horizontal	vertikal	vertikal
Systemaufbau	Kragkonsolen oder Vorkonstruktion zur Aufnahme von Einzel oder Linearbehältern	Sekundärkonstruktion mit Vertikal Substrat/ Substratersatzhaltenden Pflanzmodulen	Sekundärkonstruktion mit vertikalen Substratersatz-Flächen an wartungsfreier Primärkonstruktion
Gestaltung	Sofortige Flächenwirkung bei Vorkultivierung. Pflanzenauswahl nach Art, Textur, Farbgebung, Belaubungsphase (sommer-grün, immergrün)	Sofortige Flächenwirkung bei Vorkultivierung (austauschbar) Pflanzenauswahl nach Art, Textur, Farbgebung, Belaubungsphase (sommergrün, immergrün)	Kurzfristige Flächenwirkung bei Vorkultivierung der Pflanzen. Pflanzenauswahl nach Art, Textur, Farbgebung, Belaubungsphase (sommergrün/immergrün)
Pflanzeneignung	Stauden, Kleingehölze, bedingt Kletterpflanzen	Stauden, Kleingehölze, Moose, bedingt Kletterpflanzen	Stauden, Kleingehölze, Moose, bedingt Kletterpflanzen
Versorgung	Substrat, Wasser-, Nährstoffbedarf und Exposition nach Pflanzengesellschaft. Drainage, ggf. Feuchteregelung. Pflege- und Wartungszugänglichkeit	Substrat/Substratersatz, Wasser-, Nährstoffbedarf und Exposition (Licht- und Windverhältnis) nach Pflanzengesellschaft, Pflege und Wartungszugänglichkeit	Substrat/Substratersatz, Nährstoffhaltige Bewässerung. Pflanzenauswahl nach Exposition (Licht-, Windverhältnis) und Pflanzengesellschaft. Pflege- und Wartungszugänglichkeit
Systemtypische Potenziale	Variable Bepflanzung, Witterungs- und Strahlungsschutz nach Pflanzenwahl (sommergrün, immergrün, Textur) Verschattungs- und Verdunstungsleistung, ggf. "Vertical Farming"	Bodenfrei, ganzjährig flächiger Witterungs- und Strahlungsschutz. Kühlung durch Bewässerung und außentemperaturabhängige Verdunstungsleistung, ggf. Vertical Farming	Ganzjährig flächiger Witterungs und Strahlungsschutz Kühlung durch Bewässerung und außentemperaturabhängige Verdunstungsleistung. Keine Anforderung an Bodenausbildung
Kosten	Investition ca. 230 - 1.000 €/m² Pflege/Wartung ca. 10 €/m²/a (abhängig von Erreichbarkeit)	Investition ca. 370 - 1.100 €/m2 Pflege/Wartung ca. 10 % der Herstellungskosten/ a (lageabhängig)	Investition ca. 400 - 1.200 €/m2 Pflege/Wartung ca. 40 €/m²/a (Höhenabhängig)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass für eine umfassende Beurteilung der fassadengebundenen Begrünungssysteme noch weiter Versuchsanlagen errichtet werden müssen, um gewisse „Kinderkrankheiten“ in Form von Schadensursachen kennen- und dadurch verhindern zu lernen (vgl. KÖHLER M. 2012 S.126). Die Schadensursachen, die mit dem Verbau von fassadengebundenen Begrünungssystemen auftreten können, stellt Köhler in einer Tabelle dar (siehe Tabelle 9) und nennt gleichzeitig mögliche Ursachen für den Fehler, sowie die Lösungsansätze zur Behebung der Probleme.

Tabelle 9: Mögliche Schadensursachen in Verbindung mit fassadengebundenen Begrünungssystemen (nach KÖHLER M. 2012 S.148)

Schadensfelder	mögliche Ursache	nachträgliche Korrektur
Befestigung	Verwendung ungeeigneter Befestigungsmittel in der Bauphase	Neubefestigung, mit erheblichen Kosten verbunden
frühzeitige Verrottung der Pflanzmodule	Verwendung minderwertiger Qualität	- derzeit keine Qualitätsstandards für entsprechende Behältnisse -wegen Dauerhaftigkeit nachfragen
Ausfall der Bewässerung	- mangelnde Kontrolle - Verschleiß von Bauteilen	- tägliche oder wöchentliche Kontrolle, ggf. mittels Fernüberwachung - redundantes System installieren, das kurzfristig anspringt - ggf. manuelle Notwässerung mit einplanen
Ausfall von Pflanzen	- zu knapp eingestellt Wasserzufuhr - Ausfall der Bewässerung	eine Person für einen täglichen Inspektionsblick auf die Begrünung organisieren
Zu groß werdender Bewuchs	ggf. Auswahl von zu wüchsigen Pflanzen	Austausch durch kleinwüchsige Arten als Bestandteil der normalen Pflege- und Wartungsarbeiten der Begrünung

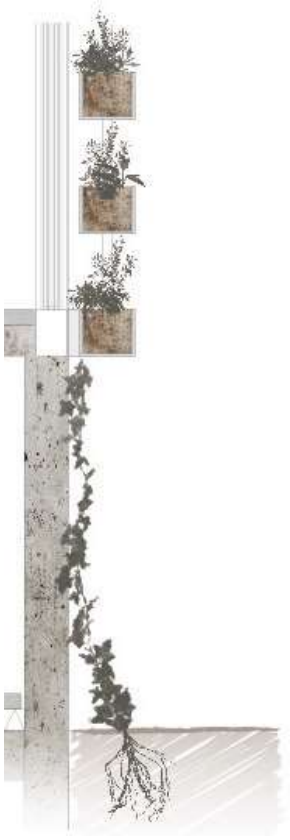


Abbildung 11: Prinzipschnitt Kombination aus Bodengebundener und Fassadengebundener Begrünung. Quelle: PFOSER N. 2016 S.64

5.4 Kombination aus fassaden- und bodengebundenen Systemen

Die Kombination aus bodengebundenen und fassadengebundenen Wandbegrünungen kann je nach Standpunkt und Umfang einer Fassade eine sinnvolle Lösung sein. Diese Form der Begrünung bietet sich an, wenn ein schnellerer Begrünungserfolg gewünscht ist. Dafür kann beispielsweise eine Kletterpflanze in einer höher gelegenen Etage in einem fassadengebundenen Substratbehälter gepflanzt werden, um dadurch einen weiter oben gelegenen Bereich, als Ergänzung zu der bodengebundenen Begrünung, zu bewachsen. Da auch die Wuchshöhe der Pflanzen begrenzt ist, bietet sich diese Begrünungsmöglichkeit an, um besonders hohe Fassaden, dennoch zur Gänze mit kostengünstigeren Kletterpflanzen, begrünen zu können. Auch für Fassaden, die sich in Teilbereichen voneinander unterscheiden und beispielsweise eine Hinterlüftung benötigen, kann die Kombination aus den boden- und fassadengebundenen Systemen Vorteile haben. Die Pflanzenauswahl für diese Form der Fassadenbegrünung folgt den Regeln der entsprechenden Begrünungssysteme und bietet darüber hinaus die Möglichkeit mit vorkultivierten Pflanzen zu arbeiten, was bei der Verwendung von Kletterpflanzen nur bedingt möglich ist. Die Kosten für Systeme aus boden- und wandgebundenen Begrünungssyste-

men sind ebenfalls abhängig von den gewählten Systemen, den verwendeten Pflanzen, sowie der Zugänglichkeit und dem benötigten Pflegeaufwand für die Begrünung (vgl. PFOSER N. 2016 S.63)

6 Situationsanalyse Planungsbeispiel Muthgasse I

6.1 Problembeschreibung

Das bereits eingangs kurz erwähnte Problem der Überhitzung der Räumlichkeiten des Universitätsgebäudes liegt laut den Aussagen der GebäudenutzerInnen bereits seit einigen Jahren vor. Besonders durch den sehr heißen Sommer 2013 wurde die Problematik stark thematisiert. Große Beteiligung fand die Diskussion auch in einem Forum der Ideenplattform „Crowd Lynx" der BOKU. Dort wurde bereits als Problemlösung die Installation einer Fassadenbegrünung nach dem Beispiel des MA48 Gebäudes vorgeschlagen.

Sowohl in der Diskussion des Forums als auch bei einem Interview mit dem Initiator und BOKU-Mitarbeiter am Institut für Hydraulik, Dietmar Fellner, wurde berichtet, dass in den heißen Sommermonaten ab Anfang Juni bis Ende August die Räumlichkeiten hinter der besagten Fassade, aufgrund von stark erhöhten Temperaturen über 30°C bereits ab den frühen Vormittagsstunden nur bedingt genutzt werden können. Die hohen Temperaturen können auch dann gemessen werden, wenn die Außentemperaturen niedriger sind und die Sonne scheint, da die Fensterflächen die Sonneneinstrahlung verstärken und ein Aufheizen der Fassade begünstigen. Die hohen Raumtemperaturen haben zur Folge, dass die Leistungsfähigkeit der betroffenen MitarbeiterInnen stark sinkt und häufig bis zum Abbruch der Tätigkeiten führt, da ein konzentriertes Arbeiten bei derartigen Temperaturen nicht mehr möglich ist. Auch wurde von kreislaufbedingten Krankenständen der MitarbeiterInnen berichtet, die aufgrund der Hitze nicht mehr arbeitsfähig waren.

In Folge dessen begannen die NutzerInnen der Räumlichkeiten in Umzugsaktionen ihren Arbeitsplatz in andere Gebäudeteile zu verlegen, um ihre Tätigkeiten bei kühleren Temperaturen wieder aufnehmen zu können. Der Umzug der MitarbeiterInnen, von unmittelbar an der Fassade gelegenen Räumlichkeiten in weiter im Gebäudeinneren gelegene Räume war jedoch nur möglich, da zu dieser Zeit einige DissertantInnen und AuslandsstudentInnen ihre Arbeiten abgeschlossen hatten und die Räumlichkeiten frei wurden. Mittlerweile wurden die freigewordenen Arbeitsplätze in den Räumlichkeiten an der Fassadenseite erneut von DissertantInnen besetzt. Diese meiden jedoch ebenfalls ihren Arbeitsplatz in den Sommermonaten aufgrund der Hitzeproblematik, wodurch die Räumlichkeiten oftmals ungenutzt bleiben. Im Verlauf des Interviews mit Frau Koppensteiner aus dem Facility Management wurde berichtet, dass es ebenfalls Beschwerden über zu hohe Raumtemperaturen aus den unteren Stockwerken des Gebäudes gibt. Dort seien sie aber nicht so massiv, dass dies zu Umzugsaktionen der MitarbeiterInnen führt. Dennoch ist daraus zu schließen, dass eine Hitzeproblematik im gesamten Gebäude der Muthgasse I insoweit zu bestehen scheint, als dass in den heißen Jahreszeiten, ein angenehmes Arbeitsklima nicht möglich ist. Ob und in welchem Ausmaß auch an diesem Gebäudeteil Sanierungsarbeiten angebracht wären, soll nicht Gegenstand dieser Masterarbeit werden.

6.1.1 Bisherige Problemlösungsansätze

Für die Verbesserung dieser Situation wurden bereits einige Maßnahmen in Betracht gezogen, um in erster Linie eine Kühlung zu erreichen. Die derzeit herkömmlichste und wirksamste Möglichkeit der Raumluftkühlung durch Klimageräte (vgl. SATTLER P. 2010 S.1) wurde 2015 mit dem damals zuständigen Mitarbeiter der TGB (Technische Gebäudebetreuung) GmbH, Herrn Joseph Artwöger besprochen. Herr Artwöger hatte bereits bei der Errichtung des Gebäudes 1989-1991 durch die Firma Porr die Erstellung der technischen Infrastruktur des damaligen Neubaus betreut und ist mit der Haustechnik des Universitätsgebäudes bestens vertraut. Laut seiner Aussage gegenüber von Herr D. Fellner ist die Nachrüstung einer Klimaanlage nicht möglich, da keine Möglichkeit besteht entsprechende Leitungen zu verlegen, ohne unverhältnismäßige bauliche, sowie finanzielle Aufwendungen zu betreiben.

Da bereits einige Räume, wie das Archiv oder die Bibliothek in dem Gebäude durch Klimageräte, die auf der Dachterrasse installiert sind, gekühlt werden, bestand die Überlegung, diese auf die weiteren Räumlichkeiten zu erweitern. Nach näherer Betrachtung dieser Option musste jedoch festgestellt werden, dass die Kapazitäten dieser Geräte bei weitem nicht ausreichend seien, um die betroffenen Räumlichkeiten entsprechend zu kühlen. Auch die Möglichkeit der Fernkälte-Nutzung wurde in Erwägung gezogen, da bereits andere Universitätsgebäude der Bodenkultur an der Muthgasse II durch diese Methode gekühlt werden. Auch diese Möglichkeit scheint unrealisierbar, da hierfür das Verlegen von entsprechenden Leitungen nötig wäre, ähnlich denen einer Klimaanlage.

Neben den technischen Schwierigkeiten, die das Nachrüsten einer Klimaanlage mit sich bringt, gibt Herr D. Fellner im Verlauf des Interviews zu bedenken, dass die Stromkosten für eine Kühlung mittels Klimageräten durch die offensichtlich unzureichende Dämmung der Fassade viel zu hoch ausfallen und so das Budget der Universität übersteigen würden.

Um nicht nur die Symptomatik der Überhitzung zu behandeln wurden Überlegungen angestellt die Sonneneinstrahlung und damit die Erhitzung der Räumlichkeiten zu reduzieren. So berichtete Herr D. Fellner, dass es die Idee gab, die Fensterflächen mit sogenannten Sonnenschutzfolien zu bekleben. Diese Folien bringen jedoch Nachteile mit sich, wodurch sie für diese Situation nicht optimal geeignet sind. Zum einen reduzieren die Folien das einfallende Tageslicht auch in dunkleren Jahreszeiten und zum anderen verhindern sie ebenfalls im Winter die wärmende Wirkung der Sonnenstrahlen (vgl. STIFTUNG WARENTEST 2010).

Wie aus dem Diskussionsverlauf (vgl.: BOKU CROWDLYNX 2016) hervorgeht, wäre der wärmende Effekt im Winter gewünscht, da durch die geringe Isolierung des Gebäudes im Winter die Zimmer an der Fassade sehr kalt sind und dies durch ein Verhindern der Sonneneinstrahlung noch verstärkt würde. Da die oben genannten, zahlreichen Problemlösungsansätze bisher nicht zielführend waren und aus den unterschiedlichsten Gründen nicht weiterverfolgt oder rea-

lisiert wurden, beharrten die Mitarbeiter weiterhin auf einer Lösung des Problems und wandten sich regelmäßig an die Universitätsleitung und die Mitarbeiterin des Facility Managements Frau Koppensteiner. Ihr wurde ebenfalls die Idee einer Isolierung durch die Installation einer Fassadenbegrünung vorgeschlagen. Diese ist vorerst im Namen des Rektorats abgelehnt, da kein Beweis für die Funktionalität einer solchen Begrünung erbracht sei. Der letzte Stand der Lösung für das Problem und nach Aussage der Universitätsleitung ist, dass alle MitarbeiterInnen angehalten sind, die Kühlung der Räumlichkeiten, mit Hilfe von mobilen Klimageräten und Ventilatoren zu erreichen. Dieser Vorschlag wäre jedoch, sofern er von allen betroffenen MitarbeiterInnen umgesetzt würde, letztendlich nicht möglich. Eine Rücksprache von Herrn D. Fellner mit der Leitung des technischen Gebäudemanagements, bereits im Jahr 2015, ergab, dass die Stromversorgung der Gebäude für eine derartig hohe Zusatzbelastung nicht ausgelegt ist. Dadurch würde eine Kühlung des Gebäudes mittels Klimageräten einen Zusammenbruch der Stromversorgung verursachen. Weitere Beanstandungen zu diesem Vorschlag gab es laut Herr D. Fellner von Seiten des ArbeitnehmerInnenschutzes, da unter andauerndem Einsatz von Klimageräten die MitarbeiterInnen einer erhöhten Verkühlungsgefahr und der Gefahr von Augenentzündungen ausgesetzt seien.

Auf die Bitte der betroffenen UniversitätsmitarbeiterInnen an den ArbeitnehmerInnenschutz der BOKU Wien, einen Lösungsvorschlag für die Problematik zu liefern, gab es bisher keine weiteren konstruktiven Rückmeldungen mehr. Die betroffenen MitarbeiterInnen werten und interpretieren dies als Desinteresse der zuständigen Universitätsleitung und des ArbeitnehmerInnenschutzes und fühlen sich im Stich gelassen (vgl. BOKU CROWDLYNX 2016).

6.2 Fazit Problembeschreibung Universitätsgebäude Muthgasse I

Für die Behebung der Hitzeproblematik des besagten Universitätsgebäudes gab es in den vergangenen Jahren, wie oben beschrieben, bereits einige Anregungen seitens der UniversitätsmitarbeiterInnen. Neben den schon diskutierten Möglichkeiten der Kühlung durch unterschiedlichste Kühlungssysteme wie Klimaanlagen, Ventilatoren etc. wären noch eine nachträgliche Isolierung im Zuge einer Gebäudesanierung als Option in Betracht zu ziehen, oder die Montage eines elektrischen Jalousien- Systems, um einen Schutz gegen die Hitze zu erreichen, welche jedoch nicht Gegenstand vorliegender Masterarbeit sind.

Die Universität für Bodenkultur Wien steht als Universität des Lebens für „*Nachhaltigkeit, Verantwortung und Führsorge, sowie die Achtung vor dem Leben*“ (BOKU WIEN 2015 S.2). Diese ethischen Prinzipien und Werte wurden unter anderen im März 2015 in der Ethik-Charta der Universität für Bodenkultur festgelegt und sollen bewusstseinsbildend für das Handeln der BOKU- Angehörigen wirken.

Ein energieaufwändiges Kühl- und Isolierungssystem würde diesen Grundsätzen nicht entsprechen, wohingegen die Installation einer lebenden Fassadenbegrünung eine reale Alternative ist,

da wie bereits in Kapitel 4.2.2 näher beschrieben, durch Fassadenbegrünungen Einsparungen von energieaufwendigen Klimageräten gemacht werden können und eine Verbesserung des Raumklimas und der Raumluft die Folge sind. Außerdem kann eine Erhöhung der städtischen Biodiversität ein Beitrag zur Klimawandelanpassung sowie die Attraktivierung des Lebensumfeldes für die Menschen erreicht werden, wodurch sich diese Effekte von Fassadenbegrünungen mit der Ethik-Charta der Universität für Bodenkultur decken. Weiter kann eine Begrünung der Glasfassade einen guten Multiplikatoreffekt hervorrufen. Ein solches Unterfangen kann als Prestigeprojekt gewertet werden und bietet eine repräsentative Möglichkeit, den Einsatzbereich einer Fassadenbegrünung zu zeigen und in weiterer Folge ein Interesse für die Thematik zu erwecken.

6.3 Aktuelle Lösungsoptionen

Um eine Lösung für die bereits beschriebene Hitzeproblematik in der Muthgasse I zu erreichen, müssten Maßnahmen gesetzt werden, durch die das Raumklima verbessert wird. Eine Verbesserung des Raumklimas könnte erreicht werden, indem entweder die zu hohen Temperaturen präventiv verhindert würden oder durch ein Kühlungssystem die Temperaturen wieder herunter gekühlt würden.

Um steigenden Klimatisierungskosten entgegen zu wirken verfolgt die Stadt Wien eine Strategie, bei der an erster Stelle untersucht wird, ob eine Vermeidung von Kühlbedarf durch bauliche Maßnahmen erreichbar wäre, bevor durch den Einsatz von konventionellen Kältemaschinen eine Raumluftkühlung erfolgt (vgl. SATTLER P. 2010 S.1).

Bauliche Präventivmaßnahmen zur Verhinderung eines Aufheizens der Räumlichkeiten wären die Möglichkeiten einer Isolierung im Zuge einer Gebäudesanierung, sowie das Verhindern eines Aufheizens durch eine Beschattung mittels Sonnenschutzfolien oder durch die Montage eines Jalousiensystems.

Auch eine Fassadenbegrünung ist zu den realen Präventivmaßnahmen gegen eine Überhitzung der Räumlichkeiten zu zählen, da sie einerseits eine teilweise Beschattung der Fassade bedingt, und andererseits durch ihre Transpirationsleistung für eine Kühlung der Umgebungsluft sorgt.

Die Behebung der Hitzeproblematik durch nachträglich installierte Kühlsysteme ist meines Erachtens nach als eine reine Symptombekämpfung zu werten und durch einen sehr hohen Energieaufwand nicht zu realisieren, da erstens laut Aussagen des technischen Gebäudemanagements der BOKU Wien, die infrastrukturellen Gegebenheiten des Gebäudes eine derartige Kühlung nicht erlauben und zweitens wäre sie vor dem ethischen Hintergrund der BOKU Wien nicht zu rechtfertigen.

Da Maßnahmen mittels Kühlungssystemen letztendlich keine vertretbare Option darstellen, gilt es zu klären, welche Präventivmaßnahmen realisierbar sind, und es muss beurteilt werden:

- Was ist finanzierbar?
- Was ist baulich/technisch möglich?
- Was bringt den größten Nutzen?
- Was würde den Grundsätzen der BOKU Wien entsprechen?
- Was ist rechtlich möglich?
- Was wäre optisch am ansprechendsten?

Durch die Annahme, dass eine Gebäudeisolierung durch bauliche Maßnahmen oder die Beschattung durch ein Jalousiensystem, oder Sonnenschutzfolien, entweder nicht effektiv genug, zu teuer seien oder nicht den Grundsätzen der BOKU Wien entsprechen, zeichnet sich die Installation einer Fassadenbegrünung immer deutlicher als vorteilhaftester Problemlösungsansatz ab.

Um die Installation einer Fassadenbegrünung an dem genannten Universitätsgebäude realisieren zu können, gilt es als erstes die rechtliche Lage zu dieser Thematik zu klären. Dafür wird von der Stadt Wien eine “Checkliste für die erforderlichen Genehmigungen von Fassadenbegrünungen“ zur Verfügung gestellt.

Die Checkliste unterscheidet zwei unterschiedliche räumliche Gegebenheiten in denen Fassadenbegrünungen errichtet werden. Das sind Begrünungen, die im öffentlichen Raum beispielsweise von einem Gehsteig aus errichtet werden, welche aber für den konkreten Fall des Universitätsgebäudes keine Relevanz haben.

Die zweite, in der Checkliste dargestellte Situation, behandelt: „*Fassadenbegrünungen auf Privatgrund oder von Flächen aus, die nicht im Öffentlichen Gut (Gehsteig) liegen.“* (WIEN GV 2016 S.1). Der Fall des Universitätsgebäudes entspricht dieser Situation, sodass anhand der Checkliste die nötigen Schritte für die ordnungsgemäße Durchführung des Projektes, abgearbeitet werden kann. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht für die zu bearbeitenden Punkte, welche für die Errichtung einer ordnungsgemäßen Fassadenbegrünung in Wien vorausgesetzt werden.

