universität des lebens

2010

Fassadenbegrünungen- Innovation und Chance

Vera Enzi bakk. techn.

H 0307159 419 066

07.06.2010

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

DANKSAGUNGEN

Ich möchte mich an dieser Stelle bei den vielen lieben Menschen bedanken, welche mir für die Dauer dieser Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben. Mein diesbezüglicher Dank geht an Professor **Florin Florineth** für seine ausgezeichnete Betreuung und fruchtbare Tätigkeit als mein Mentor. Meiner lieben Freundin und geschätzten Mitbetreuerin DI **Doris Astleitner** gilt mein besonderer Dank, ohne ihre Hilfe und ihren fachlichen Input- beides hat widrigstem Wetter und schwierigster Fragestellung getrotzt- hätte mir diese Arbeit nicht so viel Freude gemacht.

Was kann der Mensch ohne sein liebevolles, ihm besonders nahestehendes Umfeld zustande bringen? Mein spezieller Dank geht an meinen geschätzten Freund und Lebenspartner **Andreas Neuhold**, meine Eltern **Jutta** und **Wolf-Dietrich Enzi** und an meinen Bruder **Kurt Enzi**.

Speziellen Dank auch aus fachlicher Sicht möchte ich an dieser Stelle den VertreterInnen des **V.f.B.** und auch des **EFB** aussprechen, welche mir Vieles an Information und Praxiserfahrung zur Verfügung gestellt haben.

Besonders liebe Unterstützung habe ich auch von den MitarbeiterInnen des Instituts für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau erfahren, sei es Mittagessen, fachliche Auskünfte oder Rücksichtnahme- auf euch kann man sich immer verlassen. Danke **Silvia, Gerda, Uli, Bernhard, H.P., Clemens, Walter, Anita, Franz, Rosi, Max, Barbara**!

Wien am 6.6.2010

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung/Abstract

1. Einleitung- Themenstellung

1.1 Fassadenbegrünung Allgemein 7
1.2 Warum Fassaden begrünen? 9
1.3 Stand der Technik 10
1.4 Aufbau und Argumentation verschiedener Fassadenbegrünungssysteme 11
1.4.1 Kletterpflanzen und ihre Eigenschaften in Verbindung zur Gerüstkonstruktion 11
1.4.1.1 Selbstkletterer 12
1.4.1.2 Gerüstkletterer 13
1.4.2 Kletterhilfen – Parameter 14
1.4.3 Art der Pflanzung 15
1.4.4 Neuartige Systeme fernab traditioneller Bauweise 15
1.5 Kostenvergleich verschiedener Systeme und Pflanzmethoden 18
1.6 Feinstaub und Fassadenbegrünung 19
1.7 Der ökologische Fußabdruck- CO2 Bilanz 21
1.8 Offizielle Stellen für Fassadenbegrünung in Österreich 23

2. Untersuchungsobjekte

2.1 Kurzcharakteristik beider Fassadenbegrünungssysteme 24
2.2 Kammelweg- Von Planung zu Ausführung 25
2.3 Gebrüder Haas & Techmetall- Qualitätsanalyse bei bestehendem System 30

3. Untersuchungsmethoden

Allgemeiner Überblick- methodischer Teil 37
3.1 Klimaschutzfassade GEHA: Deckungsgrad 38
3.2 Klimaschutzfassade GEHA: Wurzel/Spross- Längenverhältnis 39
3.3 Klimaschutzfassade GEHA: Vitalität nach Braun 40
3.4 Klimaschutzfassade GEHA: Wasserhaushalt 41
3.4.1 Starkregensimulation und Abfluss 42
3.4.2 Dachwasseranalyse- Filterwirkung 45
3.5 Kammelweg Fassadenbegrünung: Konstruktion eines Fassadensystems, Auswahlkriterien für Material und Pflanzen 47

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Klimaschutzfassade GEHA: Deckungsgrad 49
4.2 Klimaschutzfassade GEHA: Artenzusammensetzung, Wurzel/Spross- Längenverhältnis 55
4.3 Klimaschutzfassade GEHA: Vitalität nach Braun 61
4.4 Klimaschutzfassade GEHA: Wasserhaushalt 64

4.4.1 Starkregensimulation und Wasserabfluss 65
4.4.2 Dachwasseranalyse- Filterung 72
4.5 Fassadenbegrünung Kammelweg: Konstruktion eines Fassadensystems, Auswahlkriterien für Material und Pflanzen 77
4.5.1 Plandarstellungen 77
4.5.2 Materialienfür Rankhilfen und Tröge 84
4.5.3 Auswahl der Kletterpflanzen 86

5. Vorschläge für die Praxis

5.1 Entwicklung verschiedener Pflanzvarianten für das System GEHA Klimaschutzfassade 90
5.2 Entscheidungshilfen für potentielle Bauherren- ein Vergleich zur Dachbegrünung 95
5.2.1 ÖNORM L1131 Bewertungsmodell 96
5.2.2 Übertrag Fassadenbegrünung, Gewichtung: Technik/Ökologie/Ästhetik möglich? 98
5.3 Ansprüche und Einsatzbereiche beider Systeme im Vergleich 101
5.4 Marktpositionierung der Systeme im Allgemeinen 103
5.4.1 Marktpositionierung der beiden behandelten Versuchssysteme 104

6. Resümee

6.1 Potentiale und Chancen der Fassadenbegrünung 105

7. LITERATUR und QUELLENVERZEICHNIS 108

8. ABILDUNGS- und TABELLENVERZEICHNIS 111

9. ANHANG 116

9.1 ANHANG A- Artenlisten Kletterpflanzen 116
9.2 ANHANG B- Kontaktliste der nationalen Verbände 118
9.3 ANHANG C- Einzelergebnisse Vegetationsaufnahmen und Messungen zum Wasserhaushalt aufbereitet in EXCEL 119
9.4 ANHANG D- Einzelfotos der Vegetationsaufnahme Wurzel/Spross Längenverhältnis 127
9.5 ANHANG E- Entwurf Bewertungsmodell- Auszug EXCEL 130

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Diplomarbeit soll einen Überblick zur derzeitigen Situation der Fassadenbegrünung in Österreich geben und deren innovatives Feld sowie zukünftige Chancen herausarbeiten. Die Tätigkeit der Verfasserin beim Österreichischen Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.), bei der Europäische Föderation für Bauwerksbegrünung (EFB) sowie beim Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (BOKU Wien) legte den Entschluss nahe, die gewonnenen Rückschlüsse in einer Diplomarbeit aufzuarbeiten und so weiter zu vertiefen.

Fassadenbegrünungen erleben derzeit einen großen Trendschub in Österreich, diese Diplomarbeit geht von einem Weiterbestehen der Trendentwicklung aus. Anhand von zwei verschiedenartigen Versuchssystemen:

-„KLIMASCHUTZFASSADE“ der Firma Gebrüder Haas (GEHA), Guschelbauergasse 3, 1012 Wien

-Fassadenbegrünungssystem der Firmen Mischek/BauXund und EBG, Kammelweg 8, 1012 Wien

wurden Untersuchungen zu Pflanzenphysiologie (Deckungsgrad, Wurzel/Spross Längenverhältnis, Vitalität, Ausfälle), Wasserhaushalt (Simulation Starkregenereignis, Dachwasseranalyse, Grauwasserfilterwirkung) durchgeführt, sowie ein planungstheoretischer Ansatz hinsichtlich Konstruktion, Pflanzen- und Materialwahl ausgearbeitet. Messungen zu Feinstaubbindung von Fassaden und zum ökologischen Fußabdruck von Begrünungssystemen wurden theoretisch behandelt. Die Erhebung dieser Ergebnisse dient dem Zweck, den derzeitigen Stand der Technik besser verständlich zu machen sowie Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten für Fassadensysteme aufzuzeigen. Dadurch ist es möglich, zukünftige Forschungsfragen und -ansätze zur Fassadenbegrünung sowohl auszuschließen als auch vorzuschlagen.

Vorschläge für die Praxis sind ebenfalls Gegenstand der Betrachtung. Vor allem Bauherren und Planer haben es in Österreich derzeit noch schwer, denn genaue Vorgaben sowie „Best Practice“ Empfehlungen zur Fassadenbegrünung sind derzeit kaum vorhanden. Einzige Grundlage bildet die deutsche FLL- Richtlinie für die *„Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen“*. Die neue ÖNORM L1131 *„Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung“* beschäftigt sich ausschließlich mit der Gestaltung von Dächern, nur einige wenige Vorschläge können auch auf die Fassade angewandt werden. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Überlegung, Standards für Fassadenbegrünung zu definieren und auch die Anwendung dieser durch Zertifikate sowie ein Bewertungsmodell für Interessierte zugänglich zu machen. Zum Vorbild für diese Vorhaben wurden die derzeit gültigen Dokumente zur Dachbegrünung (ÖNORM L1131) sowie der vom V.f.B. praktizierte Umgang mit denselben genommen.

Abschließend werden noch Vorschläge zur Weiterentwicklung der beiden Versuchssysteme erarbeitet. Mittels geänderter Artenzusammensetzung und eindeutiger Zielgruppendefinition ist eine Weiterentwicklung möglich.

Institute of Soil Bioengeneering
(IBLB)

**University of Natural Resources
and Applied Life Sciences,
Vienna**

ABSTRACT

This thesis deals with the current situation of facade greening in Austria as well as in Europe. It should give a general view on to innovative fields as well as prospective chances. The writer herself works for the austrian green roof association (V.f.B.) as well as for the european federation of Green Roof Associations (EFB). Due to her projectwork as study assistant for the Institute of Soil Bioengeneering (BOKU Vienna), she was able to gain experience on to facade greening. She decided to reprocess and evolve gained knowledge by working on this thesis.

Facade greening in Austria now expiriences a huge development trend, this thesis expects this trend to evolve into a future trend very soon. Based on two different pilot projects:

-„CLIMATE PROTECTION FACADE“ of Company Brothers Haas (GEHA), Guschelbauergasse 3, 1012 Vienna

-Facade greening system of Companies Mischek/BauXund and EBG, Kammelweg 8, 1012 Vienna

approaches were conducted to: plant physiology (coverage ratio, vitality, losses), water regime (simulation of heavy rain impact, graywater adsorption filter, analysis of roofwater) and engeneering in theory (material, construction, plant selection). Fine dust measurement and the ecological footprint were discussed in theory. Those results are meant to give an overview on to the current „state of the art“ of facade greening and find weaknesses as well as improvements. Prospective research questions and attempts can be excluded or proposed.

This theory also contains best practice proposals for building contractors and landscape architects. From the official site, only one german FLL guideline to „planning, realization and maintenance of facade greening“ exists at the moment. To give guidance to planning organs, standards have to be found and defined. This thesis creates a draft on to a possible valuation method to classify and certify facade greening systems. Valid roof greening documents of the V.f.B. as well as the new ÖNORM L1131 served as a model for the process.

Finally, potential development proposals targeted on both pilot projects are offered. Those proposed changes affect species structures and target group definitions, if conducted, they could have a positive effect on future trends.

1. Einleitung- Themenstellung

Die vorliegende Arbeit basiert auf den theoretischen Grundlagen der Eigenschaften und Eignung von Kletterpflanzen für die verschiedenen Ausprägungen der Fassadenbegrünung. Wie zukunftstauglich sind Fassadensysteme jedoch wirklich und welche verlässlichen Daten stehen interessierten Personen zur Verfügung? Da es auf dem Forschungssektor bis Dato leider erst wenige Erkenntnisse über Fassadenbegrünungen und deren Wirkungsweisen gibt, möchte ich mit dieser Diplomarbeit eine möglichst flächendeckende Betrachtung versuchen.

Fassadenbegrünungen besitzen Vorteile, die nicht nur einem aktiven Beitrag zum Umwelt- und Naturschutz zuzuordnen sind, sondern darüber hinaus für das Gebäude auch langfristig Betriebskosten senken können. Zusätzlich haben Fassadenbegrünungen in größeren Gewerbegebieten besondere Bedeutung, da sie das lokale Kleinklima eines Siedlungsgebiets maßgeblich beeinflussen können. Hier tragen diese Begrünungsformen wesentlich zur Staubbindung, zur Luftbefeuchtung und zur Kaltluftentstehung und damit zur Förderung der menschlichen Gesundheit bei. Sie besitzen somit – ähnlich einer Dachbegrünung - die Funktion einer lokalen ‚naturnahen Klimaanlage‘. Da viele Potentiale und Chancen bereits erkennbar sind, ist das Thema einer näheren Betrachtung im Sinne einer nachhaltigen Zukunft wert.

Ich selbst bin in die Thematik „Bauwerk und Grün“ langsam hineingewachsen. Durch die Universität für Bodenkultur und das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau konnte ich durch Lehrveranstaltungen und Mithilfe in Projekten Praxisluft schnuppern und habe mich so Schritt für Schritt auf die Gebäudebegrünung spezialisiert. Als ich mich entschied, für den österreichischen Verband für Bauwerksbegrünung zu arbeiten, verschrieb ich mich der Thematik vollends und diese Diplomarbeit wurde zu einem inneren Anliegen.

1.1 Fassadenbegrünung Allgemein

Die Fassadenbegrünung- das Trendjahr 2010

Fassadenbegrünungen sind keine neue Erfindung. Als die „Urform“ einer begrünten Fassade gilt der Bewuchs mit Efeu, welcher bereits offiziell in Dokumenten der frühen Antike aufzufinden ist (vgl. GOTHEIN, 1926 und BRODERSEN, 1998). Im vergangenen Jahrhundert waren Fassadenbegrünungen wohl bekannt, einige hochrangige Architekten haben sich des Themas angenommen, zu einer Standardisierung und Verankerung der grünen Fassade im Bauhandwerk kam es jedoch nie. Der ebenfalls lange Zeit „stiefmütterlich“ behandelte Bruder der Fassadenbegrünung, die Dachbegrünung, erlebt seit einigen Jahren nun schon eine Phase des Aufschwungs. Mit der Erscheinung der ÖNORM L1131: *Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung* im Mai 2010 liegt nun auch eine normierte Vorgabe für Gebäude und Grün auf. Manchmal muss man jedoch Systeme neu erfinden, um diese wieder in das Gedächtnis der Menschen zu rufen. Die vergangenen Jahre des Klimaschutzes und des globalen Wandels haben Pflanzen wieder näher an das Gebäude rücken lassen. Seit einem Jahr nun

ist der neue Trend zur Fassade auch in Europa zu spüren. Viele unserer Nachbarn beschäftigen sich mit dem Thema der Fassadenbegrünung ebenso intensiv wie begeistert, trotzdem gibt es wenige bestätigte Grundlagen. Der Mangel an Ergebnissen ist einerseits auf die Neuheit des brandaktuellen Themas zurückzuführen, andererseits auch auf geringes Forschungsbudget der Institutionen.

Fassadenbegrünungen europaweit- Trend oder Eintagsfliege?

Wie macht sich dieser Trend in Europa, respektive Österreich bemerkbar? Viele kleine Firmen, meist Spezialisten auf dem Gebiet der Dachbegrünung, drängen nun auf den Fassadenmarkt. Da es jedoch aufgrund von kleinklimatischen Unterschieden mit großen Auswirkungen, unterschiedlichsten Bauobjekten und unterschiedlichem Rechtsapparat bis Dato keine Generallösung gibt, entwickeln diese ihre Kleinsysteme meist speziell auf den Kunden bezogen. Wenige Firmen haben das höhere Ziel, mit ihrem System einen größeren Markt abzudecken und versuchen in Kooperation mit Forschungspartnern aus der Wissenschaft den Sprung hin zur Patentierung und Zertifizierung. Aus den genannten Gründen laufen im Moment bereits einige Systeme in Probezeit, die Forschungsinstitutionen reagieren träge auf den Druck der Firmen, welche natürlich möglichst schnell mit einer Vermarktung beginnen wollen. Systeme sind nur dann als langfristig zu sehen, wenn auch langfristige Untersuchungen vorliegen. Ab welchem Zeitraum der Beobachtung kann man jedoch davon ausgehen, dass das getestete System stabil und nachhaltig funktioniert sowie die gewählten Materialien und Pflanzen ein optimales Zusammenspiel aufweisen?

Laut Dr. Maurizio Crasso vom italienischen Verband für Bauwerksbegrünung (A.I.VE.P.) ist ein Beobachtungszeitraum von mindestens 10 Jahren im klimatisch trockenen Italien Voraussetzung. Der ungarische Verband für Bauwerksbegrünung (ZEOSZ) befasst sich mit der Herausgabe von „Best Practice“ Empfehlungen für Dach und Fassade um optimal zu informieren. Der Europäische Verband für Bauwerksbegrünung (EFB) zeigt sich interessiert an Fassadenbegrünungen, man verhält sich jedoch abwartend und beobachtend, da die Trendbewegung ziemlich neu ist und deren Entwicklung sowie Resultate noch auf sich warten lassen. Firmen, welche sich mit der Entwicklung von neuen Systemen auseinandersetzen wollen, wird Unterstützung und Information soweit bekannt zugesichert. Der österreichische Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) unterstützt seine Mitglieder und sonstige Firmen mit Rat und Tat. Der Verband hat es sich zum Ziel gemacht, Grundsteine zur Standardisierung zu setzen und Entwickler wie Verarbeiter bestmöglich über den derzeitigen Stand der Technik zu informieren. Durch die Entwicklung einer Bewertungsmethode für Gründächer, welche dieser Diplomarbeit als Basis für die Erstellung eines solchen Systems für Fassaden zu Grunde liegt, und das Initiieren der ÖNORM L1131 legt der Verband Grundsteine für standardisierte Verfahren. Im April 2010 gelang es dem Verband mit Hilfe der Universität für Bodenkultur ein großes Forschungsprojekt mit dem Titel „Grün- Stadt- Klima“ ins Leben zu rufen. Dieses Projekt wird von der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) unterstützt und soll als erstes großes Forschungsprojekt mit aussagekräftigen Ergebnissen zu begrünten Dächern und Fassaden im Bezug auf deren klimatische Auswirkungen aufwarten können. Mit Hilfe von einem Computermodell und den erhobenen Daten soll die klimatische Auswirkung von Grünflächen auf Dach und Fassade in einem Stadtteil simuliert werden. Das Forschungsprojekt hat neben den Forschungspartnern zahlreiche Partner aus der Wirtschaft und kann eine flächendeckende Breite der Ergebnisse sicherstellen.

Bei den beiden untersuchten Bauobjekten in dieser Diplomarbeit handelt es sich um Fassadensysteme, die von zwei unterschiedlichen Bauträgern mit Hilfe des Forschungspartners BOKU entwickelt wurden und auch von diesem weiter beobachtet und betreut werden.

1.2 Warum Fassaden begrünen?

Es gibt viele Gründe, die für eine Fassadenbegrünung sprechen. Viele dieser Gründe basieren leider bis Dato nur auf Mutmaßungen und können nicht offiziell bestätigt werden. Einige Arbeiten über Fassadenbegrünung im europäischen Raum gibt es jedoch. Die nachfolgende Liste differenziert nach bewiesenen und noch *nicht bewiesenen* positiven Auswirkungen von Wandgrün (HÜFING, 2008):

-Wandgrün schützt die Fassaden vor Witterungseinwirkungen und vor Strahlenbelastungen aus UV-Licht. Damit kann sich die Lebensdauer von Außenwandmaterialien erheblich verlängern.

-Begrünte Wände schlucken Schallwellen. Damit können Wandbegrünungen zum Lärmschutz beitragen.

-Mehr noch als bei begrünten Dächern tritt bei der Fassadenbegrünung die gestalterische und ästhetische Aufwertung der Bausubstanz in den Vordergrund. Die Attraktivität von Gebäuden steht und fällt oft mit Wandgrün. Durch die Fassade erschließen sich moderne, zeitgemäße architektonische Gestaltungsmöglichkeiten im Außenbereich, dadurch geschieht eine optische Aufwertung von Bauobjekten.

- *Gestaltet man eine Fassade mit blühendem Grün, kann man Duftaspekte der Fassade hervorheben. Dieser Vorgang erstreckt sich auf alle positiven Eigenschaften, die der Mensch dem Grün abgewinnen kann.*

- *Durch Neugestaltung kann eine Sanierung an bestehenden Fassaden durchgeführt werden.*

- *Manche Systeme können Dachwässer von Verunreinigungen befreien und möglicherweise auch zur Grauwasserklärung verwendet werden.*

- *Es findet eine Entlastung der Kanalwasserspitzen durch direkte Einleitung der Dachwässer in Fassadensysteme statt.*

- *Fassadensysteme können eine Schadstoffreduzierung von Dachwässern erwirken, somit eine Filterfunktion übernehmen.*

- *Mit einer begrünten Fassade kann man eine Abschirmung von Elektrosmog erreichen.*

- *Dauergrüne Rankpflanzen können im Winter einen Isolationseffekt besitzen und Heizkosten sparen.*

- *Wandbegrünungen mindern im Sommer die Kühlspesen, indem sie die begrünten Wandbereiche vor einem starken Aufheizen schützen.*

- *Schädliche Luftinhaltsstoffe und Staub werden vom dichten Laub einer Fassadenbegrünung festgehalten. Zusammen mit ihrer Verdunstungsleistung stellen Grünfassaden eine naturnahe Luftreinigungsanlage mit sehr geringem Platzbedarf dar.*

1.3 Stand der Technik

Einige der vorangehend angeführten Vorteile einer Fassadenbegrünung basieren derzeit nur auf Vermutungen, denn diesbezügliche Versuchsanlagen und Forschungsprojekte haben sich noch nicht etabliert. Fassadenbegrünungen sind vor Allem für den urbanen Raum geeignet, daher bezieht sich die vorliegende Betrachtung auf diesen.

In Deutschland erhebt die „Richtlinie zur Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen“ (FLL e.V., Bonn, 2000) den Anspruch, den aktuellen Stand der Technik widerzuspiegeln.

In Österreich galt bisher die ONR 121131 „Qualitätssicherung im Grünraum - Gründach - Richtlinien für die Planung, Ausführung und Erhaltung“ als Stand der Technik, ab Mai 2010 wurde diese durch die ÖNORM L 1131 „Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung“ ersetzt. In der Praxis orientiert man sich nach den österreichischen sowie deutschen Regelwerken.

Die vorliegenden Regelwerke beschäftigen sich vor Allem mit Grenzwerten, welche bei Bauwerksbegrünungen nicht über- bzw. unterschritten werden dürfen, diese gelten für die bauphysikalische Komponente der Fassade. Über die Funktionen und Wirkungen von begrünten Fassaden wird näher eingegangen, deren städtebauliche, freiraumbezogene und ästhetische Funktion kurz charakterisiert. Auch über ökologische und ökonomische Aspekte wird man hier Informationen vorfinden, kleinklimatische und lufthygienische Funktionen sind ebenfalls berücksichtigt. Die in Deutschland geltenden rechtlichen Voraussetzungen sind deutlich klarer definiert und als bindend anzusehen. In Österreich gibt es hingegen kaum wirksame gesetzliche Vorgaben. Die deutsche Vorlage definiert genaue Einschränkungen bei der Begrünung, geht genau auf ungeeignete Standorte ein und gibt Vorschläge zur Schadensprävention. Zusätzlich sind auch Ausführungen zur Abnahme, Entwicklungs- und Erhaltungspflege vorliegend sowie Kriterien für eine standortgerechte Pflanzenwahl angeführt. Die vorliegende ÖNORM geht spezifisch auf die Dachbegrünung ein, nur einige wenige der behandelten Themen können auf die Fassade umgelegt werden. Dahingehend orientiert man sich auch in der Praxis vor Allem nach dem deutschen Modell.

Als zusätzliches Problem anzusehen ist auch, dass es zur Fassade im Unterschied zum Dach bis Dato keine allgemein gängige Begrünungsvariante gibt. Dieser Umstand ergibt sich aus den naturgegeben unterschiedlichsten Standortbedingungen sowie der bereits angesprochenen fehlenden Thematisierung der vergangenen Jahre.

Auf die drei bekannten Bestandteile einer Fassadenbegrünung, die Pflanzen, das Gebäude und die Kletterhilfen wird im folgenden Punkt näher eingegangen. Faktum ist jedoch, dass viele kleine Firmen, welche sich der Fassaden nähern wollen, zu neuen, innovativen Methoden greifen. Diese bewegen sich zum Teil auch weg von Rankhilfen und bringen Pflanzen an die Fassade, welche aus herkömmlicher Sicht nicht der Gattung Kletterpflanzen zuzuordnen sind. Ebenso agieren die Architekten des letzten sowie präsenten Jahrhunderts, auch diese setzen auf innovative Methoden, im Gegensatz zur ursprüngliche Einteilung (Topf)Pflanze -Klettergerüst-Fassade.

1.4 Aufbau und Argumentation verschiedener Fassadenbegrünungssysteme

Die grundsätzlichen Bestandteile einer Fassadenbegrünung sind per Definition der „Richtlinie zur Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen“ (FLL e.V., Bonn, 2000) die Kletterpflanze selbst, die verfügbaren Kletterhilfen sowie die Art der Pflanzung. Die folgenden Seiten sollen einen kurzen Überblick über die verschiedenen Komponenten geben. Anschließend folgt eine beispielhafte Übersicht zu andersartigen und innovativen Methoden, welche die genannten Komponenten neu definieren und interpretieren.

1.4.1 Kletterpflanzen und ihre Eigenschaften in Verbindung zur Gerüstkonstruktion

Kletterpflanzen unterscheiden sich von anderen Pflanzen durch ihre Art zu wachsen. In der Natur bewachsen sie die Stämme und Äste anderer Pflanzen (vgl. BAUMANN, 1983). Bei der Verwendung und der Pflanzen durch den Menschen werden diese direkt an Fassaden oder Rankgerüsten und Kletterhilfen hochgezogen. Prinzipiell kann man zwei verschiedene Arten unterscheiden, nämlich Pflanzen, welche ohne fremde Hilfe zu klettern vermögen und Pflanzen, welche fremde Hilfen benötigen.

Die ersteren, Selbstkletterer oder Wurzelkletterer genannt, bilden in ihrer Wachstumsphase entlang der jungen Triebe kleine unverzweigte Haftwurzeln aus, mit denen sie sich an einem geeigneten Untergrund festhalten können (vgl. KÖHLER, 1993).

Die anderen Arten sind auf Grund ihrer Kletterart an Gerüste gebunden. Hierbei unterscheidet man zwischen Schlingpflanzen, die sich mit dem gesamten Spross oder einzelnen Trieben um die Gerüste winden, sowie Rankpflanzen, welche sich mit Hilfe von Organen, die an Stelle von Blättern, Blattstielen oder Sprossen gebildet wurden, fortbewegen und außerdem Spreizklimmern, die sich mit Dornen oder Stacheln an einer Kletterhilfe festhaken (vgl. KÖHLER, 1993). Im Folgenden wird näher auf die verschiedenen Gruppen und ihre Eigenschaften eingegangen.

1.4.1.1 Selbstkletterer

Diese Pflanzen halten sich durch kleine Wurzeln am vertikalen Untergrund fest. Voraussetzung für die Bildung dieser Haftwurzeln ist eine Mindestfeuchtigkeit und Lichtmangel. Der negative Phototropismus[1] dieser Pflanzenteile steuert das Wachstum zur Unterlage hin. Die Verankerung erfolgt mit Wurzelhaaren, die geringfügig in die Oberfläche eindringen können (vgl. KÖHLER, 1993).

Das Eindringen in die Fassadenoberfläche - beispielsweise bei Efeu - ist dies als kritisch anzusehen, falls dadurch die Fassade maßgeblich beschädigt wird. Dies geschieht allerdings in den meisten Fällen nur bei Fassaden, die schon vor der Begrünungsmaßnahme Risse zeigten. In diesem Fall können die Wurzeln tatsächlich Schaden anrichten. Eine Überprüfung der Fassade hinsichtlich deren Eignung im Vorhinein ist ratsam. Welche Voraussetzungen muss eine Fassade für einen Selbstklimmer vorweisen können?

Der geeignete Untergrund für Selbstklimmer ist eine raue Oberfläche, zusätzlich muss die Tragfähigkeit der Fassade sichergestellt sein (vgl. KÖHLER, 1993). Besonders wichtig ist der einwandfreie Zustand der Fassaden, also keine Risse im bestehenden Verputz, da im gegenteiligen Fall das Einwachsen der Haftwurzeln und nachfolgendes Aufsprengen der Fassade kaum zu vermeiden ist (vgl. BECSEI, 1986). Steht der Pflanze nur eine glatte Oberfläche zur Verfügung, kann man durch Nachbearbeitung eine raue Oberfläche schaffen. Dies kann durch Verputzen oder Verklinkern, vorhängen von flächigen Gittern oder linearen Aufleitungen mit horizontalen Gittern erfolgen.

Haftwurzelkletterer benötigen oft eine unterstützende Kletterhilfe, diese ähnelt den für Gerüstkletterer empfohlenen Bauweisen.

1.4.1.2 Gerüstkletterer

Die Vorteile von Pflanzen, welche Gerüstkonstruktionen als Kletterhilfe in Anspruch nehme,n sind vielfältig. Die vorhandene große Artenauswahl ermöglicht eine vielfältige Gestaltungmöglichkeit. Diese Pflanzen lassen sich zudem viel leichter lenken und beanspruchen nur den ihnen zugedachten Platz, ganz im Gegensatz zu den „wilden“ Selbstklimmern. Diese Punkte sind vor allem bei Begrünungen mit hohem gestalterischem Anspruch von Bedeutung. Natürlich muss der Pflanze aber auch der artenabhängig benötigte Platz gewährt werden, genügend Ausbreitungs- und Entwicklungsmöglichkeit muss gegeben sein. Bei zu kleinem Gerüst hängen diese Pflanzen schnell über und bieten einen anderen Anblick als geplant.

Schlingpflanzen

Die Schlinger oder Winder umgreifen mit ihren jungen Trieben die Kletterhilfe und bevorzugen einen senkrechten Verlauf. Querverbindungen dienen als Abrutschsicherung. Bei Seilen oder Stäben, die in einem geringeren Winkel als 45° verlaufen, nimmt die Bereitschaft der Pflanze zur Schlingbewegung ab. Nur von einigen Arten - beispielsweise Fallopia aubertii - können waagrechte Seile oder Hölzer

[1] *„Der Phototropismus ist eine durch einen Lichtreiz hervorgerufene Wachstumsbewegung. Wachstum auf eine Lichtquelle zu wird als positiver, von der Lichtquelle weg als negativer Phototropismus bezeichnet.“*

(http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d32/32b.htm, letzter Zugriff am 22.04.10)

überwunden werden, die Triebe müssen hingeleitet und eventuell festgebunden werden. Man unterscheidet rechts- und linkswindende Arten (vgl. GUNKEL, 2004).

Viele Arten zeigen ein starkes Wachstum, weshalb Kletterhilfen mit 10 bis 30 m Höhe notwendig sind. Man kann jedoch auch geeignete Arten für Begrünungen bis zu 6 m Höhe finden. Zur Ausführung des Gerüsts wird auch erwähnt, dass runde Profile gegenüber eckigen besser angenommen werden. Kleine Durchmesser werden meist bevorzugt, hier gilt die Größenordnung bis 5 cm. (vgl. KÖHLER, 1993, S. 187f).

Rankpflanzen

Diese Gruppe zeichnet sich durch die Umwandlung verschiedener Pflanzenteile zu Greif- und Halteorganen aus. Nach den Pflanzenteilen werden Blattstielranker, Blattranker und Sprossranker unterschieden (vgl. GUNKEL, 2004). Durch Kontaktreiz beginnt der jeweilige Teil die Kletterhilfe zu umfassen.

Bei den Kletterhilfen sollen die Profile der Stäbe einen Durchmesser von 1 cm (vgl. FLORINETH, 2010) nicht überschreiten. Die Abstände der Verbindungen werden oft unterschätzt und können 15 cm bis 50 cm betragen. Häufige Formen für Rankkletterhilfen sind Raute und Rechteck.

Verglichen mit den Schlingpflanzen werden die Triebdurchmesser bei Rankern nicht so groß, sie haben auch keinen direkten Kontakt mit der Kletterhilfe, sondern verlaufen davor oder dahinter. Dahingehend kann auch der Wandabstand kleiner ausfallen als bei manchen Schlingpflanzen. Rankpflanzen erreichen im Alter kein besonders hohes Gewicht, die Konstruktionen sind statisch dem entsprechend anspruchsloser.

Spreizklimmer

In der freien Natur klettern Spreizklimmer durch Einhaken und Verflechten ihrer Triebe mit anderen Gehölzen. Dies kann mit Hilfe von Stacheln, Dornen oder horizontalen Seitenzweigen erfolgen. Bei der Verwendung dieser Gruppe zur Fassadenbegrünung müssen diese festgebunden und durch das Gerüst gefädelt werden. Dazu ist ein ausreichender Abstand zur Wand erforderlich. Die wichtigsten Teile des Klettergerüsts sind hier die Querverbindungen (vgl. GUNKEL, 2004, S. 45). Bei KÖHLER (1993, S. 191) wird hinzugefügt, dass rautenförmige Muster mit spitzen Winkeln das natürliche Einhaken begünstigen. Die Abstände der Elemente der Kletterhilfe sollten zwischen 25 cm und 50 cm betragen. Spreizklimmer gelten generell als langsam wüchsige Pflanzen.

Eine Liste der wichtigsten Kletterpflanzen ist in Kapitel 9.1, Anhang A der Diplomarbeit zu finden. Die ausführliche Betrachtung der verschiedenen Arten von Kletterpflanzen ist an dieser Stelle relevant, da zu den Überlegungen der geeigneten Bepflanzung für das zweite in dieser Diplomarbeit betrachtete Projekt, den Kammelweg, eine Grundlage geschaffen werden soll.

1.4.2 Kletterhilfen - Parameter

Bei der Herstellung von Rankgerüsten ist auf verschiedene Parameter zu achten. Hierbei spielen der Abstand zur angrenzenden Fassade, die Wahl des Materials und zu die tragende Last eine Rolle.

Abstand der Kletterhilfe zur anstehenden Fassade

Als erstes zu erwähnen ist der Abstand des Gerüsts vom Gebäude. Je nach anstehender Fassadenausformung (Dämmung, Hinterlüftung, etc.) müssen ausreichende Abstände zum Gebäude berücksichtigt werden. Dieser Parameter ist im Bezug auf die Ausmaße der ausgewachsenen Pflanze zu definieren. In den heißen Sommermonaten kann es zu einem Hitzestau kommen, in Folge dessen stirbt die Pflanze ab oder trägt irreversiblen Schaden davon. Ein passender Abstand (8 – 10 cm) erzeugt eine positive Kaminwirkung, die Warmluft kann dahinter aufsteigen (FLORINETH, 2004).

Wahl des Materials

Bei der Auswahl des geeigneten Materials gilt es, auf die örtlichen Gegebenheiten und die dort anzusiedelnde Pflanze Rücksicht zu nehmen. Man unterscheidet prinzipiell Kletterhilfen aus Holz, Metall oder anderen Materialien. Kletterhilfen aus Holz sind meist günstig, erhitzen sich nicht stark und besitzen natürliche sowie regenerative Eigenschaften. Als negatives Kriterium sei hier auf die geringe Lebensdauer der Konstruktion hingewiesen. Kletterhilfen aus Metall weisen eine wesentlich längere Lebensspanne auf, erhitzen sowie kühlen jedoch stark (Frost-, Hitzeschäden bei Pflanzen, vgl. BECSEI, 1986). Diesen negativen Temperaturentwicklungen an Metallkonstruktionen kann man durch geeignete Dimensionierung der Seile oder durch die Verwendung von gewundenen Drahtseilen an Stelle von Metallrohren oder einfachen Drähten entgegenwirken. Überlegungen der Statik, Belastbarkeit, Haltbarkeit und Wartungsfreundlichkeit sprechen für eine Metallkonstruktion. Aus ästhetischer Sicht kommen beide Materialien in Frage, diese Entscheidung hängt vom gestalterischen Anspruch und Design der Anlage ab. Kunststoffe und Glasverbundstoffe spielen bis Dato keine große Rolle, zukünftige Entwicklungen sind jedoch mit Spannung zu erwarten.

Aufliegende Last

Zusatzlasten, wie sie eine Fassadenbegrünung darstellt,können nur in tragende Gebäudeelemente eingeleitet werden. Für die Standsicherheit eine s Gerüsts ist dessen Verankerung am Gebäude ausschlaggebend. Eine Fundamentierung der Anlage ist in jedem Fall empfohlen, zur Verankerung verwendet man bei nach Anzahl und Größe der Verbindungselemente variablen Systemen in der Regel verdübelte Haken und Verschraubungen mit Abstandhaltern. Im Falle von großen Wandabständen und und Flächen kommen Anlehngerüste oder Vorständerungen zum Einsatz.

Die auf die Konstruktion einwirkenden Lasten setzen sich in der Regel aus Gerüst, Pflanzenmasse und Windlast zusammen. Zusätzliche Faktoren können sich aus Nässe, Schnee und Eis ergeben. Auch die Vorspannung von verwendeten Seilen und Netzen, deren Zugkräfte bei Wind, material- und witterungsspezifische Spannungsunterschiede, sowie Kräfte durch das Dickenwachstum der Triebe sind im Planungsvorgang zu berücksichtigen (vgl. GUNKEL, 2004, S. 71). Zu den Windlasten zählt der Winddruck und -sog senkrecht und parallel zur Wand. Die Last durch parallel auftreffende Windströme hängt vor allem von dem Volumen der Begrünung ab und somit von der Wuchsart der Pflanze.

Die verschiedenen Klettertechniken sind mit den Gerüstkonstruktionen abzustimmen. Pflanzenspezifische Sensitivitäten (wie beispielsweise Frostempfindlichkeit oder Wärmebedürfnis) können durch die Wahl des Gerüstmaterials und geeigneter Abstände Berücksichtigung finden. Bezüglich der auftretenden Lasten durch die ausgewachsene Pflanze kann von den Richtwerten der FLL- Richtlinie ausgegangen werden, in der Planungspraxis bedeutet dies jedoch ein kräftiges Hinzurechnen von Sicherheiten.

1.4.3 Art der Pflanzung

Ein besonders wichtiges Kriterium, leider von Planern und Architekten oft durch Nichtbeachtung gestraft, stellen Art und Ausmaß des Pflanzgefäßes dar. Dieses ist als der Raum anzusehen, den die Pflanze letztendlich zum Leben zur Verfügung hat, folglich steigt und fällt der Erfolg einer Anlage mit diesem Kriterium. Die Pflanzung direkt in den Boden ist mit Sicherheit die geeignetste Methode für eine Pflanzung, daher auch für eine Fassadenbegrünung gültig. Die Pflanze ist dadurch in ihrer Entwicklung durch bodenchemische und – mechanische Vorgänge unterstützt, welche sie sonst nicht findet. Natürlich gelten je nach Art der Pflanze unterschiedliche Ansprüche im Bezug auf deren verfügbaren Wurzelraum. Pflanzgrubendimensionen von 50 cm x 50 cm bzw. 1 m x 1 m sind in der Praxis üblich. Wichtig ist ein Abstand von zumindest 50 cm zur angrenzenden Hauswand. Steht ein solcher Raum für das Pflanzenwurzelwachstum nicht zur Verfügung, wird vielerorts auf Pflanzgefäße in Trogausformung zurückgegriffen, oft entsteht dieser Umstand auch aus gestalterischen Gründen. Durch das Abtrennen des Lebensraumes der Pflanze aus dem natürlichen Umfeld Boden entsteht ein Mehraufwand an Pflege, welcher oft unterschätzt wird. Eine funktionierende Trogpflanzung muss technische Maßnahmen zu Bewässerung, Düngung sowie eingebaute Drainageschichten und Abzugslöcher enthalten.

1.4.4 neuartige Systeme fernab traditioneller Bauweisen

Im Anschluss an die herkömmlichen Varianten der Fassadenbegrünung soll hier ein kurzer Überblick über eine sich derzeit stark entwickelnde Begrünungsvariante gegeben werden, nämlich die der „vertikalen Gärten“. Eines der beiden ausgewählten Betrachtungsobjekte dieser Diplomarbeit, das Fassadensystem der Firma Haas ist im weiten Sinne dieser Kategorie zuzuordnen. Herausragende Eigenschaft solch gearteter Systeme ist, dass sich das Pflanzensortiment nicht nur auf Kletterpflanzen erstreckt, sondern auch verschiedene andere Pflanzenarten beimischt, sogar teilweise ohne Kletterpflanzen arbeitet. Eine flächige Bepflanzung mittels Gräsern, Kräutern, Stauden, Zwiebelpflanzen, Moosen und Farnen ermöglicht eine rasche und vollständige Begrünung. Hierbei ist logisch, dass anders geartete Pflanzen wie beispielsweise Bodendecker oder Tropenfarne ganz unterschiedliche Systeme benötigen, um sich im vertikalen Bereich festhalten zu können. Dahingehend können die folgenden Beispiele den Varianten Trog und Topf, Paneelsystem oder Begrünung mittels Vlies und Matte zugeordnet werden. Sämtliche Begrünungsvarianten benötigen eine zusätzliche Anlage zur Bewässerung und Düngung und weisen hohe Kosten für die Installation und die weiterführende Pflege auf.

Die Begrünung mittels Trögen und Töpfen kann am deutlichsten an einem Beispiel aus Österreich, dem Hundertwasserhaus in Wien veranschaulicht werden. Bei den in Pflanztrögen befindlichen Varianten unterscheidet man intensive, extensive und mit Kletterpflanzen bestückte Ausformungen.

Abbildung 2: Baummieter im Hundertwasserhaus Wien (Quelle: http://www.hundertwasserhaus.com)

Abbildung 3: Hundertwasserhaus Wien (Quelle: http://www.hundertwasserhaus.com)

Eine Variante des Paneelsystems ist das ursprünglich aus England stammende Produkt „ELT Living Walls“. Grundsätzlich bestehen solche Systeme aus in Wandschienen eingehängten Substratbehältern, welche gegen Auswaschung gesichert sind und den Lebensraum der Pflanze darstellen. Deren genauer Aufbau kann den Angaben des Herstellers entnommen werden (Firma ELT Easy Green, http://www.eltlivingwalls.com/living-walls/ Zugriff am 22.04.2010).

Abbildung 4: ELT Living Walls (*Quelle: http://www.eltlivingwalls.com/living-walls/*projects)

Abbildung 5: ELT Living Walls (*Quelle: http://www.eltlivingwalls.com/living-walls/*projects)

Die folgenden Darstellungen zeigen zwei Beispiele für Begrünungen mit Vlies und Matte. Eine besonders spektakuläre Variante ist das von Patrick Blanc entwickelte System „Mur Végétal“. Grundsätzlich befassen sich derartige Systeme mit der Installation von Samen, Stecklingen oder Jungpflanzen an bzw. in verschiedenen Vliesschichten und Matten, die Versorgung der Pflanzen erfolgt via Eintrag in Substrat oder Nährlösung. Besonderes Augenmerk sei hier auf die aufwändige

Konstruktion gerichtet, beginnend mit Schutzvliesen und Wurzelschutzfolien an der Fassade, weiterführend zu Pflanzentragschichten mit oder ohne Substrat hinführend zu den Versorgungsanlagen und der extremen Tragfähigkeit, welche die Fassade besitzen muss. Ein österreichisches Beispiel befindet sich auf dem Gelände der Firma Hameter, in Abbildung 7 sind die Probleme einer solchen Konstruktion in unserer Klimazone deutlich sichtbar: ein frostiger Winter hinterlässt Spuren in der vorher lückenlosen Pflanzdecke.

Abbildung 6: Mur Végétal von Patrick Blanc (*Quelle: http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/projects*)

Abbildung 7 Fassadensystem Firma Hameter (*Tulln, 04/2010)*

1.5 Kostenvergleich verschiedener Systeme und Pflanzmethoden

Die folgende Tabelle soll die derzeitige Situation hinsichtlich Errichtungs-, Wartungs- und Pflegekosten von Fassadenbegrünungsanlagen aufzeigen. Zwei der Systeme wurden bisher noch nicht behandelt. Das System der Firma Sempergreen umfasst horizontal vorgezogene Pflanzpaneele, diese ähneln dem System des Patrick Blanc (http://www.sempergreenvertical.com). Das System Elata der Firma Helix (http://www.helix-pflanzensysteme.de) beinhaltet vorgezogene Heckenpaneele, welche der Fassade vorgestellt werden. Es eignet sich speziell zum Nachrüsten von Begrünungssystemen an bestehenden Bauobjekten.

	System 1	System 2	System 3	System 4	System 5	System 6	System 7
Errichtungskosten €/lfm	€ 110,00	€ 850,00	€ 1.500,00	€ 450,00	€ 600,00	€ 400,00	€ 900,00
Bewässerungsanlage €	-	-	-	€ 2.000,00	-	-	-
Pflanzen	-	-	-	-	-	-	-
Pflegekosten €/lfm/a	€ 15,00	€ 10,00	€ 40,00	€ 25,00	€ 70,00	€ 5,00	€ 15,00
Gesamtkosten/System €	**€ 125,00**	**€ 860,00**	**€ 1.540,00**	**€ 2.475,00**	**€ 670,00**	**€ 405,00**	**€ 915,00**

System 1: herkömmliche bodengebundene Fassadenbegrünung
System 2: Pflanztröge [1]
System 3: Mur Végétal
System 4: Sempergreen
System 5: ELT Green Wall
System 6: Techmetall Kaskaden [2]
System 7: Helix Systeme Elata

Tabelle 1: Kostenvergleich von Fassadensystemen

Quelle: DI Bernhard Scharf, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

In der oben abgebildeten Tabelle sind keine Kosten für die Anschaffung der Pflanzen eingerechnet, da diese je nach Bezugsquelle zu stark differenzieren können. Deutlich sichtbar sind die Unterschiede sowohl in den Errichtungs- als auch in den Pflegekosten. In die Errichtungskosten fallen sowohl Beträge für das Substrat, die Kletterhilfe als auch die Beträge für die Anschaffung einer Bewässerungsanlage. Bewässerungsanlagen besonders hoher Preisklasse sind gesondert angeführt. Deutlich sichtbar ist, dass herkömmliche und bodengebundene Systeme die deutlich unterste Preisklasse bei den Errichtungskosten darstellen, aus Sicht der Pflegekosten sind solche Systeme ebenfalls im unteren Segment zu finden. Hinter den meisten neuartigen Systemen steckt viel aufwendige und dadurch teure Technologie. Die beiden in dieser Diplomarbeit behandelten Fassadensysteme fallen laut Tabelle in die Systemgruppe 2 und 6. Durch die Klassifizierung der Fassadensysteme nach deren Preis kann auch abgeschätzt werden, welche Kundenzielgruppe mit welchem System erreicht werden kann. Näheres dazu vgl. Kapitel 5.4 Marktpositionierung der Systeme.

[1] *Vgl. System Kapitel 2.1 „Kammelweg- Von Planung zu Ausführung“*

[2] *Vgl. System Kapitel 2.2 „Gebrüder Haas & Techmetall- Qualitätsanalyse bei bestehendem System“*

1.6 Feinstaub und Fassadenbegrünung

Untersuchungen zum Thema Feinstaub erfreuen sich derzeit einer gewissen Beliebtheit, da die Thematik vor Allem von Seiten der Medizin in den letzten Jahren genauer erforscht und publik gemacht wurde. In Österreich gibt es dazu einige Beiträge der medizinischen Fakultät, meist publiziert vom Institut für Umwelthygiene unter der Leitung von Dr. med. DI HUTTER. Frau Univ. Ass. Dr. Daniela HALUZA von der Medizinischen Universität Wien beschäftigt sich seit einigen Jahren nun mit dem konkreten Thema „Feinstaubminderung durch begrünte Dächer“ und kann mit Sicherheit auch Angaben zur Fassade zur Verfügung stellen. Diesbezügliche Kontakte hat der Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) Österreich. Ansprechpartner von Seiten der Medizin können in jedem Fall dort gefunden werden.

Befasst man sich eingehend mit dem Thema Feinstaub in Wien, können einige Aussagen zur generellen Charakteristik von Feinstäuben getroffen werden. Feinstäube sind ein vor Allem durch Verkehr entstehendes Problem, als weitere Emittenten wären noch Hausbrände, Feststoffheizungen und industrielle Feuerungsanlagen zu nennen. Aufgrund der Lage unseres Objekts kämen nur verkehrsbezogene Feinstäube am Kammelweg in Frage. Feinstaub ist zusätzlich eine vor allem im Winter präsente Erscheinung, inwieweit laubwerfende Bepflanzung eine Verbesserung bewirken kann, sei dahingestellt.

Nach Durchsicht der Literaturstudie von DI LÄNGERT (2008) fällt auf, dass Messstellen für Feinstäube meist an stark befahrenen Hauptachsen des Verkehrs im Innerstädtischen Raum angebracht werden. Dort sind die größten Konzentrationen an Feinstaub zu finden. Das Objekt am Kammelweg befindet sich nicht unmittelbar an einer starken Verkehrsachse, im Einzugsbereich von etwa 30 Metern Luftlinie führt jedoch die Prager Straße vorbei, eine der Hauptverkehrsachsen in Wien. Reicht diese Entfernung jedoch aus, um in Nähe des Objekts am Kammelweg erhöhte Feinstaubkonzentrationen feststellen zu können? Eine diesbezügliche Voruntersuchung muss in jedem Fall vorgenommen werden, da laut THÖNESSEN Feinstäube eher einer kleinlokalen Bewegung und Verwirbelung unterliegen, somit möglicherweise nicht in die Nähe unseres Objekts gelangen.

Sollten vorgehende Untersuchungen am Objekt auf eine erhöhte Feinstaubkonzentration schließen lassen, wären nachfolgende Untersuchungen nach der Methode von THÖNESSEN durchzuführen. Dessen Methodik erscheint als derzeit ausgereifteste, da sie sich mit einem dem Kammelweg nicht unähnlichen System befasst. Die Untersuchungen sind allerdings relativ aufwändig, ein dementsprechender monetärer Aufwand sowie genug Forschungspersonal ist zu kalkulieren.

THÖNESSEN hat sich bisher ausschließlich mit dem Staublagerungsverhalten von Parthenocissus tricuspidata beschäftigt. Zunächst wäre auch zu prüfen, ob die am Kammelweg schlussendlich vorhandenen Pflanzenbestände ein solches Verfahren aufgrund ihrer Blattstruktur überhaupt erlauben. Zu Beginn wird die Blattoberfläche mit Polyfinyl- Butral- Lackfilmen gereinigt, die Verfügbarkeit und genaue Anwendbarkeit dieses Stoffes ist zunächst zu prüfen. Mittels REM (Rasterelektronenmikroskop) kann man sich anschließend vom Erfolg der Reinigung überzeugen. Zu prüfen wäre hier gegebenenfalls die Existenz und Nutzbarkeit solcher Geräte an der Universität für Bodenkultur, da die Anschaffung eines solchen etwaiges Forschungsbudget sprengen könnte und falls nicht anderweitig einsetzbar, als unwirtschaftlich anzusehen wäre. Letzter Schritt der Untersuchungen ist die Analyse der Konzentration der enthaltenen Stoffe (Al, Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb,

Pt, Rh, Sb, Zn) mittels AAS (Atomspektroskopie) und ICP- MS (ein adaptiertes Verfahren). Für diese Untersuchungen müsste in jedem Fall eine Kooperation mit einem für derartige Versuche ausgestatteten Institut angestrebt werden.

Sollte eine Voruntersuchung des Untersuchungsobjekts ein positives Ergebnis im Hinblick auf die Feinstaubkonzentration bringen, könnte ein Feinstaubmonitoring nach THÖNESSEN in Betracht gezogen werden. Aufgrund der oben angeführten Erschwernisse einer solchen Untersuchung bewerte ich eine Durchführung von Feinstaubmessungen direkt am Pflanzenbestand der Fassade am Kammelweg durch das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau jedoch als nicht durchführbar. Ein Großteil der Untersuchungsvorgänge müssten aufgrund von Gerätemangel extern ausgelagert werden, die schlussendliche Interpretation der Ergebnisse erscheint ohne speziell ausgebildeten Experten ebenfalls schwierig.

Feinstaubmessungen mittels einer einfachen Messstation A am Gebäude in Nähe der begrünten Fassade scheinen ebenfalls geeignet für ein Feinstaubmonitoring. Dazu benötigt wird jedoch auch eine Referenzmessstation B an einem nicht mit Fassadenbegrünung ausgestatteten Gebäude in unmittelbarer Nähe um einen Vergleichswert heranziehen zu können. Eine solche Messung wäre jedoch hinsichtlich deren Aussagekraft kritisch zu betrachten, da im Falle eines besseren Ergebnisses bei Messstation A nicht genau bestimmt werden könnte, inwieweit das Wandgrün tatsächlich an der beobachteten Verbesserung beteiligt ist.

Abbildung 8: Winterlicher Kammelweg in der Bauphase 2009/2010, Zeit der höchsten Feinstaubkonzentration *(Wien, 01/2010)*

Abbildung 9 Winterlicher Kammelweg in der Bauphase 2009/2010, zur Zeit der höchsten Feinstaubkonzentration *(Wien, 01/2010)*

1.7 Der ökologische Fußabdruck- CO_2 Bilanz

Beschäftigt man sich näher mit der Definition eines Wertes, der einem entwickelten System zuzusprechen ist, fällt oft schwer, dieses einer gewissen Güteklasse zuzuordnen. Mag. Sascha Haas (FA GEHA), spezialisiert auf Marketing und Sales in Agenda Mikrohaus und Klimaschutzfassade, hat diese Frage aufgeworfen. Gibt es eine Möglichkeit, ein bestehendes System nach seiner Nachhaltigkeit zu bewerten und es im positiven Falle dementsprechend zu bewerben?

In Kapitel 5 wird auf ein vom österreichischen Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) entwickeltes Rechenmodell zur Bewertung und Einstufung von Dachbegrünungsaufbauten eingegangen und eine Adaption desselben auf ein Fassadensystem versucht. Dieses Vorgehen ist allerdings vorrangig zur Zertifizierung von Anlagen gedacht, also zu deren Auszeichnung im positiven Falle. Damit sollen Qualitätsstandards geschaffen werden um nicht normgerechten Systemen einen Riegel vorzuschieben. Das Rechenmodell ist ebenfalls Teil der neuen ÖNORM L1131 zur Qualitätssicherung von Gründachaufbauten in Österreich.

Eine weitere Möglichkeit zur Bewertung von Fassadensystemen wäre eine CO_2 Bilanz des Gesamtsystems. Der Begriff der CO_2 Bilanz und des so genannten „ökologischen Fußabdrucks“ gehen von der Tatsache aus, dass alle natürlichen Rohstoffe Platz zum Nachwachsen auf unserem Planeten benötigen. Mit Hilfe des Fußabdrucks kann man diesen Flächenbedarf deutlich machen, dieser vermittelt ein verständliches Bild der ökologischen Grenzen der Erde. Von diesem Gedanken ausgehend kann man jeglichem verwendeten Material, jeglichem Herstellungs- und Arbeitsprozess einen gewissen CO_2- Verbrauchswert zuweisen. Dies kann natürlich nur dann funktionieren, wenn man die genaue Herkunft der verwendeten Materialien sowie deren Produktionsprozesse und -zyklen genau kennt.

Abbildung 10 Der ökologische Fußabdruck, (*Quelle: http://www.agenda21-wer-macht-was.de/ufaz/image/wegbegleiter/ecofoot.gif*)

Im Falle des von der Firma GEHA entwickelten Fassadensystems wäre eine Betrachtung der gesamten Anlage, sprich mitsamt dem Aufbau des Mikrohauses, anzusetzen. Davon ausgehend, dass der durchschnittliche Österreicher derzeit einen ökologischen Fußabdruck von 4,9 gha (Global

Hectar) verursacht, zum Vergleich: in China sind 1,6 und in Indien 0,8 gha der Durchschnitt, kann von einem deutlichen Leben über unseren Verhältnissen gesprochen werden (WACKERNAGEL, REES 1997). In die Berechnung des globalen Fußabdruckes pro Kopf fließt auch die Konzipierung der Wohngelegenheit mit ein. Sollte es also möglich sein, dem Mikrohaus mitsamt der Fassadenbegrünung einen geringeren Fußabdruck zuzuweisen als das Durchschnittshaus des Österreichers normalerweise hinterlässt, könnte ein diesbezügliches Ergebnis durchaus publiziert und als Werbemittel eingesetzt werden. Diesbezügliche Rechensysteme gehen auf die beiden Wissenschaftler Mathis WACKERNAGEL und William REES zurück und sind auch im Internet auf zahlreichen Seiten unterschiedlicher Qualität anzutreffen. Sie berücksichtigen unter der Kategorie Wohnen allerdings lediglich Baustoffe, thermischen Rückhalt, Wasser- und Stromverbrauch, Fläche, Anzahl der Personen und vieles mehr. Grünflächen im Besitz werden wiederum nicht berücksichtigt und bewirken auch keine Gutschrift für den errechneten globalen Hektar.

Um eine genaue Berechnung des ökologischen Fußabdrucks für ein Produkt zu erstellen, muss man sich an auf derartige Auswertungen spezialisierte Forschungseinrichtungen wenden. Solche Untersuchungen sind in der Regel nicht kostenlos und werden von darauf spezialisierten Firmen vorgenommen. Ein Beispiel dafür wäre die Firma Akaryon Niederl & Bußwald OG, in Wien unter der Niederlassungsadresse Weyringergasse 27A/17, A-1040 und im Internet unter der Adresse http://www.akaryon.com (Stand 16.05.2010) zu finden.

1.8 Offizielle Stellen für Fassadenbegrünung in Österreich und Europa

Zahlreiche in der Dachbegrünung tätige Firmen wären in der Lage, ihr Angebot auf die Fassade zu erweitern, da sich zwischen beiden Begrünungsarten Synergien betreffend der Materialien und Pflanzen ergeben. Oft liegt es jedoch laut DI Christian Oberbichler vom Verband für Bauwerksbegrünung an dem nötigen Know How und fehlenden Informationsquellen. Dieselbe Problematik betrifft auch private Auftraggeber, welche sich für eine Fassadenbegrünung entschieden haben, jedoch nicht in der Lage sind, eine geeignete Firma für die Umsetzung ihres Vorhabens zu finden. Diese Vermittlerrolle kann von den Verbänden des jeweiligen Landes übernommen werden. Sie sorgen auch für die Vernetzung von Forschungsinstitutionen und interessierten Firmen. In Österreich wird diese Funktion vom V.f.B., dem österreichischen Verband für Bauwerksbegrünung eingenommen. Der Verband setzt sich aus einem Präsidium und einer Generalversammlung zusammen, die Mitglieder sind vor allem interessierte Firmen und auch private Institutionen. Präsidium und Generalversammlung treffen sich mehrere Male im Jahr um Aktuelles zu besprechen und Mitgliederinformationspolitik zu betreiben. Der Verband vergibt auch Gütesiegel und Zertifikate für verschiedene Produkte. Die weiteren Funktionen des Verbandes sind auf dessen Homepage zu finden (http://www.gruendach.at).

Dieselben Verbände knüpfen auch Verbindungsnetzwerke untereinander in ganz Europa und bilden gemeinsam die EFB - „Europäische Föderation der Bauwerksbegrünungsverbände“. Die europäische Föderation hat insgesamt 11 ordentliche und 1 außerordentliches Mitglied. Das Präsidium und die Generalversammlung treffen sich einmal im Jahr, um die neuesten Ereignisse zu besprechen und zu bestimmen, welche Wege der Verband im zukünftigen Jahr beschreiten soll. Die eigentliche Arbeit sowie alle Informationsflüsse des Verbandes finden über das Internet statt, das Verwaltungszentrum befindet sich in Österreich. In Kapitel 9.2, Anhang B der Diplomarbeit sind alle Mitglieder und Ansprechpartner der Europäischen Verbände aufgelistet. Der EFB ist im Internet unter http://efb-greenroof.eu auffindbar.

Der Präsident Dusty Gedge der europäischen Föderation für Bauwerksbegrünung fasst den derzeitigen Stand der Bauwerksbegrünung in Europa wie folgt zusammen:

„Green roofs offer an important way forward in urban greening, bringing wildlife back into the urban realm and providing much needed ecosystem services to the built environment. In Europe we believe that our cities and towns need to embrace green roofs to ensure that we adapt and mitigate our impact on the environment.“ *(vgl. Zitat des EFB- Präsidenten Dusty Gedge. http://www.efb-greenroof.eu letzter Aufruf am 23.04.2010)*

2. Untersuchungsobjekte

2.1 Kurzcharakteristik beider Fassadenbegrünungssysteme

Die beiden in dieser Diplomarbeit betrachteten Systeme sind in vielerlei Hinsicht unterschiedlicher Natur. Dies ist zuallererst in der Entstehung der Systeme zu sehen, denn beide sind das Produkt einer ganz speziellen baulichen Gegebenheit, eine Erweiterung des Systems auf zusätzliche Standorte jedoch nur im Falle GEHA (Firma Gebrüder Haas) möglich. Die Firma GEHA möchte ein vollständiges System speziell für ihr Mikrohaus entwickeln und in weiterer Folge auch vertreiben, die Lösung der Firma MISCHEK BAU ist nur für diesen speziellen Fall am Kammelweg und nicht zur weiteren Verbreitung gedacht. Monitoringarbeiten sind an beiden Fassaden geplant, im Falle Mischek erst nach der Bauvollendung und Übernahme ab Mai 2010. Die Firma GEHA hingegen möchte ein weitgehend untersuchtes, zertifiziertes und patentiertes Komplettsystem für den Vertrieb entwickeln, ein Monitoringprogramm mit Forschungsprojekt und Versuchsanlagen besteht nun also schon seit einem Jahr. Frau DI Doris Astleitner vom Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau untersucht beide Projekte. Sie hat das Projekt am Kammelweg von der Planung hin bis zur Ausführung begleitet und betreut die Firma GEHA mit ihrem Vorhaben seit dem Beginn.

Die beiden Systeme sollen in dieser Diplomarbeit nicht miteinander verglichen werden, sondern als besonders geeignete Exemplare der Fassaden(forschungs)tätigkeit in Österreich in ihrer Art ergründet werden. Ein konkreter Vergleich beider Systeme beispielsweise im Hinblick auf deren Wasserhaushalt wäre auch aus zeitlichen Gründen nicht möglich, da sich beide Systeme in gänzlich unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden - somit Versuche am Kammelweg erst ab frühestens Mai möglich wären. Die Aussage dieser Diplomarbeit wird sich auf spezielle Teilaspekte der beiden Systeme beziehen, deren Eigenarten sollen untersucht und Varianten dazu erläutert werden. Diese Diplomarbeit widmet sich auch der Frage, welche Potentiale Fassadenbegrünungen denn nun tatsächlich haben und soll einen Überblick über Möglichkeiten zur Forschung und zu bestehenden Untersuchungen liefern.

Das Projekt am Kammelweg wird von Planung hin zur Ausführung betrachtet. Es ist ein gutes Beispiel für eine eher klassische Variante der Begrünung, sehr standortbezogen und individuell auf Wünsche und monetäre Vorgaben des Bauträgers abgestimmt. Trotzdem gibt es auch bei diesem System verschiedene Varianten hinsichtlich der Bepflanzungswahl und Stützkomposition. Zusätzlich sollen die zukünftig möglichen Forschungsmethoden am System präzisiert und erklärt werden.

Das bereits vor dem breiten Vertrieb stehende System der Firma GEHA soll die verschiedenen Methoden der Aufbau- und Qualitätsanalyse bei bestehender Versuchsanlage aufzeigen. Hier wurden die praktischen Versuche hinsichtlich Wasserhaushalt und Vegetation dieser Diplomarbeit durchgeführt und als Ergebnisse aufbereitet. Ebenso sollen Betrachtungen einer möglichen Variation der Bepflanzung auch im Hinblick auf deren Auswirkung auf die Marktorientierung des Produkts angestellt werden. Nun jedoch zu den beiden Systemen.

2.2 Kammelweg - Von Planung zu Ausführung

Die Anlage am Kammelweg 8 befindet sich im 21. Wiener Gemeindebezirk nahe der Prager Straße. Das umgebende Areal ist vor allem durch andere Wohngroßanlagen und deren Grünräume geprägt, hier zu nennen ist die große Siedlung in der Rudolf- Virchow Straße, welche mit ihrer Parzellenrückseite direkt an das Objekt am Kammelweg grenzt.

Abbildung 11: Wohnhausanlage Kammelweg 8, (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Die am Kammelweg errichtete Wohnhausanlage trat im Jahr 2007 in die Planungsphase. Der Bauträger des Projekts ist die EBG, eine Wiener Baugenossenschaft, welche einige Projekte in Wien und Umgebung realisiert hat. Um nur einige Anlagen der EBG zu nennen: das Objekt „Am Frauenfeld“ in Schwechat, die Umsetzung von „modernes Wohnen auf historischem Boden“ in Großenzersdorf und die Großanlage „Am grünen Mühlweg“ im 21. Wiener Gemeindebezirk. Unter dem Titel „Optimal Wohnen“ beauftragte die EBG den Architekten Paul Huck am Kammelweg mit der Planung. Die fertige Anlage sollte den Zeitgeist „Nachhaltigkeit“ und „energieeffizientes Bauen“ aufgreifen und so auch einige nicht dem Durchschnitt entsprechende Techniken des modernen Wohnbaus in das Konstrukt einfließen lassen. Ziel des Bauträgers war es, ein Pilotprojekt zum Thema energiehocheffizientes Bauen zu entwickeln. Es sollte ein ökologisch nachhaltiges Musterprojekt im Rahmen des geförderten Wohnbaus durch den Einsatz von innovativen Fassadendämmstoffen, selbstreinigenden Fassaden, baulichen Maßnahmen sowie entsprechender Bauwerksbegrünung umgesetzt werden. Das Maßnahmenkonzept der EBG enthielt unter Anderem die nachfolgenden Punkte:

Bauliche Maßnahmen

- Vorgestellte Loggienkonstruktion zur Minimierung von Wärmebrücken

innovative Lösung zur Außenwanddämmung

- Testfläche für „keramischen Anstrich“ an exponierter Stelle

Tiefgarage

- Sonderlösung im Bereich Dämmung zum unbeheizten Gebäudeteil Tiefgarage

gezielter Einsatz von neuen Dämmmaterialien

- Testfläche für „Vakuumdämmung“ an exponierter Stelle

Begrünung

- in Erweiterung des Grünraumkonzeptes, Schaffung eines Mikroklimas durch Fassadenbepflanzung und Schutz vor sommerlicher Überwärmung

Fassadenbeschichtung

- für hochbelastete Stellen – „Lotus-Fassade“

Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung

- zur Energieoptimierung und weiteren Entwicklung des Niedrigenergiestandards in Richtung Energiestandard Passivhaus.

Das Projekt am Kammelweg trat 2008 in die Bauphase und wurde im Mai 2010 fertiggestellt sowie übergeben. Die Vorgaben des Architekten im Bezug auf die geplante Begrünung der Fassade waren nur durch die Form der Loggien und somit auch des Wandgrüns begrenzt. Er traf keinerlei Vorgaben zur Art der Rankhilfe noch zu den Pflanzen selbst.

Abbildung 12: Ansicht Ost, (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 13: Ansicht Süd, (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 14: Ansicht Nord, (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 15: Ansicht West, (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Die mit der Ausführung betraute Firma Mischek und deren Tochterunternehmen bauXund begannen mit der Suche nach geeigneten Systemen und Unternehmen für die Fassade. Zunächst war ein Wandsystem nach dem Vorbild von Patrick Blanc im Gespräch, dieses stellte sich jedoch in weiterer Untersuchung als zu teuer und aufwändig heraus. Die Entscheidungen zur genauen Ausprägung der beiden Fassadenteile fiel jedoch erst relativ spät. Der restliche Bau war schon zu zwei Drittel fertiggestellt, als es über Umwege gelang, die Universität für Bodenkultur und das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (Arbeitsgruppe Vegetationstechnik) in das „Planungsboot“ zu holen. Frau DI Doris Astleitner übernahm das Projekt und erstellte unter Zusammenarbeit mit Ing. Holger Hüffel (FA Mischek) und Mag. Emanuel Mairinger (FA bauXund) ein speziell auf den Standort

und die baulichen Gegebenheiten abgestimmtes System. Dieses wurde von zwei Diplomandinnen, Michéle Beck und Vera Enzi weiter bearbeitet und mittels AUTOCAD einer Detailplanung unterzogen.

Für die Betrachtung des Projekts in dieser Diplomarbeit soll nun das für diesen Standort speziell konzipierte System der Fassadenbegrünung näher erläutert werden. Die nächste Ansicht zeigt die Anlage am Kammelweg Erdgeschoß sowie deren Außenanlagen im Grundriss.

Abbildung 16: Grundriss Anlage Kammelweg 8 (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Die folgenden Prämissen wurden dem Fassadensystem bereits in der Entwurfsphase zu Grunde gelegt:

- Das Begrünen von Fassaden kann helfen, das ungesunde Stadtklima zu verbessern.
- Die Luft wird von Schadstoffen gereinigt und mit Sauerstoff angereichert, die belastenden Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen werden verringert.
- Weiterhin wirken begrünte Fassaden auf die Gebäude in ökonomischer Weise wärmedämmend, wärmespeichernd und schallschützend.
- Hausbegrünungen sind deshalb ein wesentlicher Beitrag für ein ökologisch-, ökonomisches Bauen, da sie auch hygienische sowie soziologische Funktionen erfüllen.

Die hier angeführten Ziele der Fassadenbegrünung und deren Zielerfüllung können aus Gründen des Zeitmanagements - die Anlage am Kammelweg wurde erst kurz vor Abgabe dieser Diplomarbeit fertiggestellt - nicht in dieser Arbeit untersucht werden. Die genauen technischen Details, welche hinter einem solchen System stehen und dessen Bepflanzung sowie weitere Varianten dazu im Bezug auf deren Ästhetik werden jedoch in dieser Arbeit aufgegriffen und erläutert werden. Näheres dazu jedoch in den Kapiteln 3.5, 4.5 und 5.

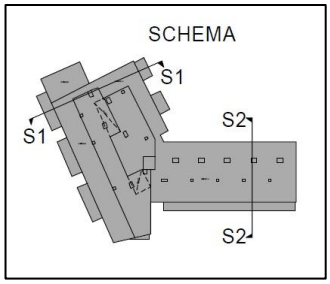


Abbildung 17: Schema der Schnitte im Grundriss (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Zum Gebäude selbst ist zu sagen, dass zwei Fassaden der Anlage begrünt werden sollen, die Fassade Süd und West. Die folgenden beiden Abbildungen zeigen je einen Schnitt durch das Gebäude an den Fassaden West (S1) und Süd (S2). Das künftig mittels eines

Fassadenvorbaus errichtete System ist im Schnitt durch die Südansicht bereits gut zu erkennen, auf der Westseite wird deutlich, dass eine Einbindung des Systems nur in die bereits vorhandenen Loggienvorbauten möglich ist.

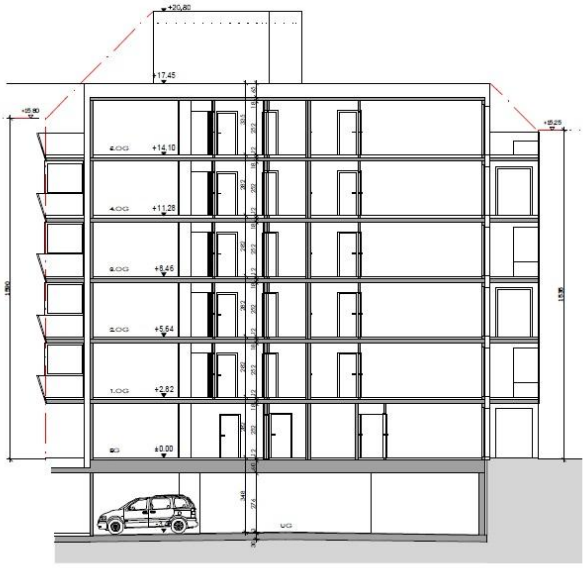


Abbildung 18: Schnitt S1 durch die Westfassade (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

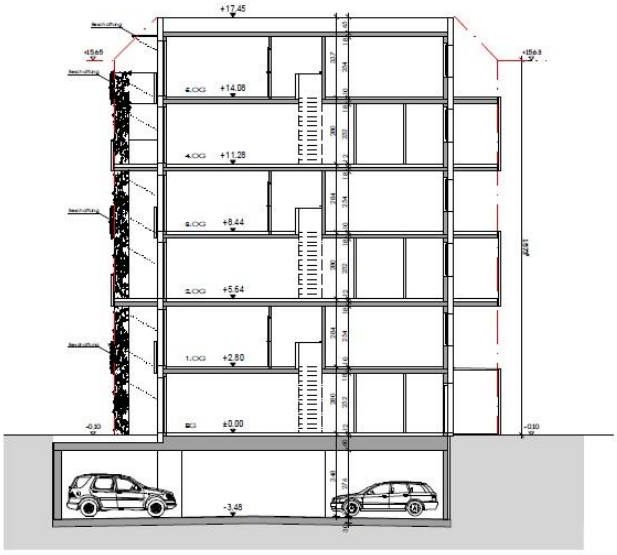


Abbildung 19: Schnitt S2 durch die Südfassade (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.200)*

Im Erdgeschoß befinden sich fünf zweigeschossige Maisonettewohnanlagen und das SOS- Kinderdorf. Die Wohnungen entlang der Westfassade des Hauses sind immer nur eingeschossig, während an der Südfassade ausschließlich zweigeschossige Maisonettewohnungen zu finden sind. Insgesamt verfügt die Anlage über 44 geförderte Eigentumswohnungen, welche alle bereits vor Fertigstellung der Anlage einen Besitzer gefunden haben. Die Ansicht rechts zeigt eine Vergrößerung des Schnitts an der Südfassade. Das wie ein Turm vorgebaute Fassadengerüst soll mit Hilfe der Bepflanzung ein abwechslungsreiches Lichtspiel an der dahinter liegenden Hausfassade hervorrufen. Gut zu erkennen ist hier ebenfalls, dass die Maisonettewohnungen über nur jeweils eine Loggia verfügen, also das jeweils obere Geschoß auf dieser Fassade nur Fenster besitzt. Während der Phase der Planung gab es allerdings wie bereits erwähnt keine genauen Vorgaben zum Konstrukt des vorangestellten Rankgerüsts. Dieser Teil der Anlage wird im Speziellen in den folgenden Kapiteln bearbeitet, genaue technische Zeichnungen der Anlage ausgeführt und Vorschläge zu deren Bepflanzung gebracht.

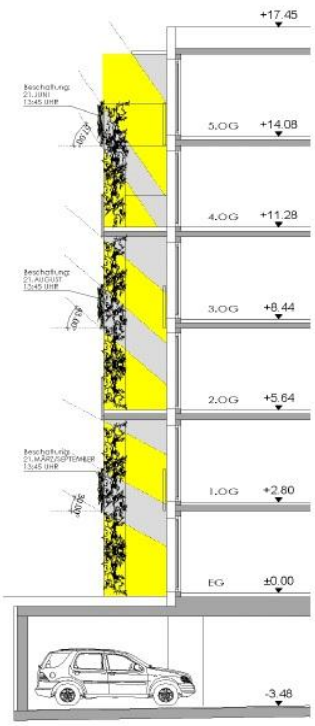


Abbildung 20: Schnitt S2 durch die Südfassade Darstellung des Lichtspiels, (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Die Westfassade kann in dieser Arbeit nicht weiter bearbeitet werden, da es bis zuletzt keine genauen Vorgaben zum Rankgerüst von Seiten der Bauherren gab. Daher soll ihr nun hier kurz Aufmerksamkeit zukommen. Aufgrund der komplizierten Konstruktion des Gerüsts mit den Loggien und den darin eingebauten „Luftfenstern“ (siehe Abbildung 18) war es nur dem beauftragten Spenglereibetrieb im Zuge der Montagephase möglich, genaue Anpassungen vorzunehmen. Die Luftfenster sind in dieser Darstellung gänzlich durch die belaubten Kletterpflanzen ausgefüllt. Die eingebauten Tröge sind ident mit dem System an der Vorderseite. Auch die Bepflanzung gleicht in der endgültigen Variante der Südseite (vgl. Kapitel 3.6). Der einzig wirklich große Unterschied besteht in den durch die Exposition veränderlichen kleinklimatischen Bedingungen an den beiden Fassaden. Die Westseite ist außerhalb nicht der Hauptstraße zugekehrt und erfreut sich somit geringerer Aufmerksamkeit der NutzerInnen, die Fassade erfüllt einen untergeordneten repräsentiven Zweck. Auf diesem Bild hier nicht zu erkennen ist die Konstruktion und Lage des untersten Pflanztroges aus Beton, dieser ist vor der säulenförmigen Stützkonstruktion im Erdgeschoß aufgestellt. Die gesamte Front wird im Erdgeschoß vom SOS- Kinderdorf bewohnt. Auf den Aufbau, die Materialien, die Pflanzen und die Konstruktion an sich wird zur Vorderseite in den folgenden Kapiteln eingegangen.
Nachfolgend eine Tabelle zu den am Objekt direkt beteiligten Parteien.

Abbildung 21: Westfassade mit Loggien und Rankgerüst (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

bauXund Forschung und Beratung Gmbh Ungargasse 64-66/Stiege 4/2.Stock 1030 Wien www.bauXund.at	**Mischek Bau** Wiener Heim Wohnbaugesellschaft m.b.H. Ungargasse 64/ Stiege 4/ 3.Stock 1030 Wien www.mischek.at
EBG Gemeinnützige Ein- und Mehrfamilienhäuser Baugenossenschaft Reg.Gen.M.b.H. Josefstädterstrasse 81-83 1080 Wien www.ebg-wohnen.at/	**Architekt** Dipl.Ing. Huck Paul Döblinger Hauptstr. 20/1/5 1190 Wien

Tabelle 2: Projektbeteiligte Firmen und Personen am Kammelweg 8
Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007

2.3 Gebrüder Haas & Techmetall- Qualitätsanalyse bei bestehendem System

Die Firma Gebrüder Haas (GEHA) ist eine Wiener Traditionsschlosserei, die seit 1905 besteht. Die Firma TechMetall ist ein Tochterunternehmen der GEHA und hat 2008 ein mobiles Mikrohaus, Standard- bis Niedrigenergiehaus, entwickelt (vgl. www.mikrohaus.com). Die Außenwände sind Stahl-eloxiert und in unterschiedlichen RAL-Farben ausgeführt. Manche Kunden haben den Wunsch nach einer optischen Alternative geäußert, denn meist passen die Objekte nicht ins Ortsbild, die Farbpalette führt zu auffälligen Farben. Eine optische Aufwertung des Gebäudes war daher notwendig.

Horizontale Begrünungen auf Flachdächern haben sich in den vergangenen Jahren bereits etabliert. Die Mikrohäuser verfügen bereits über ein extensiv begrüntes und auch begehbares Dach, daher war der Schritt in die Vertikale, an die Fassade, für die beteiligten Firmen kein vollständiges Neuland. Die Firma TechMetall hat in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, unter Professor Florineth und der Sachbearbeiterin Frau DI Doris Astleitner eine Pflanzenklimaschutzfassade entwickelt. Den technischen Input für die Realisierung der Pflanzenklimaschutzfassade und das Know - How für die Fassadenprofile aus Stahl lieferte die Firma TechMetall basierend auf jahrelanger Erfahrung in der Metallverarbeitung selbst. Für den ökologischen Input (Bewässerung, Begrünung, Substrat, Pflanzenauswahl, Vlies, Wasserhaushalt), welcher ebenfalls für Umsetzung und Realisierung der Pflanzenklimaschutzfassade sehr wichtig ist, wurde das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien zur aktiven Mitarbeit hinzugezogen. Frau DI Doris Astleitner vom Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Arbeitsgruppe Vegetationstechnik, war an der Entwicklung des Produkts sowie dem Bau und der Überwachung der Versuchsanlagen beteiligt. In Zusammenarbeit mit Mag. Sascha Haas und mit finanzieller Unterstützung der Forschungsförderungsgesellschaft Österreich (FFG) hat sie die Versuchsanlage am Gelände der Firma GEHA konzipiert und aufgebaut. Die Monitoringarbeiten an der Anlage hat Doris Astleitner gemeinsam mit mir durchgeführt. Die dadurch erhobenen Daten sind Gegenstand dieser Diplomarbeit. Die Versuchsanlage soll nun im Weiteren erläutert werden.

Die Ziele der Pflanzenklimaschutzfassade sind:

- Begrünung von vertikalen Flächen (Balkone/Terrassenflächen, Fassaden, Sicht- und Lärmschutzwänden, etc.)
- Entlastung des Grundwassers durch direkte Einleitung der Dachwässer
- Schadstoffreduzierung aus Regenwässern (auch Taubenkot vom Dach)
- Klimatisierung durch Verdunstung
- Wärmedämmung im Winter & Sommer und dadurch eine Energiekostenersparnis
- Schallschutz durch Dämpfung des Lärmpegels
- Schutz der Fassade vor Verwitterung & Verschmutzung
- Abschirmung von Elektrosmog
- Moderne zeitgemäße architektonische Gestaltungsmöglichkeit im Innen- und Außenbereich und dadurch eine Optische Aufwertung von jeglichen Bauobjekten
- `Duftende Fassade`
- Fließender Übergang zwischen Natur und Fassade

- System geeignet für Neugestaltung und Sanierung von Fassaden
- Wenig Platz für Grünflächen (Grundfläche)
- Vertikaler Kräutergarten

Das System ist wie ein Baustein an verschiedene Fassaden zu montieren und deckt nicht nur den Bedarf des Mikrohauses ab. Prinzipielle Idee ist, dass der Natur die Hausgrundfläche entnommen wird und diese durch die Klimaschutzfassadenfläche wieder zurückgegeben werden kann. Zusätzlich wird die Kanalisation und das Grundwasser durch direkte Einleitung der Dachwässer entlastet. Durch die Kaskadenfassade wird dem Regenwasser der Großteil der Schadstoffe entzogen und sie trägt positiv zur Verbesserung des Kleinklimas bei. Durch diese Möglichkeit der vertikalen Begrünung werden weitere Flächen für Pflanzen und Tiere geschaffen.

Die Stadtvegetation hat einen wesentlichen positiven Einfluss auf das lokale und regionale Klima und ist daher weit über den ästhetischen und vordergründigen Erholungseffekt hinaus zu bewerten. Selbst im dicht bebauten Gebiet kann verhindert werden, dass die Temperatur zu hoch wird, wenn ausreichender Bewuchs beschattet, kühlt, Luft befeuchtet und Staub bindet. Wien hat innerstädtisch nicht nur große Grünflächen und Parks zu bieten, sondern auch zahlreiche begrünte Innenhöfe und vereinzelt begrünte Fassaden und Dächer. Forciert man nun Fassaden- und Dachbegrünung sowie ausreichend den Baumbestand, so verhindern diese die Spirale der Aufheizung der befestigten Flächen und machen den Einbau von Klimaanlagen in weiterer Folge überflüssig.

Aufbau der Versuchsanlagen

Die Versuchsflächen wurden am Firmengelände der Firma GEHA platziert. Auf dem ersten Standort wurden fünf Einzelfassadenkomponenten bestehend aus 10 Pflanzrinnen (Variante 1: Trapezausführung) in unterschiedlichen Längen zwischen 100 cm und 150 cm mit Abstand an einer Nordfassade eines Innenhofes der Firma platziert (siehe Abbildung 22). Hier befinden sich die Versuchsflächen 1 bis 5 von links nach rechts.

Abbildung 22: Nordfassade Innenhof der Firma Haas Guschelbauergasse 3/1221 Wien (*05/2009)*

Abbildung 23: Südfassade Dach der Firma Haas Guschelbauergasse 3/1221 Wien (*05/2009)*

Am zweiten Standort wurden drei Einzelkomponenten bestehend aus 8 Pflanzrinnen (Variante 2: V-Ausführung) in einer Länge von jeweils 300 cm auf Stoß versetzt und an einer Südfassade des Firmengebäudes platziert (siehe Abbildung 23). Hier befinden sich die Versuchsflächen 6 bis 8.

Bei dem Wandsystem handelt es sich um einen Pflanzentrog aus Aluminium oder Edelstahl, der aus einer definierten Blechbreite und Blechdicke hergestellt und in einem Abstand von 20 cm auf der Fassade befestigt wird. Für den Einsatz im Vertikalbereich in Verbindung mit einer entsprechenden Bepflanzung sind zu dem innerhalb der Pflanzentröge Koppelungs- und Endstücke notwendig. Zur Ableitung von vertikalen Kräften kommen Edelstahlbügel zum Einsatz, und zur Verhinderung der Kondenswasserbildung zwischen dem Pflanzentrogsystem und dem vertikalen Untergrund wird ein eigenes dampfdiffusionsoffenes Dichtband verwendet. Nachfolgend werden die Pflanztröge mit einer Vlieskombinationsvariante zur Wasserspeicherung und Wasserableitung ausgelegt und darauf entsprechend der Begrünungsvariante Pflanzsubstrat (Mischung aus Tonsplitt, Erde und Substrat) eingefüllt.

Die Klimaschutzfassade zeichnet sich durch mechanischen Schutz, Schallschutz, Isolation im Sommer und Winter, Regulierung und Reinigung der Oberflächenwässer und Schadstoffreduzierung der Luft, beispielsweise CO_2 aus. Auf Grund der besonderen Konstruktion, der verwendeten Materialien, des Befestigungssystems, der Hinterlüftung der Bepflanzung und Montage vor Ort verursacht die Fassade kaum Kosten im Regelbetrieb und kann zudem einen architektonischen Akzent im Außenbereich oder im Innenbereich setzen.

Seit April 2009 werden gemeinsam mit dem Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau an verschiedenen Versuchsstandorten die diversen Umsetzungsvarianten (Bewässerung, Bauteilausführung, Begrünung,..) beobachtet und bewertet.

Im aktuellen Fall wurden dabei verschiedene Vlies- und Substratvarianten, sowie Begrünungsmethoden auf zwei verschiedenen Standorten in zwei verschieden technisch ausgeformten Fassadenprofilen (Verputz- und Paneelfassade) untersucht.

Das Produktgut ist ein standardisiertes Pflanzenklimasystem, welches aus Stahlelementen besteht. Hinsichtlich des Befestigungsmaterials wurde der Spezialist HILTI ins Boot geholt, der ein eigenes System zur einfachen Selbstmontage entwickelt hat. Darüber hinaus kann eine Empfehlung hinsichtlich der Bepflanzung vom vertikalen Kräutergarten im Einsatzgebiet Balkon bis hin zu großflächigen Fassaden über extensive Fassaden durch die BOKU abgegeben werden. Dies näher auszuführen ist Thema dieser Diplomarbeit.

Versuchsschritte im Überblick:

Zeitraum	Thematik
April 2009	**Projektstart:** Gemeinsame Planung und Konzeption der Fassadenrinnenbauteile in Bezug auf Kaskadenbewässerungssystem und Begrünung
Mai 2009	Herstellung und Montage der Fassadenrinnenbauteile durch die Firma GEHA auf dem Firmengebäude der Firma GEHA

Juni 2009	Vlies- und Substrateinbau durch DI Doris Astleitner auf den Versuchsflächen und des weiteren Ansaat und Bepflanzung der Fassadenrinnen
Juni - August 2009	Regelmäßige Begutachtung und Aufnahme des Pflanzenwachstums durch DI Doris Astleitner
September 2009	Aufbereitung der Ergebnisse und Erstellung des Endberichtes durch DI Doris Astleitner
Oktober 2009	**Start der Versuchsreihen von Vera Enzi unter Betreuung von DI Doris Astleitner**
November 2009 – April 2010	Untersuchung des Deckungsgrades und der Vitalität der Pflanzen
März 2010	Untersuchungen zum Wasserhaushalt
April 2010	Variantenausarbeitung (Bepflanzung des Systems)

Tabelle 3: Versuchsaufbau im Überblick
Quelle: Bericht von DI Doris Astleitner zum Projekt Klimaschutzfassade, 2009

Zu Beginn der Forschungsarbeiten wurden folgende Themen diskutiert:

- Welcher Vliesvariantenaufbau eignet sich am besten für die Pflanzenklimaschutzfassade?
- Welche Pflanzrinnenausführungsvariante eignet sich am besten für einen optimalen Pflanzenaufwuchs?
- Welche Begrünungsvariante (Ansaat / Bepflanzung) und Pflanzenarten eignen sich am besten für den Standort Pflanzenklimaschutzfassade?
- Wie sollen die Bewässerungsschlitze in Zukunft optimal ausgeführt werden?

In die Versuchsanlage wurden zwei verschiedene Vliesvarianten eingebaut. Das erste Vlies ist ein Drainvlies (Abbildung 24) verbindet Speicher- und Filterwirkungen in einem Produkt.

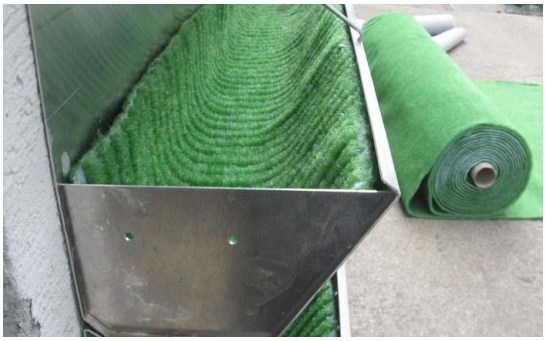


Abbildung 24: Vlies Hydrofelt *(05/2009)*

Abbildung 25: Einfaches Filtervlies *(05/2009)*

Abbildung 26: Speicherelement *(05/2009)*

Das in Abbildung 25 gezeigte Vlies ist ein einfaches Filtervlies als Einlage, dieses wurde in Kombination mit einem Speicherelement (Abbildung 26) verbaut um trotz geringer Filterlage genug Speicherwirkung des pflanzenverfügbaren Wassers zu erreichen. Beide Varianten der Vliesunterlage sind in den Versuchsanlagen unterschiedlich verteilt. In Kombination mit den unterschiedlichen

Bepflanzungsmethoden und den verschiedenen Wandtrogausführungen ergibt dies verschiedene Kombinationsmöglichkeiten. Um sozusagen die beste Variante für den jeweiligen Standort zu finden, wurden bei beiden Standorten alle Kombinationen eingebaut.