Abbildung 12: Luftbild Muthgasse I eigene Überarbeitung. Quelle: GOOGLE EARTH 2017

Tabelle 10 Checkliste für die erforderlichen Genehmigungen von Fassadenbegrünungen (nach WIENGV.AT 2016)

Bedingungen für den Bau einer Fassadenbegrünung	Beschreibung	Zuständigkeit	Kontakt
Einverständniserklärung	Zustimmung des Gebäudebesitzers muss eingeholt werden	EigentümerIn BIG	Hintere Zollamtsstraße 11030 Wien 05 0244 - 0
Gebietsbetreuung, Stadterneuerung	Klären ob Förderungen für Begrünungsmaßnahmen bestehen	Stadt Wien	Lacknergasse 27 01 485 98 82
Prüfung der Stadtbildverträglichkeit	Überprüfung ob Evtl. Störung des Stadtbildes durch das Projekt entsteht	MA 19 (Referat Architektonische Begutachtung)	1120 Wien, Niederhofstraße 21-23, 5. Stock
Bewilligung des Bundesdenkmalamtes	Gilt nur für Denkmalgeschützte Häuser	Bundesdenkmalamt	1010Wien, Hofburg, Säulenstiege
Baubewilligung	Ansuchen um Baubewilligung, wenn Bewilligungspflicht festgestellt wird	MA 37	Baupolizei der Stadt Wien

Anhand der Tabelle und der detaillierten Checkliste der Stadt Wien, welche im Anhang beigefügt ist, lassen sich die notwendigen bürokratischen Voraussetzungen für die Errichtung einer Fassadenbegrünung erarbeiten. Die Tabelle dient als Hilfestellung bzw. Orientierung bei der Umsetzung und der ordnungsgemäßen Abwicklung des Genehmigungsverfahrens für den Bau einer Fassadenbegrünung.

6.4 Baubestand

Das Universitätsgebäude ist über die Muthgasse 18 und die Nussdorfer Lände 11 zugänglich und liegt im 19. Wiener Gemeindebezirk Döbling. Die betroffene Fassade hat eine süd- östliche Exposition und wurde gemeinsam mit dem Gebäude von 1989 – 1991 erbaut. Der erstmalige Bezug des Gebäudes erfolgte ebenfalls 1991 durch die Universität für Bodenkultur Wien. Geplant wurde der Bau vom Projektierungsbüro für Industrie-, Hoch- und Tiefbau GmbH. Die ausführende Baufirma des Projektes war die Firma Porr. Die Gebäudeinhaberin ist die BIG (Bundes Immobilien Gesellschaft), die für die Instandhaltung, jegliche Renovierungs-, und Umbauarbeiten der Gebäude zuständig ist.

Abbildung 13: Foto Fassade Muthgasse I. Quelle: EIGENE AUFNAHME 2017

Abbildung 14: Jalousiefenster, Quelle: EIGENE AUFNAHME 2017

Die Bauweise der betreffenden Fassade ist eine Aluminium-Glas-Konstruktion, die als Verkleidung für die dahinter liegende Stahlbetonwand dient. Sie erscheint von außen als eine durchgehende, verspiegelte Glasfassade.
Im Inneren des Gebäudes wird jedoch deutlich, dass die Bereiche unterhalb der nach innen zu öffnenden Fenster opak sind, also nicht durchsichtig und als Verkleidung für Stahlbetonkonstruktion dienen. Bei der Fassade handelt es sich um eine nicht tragende vorgehängte Pfosten-Riegel-Fassade aus lackiertem Aluminium mit integrierten Fensterbändern (vgl. HERZOG T. ET AL. 2004 S.53). Die Fassade erstreckt sich in der Höhe über drei Stockwerke auf insgesamt 11,44 m und hat eine Länge von 60 m.
Bei den Fenstern handelt es sich um öffenbare dreifach verglaste Fenster, mit einer Integrierten Sonnenschutzjalousie. Die Jalousie lässt sich über einen Schnurzug schließen und öffnen und über einen weiteren Schnurzug lässt sich der Winkel der Lamellen und damit die Verschattung des Innenraumes, einstellen. Dabei befindet sich die Jalousie in dem Zwischenraum der Einfachverglasung zur Außenseite des Fensters und der zum Innenraum gerichteten 2-fach Isolierverglasung.

6.5 Planungsziele

Das wichtigste zu erreichende Ziel einer Glasfassadenbegrünung auf der Erkenntnisgrundlage dieser Masterarbeit ist die Reduzierung der Gebäudetemperatur, um besonders die an der Glasfassade gelegenen Arbeitsräume in den Sommermonaten nutzbarer und für die BOKU-MitarbeiterInnen raumklimatisch erträglicher zu machen.
Hier ist nicht nur die Reduzierung der Raumtemperatur zu nennen, sondern auch mit Fassaden in Zusammenhang stehende Nebeneffekte sind erwünscht. Durch die Filterwirkung der Pflanzenfläche werden Schadstoffe aus der Luft gefiltert und führen dadurch zu einer Verbesserung der Luftqualität (siehe Kapitel 4.3.1). Es können damit sowohl die Schadstoffbelastung, die von der Donaukanalstraße ausgeht, als auch die Lärmbelästigung durch die geräuschreduzierende Wirkungsweise von vertikalen Begrünungen herabgesetzt werden (siehe Kapitel 0). Eine weitere Wirkung, die durch eine Begrünung mit immergrünen Pflanzen oder den entsprechenden fassadengebundenen Systemen entsteht, ist eine Wärmedämmung des Gebäudes im Winter. Zwar wäre die Dämmwirkung im Verhältnis zum Hitzeschutz geringer, dennoch gäbe es in jedem Fall positive Auswirkungen, die je nach Art des Begrünungssystems unterschiedlich stark

ausfallen können (siehe Kapitel 4.2). Neben den weiteren positiven Effekten, die von Fassadenbegrünungen bekannt sind, wie die Verbesserung des Mikroklimas, die Vorbeugung von Hitzeinseln in urbanen Räumen, die Erhöhung der Biodiversität und der Speicherung von Regenwasser, sei als weiteres Ziel die optische Aufwertung des Gebäudes genannt. Das optische Empfinden von Fassadenbegrünungen kann personenabhängig variieren, es wurde jedoch in zahlreichen Studien belegt, dass ein begrüntes Umfeld durch seine Wohlfahrtswirkung, positive Einwirkungen auf die Menschen hat (vgl. BRINGSLYMARK T. ET AL. 2009 S.422).

Neben den physikalischen und psychologischen Vorteilen der Fassadenbegrünung ist ein weiteres angestrebtes Ziel, dass die Fassade als Forschungsfläche von der Universität genutzt werden kann, um weitere Erkenntnisse über die Wirkungsweisen von Fassadenbegrünungen zu erhalten.

Insbesondere das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau arbeitet und forscht zu vertikalen Begrünungssystemen und kann mit seinen Expertisen, sowohl in der Planung, als auch Ausführung bzw. der Betreuung einer eventuellen Forschungsfläche sinnvolle Beiträge leisten. Ein Dauermonitoring zu Temperatur- und mikroklimatischen Faktoren könnte wertvolle Grundlagen zu Langzeiteffekten schaffen.

7 Analyse Gebäudesubstanz

7.1.1 Verortung des Gebäudes

Abbildung 15:Verortung des Universitätsgebäudes.
Quelle: WIENGV.AT 2017

Abbildung 16: Luftaufnahme des Universitätsgebäudes
Quelle: WIENGV.AT 2017 eigene Überarbeitung

Wie bereits erwähnt befindet sich das betrachtete Universitätsgebäude im Norden Wiens im 19. Wiener Gemeindebezirk Döbling.

Die Luftaufnahme der Abbildung 16 zeigt den Universitätskomplex der Muthgasse I. Die besagte Fassade ist mit einer roten Linie markiert und verdeutlicht die Exposition des Gebäudes. Da es sich um eine genordete Aufnahme handelt, ist zu erkennen, dass die Fassade eine südöstliche Exposition hat, die im späteren Planungsverlauf eine wichtige Komponente einnimmt. Zwischen dem Institutsgebäude und dem östlich gelegenen Donaukanal liegen die Nußdorfer Lände und die stark befahrene Donaukanalstraße.

Die Abbildung 17 zeigt das bauliche Umfeld und die Situation, in der die Fassade liegt. Sie erstreckt sich über drei Geschosse, beginnend mit dem dritten Obergeschoss und endet mit dem fünften Obergeschoss des Gebäudes. Vor der Fassade, sowie an den Seiten des zugehörigen Gebäudeteils, erstreckt sich eine Flachterrasse am dritten Obergeschoss (siehe Abbildung 17).

Abbildung 17: Fassade aus nordöstlicher Ansicht. Quelle: GOOGLE EARTH 2017 eigene Überarbeitung

7.1.2 Plangrundlagen

Die Abbildung 18 zeigt den originalen Bauplan der Grundrissansicht des 3. Obergeschosses. aus dem Archiv der BOKU Wien. Die rote Linie markiert den Fassadenbereich.

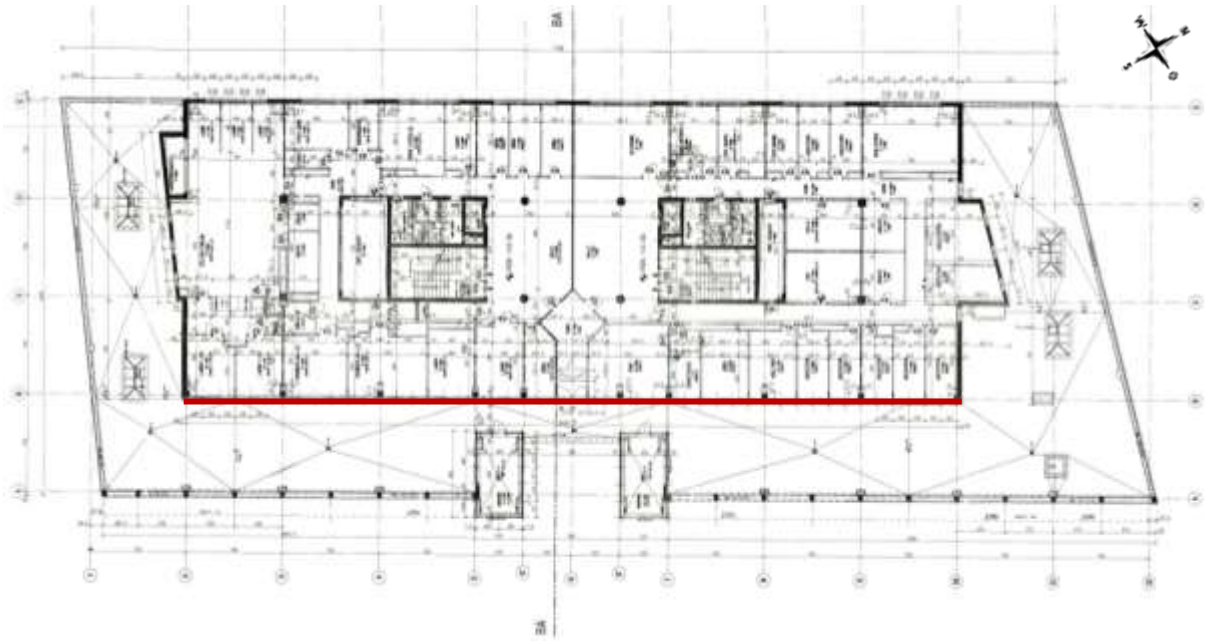


Abbildung 18: Grundriss drittes Obergeschoss. Quelle: AUSWECHSLUNGS UND BESTANDSPLAN (1991) eigene Überarbeitung

Gebäudequerschnitt und Fassadenansicht sind nachfolgend abgebildet.

Abbildung 19: Schnittansicht Muthgasse I. Quelle: AUSWECHSLUNGS UND BESTANDSPLAN (1991) eigene Überarbeitung

Abbildung 20: Gebäudeansicht Muthgasse I aus südöstlicher Richtung. Quelle: AUSWECHSLUNGS UND BESTANDSPLAN (1991) eigene Überarbeitung

Abbildung 21: Fassade aufgenommen von der Dachterrasse aus nordöstlicher Richtung.
Quelle: EIGENE AUFNAHME 2017

7.1.3 Detail Wandaufbau

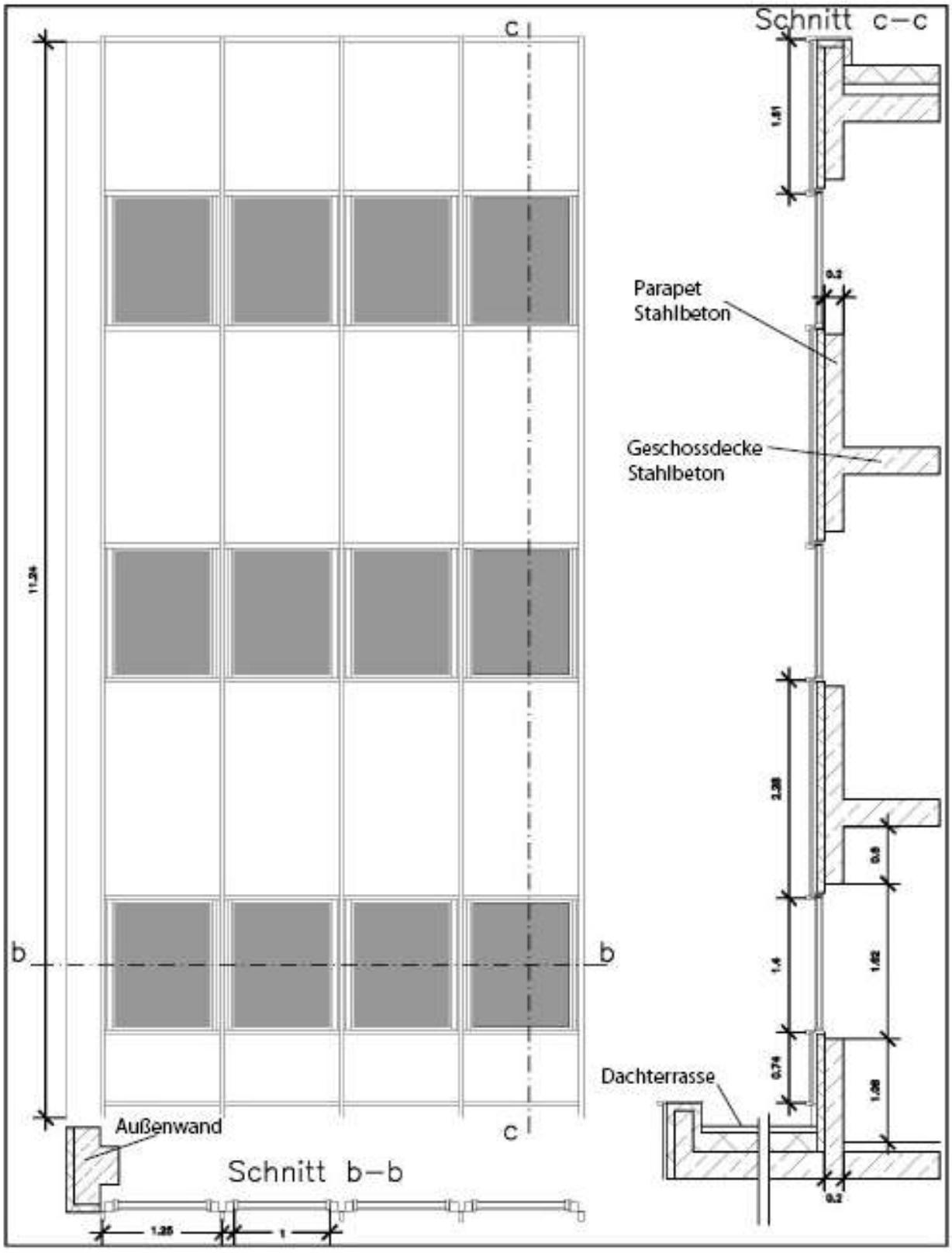


Abbildung 22: Glasfassade Schnitte. Quelle: GLASFASSADE, DET.SCHNITTE (1989) eigene Überarbeitung

Die Abbildung 23 zeigt den Detailschnitt des Dachanschlusses an die Fassade, sowie die Übergangsbereiche der Jalousienfenster zu den Brüstungsgläsern.

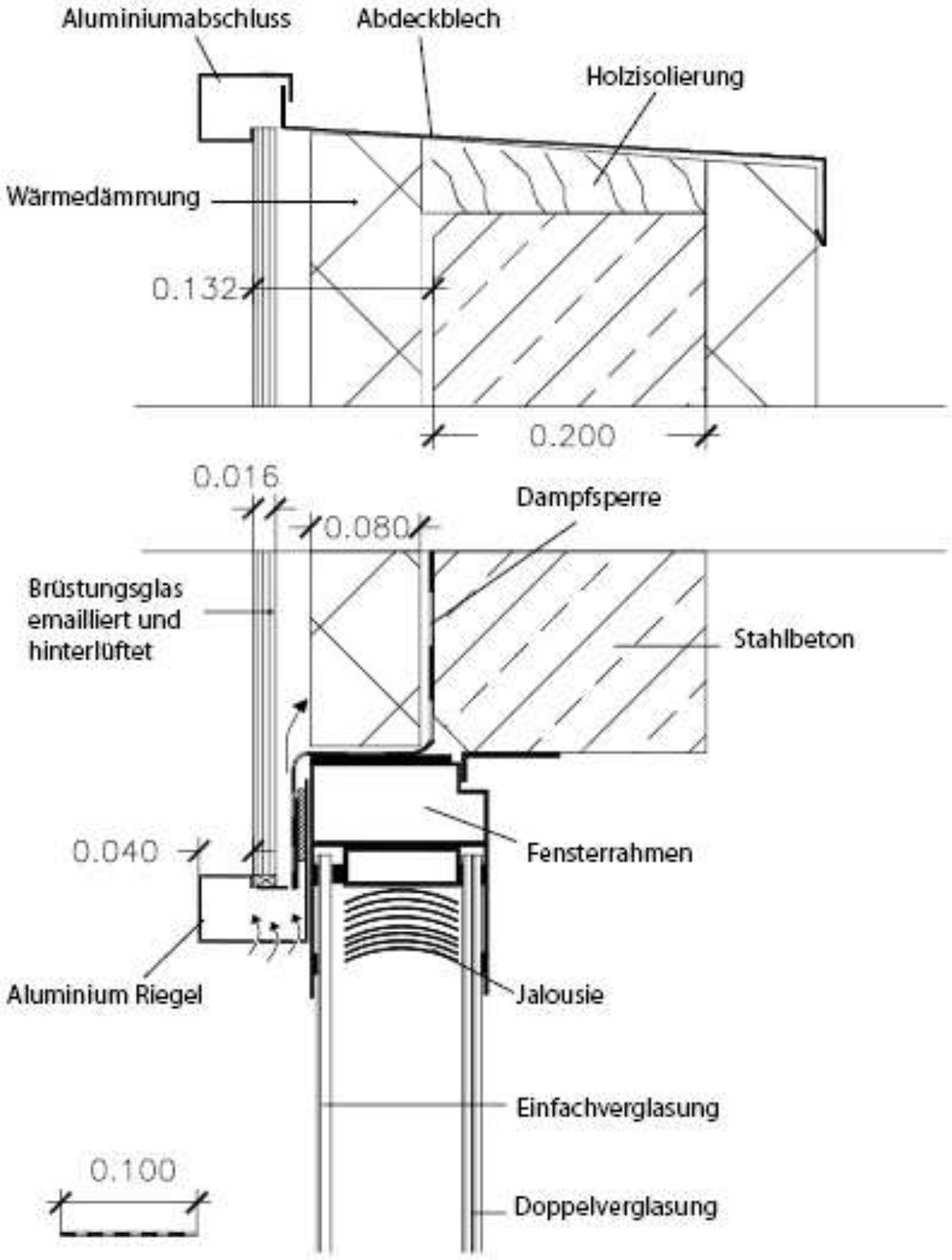


Abbildung 23: Detailzeichnung Fassaden- und Wandaufbau. Quelle: GLASFASSADE, DET.SCHNITTE (1989) eigene Überarbeitung

7.2 Konstruktive Grundlagenermittlung

7.2.1 Ortsbegehung

Um sicher zu gehen, dass die von der Universität zur Verfügung gestellten Plangrundlagen nach wie vor aktuell sind und keinerlei Abweichungen oder Änderungen während des Bauverlaufs vorgenommen wurden, werden stichprobenartig Vergleichsmessungen an der betreffenden Fassade durchgeführt. Dafür wurden vor Ort mit den Plangrundlagen die entsprechenden Kontrollmessungen vorgenommen, um auf dieser Grundlage die Planung der Fassadenbegrünung aufbauen zu können. Daraus ergab sich, dass bis auf einige Millimeter kaum Abweichungen an der Fassadenkonstruktion zu verzeichnen sind, sodass die Digitalisierung der Pläne mit den vom Facility Management zur Verfügung gestellten händisch gezeichneten Fassadenplänen, durchgeführt wurden.

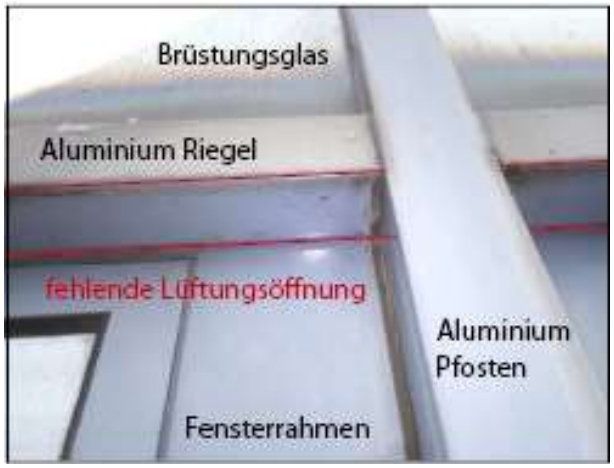


Abbildung 24: Pfosten-Riegel Detailfotografie. Quelle: EIGENE AUFNAHME 2017

Einzige Auffälligkeit bei den Aufmaßarbeiten und bei der Inaugenscheinnahme der Situation vor Ort war, dass die Hinterlüftungsschlitze der Glasfassade nicht zu sehen sind. Die Schlitze sind an der Unterseite der Aluminiumriegel in den originalen Plangrundlagen eingezeichnet (siehe Abbildung 23), an der Fassade aber nicht zu sehen.

Im vorliegenden Fall hat es keine negativen Auswirkungen auf die Durchführung einer Fassadenbegrünung, ob eine Belüftung besteht oder nicht, so dass diese Abweichung der Plangrundlagen vernachlässigt werden kann. Das Fehlen der Hinterlüftungsschlitze kann für die Entscheidungsfindung in Bezug auf die Auswahl des Fassadenbegrünungssystems sogar ein Vorteil sein, da somit auch eine Begrünung mit negativ phototropen Pflanzenarten in Betracht gezogen werden kann. Im Falle eines Fassadenaufbaus mit Hinterlüftungsöffnungen bestünde das Risiko, dass negativ phototrope Pflanzen die vorgestellte Fassade hinterwachsen und Schäden verursachen, wodurch von derartigen Pflanzenarten in Verbindung mit hinterlüfteten Bauteilen dringend abzuraten ist (siehe Tabelle 2).