Die Pflanzrinnen wurden ebenfalls in zwei verschiedenen Varianten hergestellt und montiert. Abbildung 27 zeigt die Ausführung in Trapezvariante. Diese bietet im Vergleich zur V- Ausführung in Abbildung 28 mehr Platz für Vlies und Substrat, damit auch mehr Raum für die Wurzelentwicklung

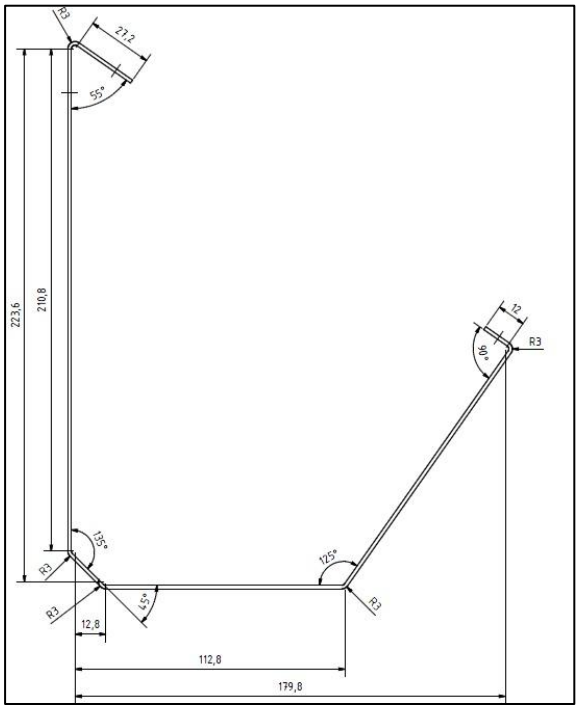


Abbildung 27: Pflanzrinne der Firma Haas in der Ausführung „Trapez“ (*Quelle: technische Pläne der Firma Haas zum Projekt ,2009)*

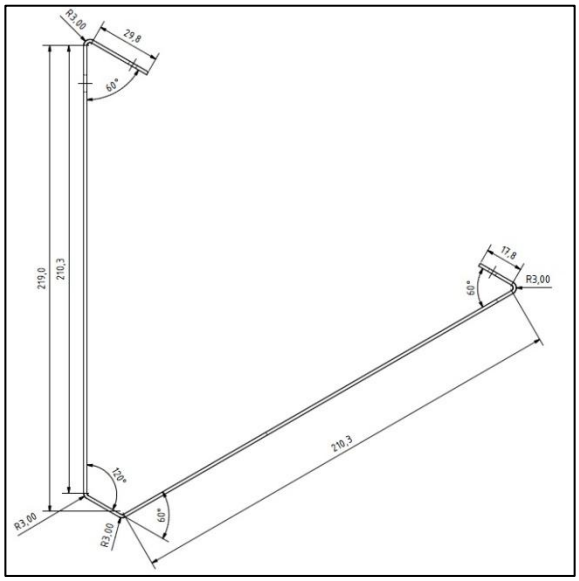


Abbildung 28: Pflanzrinne der Firma Haas in der Ausführung „V“ (*Quelle: technische Pläne der Firma Haas zum Projekt ,2009)*

der Pflanzen. Mögliche Faktoren wie Frosttrocknis und übermäßige Verdunstung des für die Pflanze lebensnotwendigen Wassers können durch ausreichend groß konzipierten Wurzelraum gemindert werden. Ob es zwischen den beiden Systemen tatsächlich einen merklichen Unterschied gibt, wird im Zuge der Kapitel 3 und 4 dargestellt.

Die dritte und letzte variable Komponente stellt die Begrünung der Versuchsanlagen dar. Hierbei muss zwischen Ansaaten und eingesetzten Topfpflanzen unterschieden werden. Als Saatgut wurde die bereits bewährte BOKU- Schotterrasenmischung (vgl. DI Bernhard SCHARF et al, Green Concrete BOKU 2009) verwendet, die nachfolgende Tabelle beinhaltet die Artenliste, den Mischungsanteil und den Preis für das Saatgut. Pro m² wurden 15 g Saatgut aufgebracht.

Arten	Mischungsanteil neu [Gewichts-%]	Preis (€)/kg Saatgumischung
Gräser		
Festuca ovina duriuscula	22	
Festuca rubra commutata	15	
Festuca rubra rubra	10	
Festuca rubra trychophylla	10	
Festuca sp.	57	2,57
Lolium perenne	2	0,04
Poa pratensis	20	0,68
Summe Gräser	**79**	**3,29**
Leguminosen		
Lotus corniculatus	2,5	0,22
Medicago lupulina	2	0,11
Anthyllis vulneraria	2	0,24
Summe Leguminosen	**6,5**	**0,57**
Kräuter		
Achillea millefolium	2	0,39
Anthemis nobilis	2	3,13
Bellis perennis	1	0,4
Petrorhagia saxifraga	2	9
Plantago media	2,5	1,6
Salvia nemorosa	2,5	1,72
Thymus pannonicus	2,5	6,42
Summe Kräuter	**14,5**	**22,67**
gesamt	**100**	**26,52**

Tabelle 4: Auflistung der verwendeten Komponente der BOKU- Schotterrasenmischung. (vgl. FLORINETH et al, 2010)

Quelle: Bericht von DI Doris Astleitner zum Projekt Klimaschutzfassade, 2009

Gepflanzt wurden 10 Topfpflanzen pro Laufmeter, zu den ausgewählten Gräser- und Kräuterarten aus dem Saatgutsortiment wurden gängige Sedumarten ergänzend verwendet. Die folgende Tabelle zeigt die gepflanzten Arten.

Arten
Gräser/Kräuter/Sedum
Festuca ovina
Festuca rubra
Petrorhagia Saxifraga
Thymus pulegoides
Koeleria glauca
Sedum coral carpet
Sedum hybridum
Sedum floriferum
Sedum sexangulare

Tabelle 5: Auflistung der verwendeten Topfpflanzen

Quelle: Bericht von DI Doris Astleitner zum Projekt Klimaschutzfassade, 2009

Das hier beschriebene System wurde von DI Doris Astleitner hinsichtlich verschiedener Qualitätskriterien geprüft. Die Ergebnisse sind den laufenden Forschungsberichten zu entnehmen. Diese Diplomarbeit behandelt das bereits etablierte System, betrachtet und analysiert dieses methodisch hinsichtlich verschiedener Gesichtspunkte. Als Folge soll auch eine Einschätzung hinsichtlich der Marktpositionierung stattfinden, sowie alternative Varianten zu dessen Bepflanzung vorgeschlagen werden.

3. Untersuchungsmethoden

Allgemeiner Überblick- methodischer Teil

Das folgende Kapitel beschreibt die angewandten Untersuchungsmethoden für beide Systeme. Diese unterscheiden sich jedoch je nach Einsatzort aufgrund der verschiedenen Entwicklungsstadien der Systeme. Am Kammelweg konnte die genaue Umsetzung mittels technischer Zeichnungen festgehalten und als planungstheoretischer Ansatz verschiedene Auswahlkriterien für Material und Pflanzen definiert werden. Eine weiterführende Betrachtung zum tatsächlich verwendeten Pflanzenmaterial wird im Kapitel 5 „Vorschläge für die Praxis“ behandelt. Das Fassadensystem der Firma GEHA bot aufgrund des weit fortgeschrittenen Versuchsaufbaus Möglichkeit für verschiedene Analysen. So wurden die Deckungsgrade und deren Vitalität nach BRAUN (1990) erhoben. Weiterführende Analysen zum Wasserhaushalt der Anlage, zur Starkregenereignissimulation sowie Dachwasseranalyse sind ebenfalls Gegenstand dieser Diplomarbeit. Mit dem Thema Feinstaubmessungen und Trockenmasseerhebungen setzt sich die Arbeit nur theoretisch auseinander. Die Abbildungen 26, 27, 28 und 29 sollen den Unterschied beider Anlagen zueinander noch einmal verdeutlichen. In den Abbildungen rechts sind die Anlage am Kammelweg mit dem eingebauten Trogsystem zu sehen. Die Abbildungen links zeigen das Wandmodul der Firma GEHA.

Abbildung 29: Wandmodul der Firma GEHA Gräser-Kräutermischung Multitopf *(9/2009)*

Abbildung 31: Fassade Süd Kammelweg vor der Pflanzung *(3/2010)*

Abbildung 30: Wandmodul der Firma Haas mit Schotterrasenmischung *(9/2009)*

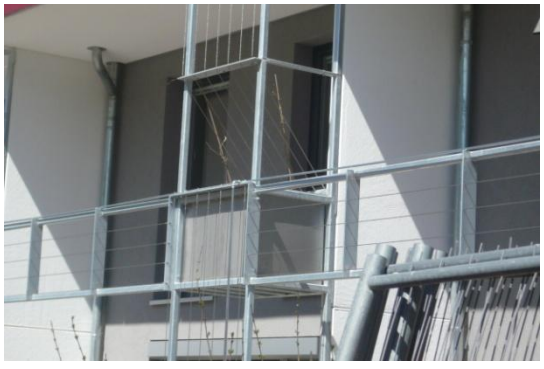


Abbildung 32: Fassade Süd Kammelweg Detail Trog vor Bepflanzung *(3/2010)*

3.1 Klimaschutzfassade GEHA: Deckungsgrad

Eine Vegetationsaufnahme soll einen Pflanzenbestand möglichst detailliert und genau darstellen. In der Literatur spricht man oft von so genannten Erhebungen zum Gesamtdeckungsgrad, solche Verfahren gehen in der Regel von Schätzwerten aus. Dabei handelt es sich um eine vollständige Auflistung aller sichtbaren Pflanzenarten der Aufnahmefläche. In der Regel spricht man von Aufnahmeflächen, dies können aber auch Punkte, Distanzen, Linien oder Pflanzenteile sein. Das Minimumareal einer Untersuchungseinheit ist erreicht, wenn keine nennenswerte Zunahme mehr erfolgt (TREMP 2005).

Aufnahmen solcher Art werden vor allem bei Versuchsflächen ab einer Größe von >1 m^2 eingesetzt. Solche Untersuchungsmethoden sind leider stark unter Kritik, da jeder Bearbeiter eine eigene, individuelle und subjektive Schätzwertung abgibt, daher die Ergebnisse starken Schwankungen unterliegen (TRAXLER 1997). Bei den Versuchsflächen der Firma GEHA wurde eine detaillierte Aufnahmemethode gewählt, um den Anwuchserfolg der Pflanzung, vor allem der Ansaat, nachkontrollieren zu können.

Die Versuchsflächen der Klimaschutzfassade auf dem Gelände der Firma GEHA weisen jedoch bedeutend geringere Größen auf, daher können Untersuchungen des Deckungsgrades wesentlich genauer ausfallen. Zur Entwicklung der Methode wurde der methodische Ansatz von BraunBRAUN-BLANQUET (1974) wie folgt abgewandelt: um eine solche Bestimmung des Deckungsgrades durchzuführen, wurde über jede Versuchsfläche ein Raster in cm^2 gelegt, dieser ähnelt einem Schachbrett. Nun bestimmt man für jede einzelne Einheit den Wert 1 (Deckung/Vegetation vorhanden) oder 0 (Deckung/Vegetation nicht vorhanden). Die Ergebnisse werden auf einen prozentualen Wert (Anteil von 100% ausgehend) aufgerechnet, dieser ergibt dann beispielsweise eine Deckung von 70% bei Versuchsfläche A. Wie eine solche Aufnahme aussehen kann, zeigt Abbildung 30. Die erhobenen Ergebnisse wurden anschließend in Tabellenform aufbereitet und die verschiedenen Flächen hinsichtlich Pflanzmethode (Multitopf, Ansaat) verglichen.

1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1

Abbildung 33: Aufnahmemodul der Deckungsgrade bei Vegetationsflächen GEHA.

0= keine Deckung vorhanden, 1= Deckung vorhanden

3.2 Klimaschutzfassade GEHA: Wurzel/Spross- Längenverhältnis

Um eine Aussage über die Entwicklung der einzelnen Pflanzen treffen zu können, muss man zunächst einen Parameter definieren, anhand dessen man das Wachstum der Pflanze weiterführend mit einer Aussage belegen kann. Grundlegende Parameter für das Wachstum von Pflanzen sind einerseits der Standort und die klimatische Bedingungen, weiterführend ist das Wachstum auch von Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit sowie Sonnenlicht abhängig. Der wichtigste Parameter für das System der Firma GEHA ist jedoch die Verfügbarkeit von Wurzelraum, da dieser durch die Dimensionierung der Konstruktion der Wandpaneele als der am geringsten dimensionierte Faktor angesehen werden kann. Der Faktor mit dem geringsten Wert ist meist auch der limitierende (DIERSCHKE 1994). Wie ist die Entwicklung der Pflanzen in einem Wandpaneel der Firma GEHA über den Zeitraum von einem Jahr einzustufen? Gibt es Unterschiede durch verschiedene Vliese, Dimensionierung des Paneels (V, Trapez) und Art der Pflanzung (Ansaat, Multitopf)? Diese Fragen gilt es mittels einer geeigneten Methode zu ergründen. Die Entwicklung der Wurzelmasse und die Wurzel selbst sind ein wichtiger Parameter, um den Zustand einer Pflanze definieren zu können.

Die Wurzelvolumina der einzelnen Pflanzen wurden mit Hilfe des Wurzel- Spross Längenverhältnisses betrachtet. Dazu wurden zwei hinsichtlich Vlies, Bepflanzung und Paneelform repräsentative Wandpaneele aus der Anlage entnommen und in für die Untersuchung geeignete Räumlichkeiten auf der Universität für Bodenkultur gebracht. Die Paneele wurden anschließend mit größtmöglicher Sorgfalt ausgeräumt, die einzelnen Pflanzen vom Substrat befreit und ausgewaschen. Anschließend wurden die Pflanzen einzeln aufgelegt und mit einem aufgelegten Zentimetermaß fotografiert. Besonderheiten und Auffälligkeiten, wie zum Beispiel besonders verkümmerte Pflanzen aus dem Multitopf oder kreisförmige an den Topf angepasste Wurzelentwicklung wurden festgehalten. Die erhobenen Ergebnisse wurden anschießend in Tabellen aufbereitet und je nach Pflanzungsmethode getrennt betrachtet.

Ebenfalls getrennt beobachtet wurde der Einflug von Fremdarten. Dies kann eine wertvolle Aussage zum Durchsetzungsvermögen der einzelnen Arten treffen und ermöglicht eine nachfolgende Adaption der Saatgutmischungsverhältnisse um ungewollte Fremdarten zukünftig vermeiden zu können. Ebenfalls ist eine Aussage zur Konkurrenzstärke von Saatgut im Vergleich zum Multitopf möglich.

Abbildung 34: „Tortenstück“ aus einem Paneel Trapezform mit Ansaat und Filtervlies mit Speicherelement *(04/2010)*

Abbildung 35: Pflanzen gewaschen und einzeln aufgelegt , IBLB *(04/2010)*

3.3 Klimaschutzfassade GEHA: Vitalität nach Braun

Ein weiterer wichtiger Faktor für die positive Entwicklung einer Pflanzung ist die Vitalität der Pflanzen. In der Literatur gibt es dazu nach BRAUN (1990) verschiedene Vitalitätsstufen, welche das Wachstum und die Entwicklung der Pflanze einer Kategorie zuordnen. Dieses Schema wurde für die vorliegenden Vitalitätsaufnahmen adaptiert. Die Werke von BRAUN behandeln vor allem Bäume und bereits ausgewachsene Gehölze, daher musste sein Ansatz wie folgt adaptiert werden:

Die Vitalitäten wurden nach BRAUN (1990) den Kategorien 1-5 zugeteilt:

- Vitalität 1: sehr gute Vitalität
- Vitalität 2: gute Vitalität
- Vitalität 3: mittlere Vitalität
- Vitalität 4: geringe Vitalität
- Vitalität 5: abgestorben bzw. Ausfall

Die Vitalitäten korrelieren mit den Messungen zur Deckung. Den einzelnen Pflanzen wird ein Wert zugewiesen, dieser wird nachfolgend in tabellarischer Form aufbereitet und ausgewertet. Diese Methode kommt gleichzeitig mit der Methode zur Erhebung des Deckungsgrades zum Einsatz. Sie wurde ebenfalls genutzt, um den Anwuchserfolg der Versuchsanlage nachzuweisen und differenziert ebenfalls zwischen den verschiedenen Pflanzmethoden (Saatugut, Multitopf).

Die Kategorie 5 (abgestorben, bzw. Ausfall) wurde gesondert einer besonderen Betrachtung unterzogen und die dafür verantwortlichen Gründe gesucht. Versagt beispielsweise die Kaskadenbewässerung eines Paneels wegen Verstopfung der Regenrinne, wäre dies ein Ausfall, der nicht durch mangelnde Pflanzenqualität, Frosttrocknis im Winter oder einen unpassenden Standort ausgelöst wird. Dieser ist auf menschliches Versagen beziehungsweise den Zufall - eben die versäumte Reinigung der Regenrinne - zurückzuführen und nicht auf das Versagen des Systems. Hier muss ein deutlicher Unterschied gemacht werden, da dieser Parameter die Aussagekraft der Untersuchung stark verfälscht.

Die folgenden Abbildungen (36, 37) zeigen einen durch nachweislich menschliches Versagen abgestorbenen Teil des Systems sowie eine funktionierende Fläche.

Abbildung 36: System GEHA mit gereinigter, funktionstüchtiger Regenrinne *(03/2010)*

Abbildung 37: System GEHA mit verstopfter, funktionsuntüchtiger Regenrinne *(03/2010)*

3.4 Klimaschutzfassade GEHA: Wasserhaushalt

Die Untersuchungen zum Wasserhaushalt sind ursprünglich aus einer Idee des Herstellers hervorgegangen. Prinzipiell ist es laut dem Institut für Siedlungswasserbau der BOKU Wien mit Fassadensystemen möglich, mittels eines Aktivkohlefilter eingeleitetes Wasser zu klären und dieses dann in aufbereiteter Form zu nutzen. Diese Form der Kläranlage unterscheidet sich kaum von Systemen dieser Art in der technischen Wasseraufbereitung und kann Staub, Schwermetalle und auch Chemikalien binden und somit filtern. Eine Wirkungsweise dieser Art auf das System des Mikrohauses angewandt und zur Filterung von Dachwasser und hausinternen Abwässern eingesetzt, würde dem ganzen Wirkungskomplex des Mikrohauses wesentlich mehr Unabhängigkeit verleihen und diesem einen Hauch von Autonomie geben.

Die folgenden vier Punkte sind zu berücksichtigen:

- Pflanzenverträglichkeit hinsichtlich Dachwässern
- Kosten von Aktivkohlefiltern
- Durch Auswaschung bedingte Stoffe aus dem Substrat (Baustoffrecyclingmaterial)
- Wasserspeicherungsvermögen des Substrates

Für die Filterung von Dachwasser bzw. hausexternen Grauwässern könnte das System auch ohne Aktivkohlefilter geeignet sein, daher wurde diesem Punkt eine eigene Untersuchung gewidmet, nämlich die Dachwasseranalyse und Filterwirkung des Systems im derzeitigen Zustand (siehe Kapitel 3.5.2).

Der zweite Punkt, die Kosten einer Aktivkohlefilteranlage, stellt den Einsatz dieser Technologie sofort in Frage. Da das Paneelsystem der Firma in Kombination mit dem Mikrohaus vertrieben werden soll, und daher ein Kundenstock von privaten Personen vorrangig ist, scheidet eine Anlage mit erhöhten Kosten aus. Diese Thematik wäre erst beispielsweise im Falle eines öffentlichen Abnehmers interessant.

Der dritte Punkt, nämlich die mögliche Absonderung von gefährlichen oder schädlichen Stoffen aus dem verwendeten Baustoffrecyclingmaterial scheint in jedem Fall einer Untersuchung wert, da dieses auch bei normalem Betrieb, sprich Bewässerung des Fassadensystems zum Tragen kommt. Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde diese Untersuchung durchgeführt.

Eine weitere Untersuchung, nämlich die Fähigkeit der Fassadenanlage im Fall eines Starkregenereignisses als Kanalentlastung zu wirken, wurde ebenfalls durchgeführt. Die Fähigkeit zur Kanalentlastung ist gerade im städtischen Raum in den vergangenen Jahren zum großen Thema geworden, erinnert man sich an die Starkregenereignisse der vergangenen drei Jahre in Wien. Diese haben weite Teile der Stadt und deren Infrastruktur für die Dauer einiger Stunden außer Kraft gesetzt. Diese Methode wird im nächsten Unterpunkt 3.5.1 ausführlich behandelt.

3.4.1 Starkregensimulation und Abfluss

Das Wasserspeicherungsvermögen gibt die Auskunft, welche Entlastung des Kanales im Falle eines Starkregenereignisses durch die Fassade zu erwarten ist. Es ist auch theoretisch möglich, diese Antwort rein rechnerisch aufzubereiten. Das Wasserspeicherungsvermögen des verwendeten Substrats ist als fixe Kennzahl bekannt, nun müsste man dies nur mit der Menge des Substrates multiplizieren um einen Wert für ein Paneel zu bekommen.

Beschäftigt man sich jedoch eingehend mit der Thematik fällt auf, dass Kanalentlastung ja auch eine Querverbindung zur zeitlichen Komponente aufweist. Wenn bei einem starken Regenereignis Dachwasser durch die Wasserrinne in den Kanal eingeleitet wird, stellt sich das Problem klar in einem zeitlichen Konnex dar: der Kanal läuft über, wenn eine große Menge Wasser in kurzer Zeit durch die Kanalöffnung geschleust werden muss. Kann man nun diesen zeitlichen Faktor entschärfen, sprich die Zeitspanne, über die das Wasser vom Dach in den Kanal gelangen soll, verlängern, entlastet dies die Wasserspitzen und wirkt einem Überlaufen entgegen.

Aus diesem Grund war es notwendig, ein Starkregenereignis am Versuchsobjekt zu simulieren. Man kann genau messen, in welcher Zeitspanne eine Verzögerung möglich ist und ab welcher Kapazität die Anlage gesättigt ist, also keine Aufnahme mehr möglich ist und das Wasser anderweitig abläuft. Zusätzlich ist es so möglich, Fehler in der Konstruktion zu finden und darauf basierend Verbesserungen vorzuschlagen. Unter gesättigten Bedingungen läuft beispielsweise bei einer ungünstigen Konstellation der Schlitze und Vliese in den Etagen das Wasser nicht tropfend in die nächste Etage sondern rinnt rückwärtig entlang der Fassadenmauer ab. Diesen Umstand gilt es dringend zu beseitigen, da eine nasse Fassade nun nicht wirklich Zweck des Systems sein kann.

Ein mittleres Starkregenereignis in Mitteleuropa liegt bei 30 mm / h = 30 l /m² / Stunde. Geht man von einer durchschnittlichen Dachfläche von 10 m² aus, so benötigt man zur Simulation eines Starkregenereignisses 300 Liter Wasser. Da sich die Zeit- und Mengenkurven nach 10 Gießkannen, sprich 100 Litern immer mehr verflachen, wurden während des Versuchsverlaufes die Wassergaben von 300 Liter auf 100 Liter reduziert.

Zur Simulation des Starkregenereignisses wurde von einer Person auf einer Leiter stehend mittels einer Gießkanne Wasser in die perforierte Dachrinne gegossen.

Abbildung 38: Befüllen der 10 Liter Gießkanne mittels einem Gartenschlauch durch Vera Enzi *(11/2009)*

Abbildung 39: Einspeisen der 10 Liter Wasser in das Wandpaneel durch DI Doris Astleitner *(11/2009)*

Aus der perforierten Dachrinne gelangt das Wasser mittels Kaskadenetagen im System nach unten in Richtung der Kanalöffnung. Die Menge des Wassers wurde vorher genau festgelegt, Auffälligkeiten

beim Abrinnen durch die verschiedenen Etagen genau dokumentiert und zeitlich gestoppt. Dadurch erhält man einen zeitlichen Wert von Beginn des Ereignisses bis zur Sättigung der Anlage sowie eine Wassermenge, die vom System aufgenommen werden kann, bis dieses gesättigt ist - also das Wasser nur noch ungebremst durchrinnt. Zusätzlich wurde das Wasser im Bodenbereich der Anlage, also vor der Abgabe in den Kanal in einem Auffangbecken festgehalten. Bei den Durchlaufzeiten sowie dem Wasser im Auffangbecken erhält man ab einer gewissen Wassermenge einen stagnierenden, gleichbleibenden Wert. Dieser signalisiert eine Sättigung der Anlage, das Paneel ist nun nicht mehr weiter in der Lage, Wasser aufzunehmen. Die erhobenen Daten wurden tabellarisch und grafisch aufbereitet. Hierbei wurde eine Unterscheidung zwischen den verschiedenen Vliesarten vorgenommen um mögliche Unterschiede in der Wasserspeicherung herauslesen zu können. Dies soll einen Beitrag zur Systemoptimierung leisten. Die folgenden Abbildungen zeigen das Einleiten des Wassers in das System sowie das Sammeln des Wassers im Auffangbecken.

Abbildung 40: Auffangrinne für die austretenden Wassermengen zur Einleitung in das Auffangbecken *(11/2009)*

Abbildung 41: Auffangbecken vor dem Eintritt des Wassers in die Kanalöffnung *(11/2009)*

Nachfolgende Tabelle zeigt exemplarisch einen Aufnahmebogen aus eigener Erstellung.

AUFNAHMEBOGEN WASSERTESTS FA GEHA GUSCHLBAUERGASSE		
Datum: 03.11.2009		
Standort: 3. Versuchsfläche, Filtervlies + Speicherelement, im Hof		
Materialien / Geräte: 10 Liter Gießkannen 1x, Wasserschlauch, Auffangbecken, Leiter		
Beschaffenheit des Substrates: die Anlage wurde eine Woche vor dem Versuch abgedeckt um Wassereinträge zu vermeiden.		
Eingeleitete Wassermenge vom Dach in Liter	**Davon Wassermenge Auffangbecken in Liter**	**Durchlaufzeit in Sekunden**
10 Liter		
20 Liter		
30 Liter		
40 Liter		
50 Liter		
60 Liter		
70 Liter		
80 Liter		
90 Liter		
100 Liter		
110 Liter		
120 Liter		
130 Liter		
140 Liter		
150 Liter		

Tabelle 6: Musterbogen für die Simulation von Starkregenereignissen

3.4.2 Dachwasseranalyse- Filterwirkung

Beschäftigt man sich mit Dachwassserreinigung, gilt es zunächst abzuklären, in wie weit das betroffene System zu einer solchen Nutzung in der Lage ist. Zur Dimensionierung von Systemen, die für die Dachwasserreinigung geeignet sind, gibt es genaue Angaben der Magistratsabteilung 45- Wasserbau Wien (vgl. Technische Richtlinie zur Dimensionierung von Anlagen zur Reinigung von Dachflächenwässern, 2006):

> „1 Grundsätze und Geltungsbereich
> Grundsätzlich ist die dezentrale, oberflächige Versickerung von Niederschlagsabflüssen von Dachflächen (Dachflächenwässer) sowie von sonstigen Flächen, die eine vergleichbare Wasserbeschaffenheit erwarten lassen, über humosen, biologisch aktiven, bewachsenen Oberboden anzustreben. […] Ist diese Art der Versickerung nicht möglich, sondern nur eine unterirdische Versickerung über Sickerbauwerke (insbesondere Sickerschächte), ist in Abhängigkeit von der Größe der zu entwässernden Fläche(n), deren Beschaffenheit und den Untergrund- und Grundwasserverhältnissen (Grundwasserflurabstand, Durchlässigkeit und Charakteristik des Untergrundes) eine vorangehende technische Reinigung der Wässer vorzusehen (Einzelfallbeurteilung durch die Behörde bzw. die Sachverständigen für Gewässerschutz). Die technische Maßnahme zur Reinigung soll in ihrer Wirkung den fehlenden natürlichen Bodenfilter ersetzen und ein vergleichbares Reinigungsergebnis aufweisen.“

Laut der Richtlinie sind Dachwässer zur Filterung grundsätzlich in den bewachsenen Oberboden einzuleiten. Im Falle des Fassadensystems der Firma GEHA bedeutet die Fassadenkläranlage allerdings im optimalen Szenario eine **zusätzliche** Filterwirkung. Wasser, welches das System passiert hat, wird anschließend in den Oberboden und danach in den Kanal eingeleitet. Je nach Lage des zu begrünenden Objekts kann die Ableitung des Dachwassers verschieden erfolgen. Wenn kein Oberboden zur nachfolgenden Einleitung zur Verfügung steht, sollte das System in der Lage sein, diesen zu ersetzen und umgekehrt. Gilt es nun, diese Hypothese nachzuweisen, muss man zunächst analysieren, welche Stoffe das Dachwasser des Versuchssystems überhaupt beinhaltet.

> „2 Beschaffenheit von Dachflächenwässern
> In der Fachliteratur wird vielfach belegt bzw. darauf hingewiesen, dass Dachflächenwässer erheblich verunreinigt sind bzw. sein können. Im Besonderen muss mit erhöhten Keimzahlen und Schwermetallgehalten gerechnet werden. Schwermetalle sind weit verbreitet und verbleiben als persistente Stoffe in der Umwelt. In Siedlungsgebieten werden je nach Standort signifikante Hintergrundgehalte festgestellt. Die Ursachen für die Verschmutzung der Dachflächenwässer lassen sich auf atmosphärische Verunreinigungen sowie Materialien der Dachflächen zurückführen. Atmosphärische Verunreinigungen und Depositionen bestehen aus Stäuben, Gasen, insbesondere Emissionen von häuslichen und industriellen Feuerungsanlagen, Tierexkrementen, Bakterien, usw. Ein Großteil der atmosphärischen Verunreinigungen ist anthropogen bedingt. Die Dachflächen und Regenrinnen werden durch das saure Milieu des Niederschlagswassers – verursacht durch Adsorption von SO2 bzw. NOx aus Gasemissionen von Feuerungsanlagen – angegriffen, wodurch besonders Metalle (vor allem Zink) herausgelöst werden. Diese Erkenntnisse fanden im Rahmen mehrerer Untersuchungen in Wien […] ihre Bestätigung, wobei sich zeigte, dass in Dachflächenwässern bei mehreren Parametern (insbesondere pH-Wert, Zink, Cadmium, CSB, Bakteriologie) die Richt- und Grenzwerte verschiedener Normen, Gesetze und Verordnungen überschritten bzw. nicht eingehalten wurden.“

Da das System der Firma GEHA an verschiedenen Standorten zum Einsatz kommen soll und sich in seiner weiteren Entwicklung voraussichtlich auch für andere Anlagen als Mikrohäuser tauglich

erweisen wird, sind die gegebenenfalls vorherrschenden Dachwasserverunreinigungen im Einzelfall nachzuprüfen. Im Falle unseres Versuchsaufbaus muss eine vorangehende Analyse der oben beschriebenen Dachwasserverunreinigungen stattfinden, um die Tauglichkeit der Anlage zum Klärung von Dachwasser nachzuweisen. Welche Bestandteile das Dachwasser nach Austritt aus der Anlage nicht mehr enthalten darf und welche Regelwerke hier herangezogen werden müssen zeigt der folgende Absatz:

> „3 Anforderungen des Gewässerschutzes
> Die Anforderungen des Gewässerschutzes hinsichtlich Einleitungen in das Grundwasser werden im Wesentlichen im Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG), in der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (WRRL), sowie durch die EG Richtlinie 80/68/EWG über den Schutz des Grundwassers geregelt [6, 7, 8].Demnach ist bei Einleitungen ins Grundwasser insbesondere die Erhaltung der Trinkwasserqualität bzw. der natürlichen Beschaffenheit des örtlichen Grundwassers sicherzustellen.[…]“

Dort, wo mit unzulässigen Zunahmen bzw. Anreicherungen von nicht abbaubaren bzw. gefährlichen Wasserinhaltsstoffen zu rechnen ist, muss der nach dem Stand der Techik mögliche Stoffrückhalt sichergestellt werden. Bei der Versickerung von Dachflächenwässern sind zu diesem Zweck technische Reinigungsmaßnahmen vorzusehen, sofern nicht die Filterwirkung des humosen, biologisch aktiven, bewachsenen Oberbodens herangezogen werden kann. (Auszug aus: Technische Richtlinie zur Dimensionierung von Anlagen zur Reinigung von Dachflächenwässern)

Erster, wichtiger Punkt für Untersuchungen zur Kläranlagentauglichkeit ist eine Prüfung des Grauwassers. Zusammenfassend ergibt sich nun für eine erste Prüfung der Anlage folgender Versuchsablauf:

- Prüfung des **direkt vom Dach eingeleiteten** Wassers hinsichtlich dessen Inhaltsstoffe, (pH-Wert, Zink, Cadmium, CSB, Bakteriologie, Schwebstoffe), Analyse der Stoffe hinsichtlich Pflanzenverträglichkeit

- Prüfung des **aus der Fassade auslaufenden, gefilterten** Wassers hinsichtlich dessen Inhaltsstoffe (pH-Wert, Zink, Cadmium, CSB, Bakteriologie, Schwebstoffe), Analyse der Stoffe hinsichtlich Trinkwasserqualität

Um die Prüfungen durchzuführen, wurden an den genannten Punkten aus der Anlage im laufenden Versuch Wasserproben entnommen. Die Proben wurden anschließend mit geringstmöglicher Verzögerung an das Prüflabor weitergegeben, um zeitlich bedingten Veränderungen der bakteriellen Stoffe vorzubeugen.
Um eine Prüfung der Proben durchzuführen, wurde das Institut für Siedlungswasserbau der Universität für Bodenkultur Wien unter der Leitung von Univ. Prof. DI Dr. Raimund HABERL in den Versuch mit eingebunden und fungierte als Prüflabor. Die entnommenen Proben wurden von Dr. DI Roza ALLABASHI einer Prüfung unterzogen, die erhobenen Ergebnisse anschließend in einer gemeinsamen Sitzung mit DI Doris ASTLEITNER und Vera ENZI diskutiert und als Prüfbericht überreicht.

Im Kapitel 4 der vorliegenden Diplomarbeit werden die erhobenen Ergebnisse in grafischer Form aufgearbeitet, dargestellt und interpretiert. Ich möchte an dieser Stelle einen Dank an das Institut für Siedlungswasserbau für die rasche Abwicklung und kompetente Beratung aussprechen.

3.5 Kammelweg Fassadenbegrünung: Konstruktion eines Fassadensystems, Auswahlkriterien für Material und Pflanzen

Diese Betrachtung beschäftigt sich dem Untersuchungsobjekt am Kammelweg. Zu Beginn der Planungsphase am Kammelweg trat DI Doris Astleitner mit der Bitte an mich heran, ich möge mich mit den speziellen Gegebenheiten am Kammelweg auseinandersetzen und ein speziell auf die Südfassade angepasstes Rankgerüst inklusive Wandtrögen konstruieren. Nun traf es sich, dass ich zu dieser Zeit mit einer zweiten Diplomantin, Michéle Beck, an einer Lehrveranstaltung des Instituts zum Thema Detail- und Ausführungsplanung teilnahm, und diese Aufgabenstellung zu unserem Bearbeitungsprojekt wurde. Die Arbeiter vor Ort sollten anhand unserer Konstruktionspläne in der Lage sein, die Anlage unserem Entwurf entsprechend zu bauen. DI Oliver Barosch, Landschaftsarchitekturbüro Rajek und Barosch, war Leiter dieser Lehrveranstaltung und hat die ausgearbeiteten Detailzeichnungen einer genauen Kontrolle unterzogen. Für mich war es sehr spannend, im Rahmen der Diplomarbeit auch die Gelegenheit zu bekommen, ein Fassadensystem selbst zu konzipieren.

Die entstandenen Konstruktionspläne darf ich nun im Rahmen dieser Diplomarbeit präsentieren. Die Südfassade am Kammelweg wurde in genau dieser Ausführung umgesetzt und gebaut. Teile der Pläne werden bereits in den offiziellen Übergabemappen und Presseaussendungen der Firma EBG veröffentlicht. Die unter Kapitel 4.4 gezeigten Pläne werden in ihrer Gestaltung und Ausführung kommentiert. Einziger Unterschied von Planung hin zu Ausführung stellt die Pflanzenwahl dar. Die tatsächliche Bepflanzung wird der ursprünglich geplanten gegenübergestellt und deren Vor- und Nachteile erläutert sowie deren Wahl hinsichtlich Blüheffekt, Ästhetik und Material begründet. Dieses Ergebnis soll wichtige Auswahlkriterien für die Pflanzenwahl an Fassaden im generellen definieren und die Frage beantworten, weshalb von der Planung bis hin zur Ausführung eine vollständige Änderung des Pflanzensortiments in der Praxis passieren kann.

Die Ergebnisse dieses Kapitels sind äußerst praxisorientiert und in gewisser Weise eine Art von Dokumentation von Beginn der Planung bis hin zur Ausführung am Kammelweg. Daher fällt es schwer, hier eine allgemein gängige Methode für die Untersuchung zu definieren, ist sie doch eher ein Planungs- und Lernprozess ohne im Vorfeld definierte Methodik. Trotzdem soll dem Planungsprozess in dieser Diplomarbeit Aufmerksamkeit zukommen, stellt er doch einen zum allgemeinen Verständnis der Fassadenproblematik wichtigen Baustein dar und spiegelt die öffentliche Planungsrealität gut wieder. Diese Aufarbeitung ist auch als definiertes Gegenteil zum Fassadensystem der Firma GEHA zu sehen, welches einen in seiner Gesamtheit vollständig konträren Planungsprozess durchlaufen hat: genaue Konzipierung und Kundenorientierung des Systems, vorlaufende Untersuchungen, Versuchsanlage, Testphasen, Vermarktung/Vertrieb. Nur wenige Systemhersteller und Bauherren können sich eine solche Vorlaufphase leisten, meist werden Einzelsysteme nach dem vorliegenden Konstruktionsschnellverfahren ins Leben gerufen.

4 Ergebnisse und Diskussion

Das nun folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Ergebnissen der Forschungsarbeiten an den beiden Untersuchungsobjekten und gibt einen Überblick über einen Zeitraum von etwa einem Jahr. Begonnen wurde die Versuchsarbeit zu Anfang des WS 2009, beendet wurden die Versuche gegen Ende des SS 2010.

Die ersten vier Untersuchungen wurden am System der Firma GEHA in der Guschelbauer Gasse 3 in 1210 Wien durchgeführt. Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, den Anwuchserfolg und die Vitalität der in der Versuchsanlage befindlichen Vegetation nachzuweisen:

- Deckungsgrad
- Wurzel/Spross- Längenverhältnis
- Vitalität nach Braun
- Wasserhaushalt

Die nachfolgenden planungstheoretischen Ergebnisse betreffen das System der Firma Mischek Bau, Projektträger EBG, Kammelweg 8 in 1210 Wien. Ziel der Planungsarbeiten ist es, den konstruktiven Ansatz, welcher hinter der Entwicklung eines Systems für einen speziellen Standort stehen kann, darzulegen:

- Konstruktion eines Fassadensystems
- Auswahlkriterien für Material und Pflanzen

Die erhobenen Ergebnisse werden in grafischer Form aufbereitet, dargestellt und anschließend diskutiert. Ein Ausblick in die Zukunft sowie eine ganzheitliche Betrachtung der erhobenen Ergebnisse wird im folgenden Kapitel 5 „Vorschläge für die Praxis“ vorgenommen.

Abbildung 42: Rankgerüst am Kammelweg, ohne Bepflanzung *(04/2010)*

Abbildung 43: Wandpaneel Firma GEHA in der Guschelbauer Gasse ohne Bepflanzung *(05/2009)*

4.1 Klimaschutzfassade GEHA: Deckungsgrad

Die Deckungsgrade wurden nach der in Kapitel 3.1 vorgestellten abgewandelten Schätzmethode nach Braun- Blanquet aufgenommen. Die Untersuchung wurde Ende August 2009 durchgeführt, vier Monate nach Fertigstellung der Versuchsanlage. Die Lage der Versuchsetagen den Fotos in Kapitel 2.3, Seite 31 zu entnehmen

Folgende Grafiken zeigen die verschiedenen Deckungsgrade der Versuchsflächen 2, 4, 6 und 8. Die Flächen wurden ausgewählt, da sich jeweils zwei der Flächen im unteren Teil in der ersten Versuchsanlage im Hof und zwei im oberen Teil in der zweiten Versuchsanlage am Dach befinden. Zusätzlich wurden alle geraden Flächen mittels Pflanzen aus dem Multitopf begrünt. Links ist die Deckung in % angegeben, im unteren Bereich befinden sich die nummerierten Paneeletagen:

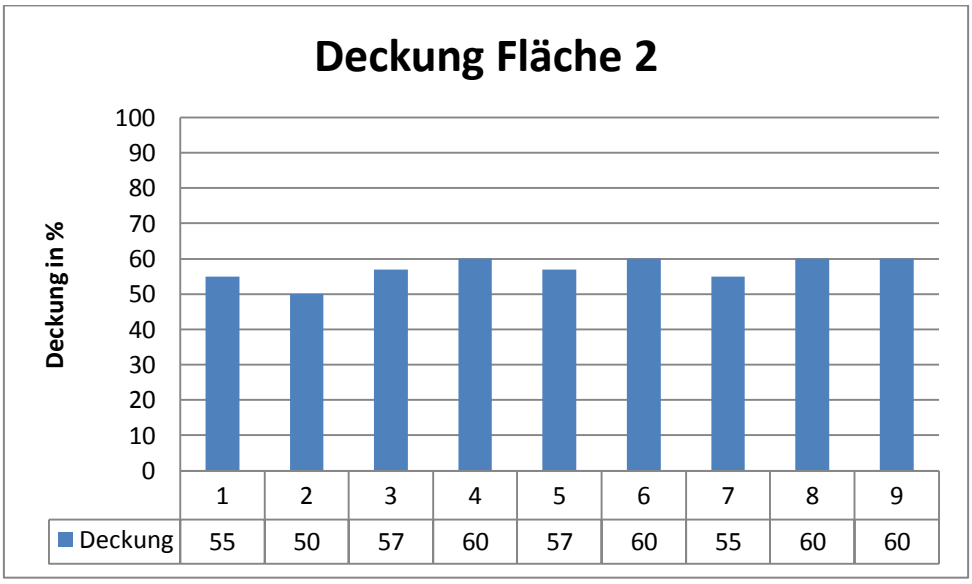


Abbildung 44: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Fläche 2 Standort Hof, Begrünung mittels Multitopf (08/2009)

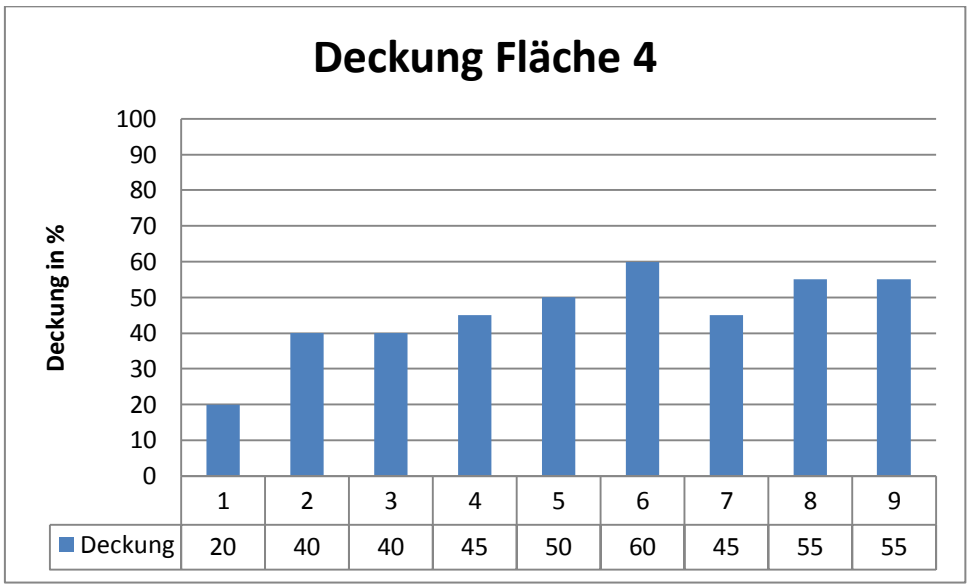


Abbildung 45: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Fläche 4 Standort Hof, Begrünung mittels Multitopf *(08/2009)*

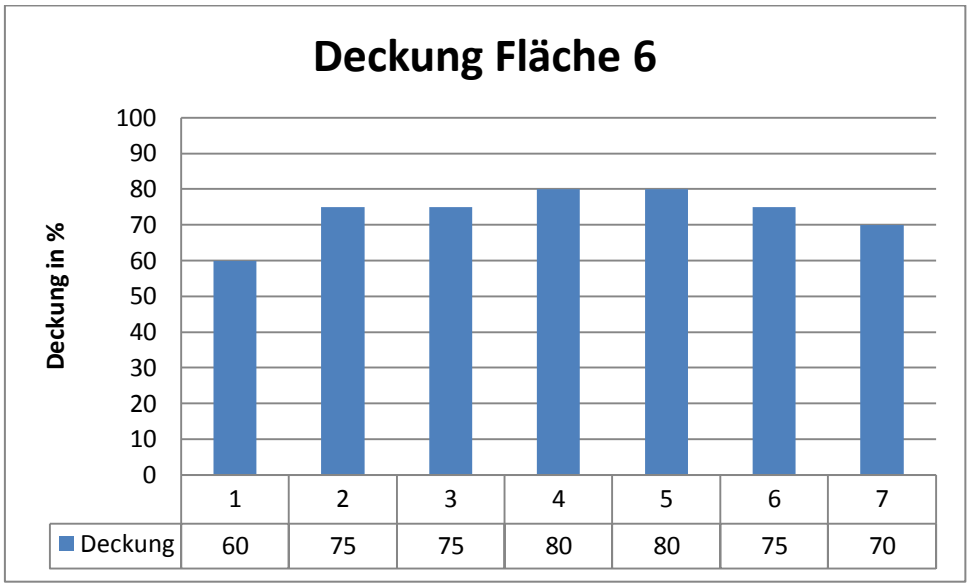


Abbildung 46: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Fläche 6 Standort Dach, Begrünung mittels Multitopf *(08/2009)*

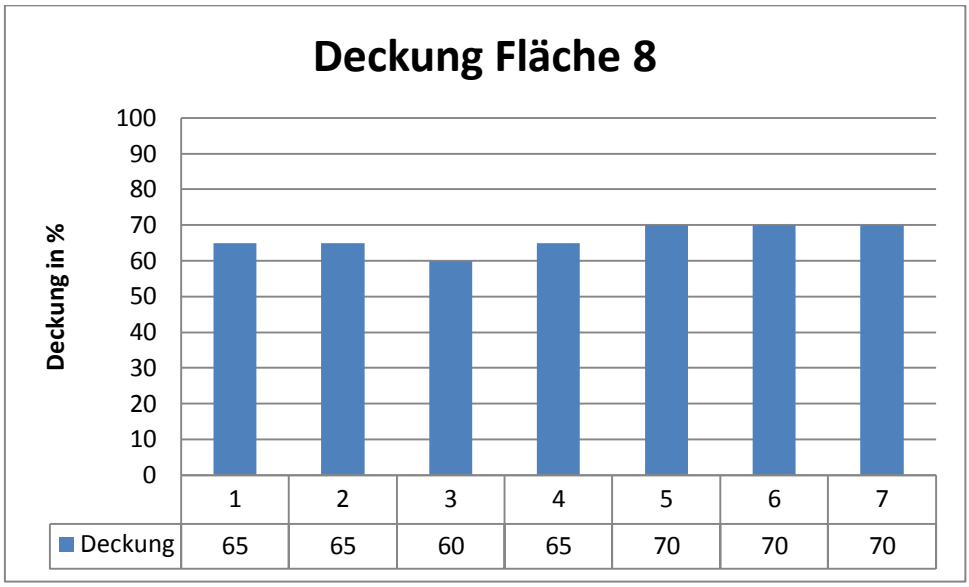


Abbildung 47: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Fläche 8 Standort Dach, Begrünung mittels Multitopf *(08/2009)*

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht zu den erhobenen Deckungswerten der Flächen mit Begrünung durch die im Multitopf vorgezogene Pflanzen. Die Abkürzungen unter den verschiedenen Versuchsflächen bedeuten: Drainvlies (DF), Speicherelement (SE) sowie Filtervlies (FL). Führt man nun die erhobenen Daten zusammen, ergibt dies folgende Mittelwerte:

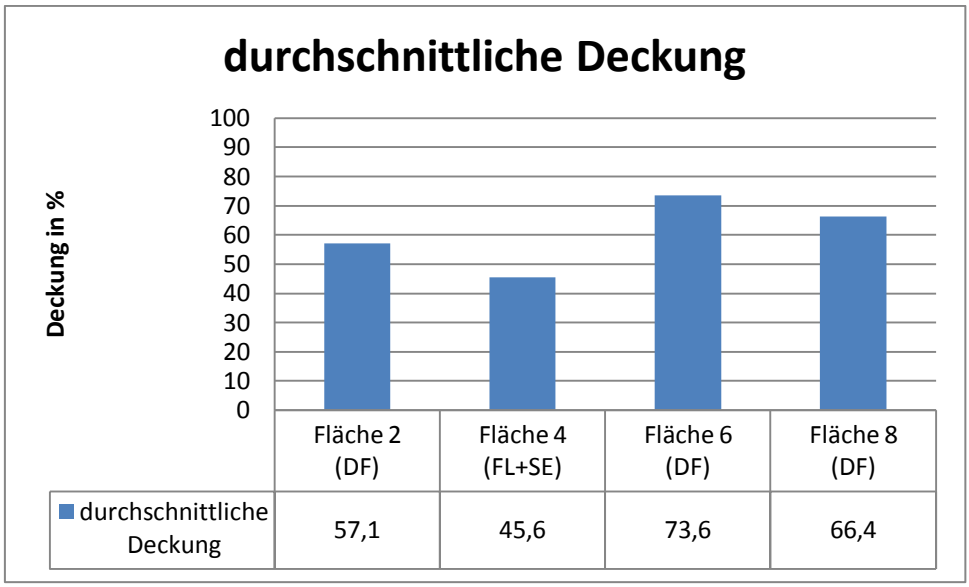


Abbildung 48: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Flächen 2, 4, 6 und 8 Standorte Hof und Dach, Begrünung mittels vorgezogenen Pflanzen aus dem Multitopf *(08/2009)*

Die ungeraden Versuchsflächen wurden mittels Ansaat der in Kapitel 2.2 beschriebenen Saatgutmischung „BOKU Schotterrasen“ begrünt. Die Einzelergebnisse sind Anhang C zu entnehmen. Eine Ermittlung der durchschnittlichen Deckung für alle ungeraden Flächen 1, 3, 5 und 7 ergibt folgende Werte:

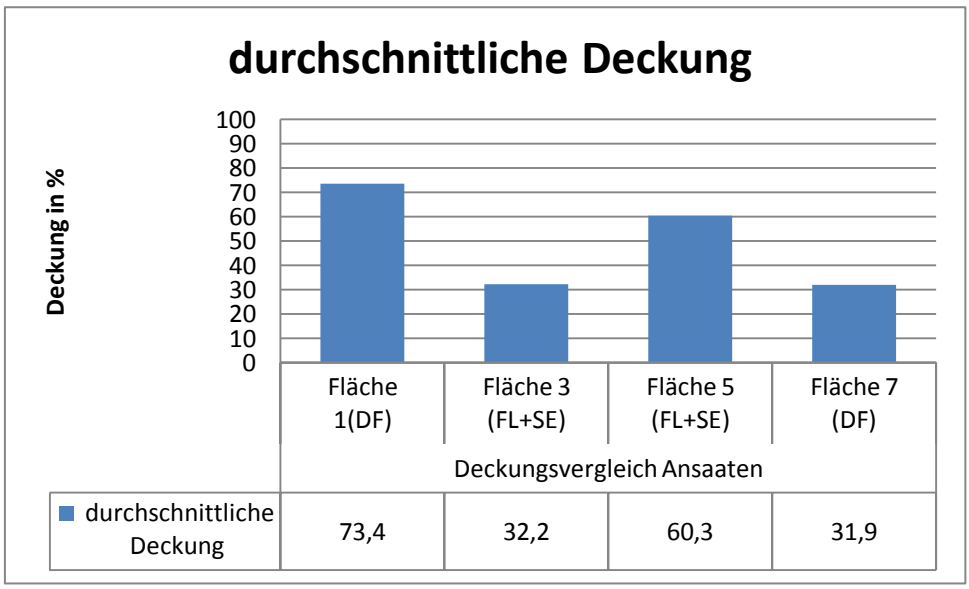


Abbildung 49: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Flächen 1, 3, 5 und 7 Standorte Hof und Dach, Begrünung mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“ *(08/2009)*

Zieht man nun einen Vergleich der Deckungsergebnisse unterschiedlicher Begrünungsvarianten, sprich das Verhältnis von vorgezogenen Pflanzen aus dem Multitopf zu den Bepflanzungen mittels Ansaat ergibt sich folgendes Bild:

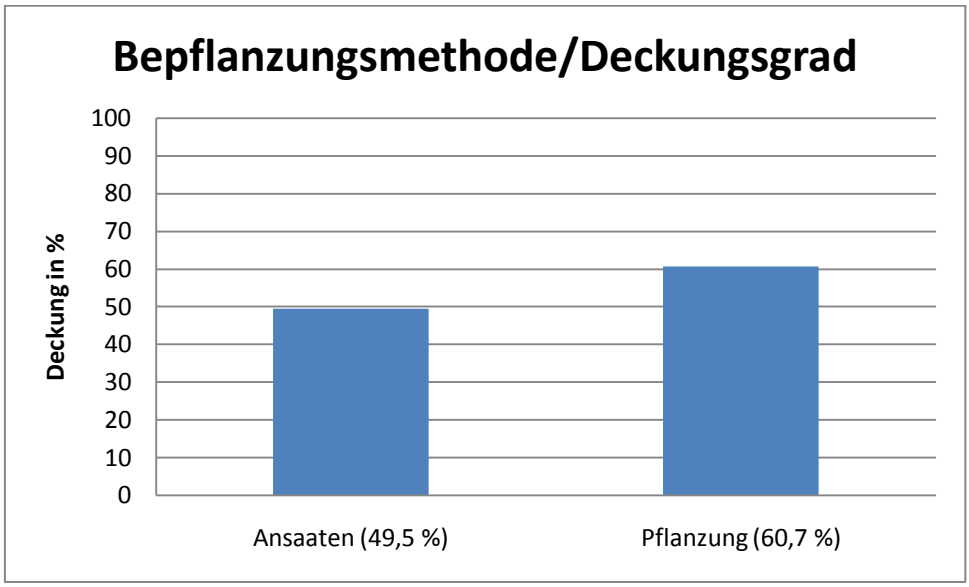


Abbildung 50: Vergleich der Deckungsgrade hinsichtlich deren angewandte Bepflanzungsmethoden Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“ und vorgezogene Pflanzen aus dem Multitopf *(08/2009)*

Ein Vergleich der Deckungsprozente hinsichtlich der Verwendung von verschiedenen Vlieseinlagen (Drainvlies oder Speicherelement mit Filtervlies) ergibt folgende Verteilung im Falle der Ansaaten mittels „BOKU Schotterrasenmischung“:

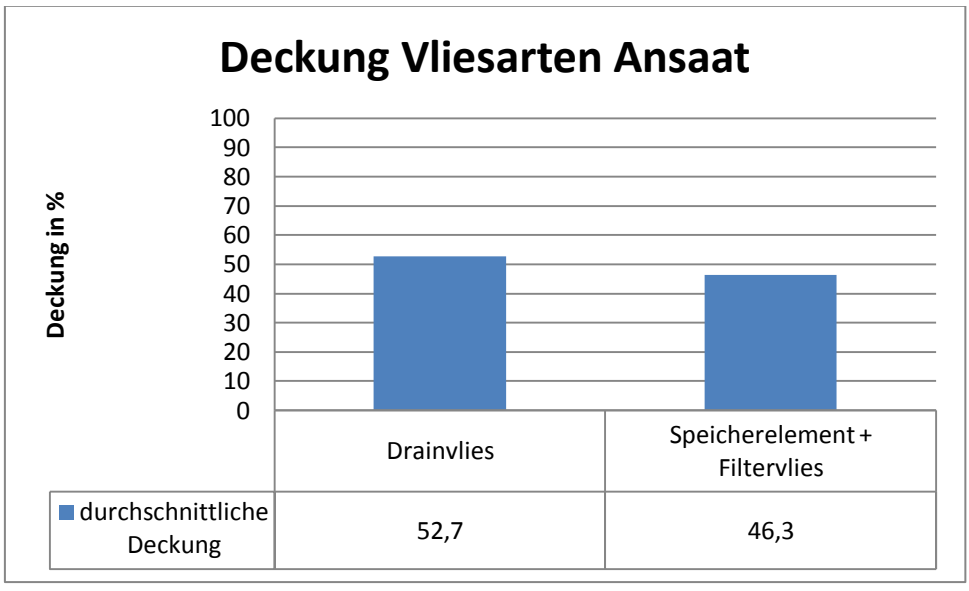


Abbildung 51: Vergleich der Deckungsgrade hinsichtlich der Verwendung von zwei verschiedenen Vliesarten (Drainvlies oder Speicherelement mit Filtervlies) begrünt mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“ *(08/2009)*

Ein Vergleich der Deckungsprozente hinsichtlich der Verwendung von verschiedenen Vlieseinlagen (Drainvlies oder Speicherelement mit Filtervlies) ergibt folgende Verteilung im Falle der vorgezogenen Pflanzen aus dem Multitopf:

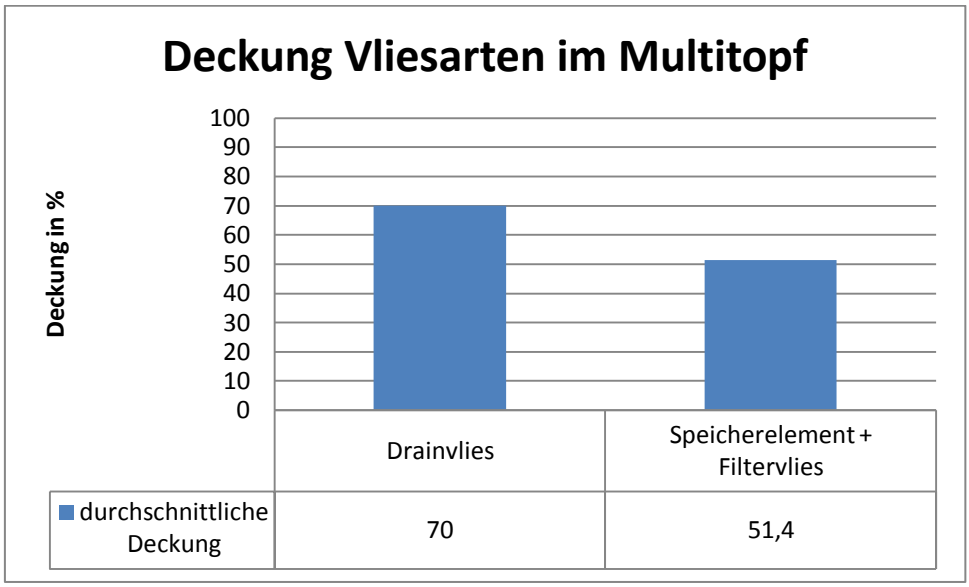


Abbildung 52: Vergleich der Deckungsgrade hinsichtlich der Verwendung von zwei verschiedenen Vliesarten (Drainvlies oder Speicherelement mit Filtervlies) begrünt mittels Pflanzen aus dem Multitopf *(08/2009)*

Zieht man einen Vergleich zwischen den verschiedenen Konstruktionsformen des Systems

- Trapezform und ausschließlich im Hof montiert (Standort eher schattig, frisch, Nord)
- V- Form und ausschließlich am Dach montiert (Standort eher sonnig, trocken, Süd)

wird deutlich, dass bei der Herstellung des Versuchssystems ein Fehler unterlaufen ist. Ein Vergleich, ob nun die V- Form Variante des Systems, welche durch den geringeren Querschnitt weniger Substrat beinhaltet, schlechtere Bedingungen für Pflanzen im Vergleich zur voluminösen Variante in Trapezform bietet, kann nicht durchgeführt werden. Die beiden Systeme sind jeweils ausschließlich an unterschiedlichen Standorten mit unterschiedlichen Bedingungen angebracht.

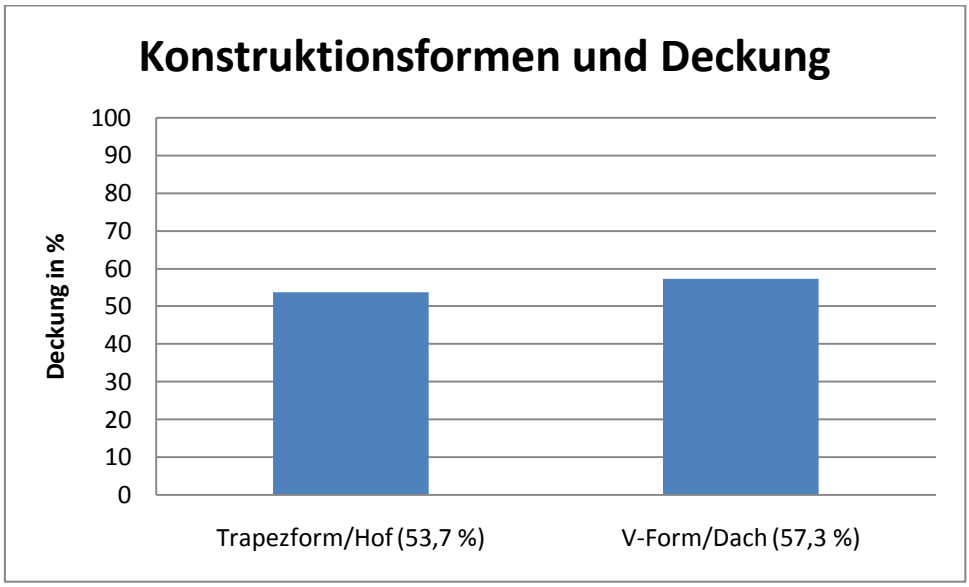


Abbildung 53: Vergleich der Deckungsgrade hinsichtlich der verschiedenen Konstruktionsformen (Trapezform mit größerem Substratvolumen, V-Form mit geringerem Substratvolumen) der Versuchsstandorte Hof und Dach *(08/2009)*

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Untersuchung der Deckungsgrade

Paneele mit dem Drainvlies (Kombination aus Speicher- und Filterelement) als eingebauter Vlieskombination zeigen eine durchschnittliche Deckung von 70 %. Paneele mit getrennt eingebauter Kombination aus Speicherelement und Filtervlies weisen eine Deckung von 51, 4 % auf. Die Verwendung von einem Drainvlies kann daher trotz des höheren Anschaffungswertes für die Pflanzenklimaschutzfassade empfohlen werden, da auch der Arbeitsaufwand durch die Verwendung nur eines Materials an Stelle von zweien mit dem Drainvlies geringer gehalten werden kann.

Die mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf begrünten Paneele weisen eine Deckung von 60,2 % auf und liegen somit nur um 11,2 Deckungsprozent über den mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“ (49,5 % Deckung) begrünten Pflanzrinnen. Ansaaten sind daher durchaus eine empfehlenswerte, ökonomische sowie auch preiswertere Alternative.

Im Vergleich der Deckungsgrade zwischen den beiden Standorten, welche sich durch unterschiedliche Exposition und der Verwendung unterschiedlicher Pflanzpaneelausführungen auszeichnen:

- Trapezform und ausschließlich im Hof montiert (Standort eher schattig, frisch, Nordexposition)
- V- Form und ausschließlich am Dach montiert (Standort eher sonnig, trocken, Südexposition)

können aufgrund der vorliegenden Deckungsgradaufnahmen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Vergleichbarkeit dieser Ergebnisse ist aber aus oben genannten Gründen fraglich.

Zusammenfassend ist das Untersuchungsergebnis als zufriedenstellend zu bewerten. Das System der Firma GEHA ist aufgrund der durch Deckungsgrade ermittelten Werte für Bepflanzungen geeignet. Weiterführende Unterlagen sowie Basisdaten sind im Kapitel 9.3, Anhang C dieser Diplomarbeit zu finden.

4.2 Klimaschutzfassade GEHA: Artenzusammensetzung, Wurzel/Spross- Längenverhältnis

Die vorliegenden Untersuchungen wurden Ende März durchgeführt, zehn Monate nach Fertigstellung der Versuchsanlage. Die Aufnahmen wurden wie in Kapitel 3.2 beschrieben durchgeführt und auf eine Übereinstimmung mit dem angesetzten Wurzel/Spross Längenverhältnis in etwa von 0,5:1 (FLORINETH 2010) überprüft. Zusätzliches Beurteilungskriterium war das optische Bild des Verhältnisses von Spross zu Wurzel. Bilder der aufgenommenen Pflanzen können in Kapitel 9.4, Anhang D dieser Diplomarbeit entnommen werden.

Die Folgenden Abbildungen zeigen die Artenzusammensetzung in den beiden betrachteten Etagen:

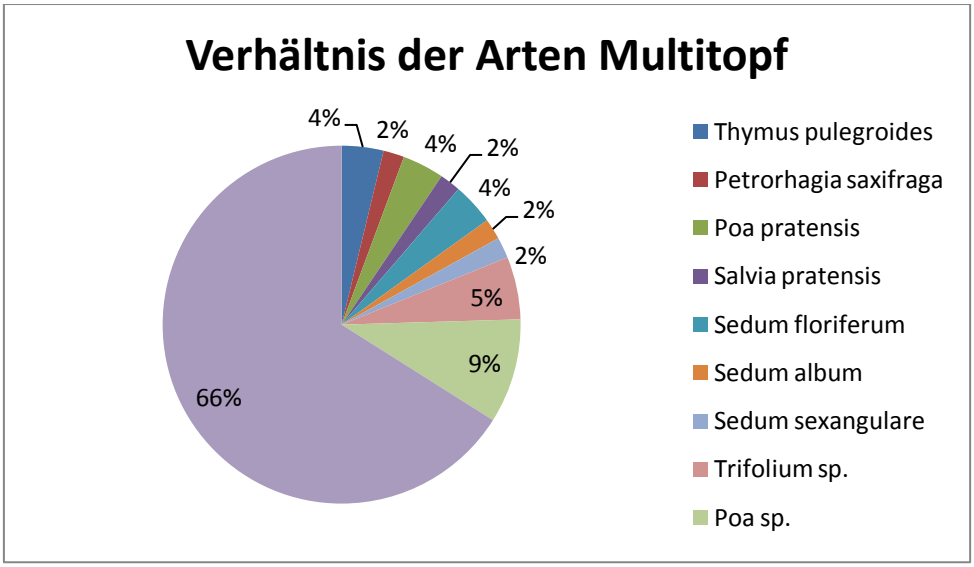


Abbildung 54: Artenzusammensetzung der ersten Versuchsetage, Bepflanzung mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf, Vlieseinlage: Drainvlies, Aufbau: Trapezform *(03/2010)*

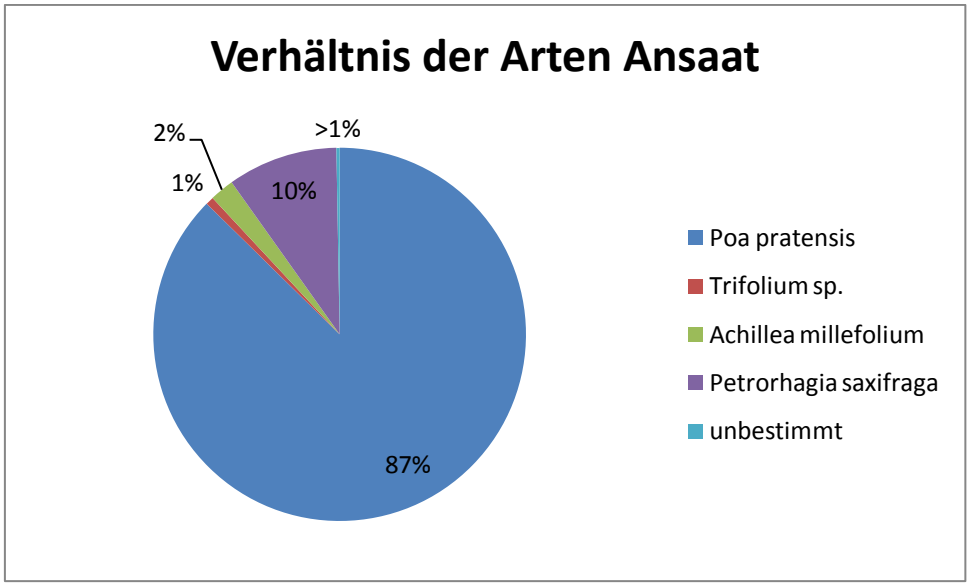


Abbildung 55: Artenzusammensetzung der zweiten Versuchsetage, Bepflanzung mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, Vlieseinlage: Speicherelement mit Filtervlies, Aufbau: Trapezform *(03/2010)*

In der Artezusammensetzung der ersten Etage fällt auf, dass ein großer Teil der entnommenen Gesamtpflanzen nicht dem ursprünglichen Pflanzenbestand aus dem Multitopf entspricht (siehe Abbildung 55). 75% Kleinpflanzen der Gattungen Poa und Petrorhagia stammen entweder aus erfolgreicher Vermehrung der Mutterpflanzen aus dem Multitopf oder sind „eingeflogen“. Dies könnte zweierlei Bedeutung haben. Erstens, dass Pflanzen aus dem Multitopf gegenüber Ansaaten ein geringeres Widerstandsvermögen hinsichtlich einfliegender Konkurrenz besitzen oder zweitens, dass einige Pflanzenarten aus dem Multitopf binnen kürzester Zeit bereits zu erfolgreicher Vermehrung neigen. Die Artenzusammensetzung der zweiten Versuchsanlage, mittels Ansaat begrünt, spiegelt in etwa auch die tatsächliche Saatgutzusammensetzung der „BOKU-Schotterrasenmischung“ wieder. Nur zwei Kleinpflanzen unbekannter Art konnten sich in der Versuchsetage behaupten.

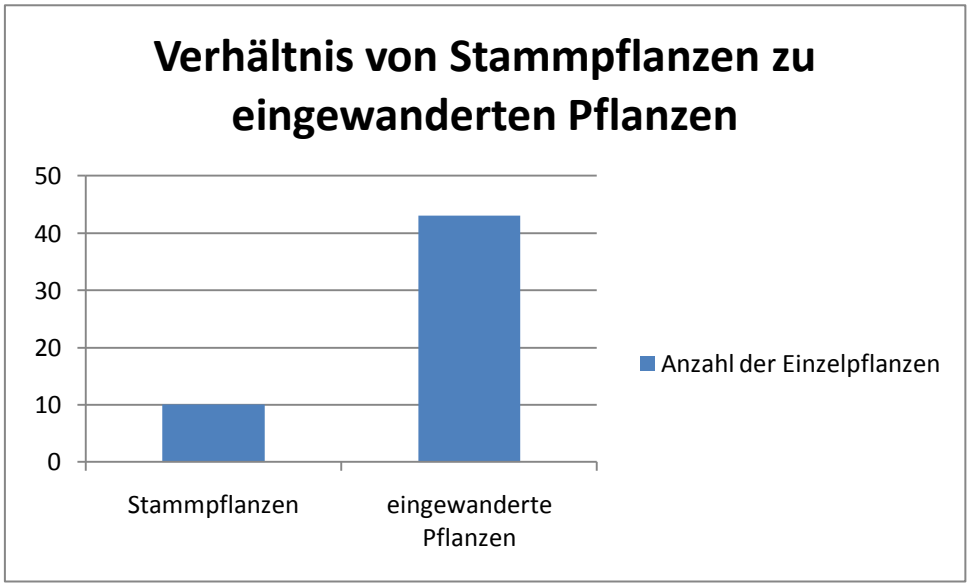


Abbildung 56: Verhältnis von Stammpflanzen zu eingewanderten Pflanzen der ersten Versuchsetage, Bepflanzung mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf, Vlieseinlage: Drainvlies, Aufbau: Trapezform. ***(03/2010)***

Nachdem die Pflanzenverteilung in den beiden Versuchsanlagen dargestellt wurde, können nun die einzelnen Pflanzen genau betrachtet werden. Fotografisches Bildmaterial zu den einzelnen Pflanzen befindet sich in Kapitel 9.4, Anhang D der Diplomarbeit. Die folgenden Darstellungen zeigen das Längenverhältnis von Wurzel zu Spross der einzelnen Pflanzen beider Etagen getrennt aufgelistet. Die Darstellung der ersten Versuchsetage ist in die einzelnen Einzelpflanzen gegliedert, diese stellen die Ursprungsbestückung der vorgezogenen zehn Pflanzen aus dem Multitopf dar. Die Darstellung der zweiten Versuchsetage unterscheidet sich von der Ersteren. Hier sind die Pflanzen nicht einzeln, sondern im Gruppendurchschnitt der jeweiligen Art getrennt aufgelistet. Da es sich bei dieser Etage um ein mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“ begrüntes Exemplar handelt, ist eine Auflistung der fast 700 ausgekeimten Kleinpflanzen nicht möglich.

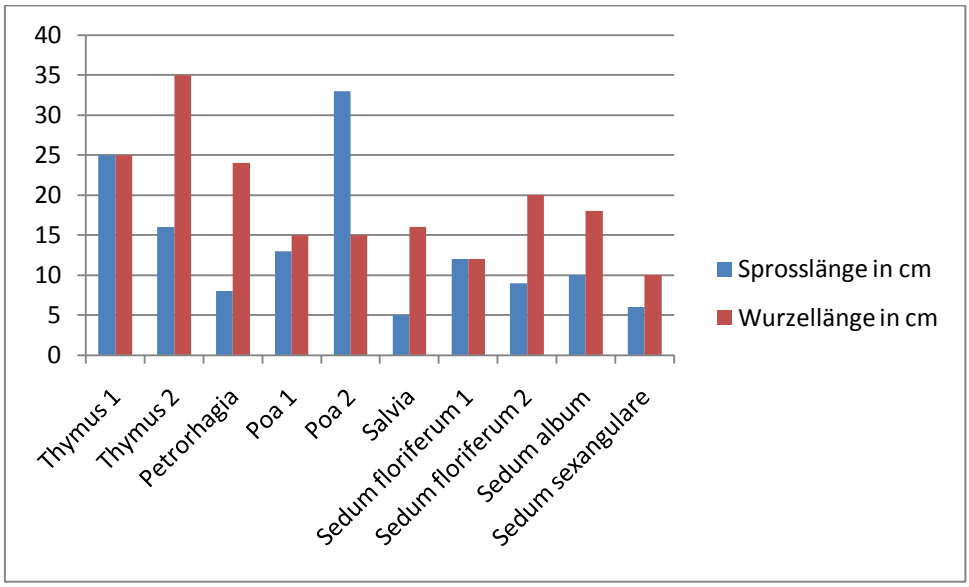


Abbildung 57: Wurzel/Spross Längenverhältnis der einzelnen Pflanzen der ersten Versuchsetage, Bepflanzung mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf, Vlieseinlage: Drainvlies, Aufbau: Trapezform *(03/2010)*

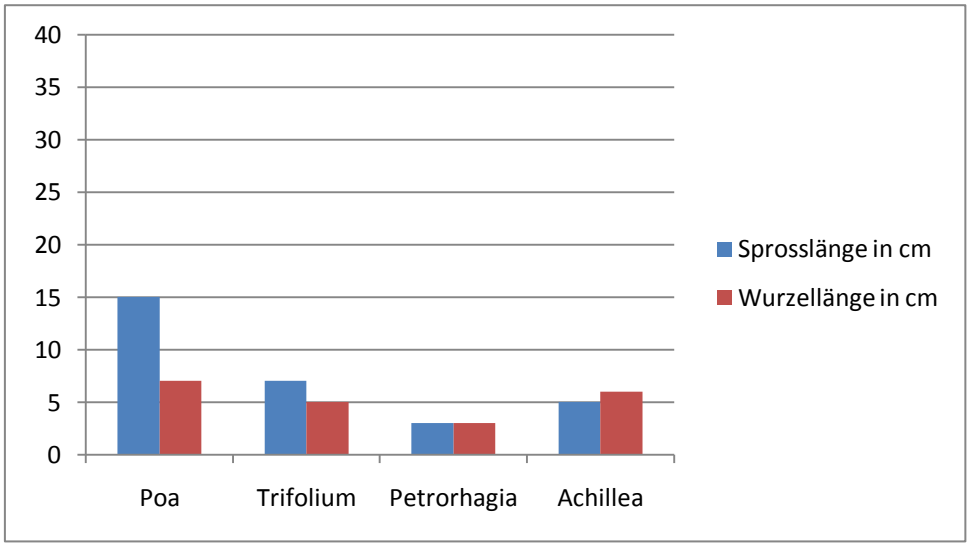
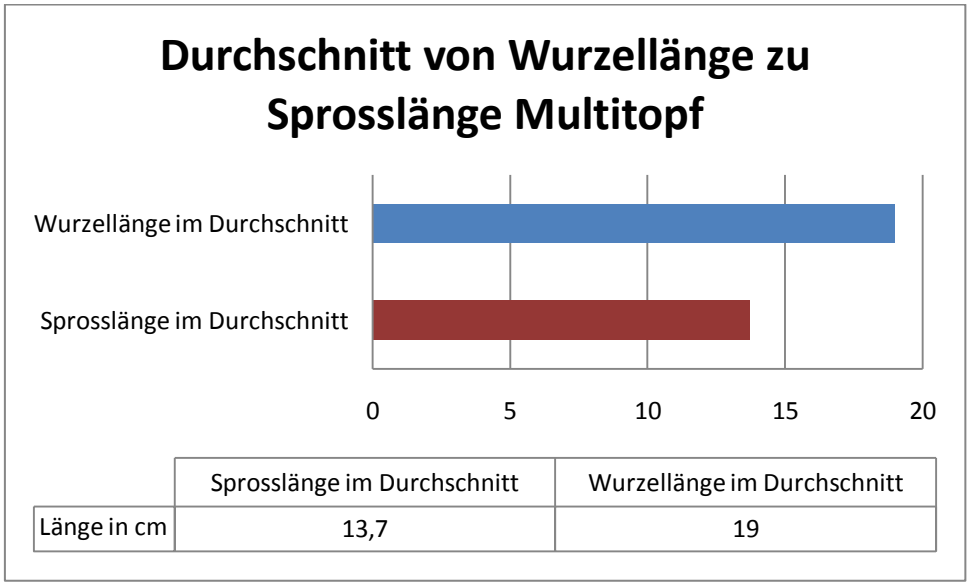


Abbildung 58: Wurzel/Spross Längenverhältnis der einzelnen Pflanzenarten der zweiten Versuchsetage, Bepflanzung mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, Vlieseinlage: Speicherelement mit Filtervlies, Aufbau: Trapezform *(03/2010)*

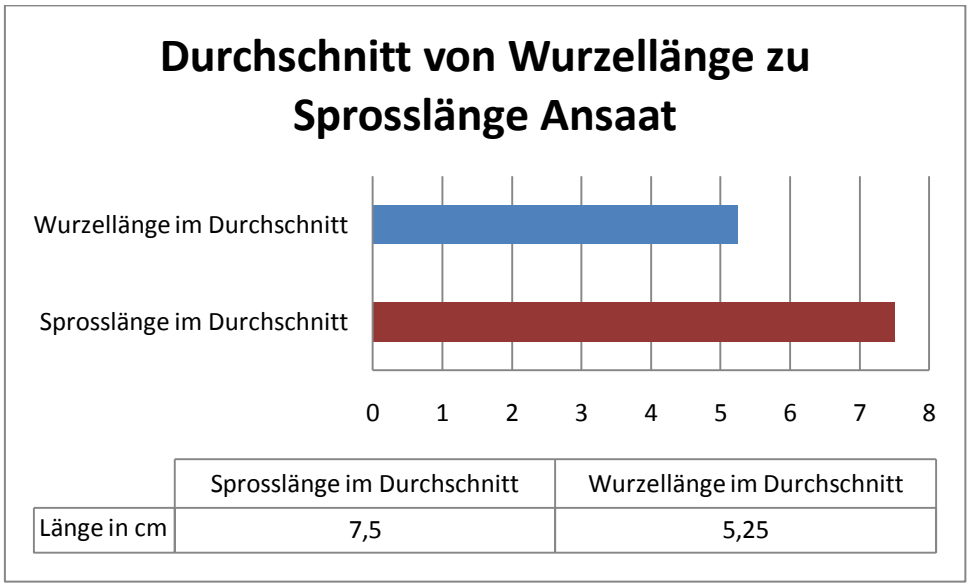
Auffallend ist, dass das Ergebnis im Falle der Begrünung durch Multitopfpflanzen meist zu Gunsten der Wurzellänge ausfällt (Abbildung 57), während das Ergebnis im Falle einer Ansaat deutlich längere Sprosse zeigt (Abbildung 58). Eine mögliche Erklärung dieser Verhältnisse wird im späteren Vergleich beider Ergebnisse in Form einer zusammengeführten Grafik deutlich.

Vergleicht man nun die jeweiligen Durchschnittswerte von Wurzel zu Spross, erhält man folgendes Ergebnis:



	Sprosslänge im Durchschnitt	Wurzellänge im Durchschnitt
Länge in cm	13,7	19

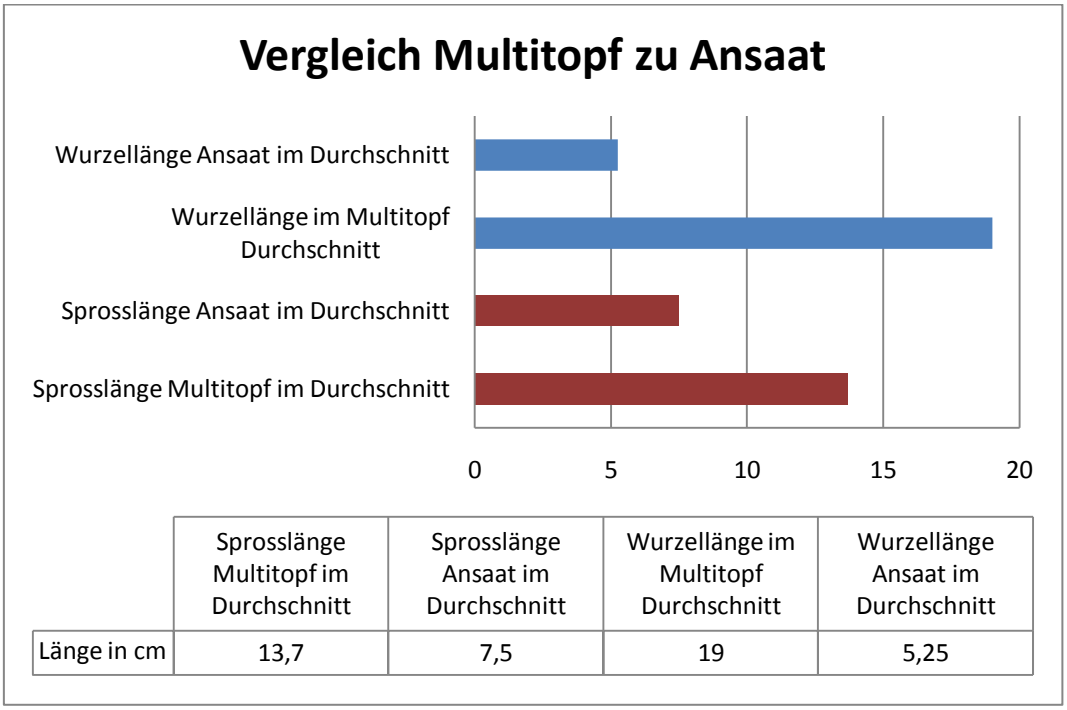
Abbildung 59: Wurzel/Spross- Längenverhältnis im Durchschnitt der einzelnen Pflanzen der ersten Versuchsetage, Bepflanzung mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf, Vlieseinlage: Drainvlies, Aufbau: Trapezform. ***(03/2010)***



	Sprosslänge im Durchschnitt	Wurzellänge im Durchschnitt
Länge in cm	7,5	5,25

Abbildung 60: Wurzel/Spross- Längenverhältnis im Durchschnitt der einzelnen Pflanzenarten der zweiten Versuchsetage, Bepflanzung mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, Vlieseinlage: Speicherelement mit Filtervlies, Aufbau: Trapezform. ***(03/2010)***

Folgende Abbildung zeigt die finale Gegenüberstellung beiden Versuchsetagen hinsichtlich deren durchschnittlichen Wurzel/Spross- Längenverhältnisses:



	Sprosslänge Multitopf im Durchschnitt	Sprosslänge Ansaat im Durchschnitt	Wurzellänge im Multitopf Durchschnitt	Wurzellänge Ansaat im Durchschnitt
Länge in cm	13,7	7,5	19	5,25

Abbildung 61: Durchschnittliches Wurzel/Spross Längenverhältnis im Vergleich der Begrünungsmethoden Multitopf zu Ansaat. Aufbau: Trapezform. *(03/2010)*

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Untersuchung des Wurzel/Spross Längenverhältnis

Abbildung 61 zeigt deutliche Unterschiede zwischen den beiden Begrünungsmethoden. Sichtbar ist, dass das Verhältnis der generellen Spross- und Wurzellängen im Vergleich von Multitopf (Spross: 13,7 cm, Wurzel: 19 cm)und Ansaat (Spross: 7,5 cm, Wurzel: 5,25 cm) zugunsten des Multitopfes ausfällt. Dieser Umstand ist nicht verwunderlich, handelt es sich bei den Multitopfpflanzen ja um bereits vorgezogene Exemplare, sprich diese Pflanzen sind älter als die der Ansaat und hatten auch mehr Zeit zur Entwicklung zur Verfügung.

Zusammenfassend können beide Begrünungsvarianten nach der Analyse des Wurzel/Spross-Längenverhältnisses als geeignet angesehen werden. Der optische Zustand der Pflanzen war ebenfalls als gut zu bewerten. Abschließend bleibt zu sagen, dass die gelieferte Pflanzenware aus dem Multitopf von Seiten des Systemherstellers vor dem Einbau auf mangelhafte Topfware überprüft werden muss. Andernfalls erscheint es aus Sicht der Firma GEHA nicht sinnvoll, Multitopfpflanzen zu verwenden.

Die Ansaat mittels „BOKU Schotterrasenmischung“ kann hier als sehr gut angesehen werden. Die Pflanzen weisen ein gutes und stabiles Konkurrenzverhalten hinsichtlich des Einflugs von Fremdarten auf, werden schnell grün und überzeugen durch ein schönes optisches Erscheinungsbild. Berücksichtigt man nun noch den monetären Vorteil aus einer Ansaat, ist dieser Variante ein

deutlicher Vorzug auszusprechen. Fremdarten wie Trifolium pratense, Plantago lanceolata, Avena und Carduus Arten kommen vor allem in den mittels Multitopf begrünten Anlagen vor.

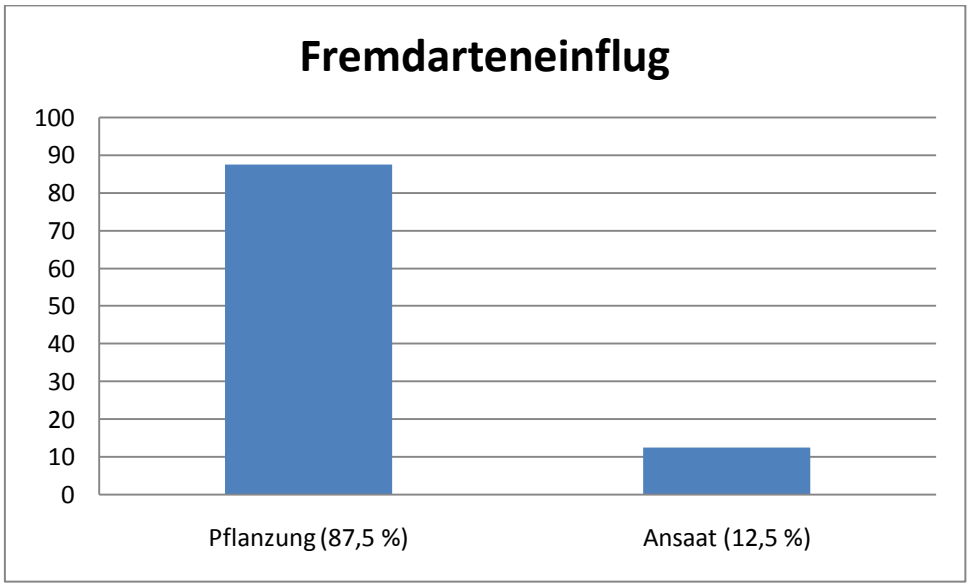


Abbildung 62: Gegenüberstellung von Fremdarteneinflug der verschiedenen Begrünungsmethoden, Multitopf (Pflanzung) sowie Ansaat. ***(03/2010)***

Die folgenden Abbildungen 63 und 64 zeigen Pflanzen aus Multitopf und Ansaat aus dem Aufnahmekatalog in Anhang D entnommen:

Abbildung 63: Pflanzen aus dem Multitopf, deutliches Wachstum zugunsten der Wurzel zu erkennen, teilweise verkrüppelter Wuchs, BOKU ***(03/2010)***

Abbildung 64: Pflanzen aus Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, frisches Grün und kräftige Pflanzen, BOKU ***(03/2010)***

4.3 Klimaschutzfassade GEHA: Vitalität nach Braun

Die Vitalität wurde nach der in Kapitel 3.3 vorgestellten Methode nach Braun erhoben. Die Untersuchung wurde Ende August 2009 durchgeführt, vier Monate nach Fertigstellung der Versuchsanlage. Die Vitalitäten wurden in folgende Stufen eingeteilt:

- Vitalität 1: sehr gute Vitalität
- Vitalität 2: gute Vitalität
- Vitalität 3: mittlere Vitalität
- Vitalität 4: geringe Vitalität
- Vitalität 5: abgestorben bzw. Ausfall

Folgende Grafiken auf der nächsten Seite zeigen die verschiedenen Vitalitäten der Versuchsflächen 1, 3, 5 und 7. Diese Flächen wurden ausgewählt, da sich jeweils zwei der Flächen im unteren Teil in der ersten Versuchsanlage im Hof und zwei im oberen Teil in der zweiten Versuchsanlage am Dach befinden und diese somit einen guten Querschnitt durch die Ausformung der Etagenkonstruktion (Trapez, V) und der Ausstattung mit Vliesen bieten. Alle Flächen wurden mittels mittels „BOKU Schotterrasenmischung“ begrünt.