7.2.2 Konstruktive Verankerung einer Fassadenbegrünung

Bei der betrachteten Fassade der Muthgasse I handelt es sich um eine vorgehängte Pfosten-Riegel- Fassade, in deren horizontalen Fassadenfelder abwechselnd emaillierte Brüstungsgläser und Fensterelemente in Bändern eingespannt sind. Im Verlauf der ExpertInnen-Interviews mit dem Architekturbüro Rataplan sowie mit Professor Alfred Strauss, dem Leiter des Institutes für konstruktiven Ingenieurbau an der BOKU- Wien, wurde an sie die Frage gestellt, ob die

Möglichkeit besteht, eine Fassadenbegrünung an der Pfostenriegelfassade zu befestigen, was in beiden Fällen verneint wurde, da die Aluminiumkonstruktion, für die Zusatzbelastung mit einem Begrünungssystem statisch nicht ausgelegt sei.
Auch die Durchdringung des Brüstungsglases und der Dämmschicht mit Wandankern, um die entstehenden Lasten in den dahinterliegenden Stahlbeton des Parapets abzuleiten, wurde von den ExpertInnen für unwirtschaftlich und nicht durchführbar erklärt.
Als eine Möglichkeit für die Installation einer Begrünung an der Fassade am Gebäude Muthgasse I wurde mittels einer vorgestellten Rahmenkonstruktion gesehen. Diese Rahmenkonstruktion wäre auf der Dachterrasse des 3. Obergeschosses zu gründen und im 6. Obergeschoss über Haltepunkte mit der Dachreling zu verbinden. Die somit neu erzeugte Vertikalebene vor der bestehenden Fassade wäre so zu konstruieren, dass sie die entstehenden Lasten einer Begrünung aufnehmen könnte.

7.2.3 Statik

Für die Beurteilung der Belastbarkeit einer bestehenden Fassade oder des betroffenen Objektes hinsichtlich einer Begrünung mit Rankgerüsten und/oder einer fassadengebundenen Variante müssen die statischen Kennwerte unbedingt durch einen Statiker oder Fachexperten erhoben werden (vgl. WIEN GV 2010 S. 14). Die Konstruktion der Fassadenbegrünung sowie die Gründung der selbigen, müssen auf die maximale Lasteinwirkung ausgelegt sein. Bei der Lasteinwirkung müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Eigengewicht der Konstruktion
- Pflanzengewicht
- Substratgewicht in wassergesättigtem Zustand
- Schnee- und Eislasten

Werden Rankgerüste, Blumentröge oder Bewässerungssysteme an der Fassade montiert, fällt dies in den Geltungsbereich folgender Fachnormen:

- ÖNORM EN 1991-1-3: Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke; Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten
- ÖNORM EN 1991-1-4: Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke; Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten

(vgl. WIEN GV 2010 S. 14).

7.3 Bauphysikalische Grundlagen

Mit dem Grundlagenwissen über die technische Konstruktion der betreffenden Pfosten-Riegel-Glasfassade und dem Wissen über den schichtweisen Aufbau der Wände, werden die bauphysikalischen Eigenschaften der einzelnen Schichten und deren kombinierte Verbauung berech-

net. Im Hinblick auf die Fragestellung dieser Masterarbeit wird besonderes Augenmerk auf die Eigenschaften des Hitzeschutzes gelegt und in weiterer Folge die wärmedämmenden Eigenschaften der Fassade beleuchtet.

7.3.1 Hitzeschutz-Theorie

Grundsätzlich gilt, dass, wenn im Sommer die Raumtemperaturen ohne den Einsatz von Klimaanlagen auf einem behaglichen Niveau gehalten werden sollen, die Kälte der Nacht auszunutzen ist. Das Prinzip dahinter ist das Auffangen der Hitze des Tages durch wärmespeichernde Materialien, welche die gespeicherte Wärme an die kühlere Außenluft der Nacht abgeben. Dadurch sollen die Temperaturschwankungen an der Innenseite des Gebäudes möglichst gering gehalten werden. Ziel ist es, die maximale Temperatur der inneren Wandoberfläche in der zweiten Nachthälfte zu erreichen, was eine zeitliche Verzögerung von ca. 10-12 Std. bedeutet. Dadurch soll erreicht werden, dass der Wärmeeintrag der zweiten Nachthälfte durch Lüften der Räumlichkeiten mit kühler Außenluft ausgeglichen werden kann.
Diese zeitliche Verzögerung der Temperaturmaxima, zwischen Temperaturmaximum auf der Außenseite der Wand und dem Temperaturmaximum der Wandinnenseite, beschreibt der Wert der sogenannten Phasenverschiebung (vgl. PLAG R. 2011 S.1).

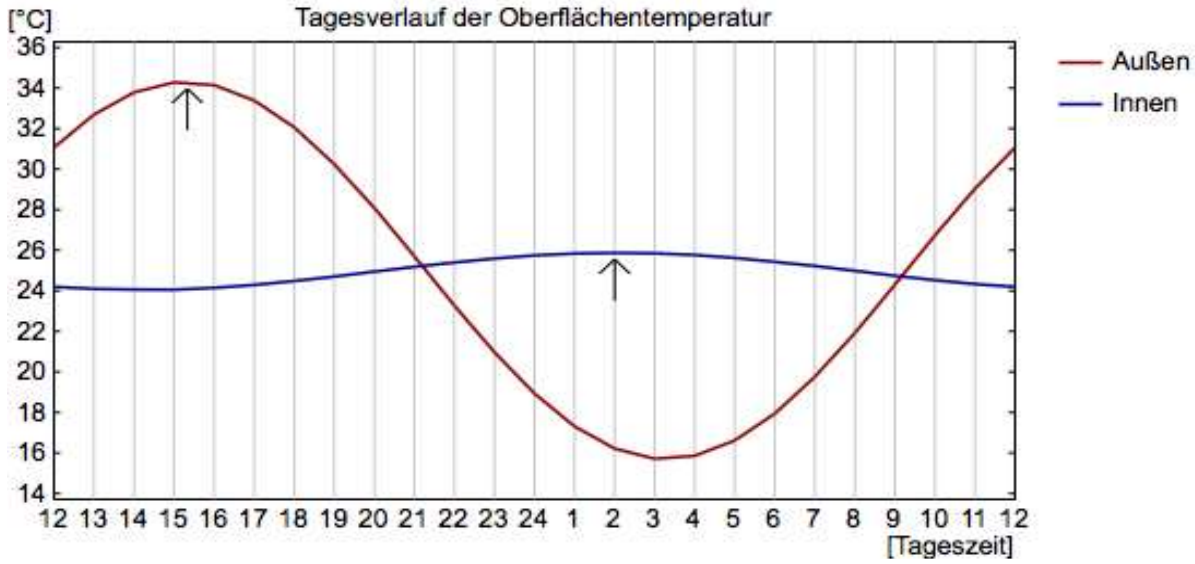


Abbildung 25: „*Temperatur der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche während eines Sommertages. Die Pfeile markieren die Zeitpunkte, bei denen die Temperaturen ihre Höchstwerte erreichen. Der horizontale Abstand in Stunden der beiden Pfeile bezeichnet man als Phasenverschiebung*.“ Quelle: PLAG R. 2011 S.1

Ein weiterer entscheidender Wert, der in Bezug auf den Hitzeschutz eine wichtige Rolle spielt, ist die Temperaturamplitudendämpfung. Dieser Wert beschreibt wie stark die Temperatur der Wandaußenseite im Vergleich zu der Temperatur der Wandinnenseite, schwankt.

Eine Temperaturamplitudendämpfung von 15 bedeutet, dass die Temperaturschwankung der Wandaußenseite 15-mal mehr schwankt als die Temperatur auf der Wandinnenseite.

> Beispiel: 20°C - 40°C Temperaturschwankung außen und 22°C bis 24°C Temperaturschwankung innen, ergibt einen Wert von 10 (20°C/2°C = 10).

Je größer dieser Wert ist, desto besser ist die Amplitudendämpfung. Gute Werte der Temperaturamplitudendämpfung bewegen sich bei ca. 20 und höher (vgl. PLAG R. 2011 S.1).
Bei der Planung eines optimalen Hitzeschutzes gilt es eine Kombination aus dämmenden sowie hitzespeichernden Materialien zu erreichen. Dafür ist darauf zu achten, dass die Wärmedämmenden Stoffe nach außen, während die wärmespeichernden Stoffe nach innen, angeordnet werden. Des Weiteren gilt:

- „[…] *je weiter innen speicherfähige Masse angeordnet wird, umso höher ist deren Beitrag zum Hitzeschutz.*
- „[…] *deshalb sollten vor allem die innersten Schichten eine möglichst hohe Speicherfähigkeit besitzen, d.h. eine möglichst hohe Masse haben.*
- *Dämmstoff auf der Innenseite verbessert den Hitzeschutz praktisch nicht“* (PLAG R. 2011 S.2).

Die Begründung dafür liegt in dem wesentlich höheren Energieeintrag und damit der Erwärmung der Speichermasse wenn ein direkter Kontakt zwischen der Außenluft und der Speichermasse besteht. Eine deutliche Reduzierung des Wärmeeintrags kann durch die thermische Entkopplung zwischen Außenluft und Wärmespeicher mit Hilfe einer Dämmschicht erreicht werden.
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Temperaturamplitudendämpfung und Phasenverschiebung unentbehrliche Werte für die Beurteilung des Hitzeschutzes in Bezug auf ein Bauteil sind. Dennoch sind weitere Faktoren in der Praxis unbedingt zu berücksichtigen, da sie massive Auswirkungen auf den Wärmeeintrag haben können. Der stärkste dieser Faktoren ist jener der direkten Sonneneinstrahlung durch Fensterflächen, da der Wärmeeintrag ca. 200-1000 Mal höher ist als er durch eine gedämmte Wand wäre, wodurch der Wert der Temperaturamplitudendämpfung praktisch bedeutungslos wird.
Um die Sonneneinstrahlung und damit den Wärmeeintrag über großflächige Fenster zu verhindern, sollten diese unbedingt über außenliegende Verschattungseinrichtungen gegen die Sonneneinstrahlung geschützt werden (vgl. PLAG R. 2011 S.2).
Außenliegende Verschattungseinrichtungen bieten grundsätzlich einen besseren Hitzeschutz als ein innenliegender Sonnenschutz, da der nicht sichtbare Teil der Sonneneinstrahlung (ca. 50%), das sogenannte nahe Infrarot, für normale Fensterscheiben relativ einfach zu passieren ist. Diese Strahlen werden an dahinterliegenden Gegenständen absorbiert und in Form von langwelliger Wärmestrahlung wieder an die Umgebung abgegeben. Für diese langwellige Wärmestrahlung ist Glas nahezu undurchlässig, wodurch sie im Rauminneren verbleibt und der

sogenannte Effekt der Wärmefalle oder Treibhauseffekt entsteht. Für einen effektiven Hitzeschutz muss der Sonnenschutz außerhalb der Verglasung liegen, sodass ein Großteil der Strahlung entweder vom Sonnenschutz absorbiert oder reflektiert wird. Damit wird eine Erhitzung der dahinterliegenden Räumlichkeiten minimiert (vgl. JUNKER S. ET AL. S.2005 S.1)

7.3.2 Hitzeschutzberechnung Muthgasse I

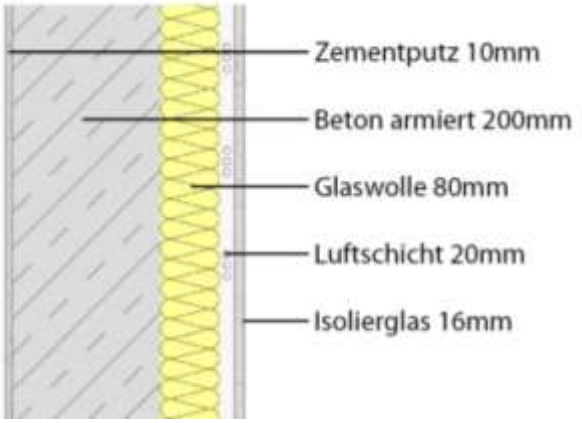


Abbildung 26: Fassadenaufbau U-Wert Rechner. Quelle: U-WERT.NET 2017 eigene Überarbeitung

Für die Hitzeschutzberechnung der betreffenden Fassade in der Muthgasse I wurden die Schichten der Fassadenkonstruktion ihrer Stärke entsprechend in die Tabelle eines im Internet zur Verfügung gestelltes Berechnungsprogrammes eingegeben (vgl. U-WERT.NET 2017). Das Programm berechnet für die Phasenverschiebung einen Wert von 7,7 Stunden, was deutlich unter dem empfohlenen Wert von 10-12 Stunden liegt und dadurch ein Indiz für einen mangelnden Hitzeschutz ist. Für die Amplitudendämpfung wurde ein Wert von 67,1 berechnet, der im Vergleich zu einem für gut befundenen Wert von ca. 20, diesen weit überschreitet. Dieser Wert würde auf eine sehr gute Wärmedämmung schließen lassen, verliert aber vor dem Hintergrund der großen unverschatteten Fensterflächen seine Bedeutung, da die massive Sonneneinstrahlung einen vielfach höheren Einfluss auf den Hitzeeintrag hat (vgl. Kapitel 7.3.1).

7.3.3 Wärmedämm-Theorie

Für den Wärmeschutz von Bauteilen im Hochbau ist der Wärmedurchgangskoeffizient, auch U-Wert und früher k-Wert genannt, einer der wichtigsten Rechengrößen. Er wird hauptsächlich für die Beurteilung von Bauteilen hinsichtlich ihrer Wärmedämmeigenschaften verwendet. In der Normierung und den Wärmedämmvorschriften nimmt er eine zentrale Stellung ein und macht die unterschiedlichen Materialien bezüglich ihrer Wärmedämmfähigkeit vergleichbar (vgl. MARTI K. 2002 S.1).

Grundsätzlich gilt: je kleiner der U-Wert desto besser die Dämmwirkung des Bauteils (vgl. DEPLAZES A. 2013 S.217). Nach dem ÖSTERREICHISCHEN INSTITUT FÜR BAUTECHNIK 2015 S.6 dürfen bei der Neuerrichtung eines Gebäudes oder eines Gebäudeteils die Wände gegen Außenluft einen U- Wert von 0,35 nicht überschreiten. Im Vergleich dazu legt die deutsche Energieeinsparverordnung (EnEv) von 2014, diesen Wert für Neu- und Umbauten bei 0,24 fest (vgl. TUSCHINSKI M. 2014 S.7).

7.3.4 U-Wertberechnung Muthgasse l

Die U-Wertberechnung kann mit demselben zur Verfügung gestellten Programm, welches für die Temperaturamplitudenrechnung und die Phasenverschiebung eingesetzt wird, auf der Internetseite u-wert.net, durchgeführt werden. Dabei ergab die Berechnung für die Situation in der Muthgasse l einen U-Wert von 0.43, was den heutigen Anforderungen an Neu- und Umbauten, die den Wert von 0,36 erfüllen müssen, nicht mehr entspricht.

7.4 Fazit Grundlagenermittlung zum Planobjekt

Die Untersuchung der Fassadenkonstruktion sowie der verwendeten Materialien ergaben, dass neben dem Hitzeschutz ebenfalls die Wärmedämmung der Fassade, unzureichend ist.

Als Hauptursache für die sommerliche Erhitzung des Gebäudes sind jedoch die großen Fensterflächen verantwortlich, da sie mit einer südöstlichen Exposition und einer hohen direkten Strahlung aufgrund des flacheren Einfallwinkels ausgesetzt sind (vgl. SEIBERT P. 2015 S.17). Trotz bestehender Verschattungseinrichtungen mit einem Jalousiensystem im Scheibenzwischenraum der Fensterelemente, bei dem die Jalousien zwischen einer Einfachverglasung zum Aussenraum und einer Doppelverglasung zum Innenraum, im Fensterrahmen aufgehangen sind (siehe Abbildung 23), ist der Wärmeeintrag durch die Fensterflächen sehr hoch. Der Grund dafür liegt darin, dass die Verschattungseinrichtung nicht außerhalb des Gebäudes liegt, wodurch kein ausreichend wirksamer Wärmeschutz erzielt wird (siehe Kapitel 7.3.1 Hitzeschutz-Theorie).

Daraus erschließt sich, dass die äußere Verschattung der Fensterflächen einen weitaus höheren effektiven Hitzeschutz erzielt, als die nachträgliche Dämmung der verglasten Fassadenbereiche erzielen würden. Dies gilt es in der Planung einer Fassadenbegrünung für die betreffende Glasfassade des Universitätsgebäudes zu berücksichtigen und in den Planungsvorschlag zu integrieren.

8 Planungsvorschlag

Mit den gewonnenen Erkenntnissen aus der strukturierten Literaturrecherche, den ExpertInnen-interviews und der genaueren Untersuchung der Bausubstanz sowie der Lage der betroffenen Fassade, wird ein Planungsvorschlag für die Glasfassade in der Muthgasse I entwickelt.

8.1 Ideenfindung

Auf der Suche nach einer geeigneten Begrünungsvariante für die bestehende Glasfassade wurden Überlegungen angestellt, bei denen die Verschattung der Fensterflächen möglichst effektiv gegeben ist. Eine Option wäre, die Begrünung der gesamten Fassadenflächen mit sommergrünen Kletterpflanzen. Die sommerliche Belaubung würde in den heißen Monaten eine Bedeckung der gesamten Fassadenfläche bedeuten. Damit wäre der Wärmeeintrag über die Sonneneinstrahlung durch die Glasscheiben, sowie die starke Erhitzung der emaillierten Brüstungsgläser, verhindert. Da bei der Verwendung von sommergrünen Pflanzen im Winter eine Verschattung durch die Blattmasse wegfällt, wäre die Sonneneinstrahlung auf die Fassade in den kalten Jahreszeiten gegeben und der gewünschte winterliche Wärmeeintrag bliebe erhalten. Diese Form der Fassadenbegrünung verhindert während der Belaubungsphase das Einstrahlen des diffusen Tageslichts, wodurch die Räumlichkeiten stark verdunkelt würden. Außerdem würde durch unmittelbar vor den Scheiben wachsendes Ast- und Blattwerk, die Sicht aus den Fenstern verhindert.

Um eine sommerliche Beschattung der Fenster zu gewährleisten, ohne aber das diffuse Licht abzuschirmen, bietet sich eine Gestaltungsidee nach dem Vorbild der Funktionsweise eines Sonnensegels als geeignete Begrünungsmöglichkeit an. Dabei ist die Verschattungseinrichtung so ausgerichtet, dass sie die direkte Sonneneinstrahlung weitestgehend verhindert, die Einstrahlung des diffusen Lichts jedoch nicht verdeckt. Mit der Idee einer vegetativen Verschattungseinrichtung wurden Referenzprojekte gesucht und auf die Anwendbarkeit bezüglich der BOKU-Fassade hin beurteilt.

8.2 Konzeptbeispiele

8.2.1 Begrünungsvorhang

Abbildung 27: Institutsgebäude für Physik am Campus Adlershof der Humboldt-Universität zu Berlin mit sommergrüner Fassadenbegrünung. Quelle: ENERGIE-BAU.AT 2015

Ein Fassadenbegrünungskonzept, das der Begrünungsidee für die BOKU-Fassade entspricht, ist z.B. die Begrünung des Institutsgebäudes für Physik in Berlin Adlershof. In Trögen gepflanzte sommergrüne Kletterpflanzen bilden einen Pflanzenvorhang und beschatten Fensterflächen mit dahinterliegenden Räumlichkeiten, im Sommer. Durch Laubabwurf der Pflanzen im Winter werden Licht- und Wärmeeintrag der Sonnenstrahlung genutzt. Da sich zwischen der Begrünung und den Räumlichkeiten ein Laubengang befindet, ist der direkte Blick aus dem Fenster in diesem Fall, nicht behindert.

8.2.2 Grüne Sonnensegel

Abbildung 28: Fassadenbegrünung MA 31. Quelle: EIGENE AUFNAHME 2017

Ein weiteres Beispiel für ein Begrünungskonzept, bei dem mittels einer Begrünungsvariante die Verschattung von Fensterflächen erreicht wird, ist das Amtsgebäude der Magistratsabteilung 31, Wiener Wasser. Bei diesem Begrünungskonzept des Architekturbüros Rataplan sind Rankgerüste im rechten Winkel an der Fassade angebracht, welche mit hauptsächlich sommergrünen Kletterpflanzen bewachsen sind. In den laubtragenden Jahreszeiten beschatten diese “Pflanzensegel”, bei entsprechender Pflanzenentwicklung, die Fensterflächen der Fassade zu einem Großteil. Zusätzlich angefertigte Sonnenschutzblenden und der Schattenwurf der Pflanztröge bieten ebenfalls eine Verschattung der Fensterflächen, wodurch die direkte Sonneneinstrahlung effektiv reduziert werden konnte. Durch Berechnungen des Schattenwurfs zu unterschiedlichen Sonnenständen, konnte die Verschattungswirkung der begrünten Segel belegt, und die Lamellen der Sonnenschutzblenden entsprechend angefertigt werden. Die freie Sicht aus den Fenstern bleibt bei dieser Begrünungskonstruktion ganzjährig bestehen.

8.3 Übertragung des Konzeptes Rataplan auf die Glasfassade der Muthgasse I

Die Konzeptidee des Architekturbüros Rataplan kann in abgewandelter Form als Grundlage für die Fassadenbegrünung der BOKU-Fassade in der Muthgasse I dienen, da sie eine Reihe baulicher und funktioneller Grundlagen gemein haben:

- Sommerliche Hitzeproblematik
- Kein Bodenanschluss möglich
- Keine Lastabtragung an die Fassade möglich
- Sonneneinstrahlung bei niedrigem Sonnenstand (südwestliche Exposition)

Auf dieser Konzeptidee basierend wird im folgenden Teil der Arbeit ein entsprechender Entwurf erstellt, für dessen Entwicklung durch ein dreidimensionales Simulationsprogramm (Sketchup) die Situation in der Muthgasse I konstruiert wird. Anhand des 3D- Models können dann die verschattenden Auswirkungen eines Begrünungsvorschlags, beurteilt werden.

8.4 Entwurf

Die Annahme ist, dass in den Monaten von Mitte April bis Mitte September die Hitzeproblematik auftritt und die direkte Sonneneinstrahlung zu einer Überhitzung der dahinter liegenden Räumlichkeiten führt.

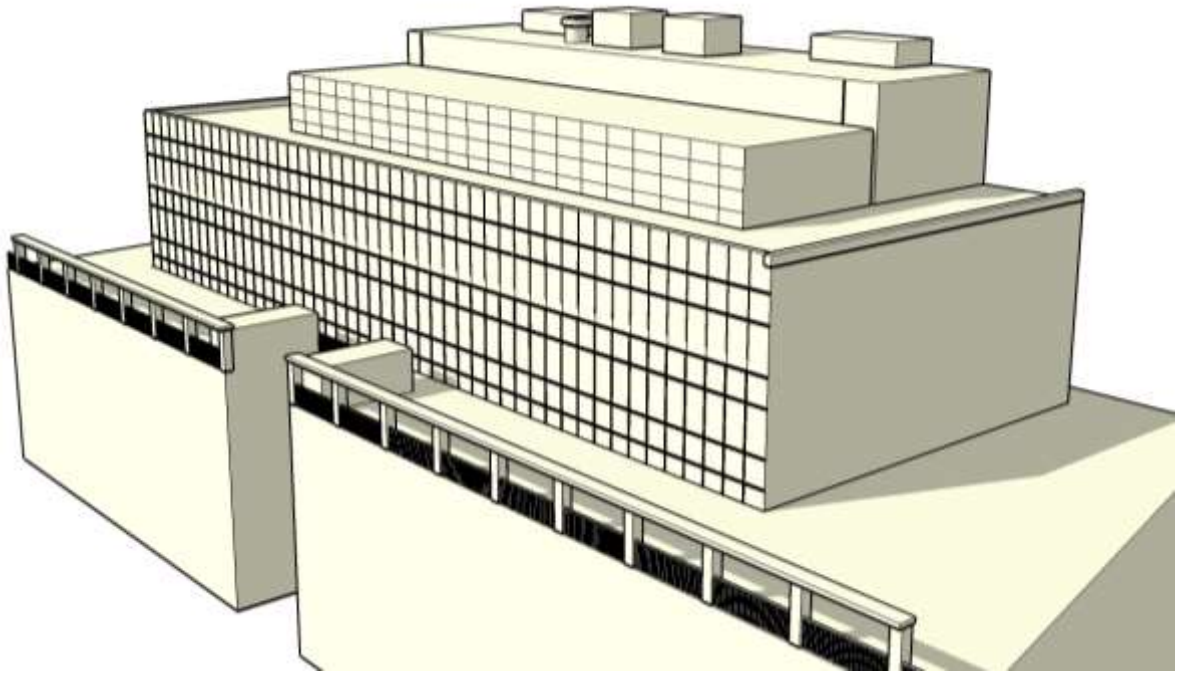


Abbildung 29: 3D Modell der Fassade in der Muthgasse I derzeitige Situation. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

Mit der drei dimensionalen Simulation des Gebäudes unter Berücksichtigung der Seehöhe über Normalnull und der entsprechenden Exposition der Fassade wurde die Sonneneinstrahlung auf die Fassadenfenster zu unterschiedlichen Jahreszeiten ermittelt.
Es wurden für die Fensterflächen der Fassade in derzeitiger Situation folgende Werte der Sonneneinstrahlung festgestellt:

Tabelle 11: Sonneneinstrahlung auf Fassade ohne Begrünung berechnet nach Sketchupmodellierung. Quelle: eigene Tabelle

Datum	**Sonnenaufgang**	**„Sonnenuntergang“ (Fassade liegt im eigenen Gebäudeschatten)**	**Gesamtzeit Besonnung der Fensterflächen**
15. Apr.	07:13	13:18	7:13 Std.
15. Jun.	08:10	12:55	8:10 Std.
15. Sep.	06:52	13:24	6:52 Std.

Die Fassade in derzeitiger Ausführung hat keinerlei verschattende Einrichtungen, sodass die Fensterflächen in den Zeiten der Besonnung zu 100% besonnt sind. Durch eine Fassadenbegrünung sollen die Besonnungszeiten sowie die unverschatteten Flächen der Fenster, reduziert

werden. Anhand der 3D-Simulation wurden die verschattenden Auswirkungen einer Entwurfsidee überprüft. Unter Berücksichtigung gestalterischer Gesichtspunkte wurde daraus folgender Entwurf entwickelt:

8.4.1 Grafische Darstellung

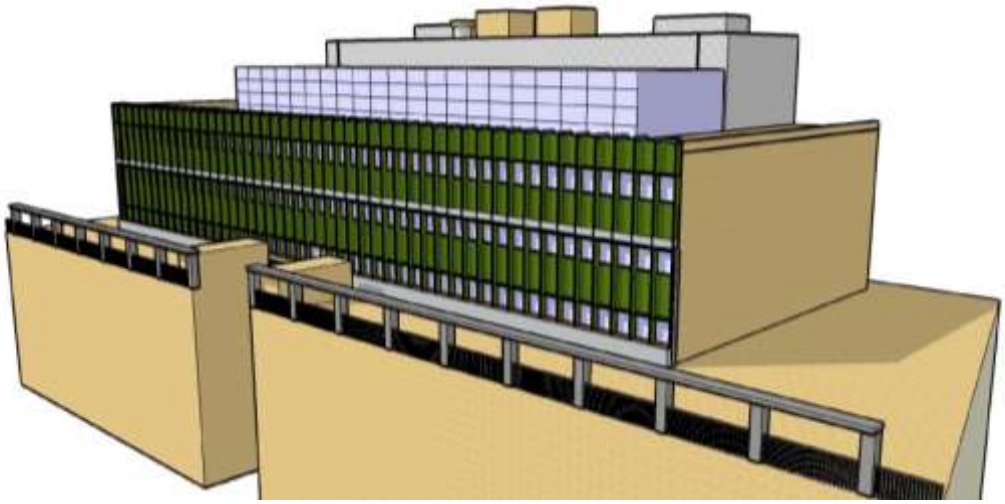


Abbildung 30: Grafische Darstellung der Begrünungskonstruktion, Gesamtansicht. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

8.4.2 Grafisches Detail

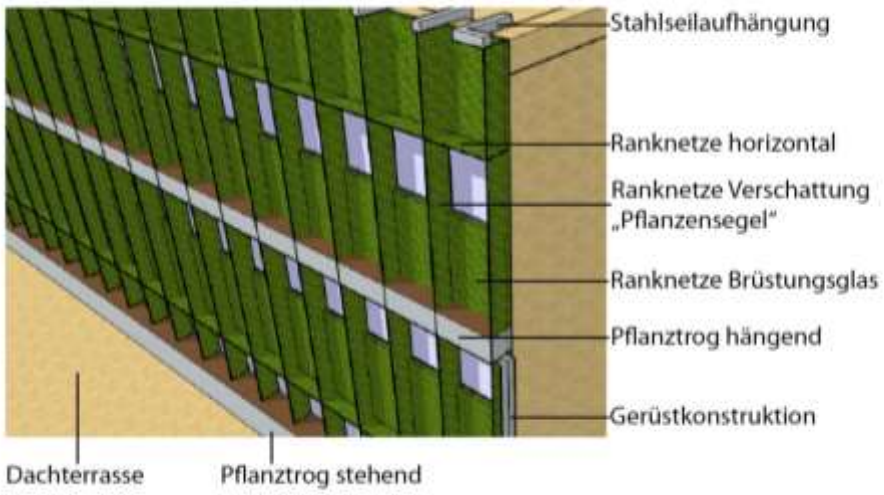


Abbildung 31 Grafisches Detail der Begrünungskonstruktion. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

8.4.3 Detailansicht

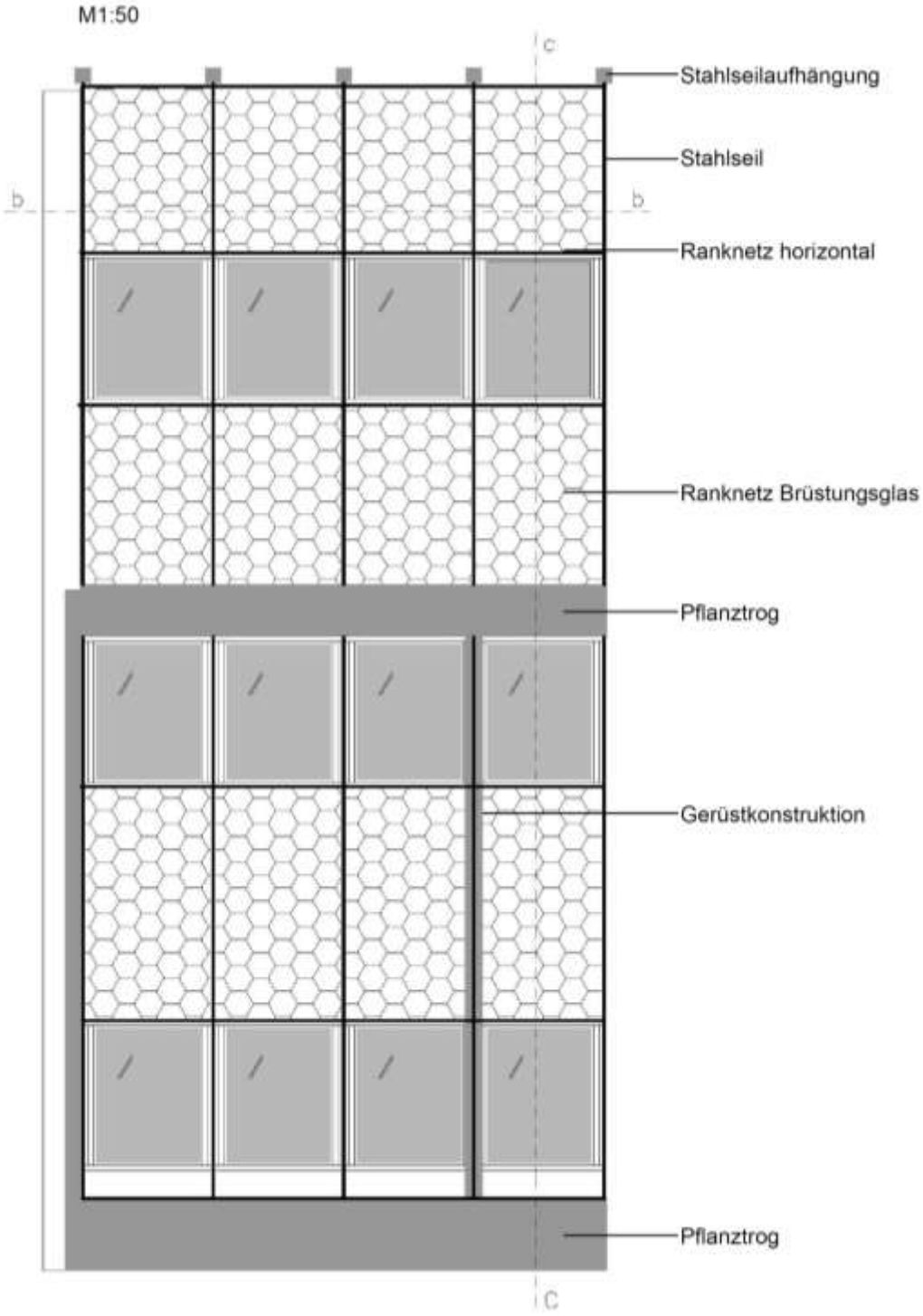


Abbildung 32: Detailansicht Entwurf der Konstruktionselemente. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

8.4.4 Schnitt

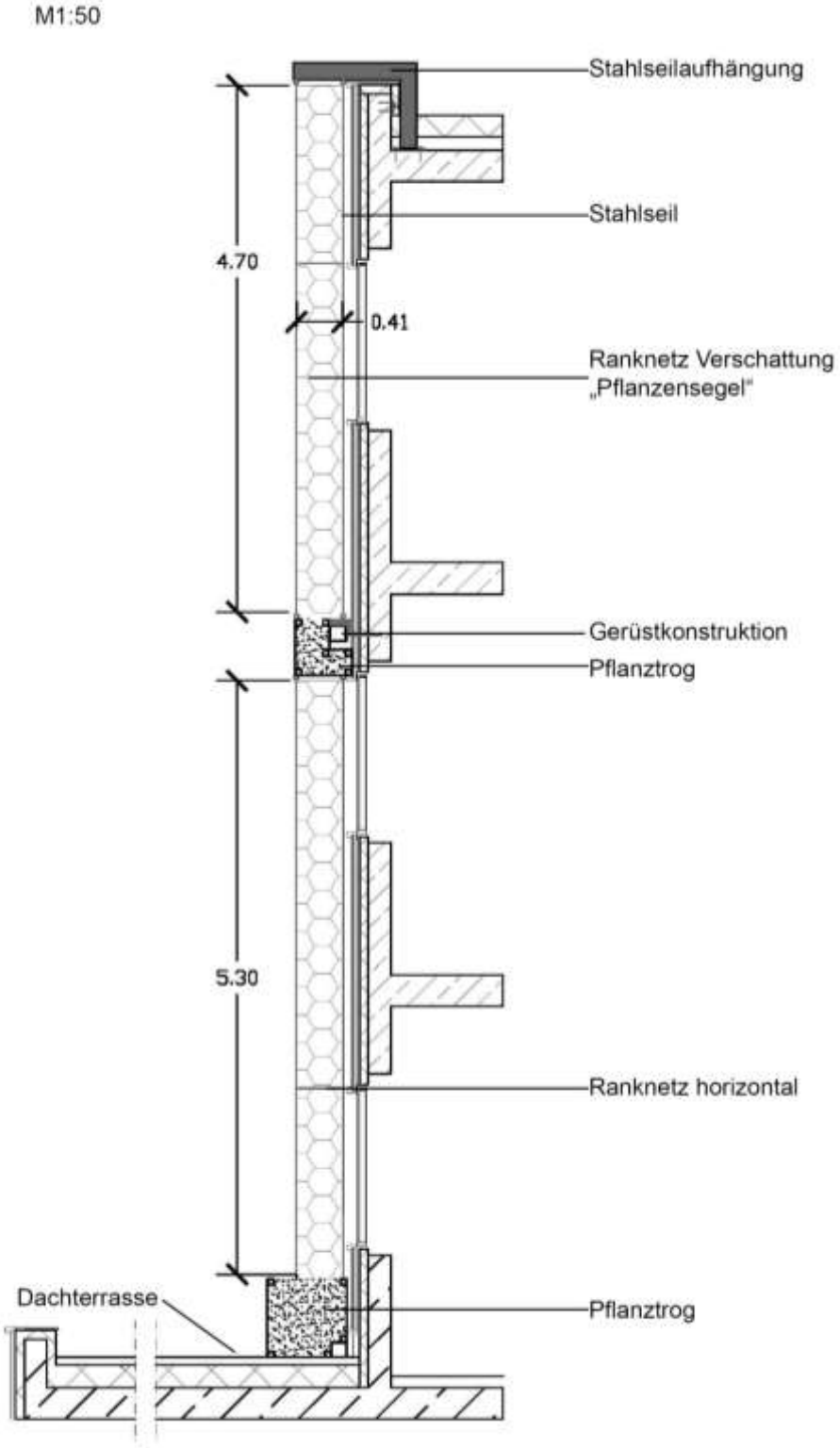


Abbildung 33: Schnittansicht der Konstruktionselemente. Quelle:
EIGENE ABBILDUNG 2017

8.4.5 Detailschnitt Stahlseilaufhängung

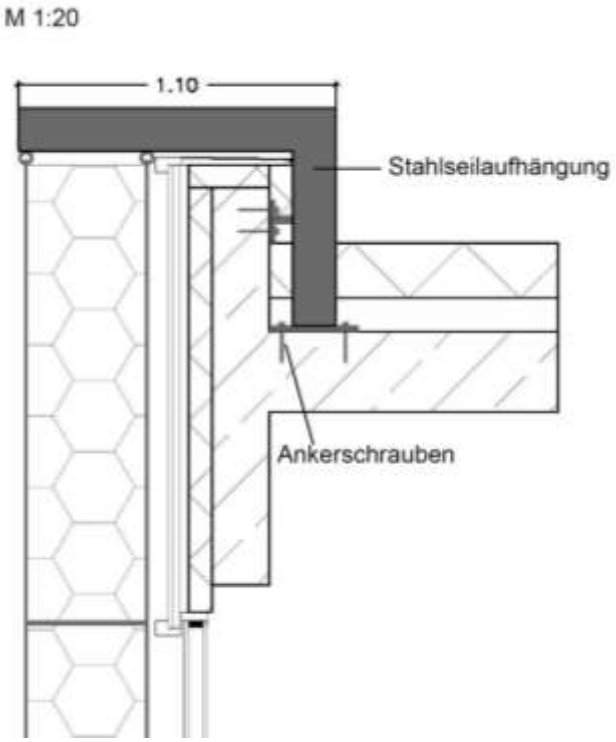


Abbildung 34: Detailschnitt Stahlseilaufhängung. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

Die genau bauliche Ausführung der Stahlseilaufhängung ist abhängig von einer statischen Untersuchung der Situation, um dadurch die Bauweise des Bauteils den Belastungen entsprechend auszuführen. Weiterführende Überlegungen dazu werden in Kapitel 10.1 vorgestellt.

8.4.6 Detailschnitt Pflanztrog Dachterrasse

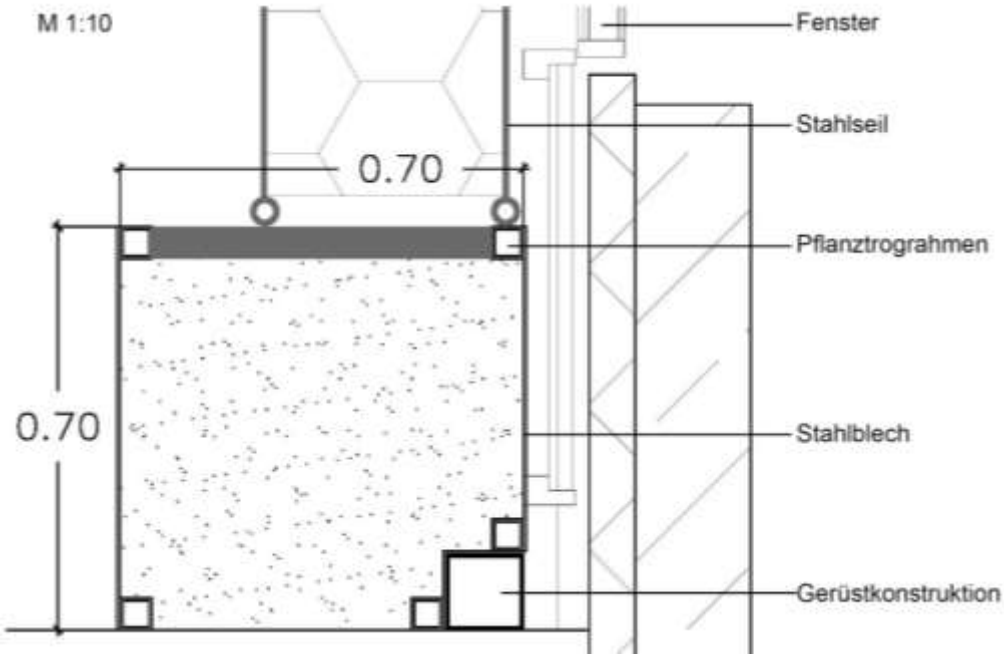


Abbildung 35:Schnittansicht Pflanztrog auf Dachterrasse. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

8.4.7 Detailschnitt Pflanztrog hängend

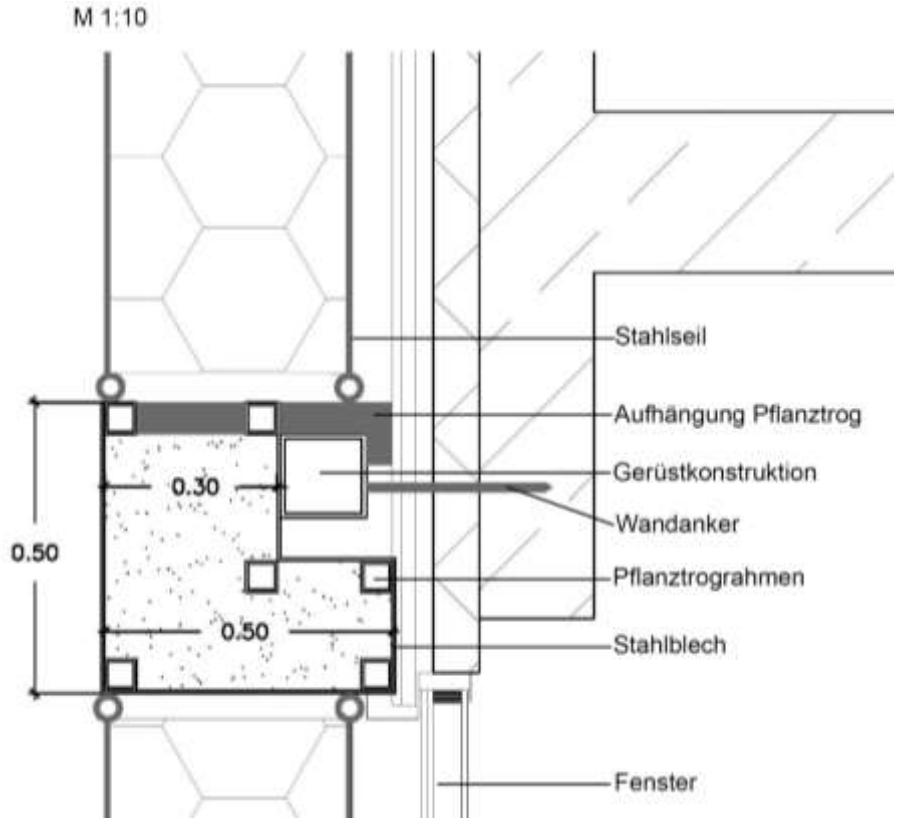


Abbildung 36: Detailschnitt Pflanztrog aufgehangen. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

8.4.8 Perspektive: Pflanztrogkonstruktion

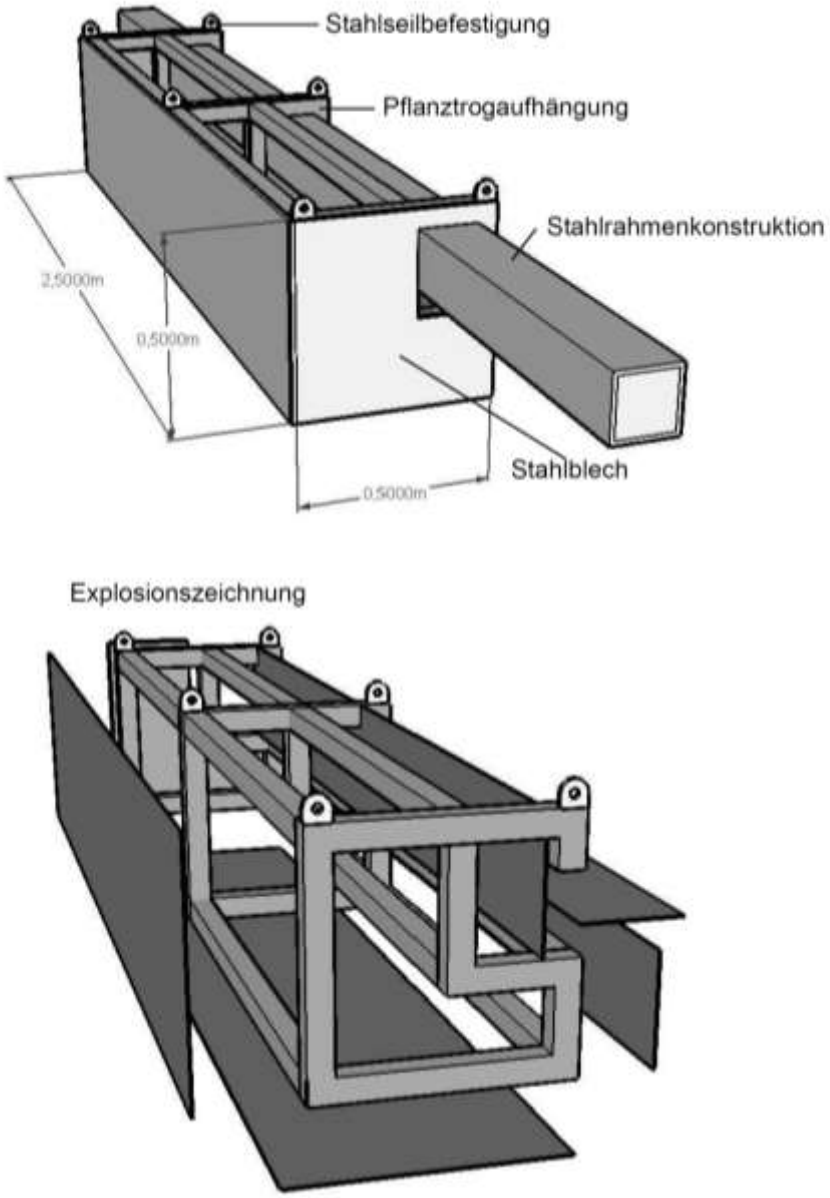


Abbildung 37: Perspektivische Darstellung der Pflanztrogaufhängung. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

8.5 Schattenstudie

Sowohl die horizontalen Ranknetze als auch die seitlich der Fenster angebrachten Ranknetze (Pflanzensegel) sollen eine Beschattung der Fensterflächen bewirken. Dadurch lägen die Fensterflächen zu Zeiten der Besonnung teilweise im Schatten (siehe Abbildung 38).