Die geraden, mittels Multitopf begrünten Flächen 2, 4, 6 und 8 sind ebenfalls nachfolgend dargestellt. Der generelle Zustand sämtlicher begrünten Anlagen kann im Überblick als gut bezeichnet werden, die folgenden Abbildungen 65 und 66 geben darüber eindeutig Aufschluss:

Abbildung 65: Pflanzen aus Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, gute Vitalität *(08/2009)*

Abbildung 66: Pflanzen dem Multitopf, gute Vitalität *(08/2009)*

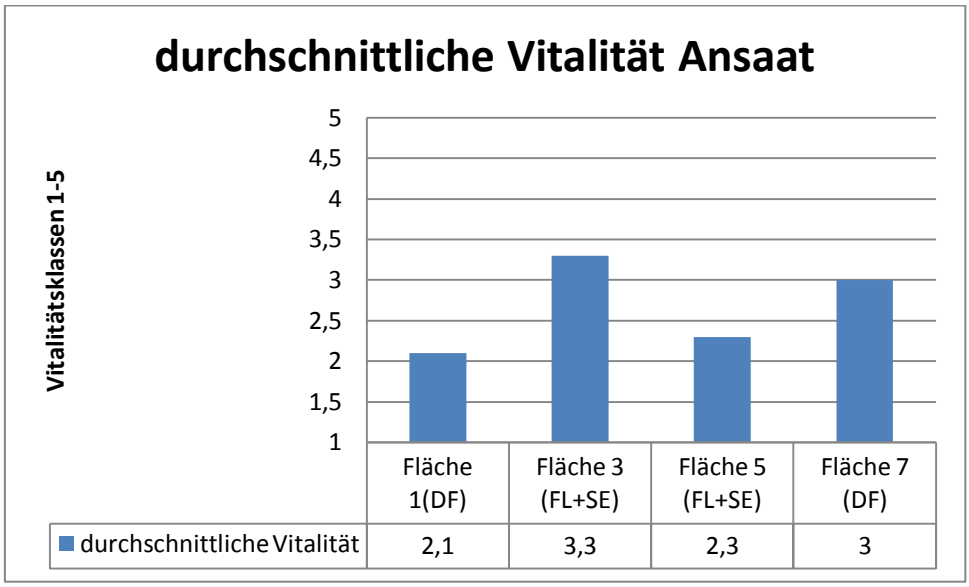


Abbildung 67: Pflanzen aus Ansaat mittels „BOKU Schotterrasenmischung“, geringster Vitalitätsdurchschnittswert mit 2,4 auf Versuchsfläche 3 *(08/2009)*

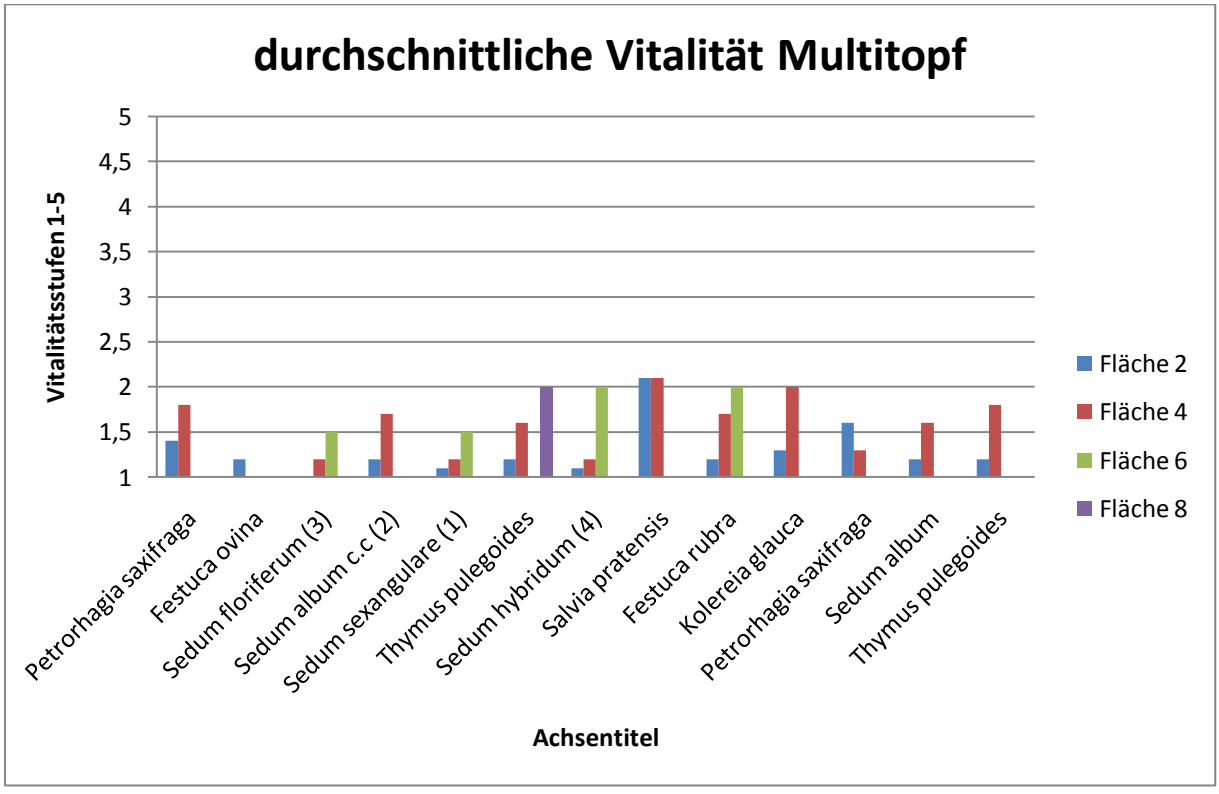


Abbildung 68: Pflanzen aus dem Multitopf, in einzelne Arten je nach Fläche aufgegliedert, geringste Vitalitätswerte durch Salvia pratensis. *(08/2009)*

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Untersuchung der Vitalität

Die Vitalitäten korrelieren mit der Deckung und weisen ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis auf. Die ausgewählten gepflanzten Arten haben sich auch auf dem Standort

„Pflanzenklimaschutzfassade“ bewährt. Nur die Arten Sedum album, Thymus pulegoides und Sedum floriferum weisen einzelne tote Individuen auf, siehe Abbildung 69.

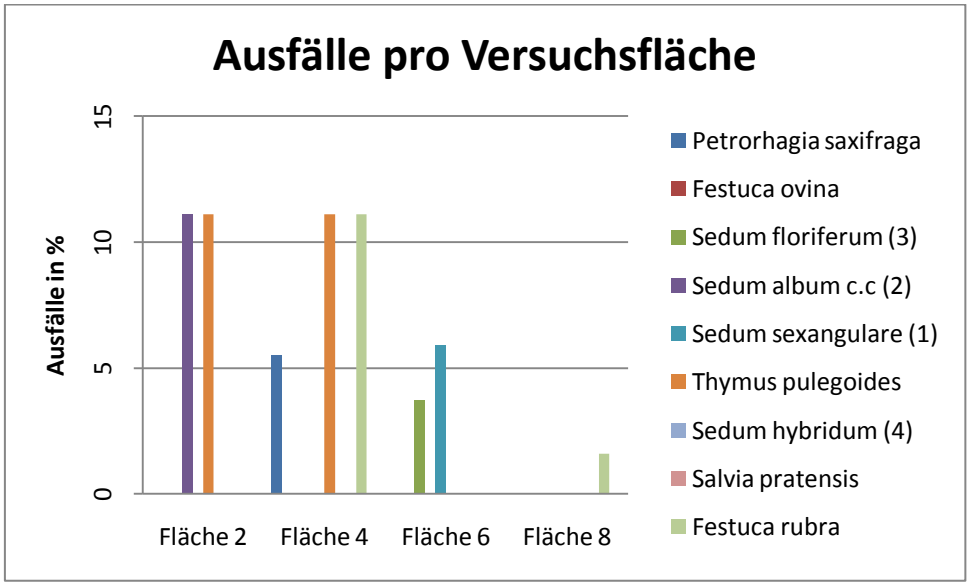


Abbildung 69: Ausfälle in % bezogen auf die bepflanzten Versuchsflächen der Begrünungsvariante Multitopf *(08/2009)*

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass beide Begrünungsvarianten für das System der Firma GEHA geeignet sind. Die Vitalitätswerte hinsichtlich unterschiedlicher Ausformung der technischen Konstruktion (Trapez, V), Vliesbestückung sowie Begrünungsmethode unterliegen durchschnittlichen, als normal eingestuften Schwankungen. Es gibt keine Ausfälle durch offensichtlich ungeeignete Pflanzenwahl oder technische Konstruktion mit Ausnahme der in Kapitel 3.3 beschriebenen menschlichen Versagensquote bei der Verstopfung der Dachrinne.

4.4 Klimaschutzfassade GEHA: Wasserhaushalt

Durch die Zunahme von Unwetterereignissen, im Besonderen von Starkregen, kommt es in den letzten Jahren immer häufiger zu einer Ansammlung von großen Oberflächenabflüssen, welche vor allem innerstädtisch durch die vorhandene Kanalisation nicht oder nicht ausreichend aufgenommen und abgeleitet werden können. Dabei ist ein wesentlicher Faktor die immer weiter fortschreitende Bodenversiegelung.

Definition Bodenversiegelung

Unter Bodenversiegelung versteht man die Unterbindung der Austauschprozesse und somit des natürlichen Kreislauf zwischen Luft, Wasser und Boden (Atmosphäre, Pedosphäre und Hydrosphäre).

Definition Flächenverbrauch

„Unter Flächenverbrauch wird hier der unmittelbare und dauerhafte Verlust biologisch produktiven Bodens durch Verbauung und Versiegelung für Siedlungs- und Verkehrszwecke […] verstanden.“ (vgl. BANKO et al., 2004)

Ursachen für die Bodenversiegelung sind zum Beispiel:

- Anstieg der durchschnittlichen Wohnnutzfläche pro Person auf 38m² (+ 15% seit 1991)
- Österreich ist Land der „Häuselbauer“ (2001 sind rund die Hälfte aller Wohnungen Ein- oder Zweifamilienhäuser, 1 ha = 10 Einfamilienhäuser, 40 Reihenhäuser oder 250 Geschoßwohnungen)
- Agrarstrukturwandel (Rückzug der Landwirtschaft aus dem Raum)
- Strukturwandel der Wirtschaft (Anstieg des Flächenbedarfs pro Arbeitsplatz)
- Boomende Einkaufs- und Freizeitzentren
- Wechselwirkung Siedlungs- und Verkehrsstruktur
- Zersplitterte Siedlungen brauchen viel Verkehrsfläche (Verkehrsfläche begünstigt neue Zersiedlungen)
- Durch einen oder mehrere dieser Gründe werden täglich 15 ha oder rund 20 Fußballfelder neu versiegelt.

Werden also in Zukunft immer mehr und mehr Flächen versiegelt und keine Ausgleichsflächen geschaffen oder Flächen wieder entsiegelt, so bedeutet dies eine dauerhafte Störung des Wasserhaushaltes. Folglich wird es notwendig, kostspielige Versickerungsbauwerke zu errichten, da die Niederschläge durch den hohen Versiegelungsgrad zu schnell abfließen und im Kanal bzw. im Vorfluter kumulieren. Dies führt wiederum zu hohen Abflussspitzen, Überschwemmungen und Schäden an privatem und öffentlichem Eigentum.

Oben angeführte Gründe sind Argumentationsgrundlage, die bereits entwickelte „Pflanzenklimaschutzfassade“ als sinnvolle Alternative gegen die stetig steigende Oberflächenversiegelung zukünftig einzusetzen.

4.4.1 Starkregensimulation

Die nachfolgende Abbildung 70 zeigt den Durchführungsort des Versuchs am Gelände der Firma GEHA. Die Versuche wurden ausschließlich im Hof durchgeführt, auf Wasserversuche am zweiten Standort Dach wurde einstweilen verzichtet. Bei erneuter Durchführung des Versuchs sollte auch die zweite Versuchsfläche berücksichtigt werden.

Abbildung 70: Durchführungsort der Wassertests Standort Hof: Links zweite Versuchsfläche (Drainvlies) und rechts dritte Versuchsfläche (Speicherelement + Filtervlies) *(11/2009)*

Abbildung 71: Durchführungsort der Wassertests Standort Hof, wichtigstes Utensil vor Ort, die blaue Gießkanne *(11/2009)*

Die Abbildungen 71 und 72 zeigen DI Doris Astleitner und Vera Enzi bei der Durchführung der Versuche. Auf den folgenden Seiten sind die Ergebnisse in aufbereiteter Form ersichtlich. Die Ergebnisse werden hinsichtlich der eingebauten Vliesvariante (Drainvlies DF oder Speicherelement SE und Filtervlies FL) unterschieden. Zuerst werden diese Ergebnisse einzeln, nachfolgend im Vergleich dargestellt.

Abbildung 72: Durchführung der Wassertests durch Vera Enzi, zweite Versuchsfläche (Drainvlies), Standort Hof am 3. 11.2009 *(11/2009)*

Abbildung 73: Durchführung der Wassertests durch Doris Astleitner, zweite Versuchsfläche (Drainvlies), Standort Hof *(11/2009)*

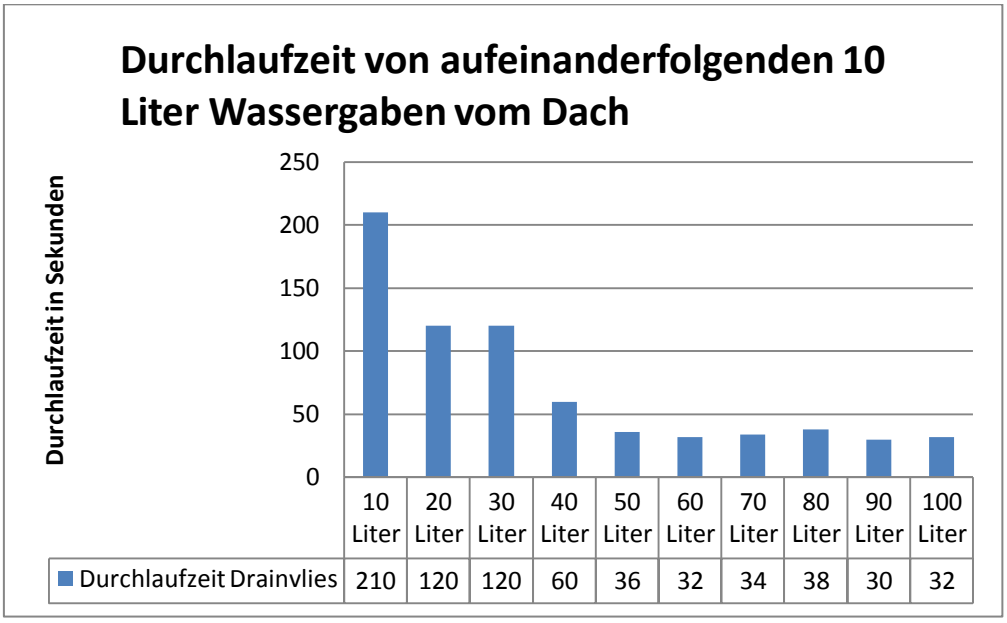


Abbildung 74: Simulation Starkregenereignis Durchlaufzeit der Wassermenge, Versuchsfläche Drainvlies. ***(11/2009)***

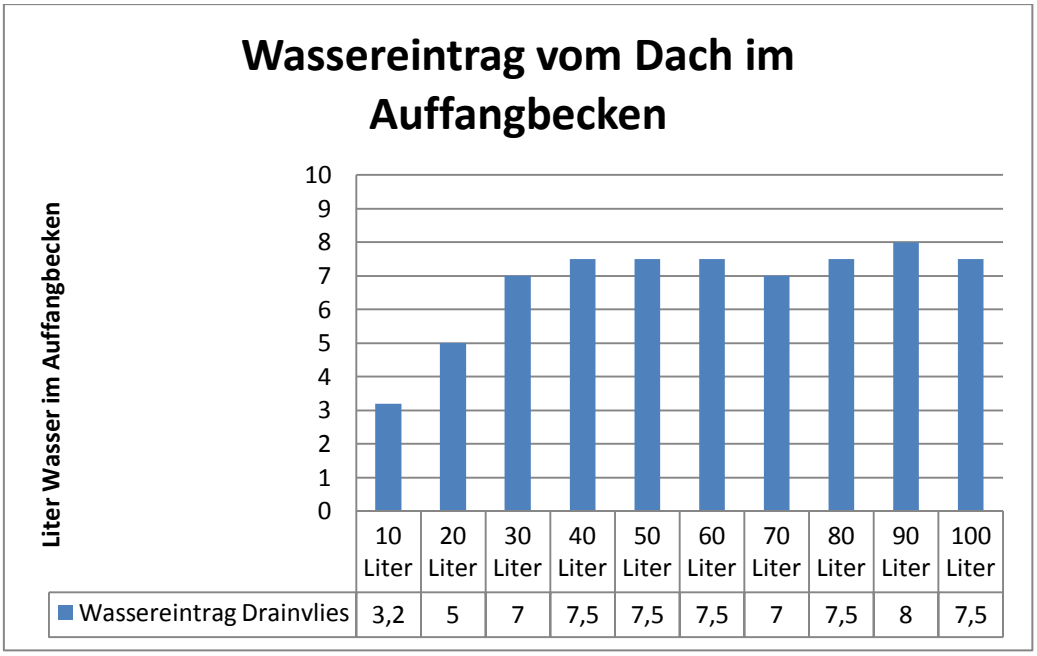


Abbildung 75: Simulation Starkregenereignis, Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsfläche Drainvlies ***(11/2009)***

Wie in Abbildung 74 zu sehen ist, wird nimmt Durchlaufzeit mit zunehmender Wasserdotation ab und pendelt sich ab einer Menge von 50 Liter auf einen Wert von 30 - 38 Sekunden ein. Anzunehmen ist, dass ab einem Wert von 50 Liter die Anlage kein Weiteres Wasser mehr aufnehmen kann, das System ist gesättigt. Zugegebenes Wasser verweilt nur kurz im System und rinnt direkt ab.

Abbildung 75 zeigt, dass die Menge des Wassers im Auffangbecken anfangs gering ist, mit fortgeschrittener Dotation nach jedem Durchgang in etwa gleich hoch bleibt. Ein Durchschnittswert

von etwa 7,5 Liter wird gemessen, damit fließen ca. 75% des eingeleiteten Wassers ab einer Wassergabe von 30 Liter ab.

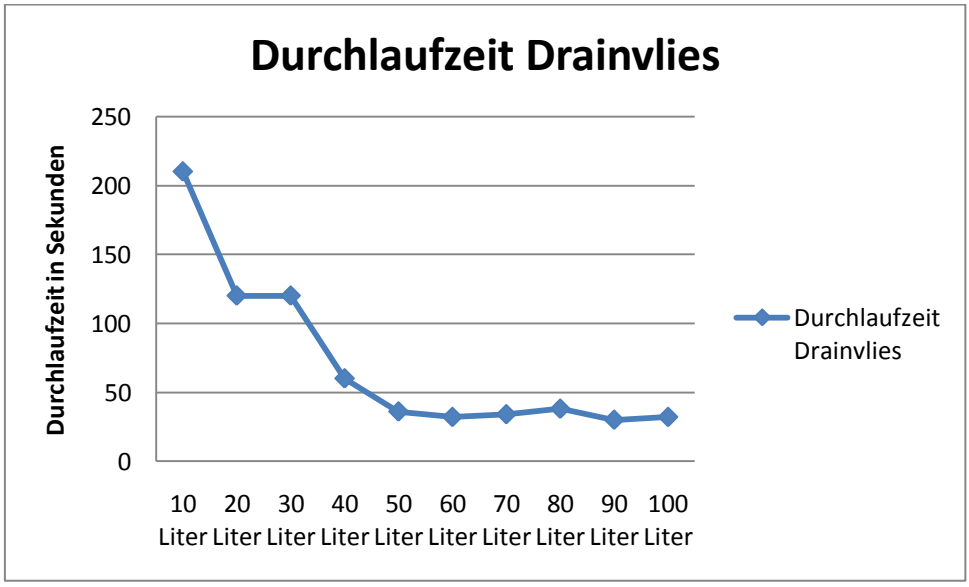


Abbildung 76: Simulation Starkregenereignis, Durchlaufzeit im Vergleich zur fortschreitenden Dotation, Versuchsfläche Drainvlies *(11/2009)*

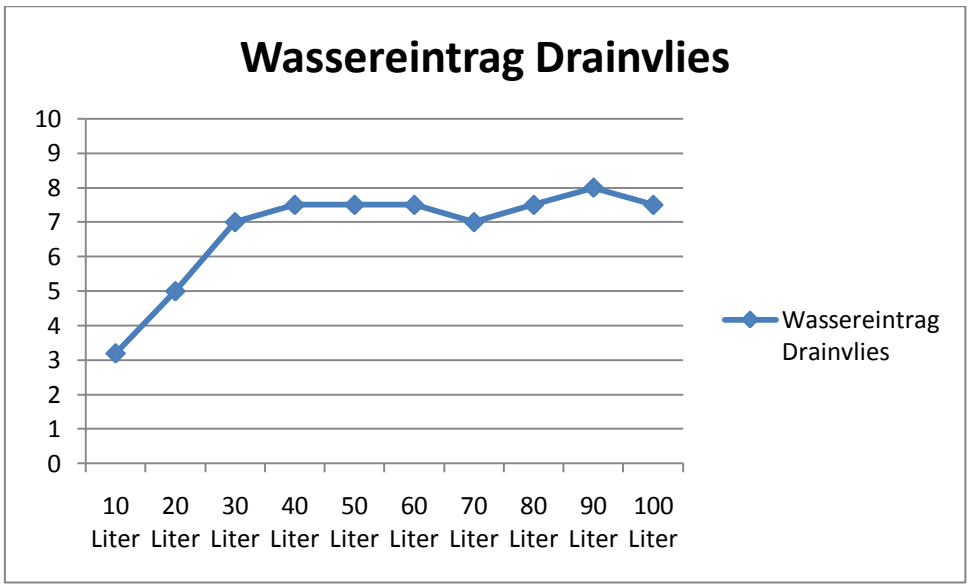


Abbildung 77: Simulation Starkregenereignis, Verlauf der Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsfläche Drainvlies *(11/2009)*

Die Abbildungen 76 und 77 zeigen jeweils den Verlauf der Durchlaufzeit und Wassermenge im Auffangbecken.

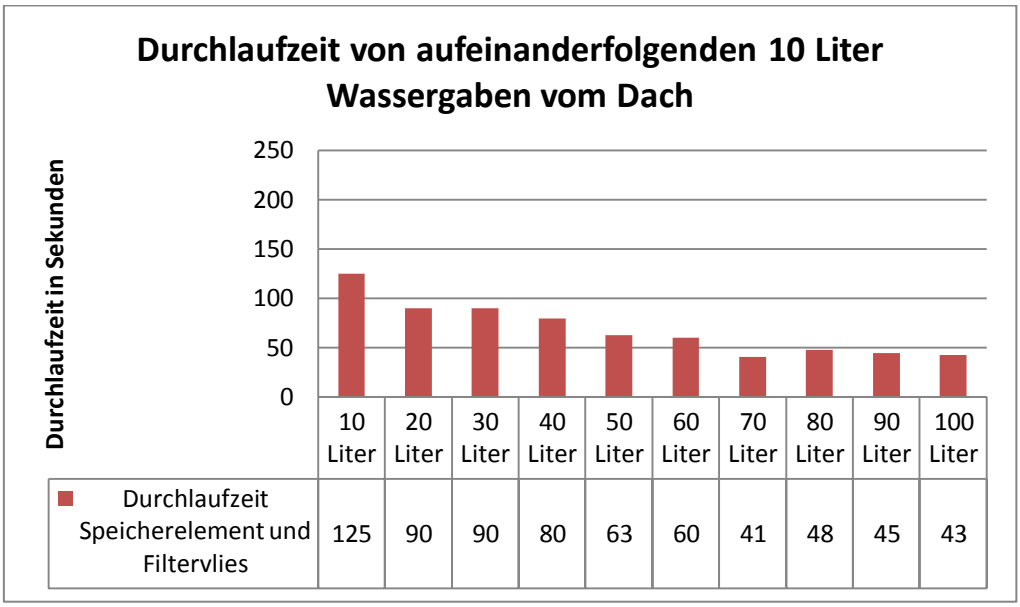


Abbildung 78: Simulation Starkregenereignis Durchlaufzeit der Wassermenge, Versuchsfläche Speicherelement und Filtervlies. ***(11/2009)***

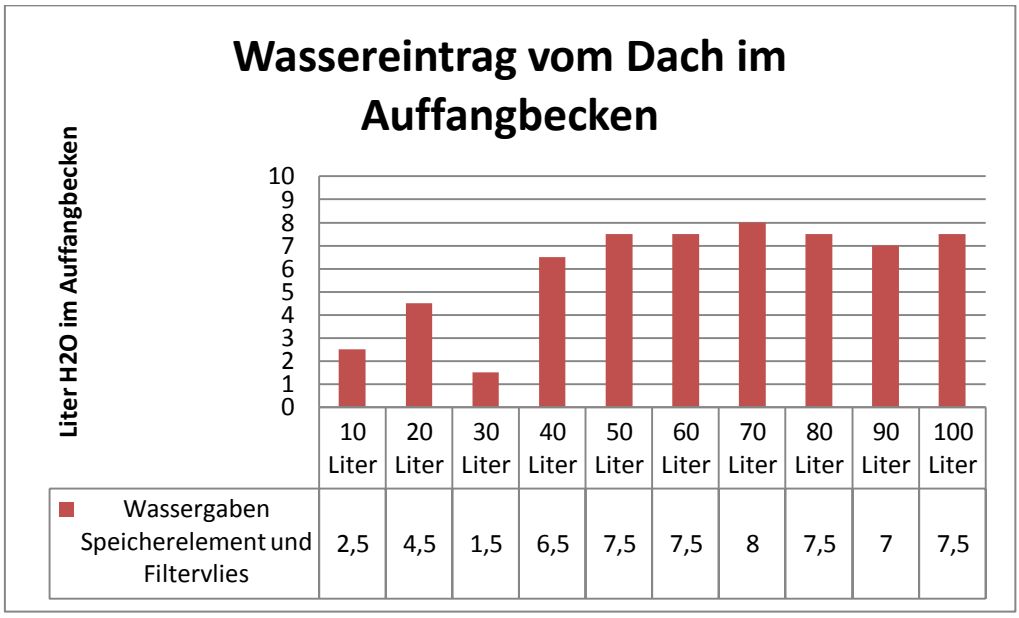


Abbildung 79: Simulation Starkregenereignis, Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsfläche Speicherelement und Filtervlies ***(11/2009)***

Wie in Abbildung 78 zu sehen ist, wird nimmt Durchlaufzeit mit zunehmender Wasserdotation ab und pendelt sich ab einer Menge von 50 Liter auf einen Wert ein. Anzunehmen ist, dass ab einem Wert von 50 Liter die Anlage kein weiteres Wasser mehr aufnehmen kann, das System ist gesättigt. Zugegebenes Wasser verweilt nur kurz im System und rinnt direkt ab.

Abbildung 79 zeigt, dass die Menge des Wassers im Auffangbecken anfangs gering ist, mit fortgeschrittener Dotation nach jedem Durchgang in etwa gleich hoch bleibt. Ein Durchschnittswert von etwa 7,5 Liter wird gemessen. Der äußerst niedrige Wert bei 30 Litern ergab sich aus einem Fehlverhalten des Systems: Wasser floss nicht wie vorgesehen durch die Kaskaden ab, sondern am System entlang der Wand vorbei. Dies besserte sich nach der Reinigung der Kaskadenschlitze in Etage 6, der Versuch konnte weiter durchgeführt werden.

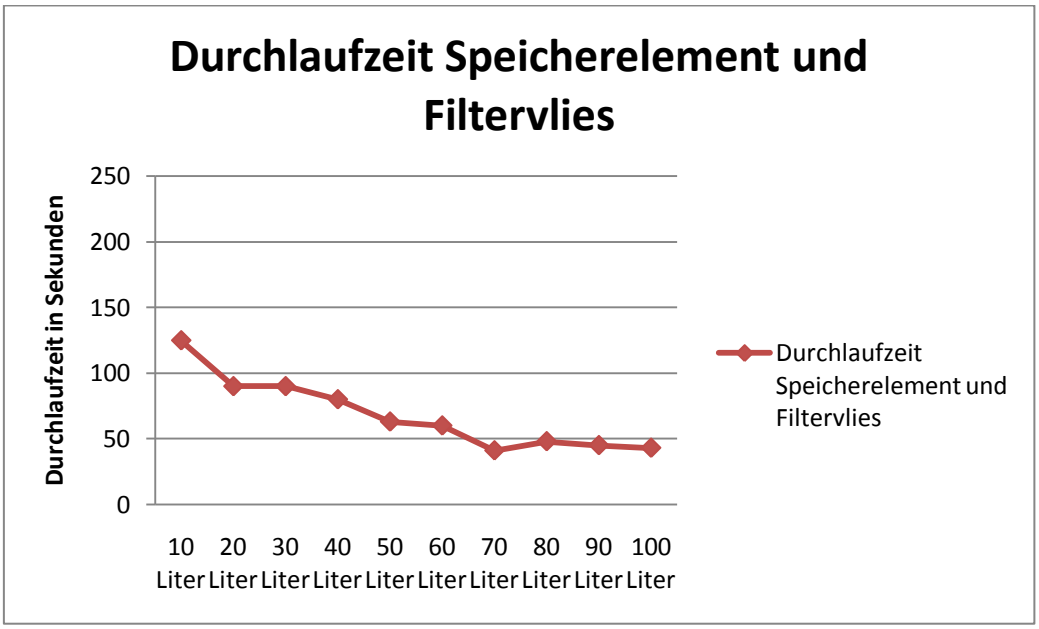


Abbildung 80: Simulation Starkregenereignis, Durchlaufzeit im Vergleich zur fortschreitenden Dotation, Versuchsfläche Speicherelement und Filtervlies *(11/2009)*

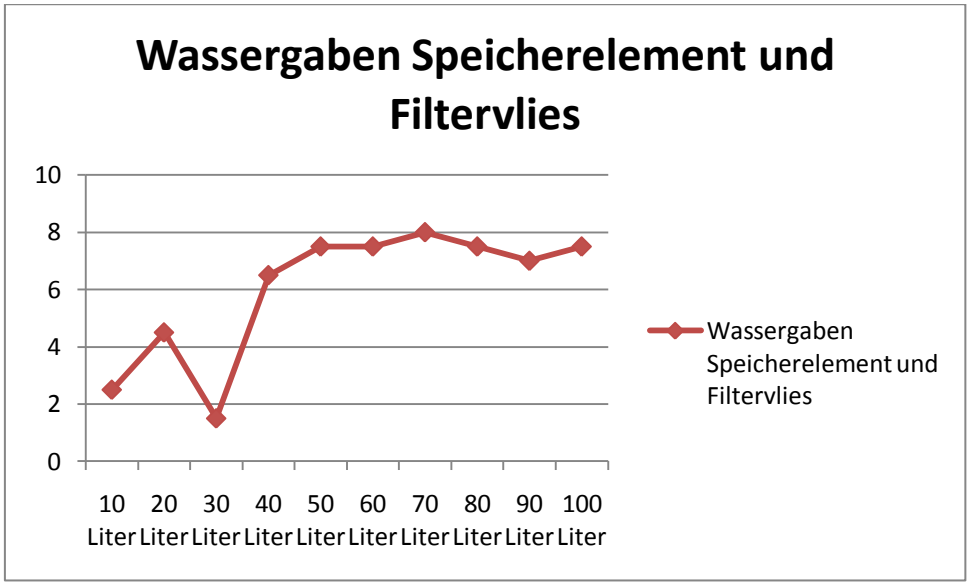
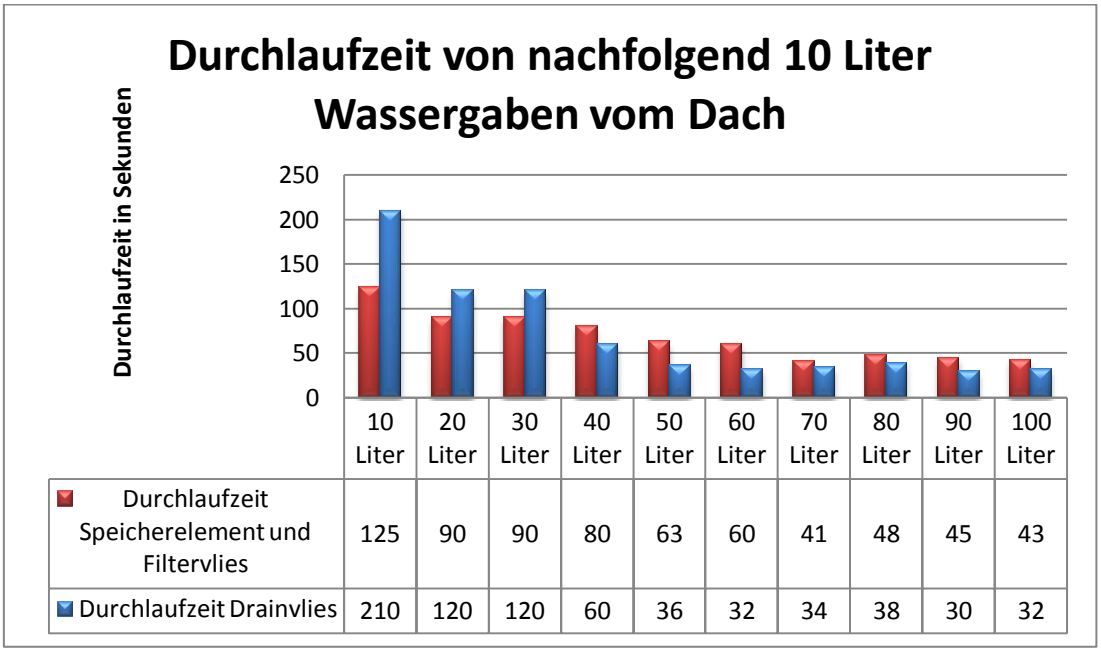


Abbildung 81: Simulation Starkregenereignis, Verlauf der Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsfläche Speicherelement und Filtervlies *(11/2009)*

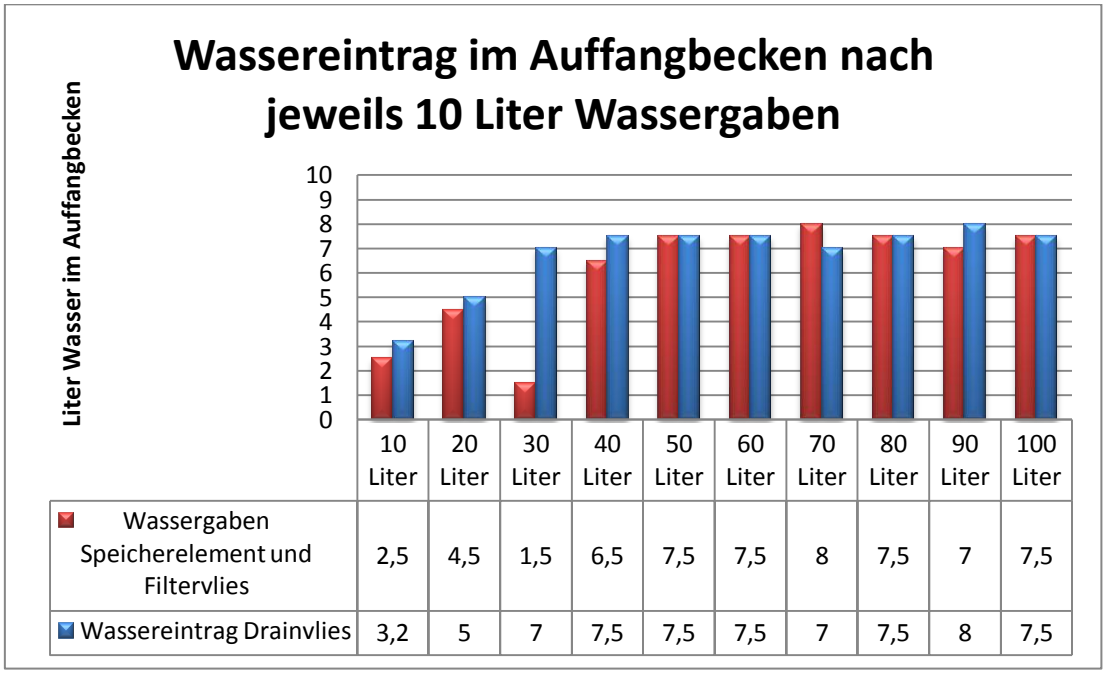
Die Abbildungen 79 und 80 zeigen jeweils den Verlauf von Durchlaufzeit und Wassermenge im Auffangbecken. Ein „Knick“ und Abfall des Wassers im Auffangbecken ist auch hier zu bemerken. Dieser Wert ist der vorangehend bereits beschriebenen Kaskadenschlitzverstopfung zuzuschreiben.

Nun folgend werden die erhobenen Ergebnisse der beiden Versuchsflächen mit unterschiedlicher Vlieseinlage einander gegenübergestellt:



	10 Liter	20 Liter	30 Liter	40 Liter	50 Liter	60 Liter	70 Liter	80 Liter	90 Liter	100 Liter
Durchlaufzeit Speicherelement und Filtervlies	125	90	90	80	63	60	41	48	45	43
Durchlaufzeit Drainvlies	210	120	120	60	36	32	34	38	30	32

Abbildung 82: Simulation Starkregenereignis Durchlaufzeit der Wassermenge, Versuchsflächen im Vergleich. ***(11/2009)***



	10 Liter	20 Liter	30 Liter	40 Liter	50 Liter	60 Liter	70 Liter	80 Liter	90 Liter	100 Liter
Wassergaben Speicherelement und Filtervlies	2,5	4,5	1,5	6,5	7,5	7,5	8	7,5	7	7,5
Wassereintrag Drainvlies	3,2	5	7	7,5	7,5	7,5	7	7,5	8	7,5

Abbildung 83: Simulation Starkregenereignis, Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsflächen im Vergleich. ***(11/2009)***

Zusammenfassung der Ergebnisse der Simulation eines Starkregenereignisses

Auf den Diagrammen im Vergleich ist deutlich zu sehen, dass auf der Versuchsfassade mit Drainvlies die Wassersättigung der Pflanzenklimaschutzfassade später eintritt, aber sich dann auch wie auf Versuchsfassade Speicherelement und Filtervlies ab etwa dem 50. Liter, welcher von oben in die Fassade dotiert wird, die Kurve verflacht. In etwa 70% bis 85% des Wassers wird auch unten im Auffangbecken wieder aufgefangen.

Man kann bei der Pflanzenklimaschutzfassade also von einem Wasserrückhaltevermögen von 15% - 30% ausgehen.

Im Vergleich dazu besagen Daten aus der FLL – Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen – Dachbegrünungsrichtlinie von 2008, dass für extensive Dachbegrünungen bei einer Aufbaustärke von größer 6 cm bis 10 cm mit einer Wasserrückhaltung im Jahresmittel von 50 % zu rechnen sein kann. Wobei sich diese Angaben auf Standorte mit 650 mm bis 800 mm Jahresniederschlag und jeweils mehrjährigen Ermittlungen beziehen. In Regionen mit geringeren Niederschlägen ist die Wasserrückhaltung höher und in Regionen mit höheren Jahresniederschlägen entsprechend geringer.

Bei einem Wasserrückhaltevermögen von etwa 15% - 30% liegt die Pflanzenklimaschutzfassade also gut im Rennen. Auch werden zukünftig Langzeitstudien noch genauere Ergebnisse bringen. Speicherelement und Filtervlies wirken besser und halten das Wasser länger und stärker zurück.

4.4.2 Dachwasseranalyse- Filterwirkung

Inhaltstoffe und Reinigung von Dachwässern ist ein Thema und für die Pflanzenklimaschutzfassade ein wichtiger Forschungssektor. Auch zukünftig kann von weiterführenden Untersuchungen des Systems ausgegangen werden. Die hier dargestellten Versuche stellen nur den Anfang einer im Herbst 2010 weiterführenden Versuchsreihe dar.

Bei den am Standort befindlichen Dächern am Firmengelände der Firma GEHA handelt es sich um ein Dach aus Stahl – feuerverzinkt und pulverbeschichtet. Auf Grund dieser Informationen wurden folgende Parameter des Dachwassers vom Institut für Siedlungswasserbau untersucht:

Parameter	*Verfahren*	**Anzahl**
Abfiltrierbare Stoffe	Gravimetrie, DIN 38409 T2, Papierfilter	2
BSB5	Potentiometrie, DIN EN 1899 T1, Verdünnung, ATH	2
CSB	K2Cr2O7-Titr., DIN 38409-41, K2Cr2O7-Titration	2
Ammonium	Photometrie, DIN 38406 T5, Nitroprussidnatrium	2
Phosphat(-P)	Photometrie, DIN EN ISO 6878, Ammoniummolybdat	2
Zink (gelöst)	ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2, Halbquantitative ICP-MS-Bestimmung	2

Abbildung 84: Liste der untersuchten Parameter der Wasserproben, zusammengestellt vom Institut für Siedlungswasserbau der BOKU Wien (11/2009)

Aus den Ergebnissen eines Forschungsprojektes, unter der Projektleitung von Markus Boller (Eawag), Peter Kaufmann (HSB) und Ueli Ochsenbein (GSA/GBL), mit dem Titel *„Wasser und Metalleinflüsse bei der Entwässerung von Metall-, Ziegel-, Kies- und Gründächern“* konnten interessante und wichtige Informationen für die Pflanzenklimaschutzfassade erhalten werden.

Die Ergebnisse des erwähnten Forschungsprojektes sollten aufzeigen, welche Umweltbelastungen durch die Wahl der Dachkonstruktion insbesondere durch Metallflächen verursacht werden und in welcher Weise bestehende und künftige Belastungen vermieden werden können. (BOLLER 2006)

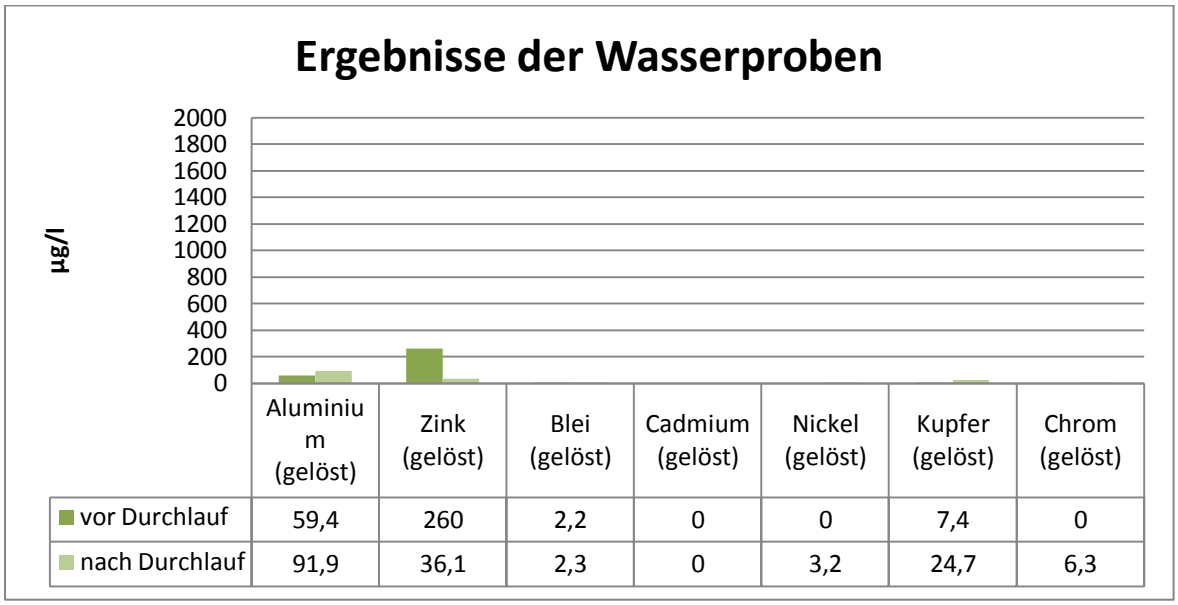
Markante Konzentrationen von Schwermetallen waren nach BOLLER bei den Metalldächern zu erwarten. Die Analyse der Metalle Eisen, Kupfer und Zink bestätigen die erhöhten Konzentrationen vor allem von Zink und Kupfer bei Dächern mit entsprechenden Metallinstallationen. Interessant sind dazu im Vergleich der hier vorliegenden Untersuchungen.