Um die Auswirkungen des Schattenwurfs der Begrünung auf die effektive Besonnungszeit der Fensterflächen beurteilen zu können, wurde im Laufe eines Tages zu unterschiedlichen Jahreszeiten, im Abstand von einer halben Stunde die Verschattung der Fensterflächen, mit dem Si-

Abbildung 38: Beispiel prozentuale Verschattung der Fensterflächen. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

mulationsprogramm Sketchup, visualisiert. Diese Daten wurden gesammelt und in Kurvendiagrammen dargestellt (siehe Abbildung 39, Abbildung 40 und Abbildung 41). Damit lassen sich sowohl die Besonnungszeiten als auch die Größe der besonnten Fensterfläche vergleichen.

Für die Erhebung der Daten zu der Schattenstudie gilt die Annahme, dass die Pflanzen soweit entwickelt sind, dass die Blattmasse keine direkten Sonnenstrahlen passieren lässt.

Außerdem wird bei der Datenerhebung ab dem Moment in dem die Fassade direkt besonnt ist, immer die gleiche Bestrahlungsstärke angenommen, unabhängig von dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlung. Damit ist der Faktor der Bestrahlungsstärke auf die Fassade als Mittel zwischen vormittäglicher sehr hoher und nachmittäglicher geringerer Bestrahlungsstärke zu verstehen.

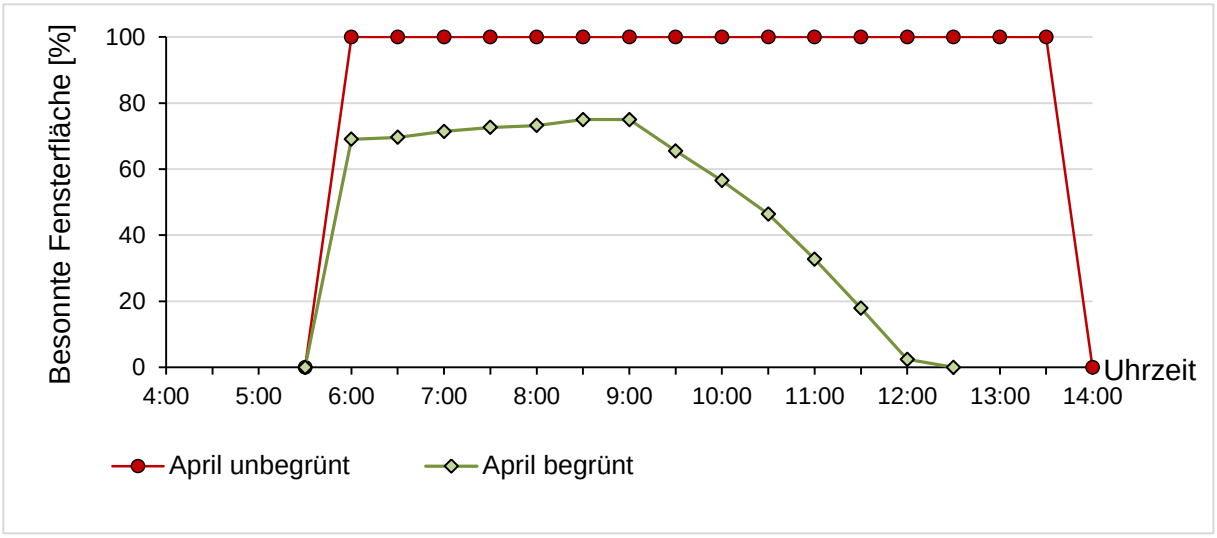


Abbildung 41: Kurvendiagramm Besonnung April. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

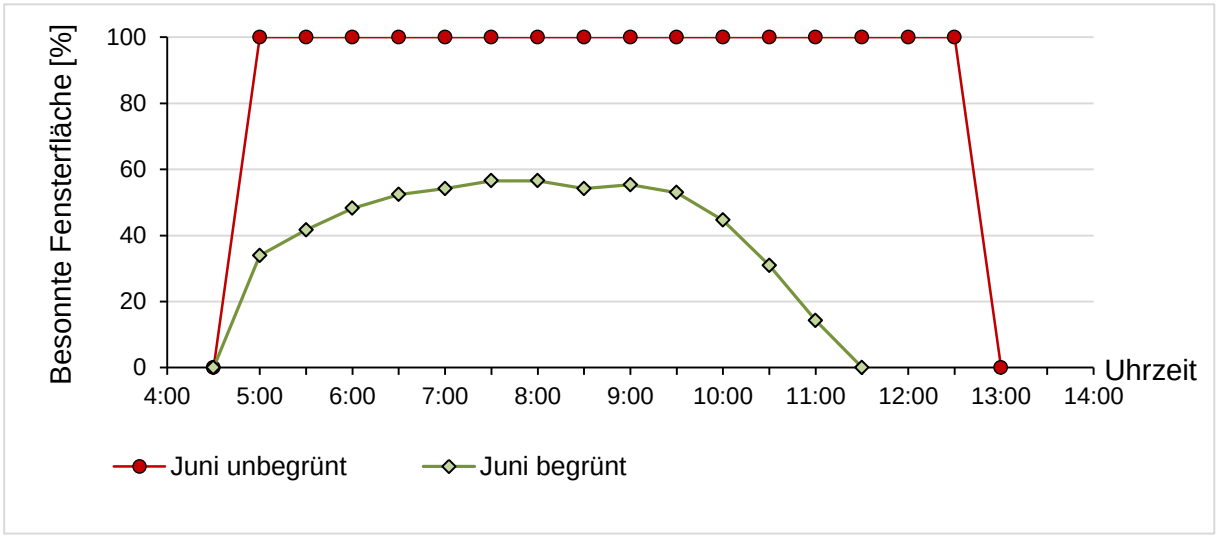


Abbildung 39: Kurvendiagramm Besonnung Juni. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

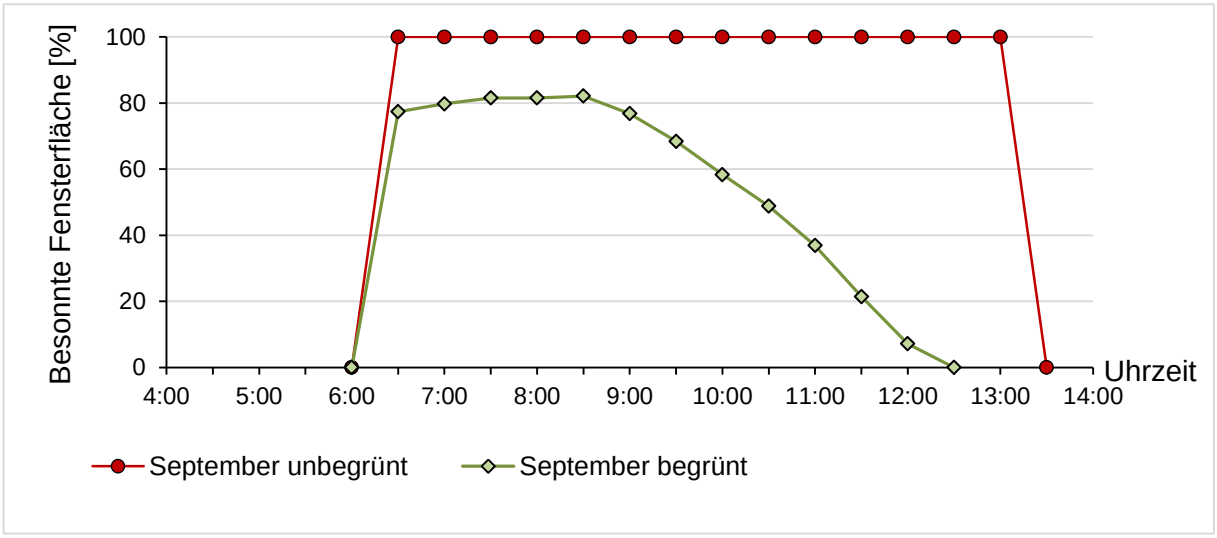


Abbildung 40: Kurvendiagramm Besonnung September. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

Die rote Kurve zeigt, dass die unbegrünte Fassade ab dem Zeitpunkt des Sonnenaufgangs, einer hundertprozentigen Besonnung ausgesetzt ist, bis die Fassade in ihrem eigenen Schatten liegt.

Die grüne Kurve zeigt die Verschattung der Fensterflächen durch die Fassadenbegrünung. Durch den unterschiedlichen Sonnenverlauf, abhängig von den Jahreszeiten, sind auch die Kurven zu den Besonnungszeiten der Fassade unterschiedlich. Es wird deutlich das die Begrünung, zu allen Jahreszeiten eine Verringerung der Besonnung der Fensterflächen bewirkt. Die Besonnung der Fensterflächen zu den jeweiligen Jahreszeiten zw. 6:00 und 14:00, sowie im Jahresmittel, sind in den Balkendiagrammen in Abbildung 42 und Abbildung 43 zusammengefasst.

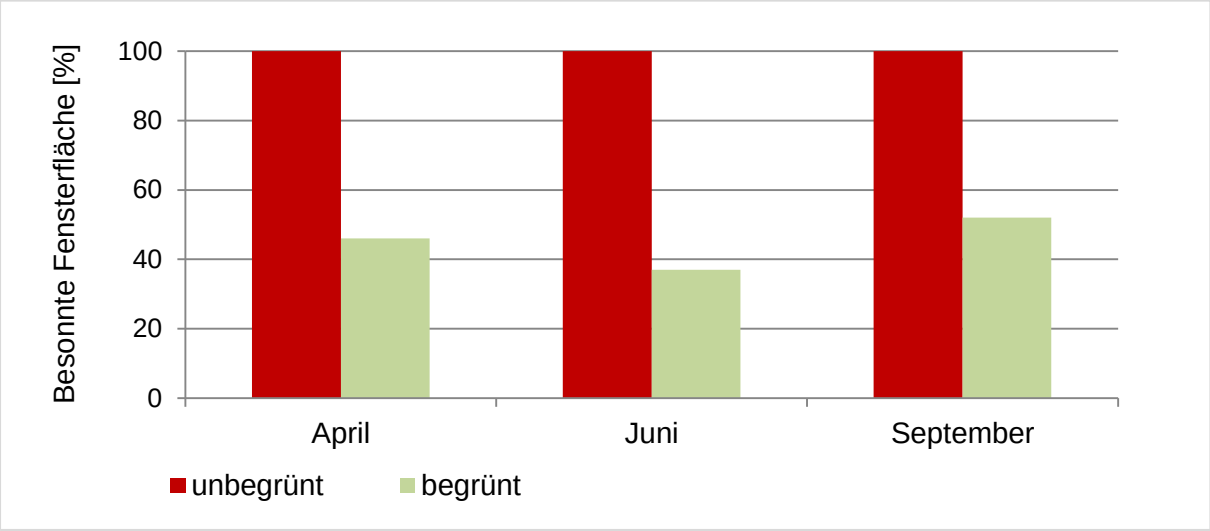


Abbildung 42: Balkendiagramm Besonnte Fensterfläche April, Juni, September. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

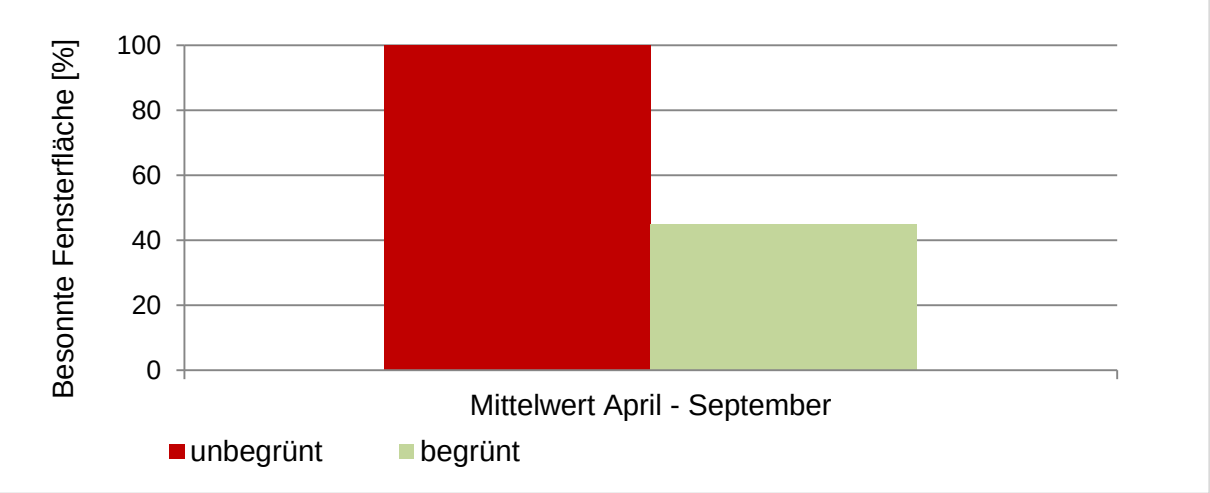


Abbildung 43: Balkendiagramm Besonnte Fensterfläche Mittelwert. Quelle : EIGENE ABBILDUNG 2017

8.6 Bepflanzung und technische Ausstattung

Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf die konstruktive Ausführung einer nachträglichen Begrünung einer Glasfassade. Auf die Auswahl eines geeigneten Pflanzsubstrates bzw. die Bewässerungstechnik wird im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit nicht weiter eingegangen. Aktuelle Informationen zu mineralischen Substraten sind der ÖNORM L1131, sowie im Leitfaden des Verbandes für Bauwerksbegrünung enthalten. Zusammengefasst, haben geeignete Substrate folgende Eigenschaften aufzuweisen:

- hohe Formstabilität
- geringes Gewicht
- geringer Humusgehalt – abgestimmt auf Pflanzenauswahl
- hohe und gleichmäßige Wasserspeicherfähigkeit
- ausreichende Luftkapazität bei Wassersättigung
- gute Aufnahmefähigkeit für Nährstoffe
- gute Stabilität gegen pH-Wert Verschiebung (z. B. durch sauren Regen)
- frei von Schädlingen, Krankheitserregern und Samenverunreinigungen
- kein zu hoher Feinanteil, um Verschlämmen und Verhärten zu vermeiden

(vgl. WIEN GV 2010 S.32).

Bei den Bewässerungsanlagen fassadengebundener Begrünungen setzen sich laut Interviewaussagen von Vera Enzi, die modernen automatischen Bewässerungssysteme, sogenannte „*smart irrigation systeme*“, weiter durch. Die meisten dieser Bewässerungssysteme arbeiten mit Tropfbewässerungen in Kombination mit Feuchtesensoren. Die gemessenen Werte der Bodenfeuchte, des Regenniederschlags oder der Luftfeuchte, werden ausgewertet und damit das Bewässerungsprogramm bedarfsgerecht modifiziert (vgl. WIEN GV 2010 S.36).

Da an Fassadenbegrünungen zwischen den Stockwerken starke Unterschiede und wechselnde Bedingungen herrschen, kann der Wasserbedarf stark variieren. Um diesen wechselnden Ansprüchen gerecht zu werden, sollten die Bewässerungen mit multiplen Regelkreisen ausgestattet sein, um dadurch die verschiedenen Bereiche entsprechend mit Wasser zu versorgen (vgl. SLANOVC K. 2017 S.19).

Ein weiteres zu berücksichtigendes technisches Kriterium für den Bau fassadengebundener Begrünungen ist die Auswahl der verwendeten Materialien. Es muss insbesondere darauf geachtet werden, dass die Brandschutzbestimmungen, sowohl bei der Wahl der Rankhilfen, als auch bei der Auswahl der Pflanzgefäße erfüllt werden. Zu beachtende Grundsätze dabei sind:

- Einsatz von nicht brennbaren bzw. normal entflammbaren Stoffen in den Aufbauschichten
- Entfernen eines zu hohen und dichten oberirdischen Pflanzenbestandes im vertrocknenden Zustand

- Bei mehrstöckiger Begrünungshöhe muss das Überspringen der Flammen von Stockwerk zu Stockwerk verhindert werden (Brandabschottung).
- Die Materialien der Fassade müssen den Brandschutzbestimmungen der ÖNORMEN, OIB entsprechen

(ÖNORM EN 13501-1, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihren Brandverhalten- Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten, ÖNORM B 3806 Anforderungen auf Brandverhalten von Bauprodukten und Baustoffen) (vgl. WIEN GV 2010 S.17).

8.6.1 Pflanzenwahl

Bei der Auswahl der Kletterpflanzen für dieses Projekt soll ausschließlich mit Gerüstkletterpflanzen gearbeitet werden. Gerüstkletterpflanzen sind im Gegensatz zu Selbstklimmern in ihrer Ausbreitung leichter einzudämmen, da sie für ihren Wuchs auf die Rankhilfen angewiesen sind und so in ihrer Ausbreitung auf die Maße der Rankhilfen begrenzt sind (siehe Kapitel 5.2.2).
Ein weiteres Kriterium bei der Pflanzenauswahl für dieses Projekt stellt der Standort dar. Durch die Höhe des Gebäudes und die windexponierte Lage, dürfen die verwendeten Pflanzen nicht empfindlich gegen Wind sein, da sie sonst Schaden nehmen könnten. Außerdem ist bei der Pflanzenauswahl darauf zu achten, dass keine reinen Schattenpflanzen verwendet werden, da besonders in den Vormittagsstunden eine hohe Strahlungsintensität auf die Pflanzen zu erwarten ist. Dies wird besonders in der Anwuchsphase durch die Reflektionen der Glassfassade verstärkt, wodurch auch der Pflanzzeitpunkt zu beachten ist. Im Expertinneninterview mit Vera Enzi, wurde empfohlen die Pflanzen einerseits in den Pflanztrögen ca. ein halbes Jahr vor der Montage zu pflanzen und vorzuziehen, um ein Anwachsen unter optimalen Bedingungen, beispielsweise in einem Gartenbaubetrieb, sicher zu stellen. Andererseits gab sie die Empfehlung die Montage der Tröge an die Fassade im Spätsommer durchzuführen, um dadurch eine zu starke Strahlungsintensität und zu hohe Temperaturen während der Anwuchsphase an den Rankhilfen, zu vermeiden.
Die Standortsituation des Begrünungsprojektes des Architekturbüros Rataplan ähnelt dem der BOKU- Fassade in folgenden Punkten:

- Geografische Region
- Exposition der Fassade
- begrenzter Wurzelraum durch Pflanzung in Pflanztrog
- künstliche Bewässerung

Durch diese Gemeinsamkeiten können die dort verwendeten Pflanzenarten teilweise auch für das Projekt der BOKU- Fassade empfohlen werden. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau auf der BOKU, wurden die Pflanzen für das Begrü-

nungskonzept Rataplan vorgeschlagen. Die folgenden drei Pflanzen dieser Auswahl sind auch für die Begrünung der Muthgasse l geeignet:

Tabelle 12 Pflanzenempfehlung (nach ENZI V. und SCHARF B. 2014 S.7)

Art	Blütenbeschreibung	Blattbeschreibung	Habitus	Struktur	Besonderheit
Akebia quinata Akebie	Kleine samtartige an einem Stiel hängende Blütentraube	Elliptisch, 5-Fingrig ca. 10x10cm	6-8m, starke Wüchsigkeit, Wurzelhals: 5 cm	Flächiges und zartes Auftreten	Tropisch anmutende Früchte (lila Schötchen)
Aristolochia macrophylla Pfeifenwinde	Blüten einzeln, Blüten erinnern an eine Kannenpflanze, Farbe rötlich-grün gesprenkelt. Mittlere Blütengröße: ca. 5 cm	Blätter groß und herzförmig, sehr intensives hellgrün: 20x20cm	8-10m starke Wüchsigkeit, Wurzelhals:10 cm	Massiges, langgezogenes Auftreten mit dichtem Blattwerk	Besonders große Blätter, durch geschlossenes Blattwerk entsteht schindelförmige Blattstruktur, konkurrenzstark
Lonicera tellmanniana Geißblatt	Blütenstand erinnert an Orchideen, mehrere langgezogene Blüten in einer kelchartigen Anordnung: ca. 7 cm DM	Lockere, immer zu zweit gegenüberstehende auftretende Einzelblätter 5cmx2cm	4-6m, mittlere Wüchsigkeit, Wurzelhals:2 cm	feines, linienförmiges Auftreten mit Büschelbildung	Bevorzugt geschützten Standort, konkurrenzschwach, benötigt geschützten Wurzelhals

Neben dieser Pflanzenauswahl, wurden für das Gebäude der MA 31 ebenfalls das immergrüne Geißblatt (*Lonicera henryi*) sowie der Blauregen (*Wisteria floribunda*) verwendet.

Die Verwendung des immergrünen Geißblattes an der Fassade der Muthgasse l wäre zu empfehlen, wenn eine teilweise winterliche Begrünung angestrebt wird, wie es in dem Begrünungskonzept des Architekturbüros Rataplan vorgesehen war. Da durch eine immergrüne Pflanze der Effekt einer winterlichen Nutzung der wärmenden Sonnenstrahlen eingeschränkt würde, wird im Fall der BOKU-Fassade davon abgeraten.

Die Verwendung von Blauregen, würde sich zwar aufgrund eines sehr schnellen Wachstums und einer ansprechenden Blütenpracht anbieten, ist aber Aufgrund seines starken Dickenwachstums (bis 20 cm am Wurzelhals) kritisch zu betrachten. Gerade durch die Nähe zur empfindlichen Aluminium-Glasfassade wird für die Verwendung an der Muthgasse l davon abgeraten. Durch ein weiteres Abrücken der Kletterhilfe von der Fassade (ca. 20cm) wäre jedoch eine Begrünung mit stark wüchsigen Schlingpflanze wie *Wisteria*- oder *Celastrus* Arten grundsätzlich denkbar. Es müsste jedoch in weiterer Folge berücksichtigt werden, das *Wisteria sinensis* z.B., durch negativen Phototropismus die Aluminium-Glasfassade beschädigen könnte. Außerdem könnten die stark verholzenden Pflanzen wie *Wisteria*- und *Orbikulatus*-Arten, hinsichtlich der Brandschutzbestimmungen, zu Schwierigkeiten führen.

8.6.2 Pflanzenmenge

Bei entsprechender Vorkultivierung und Größe (mindestens 3m) der Pflanzen, ist es ausreichend wenn pro Pflanzensegel eine Pflanze pro Pflanzebene gesetzt wird. Das entspricht 98 Pflanzen zu gleichen Anteilen der 3 Ausgewählten Pflanzenarten.

8.7 Kostenschätzung

Für eine Kostenschätzung – sowohl der Errichtung der Fassadenbegrünung an der Muthgasse I als auch der Pflege- und Erhaltungskosten der selbigen – soll sich grundsätzlich an den Errichtungskosten des Begrünungsprojektes an der MA 31 orientiert werden, da sie sich in der Konstruktion, mit einem vorgestellten Traggerüst, sehr ähnlich sind. Es muss jedoch unbedingt berücksichtigt werden, dass durch die Lage der Fassade, beginnend ab dem dritten Obergeschoss des Universitätsgebäudes, die Erreichbarkeit stark erschwert wird, was für die Kostenermittlung zum derzeitigem Stand einen ungewissen Parameter darstellt, den es noch zu klären gilt.

Die Grobkostenschätzung für die Errichtung der Fassadenbegrünung der MA 31 betrug ca. 470€/ m² exkl. MwSt. In diesen Kosten enthalten sind:

- Stahlkonstruktion inkl. Streifenfundament
- Stahltröge
- Rankhilfen
- Bepflanzung
- Bewässerung und Steuerung

Durch einen Vergleich der Konstruktion am Gebäude der MA31 mit dem Entwurf für die Muthgasse I in der folgenden Tabelle, sollen bauliche Unterschiede aufgezeigt werden, und die eventuelle Beeinflussung der Preise dadurch, sichtbar gemacht werden.

Tabelle 13 Kostenvergleich Gebäude der der MA 31 und Entwurf Muthgasse. Quelle: eigene Tabelle

	MA 31	**Entwurf Muthgasse I**	**Zu erwartende Auswirkung auf Preisentwicklung für die Muthgasse I**
Fassadengröße	800m²	680m²	Leichte Preisminderung
Stahlkonstruktion	Mit Streifenfundament, erstreckt sich über die gesamte Fassade	Ohne Streifenfundament, nur ca. die Hälfte der Fassadenfläche	Leichte Preisminderung
Pflanztröge	140 lfm an Tragkonstruktion hängend	120 lfm gesamt, davon 60 lfm an Tragkonstruktion hängend 60 lfm auf Dachterrasse im 3. Stock gegründet	Leichte Preisminderung
Rankhilfe	Stahlgitter verzinkt, individuell angefertigt	Drahtseil- Netzkonstruktion	Leichte Preisminderung
Bepflanzung	140 Kletterpflanzen	98 Kletterpflanzen	Leichte Preisminderung
Bewässerung	35 Einzeltröge mit insgesamt 140 lfm	2 durchgehende Trogreihen mit insgesamt 120 lfm	Leichte Preisminderung
Kosten/m²	470€	Höher als 470€	Preissteigerung durch schlechte Erreichbarkeit

Aus dem Vergleich der reinen Materialaufwendungen ist zu erwarten, dass für die geplante Fassadenbegrünung an der Muthgasse I ein etwas geringerer Preis pro Quadratmeter zu erwarten wäre. Diese Preisminderung ergibt sich aus der kleineren zu begrünenden Fläche, sowie die dadurch verringerten Materialaufwendungen. Da die Montage der Fassadenbegrünung jedoch nur mit Kraneinsätzen zu realisieren ist, und auch der Zugang für die Monteure nur über das Treppenhaus oder den Aufzug des Gebäudes möglich ist, sind in diesem Punkt erheblichen Preissteigerungen zu erwarten, wodurch insgesamt für die Begrünung an der Muthgasse I mit einem höheren Preis/m² zu rechnen ist.

Pflegekosten

Auch für die Schätzung der Pflegekosten an der Fassadenbegrünung in der Muthgasse I dient als Vergleich die Begrünung am Gebäude der MA31. Dort sind die jährlichen Pflegekosten, innerhalb der ersten 3 Jahre, mit ca. 28€/m² angegeben. Damit sind 2 Pflegedurchgänge (Im Herbst und Winter) abgedeckt. Nach 3 Jahren können die Pflegedurchgänge auf einmal jährlich reduziert werden, sofern sich die Pflanzen entsprechend entwickelt haben.

In den Pflegedurchgängen sind enthalten:

- Rückschnitt der Pflanzen
- Festbinden der Pflanzen
- Düngung
- Kontrolle der Überläufe
- Kontrolle der Rankhilfen
- Nachspannen der Rankhilfen
- Boden-PH-Kontrolle, PH- Anpassung durch Gabe von senkenden oder erhöhenden Zusatzstoffen
- Etwaige Bodenverbesserung
- Funktionskontrolle der Bewässerungsanlage, Testlauf (vgl. ENZI V. und SCHARF B. 2014 S.7)

Da für die Pflege der Fassadenbegrünung des BOKU-Gebäudes, die Erreichbarkeit mit einem Hubsteiger nicht gegeben ist, sind auch hier mit Erhöhungen der Pflegekosten zu rechnen. Die Pflegemaßnahmen an der Fassadenbegrünung müssten von speziell ausgebildetem Pflegepersonal durchgeführt werden, die durch Beispielsweise Seilklettertechniken die entsprechenden Bereiche erreichen und Pflegen können.

9 Diskussion

Vor dem Hintergrund einer stetigen Wohnraumverdichtung in den Stadtgebieten und dem damit steigenden Bedarf an begrünten Ausgleichsflächen gewinnt die Thematik der Fassadenbegrünung immer weiter an Aufmerksamkeit. Der enorme Anstieg der veröffentlichten Fachliteratur der letzten Jahre kann diesen Trend bestätigen. Ebenfalls die stetige Ausarbeitung von Leitfäden und Richtlinien wie Beispielsweise durch „green for citys“ oder die in Arbeit befindliche Neuauflage der „FLL-Richtlinien“ zu Fassadenbegrünung spiegeln das große Interesse wider. Dennoch ist festzuhalten, dass Fassadenbegrünung im Vergleich mit Dachbegrünungen bei der Gebäudebegrünung noch eine untergeordnete Rolle spielen. Während beispielsweise städtische Auflagen zur Dachbegrünung bereits gängig sind, sind Auflagen zu Fassadenbegrünungen noch nicht verbreitet, was auf den Mangel verlässlicher Daten – vor allem zu den Fassadengebundenen Begrünungen – zurück zu führen ist (vgl. PFOSER N. 2016 S.35).

Mit diesen Erkenntnissen, sowie der Untersuchung bereits ausgeführter Fassadenbegrünungen, werden die ersten beiden Forschungsfragen *„Was ist der aktuelle Stand der Technik zur nachträglichen Begrünung von kombinierten Glas- Betonfassaden?“* sowie *„Gibt es für die Begrünung von kombinierten Glas- Betonfassaden eindeutige Richtlinien?“* beantwortet.

Der aktuelle Stand der Technik zur Begrünung von kombinierten Glas-Betonfassaden weist keinerlei spezifische Richtlinien auf und ist der Einzelfallprüfung zu unterziehen. Es gibt jedoch Richtlinien zu bodengebundenen Begrünungen (FLL 2000) in denen allgemeine Regeln beschrieben werden, die auch auf die Begrünung von Glasfassaden anzuwenden sind.

Ausführungsbeispiele für die Befestigungstechnik von Begrünungssystemen die direkt an die Glasfassade angebracht sind, gibt es nach heutigem Wissensstand nicht. Bei den untersuchten Beispielen wurden die Glasfassaden mit vorgestellten Trägerkonstruktionen begrünt, die durch Haltepunkte an der Fassade gegen Kippen gesichert waren. Das heißt nicht, dass grundsätzlich die Begrünung von Glasfassaden nur durch vorgestellte Traggerüste realisiert werden kann, da dies von Fall zu Fall unterschiedlich ist und einer spezifischen statischen Untersuchung bedarf. Dennoch sind vorgestellte Tragkonstruktionen mit autarker Lastabtragung der aktuelle Stand der Technik für Glasfassadenbegrünungen.

Die Untersuchungen der Funktions- und Bauweisen von vertikalen Begrünungsflächen konnten herausstellen, dass eine thermische Regulierung von Gebäuden durch den Einsatz von Fassadenbegrünungen funktioniert und bereits an einigen Projekten positiv ausfiel. Forschungsprojekte zu diesem Thema sind beispielsweise die Begrünung mit Kletterpflanzen an den Institutsgebäuden in Berlin Adlershof oder die fassadengebundene Begrünungsvariante des Magistratsgebäudes der MA 48.

Für beide dieser Begrünungsvarianten konnte ein hohes Energieeinsparungspotenzial bezüglich der Gebäudekühlung gemessen werden. Trotz solch eindeutiger Untersuchungsergebnisse

sind Fassadenbegrünungen derzeitig wenig etablierte Lösung in der Gebäudeisolierung und finden im Vergleich zu herkömmlichen Systemen wie Klimaanlagen, Jalousien etc. noch kaum Anwendung. Der Grund dafür ist eine gewisse „Angst" vor der neuen-, alternativen Isolierungsmethode durch vertikale Begrünungen. Dieses *„experimentelle Image"* (PFOSER 2016 S.35), was besonders den fassadengebundenen Begrünungen anhaftet, liegt zum einen an Negativbeispielen, bei denen fehlerhaft ausgeführte Begrünungen ausgefallen sind und die Erinnerung an vertrocknete Pflanzenwände zurückbleibt. Zum anderen sind heute oftmals Fassadenbegrünungen an prestigeträchtigen Orten oder in aufwendig gestalteten Hotel- und Firmenfoyers zu sehen, wodurch sie mit kostenintensiven Einzelanfertigungen in Verbindung gebracht werden und potenzielle BauherrInnen abschreckt. Dieses Negativimage lässt sich nicht bestätigen: Ein Vergleich mit herkömmlichen Fassaden wie Holz, Glas, Stein etc. zeigt, dass auch diese Systeme fachgerecht montiert und gepflegt werden müssen, damit die Qualität der Fassade nachhaltig gewährleisten werden kann. Die Voraussetzungen einer funktionierenden Fassadenbegrünung sind durch aufeinander abgestimmte Parameter (Substrat, Bewässerung, Nährstoffversorgung, Pflanzenauswahl etc.) zu treffen. Dafür bedarf es einer fachkundigen Vorplanung und in weiterer Folge der fachgerechten Wartungsarbeit. Dadurch ist jedoch nicht mit höheren Kosten zu rechnen, da besonders durch das Energieeinsparungspotenzial die Ausgaben reduziert werden können (vgl. PFOSER N. 2016 S.205).

Für die Beantwortung der dritten Forschungsfrage, (*„Wie könnte eine Fassadenbegrünung des Gebäudes der Muthgasse I realisiert werden, um dadurch eine möglichst effektive Isolierungswirkung gegen Hitze zu erreichen?")* wurde das in Kapitel 1 vorgestellte Fassadenbegrünungskonzept entwickelt.

Aus den Recherchearbeiten sowie den ExpertInneninterviews ergab sich, dass bei der Begrünung der Glasfassade in der Muthgasse I die Lastabtragung an die Fassade nicht – oder nur begrenzt – möglich ist, da die vorgestellte Pfosten-Riegel Fassade des Universitätsgebäudes für derartige Zusatzbelastungen nicht ausgelegt ist. Daher galt es eine alternative Lösung zu finden. Ein Referenzprojekt mit der gleichen Herausforderung war die Fassadenbegrünung des MA31 Gebäudes. Zwar handelte es sich bei dieser Fassade nicht um eine Glasfassade, allerdings war auch hier eine Lastaufnahme der Fassade nicht möglich. Bei diesem Projekt war ebenfalls die Lösung eine vorgestellte Gerüstkonstruktion bei der die Last in den Untergrund abgetragen wird und ein Umkippen der Konstruktion durch Haltepunkte an der Wand verhindert wird. Dieser Lösungsansatz wurde auf das Konzept der BOKU- Fassade in der Muthgasse I übertragen. Für die Ankerpunkte an der Fassade müssen die Brüstungsgläser punktuell durchdrungen werden, um das Gerüst an der dahinterliegenden Stahlbetonwand zu fixieren. Da die Durchdringung von Glas eine Schwachstelle bedeuten kann, sind für die Lochbohrungen die Bestimmungen der ÖNORM 12150 zu beachten (vgl. PEUTL G. 2014 S.10). Auf die Durchdrin-

gung der dahinterliegenden Dämmschicht, die notwendige Verhinderung von Kältebrücken sowie die Verankerung in der Wand, wird in dieser Masterarbeit nicht weiter eingegangen.

Bei dem auf die Muthgasse l übertragenen Begrünungskonzeptes wird mittels seitlich angebrachter „Begrünungssegel“ eine kühlende Wirkung durch die Beschattung der Fensterflächen erzeugt. Bei der Fassade der MA 31 handelt es sich zwar nicht um eine kombinierte Glas-Betonfassade, eine kühlende Wirkung durch die Beschattung der Fensterflächen mit Kletterpflanzen passiert allerdings nach demselben Prinzip sowie gleicher Wirkungsweise. Diese thermische Wirkung ist von vollflächigen Begrünungen an Fassaden ohne Fenster zu unterscheiden, da sie nicht durch eine beruhigte Luftschicht isoliert, sondern durch die Reduzierung von direkt einfallendem Sonnenlicht den Wärmeeintrag verringert. Um präzise Aussagen über die Wirkungsweise des für die BOKU-Fassade entwickelten Konzeptes treffen zu können, wurde der Schattenwurf der Begrünungsvariante simuliert und mit der Situation ohne Begrünung verglichen. Die Abbildung 44 zeigt den Wärmeeintrag durch Sonnenstrahlung in die Räumlichkeiten. Es ist dargelegt, dass über die Fensterflächen weitaus mehr Wärme in die Räumlichkeiten getragen wird als über die opaken Wandflächen. Der Wärmeeintrag durch die Fensterflächen ist ca. 200-1000 Mal höher gegenüber dem Wärmeeintrag durch die Wandflächen (siehe Kapitel 7.3.1). Daher ließe sich durch eine 50 prozentige Reduzierung der Sonneneinstrahlung durch die Fensterflächen auch der Wärmeeintrag auf ca. die Hälfte reduzieren.

Die Errechnung der daraus resultierender Reduktion der Raumtemperatur war nicht Gegenstand dieser Arbeit, da diese durch eine Vielzahl weiterer Faktoren beeinflusst wird. Hinlänglich bewiesen ist, dass die Besonnung durch die Fenster den stärksten Wärmeeintrag in die Räumlichkeiten verursacht (vgl. PLAG R. 2011 S.1). Eine Halbierung der Sonneneinstrahlung auf die Fensterflächen lässt dadurch eine effektive Temperatursenkung in den dahinterliegenden Räumlichkeiten erwarten.

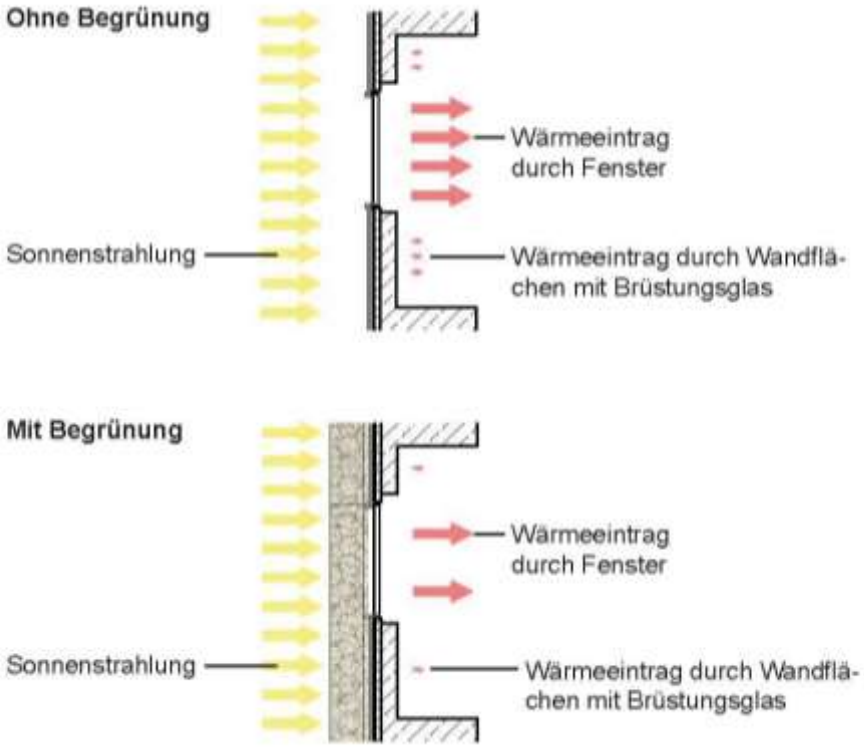


Abbildung 44: Wärmeeintrag durch Fenster-, und Wandflächen im Vergleich. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017

9.1 Tabellarische Beantwortung der Forschungsfragen

Tabelle 14: Tabellarische Beantwortung der Forschungsfragen

Forschungsfrage	**Antwort**
„Was ist der aktuelle Stand der Technik zur nachträglichen Begrünung von kombinierten Glas- Betonfassaden?“	Vorgestellte Begrünungskonstruktionen mit Haltepunkten an der Fassade und Lastabtragung in den Untergrund, sind aktueller Stand der Technik.
„Gibt es für die Begrünung von kombinierten Glas- Betonfassaden eindeutige Richtlinien?“	Es gibt keine eindeutigen Richtlinien für die Begrünung von kombinierten Glas-Betonfassaden.
„Wie könnte eine Fassadenbegrünung des Gebäudes der Muthgasse I realisiert werden, um dadurch eine möglichst effektive Isolierungswirkung gegen Hitze zu erreichen?“	Durch begrünte Verschattungseinrichtungen um die Fensterflächen wird der Hitzeeintrag in das Gebäude größtmöglich reduziert, ohne den Blick aus den Fenstern zu versperren.

10 Ausblick

Diese Masterarbeit bietet die Grundlage für die gestalterische und konstruktive Konzeption einer Fassadenbegrünung, die der sommerlichen Hitzeproblematik der Glassfassade an der Muthgasse I entgegen wirkt. Die Plandarstellungen und die Erkenntnisse aus den Untersuchungen des Konzeptes können als Diskussionsbasis und Anschauungsmaterial für die EntscheidungsträgerInnen im Zuge von potenziellen Renovierungsarbeiten genutzt werden. Im Zusammenhang damit sei laut Interviewaussage von Frau Höhndorf (Architekturbüro Rataplan) anzumerken, dass im Zuge von Renovierungsarbeiten eine generelle Neugestaltung der bestehenden Glasfassade in Pfostenriegelbauweise in Betracht gezogen werden sollte, da auch die winterliche Wärmedämmung (siehe Kapitel 4.2.2.2) der Fassade zu verbessern ist. Die Montage der Begrünungskonstruktionen wäre bei einer Fassadenneukonstruktion wesentlich simpler und könnte von vorneherein in der Planung berücksichtigt werden. Für eine bauliche Realisierung dieses Fassadenbegrünungskonzeptes gilt es zwei weitere Punkte zu klären:

10.1 Statische Berechnungen

Die statische Berechnung sowohl des Konstruktionsaufbaus, als auch die Lastabtragung auf das Gebäude sind ausstehend und von entsprechenden Fachpersonen durchzuführen. Es müssten die Schnee-, Eis- und Windlasten, als auch das Eigengewicht der Begrünungskonstruktion, der Vegetation, sowie deren Pflege- und Wartungseinrichtungen (siehe Kapitel 10.2) berechnet werden. Dies könnte laut der Interviewaussage von Herr Prof. Strauss (Institut für Konstruktiver Ingenieurbau BOKU) im Rahmen einer eigenen Masterarbeit am Institut für konstruktiven Ingenieurbau durchgeführt werden, um dadurch die Voraussetzungen für eine Realisierung des Projektes zu schaffen und die EntscheidungsträgerInnen von der Machbarkeit eines solchen Begrünungsprojektes zu überzeugen.

Nach weiterer Rücksprache mit Herr Prof. Strauss über die Gerüstkonstruktion wurde darauf hingewiesen, dass durch die Stahlseilaufhängung besonders im Bereich der Attika große Kräfte zu erwarten sind. Dies müsse in den statischen Untersuchungen berücksichtigt werden und könnte im Falle einer erkennbaren Überlastung der Attika, durch die Erstellung eines dreidimensionalen Fachwerkträgersystems statisch optimiert werden (siehe Abbildung 45 Seite 94). Über die Fachwerkträger könnten die Lasten der Begrünungskonstruktionen aufgenommen werden, ohne dabei die Attika zu belasten. Darüber hinaus hat die Fachwerkkonstruktion den Vorteil, dass die Lastabtragung über Druck- und Zugstäbe keine Biegemomente hervorrufen und die Konstruktion dadurch filigraner ausgeführt werden kann. Mittels einer Halfenschienenverankerung können die entstehenden Zuglasten auf das Gebäude übertragen werden, ohne die bestehenden Bauteile (Decke) übermäßig zu belasten.