Parameter	Als	Einheit	Ergebnis	GW	Prüfverfahren/SOP
Aluminium (gelöst)	Al	µg/l	59,4		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Zink (gelöst)	Zn	µg/l	260		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Blei (gelöst)	Pb	µg/l	2,2		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Cadmium (gelöst)	Cd	µg/l	< 3,0		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Nickel (gelöst)	Ni	µg/l	< 2,0		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Kupfer (gelöst)	Cu	µg/l	7,4		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Chrom (gelöst)	Cr	µg/l	< 3,0		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Mangan (gelöst)	Mn	µg/l	14,8		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Eisen (gelöst)	Fe	µg/l	56,7		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Phosphat(-P)	P	mg/l	0,08		Photometrie, DIN EN ISO 6878 / 29
Ammonium	N	mg/l	0,25		Photometrie, DIN 38406 T5 / 24
CSB	O2	mg/l	25		K2Cr2O7-Titr., DIN 38409-41 / 17
BSB5	O2	mg/l	3		Potentiometrie, DIN EN 1899 T1 / 15/16
Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l	16		Gravimetrie, DIN 38409 T2 / 11
pH – Wert: 7,0					

Abbildung 85: Wasserentnahmestelle Standort 1 Hof, Versuchsfläche 2, Dachwasser , Probenname: nach Regenrinne vor Einleitung in Kaskadensystem (11/2009)

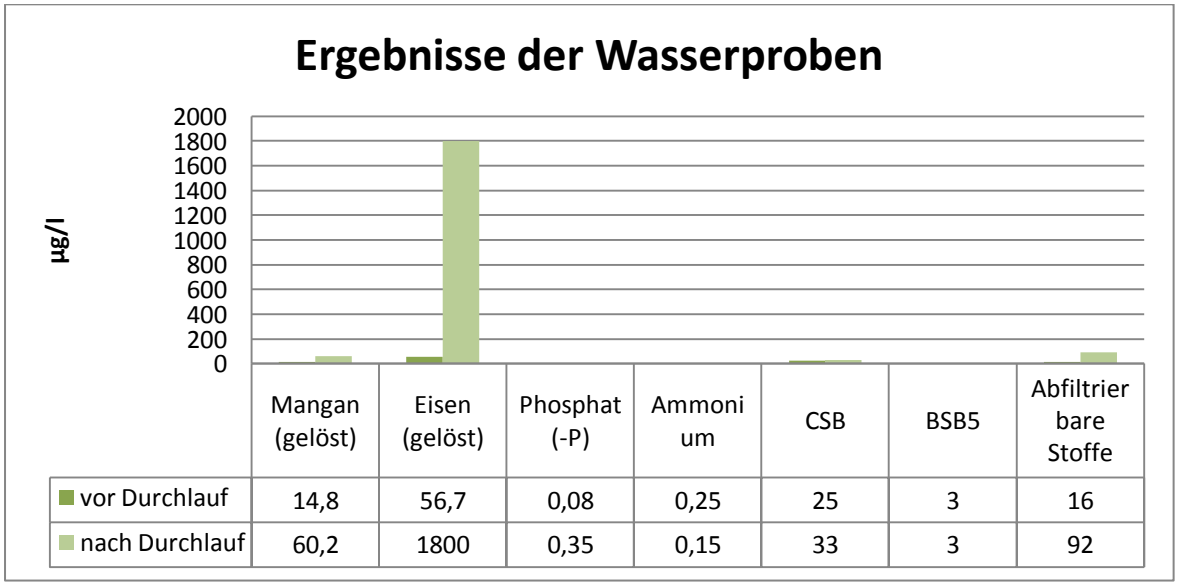
Parameter	Als	Einheit	Ergebnis	GW	Prüfverfahren/SOP
Aluminium (gelöst)	Al	µg/l	91,9		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Zink (gelöst)	Zn	µg/l	36,1		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Blei (gelöst)	Pb	µg/l	2,3		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Cadmium (gelöst)	Cd	µg/l	< 3,0		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Nickel (gelöst)	Ni	µg/l	3,2		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Kupfer (gelöst)	Cu	µg/l	24,7		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Chrom (gelöst)	Cr	µg/l	6,3		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Mangan (gelöst)	Mn	µg/l	60,2		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Eisen (gelöst)	Fe	µg/l	1800		ICP-MS-TQ,DIN EN ISO 17294-2
Phosphat(-P)	P	mg/l	0,35		Photometrie, DIN EN ISO 6878 / 29
Ammonium	N	mg/l	0,15		Photometrie, DIN 38406 T5 / 24
CSB	O2	mg/l	33		K2Cr2O7-Titr., DIN 38409-41 / 17
BSB5	O2	mg/l	3		Potentiometrie, DIN EN 1899 T1 / 15/16
Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l	92		Gravimetrie, DIN 38409 T2 / 11
pH – Wert: 9,7					

Abbildung 86: Wasserentnahmestelle Standort 1 Hof, Versuchsfläche 2, Dachwasser , Probenname: bei Austritt aus dem Kaskadensystem, vor Einleitung in den Kanal *(11/2009)*



	Aluminium (gelöst)	Zink (gelöst)	Blei (gelöst)	Cadmium (gelöst)	Nickel (gelöst)	Kupfer (gelöst)	Chrom (gelöst)
vor Durchlauf	59,4	260	2,2	0	0	7,4	0
nach Durchlauf	91,9	36,1	2,3	0	3,2	24,7	6,3

Abbildung 87: Ergebnisse der Wasserproben, Wasserentnahmestelle Standort 1 Hof, Versuchsfläche 2: im Vergleich Dachwasser , Probenname: OBEN und Versuchsfläche 2, Kaskadendurchlaufwasser, Probenname: UNTEN, erster Teil. (11/2009)



	Mangan (gelöst)	Eisen (gelöst)	Phosphat (-P)	Ammonium	CSB	BSB5	Abfiltrierbare Stoffe
vor Durchlauf	14,8	56,7	0,08	0,25	25	3	16
nach Durchlauf	60,2	1800	0,35	0,15	33	3	92

Abbildung 88: Ergebnisse der Wasserproben, Wasserentnahmestelle Standort 1 Hof, Versuchsfläche 2: im Vergleich Dachwasser , Probenname: OBEN und Versuchsfläche 2, Kaskadendurchlaufwasser, Probenname: UNTEN, zweiter Teil. (11/2009)

Zusammenfassend sei zur Beantwortung der Fragestellung und Interpretation der Ergebnisse der Wasseruntersuchungen zu sagen, dass in beiden Proben keine beunruhigenden Inhaltstoffe vorzufinden waren. Von allen getesteten Parametern (Aluminium, Zink, Blei, Cadmium, Nickel, Kupfer, Chrom, Mangan, Eisen, Phosphat, Amonium CSB, BSB5 und abfiltrierbare Stoffe), konnten nicht alle Stoffe in den beiden Proben nachgewiesen werden.

Blei, Cadmium, Nickel, Chrom Phosphat und Amonium lagen in der ersten Probe vor Einleitung in das System knapp an der Bestimmungsgrenze. In der zweiten Probe bei Austritt aus dem System waren genau diese Stoffe auch unter der Bestimmungsgrenze, Ausnahmen stellten hier nur Nickel und Chrom dar, welche leicht über der Bestimmungsgrenze lagen.

Ganz allgemein ist zu erwähnen, dass sich die Menge aller in den Proben vorgefundenen Stoffe der getesteten Parameter (Aluminium, Nickel, Kupfer, Chrom, Mangan, Eisen, CSB, BSB5 und die abfiltrierbaren Stoffe) nach Durchlauf des Systems **vermehrt** haben.

Zink stellt hier die einzige Ausnahme dar und verringert die vorgefundene Menge von 260 µg/l in der Probe vor Einleitung in das System auf 36,1 µg/l in Probe nach Durchlauf des Systems. Dies lässt darauf schließen, dass das Zink seinen Ursprung im Dachwasser bzw. in den Dachmaterialien (Stahl feuerverzinkt und pulverbeschichtet) hat. Da Schwermetalle von Substrat, Boden oder Pflanzenwurzeln adsorbiert und somit abgebaut werden können, kann davon ausgegangen werden, dass das System Pflanzenklimaschutzfassade diese Fähigkeit zum Rückhalt von Zink besitzt.

Die hohen Werte von 1800 µg/l, welche Eisen in der Probe nach Durchlauf des Systems aufweist, müssen dem Material der Kaskaden (Stahl) zugewiesen werden, da die Werte der Probe vor Durchlauf des Systems, das heisst das direkte Dachwasser, lediglich 56,7 aufweisen. Im Abschlussbericht des Forschungsprojektes „Wasser- und Materialflüsse bei der Entwässerung von Metall-, Ziegel- und Gründächern“ steht zu den Ergebnissen der Eisenkonzentrationen geschrieben, dass Höchstwerte mit 200 µg/l im Regenwasser gemessen wurden. Es wird aber auch beschrieben, dass von den Gründächern am wenigsten Eisen vom Dach zurück gehalten wird. Dort liegt eine maximale Konzentration von 618,2 µg/l vor, was am ehesten einen Rückschluss auf das System zulässt. Die hohen Eisenwerte bei unserer Fassadenbegrünung (Angaben in µg) stellen keinen Grund zur Beunruhigung dar, da Eisen gekoppelt mit Mangan in der Abwasseremissionsverordnung nicht als gefährliche Stoffe eingestuft werden.

Um die tatsächliche Herkunft der einzelnen Stoffe aber sicher nachvollziehen zu können, wird es zukünftig nötig sein, alle Einzelkomponenten der Pflanzenklimaschutzfassade auf ihre Inhaltsstoffe zu untersuchen. Die leichten Erhöhungen der Werte von CSB, BSB5 und abfiltrierbaren Stoffen befinden sich in einem unwesentlich geringem Bereich und sind als vorhersehbar und normal ein zu stufen, da das Wasser seinen Weg durch Substrat zieht. Meist sind dies huminstoffartige Substanzen, von denen keine Umwelt- und Wassergefährdungen ausgehen, nur bei der Regenwassernutzung im Hausgebrauch könnten eventuell Verfärbungen an den sanitären Einrichtungen auftreten.

Zusammenfassend befinden sich die Werte beider Proben nicht annähernd an den Maximalgrenzwerten für Abwässer und sind auch in Absprache mit Frau Prof. ALLABASHI als unbedenklich einzustufen. Eine Ausstattung der Pflanzenklimaschutzfassade mit Aktivkohlefiltern muss in diesem Falle also nicht empfohlen werden, da diese ja grundsätzlich ihr Einsatzgebiet eher im Bereich der Trinkwasserreinigung haben. Je nach Einsatzgebiet der Pflanzenklimaschutzfassade kann

aber die Bepflanzung und die Ausstattung mit Zusatzkomponenten individuell auf den Standort und die jeweiligen Ansprüche abgestimmt werden. Wäre zum Beispiel in Zukunft eine Reinigung des Dachwassers der Mikrohäuser angedacht, werden in diesem Einsatzgebiet die Aktivkohlefilter in der Regel zur adsorptiven Rückhaltung von Geruchsstoffen eingesetzt.

Auch Pflanzenforscher beschäftigen sich seit Ende der 1980er Jahre mit so genannten Metallhyperakkumulatoren, also Pflanzen, die Metall-Ionen in großen Mengen in ihren Blättern und Sprossen speichern können und eine bemerkenswerte Metalltoleranz aufweisen. Wissenschaftler am Max – Plank – Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam und am Leibniz Institut für Pflanzenbiochemie in Halle sind jetzt dem Verständnis der molekularen Mechanismen ein gutes Stück näher gekommen, die es bestimmten Pflanzenarten ermöglichen, sich trotzt Schwermetallbelastung zu entwickeln und dem Boden sogar Schwermetalle in großen Mengen zu entziehen. Den Forschern ist es erstmals gelungen, das genetische Inventar zweier nah verwandter Pflanzenarten, des „Metallhyperakkumumulators“ Arabidopsis halleri und der genetischen Modellpflanze Arabidopsis thaliana, global miteinander zu vergleichen und hierbei jene Proteine zu identifizieren, die an ihrem Metallstoffwechsel beteiligt sind. Dank dieser neuen Erkenntnisse über den Metallhaushalt können jetzt spezielle Technologien entwickelt werden, um vordergründig belastete Böden durch den Anbau von Schwermetall akkumulierenden Pflanzen zu sanieren (The Plant Journal, OnlineEarly, 4. Dezember 2003).

Neben der Pflanzenart Arabidopsis halleri gibt es rund etwa 400 Pflanzenarten, die mehr oder weniger gut Schwermetalle in ihren Blättern und Sprossen speichern können. Dieser Umstand könnte dazu eingesetzt werden, zukünftig eine Forschungsanlage auf einem mit nachweislich belasteten Dachwasser ausgestatteten Standort zu konzipieren, welche mit Aktivkohlefiltern und Schwermetall aufnehmenden Pflanzen bestückt ist. Diese könnte nähere Auskunft zur Tauglichkeit des Systems als Dachwasserkläranlage geben.

4.5 Fassadenbegrünung Kammelweg: Auswahlkriterien für Material und Pflanzen

Der Planungsvorgang am Kammelweg soll zunächst durch die verschiedenen entstandenen Detailkonstruktionspläne näher beleuchtet werden. Anschließend werden in drei Teilbereichen, Materialien, Blüheffekt und Ästhetik, Überlegungen zur Planung angestellt und daraus resultierend Alternativen vorgeschlagen. Beantwortet werden soll die Frage, durch welche Kriterien individuelle Fassadensysteme gestaltet werden und welche Freiheiten im Zuge des Planungsvorgangs real beziehungsweise nur indirekt existent sind. Spezielle Lösungen, welche nur für diesen Standort konzipiert wurden, sollen auf ihre Verwendbarkeit an anderen Standorten überprüft werden.

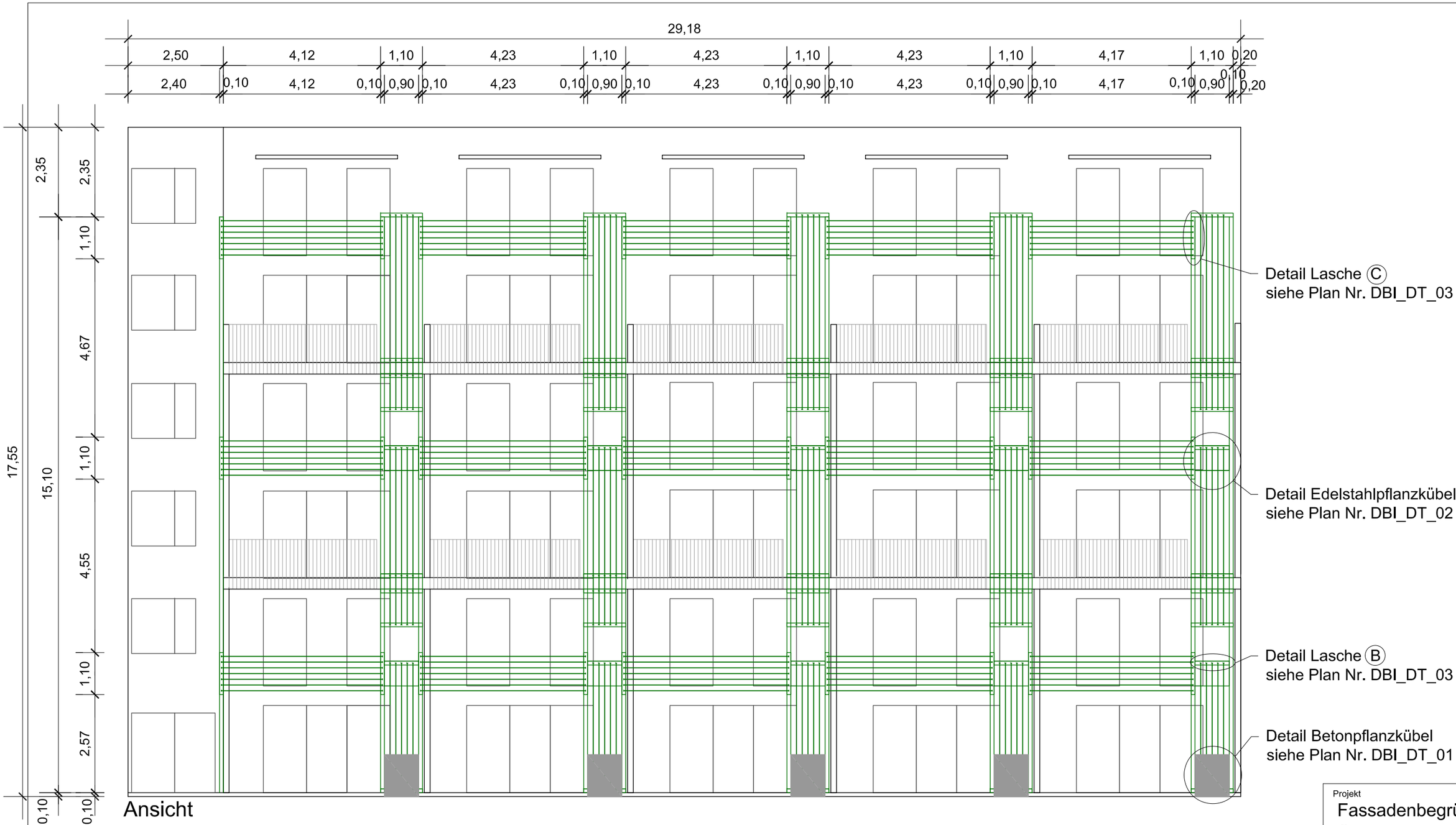
4.5.1 Plandarstellungen

Die nachfolgenden Seiten geben einen Überblick zur Südseite des Objekts am Kammelweg 8 1210 Wien. Die Plandarstellungen sind ihm Rahmen der Lehrveranstaltung zu Höhen-, Detail- und Absteckplanung durch Michéle Beck und Vera Enzi des Instituts für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau im WS 2010 an der Universität für Bodenkultur entstanden. Die folgende Seite zeigt einen Übersichtsplan über die Südfassade am Kammelweg.

Deutlich zu erkennen ist die zwischen den Loggien befindliche Edelstahlkonstuktion mit den darin integrierten Pflanztrögen. In das turmförmige Gerüst eingehängt befinden sich die mit einem Überlauf und Zuleitungen für Wasser und Düngemittel ausgestatteten Pflanztröge. Diese sind, wie nachfolgend zu sehen ist, mit mehreren Schichten ausgestattet. Auf die Drainageschicht aus Kies und ein Filtervlies folgt der Substrataufbau mit den darin eingebetteten Pflanzen. Abschließend an das Substrat wird ein Unkrautvlies angebracht und eine Kiesschicht von 5 cm (8/16) aufgebracht. Die Überläufe sind an das im Querschnitt rohrförmige Stahlprofil der äußeren Turmkonstuktion angeschlossen. So kann überschüssiges Wasser sicher abgeleitet werden und kann nicht an die empfindliche Fassade gelangen.

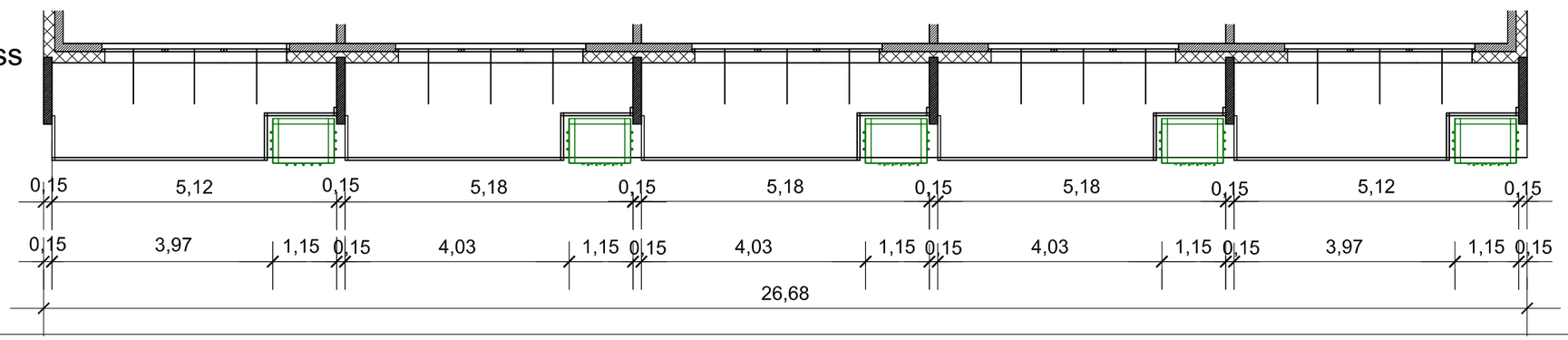
Zwischen den Kleingärten am Boden befinden sich eigens gegossene Betontröge. Diese sind ebenfalls nach dem Prinzip Drainagekies, Filtervlies und Substrat aufgebaut und umfassen ein Volumen von ca. 1 m3. Bedeckt wird die Oberfläche des Substrats von einem Unkrautvlies und einer Kiesdeckschicht von 5 cm (8/16). Der Betontrog verfügt über Entwässerungsschlitze und steht auf einem Streifenfundament, in dieses eingebettet liegt ein Drainagerohr.

Die letzte Seite zeigt die Seilführung der Anlage. Je nach Lage werden verschieden viele Seile gespannt, an der Frontseite der Turmkonstuktion werden fünf Seile hochgezogen, seitlich drei. Die Querverspannung zum nächsten Turmelement wird mit sieben Seilen hergestellt. Diese werden in regelmäßigen Abständen zur Fassade mit Halterungen verankert.

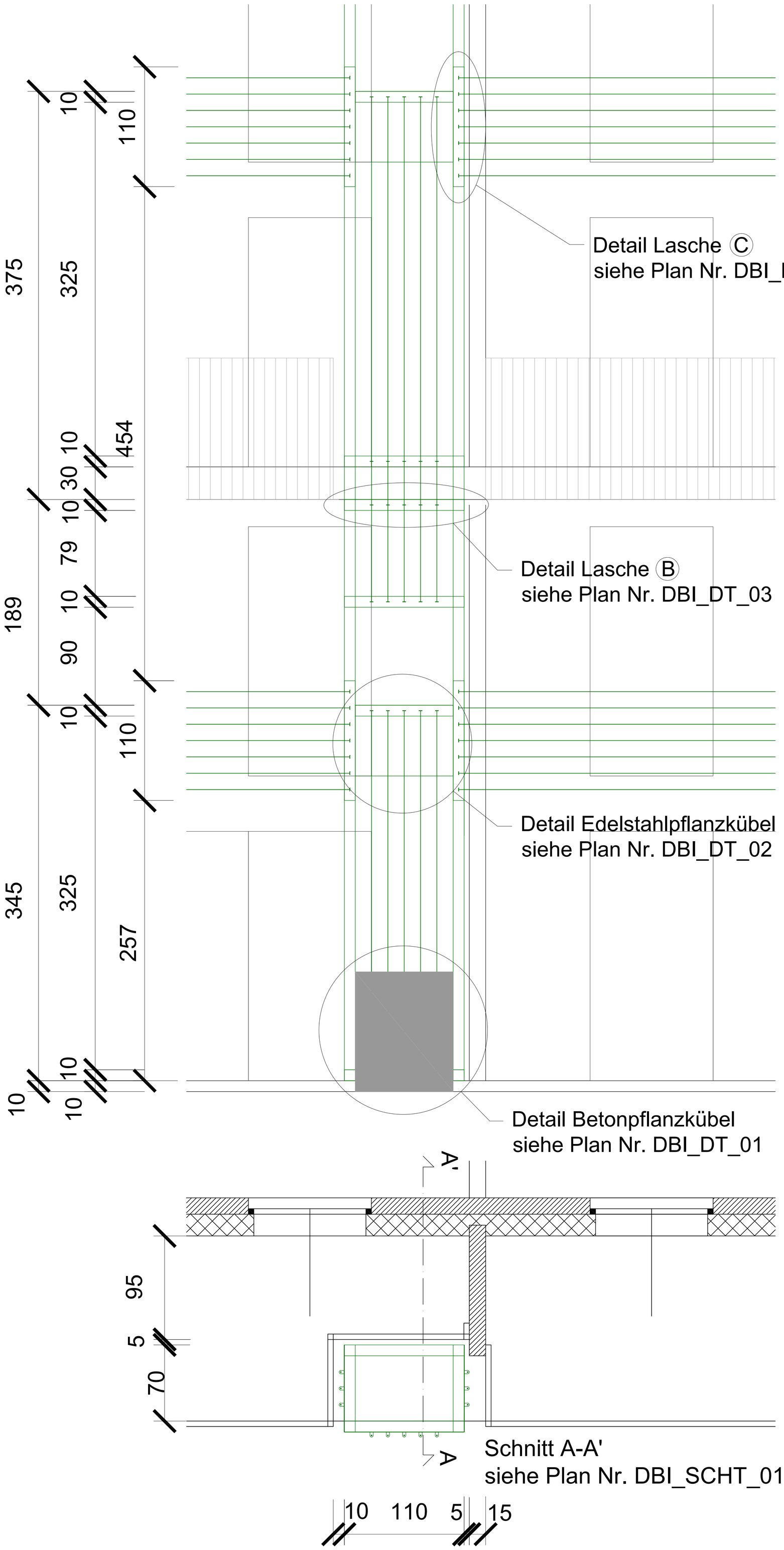


Ansicht

Grundriss



Projekt	Fassadenbegrünung Übersichtsplan
Inhalt	Ansicht M 1:100
Planverfasser	Michèle Beck, Vera Enzi
Datum	06.11.2009
Plan-Nr.	DBI_ANS_01



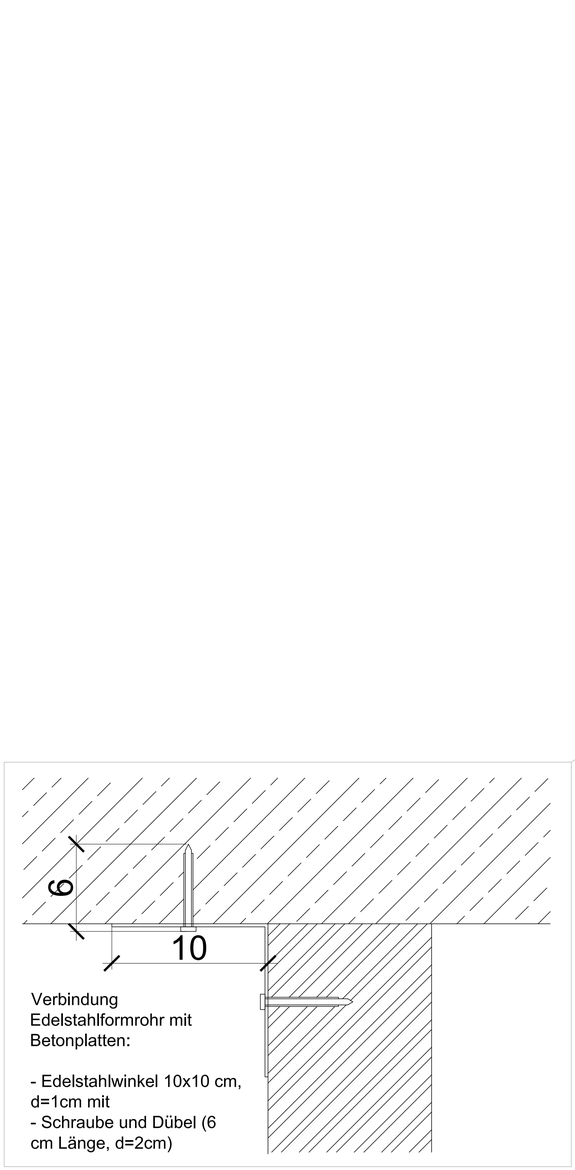
Projekt
Fassadenbegrünung
Detailansicht

Inhalt
Detail M 1:10

Planverfasser
Michèle Beck, Vera Enzi

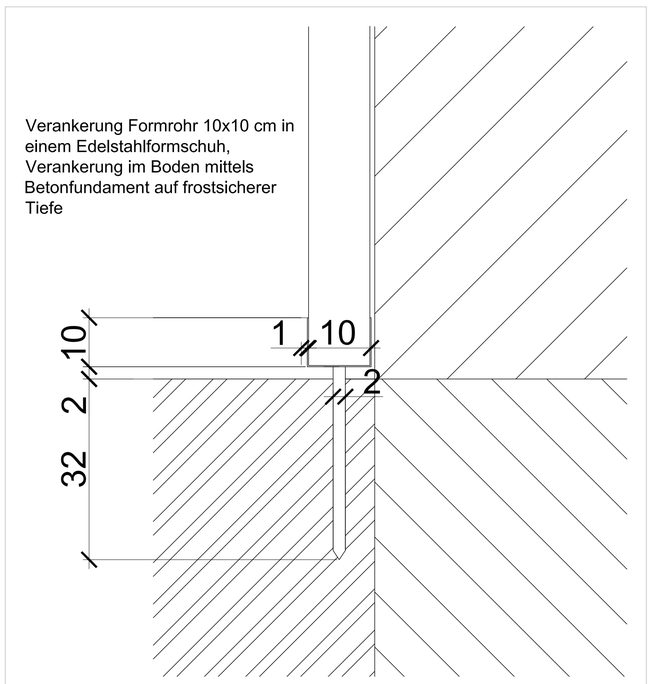
Datum
06.11.2009

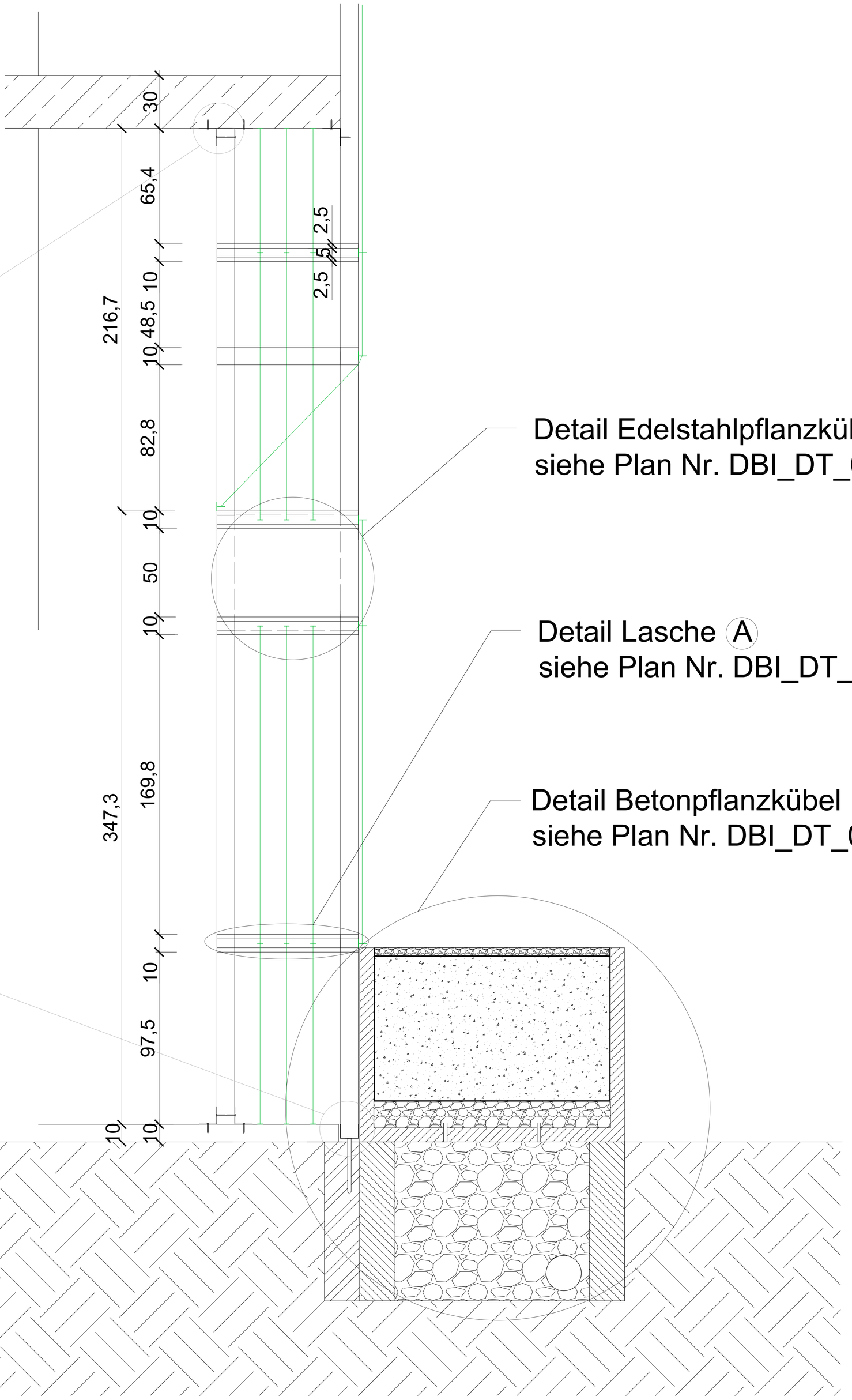
Plan-Nr.
DBI_ANS_02



Verbindung
Edelstahlformrohr mit
Betonplatten:

- Edelstahlwinkel 10x10 cm,
d=1cm mit
- Schraube und Dübel (6
cm Länge, d=2cm)





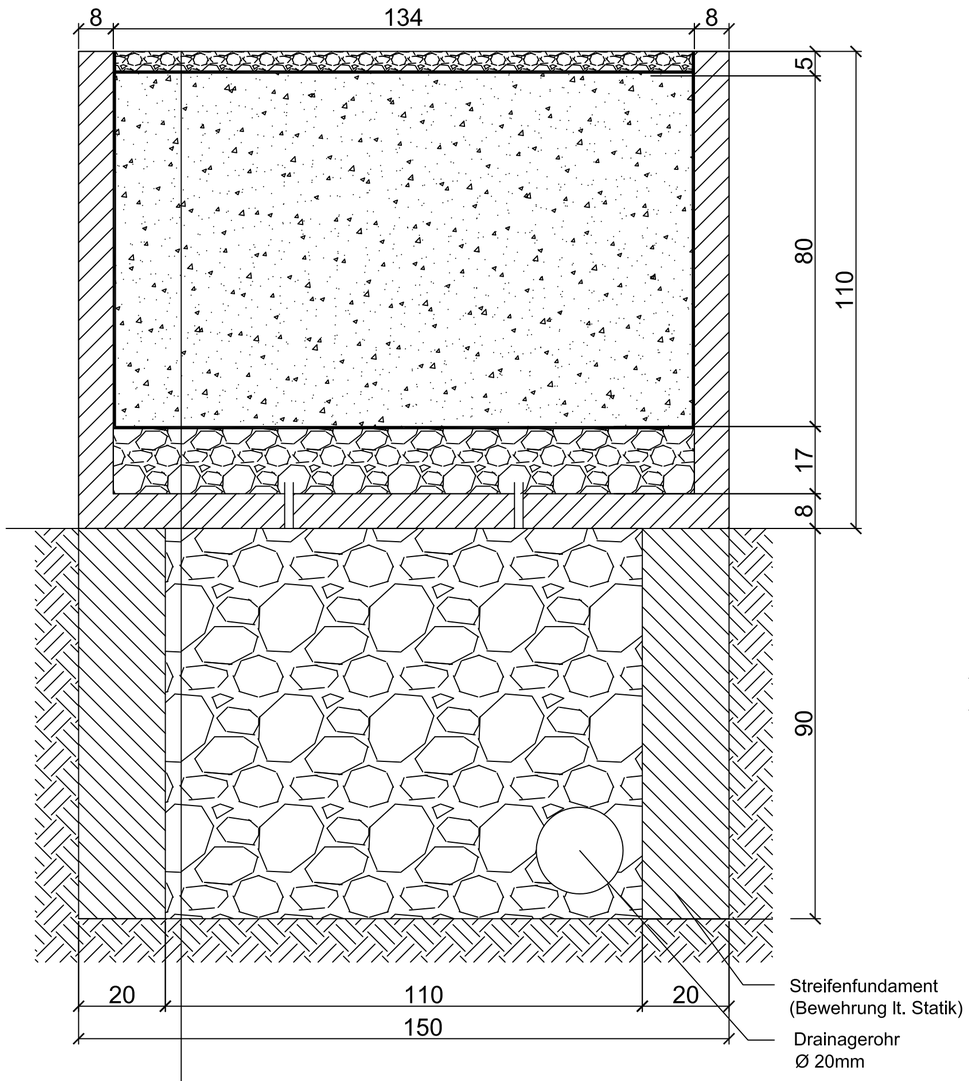
Detail Edelstahlpflanzkübel
siehe Plan Nr. DBI_DT_02

Detail Lasche (A)
siehe Plan Nr. DBI_DT_03

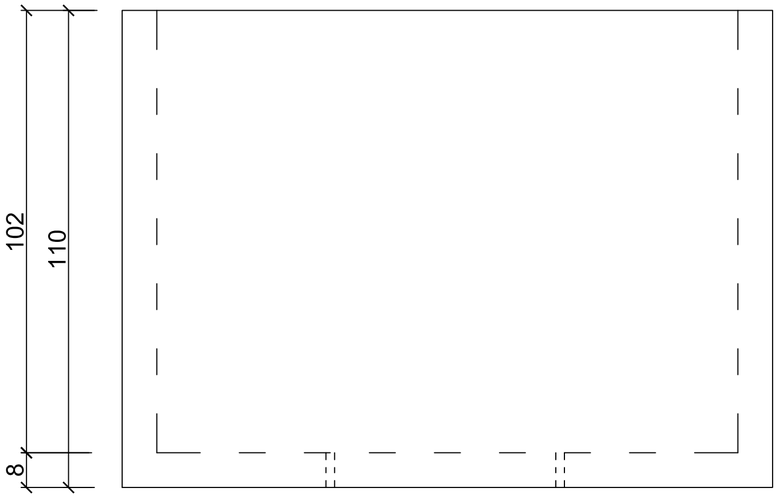
Detail Betonpflanzkübel
siehe Plan Nr. DBI_DT_01

Projekt	Inhalt
Fassadenbegrünung Fassadenschnitt	Schnitt M 1:10
Planverfasser Michèle Beck, Vera Enzi	
Datum 06.11.2009	Plan-Nr. DBI_SCHT_01

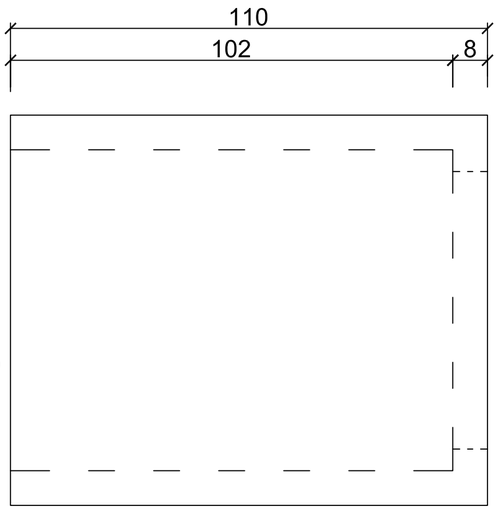
Schnitt A-A´



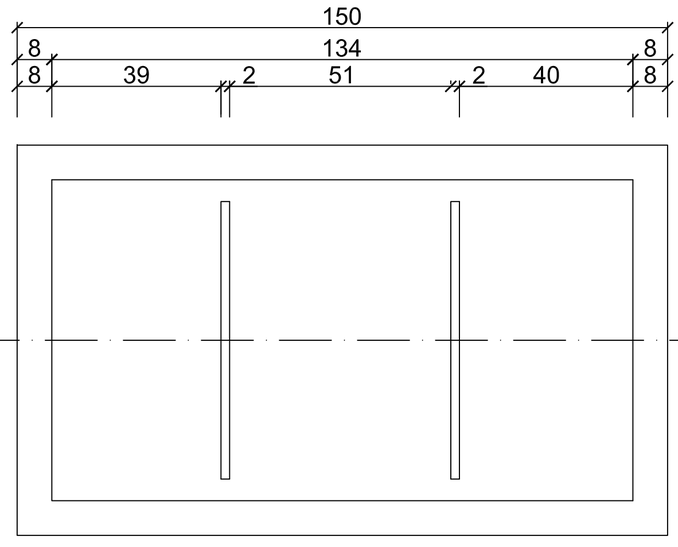
- Kiesauflage 8/16, 5cm
- Unkrautvlies
- Dachbegrünungssubstrat (Ziegelsplitt u. Humus), 80cm
- Filtervlies (z.B. Optigrün Filtervlies Typ 105)
- Drainage (z.B. Optigrün-Dränschicht Typ Perl 2/10), 15cm
- Betonpflanztrog mit Entwässerungsschlitzen, 8cm
- Drainageschotter 16/32, 90cm
- gewachsenes Erdreich