Nach der Ermittlung der tatsächlich zu erwartenden Lasten F1 und F2 verursacht durch Eigengewicht der Konstruktion, Schnee-, Wind-, Eislasten etc. kann die Konstruktion mittels der unten aufgeführten Stab-Knoten- Systemskizze berechnet werden. Auf dieser Grundlage können durch einen Statiker Angaben über die genaue Dimensionierung der Stahlrohre und Knoten gemacht werden. Die in Abbildung 45 angenommenen Dimensionierungen der Rohre basieren auf der wissenschaftlich fundierten Aussage von Herr Prof. Strauss (mündliche Mitteilungen vom 05.10.2017).

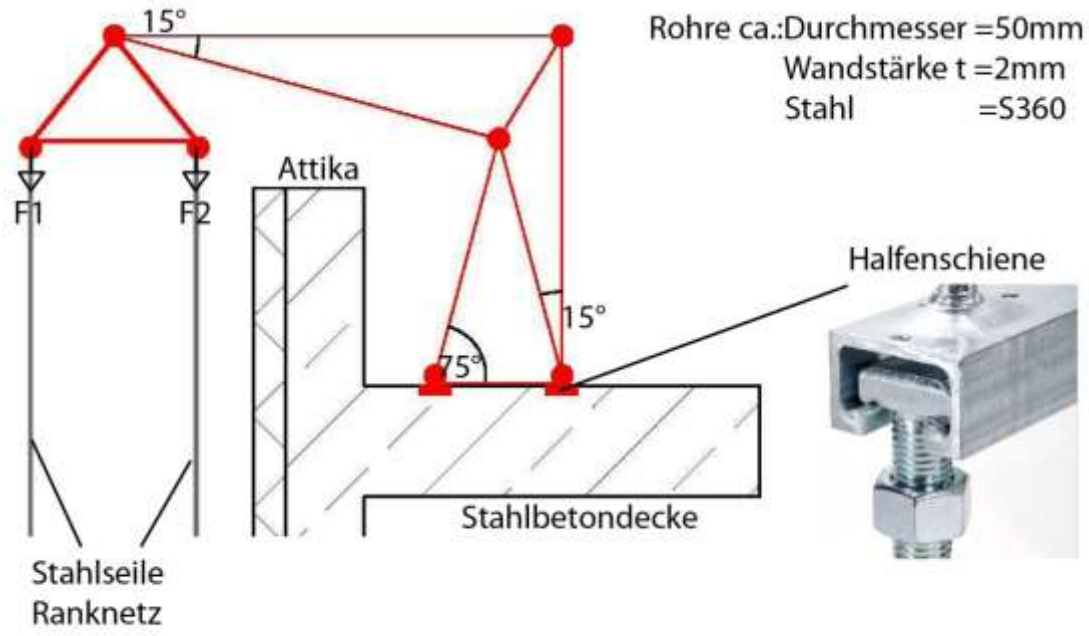


Abbildung 45: Stabknotenskizze mit Halfenschiene. Quelle: EIGENE ABBILDUNG 2017 und JORDAHLGROUP

Um eine seitliche Stabilisierung der einzelnen Fachwerkträger zu erreichen, können diese auf ein dreidimensionales, räumliches Fachwerk erweitert und miteinander verbunden werden.

10.2 Entwicklung von Pflege- und Wartungssystemen

Ebenfalls muss für die Pflege- und Wartungsarbeiten der Fassadenbegrünung eine Lösung gefunden werden, durch die eine Erreichbarkeit der gesamten Fassadenfläche ermöglicht wird, da sowohl eine Pflege der Pflanzen, als auch eine Wartung durch fachkundiges Personal durchgeführt werden muss. Eine Möglichkeit für die Einrichtung eines Wartungssystems der Fassadenfläche wäre die Montage einer Laufschiene an den Kragarmen der Stahlseilaufhängung. Durch Befestigungspunkte an der Laufschiene könnten sich die FacharbeiterInnen an der Fassade abseilen und entsprechende Wartungs- und Pflegearbeiten durchführen.

10.3 Zukunftschancen von Fassadenbegrünung

Um Fassadenbegrünungen als Isolierungsmaßnahme für Gebäude zu etablieren, bedarf es weiterer Forschungsarbeit. Ansätze zu solchen Messungen hat Manfred Köhler bereits 2012 durchgeführt, bei denen er für verschiedene Wandaufbauten die Isolierungswirkung von Begrünungsvarianten gemessen hat (siehe Kapitel 4.2.2). Solche Messdaten gilt es in Zukunft vermehrt zu sammeln und zu vergleichen, um die Isolierungswirkungen berechenbar und für ihren gezielten Einsatz kalkulierbar zu machen. Sollten die Vorschläge für das Universitätsgebäude Muthgasse I durchgeführt werden, würde sich die Einrichtung eines entsprechenden Messnetzes bereits beim Bau und das Monitoring der nötigen Messparameter besonders anbieten. Des Weiteren könnte die Entwicklung der Kletterpflanzen an den Extremstandorten dokumentiert werden. Dadurch könnte die zu erwartende Effektivität der noch unerforschten begrünten Beschattungseinrichtungen durch Zahlen bestätigt werden und dem *„experimentellen Image“* (PFOSER 2016 S.35) von Fassadenbegrünungen entgegenwirken. Außerdem ist zu beachten, dass Planungsfehler und dadurch entstehende Schäden (siehe Tabelle 2, Seite 26) oder unverhältnismäßige Pflege- und Wartungskosten verhindert werden, welche dem Image von Fassadenbegrünungen schaden und ZweiflerInnen bestätigen würden.

11 Quellenverzeichnisse

11.1 Literaturverzeichnis

ALTHAUS, CHRISTOPH; BARTHOLEMY, HEINRICH; KIERMEIER, PETER (1987): Fassadenbegrünung. Ein Beitrag zu Risiken, Schäden und präventiver Schadenverütung. Patzer. Berlin. 183 [i.e. 184].

ALTHAUS, DIRK.; GABRIEL, INGO; KRUSCHE, PER. (1982): Ökologisches Bauen. Bauverlag GMBH. Wiesbaden. 360S.;

ATTESLANDER, PETER; CROMM, JÜRGEN (2010): Methoden der empirischen Sozialforschung. Erich Schmidt. Berlin. 387 S.

BAUMANN, RUDI; LUDWIG, KARL; EBNER-BAUMANN, IRMELA (1983): Begrünte Architektur. Bauen und Gestalten mit Kletterpflanzen. Callwey. München. 244 S.

BOKU CROWDLYNX (2016): Ideenplattform Fassadenbegrünung Muthgasse: https://crowdlynx.com/de/o/boku/idea/fassadenbegrunung-muthgasse. Aufgerufen am 11.1.2017.

BOKU WIEN (2015): Ethik-Charta der Universität für Bodenkultur Wien: http://www.boku.ac.at/fileadmin/data/H01000/mitteilungsblatt/MB_2014_15/MB11/Ethik_Charta_final.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

BORTZ, JÜRGEN; DÖRING, NICOLA (2010): Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler ; mit 87 Tabellen. Springer-Medizin-Verl. Heidelberg. XIX, 897 S.

BRINGSLIMARK, TINA; HARTIG, TERRY; PATIL, GRETE G. (2009): The psychological benefits of indoor plants. A critical review of the experimental literature. Journal of Environmental Psychology 29 (4): 422–433. 12 S.: https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.001. Aufgerufen am 19.8.2017.

DEPLAZES, ANDREA (2013): Architektur konstruieren. Vom Rohmaterial zum Bauwerk : ein Handbuch. Birkhäuser. Basel. 591 S.

DETTMAR, JÖRG; PFOSER, NICOLE; SIEBER, SANDRA (2016): Gutachten Fassadenbegrünung. Vorschlag für Zweck, Umfang und Gebietskulisse einer finanziellen Förderung von quartiersorientierten Unterstützungsansätzen von Fassadenbegrünungen. Darmstadt.100S.: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/gutachten_fassadenbegruenung.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

ECMC Europäisches Zentrum für Medienkompetenz (2009): Informationsqualität im Internet. Marl:https://www.uniulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/kiz/bib/schuelermaterial/imblickpunkt-infoqualitaet.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

ENZI, VERA (2010): Fassadenbegrünungen. Innovation und Chance. Wien: https://www.google.de/search?q=Fassadenbegr%C3%BCnung+Innovation+und+chance&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe_rd=cr&ei=w2-YWY-ZHqri8AfW8b_gCA. Aufgerufen am 19.8.2017.

ENZI, VERA; SCHARF, BERNHARD (2014):. Empfehlung für die Begrünung eines Teiles der Fassade des Amtshauses der MA 31 in der Grabnergasse 6 in 1160 Wien. Wien.

FLL (2000): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen. Aus der Arbeit des AK "Fassadenbegrünungen". Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Bonn.

GEBBERS, JAN-OLAF; GLÜCK, ULRICH (2003): "Sick building"- Syndrom. Schweizerische Medizin-Forum 2003 (5): https://medicalforum.ch/de/resource/jf/journal/file/view/article/smf.2003.04775/2003-05-476.pdf/. Aufgerufen am 19.8.2017.

GRÜNE, WÄNDE (2013): Grüne Wände. Wien: https://www.youtube.com/watch?v=c-SQrDyAOQk&index=73&list=UUTDwjA1N5Hq77ISH9GfhFrg. Aufgerufen am 18.1.17.

HERZOG, THOMAS; KRIPPNER, ROLAND; LANG, WERNER (2004): Fassaden Atlas. Birkhauser-Publishers for Architecture. Basel, Boston.

IP, KENNETH; LAM, MARTA; MILLER, ANDREW (2009): Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. Brighton. Building and Environment 2009: http://www-1sciencedirect-1com-100001dk103a4.pisces.boku.ac.at/science/article/pii/S036013230900122X. Aufgerufen am 19.8.2017.

JUNKER, SUSANNE; HARBERT, SIMONE; KAVERMANN, YVONNE (2005): Sonnenschutz. Außen oder Innen. Berlin: https://www.baunetzwissen.de/sonnenschutz/fachwissen/arten-und-formen/aussen-oder-innen-788701. Aufgerufen am 19.8.2017.

KIEßL, KURT.; RATH, JÜRGEN (1989): Auswirkungen von Fassadenbegrünungen auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko. Frauenhofer IRB Verlag. Stuttgart: https://www.irbnet.de/daten/rswb/89009501418.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

KLEEBERG, JÜRGEN (1995): Häuser begrünen. Grüne Wände und Fassaden. Ulmer. Stuttgart.

KNORR, DANIELA; WEISE, CHRISTIAN (2000): Blattflächenindex und Bedeckungsgrad. Jena: http://www.terradew.uni-jena.de/sites/lai.html. Aufgerufen am 19.8.2017.

KÖHLER, MANFRED (1993): Fassaden- und Dachbegrünung. 34 Tabellen. Ulmer. Stuttgart. 329 S.

KÖHLER, MANFRED (2011): Veröffentlichungen zu Fassadenbegrünungen. Die Fortschreibung einer Datensammlung. Neubrandenburg: http://www.worldgreenroof.org/files/pdf/FassadenLit2011Sep19Koehler.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

KÖHLER, M. (HRSG.) (2012): Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung-Konstruktion-Ausführung. Rudolf Müller. Köln.

LÄZER, KATRIN; SONNTAG, MAREIKE; DRAZEK, ROXANNE (2010): Einführung in die systematische Literaturrecherche. mit den Datenbanken „PsycINFO“, „Pubmed“ und „PEP – Psychoanalytic Electronic Publishing“ sowie in das Literaturverwaltungsprogramm „Citavi“. Kassel: https://www.uni-kassel.de/fb01/uploads/media/Tutorial_Literaturrecherche_30.4.2010_01.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

MARTI, KURT (2002): U-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog. Neubauten. Bern: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjVx5y-8-PVAhVLSZoKHXG-DA6gQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bfe.admin.ch%2Fphp%2Fmodules%2Fpublikatio-tio-nen%2Fstream.php%3Fextlang%3Dde%26name%3Dde_549834039.pdf&usg=AFQjCNGBW8saMx33FdeoYPhh2E2ulk9zAw. Aufgerufen am 19.8.2017.

MINKE, GERNOT; WITTER, GOTTFRIED (1983): Häuser mit grünem Pelz. Ein Handbuch zur Hausbegrünung. Fricke. Frankfurt/Main.

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015): Energieeinsparung und Wärmeschutz. Wien: https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_26.03.15.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

OTTELÉ, MARC (2011): The green building envelope. Vertical greening. TU Delft. Delft. 1 online resource (VI, 260: https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d?collection=research. Aufgerufen am 19.8.2017.

PAIER, DIETMAR (2010): Quantitative Sozialforschung. Eine Einführung. facultas.wuv. Wien. 190 S.

PEUTL, GERHARD (2014): Einscheibensicherheitsglas „ESG“. Wien: https://www.oib.or.at/sites/default/files/heft_4_2014_redaktioneller_teil.pdf. Aufgerufen am 15.10.2017.

PFOSER, NICOLE; JENNER, NATHALIE; HEINRICH, JOHANNA; HEUSINGER, JANNIK; WEBER, STEPHAN (2014): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden. Bonn: http://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

PITHA, ULLI; ENZI, VERA; SCHARF, BERNHARD (2015): Grünstadtklima. Grüne Bauweisen für Städte der Zukunft. GrünStadtKlima. Wien: http://www.gruenstadtklima.at/download/leitfaden_GSK.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

PLAG, RALF (2017): Berechnung des Hitzeschutzes. Forst: https://www.u-wert.net/berechnung-des-hitzeschutzes/. Aufgerufen am 26.8.2017.

BRÄMER, RAINER (2008): Studien zur Natur-Beziehung in der Hightech-Welt. Grün tut uns gut, Daten und Fakten zur Renaturierung des Hightech- Menschen. http://www.wanderforschung.de/files/gruentutgut1258032289.pdf Aufgerufen am 26.8.2017.

SATTLER, PETER (2010): Energieeffiziente Klimatisierung. Klimatisierung und Energieverbrauch. Wien: http://docplayer.org/5840805-Energieeffiziente-klimatisierung.html. Aufgerufen am 26.8.2017.

SCHLÖSSER, ANNELISE (2003): Zur Akzeptanz von Fassadenbegrünung. Meinungsbilder Kölner Bürger – eine Bevölkerungsbefragung. Dissertation. Köln: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjhqJ-76fTVAhVEOxQKHZZNDzIQFgg6MAE&url=http%3A%2F%2Fkups.ub.uni-koeln.de%2F924%2F2%2FHauptteil.pdf&usg=AFQjCNF5yhbX97Gdn7S-zYF_4Ecrnhz7eQ. Aufgerufen am 26.8.2017.

SEIBERT, PETRA (2015): Hitze und Bauen aus meteorologischer Sicht. Wien: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiFsqrv6fTVAhWF7BQKHXzEBLwQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fmeteo.boku.ac.at%2Fenvmet%2Ffiles%2Fhitze-bauen-20150923.pdf&usg=AFQjCNHbA7GaPozogdNtvy58DA9QV-YCTg. Aufgerufen am 26.8.2017.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung - Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung - Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Berlin 2010: http://www.gebaeudekuehlung.de/SenStadt_Regenwasser_dt_gross.pdf. Aufgerufen am 26.8.2017.

SLANOVC, KATHARINA (2017): Gärtner und Florist. Gartenbau. Österreichischer Agrarverlag Druck und Verlags Gesellschaft m.b.H. Nfg. KG. Wien: https://www.raintime.at/gruene-waende/ Aufgerufen am 17.12.2017

STIFTUNG WARENTEST (2010): Sonnenschutzfolien als Hitzeschutz. Mit Schattenseiten: https://www.test.de/Sonnenschutzfolien-als-Hitzeschutz-Mit-Schattenseiten-4097384-0/. Aufgerufen am 11.1.2017.

TREMP, HORST (2005): Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten. 41 Tabellen. Ulmer. Stuttgart (Hohenheim).

TUSCHINSKI, MELITA (2014): Energieeinsparverordnung 2014. EnEv. Stuttgart: http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/anlage_03_anforderungen_aenderung_aussenbauteile_bestand.htm#Anlage%203_Nr_6._Vorhangfassaden. Aufgerufen am 26.8.2017.

U-WERT.NET (2017): https://www.u-wert.net/u-wert-rechner/? Aufgerufen am 26.8.2017.

WEBSTER, JANE; WATSON, RICHARD (2002): Analyzing the past to prepar for the Future. Writing a literature review. Kingston Canada: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi4z87i7PTVAhUH1hQKHaHwC2kQFggqMAA&url=http%3A%2F%2Fmisq.org%2Fmisq%2Fdown-loads%2Fdownload%2Feditorial%2F176%2F&usg=AFQjCNG07VFGJP768m5WgyGo_IqZpcdcug. Aufgerufen am 26.8.2017.

WIEN GV (2010): Leitfaden Fassadenbegrünung. Arbeitsgruppe 25, Grün und Freiräume. Wien: https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegruenung-leitfaden.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

WIEN GV (2016): Checkliste für die erforderlichen Genehmigungen von Fassadenbegrünungen. Wien: https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/behoerdencheck.pdf. Aufgerufen am 11.1.2017.

WIEN GV (2017): Urbane Hitze Inseln. Nachhaltige Maßnahmen. Wien: https://www.wien.gv.at/umweltschutz/uhi.html. Aufgerufen am 21.1.2017.

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energiebilanz Fassadenbegrünungen. PITHA, ULLI; ENZI, VERA; SCHARF, BERNHARD (2015): Grünstadtklima. Grüne Bauweisen für Städte der Zukunft. Grün-StadtKlima. Wien: http://www.gruenstadtklima.at/download/leitfaden_GSK.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

Abbildung 2: Schallreduzierung durch Fassadenbegrünung vom Außen in den Innenraum. PFOSER, NICOLE (2014): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden. Bonn: http://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

Abbildung 3: Selbstklimmer. PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

Abbildung 4: Gerüstkletterpflanzen. PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

Abbildung 5: Prinzipschnitt Einzelbehälter eines Regalsystems. PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.
Abbildung 6: Prizipschnitt Linearbehälter eines Regalsystems. PFOSER, NICOLE (2016):Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.
Abbildung 7: Prinzipschnitt Modulare Elementeinheiten. PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.
Abbildung 8: Moos begrünte Keramikmodule mit Tröpfchenbewässerung. TECTONICA-ONLINE.COM (2017): pre-cultivated façade panelshttp://www.tectonica-online.com/products/1863/panels_facade_green_cultivated/ Aufgerufen am: 20.1.2017
Abbildung 9: Prinzipschnitt Flächiges Textilsystem. PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.
Abbildung 10: Aluminium Fassade mit partieller Begrünung. DETAIL.DE (2017): http://www.inspiration.detail.de/san-telmo-museum-in-san-sebastian-107041.html Aufgerufen am:17.5.2017
Abbildung 11: Prinzipschnitt Kombination aus Bodengebundener und Fassadengebundener Begrünung. PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.
Abbildung 12: Luftbild Muthgasse I eigene Überarbeitung. GOOGLE EARTH (2017)
Abbildung 13: Foto Fassade Muthgasse I. EIGENE AUFNAHME (2017)
Abbildung 14: Jalousiefenster. EIGENE AUFNAHME (2017)
Abbildung 15:Verortung des Universitätsgebäudes. WIENGV.AT (2017): https://www.wien.gv.at/stadtplan/ Aufgerufen am : 20.12.2017
Abbildung 16: Luftaufnahme des Universitätsgebäudes. WIENGV.AT (2017): https://www.wien.gv.at/stadtplan/ Aufgerufen am : 20.12.2017
Abbildung 17: Fassade aus nordöstlicher Ansicht. GOOGLE EARTH (2017): eigene Überarbeitung
Abbildung 18: Grundriss Ansicht, drittes Obergeschoss. AUSWECHSLUNGS UND BESTANDSPLAN (1991): Bodenkultur-Universität Institutsgebäude für Angewandte Mikrobiologie (IAM) und Wasserwirtschaft-(WW) eigene Überarbeitung
Abbildung 19: Schnittansicht Muthgasse I. AUSWECHSLUNGS UND BESTANDSPLAN (1991): Bodenkultur-Universität Institutsgebäude für Angewandte Mikrobiologie (IAM) und Wasserwirtschaft-(WW) eigene Überarbeitung
Abbildung 20: Gebäudeansicht Muthgasse I aus südöstlicher Richtung. AUSWECHSLUNGS UND BESTANDSPLAN (1991): Bodenkultur-Universität Institutsgebäude für Angewandte Mikrobiologie (IAM) und Wasserwirtschaft-(WW) eigene Überarbeitung
Abbildung 21: Fassade aufgenommen von der Dachterrasse aus nordöstlicher Richtung. EIGENE AUFNAHME 2017
Abbildung 22: Glasfassade Schnitte. GLASFASSADE, DET.SCHNITTE (1989) Plannummer 3046, Bodenkultur-Universität Institutsgebäude für Angewandte Mikrobiologie (IAM) und Wasserwirtschaft-(WW) eigene Überarbeitung
Abbildung 23: Detailzeichnung Fassaden- und Wandaufbau. GLASFASSADE, DET.SCHNITTE (1989) Plannummer 3046, Bodenkultur-Universität Institutsgebäude für Angewandte Mikrobiologie (IAM) und Wasserwirtschaft-(WW) eigene Überarbeitung
Abbildung 24: Pfosten-Riegel Detailfotografie. EIGENE AUFNAHME 2017

Abbildung 25: „Temperatur der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche während eines Sommertages. Die Pfeile markieren die Zeitpunkte, bei denen die Temperaturen ihre Höchstwerte erreichen. Der horizontale Abstand in Stunden der beiden Pfeile bezeichnet man als Phasenverschiebung.“ PLAG, RALF (2011): https://www.u-wert.net/berechnung-des-hitzeschutzes/ Aufgerufen am: 20.12.2017
Abbildung 26: Fassadenaufbau U-Wert Rechner. U-WERT.NET 2017 eigene Überarbeitung https://www.u-wert.net/berechnung-des-hitzeschutzes/ Aufgerufen am: 20.12.2017
Abbildung 27: Institutsgebäude für Physik am Campus Adlershof der Humboldt-Universität zu Berlin mit sommergrüner Fassadenbegrünung. ENERGIE-BAU.AT (2015) http://m.energiebau.at/images/stories/fachkongress_2015/downloads/hammer_green_architecture.pdf Aufgerufen am:25.6.2017
Abbildung 28: Fassadenbegrünung MA 31. EIGENE AUFNAHME (2017)
Abbildung 29: 3D Modell der Fassade in der Muthgasse I derzeitige Situation. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 30: Grafische Darstellung der Begrünungskonstruktion: Gesamtansicht. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 31 Grafisches Detail der Begrünungskonstruktion. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 32: Detailansicht Entwurf der Konstruktionselemente. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 33: Schnittansicht der Konstruktionselemente. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 34: Detailschnitt Stahlseilaufhängung. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 35:Schnittansicht Pflanztrog auf Dachterrasse. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 36: Detailschnitt Pflanztrog aufgehangen. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 37: Perspektivische Darstellung der Pflanztrogaufhängung. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 38: Beispiel prozentuale Verschattung der Fensterflächen. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 39: Kurvendiagramm Besonnung Juni. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 40: Kurvendiagramm Besonnung September. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 41: Kurvendiagramm Besonnung April. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 42: Balkendiagramm Besonnte Fensterfläche April, Juni, September. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 43: Balkendiagramm Besonnte Fensterfläche Mittelwert. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 44: Wärmeeintrag durch Fenster-, und Wandflächen im Vergleich. EIGENE ABBILDUNG (2017)
Abbildung 45: Stabknotenskizze. EIGENE ABBILDUNG (2017), JORDAHLGROUP: http://www.jordahl-group.com/de/317/produkte/befestigungstechnik/ankerschienen-jta-w/ Aufgerufen am: 24.11.2017

11.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Dämmfunktionen von Fassadenbegrünungen nach: KÖHLER, MANFRED (HRSG.) (2012): Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung-Konstruktion-Ausführung. Rudolf Müller. Köln.
Tabelle 2: Schadensverursachung durch Fassadenbegrünungen nach: PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.
Tabelle 3: Auswirkungen bodengebundener Fassadenbegrünungen auf die Fauna nach: PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.

Tabelle 15: Einteilung der Kletterpflanzen nach: FLL (2000): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen. Aus der Arbeit des AK "Fassadenbegrünungen". FLL. Bonn.
Tabelle 5: Bodengebundene Begrünungen. Eigene Tabelle

Tabelle 16: Beispielpflanzen für die wichtigsten Selbstkletterer nach: KÖHLER, MANFRED (1993): Fassaden- und Dachbegrünung. 34 Tabellen. Ulmer. Stuttgart. 329 S. und ENZI, VERA (2010): Fassadenbegrünungen. Innovation und Chance. Wien: https://www.google.de/search?q=Fassadenbegr%C3%BCnung+Innovation+und+chance&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe_rd=cr&ei=w2-YWY-ZHqri8AfW8b_gCA. Aufgerufen am 19.8.2017.
Tabelle 7: Beispiele für die wichtigsten Gerüstkletterpflanzen nach: KÖHLER, MANFRED (1993): Fassaden- und Dachbegrünung. 34 Tabellen. Ulmer. Stuttgart. 329 S.
Tabelle 8: Systemeigenschaften der fassadengebundenen Begrünungen nach: PFOSER, NICOLE (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Dissertation Technische Universität Darmstadt. Darmstad: http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/5587/1/Dissertation_Pfoser.pdf. Aufgerufen am 19.8.2017.
Tabelle 9: Mögliche Schadensursachen in Verbindung mit fassadengebundenen Begrünungssystemen nach: KÖHLER, MANFRED (HRSG.) (2012): Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung-Konstruktion-Ausführung. Rudolf Müller. Köln.
Tabelle 17: Checkliste für die erforderlichen Genehmigungen von Fassadenbegrünungen nach:WIENGV.AT(2016):https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/behoerdencheck.pdf Aufgerufen am 29.12.2017
Tabelle 11: Sonneneinstrahlung auf Fassade ohne Begrünung berechnet nach Sketchupmodellierung. Eigene Tabelle
Tabelle 12: Pflanzenempfehlung. Quelle: nach ENZI, VERA; SCHARF, BERNHARD (2014). Empfehlung für die Begrünung eines Teiles der Fassade des Amtshauses der MA 31 in der Grabnergasse 6 in 1160 Wien. Wien.
Tabelle 13: Kostenvergleich Gebäude der MA 31 und Entwurf Muthgasse. Eigene Tabelle
Tabelle 14: Tabellarische Beantwortung der Forschungsfragen. Eigene Tabelle

Anhang

Checkliste für die erforderlichen Genehmigungen von Fassadenbegrünungen

1. Fassadenbegrünung auf Privatgrund oder von Flächen aus, die nicht im „öffentlichen Gut“ (Gehsteig) liegen

Im Falle von Fassadenbegrünungen, die sich auf Privatgrund befinden (im Vorgarten, im Hof, etc.) bzw. auf Flächen, die nicht im öffentlichen Gut liegen, können die GrundeigentümerInnen das Projekt grundsätzlich selbst in die Hand nehmen. Dennoch sind einige Bewilligungen einzuholen:

Einverständniserklärung

Von allen betroffenen EigentümerInnen muss eine schriftliche Zustimmung zum Begrünungsvorhaben vorab eingeholt werden.

Für die Feuermauer von Nachbarn gilt, dass die Zustimmung der EigentümerInnen, deren Wand begrünt werden soll, eingeholt werden muss.

Fassadenbegrünungen in Innenhöfen werden als Innenhofbegrünung von der Stadt Wien gefördert, sofern sie den Kriterien der Förderaktion entsprechen. Die Förderung wird von der MA 42, Wiener Stadtgärten (Kontakt für Antragsformular siehe Anhang) abgewickelt.

Unterstützung der Gebietsbetreuung Stadterneuerung: siehe Absatz unten

Prüfung der Stadtbildverträglichkeit (MA 19): siehe Absatz unten

Bewilligung des Bundesdenkmalamts: siehe Absatz unten

Baubewilligung (MA 37): siehe Absatz unten

2. Fassadenbegrünung „vom Gehsteig“

Sie wollen Ihre Hausfassade straßenseitig („im öffentlichen Gut“, also z.B. vom Gehsteig aus) begrünen und wissen nicht genau, welche Schritte dazu erforderlich sind und wie Sie Ihr Projekt behördlich korrekt umsetzen können? Hier finden Sie die Informationen wie eine korrekte Abwicklung eines Fassadenbegrünungsprojektes durchgeführt werden kann (für drei mögliche Varianten): In Folge werden alle notwendigen Schritte für die erfolgreiche Umsetzung einer Fassadenbegrünung dargelegt. Je nach Art der Bepflanzung (direkt im Erdreich, im Trog oder fassadengebunden) sind unterschiedliche Behördengänge notwendig. Folgende Stellen sind für Bewilligungen, Information oder Unterstützung zuständig:

1. Gebietsbetreuung Stadterneuerung
2. „die umweltberatung“

3. MA 19 – Architektur und Stadtgestaltung
4. Bundesdenkmalamt
5. MA 37 – Baupolizei (Antragsformular siehe Anhang)
6. MA 46 – Verkehrsorganisation und Verkehrsangelegenheiten
7. MA 28 - Straßenverwaltung und Straßenbau (Antragsformular siehe Anhang)
8. MA 42 – Wiener Stadtgärten (Antragsformular siehe Anhang)

Unterstützungen durch die Gebietsbetreuung Stadterneuerung

Grundsätzlich kann in einem ersten Schritt mit der zuständigen Gebietsbetreuung Stadterneuerung Kontakt aufgenommen werden, mit dem Ersuchen um Unterstützung des Vorhabens. Es könnte ja sein, dass ähnliche Vorhaben in dem Straßenabschnitt oder Grätzel projektiert sind und sich daraus Synergieeffekte ergeben.

Beratung und Tipps zur Fassadenbegrünung gibt "die umweltberatung":

Auf Wunsch stellt „die umweltberatung“ den Kontakt zu AnsprechpartnerInnen her. Sie stellt Firmenlisten für die Durchführung der Vorhaben zur Verfügung, berät beim Vollzug zahlreicher formaler Bestimmungen und ist beim Ausfüllen von Anträgen und bei der Einreichung gerne behilflich.

Einverständniserklärung

Von allen betroffenen EigentümerInnen muss vorab eine schriftliche Zustimmung zum Begrünungsvorhaben eingeholt werden.

Es gibt 3 mögliche Fälle (A, B, C) der Fassadenbegrünung, die zur Wahl stehen (Schema fehlt):

A) Bepflanzung direkt im Erdreich

B) Bepflanzung mit Trog

C) Bepflanzung Fassadengebunden (ohne Kontakt zum Erdreich)

Prüfung der Stadtbildverträglichkeit (MA 19), Fall A, B und C:

Es ist immer eine Absprache betreffend eventueller Störungen des örtlichen Stadtbildes mit der MA 19 (Referat Architektonische Begutachtung) erforderlich.

Zu dieser Absprache sollte jedenfalls auch der Einreichplan bzw. falls keine Einreichung erforderlich ist, eine aussagekräftige Skizze bzw. ein Plan und ein Foto der Fassade mitgenommen werden.

Bundesdenkmalamt, Fall A, B und C:

Bei Bauwerken, die unter Denkmalschutz stehen ist es am besten, sich frühzeitig mit dem Bundesdenkmalamt in Verbindung zu setzen und bei einer örtlichen Besprechung mit den zuständigen SachbearbeiterInnen die Wünsche bzw. Vorhaben zu besprechen.

Baubewilligung (MA 37) Fall A, B und C:

Sollte an der Fassade ein Rankgerüst bzw. eine Konstruktion, die eine Fixierung in der Fassade oder im Boden erfordert, montiert werden, dann soll Kontakt mit der zuständigen Bezirksstelle in der MA 37 aufgenommen werden um zu klären, ob eine Baubewilligung erforderlich ist.

Bei Feststellung einer Bewilligungspflicht durch die MA 37 (z.B.: wenn die Statik des Gebäudes bzw. die Wärmedämmung beeinträchtigt werden kann oder das Gebäude sich in einer Schutzzone befindet) muss ein Bauansuchen mit Einreichplänen in der zuständigen Bezirksstelle der MA 37 eingereicht werden.

Folgende Unterlagen sind dem Bauansuchen beizulegen:

1. Grundbuchsauszug (erhältlich bei jedem Bezirksgericht)
2. Zustimmung aller GrundeigentümerInnen des zu begrünenden Gebäudes
3. Zustimmung der MA 28 (falls sich die Bauführung über oder auf öffentlichem Gut befindet
4. Lageplan (Maßstab 1:200 oder 500)
5. Einreichplan im Maßstab 1:100, in 3-facher Ausführung mit Detailansichten, die die geplanten Pflanz- und Rankeinrichtungen technisch nachvollziehbar darstellen. Der Einreichplan muss von befugten PlanverfasserInnen und BauführerInnen (z.B. ZiviltechnikerIn, SchlosserIn, Zimmermann/Zimmerin, BaumeisterIn) unterfertigt sein.
6. Vorstatik bzw. Bestätigung über die statische Geringfügigkeit
7. Brandschutz

Falls eine Baubewilligung erforderlich ist, erteilt die MA 37 auch die notwendige Bewilligung nach § 82 der StVO.

Bewilligung für die Straßenbenützung (MA46), Fall A, B und C:

Falls keine Baubewilligung erforderlich ist, muss um eine Bewilligung nach § 82 StVO (Benützung von Straßen zu verkehrsfremden Zwecken) formlos bei der MA 46 angesucht werden

Dem Ansuchen sind eine Skizze bzw. ein Plan und Fotos der Örtlichkeit beizulegen.

Dabei wird das Vorhaben entsprechend der gesetzlichen Vorgaben (v. a. hinsichtlich Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs) geprüft. Unter anderem wird die Restgehsteigbreite geprüft, welche bei Gehsteigen mindestens 2,0 m betragen soll (bei höher frequentierten Abschnitten auch mehr).

Vereinbarkeit mit unterirdischen Leitungen (MA 28), Fall A und B:

Die MA 28 prüft das Vorhaben in Bezug auf Vereinbarkeit mit (unterirdischen) Leitungen (Wasser, Kanal, Strom, Gas, etc.). Wenn erforderlich lädt die MA 28 alle für Einbauten oder unterirdische Leitungen zuständigen Betriebe und Dienststellen zu einer Einbautenbesprechung ein, um zu klären, ob das Vorhaben mit den unterirdischen Einbauten verträglich ist.

Eingereicht werden sollte ein Plan einer befugten Planverfasserin / eines befugten Planverfassers. Als Besprechungsgrundlage wird auch ein selbstgezeichneter Plan akzeptiert, sofern aus ihm alle er-forderlichen technischen Daten ersichtlich sind.

Einverständniserklärung der Eigentümerin / des Eigentümers der Verkehrsfläche, Fall A , B und C:

Falls die Stadt Wien Eigentümerin des Gehsteiges/der Verkehrsfläche ist, beurteilt die MA 28 wie groß das öffentliche Interesse an einer Begrünung der privaten Fassade ist. Das öffentliche Gut (z.B. der Gehsteig) gehört allen und darf auch von allen für öffentliche Zwecke genutzt werden. Daher muss vor einer Einverständniserklärung beurteilt werden, ob es sich in diesem Fall um ein öffentliches Interesse handelt.

Weiters wird, wenn die Bewilligung nach § 82 StVO vorliegt, mit der MA 28 vereinbart, dass die EigentümerInnen des Trogs bzw. der Begrünungseinrichtung die Haftung für Schäden die z.B. durch den Trog entstehen (z.B. an PassantInnen, am Gehsteig, etc.) übernimmt. Es wird auch ein Evidenthaltungsbetrag in der Höhe von zirka 10,- EUR pro Jahr vereinbart, damit längstens nach einem Jahr ein eventueller Ausfall der VertragspartnerInnen (verzogen, kein Interesse mehr, gestorben etc.) festgestellt werden kann.

Haftung, Errichtungskosten, Pflegekosten, Instandhaltungskosten, Fall A, B und C:

Grundsätzlich hat die Projektwerberin / der Projektwerber für Errichtung und Erhaltung alleine die Haftung und die Kosten zu übernehmen.

Es besteht aber die Möglichkeit einer Teilung im Sinne eines „PPP-Modells“ (Publik Private Partnership), also einer längerfristigen vertraglich geregelten Zusammenarbeit zwischen Öffentlicher Hand (z.B. Bezirk) und Privat. Diesbezüglich kann man sich an den Bezirk wenden und klären, ob ein Interesse an der Fassadenbegrünung besteht und eine Beteiligung des Bezirkes möglich ist.

Durchführung der Baumaßnahmen, Fall A, B und C:

Alle notwendigen Aufgrabungen und Wiederherstellungen, etc. müssen von der Antragstellerin / vom Antragsteller beauftragt und finanziert werden. Falls die Stadt Wien Grundeigentümerin der benötigten Fläche ist, werden im Wege der Zustimmung seitens der verwaltenden Dienststelle (**MA 28**) technische Vorschriften und Rahmenbedingungen für die Baumaßnahme vorgegeben.

Auch eine direkte Beauftragung der Stadt Wien durch die Projektwerberin / den Projektwerber ist möglich. In diesem Fall errichtet die MA 28 im Auftrag und auf Rechnung der privaten Antragstellerin / des privaten Antragstellers die Pflanzgrube (Fall A).

Förderung (MA 42), Fall A, B und C:

Neben der bereits bestehenden Förderung für Innenhofbegrünung kann in Zukunft auch eine Förderung für Fassadenbegrünungen beantragt werden, welche an das öffentliche Gut (ÖG) angrenzen. Die Förderung wird von der MA 42, Wiener Stadtgärten abgewickelt.

Anhang:

In diesem Teil finden Sie alle notwendigen Antragsformulare und Kontaktadressen.

die umweltberatung

"die umweltberatung"

Wiener Gebietsbetreuung Stadterneuerung

http://www.gbstern.at/

Je nach Bezirk sind unterschiedliche Teams zuständig:

http://www.gbstern.at/teams/ueberblick/

MA 19, Architektur und Stadtgestaltung

http://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=2005020808310607&STELLE=Y

Bundesdenkmalamt

Adresse: Bundesdenkmalamt, A-1010 Wien, Hofburg, Säulenstiege

Telefon: Vermittlung: +43-1-53415-0 Fax: +43-1-53415-252 Email: kontakt@bda.at Online-Kontaktformular: http://www.bda.at/kontakt

MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung

Allgemeine Informationen zum Thema Fassadenbegrünung Leitfaden Fassadenbegrünung

http://www.umweltschutz.wien.at/raum/fassadenbegruenung.html

MA 37, Baupolizei

Das Merkblatt für BauwerberInnen enthält Kontaktdaten:

http://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/merkblatt-bauwerber.pdf allgemeines Antragsformular: http://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/bauansuchen.pdf

MA 28, Straßenverwaltung und Straßenbau

http://www.wien.gv.at/amtshelfer/verkehr/strassen/gehsteig/auskunftserteilung.html Auskunftserteilung in Gehsteigangelegenheiten

http://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/pdf/gehsteigauskunft.pdf

MA 46, Verkehrsorganisation und technische Verkehrsangelegenheiten

Bewilligung nach §82 StVO: formlos

http://www.wien.gv.at/verkehr/organisation/abteilung/bewilligungen.html

MA 42, Wiener Stadtgärten

Antrag auf Förderung:

http://www.wien.gv.at/amtshelfer/umwelt/stadtgaerten/begruenung/fassadenbegruenung.html

Leitfadeninterviews:

Interview-Leitfaden

Befragte Person: Herr Dietmar Fellner

Funktion: Sekretariatsmitarbeiter

Einrichtung /Arbeitsstelle: Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft (IHLW)

Ort, Datum: Wien 2016

Vorbemerkung: Herr Fellner ist von der sommerlichen Hitzeproblematik im Universitätsgebäude der Bodenkultur Wien in der Muthgasse I konkret betroffen. Er ist federführend an der Diskussion über den Handlungsbedarf bezüglich der Problematik beteiligt.

Interviewfragen:

Hauptfragen:

1. In welcher Form sind sie von einer Sommerlichen Überhitzung des Gebäudes in der Muthgasse I betroffen?

2. Welche Maßnahmen gegen die Hitzeproblematik wurden bisher unternommen/ diskutiert?

3. Wie ist Ihre Meinung zu einer Fassadenbegrünung, um der Problematik Herr zu werden?

Detaillierungsfragen:

1. Seit wann besteht die Hitzeproblematik?

2. Wer ist alles betroffen?

3. Mit wem haben sie darüber gesprochen?

4. Warum gibt es keine Klimatisierung?

5. Wer ist der verantwortliche Ansprechpartner?

6. Was erwarten sie sich von den Maßnahmen gegen die Überhitzung?

Interview-Leitfaden

Befragte Person: Frau Koppensteiner

Funktion: H 17300Facility Service (FM)

Einrichtung /Arbeitsstelle: Haustechnik

Ort, Datum: Wien, 2017

Vorbemerkung: Frau Koppensteiner ist verantwortliche Ansprechpartnerin des Facility Service der Boku bezüglich der Haustechnik.

Interviewfragen:

Hauptfragen:

1. Was wissen sie über die sommerliche Hitzeproblematik im Gebäude der Muthgasse I?
2. Wurden bereits Maßnahmen gegen die Hitzeproblematik unternommen/ diskutiert?
3. Wie ist ihre Meinung zu einer Fassadenbegrünung um der Problematik Herr zu werden?

Detaillierungsfragen:

1. Seit wann besteht die Hitzeproblematik?
2. Wer ist alles betroffen?
3. Mit wem haben sie darüber gesprochen?
4. Warum gibt es keine Klimatisierung?
5. Wer ist ihr verantwortlicher Ansprechpartner?
6. Was erwarten sie sich von den Maßnahmen gegen die Überhitzung?

ExpertInneninterview-Leitfaden

Befragte Person: Alfred Strauss, Assoc. Prof. Dr.

Funktion: Stellvertretender Leiter Institut für Konstruktiver Ingenieurbau

Ort, Datum: Wien, 2017

Vorbemerkung: Neben den Lehrenden Funktionen am Institut für Konstruktiven Ingenieurbau hat Herr Dr. Strauss eine Reihe von Auszeichnungen, Funktionen und Mitgliedschaften auf den Gebieten: Kontinuumsmechanik; Brückenbau; Festigkeitslehre; Tragwerkslehre; Baustatik; Technische Statistik

Interviewfragen:

1. In welchen Plänen findet man Informationen bezüglich der Gebäudestatik?

2. Ist eine Pfosten- Riegel- Glasfassade Ihrer Meinung nach stabil genug für die Zusatzbelastung durch eine Fassadenbegrünung?

3. Welche Befestigungsmöglichkeiten auf Glasfassaden sind Ihnen bekannt?

4. Gibt es normierte Werte für Zusatzbelastungen von Gebäuden?

5. Welche Möglichkeiten einer Gründung auf Dachflächen gibt es?

6. Wie werden solche baulichen Ergänzungen berechnet?

ExpertInneninterview-Leitfaden

Befragte Person: Frau DI Vera Enzi

Funktion: Lektorin an der Universität für Bodenkultur, Mitglied im Verband für Bauwerksbegrünung, Autorin bei BiotopCity.
Darüberhinaus ist sie in folgenden Wissenschaftszweigen tätig: Ingenieurbiologie; Umweltgestaltung; Gartenbau; Grünraumgestaltung; Bodenuntersuchungen; Gartenkunst; Nachhaltige Entwicklung, Nachhaltiges Wirtschaften; Landschaftspflege; Landschaftsplanung; Landschaftsarchitektur;

Ort, Datum: Wien, 2017

Vorbemerkung: Frau Enzi hat viele Jahre berufliche Erfahrung in der Bauwerksbegrünung und hat unter anderem Ihre Masterarbeit zum Thema der fassadengebundenen Begrünung geschrieben.

Interviewfragen:

Hauptfragen:

1. Wie schätzen Sie die hitzeisolierende Wirkung einer Fassadenbegrünung ein?

2. Wie würden Sie eine Glasfassade begrünen?

3. Welche Systemhersteller kennen Sie?

Detaillierungsfragen:

1. Es gibt keinen direkten Bodenanschluss für eine Begrünung, schätzen Sie das als problematisch ein?

2. Was wären Alternativen? Wie kann man das kompensieren, oder was wäre die aus Ihrer Sicht bestmögliche Lösung oder Option?

3. Welche Erfahrungen haben sie mit der nachträglichen Isolierung durch Fassadenbegrünungen?

4. Welche Systeme können sie für die Begrünung einer Glasfassade empfehlen?

5. Grobe Preisschätzung?

6. Bewässerung?

ExpertInneninterview-Leitfaden

Befragte Person: Frau Arch. Dipl.-Ing. Susanne Höhndorf

Funktion: Gesellschafterin RATAPLAN-ARCHITEKTUR ZT GMBH

Ort, Datum: Wien, 2017

Vorbemerkung: Frau Dipl. Ing. Susanne Höhndorf war maßgeblich an dem Entwurf und Ausführungsplanung der Fassadensanierung des MA 31 Gebäudes in der Grabnergasse beteiligt.

Interviewfragen:

1. Wie wurde die nachträglich installierte Fassadenbegrünung am Gebäude der MA31 befestigt, bzw. wie wurde sie gegründet?

2. Wo gibt es statische Informationen bezüglich der Zusatzbelastungen von Gebäuden?

3. Aus welchen Materialien haben Sie die Gerüstkonstruktion gebaut?

4. Wie sind die Pflanztröge aufgebaut? Mit welchen Herstellern haben Sie zusammengearbeitet?

5. Ist die bestehende Pfosten-Riegel Fassade an der Muthgasse l Ihrer Meinung nach für die Zusatzbelastung durch eine Fassadenbegrünung geeignet?