Ansicht

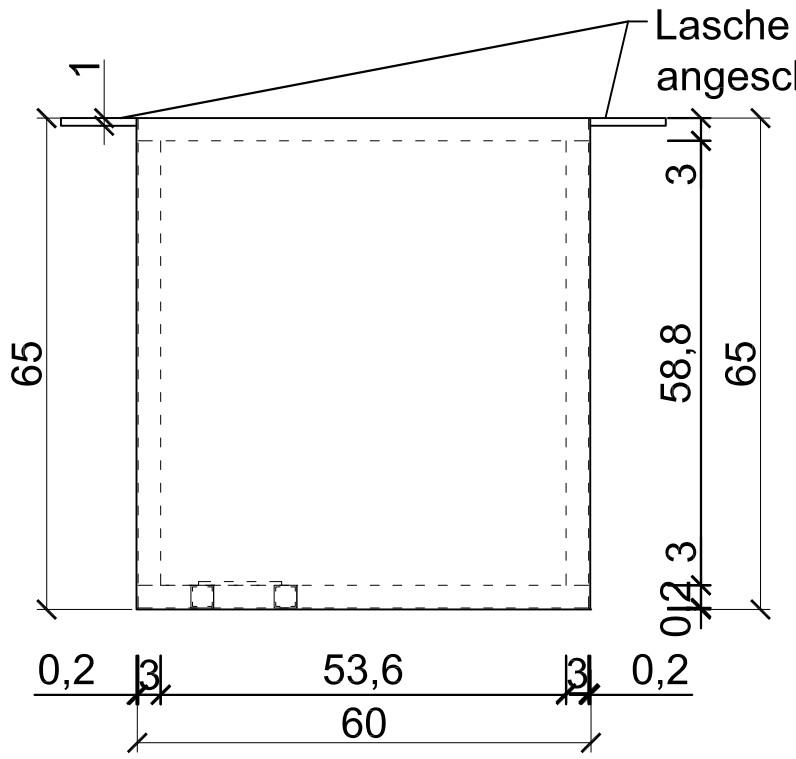


Seitenansicht

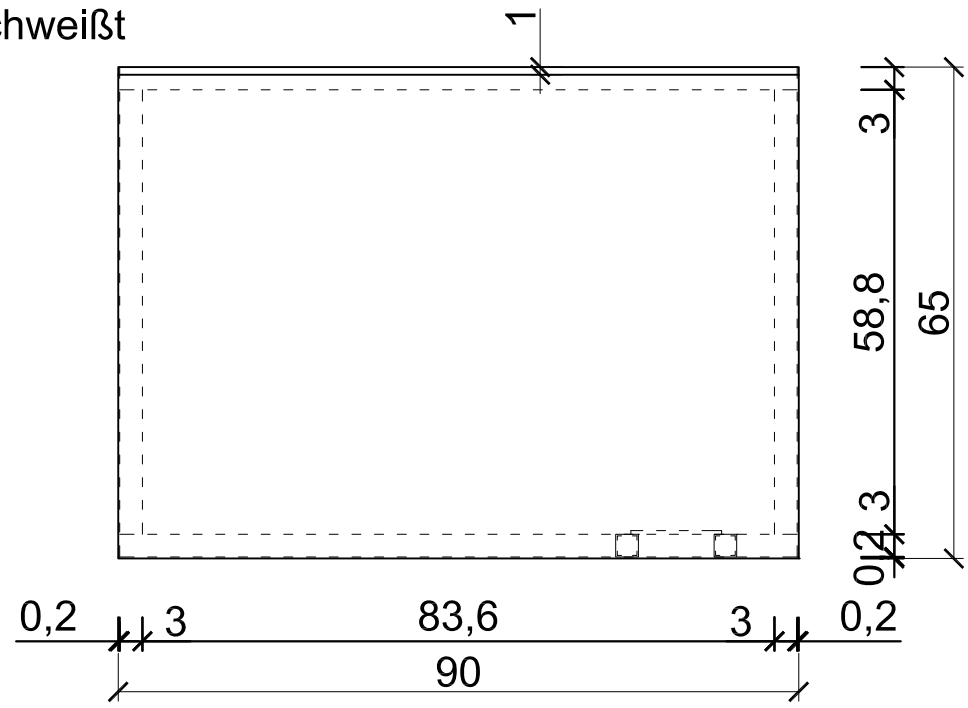


Grundriss

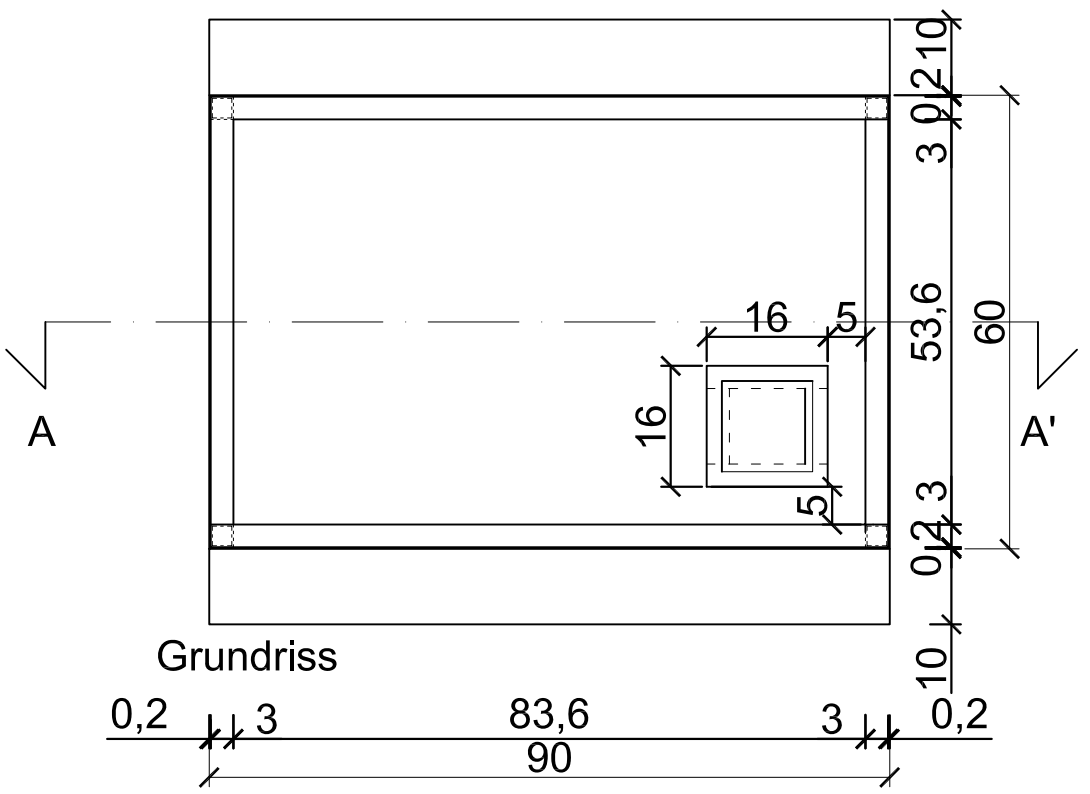
Projekt Fassadenbegrünung Betonpflanzkübel	Inhalt Detail M 1:10
Planverfasser Michèle Beck, Vera Enzi	
Datum 05.11.2009	Plan-Nr. DBI_DT_01



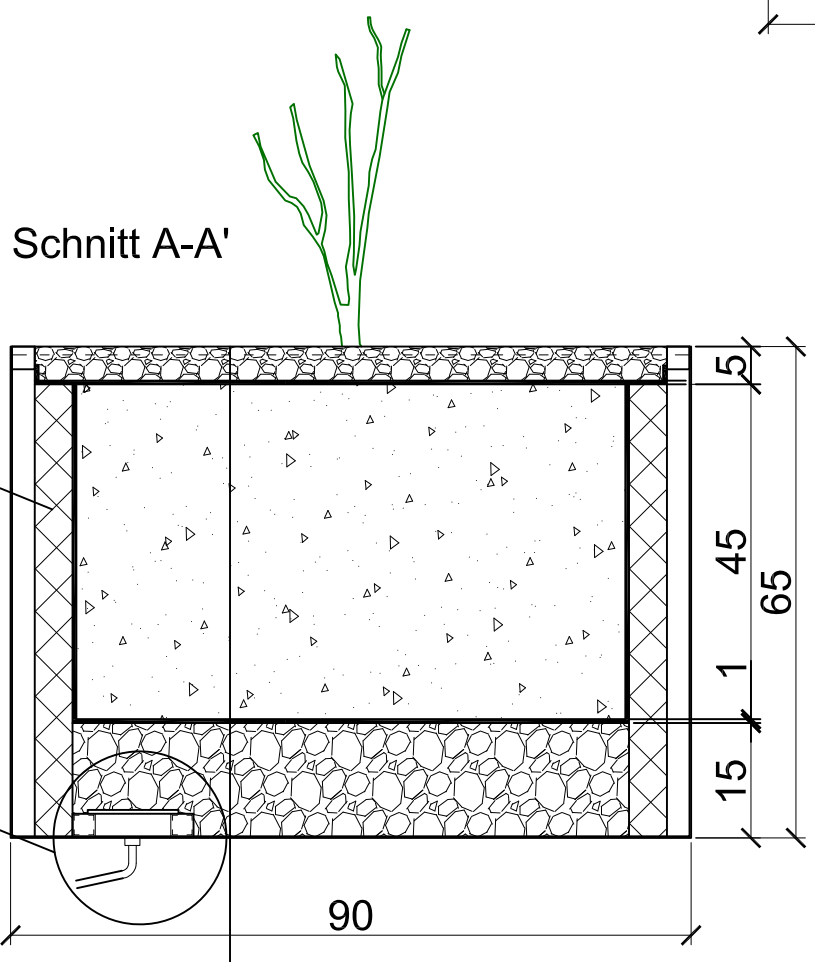
Seitenansicht



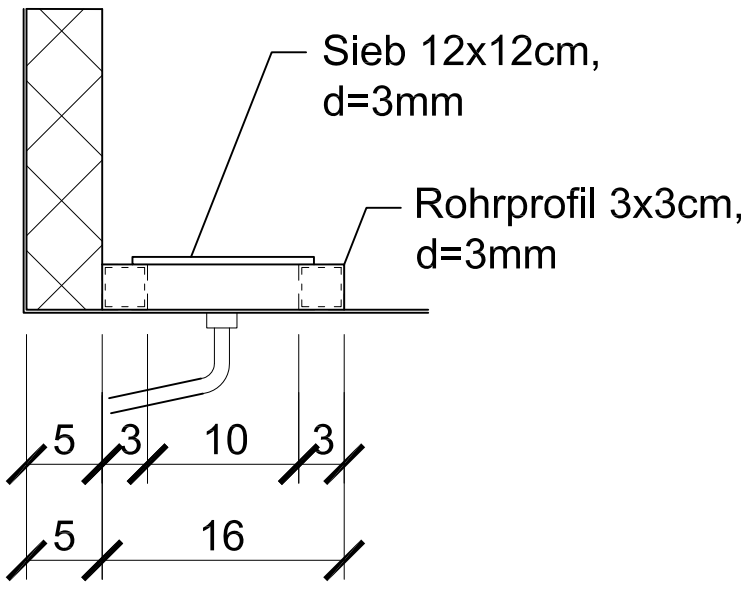
Ansicht



Grundriss



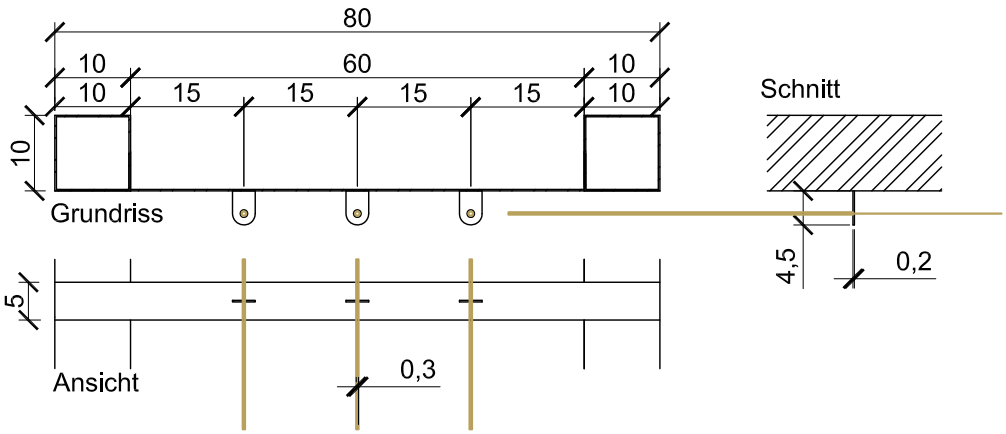
Detail @ M 1:5



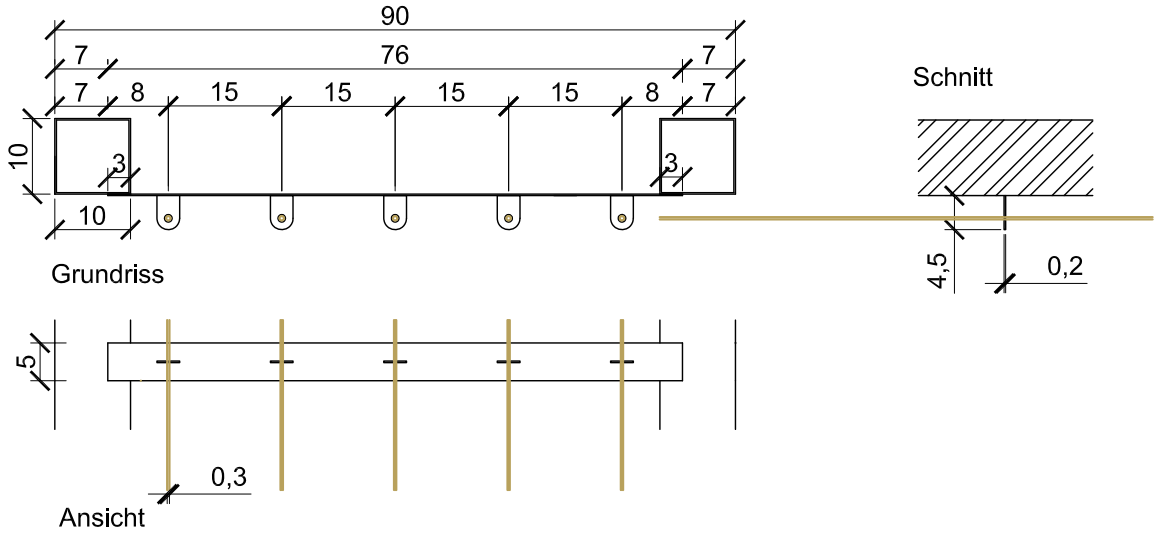
Edelstahlmantel des Pflanztroges an der Breitseite aus einem Teil gebogen. Schmälere Seitenteile geschweißt.
Alle Teile werden durch Schweißnähte miteinander verbunden.

Projekt	Inhalt
Fassadenbegrünung Edelstahlpflanzkübel	Detail M 1:10
Planverfasser: Michèle Beck, Vera Enzi	
Datum: 05.11.2009	Plan-Nr.: DBI_DT_02

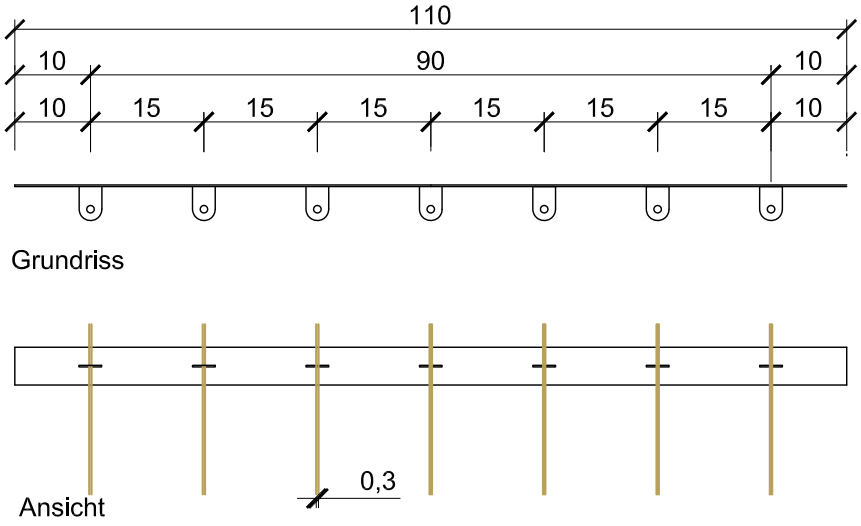
Lasche Ⓐ Drahtseilführung seitlich (3 Ösen)



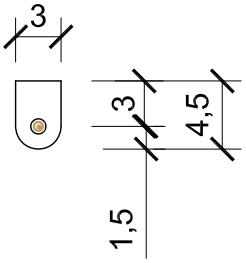
Lasche Ⓑ Drahtseilführung vorne (5 Ösen)



Lasche Ⓒ Drahtseilführung quer (7 Ösen)



Einzeldrahtseilführung
M 1:5



Projekt: Fassadenbegrünung Drahtseilführung	Inhalt: Detail M 1:10
Planverfasser: Michèle Beck, Vera Enzi	
Datum: 06.11.2009	Plan-Nr.: DBI_DT_03

4.5.2 Materialien für Rankhilfen und Tröge

Die gesamte Gerüstkonstruktion besteht aus verzinkten Edelstahlrohrprofilen. Diese wurden vom Schlosser in passende Formteile vorgefertigt und anschließend an der Fassade aufgestellt. Die mittels Klemmen verspannten Edelstahlseile (3mm) sollen den Pflanzen als Rankhilfe dienen. Die Pflanztröge in der Anlage wurden ebenfalls aus verzinktem Edelstahl gefertigt. Einzige Ausnahme bilden die gegossenen Betontröge in Bodennähe.

Auffallend ist, dass nahezu die gesamte Grundanlage aus Metall besteht. Wie kam es jedoch zu dieser Materialwahl?

Die Materialwahl wurde von verschiedenen Faktoren beeinflusst, die folgenden stellen einen guten Überblick dar:

-Dauerhaftigkeit der Anlage

-Stabilität der Anlage

-optisches Erscheinungsbild der Anlage

Die Fassaden am Kammelweg sollen nun für einige Jahre als Versuchsanlage zur Verfügung stehen und werden Gegenstand verschiedener Studien zum Thema Fassadenbegrünung sein. Um gültige Aussagen zu einem System treffen zu können, müssen Untersuchungen immer einen länger angesetzten zeitlichen Rahmen von mindestens 3 Jahren umfassen. Die BewohnerInnen am Kammelweg haben sich bewusst in ein Haus mit begrünter Fassade eingekauft und erwarten sich diese Gegebenheit auch in einigen Jahrzehnten noch. Daher ist klar, dass das Fassadenbegrünungssystem hohe Dauerhaftigkeit besitzen soll, diese kann nur mit Hilfe einer Metallkonstuktion erreicht werden.

Der 21. Gemeindebezirk in Wien ist häufig starken Windgeschwindigkeiten ausgesetzt. Die Anlage am Kammelweg soll solchen Windgeschwindigkeiten samt ihrer Bepflanzung trotzen können. Die erforderliche Stabilität ist nur durch eine Metallkonstuktion zu erreichen.

Sobald die Pflanzen einen entsprechenden Zuwachs erfahren haben, wird vom Metall des Grundgerüstes nur noch wenig zu sehen sein. Das optische Gesamtbild der Anlage schließt die Verwendung von Metall in der Fassade nicht aus. Verzinkter Edelstahl ist ebenfalls in den Gittergerüsten der Loggien an allen Seiten des Hauses angebracht. Die Ausführung des Grundgerüstes der Fassadenbegrünungsanlage ist jener der Balkonsicherungsgitter angepasst. Die Anlage schmiegt sich so harmonisch in das Gesamtbild der Wohnhausanlage am Kammelweg ein. Sämtliche Metallausführungen an der Außenseite des Hauses wurden von derselben Firma bereitgestellt, um so optisch möglichst gleiche Teile zu erhalten.

Das Material für die Betontröge im Bereich der Kleingärten im Erdgeschoß wurde aus Budgetgründen gewählt. Edelstahltröge dieser Größe wären eine gute Alternative gewesen, der Preis dafür war für vom Bauherren allerdings nicht mehr im Budget unterzubringen.

Sichtbar wird nun, dass die Kriterien zur Materialwahl durch einfache, eher an die Realität der Gegebenheiten angepasste Mindestvorgaben bestimmt werden. Dabei ist einerseits in diesem Fall die bauliche Gegebenheit, andererseits auch der Budgetrahmen zu berücksichtigen. Fassadensysteme treten meist erst nach Vollendung des Gebäudes in die Planungsphase, oft werden sie auch erst zu späterer Zeit nachgerüstet. Dieser Umstand sorgt in den meisten Fällen für sehr strikte Vorgaben und lässt wenig Freiraum für individuelle und wirklich „neue“ Planungen. Die Kompetenz für die Planung der Fassade wird meist auch erst spät vergeben oder vom Architekten nebenbei erledigt. Oft entstehen wie am Kammelweg durch die vom Architekten gelieferten Ansichten des Gebäudes optische Vorgaben. Die Grundkonzeptpläne sind bereits seit Monaten öffentlich publik, eine genaue Umsetzung für das manchmal leider oft zufällig arrangierte Grün an der Fassade noch nicht existierend. Freiheiten im Planungsvorgang sind in der Realität leider meist nur indirekt existierend. Dieser Umstand wird im folgenden Kapitel zum Blüheffekt noch einmal besonders deutlich.

Die spezielle Lösung am Kammelweg bezüglich ihrer Materialwahl könnte für Gebäude ähnlicher Konzeption ebenfalls eingesetzt werden. Zu beachten ist natürlich, dass die sichtbaren Metallteile gut zu anderen Metallteilen in der Fassade passen und diese Lösung möglicherweise die dauerhafteste und stabilste Alternative, vielleicht jedoch nicht die kostengünstigste darstellt.

Die folgenden Abbildungen 89 und 90 zeigen das Grundgerüst der Anlage aus Metall sowie die Bodentröge aus Beton.

Abbildung 89: Betonbodentröge zwischen den Kleingärten im Erdgeschoß (5/2010)

Abbildung 90: Metallkonstruktion des Gerüstes am Kammelweg (5/2010)

4.5.3 Auswahl der Kletterpflanzen

Das am Kammelweg durch den Gärtner verpflanzte Sortiment an Kletterpflanzen hat sowohl mit dem ursprünglichen Entwurf des Architekten, als auch mit den Vorschlägen seitens der BOKU nicht viel gemeinsam. Der Architekt ist bei seinen Konstuktionsplänen von einer Bepflanzung der Fassade mittels Efeu ausgegangen. Dieser Umstand war schriftlich nicht festgelegt, die Wahl der Pflanzenart könnte durch den Zufall bestimmt worden sein. Die meisten Computerprogramme zur Darstellung von 3D Objekten im architektonischen Bereich, beispielsweise 3D Studio Max, beinhalten nämlich im Basispaket nur eine Pflanze für die Fassade, nämlich Efeu.

Das seitens der BOKU vorgeschlagene Pflanzensortiment bestand aus verschiedenen, rankenden sowie schlingenden Kletterpflanzen, welche für ein Seilsystem mit einer Seilstärke von 3 mm geeignet sind:

- Clematis (Waldrebe)
- Humulus (Hopfen)
- Lonicera (Geißblatt)
- Polygonum (Knöterich)

Diese sollten durch verschiedene Sorten vertreten sein und in die 15 Wandtröge und 5 Betonbodentröge in der Südfassaden eingebracht werden. Die Pflanzen wurden einerseits wegen ihres starken Blüheffekts, andererseits auch wegen deren potentieller Fähigkeit, dieses System zu bewachsen, vorgeschlagen. Anlagen mit einem solchen Sortiment gibt es bisher im Raum Wien noch nicht. Die Anlage sollte so auch die Eignung der Pflanzen zum Bewuchs großer Fassaden unter Beweis stellen.

Nach der Fertigstellung des Fassadensystems sind am Kammelweg lediglich zwei Arten aufzufinden. Auf der Westfassade ist nur eine Art zu finden, vom Gärtnereibetrieb aus entschied man sich für Clematis vitalba. Die Südfassade ist ebenfalls lediglich mit einer Art bepflanzt worden, nämlich Parthenocissus tricuspidata. Auffällig ist, dass die Jungefernrebe in keinem der ursprünglich vorgeschlagenen Sortimente aufzufinden ist- aus gutem Grund. Diese Art ist nämlich unter die Gattung der Selbstkletterer einzuordnen, eine extrem schnellwüchsige Pflanze ohne spezielle Eignung für eine besondere Kletterhilfe. Parthenocissus kann fast an jeder Fassade hochklettern, geht jedoch auch weg vom Gerüst an die Hausfassade und kann dort durch seine starken Haftscheiben die Mauern hochklettern und ganz andere optische Eindrücke erwecken.

Wie kann jedoch ein solches, offensichtlich ungeeignetes Sortiment gewählt werden, welche Kriterien können für die Wahl des Pflanzensortiments in der Praxis ausschlaggebend sein? Die folgende Auflistung gibt einen Überblick:

- Pflanzenverfügbarkeit
- Haftung für Grün
- Schnellwüchsigkeit
- Laubfall/Pflegeaufwand
- Blüheffekt und Vorurteile

Der erste Punkt, die Pflanzenverfügbarkeit, ist schnell geklärt. Manche Pflanzensorten sind im Pflanzenfachhandel selbst für ausführende Gärtnereibetriebe schwer oder gar nicht erhältlich. Die Gattung Parthenocissus verfügt beispielsweise über eine Unterart „inserta“, welche die gefürchteten Haftscheiben nicht ausbildet. Diese Pflanze ist im Handel nur äußerst schwer erhältlich. Eigentlich schade, denn Parthenocissus an sich ist eine sehr raschwüchsige Pflanze, mit Hilfe derer man eine Fassade vergleichsweise schnell begrünen kann.

Die Überlegung „Haftung für Grün“ betrifft die ausführenden Betriebe, welche eine Fassade begrünen sollen. Wunsch des Auftraggebers ist zu 99% aller Fälle eine möglichst rasche, lückenlose Begrünung. Zum Erreichen dieses Ziels setzt der Auftraggeber im Normalfall eine Frist von 3-5 Jahren. Sollte dieser Fall nicht eintreten, die Fassade also binnen der gesetzten Frist keine lückenloses Grün aufweisen, muss durch eine beteiligte Partei Haftung übernommen werden. Dieser Part trifft zumeist den Gärtnereibetrieb und nicht den Planer, da jener oft auch für die Durchführung von Pflegemaßnahmen über den angesetzten Zeitraum verantwortlich ist. Um ein lückenloses Grün gewährleisten zu können, experimentieren diese Betriebe meist nicht, sondern greifen auf raschwüchsige, in der Pflege möglichst unkomplizierte Arten zurück. Daher herrscht an den meisten Fassaden eine gewisse, zwar grüne jedoch relativ farblose Eintönigkeit. Dem Blüheffekt von Parthenocissus sind bekanntlich gewisse Grenzen gesetzt.

Der bereits vorher angesprochenen, zumeist gewünschten Schnellwüchsigkeit der Pflanzen steht in den meisten Fällen eine geringere Lebensdauer dieser Arten im Vergleich zu eher langsam wachsenden Arten gegenüber. Diese Aussage gilt generell für jegliches geplantes Grün: unser schnelllebiger Zeitgeist gibt der Natur meist nicht die erforderliche Zeit zur Entwicklung. Mangelhafte Konzeptionen mit halb verhungertem, städtischem Grün sind leider oft die Folge. Diese Entwicklung trägt auch nicht zum Gedanken der Nachhaltigkeit bei: ausdauernde Anlagen mit langsam wachsenden, dafür langlebigen Pflanzen wären das Ideal. Ich möchte an dieser Stelle eine Bewegung des letzten Jahrzehnts anführen und zwar die „Slow Food“ Initiative. Verantwortungsvolles, bewusstes, nachhaltige Lebensmittel durch regionale Produkte und deren biologische Erzeugung, frei vom Gedanken des „Fast Food“. Meiner Meinung nach lässt sich dieser Gedanke auch auf unsere begrünte Umgebung übertragen: standortgerechte, heimische, langlebige und dadurch nachhaltiges „Slow Green“ sollte zukünftig Gegenstand der Planung sein.

Ein für die BewohnerInnen eines Gebäudes mit Fassadenbegrünung oft entscheidender Aspekt stellt der Laubfall sowie das Entstehen von organischem Abfall dar. Der Pflegeaufwand fällt meist in die Betriebskosten des Hauses und wird so von jedem Mieter mitgetragen. Immergrüne Pflanzen mit langsamem Wachstum haben die geringsten Pflegekosten, sind meist jedoch vom optischen Erscheinungsbild eher unauffällig- das Beispiel unserer Breiten dafür ist und bleibt der Efeu, welcher durch sein unkontrolliertes und aggressives Wurzelverhalten an Fassaden oft nicht in Frage kommt. Alle anderen Arten verlieren im Herbst einen Großteil ihres Laubes. Dieses muss entsorgt werden. Raschwüchsige Arten weisen eine höhere Frequenz der Pflegedurchgänge auf und können somit auch höhere Kosten verursachen. Ein weiterer Grund für die meist hohen Pflegekosten von Fassadensystemen ist deren Zugänglichkeit: in vielen Fällen, wie ja auch am Kammelweg, muss für die Durchführung von Pflegemaßnahmen ein Hubsteiger bestellt werden. Daher sollten wir uns bewusst vor Augen halten, dass auch Wandgrün wie jegliches anderes Grün gewisse unvermeidbare

Kosten in der Pflege verursacht. Es gilt abzuwiegen, ob dieser Kostenaufwand im zumutbaren Rahmen bleibt oder nicht.

Der letzte Punkt, die Vorurteile seitens der HausbewohnerInnen gegenüber einer begrünten Fassade war mir selbst zunächst nicht wirklich begreiflich. Ich ging davon aus, dass jede Person, die ein Grün um sich wünscht, mögliche Insekten in Kauf nimmt. Dies ist jedoch nicht der Fall, größtenteils wird jedoch, was das Ausmaß der Tiere betrifft, übertrieben. Mäuse und Ratten klettern beispielsweise definitiv nicht an Rankgerüsten in die Höhe und Spinneninvasionen im Wohnzimmer sind ebenfalls nicht zu befürchten. Wünscht man jedoch einen oder mehrere spektakuläre Blüteneffekte bei Kletterpflanzen, bleiben die Besucher von solchen Blüten, vor allem Bienen und Schmetterlinge, nicht fern.

Wespen sind keine regelmäßigen Blütenbesucher, sie werden eher vom Genuss von Lebensmitteln am Balkon angezogen. Ameisen bilden ihre Straßenkolonien ebenfalls entlang der Spuren menschlicher Lebensmittel, sie bevorzugen auf den Boden gefallene Brösel. Diese Effekte werden entgegen aller Vorurteile durch eine Fassadenbegrünung weder wirklich verstärkt, noch abgeschwächt.

Die ästhetische Wirkung einer Fassadenbegrünung geht oft neben der Wirkung einer vertikalen grünen Fläche mit den saisonalen Blüheffekten derselben einher. Die meisten Kletterpflanzen haben schöne Blütenstände aufzuweisen, die folgenden Abbildungen 91, 92, 93, 94 und 95 zeigen das ursprünglich von der BOKU vorgeschlagene Sortiment an Kletterpflanzen für den Kammelweg:

Abbildung 91: Blütenstand von Lonicera periclymemum (*Quelle: http://www.floralimages.co.uk*)

Abbildung 92: Blütenstand von Lonicera heckrottii (*Quelle: http://www.eggert-baumschulen.de*)

Abbildung 93: Blütenstand von Humulus lupulus (*Quelle: http://www.plantipp.nl*)

Abbildung 94: Blütenstand von Clematis tangutica (*Quelle: http://www.schmid-gartenpflanzen.de*)

Abbildung 95: Blütenstand von Fallopia aubertii (*Quelle: http://fr.academic.ru*)

Die vorige Seite zeigt, welche Farbenpracht Kletterpflanzen zur Zeit ihrer Blüte entfalten können. Die folgenden beiden Bilder zeigen das derzeitige Sortiment am Kammelweg:

Abbildung 96: Blütenstand von Clematis vitalba (*Quelle: http://upload.wikimedia.org*)

Abbildung 97: Parthenocissus quinquefolia (*Quelle: http://www.ruhr-uni-bochum.de*)

Es bleibt zu hoffen, dass die Artenwahl an Kletterpflanzenam Versuchsobjekt Kammelweg noch einer Abänderung unterzogen werden kann, da Erhebungen und Versuche zu den oben genannten Arten (Clematis tangutica, Humulus lupulus, Fallopia aubertii, Lonicera heckrottii und Lonicera periclymemum) wesentlich interessantere Ergebnisse betreffend deren tatsächlichen Wuchsverhaltens auf einer Fassade dieser Größe, als auch im Bezug auf deren Beliebtheit bei den BewohnerInnen liefern können. Die nachstehende Abbildung 98 zeigt eine besonders schöne Art, die Clematis montana var. rubens:

Abbildung 98: Clematis montana var. rubens *(Quelle: http://oregonstate.edu)*

5 Vorschläge für die Praxis

Das folgende Kapitel soll einige Vorschläge für die Praxis bieten, neue Ideen aufgreifen und deren potentielle Anwendung näher umreißen. Neben Sortimentvorschlägen für das System der Firma GEHA sollen Ideen zur Förderung und Klassifizierung von Wandgrün aufgeworfen werden, dies wird mit der jeweils gängigen Praxis zu Gründächern verbunden. Der Blick auf das Dach ist insofern sinnvoll, da Dachbegrünungen ebenfalls eine Form der Bauwerksbegrünung sind, Systeme mittlerweile am Markt etabliert sind und sich somit deren Entwicklungsprozess bereits in der fortgeschrittenen Phase befindet.

Die Einsatzbereiche und Ansprüche unserer beiden Versuchssysteme sollen betrachtet werden und eine Marktpositionierung hinsichtlich potentieller Anbieter und Käufer im Vergleich angestrebt werden.

5.1 Entwicklung verschiedener Pflanzvarianten für das System GEHA- Klimaschutzfassade

Das derzeitige Versuchssystem der Firma GEHA umfasst bis Dato lediglich ein Gräser- und ein Kräutersortiment. Diese Sortimente sind bereits getestet und erfolgversprechend, jedoch nicht für jeden Kunden interessant. Auch größere Pflanzen mit auffälligeren Blühaspekten können für eine Bepflanzung geeignet sein, ein Sortiment an Staudengewächsen ist denkbar.

Die Klimaschutzfassade soll auch im Hinblick auf ihr Potential zur Kleinkläranlage in näherer Zukunft untersucht werden, die derzeitigen Wasserwerte weisen einen hohen Eisengehalt und deuten somit auf ein eisenverträgliches beziehungsweise eisenliebendes Sortiment hin. Zusätzlich interessant wäre ein Sortiment von typischen Elementen einer Pflanzenkläranlage, dies wären robuste Pflanzen mit besonderen Fähigkeiten zur Schadstoffbindung.

Die Potentiale der Fassade hinsichtlich ihres Pflanzensortiments sind groß. Ebenfalls einjährige Blühstauden wie beispielsweise die klassische Balkontrogpflanze, die Begonie, sind denkbar. Dies setzt allerdings den Willen der BewohnerInnen voraus, sich um die Anlage zu kümmern, Pflegearbeiten durchzuführen und erneute Pflanzarbeiten selbst in die Hand zu nehmen. Bei meinen Sortimentsvorschlägen gehe ich davon aus, dass sich die Anlage an einem eingeschoßigen Mikrohaus der Firma GEHA befindet und somit eine maximale Höhe von 3 Metern aufweist. Solche Anlagen sind mittels einer normalen Leiter auch für die BewohnerInnen zugänglich.

„Die Kräuteretage“

Im Gespräch mit der Besitzerin eines Mikrohauses habe ich festgestellt, dass kleine gärtnerische Tätigkeiten am eigenen Grund gerne durchgeführt werden, ja größtenteils erwünscht sind. Besonderes Augenmerk gilt dem hauseigenen Kräutergarten. Da Anlagen dieser Art oft mit einem Pflegeaufwand verbunden sind, und die gärtnerische Tätigkeit meistens in gebückter Haltung durchgeführt werden muss, entstand von Seiten der BewohnerIn der Wunsch nach einem

Kräutergarten in Hüfthöhe. Gerade unsere älteren Mitmenschen verspüren oft nach ihrer Pensionierung eine starke Verbundenheit zum hauseigenen Garten, sind jedoch körperlich meist jüngeren Generationen unterlegen. Gerade diese Zielgruppe könnte auf eine „Kräuteretage“ in etwa 1 bis 1,4 Meter Höhe reflektieren. Dazu spart man im Zuge der Begrünungsarbeiten in den Kaskadenetagen der Firma GEHA zwei Etagen in passender Höhe aus. So können diese mit den geeigneten Pflanzen versehen als Kräutergarten genutzt werden.

Ein mögliches Sortiment für die „Kräuteretage“ zeigt die folgende Tabelle:

„Die Kräuteretage"	
Anzahl der Pflanzen	Art
4	Allium schoenoprasum (Schnittlauch)
3	Petroselinum crispum (Petersilie)
2	Thymus vulgaris (Thymian)
1	Rosmarinus officinalis (Rosmarin)
1	Satureja montana (Bohnenkraut)
1	Levisticum officinale (Liebstöckel)
2	Mentha x gracilis (Nudelminze)

Tabelle 7: Gestaltung einer Kräuteretage, Sortiment *(05/2010)*

„Der Fassadensteingarten“

Viele Kunden schätzen ihren Steingarten. Einige Arten dieses typisch warmen, sonnigen Standorts mit alpinem Charakter, könnten auf südexponierten Fassadenmodulen zum Einsatz kommen. Die Polsterpflanzen verfügen über einen sehr schönen, punktförmigen Blühaspekt und sind in vielen Farben und Sorten erhältlich. Zumeist handelt es sich auch um äußerst genügsame Pflanzen, welche lediglich geringen bis keinen Pflegeaufwand verursachen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick:

"Der Fassadensteingarten"	
Anzahl der Pflanzen	Art
2	Antennaria alpina (Katzenpfötchen)
3	Armeria maritima (Strand- Grasnelke)
2	Aster alpinus (Alpen- Aster)
1	Thymus praecox (Frühblühender Kriechthymian)
1	Dianthus alpinus (Alpennelke)
1	Erinus alpinus (Alpenbalsam)
1	Iberis amara (Schleifenblume)
1	Saxifraga androsacea (Mannsschild- Steinbrech)
2	Saxifraga umbrosa (Schatten- Steinbrech)
2	Gentiana clusii (Echter Alpenenzian)

Tabelle 8: Gestaltung eines Steingartens an der Fassade, Sortiment *(05/2010)*

„Die einjährige Wand“

Falls erwünscht, können die Pflanzen der Fassadenmodule jährlich getauscht werden. Dies bringt einen jahreszeitlichen Wandel mit sich, das Sortiment kann außerdem in regelmäßigen Abständen neu zusammengestellt werden, es ist also nicht konstant sondern veränderlich. Freunde von typischen Balkontrögen können so ihre Fassade nach ihren eigenen Wünschen gestalten. Geeignete Pflanzen verschiedener Art, Form und Größe sind im Handel erhältlich. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Zusammenstellung mit derzeit gängigen Begonienarten und deren Verwandten:

"Die Einjährige"	
Anzahl der Pflanzen	Art
2	Pelargonium peltatum hybr. (Pelargonie „Grad Idols“)
3	Pelargonium peltatum hybr. (Pelargonie „Bella Bonita“)
4	Pelargonium zonale hybr. (Pelargonie „Bella Mariella“)
2	Nemesia hybr. Sunsatia plus (Elfenspiegel)
2	Solanum jasminoides (Sternjasmin, hängend)
1	Sanvitalia procumbens Hybr. (Aztekengold)
1	Petunia hybr. („Blanket“)

Tabelle 9: Gestaltung einer einjährigen Fassadenbepflanzung, Sortiment *(05/2010)*

„Blühstauden“

Mehrjährige Blühstauden erfreuen sich ebenfalls großer Beliebtheit. Viele dieser Pflanzen sind ebenfalls für die verschiedenen Fassadengestaltungen geeignet und können an Standorten mit vermindertem Substratangebot gut leben. Lediglich bei Zwiebelpflanzen habe ich Bedenken, deren unterirdische Organe erreichen bei manchen Arten eine Größen, welche nicht mehr in das räumlich doch beschränkte System passen würde. Die Firma Hameter aus dem Tullnerfeld, zu deren Fachgebiet die Produktion von Stauden zählt, kann ein großes Sortiment anbieten. Die Firma verfügt zusätzlich über Erfahrung mit Fassadenbegrünung, das nachfolgende Bild 86 zeigt die Versuchsanlage mit dem hauseigenen System Hameter am Firmengelände. Hierbei handelt es sich um eine mit Substrattaschen ausgestattete, der Fassade vorgehängte Filzkonstruktion mit eigener Bewässerungsvorrichtung. Die Ausfälle resultieren aus einem besonders nassen und langen Winter, die Artenkomposition für die „grüne Wand“ befindet sich an diesem Standort in der Testphase. Mehrere mit bereits erfolgreich etablierten Kompositionen bestückte Paneele dieser Art sind im Wiener Raum zu finden. Die folgende Abbildung beschäftigt sich mit einer Blühstaudenkomposition:

"Blühstauden"	
Anzahl der Pflanzen	Art
2	Vinca minor „Gertrude Jekyll“ (Kleines Immergrün)
3	Epimedium youngianum (Elfenblume)
4	Achillea clypeolata (Goldquirl- Garbe)
2	Calamintha nepeta „White Cloud“ (Bienenweide)
2	Lavandula angustifolia „Dwarf blue“ (Lavendel)
1	Potentilla alba (Weißes Fingerkraut)

Tabelle 10: Gestaltung einer einjährigen Fassadenbepflanzung, Sortiment *(05/2010)*

Abbildung 99: Fassadensystem Firma Hameter am eigenen Produktionsgelände, Ausfälle bei einigen Versuchsarten durch den langen und nassen Winter sichtbar *(05/2010)*

„Die Pflanzenkläranlage- SALZ“

Nachfolgende Tabelle zeigt eine Auflistung von Pflanzen mit bekannter Salzfilterfunktion, welche für Pflanzenkläranlagen zur Anwendung kommen könnten. Nicht alle Arten sind aus Platzgründen für eine Verwendung in einem Versuchssortiment für das System der Firma GEHA geeignet. Welches Sortiment genau für eine solche Versuchsanlage in Frage kommen könnte, müssen nähere Untersuchungen zeigen. Die bekannten Wirkungen und Vorlieben der Pflanzen sind in der dritten Spalte abzulesen:

"Die Pflanzenkläranlage- SALZ"		
Anzahl der Pflanzen	Art	spezielle Eigenschaft
2	Atemisia maritima (Strandbeifuß)	Salzliebende Pflanze
2	Plantago maritima (Strandwegerich)	Salzliebende Pflanze
1	Limonium angustifolim (schmalblättriger Strandflieder)	Salzliebende Pflanze
1	Aster tripolium (Strandaster)	Salzliebende Pflanze
2	Potentilla anserina (Gänsefingerkraut)	Salzliebende Pflanze
2	Ranunculus repens (kriechender Hahnenfuß)	Salztolerante Pflanze
2	Agrostis stolonifera (Weißes Straußgras)	Salztolerante Pflanze

Tabelle 11: Geeignete Pflanzen für Pflanzenkläranlagen, Sortiment *(05/2010)*

Dieses Kapitel soll als Ideengrundlage für weiterführende Untersuchungen zum System der Firma GEHA fungieren. Eine Adaption und Variation der in dem System befindlichen Pflanzenarten kann neue Erkenntnisse im Hinblick auf die Verwendbarkeit von zusätzlichen Pflanzenarten geben. Eine Erweiterung des Sortiments kann mit Sicherheit Marktlücken erschließen und somit für einen guten Start des Produkts am Markt sorgen.

Eine Begrünung mit herkömmlichen Kletterpflanzen wurde nicht in Betracht gezogen, da diese Gewächse für ein optimales Wachstum ausnahmslos wesentlich größer dimensionierte Substraträume benötigen würden. Eine Pflanzung wäre demnach nur im Bodenraum vor dem Fassadensystem möglich. Die Installation von zusätzlichen Rankhilfen wäre notwendig, ein „Verwachsen“ mit den in den Pflanzrinnen befindlichen Arten kaum zu vermeiden. Eine Begrünung mit Kletterpflanzen kommt aus meiner Sicht somit nicht in Frage, da sie den eigentlichen Grundgedanken des Systems, nämlich „Grün durch horizontale Pflanzrinnen mit vertikaler Wirkung“ in den Hintergrund stellen würde.

5.2 Entscheidungshilfen für potentielle Bauherren - ein Vergleich zur Dachbegrünung

Um eine bewusste Entscheidung für die Art der Begrünung einer Fassade treffen zu können, stehen dem Planer in Österreich derzeit keinerlei offizielle Entscheidungshilfen zur Verfügung.

Da es sich bei der Fassadenbegrünung ebenfalls um eine Form der Bauwerksbegrünung handelt, liegt ein Vergleich zur Dachbegrünung nahe. Diese Form der Begrünung hat sich mittlerweile bereits etabliert, derzeit gängige Systeme werden auf Anfrage von der offiziellen Stelle für Bauwerksbegrünung, dem V.f.B. (Verband für Bauwerksbegrünung Österreich) seit einiger Zeit fortlaufender Kontrolle und nachfolgender Empfehlung unterzogen. Zur Qualitätssicherung und Zertifizierung von Dachbegrünungen in Österreich gibt es vom Verband für Bauwerksbegrünung initiiert verschiedene Möglichkeiten, Systeme zu bewerten und auszuzeichnen. Seit der Gründung des Verbandes 1991 arbeitet der österreichische Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) aktiv an den technischen Standards und Vorhaben zur Qualitätssicherung von Dachbegrünungen in Österreich. Es gelang dem Verband im Zuge seiner Tätigkeit, Qualitätssicherung Gründächer betreffend in drei Stufen sicherzustellen:

- die ÖNORM L1131, vormals ONR 121131
- das Bewertungsmodell für Dachbegrünungen
- die Gründachzertifizierung mit V.f.B. Gütesiegel.

Das Bewertungsmodell soll im folgenden Unterpunkt einer genauen Betrachtung unterzogen und eine Adaption desselben auf die Fassade versucht werden.

An dieser Stelle soll dem Zertifizierungssystem nur eine rein informative Betrachtung zukommen, da es auch im Hinblick auf die Fassadenbegrünung einen großen Beitrag zur Qualitätssicherung beitragen kann.

Die Zertifizierung und die Kennzeichnung von Gründachkomponenten und -aufbauten durch ein Gründachsiegel stellt die logische Weiterführung von ÖNORM L1131 und Bewertungsmodell dar. Das V.f.B. Gründach-Gütesiegel unterstützt Architekten, Bauherren und Konsumenten, kann Entscheidungshilfe bei der Gründach-Partnerwahl sein und gibt Sicherheit bei der Errichtung. So können ausdrücklich zertifizierte Begrünungskomponenten oder Aufbauten ausgeschrieben beziehungsweise bei der Auswahl der Begrünungspartner auf die entsprechende Zertifizierung geachtet werden.

Der Verband unterscheidet zwischen drei verschiedenen Zertifizierungen:

Abbildung 100: V.f.B.-Gütesiegel für einzelne Gründachkomponenten, die Zertifizierung A. (*Quelle: www.gruendach.at*)

Abbildung 101: V.f.B.-Gütesiegel für einen gesamten Gründachaufbau, die Zertifizierung B. (*Quelle: www.gruendach.at*)

Abbildung 102: V.f.B.-Gütesiegel für begutachtete und empfohlene Gründachaufbauten, die Zertifizierung C. (*Quelle: www.gruendach.at*)

Abbildung 100 zeigt das V.f.B.-Gütesiegel für einzelne Gründachkomponenten, die Zertifizierung A. Diese umfasst einzelne Aufbaukomponenten einer Dachbegrünung. Auf Basis eines vom Antragsteller vorgelegten Prüfungszeugnisses von mindestens einem unabhängigen Prüfinstitut wird die Übereinstimmung der Eigenschaften des Produktes mit den Richtlinien der ÖNORM L1131 geprüft. Die Zertifizierung gilt 3 Jahre nach dem Ausstellungsdatum des Zertifikates, nachfolgend kann um eine Verlängerung für weitere 5 Jahre angesucht werden. Der Antragsteller erhält bei Erfüllung bzw. Übereinstimmung sämtlicher gefundener Eigenschaften mit der ÖNORM L1131 ein bestätigendes Zertifikat.

Abbildung 101 zeigt das V.f.B.-Gütesiegel für einen gesamten Begrünungsaufbau, die Zertifizierung B. Die enthaltene Ziffer zeigt die erreichten Gesamtpunkte nach dem Bewertungsmodell für Dachbegrünungen. Die Gültigkeit dieser Zertifizierung ist zeitlich auf 5 Jahre begrenzt. Die vorgelegten Unterlagen müssen Angaben zur Begrünungsart mit Gewichtsangaben, eine Aufbaubeschreibung sowie eine Berechnung nach dem Bewertungsmodell enthalten. Ebenso wird eine Bemusterung durchgeführt, bei der die einzelnen nach Zertifizierung A zugelassenen Bestandteile des Aufbaues als Muster vorzulegen sind. Diese Bemusterung wird digital dokumentiert.

Abbildung 102 zeigt das V.f.B.-Gütesiegel für begutachtete und empfohlene Gründachaufbauten, die Zertifizierung C. Dieses Gütesiegel enthält die Empfehlung des V.f.B. und wird für Aufbauten vergeben, die den zusätzlichen Begutachtungskriterien des V.f.B. entsprechen. Sie basiert auf der Zertifizierung B. Bei den Besichtigungen werden folgende Details begutachtet: die Artenvielfalt, der Deckungsgrad und der art- und standortgerechte Entwicklungszustand der Vegetation, sowie die durchwurzelbare Dicke des Schichtenaufbaues. Artenvielfalt und durchwurzelbare Dicke werden an 3 Stellen pro 1000 m² Grünfläche, bei kleineren Dächern an mindestens 3 Stellen geprüft. Die örtliche Lage der Prüfpunkte wird auf einer vom Zertifizierungswerber beigestellten Skizze eingetragen. Der Antragsteller erhält bei positiver Beurteilung durch das Prüfgremium ein Zertifikat, dass das System vom V.f.B. ausdrücklich empfohlen wird.

5.2.1 Das ÖNORM L1131 Bewertungsmodell

Der Verband für Bauwerksbegrünung Österreich (VfB) hat ein Bewertungsmodell für Dachbegrünungen entwickelt, welches die wichtigsten Faktoren wie Aufbaustärke, Wasserspeicherung, Artenvielfalt und Gehalt an organischer Substanz berücksichtigt. Als Grundlage diente dabei das Bewertungssystem der FLL, das seit 1997 praktische Anwendung in Deutschland findet. Grundvoraussetzung für das Modell war es, einfache, aber messbare Kriterien zu finden, nach denen die Dachbegrünungen bewertet bzw. nach denen Mindestanforderungen je nach Lage und erforderlicher Ausgleichsfunktion in Flächenwidmungsplänen und Bebauungsplänen festgeschrieben werden können. Das Bewertungsmodell gewährleistet weitgehend die Unabhängigkeit von bestimmten Bauweisen, Stoffen oder Systemen, da weder die Kombinationen von Stoffen, die Stoffauswahl, noch einzelne Schichtstärken reglementiert werden. Trotzdem sind mit den gegebenen Grundpunktezahlen Vergleichswerte zur objektiven Beurteilung verschiedener Dachbegrünungen bereits in der Planungsphase möglich. Der Grundgedanke ist, dass nicht die Bauweise, sondern die Funktionalität für den Wert entscheidend ist.

Grundlage für das Bewertungsmodell ist die ÖNORM. Den Begriffsdefinitionen der ÖNORM L1131 folgend wird eine Einteilung in „reduzierte extensive“ Begrünung, „extensive“ Begrünung, „reduzierte intensive“ Begrünung und „intensive“ Begrünung getroffen.

Die Bewertung der Dachbegrünungen erfolgt über die Grundpunktezahl pro Quadratmeter. Ausgangsbasis ist die durchwurzelbare Aufbaustärke. Die sich ergebende Grundpunkteanzahl beträgt jeweils das Zehnfache der durchwurzelbaren Schichtstärke in cm. Als durchwurzelbarer Raum gelten die für die Vegetation nutzbaren Teile des Begrünungsaufbaues, Vegetationstragschicht und Dränageschicht, sofern sie mehr als 15 % des Volumens Wasser speichern kann. Diese Grundpunkteanzahl ist an qualitative Mindestanforderungen bezüglich Wasserspeicherkapazität, Pflanzenartenanzahl, Grünvolumen und Gehalt an organischer Substanz gekoppelt. Werden diese vorgegebenen Mindestwerte nicht erfüllt, kommt es zu Punkteabzügen. Ein Negativkonto an Punkten kann entweder durch eine Verbesserung der Wasserkapazität oder durch eine höhere Aufbaustärke kompensiert werden. Durch das vorliegende Modell können allen am Markt befindlichen Dachbegrünungssystemen bestimmte Gesamtpunkteanzahlen zugeordnet werden.

Das in der ÖNORM L1131 unter Anhang A veröffentlichte Rechenmodell ist in Kapitel 9.5, Anhang E dieser Diplomarbeit eingefügt.

Die folgenden Screenshots zeigen einen Überblick zu der Exceltabelle, in welcher das derzeitige Bewertungsmodell zu Gründächern durchgeführt wird. Eine Adaption dieser Exceltabelle hinsichtlich eines Bewertungsmodells für Fassadenbegrünungen mit den oben genannten Kriterien ist durchführbar.

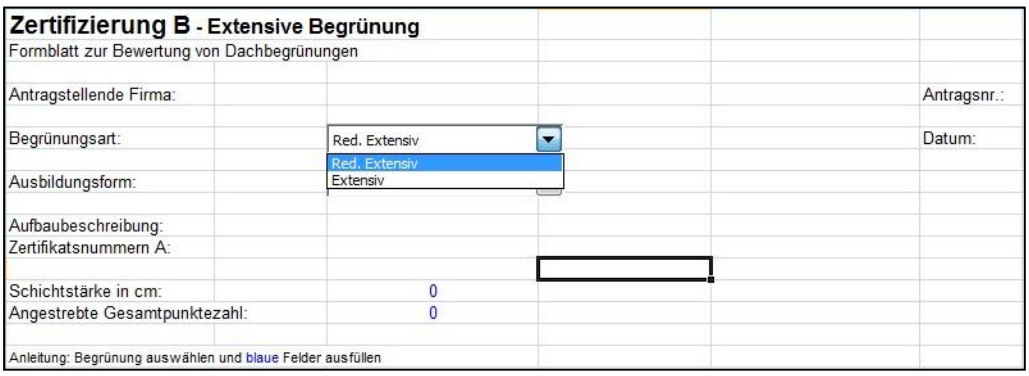


Abbildung 103: Bewertungsmodell Gründächer Excel- Formelblatt Screenshot. (04/2010)

Berechnung	Grundpunkte	max.Wasserkapazität in % des Volumens	Pflanzenarten	Organische Substanz in % der Masse
Vorgegeben	0	25	6	2
Vorhanden	0	0	0	0
Erfüllungsgrad	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Punkteabzug/-zuschlag	**0**	**-100**	**-18**	**0**
		nur bei Gras-Kraut	nur bei Gras-Kraut	
		0	0	
Gesamtpunktezahl	**-118**	**bei Gras-Kraut**	**0**	

Ausbildungsformen der Begrünung	Begrünungsarten	Beurteilung der Zertifizierungskommision:
Moos-Sedum	Red. Extensiv	
----------	Extensiv	Die Berechnung nach dem Bewertungsmodell ist korrekt.
Sedum-Moos-Kraut		
Sedum-Gras-Kraut		
Gras-Kraut		Unterschriften, Datum:

Abbildung 104: Bewertungsmodell Gründächer Excel- Formelblatt Screenshot. *(04/2010)*

Wie kann jedoch ein solches Bewertungsmodell auf die Fassade übertragen werden? Das folgende Kapitel widmet sich diesem Gedanken.

5.2.2 Übertrag Fassadenbegrünung, Gewichtung: Technik/Ökologie/Ästhetik möglich?

Beginnt man mit einem sinnvollen Übertrag des Bewertungsmodells für Gründachaufbauten auf die Fassade, ergeben sich zwangsläufig viele Fragen. Nach welchen Kriterien kann man hier überhaupt beurteilen? Die im Bewertungsmodell für Dachbegrünungen als Hauptkriterien herangezogenen Punktelieferanten sind Vegetationstragschicht, pflanzenverfügbarer Raum, Drainageschicht, Wasserspeicherkapazität, Pflanzenartenzahl, Grünvolumen und Gehalt an organischer Substanz. Diesen Bereichen werden jeweils Punkte vergeben, diese werden anschließend mit der Gesamtzahl der Quadratmeter der Anlage multipliziert und ergeben somit die Gesamtpunktezahl. Nicht alle dieser Punkte sind für die Fassade relevant, handelt es sich ja oft um äußerst diffizile Systeme mit unterschiedlichsten Substratgefäßen, Pflanzen und Gerüsten.

Um jedoch Bewertungskriterien schaffen zu können, muss man zunächst Ziele definieren. Welche Faktoren sind bei Fassadenbegrünungen besonders wünschenswert? Wie das System der Firma GEHA zeigt, kann es sich bei einer Fassadenbegrünung durchaus auch um andere Pflanzenarten als nur Kletterpflanzen handeln. Dieser Aspekt muss auch jeden Fall berücksichtigt werden. Die nachfolgenden Überlegungen basieren auf diesem Gedanken, Bemerkungen zu Grün sind daher jeweils auf alle fassadentauglichen Pflanzen ausgerichtet. Ich versuche nachfolgend eine Aufstellung der für mich persönlich wichtigsten Kriterien:

- Lückenloses, dichtes Grün (Grünvolumen)
- Verfügbare Substratmenge pro Pflanze (pflanzenverfügbarer Raum)
- Artenvielfalt (Pflanzenartenzahl)
- Standortgerechtes Sortiment (kleinklimatisch, Exposition der Fassade)
- Pflegeaufwand (auf 5 Jahre gerechnet)

Diese Kriterien könnte man nun ebenfalls getrennt mit einer Punktezahl bewerten und die resultierende Gesamtpunktezahl nachfolgend mit der Anzahl an Quadratmetern multiplizieren, welche das gesamte System auf der Fassade in Anspruch nimmt.

Auf die Einzelbewertung von verschiedenen technischen Aufbauten oder Rankhilfen würde ich nicht zurückgreifen. Eine diesbezügliche Einschätzung könnte höchstens nach Materialien vorgenommen werden, auf manchen Standorten ist es jedoch nicht möglich, die Materialwahl variabel zu gestalten, siehe Kapitel 4.5.2. zum Versuchsobjekt Kammelweg 8. Letztendlich zählt das sichtbare Ergebnis an Grün an der Fassade, somit der Zustand der Pflanzen (Grünvolumen) und weniger die Konstruktion der Anlage. Die verfügbare Substratmenge pro Pflanze (pflanzenverfügbarer Raum) sollte jedoch berücksichtigt werden, da diese als Grundvoraussetzung für das Wachstum zu sehen ist. Eine zusätzliche Möglichkeit wäre es, die „Intelligenz der Lösung“ zu bewerten. Ist das System praktikabel, die Ressourcen schonend und einfach, enthält alle wichtigen Komponenten? Hier stellt sich die Frage, ob ein Vollbewässerungssystem mit einer schlechteren Bewertung als ein Kaskadensystem versehen werden sollte. Ich denke, dass eine autarke Bewässerung eine bessere Bewertung als eine automatische Anlage bekommen sollte, würde dies jedoch nicht einfließen lassen, da solche Systeme meist eine starke monetäre Komponente aufweisen und stark vom Pflanzensortiment abhängig sind.

Dieselben Überlegungen habe ich zu einem ökologischen Bewertungskriterium angestellt. Welche Komponente einer Fassade könnte man mit dem Wort „ökologisch“ bezeichnen? Auch hier könnte man außer dem Konstruktionsmaterial mitsamt den oben angeführten Problemen höchstens auf die Herkunft der verwendeten Pflanzen abzielen, stichhaltige Recherchen hinsichtlich der genauen Produktionsweise und Herstellung von Pflanzen sind jedoch in den meisten Fällen als langwierig, ungenau und somit zwecklos einzustufen. Einzig durch das Bewertungskriterium Pflanzenartenzahl kann ein ökologischer Bezug (Artenvielfalt) hergestellt werden.

Meist werden an Fassadenbegrünungssysteme hohe ästhetische Ansprüche gestellt, da sich diese im unmittelbaren Lebensraum des Menschen befinden. Daher erscheint eine Bewertung hinsichtlich des ästhetischen Gehalts einer Anlage sinnvoll. Die Ästhetik ist jedoch ein äußerst subjektiver Begriff. So mancher schätzt ein Meer aus farbenprächtigen Blüten, anderer hingegen fühlt sich von saftigem Grün angezogen. Rankhilfen und Substratbehälter sind in den meisten Fällen als unsichtbar erwünscht, ein formschönes Gerüst kann jedoch im Ausnahmefall auch zur Aufwertung der Fassade beitragen. Aufgrund der angeführten Subjektivität einer ästhetischen Bewertung scheidet diese als Kriterium für das Rechenmodell aus. Einzig sinnvolle Methode scheint die Erhebung eines Deckungsgrades (Grünvolumen) für die Fassade, denn mehr Grün ist in jedem Fall ästhetischer als lückenhafte, magere Bepflanzung.

Um das Rechenmodell ausführen zu können, ist es auch notwendig, dass der Antragsteller sein System einer Kategorie zuordnen kann. Kategorien hinsichtlich der Begrünungsart und der Ausbildungsform sind möglich, ich würde eine Einteilung wie folgt vorschlagen:

Begrünungsarten:

- Pflanztröge und Substrat in der Fassade
- Bodengebundene Bepflanzung

Ausbildungsformen:

- Kletterpflanzen
- Moos/Sedum
- Kräuter
- Gräser
- Stauden
- Mischform

Kriterien und deren Bewertungsskala im Überblick

Sämtliche Skalen haben die folgende Einteilung von 1 bis 5:

1 = schlechter Wert

2 = mäßiger Wert

3 = durchschnittlicher Wert

4 = guter Wert

5 = ausgezeichneter Wert

Lückenloses, dichtes Grün (Grünvolumen): Erhebung der Deckungsgrade nach Braun-Blanquet, ein genaues Bewertungsschema muss noch definiert werden. Geklärt werden soll, wieviel Prozent der Gesamtfläche der Fassade von Grün bedeckt sind. Skaleneinteilung und somit erreichbare Punkteanzahl von 1 bis 5.

Verfügbare Substratmenge pro Pflanze (pflanzenverfügbarer Raum): Die für Pflanzen verfügbare Substratmengen in m3 werden addiert und durch die Gesamtzahl der Pflanzen dividiert. Bei in den gewachsenen Boden gepflanzten Exemplaren wird ein Durchschnittswert von einem m3 angenommen. Skaleneinteilung und somit erreichbare Punktezahl von 1 bis 5.

Artenvielfalt (Pflanzenartenzahl): Die in der gesamten Anlage vorhandenen Arten werden erhoben und deren Anzahl festgestellt. Skaleneinteilung und somit erreichbare Punktezahl von 1 bis 5.

Standortgerechtes Sortiment (kleinklimatisch, Exposition der Fassade): Mittels Fachliteratur wird ermittelt, ob die in dem System lebenden Pflanzen über standortgerechte Bedingungen verfügen. Ermittelt wird dabei ein Wert je Pflanzenart auf einer Skala von 1 bis 5 Punkten. Die Punkte werden nachfolgend addiert und deren Mittelwert als Punktezahl eingetragen.

Pflegeaufwand (auf 5 Jahre gerechnet): Als ein letztes Kriterium habe ich den der Anlage zukommenden Pflegeaufwand auf 5 Jahre gerechnet genommen. Dieser Pflegeaufwand kann in monetäre Werte unterteilt werden, das Punktesystem vergibt auf einer Skala von 1 bis 5 für das Jahresdurchschnittsaufkommen einen Wert.

Die nachfolgende Tabelle 12 zeigt das von mir erstellte Modell für eine Bewertungstafel für Fassadenbegrünungen:

Note	Kriterium Grünvolumen in % Deckungsgrad	Kriterium pflanzenverfügbarer Raum in m^3	Pflanzenartenzahl	Standortgerechtes Sortiment Durchschnittswert	Pflegeaufwand jährlicher Mittelwert in Pflegetagen
1	50-60%	0,2 m^3 - 0,4 m^3	1 bis 2	50-60% Arten	über 8
2	60-70%	0,4 m^3 - 0,6 m^3	2 bis 3	60-70% Arten	6-8
3	70-80%	0,6 m^3 - 0,8 m^3	3 bis 4	70-80% Arten	5-6
4	80-90%	0,8 m^3 - 1,0 m^3	4 bis 5	80-90% Arten	4-5
5	90-100%	ab 1,0 m^3	ab 5	90-100% Arten	bis 4

Tabelle12: Bewertungstafel für Fassadenbegrünungen, Modellversuch. *(04/2010)*

5.3 Ansprüche und Einsatzbereiche beider Systeme im Vergleich

Gibt man sich einer Betrachtung beider Versuchssysteme hinsichtlich deren Ansprüche und Einsatzbereiche hin, werden diesbezügliche Unterschiede sofort sichtbar. Sowohl das System der Firma GEHA als auch das des Bauträgers Mischek verfügen über vollkommen unterschiedliche Ausführungen und somit auch Qualitäten für deren weitere Verwendungsweise.

Die Ansprüche beider Systeme hinsichtlich ihres Standortes sind unterschiedlich. Während das System der Firma Mischek standörtlich sehr gebunden ist, da es eine Einzellösung für dieses spezielle Bauwerk darstellt, gestaltet sich eine Adaption der Anlage auf einen anderen Standort als aufwendig. Das Rahmenmodul aus verzinkten Edelstahlprofilen mit den eingeschweißten Pflanztrögen ist prinzipiell an jedem Standort einsetzbar, Anpassungen an die örtlichen Gegebenheiten wie zum Beispiel die vorhandenen Ausmaße des Gebäudes jedoch ein Muss. Das in den vorigen Kapiteln beschriebene System an der südlichen Fassade mit den stehenden „Rahmenprofilen“ kann nur an Fassaden zum Einsatz kommen, wo eine Möglichkeit besteht, diesen Profilturm in die Fassade zu integrieren, ihn also zwischen Balkonvorbauten zu versenken. Ein vollkommen freistehender Turm wäre zwar statisch durchführbar, würde jedoch die Pflanzen in windexponierten Lagen einer zu großen Beanspruchung durch den Wind aussetzen. Durch den Aufwand der gesamten Konstruktion mitsamt der Bewässerungsanlage ist das System nur an Fassadendimensionen ab einer Gebäudehöhe von mindestens drei Geschoßen sinnvoll. Das System kann außerdem nur schwer an bereits bestehenden Fassaden nachgerüstet werden. Bauliche Veränderungen am Gebäude selbst sind mit hoher Wahrscheinlichkeit zu vermuten. Das System eignet sich daher für Anlagen, welche sich erst in der Phase der Planung befinden, ist dies der Fall, kann ein solches System an sich problemlos angewandt werden. Ich würde den Geschoßwohnbau als geeigneten Träger für eine Anlage dieser Art sehen. Die folgenden Bilder zeigen einige Ausschnitte aus der Anlage:

Abbildung 105: Südfassade am Kammelweg 8, in die Fassade integrierter Edelstahlprofilturm. *(05/2010)*

Abbildung106: Südfassade am Kammelweg 8, Ansicht der in die Loggienvorbauten integrierten Begrünungsanlage. *(05/2010)*

Abbildung 107: Südfassade am Kammelweg 8, Ansicht der in die Loggienvorbauten integrierten Begrünungsanlage. *(05/2010)*

Abbildung 108: Südfassade am Kammelweg 8, Betonpflanztröge während der Durchführung der Pflanzarbeiten. *(05/2010)*

Das System der Firma GEHA ist vielseitig einsetzbar. Es wurde zwar für die Fassaden der Mikrohäuser konzipiert, besitzt jedoch Potential zu weiteren Anwendungsbereichen. An jeglicher Art des privaten Einfamilienhauses könnten die Paneele angebracht werden, auch eine Installation an öffentlichen Gebäuden wäre denkbar. Ab einer gewissen Größe muss jedoch eine zusätzliche Bewässerungsanlage installiert werden. Die reine Kaskadenbewässerung könnte die Anlage mit der derzeitigen Substratfüllung dann nicht mehr ausreichend mit Wasser versorgen. Damit wäre aus meiner Sicht jedoch der eigentliche Grundgedanke, eine autark bewässerte, dadurch auch kostengünstige Anlage zu schaffen, in den Hintergrund gestellt. Dies wäre schade, denn dadurch könnte das System nur noch mit seiner auffälligen Ausformung punkten. Die folgenden Abbildungen zeigen die Anlage aus verschiedenen Blickwinkeln:

Abbildung 109: Versuchsgelände der Firma GEHA in der Guschelbauergasse, Fassadenpaneel am Standort Dach. *(05/2010)*

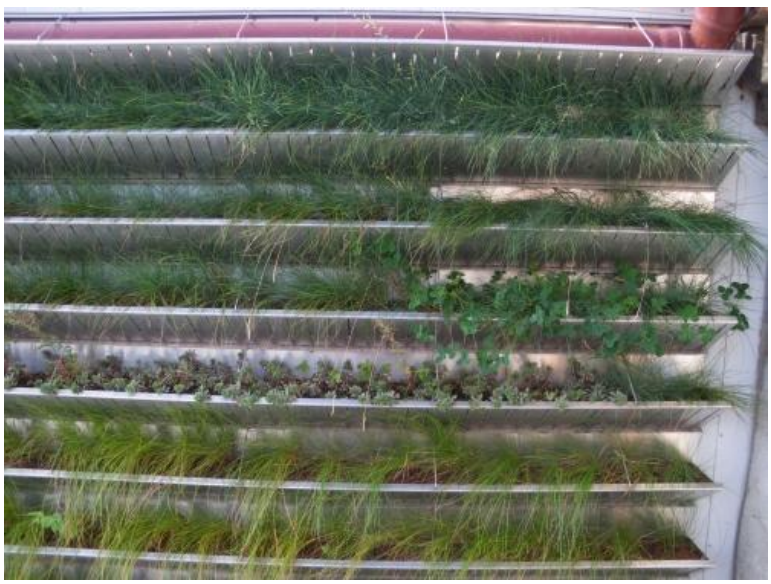


Abbildung 110: Versuchsgelände der Firma GEHA in der Guschelbauergasse, Fassadenpaneel am Standort Dach. *(05/2010)*

5.4 Marktpositionierung von Fassadenbegrünung im Allgemeinen

Betrachtet man die derzeitige Situation Fassadenbegrünung betreffend in europaweitem Kontext, so kann man mangels stichhaltigen Untersuchungen nur vage Schätzungen zur derzeitigen Marktlage abgeben. Derselbe Informationsstand gilt für den Sektor Dachbegrünung.

Auch in Österreich gestaltet sich eine diesbezügliche Aussage ähnlich. Wie bereits zu Eingang der Diplomarbeit diskutiert, müsste eine stichhaltige Studie von einem darauf spezialisierten Marktforschungsinstitut getätigt werden. Bis Dato hat noch kein Institut eine solche Analyse durchgeführt, dies ist mit Sicherheit aus Mangel an einem zahlenden Auftraggeber der Fall. Seitens der ELCA wurde im März 2010 ein Versuch gestartet, die Mitgliedsfirmen des österreichischen Verbandes für Bauwerksbegrünung nach deren jährlichen Umsätzen zu befragen, offizielle Ergebnisse dazu sind jedoch noch nicht vorhanden.

Aus den oben genannten Gründen kann eine monetäre Einschätzung des Marktwertes der beiden in dieser Diplomarbeit behandelten Versuchssysteme nicht durchgeführt werden. Eine Marktpositionierung kann dementsprechend nur hinsichtlich einer Analyse potentieller Kundenstöcke und vorhandener Marktnischen versucht werden.

Zunächst muss man sich jedoch der prinzipiellen Frage widmen, welche Personengruppen derzeit in Österreich an Fassadenbegrünungen interessiert sind.

Manche Interessen können fördergebunden sein, wie das Beispiel des Bauträgers Mischek zeigt. Das Interesse an Fassadenbegrünung entstand in diesem Fall aufgrund einer EU Förderung innovative Bauweisen betreffend. In Österreich versucht die MA22 in Wien durch jährliche Tagungen zur Fassadenbegrünung, Stichwort „gruengewandt“ verschiedene Produktentwickler, Hersteller, Forschungseinrichtungen und offizielle Stellen miteinander zu vernetzen um so den Markt anzutreiben. Die MA22 selbst ist immer an neuen Systemen interessiert und versucht, an ihren Verwaltungsgebäuden diese zur Schau zu stellen. Auch die Firma GEHA wurde eingeladen, eine Fassade der MA22 mit ihrem System zu bestücken. Auffallend ist, dass große Systeme oft an öffentlichen sowie als Büroflächen genutzten Großbauten installiert werden und so repräsentativen Charakter bekommen. Auftraggeber sind in diesem Falle große Firmen oder die öffentliche Hand. Die Mehrheit an Fassadenbegrünung findet laut Schätzung des Verbandes für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) jedoch im privaten Sektor an Einfamilienhäusern und somit unter Ausschluss der Öffentlichkeit statt. Viele HausbesitzerInnen wollen eine optische Aufwertung ihres Besitzes erzielen oder einen Beitrag zum städtischen Grün leisten. Oft spielen auch ökologische Faktoren und Trendsetting eine Rolle.

Das Interesse des öffentlichen Sektors sowie des Sozialwohnbaus an Bauwerksbegrünung wird meist durch Fördergeber und Förderinitiativen angekurbelt. Derzeit gibt es in Österreich keine spezielle Förderung zur Begrünung von Gebäuden. Sollte die Thematik Fassade und Dach jedoch weiterhin aktuell bleiben, kann davon ausgegangen werden, dass spätestens mit Publikation der Ergebnisse von derzeit laufenden Forschungsprojekten- wie zum Beispiel „GrünStadtKlima“- eine Reaktion seitens des Bundes und der Länder erfolgen wird. Es ist Aufgabe der örtlichen Raumplanung, fassadenbezogene bauliche Vorschriften mittels Bebauungsplan verbindend zu gestalten.

5.4.1. Marktpositionierung der beiden behandelten Versuchssysteme

Nimmt man nun auf diese Fakten Bezug, kann dem System der Firma GEHA bei weiteren erfolgreichen Versuchen eine Nische am Markt zugesprochen werden. Das System kann klein sein, kompakt sein, ist zur Selbstmontage und auch -bepflanzung bestens geeignet, trifft also den Geschmack der Privatkunden in jedem Falle. Das intelligente System ist auch leicht selbst zu warten und verfügt über eine autarke Bewässerung. Auf Wunsch kann das System allerdings auch mehr, mitsamt einer Bewässerungsanlage sind verschiedenste, auch aufwendige Bepflanzungen möglich. Die Ausführung kann schon fast als Selbstbausatz für den einfachen Hausbesitzer in Vertrieb gehen, hat aber auch Potential, gut situierte Kunden durch das auffällige Design und die verschiedenen Sortimente sowie eine mögliche automatische Bewässerung zufriedenzustellen. Sollte es in Zukunft zusätzlich möglich sein, außer der in Kapitel 3.5.1. beschriebenen Entlastung des Kanals bei Starkregenereignissen auch noch eine wirksame Filterfunktion mit richtiger Bepflanzung ähnlich einer Kläranlage nachzuweisen, könnte dies eine zusätzliche Attraktivität für den Kunden beinhalten. Ich würde dem System der Firma GEHA dementsprechend eine gute Bewertung hinsichtlich dessen Marktpräsenz zusprechen.

Die Betrachtung des Fassadenbegrünungssystems am Kammelweg 8 ist anderweitig zu interpretieren. Die Lösung kann nur Kunden mit einem entsprechenden Kapital ansprechen und ist aufgrund der Dimensionierung an sich nur im sozialen Wohnbau oder an öffentlichen Großgebäuden sinnvoll. Da die Gerüstanlage für den Spenglereibetrieb Neuland war und bis Dato gut gelungen scheint, käme eine Patentierung derselben seitens der Firma für mich nicht überraschend. Die Bepflanzung der Anlage kann an dieser Stelle noch keiner wertenden Aussage unterzogen werden, da noch vieles nachgebessert werden muss und das endgültige Sortiment an Pflanzen noch nicht feststeht. Zusätzlich ist die Bepflanzung in diesem Falle getrennt von der Konstruktion anzusehen, da beides von unterschiedlichen Firmen durchgeführt wurde. Ich sehe in diesem System zwei mögliche zukünftige Entwicklungen. Einerseits kann keine weitere Vermarktung des Systems erfolgen, wenn nicht die Spenglereifirma das Patentrecht erwirbt und gemeinsam mit einem Partnerbetrieb, welcher für die Bepflanzung verantwortlich ist, einen Start am Markt versucht. Potentielle Kunden wären in diesem Fall in der öffentlichen Hand als auch im Wohnbauwesen zu suchen. Zweite Möglichkeit wäre, dass dieses System am derzeitigen Standort einzigartig verbleibt und es zu keinerlei weiteren Ausführung an anderen Standorten kommt. In diesem Falle wäre ein einstweiliger Betrieb als Versuchsanlage denkbar. Das System kann so genau evaluiert und dessen Potential genauer abgeschätzt werden. Möglicher Forschungsgegenstand wäre in diesem Falle die kleinklimatische Auswirkung der Fassade in den Räumen der Wohnungen, die Zufriedenheit der BewohnerInnen hinsichtlich des blühenden Grüns vor ihrem Wohnbereich und die Tauglichkeit der Konstruktion im Bezug auf die verschiedenen Kletterpflanzen. Anschließend an diese Untersuchungen besteht bei positivem Ausgang in jedem Fall das Potential, am Sektor der Wiener Geschoßwohnbautätigkeit mehrere Kunden gewinnen zu können. Ich spreche der Anlage bei positiver Entwicklung durchaus mögliche Marktpräsenz zu.

6. Resümee

Die nachfolgende finale Betrachtung gibt nochmals zusammenfassend einen kurzen Überblick über die Kernaussagen und Ergebnisse der Diplomarbeit. Die Potentiale und Chancen von Fassadenbegrünungen in Österreich werden klar dargelegt. Ein weiteres Anliegen ist mir an dieser Stelle, den zukünftigen Forschungsbedarf an der Fassade zusammenzufassen. So soll ein möglicher Weg aufgezeigt werden, den forschende Einrichtungen wie beispielsweise die Universität für Bodenkultur und konkret das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau zukünftig auf dem Trendgebiet der Fassadenbegrünung einschlagen könnten.

6.1 Potentiale und Chancen der Fassadenbegrünung

Die an beiden Systemen durchgeführten Untersuchungen bestätigen die zu Anfangs diskutierte Hypothese, dass Fassadensysteme im Generellen, sowie deren Entwicklung und Planung als auch deren Stand der Technik, weiterer Untersuchungen bedürfen. Fassadenbegrünungssysteme sind meist Einzelobjekte oder stecken noch vollständig in den Kinderschuhen. Deutlich wird auch, dass Fassadensysteme im österreichischen als auch im europäischen Kontext derzeitig an Bedeutung gewinnen, dementsprechend eine Gesprächsbasis von Seiten der Entwickler und der Forschungseinrichtungen im Moment als fruchtbar einzuschätzen ist. Dies soll heißen, dass meiner Meinung nach der Bedarf an Forschung im Sektor der Fassadenbegrünung gegeben ist. Vor Allem fehlt es an allgemein gültiger und anwendbarer Basisinformation.

Tatsache ist jedoch auch, dass die Forschungsbereiche klar abgegrenzt werden müssen. Einige Forschungsbereiche sind aus meiner Sicht derzeit noch nicht wirklich aktuell, beispielsweise das in Kapitel 3.8 bearbeitete Feinstaubrückhaltepotential von Fassaden wird aufgrund von aufwendigen Verfahren und Versuchsflächen möglicherweise noch eine Zeit im Hintergrund bleiben müssen. Anders jedoch die Entwicklung und Weiterentwicklung sowie Optimierung von Fassadensystemen, beispielsweise jenes der Firma Geha. Bestrebungen, für viele Standorte taugliche Baukastensysteme zu schaffen, sollten unterstützt werden. Solche Systeme können einen gewissen Standard am Markt garantieren und dieser Umstand könnte auch die Herausgabe einer gültigen Norm für Österreich hinsichtlich der Fassadenbegrünung unterstützen. Fassadenbegrünung wird derzeit noch nicht auf standardisiertem Level durchgeführt, da noch nicht ausreichend Forschungsergebnisse vorliegen und sich der Standardisierungsvorgang durch die unterschiedlichen Kleinklimata an den verschiedenen Expositionen der Fassaden als kompliziert gestaltet. Eine mögliche Forschungsfrage wäre, die genaue Bestimmung der kleinklimatischen Eigenarten verschiedener Expositionsrichtungen einzuteilen um damit allgemein verwendbare Grundsatzinformation bereitzustellen.

Wie bereits erwähnt, bezieht sich die neue ÖNORM L1131: „Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung“ vor Allem auf Dachbegrünung, daher kann die beste Information für die Praxis derzeit nur aus der FFL Richtlinie: „Richtlinie zur Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen“ (FLL e.V., Bonn, 2000) für Deutschland bezogen werden. Ebenfalls ratsam wäre das Verfassen von „Best

Practice“- Empfehlungen frei nach dem Vorbild des ungarischen Verbandes für Bauwerksbegrünung (ZEOSZ), solche Unterlagen können für die planende Ebene von großem Vorteil sein.

Die Untersuchungen haben jedoch auch gezeigt, dass Fassadenbegrünung derzeit in Österreich noch viel Entwicklungs- und Verbesserungsbedarf aufweist. Interessierte Firmen sowie Einzelinteressenten sollten von den Forschungseinrichtungen von Beginn an unterstützt und betreut werden- vom Aufbau hin über laufende Qualitätsanalysen mit Optimierungsvorgängen bis hin zum funktionierenden System. Wie das Untersuchungsobjekt am Kammelweg zeigt, ist es durchaus ratsam, Forschungseinrichtungen bereits in die Planungsphase einzubinden, um so artgerechte Bepflanzung an einem passenden Standort zu gewährleisten.

Fassadenbegrünung kann genauso wie Dachbegrünung einen großen Beitrag zum städtischen Klima leisten, diese Tatsache ist bereits bekannt, jedoch noch nicht quantifizierbar. Das Forschungsprojekt „GrünStadtKlima“ vom Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau und dem österreichischen Verband für Bauwerksbegrünung (V.f.B.) wird endlich heiß erwartete, belegbare Fakten zu den bisher geäußerten Thesen liefern. Mit diesen Ergebnissen wird das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau die Basis für weitere Forschungs- und Kooperationsprojekte erarbeiten. Mittels solcher Ergebnisse kann das öffentliche Interesse angekurbelt werden, somit das Thema Bauwerksbegrünung für die Öffentlichkeit zugänglicher und greifbarer gemacht werden. Mit belegbaren Ergebnissen können außerdem erste Gespräche mit diversen Fördergebern wie Bund und Land zur erneuten monetären Förderung von Bauwerksbegrünung initiiert werden, solche Unterstützungen heben ihrerseits im Normalfall das Interesse an Begrünungsmaßnahmen. Derzeitige Förderungen in Österreich sehen diese nur für Gründächer und auch räumlich sehr begrenzt vor. In Linz wird die Errichtung von Gründächern bereits seit einigen Jahren gefördert, seit Anfang 2003 wird die Errichtung von Gründächern auch in Wien mit bis zu 2.200,- € unterstützt. Dies gilt jedoch nicht für sämtliche andere Bundesländer und für die Fassadenbegrünung.

Ein ebenfalls wichtiger Meilenstein wäre aus meiner Sicht die Präzisierung des in Kapitel 5.2 dargelegten Bewertungssystems für Fassadenbegrünung. Ein diesbezüglicher Schritt erfordert eine ganzheitlichere Betrachtung als im Zuge dieser Diplomarbeit möglich, kann jedoch bei erfolgreicher Ausführung zur Einführung von grundlegenden Standards, möglicherweise auch Zertifizierungen beitragen.

Eine Abstimmung der österreichischen Vorgehensweise betreffend der Thematik Fassadenbegrünung mit dem Träger der europäischen Interessensvertretung, der Europäischen Föderation für Bauwerksbegrünung (EFB,) scheint aus meiner Sicht nur in wenigen Belangen möglich. Die Vertretung auf supranationaler Ebene kann durch die Trägheit des Apparates bedingt, auf Neuerungen nur langsam reagieren. Der österreichische Verband (V.f.B.) hingegen befindet sich direkt am Puls des Geschehens, kann Ströme sofort erkennen und erfassen, reagiert also wesentlich rascher. Eine Abstimmung der beiden kann also nur hinsichtlich eines regen, beiderseitigen Informationsflusses stattfinden.

Ebenfalls zukunftsorientiert stellt sich für mich eine Zusammenarbeit des österreichischen Verbandes mit Organisationen unserer Nachbarländer mit ähnlichen klimatischen Bedingungen, beispielsweise Ungarn, dar. Forschungsergebnisse sollen ausgetauscht und für beide Seiten zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung stehen.

Fazit ist, dass sämtliche Kooperationspartner wie Forschungseinrichtungen, Verbände und die öffentliche Hand für die Zukunft der Fassadenbegrünung gemeinsam an einem Strang ziehen müssen. Die Vernetzung der verschiedenen Interessen zu diesem Zweck wird eine der nächstliegenden und größten Herausforderungen der nächsten Zeit sein. Ich spreche der Fassadenbegrünung an dieser Stelle in Österreich mehr als nur eine Trendentwicklung zu. Fassadenbegrünungen haben vielseitiges Potential und mit Sicherheit Zukunft, da es sich um ökologisch wertvolle und auch für das Auge schöne Objekte handelt. Sie stellen einen wichtigen Teil des uns umgebenden Grüns dar und lassen für einen Moment unser schnelllebiges, von Betonwüsten geprägtes Umfeld vergessen. Warum nicht Natur und Mensch neu interpretieren und in Einklang bringen? Der Mensch ist auch Teil der Natur, er sollte sich dieses Ursprungs stets bewusst sein und dies auch an seinen Bauwerken frohen Herzens demonstrieren.

Abbildung 111: Impression: Komposition dreier Bilder des Wandgrüns der Firma Geha. ***(05/2010)***

7. LITERATUR und QUELLENVERZEICHNIS

AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (2010): ÖNORM L1131 *„Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung“,* 1. Auflage, Wien

BAKKALAUREATSARBEIT BRETH Linda (2008): Der Stellenwert der Pflege bei städtischen Fassadenbegrünungen, Wien: Universität für Bodenkultur

BAKKALAUREATSARBEIT DAMPFHOFER Dagmar (2008): Vertikale Grünräume, Wien: Universität für Bodenkultur

BAUCH- TROSCHKE Zita V. (1998): Begrünte Wände Lauben und Pergolen: Gestalten mit Kletterpflanzen und Spalierobst. 1. Auflage, München: Callwey

BAUMANN, R. (1983): Begrünte Architektur. In: *Bauen und Gestalten mit Kletterpflanzen*, München

BANKO, G. et al. (2004): Status und Trends des quantitativen Bodenverbrauchs in Österreich. In: *Wissenschaft und Umwelt Interdisziplinär,* Wien

BECSEI, S. (1986): „RankRaum“, Köln

BOLLER, Markus (2006): Schlussbericht des Forschungsprojekts: *„Wasser und Metalleinflüsse bei der Entwässerung von Metall-, Ziegel-, Kies- und Gründächern“* . Bezugsadresse: EAWAG- Das Wasserforschungsinstitut des ETH Bereichs, Dübendorf

BRAUN, C. (1990): Der Zustand der Wiener Stadtbäume: *Interpretation des Kronenzustandes und vergleichbarer Untersuchung des Mineralstoffhaushaltes.* Wien: Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen (ÖBIG)

BRAUN- BLANQUET, J. (1974): Pflanzensoziologie: *Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. überarbeitete Ausgabe, Springerverlag, Wien

BRODERSEN, Kai (1998): Die hängenden Gärten von Babylon, in: Die Geschichte der Gärten und Parks, von: Hans Sarkowicz, Insel Verlag, Frankfurt am Main

DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie: *Grundlagen und Methoden.* Verlag Ulmer, Stuttgart

HÜFING, G. (2008): „Ein Pflanzmantel für ein ausgeglichenes Wien“, LEITFADEN- Fassadenbegrünung Wien.Herausgeber: „die umweltberatung“, Wien

FLORINETH, F. (2004): Pflanzen statt Beton, Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik, Patzer Verlag, Berlin- Hannover

FLORINETH, F. / KLOIDT, F. / ASTLEITNER, D. (2010): Skriptum zu Vegetationstechnik, Studienblätter zur aktuellen Vorlesung. Universität für Bodenkultur, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Wien

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU e.V. – FLL (Hrsg.) (2000): FLL Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen, 2. überarbeitete Auflage, BONN: FLL

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU e.V. – FLL (Hrsg.) (2008): FLL Regelsaatgutmischungen Rasen RSM 2008

GOTHEIN, Marie Luise (1926): Geschichte der Gartenkunst, Verlag Eugen Diederichs, Jena

GUNKEL, R. (2001): Begrünen mit Kletterpflanzen: *Fassaden, Pergolen, Rankgerüste*. Stuttgart

GUNKEL, R. (2004): Fassadenbegrünung: *Kletterpflanzen und Klettergerüste*. Stuttgart

KÖHLER, M. (1993): Fassaden- und Dachbegrünung. Stuttgart

LÄNGERT, Simone (2008): „Studie zum aktuellen Forschungsstand des Feinstaubfiltervermögens von Pflanzen und deren Einsatzmöglichkeiten in Lärm- und Abgasschutzwällen“, Literaturstudie, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, BOKU Wien

MAGISTRAT DER STADT WIEN (2006): Technische Richtlinie zur Dimensionierung von Anlagen zur Reinigung von Dachflächenwässern, Magistratsabteilung 45 für Wasserbau, Wien

PERTLIK, E. (1982): Verhältnis der Masse der Mistel (Loranthus europaeus) zur Masse der Eiche (Quercus sp.) und Vergleich der Gehalte an N, P, K, Ca und Mg in der Trockenmasse, Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien

ROLOFF, A. (2001): Baumkronen: Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH&Co.

SCHARF, B. et al. (2009): Forschungsprojekt „Green Concrete“, Endbericht, BOKU Wien

THÖNESSEN, M. (2006): Staubfilterung und immissionshistorische Aspekte am Beispiel fassadenbegrünenden Wilden Weins (Parthenocissus tricuspidata). Originalarbeit, ecomed Verlag, Landsberg- Tokyo- Mumbai- Seoul- Melbourne- Paris

TRAXLER, A. (1997): Handbuch des Vegetationsökologischen Monitorings, Methoden, Praxis, angewandte Projekte Teil A: Methoden, Umweltbundesamt Wien

TREMP, H. (2005) Aufnahme und Analyse vegetantionsökologischer Daten, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG (V.f.B.) e.V. (2010): ÖNORM L 1131 Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. Wien: Austrian Standards Institute ON

WACKERNAGEL, M. und REES, W. (1997): Unser ökologischer Fußabdruck- Wie der Mensch auf die Umwelt Einfluss nimmt, Verlag Birkhäuser, Basel

Internetquellen:

http://www.eltlivingwalls.com/living-walls/ zuletzt besucht am: 07.06.2010

http://www.efb-greenroof.eu zuletzt besucht am: 07.06.2010

http://www.gruendach.at zuletzt besucht am: 07.06.2010

http://www.akaryon.com zuletzt besucht am: 07.06.2010

http://www.sempergreenvertical.com zuletzt besucht am: 07.06.2010

http://www.helix-pflanzensysteme.de zuletzt besucht am: 07.06.2010

8. ABBILDUNGS- und TABELLENVERZEICHNIS

Titelblatt: Abbildung 1 Fassadensystem HAAS ***Quelle: Eigene Erstellung***

Abbildung 2: Hundertwasserhaus Wien ***(Quelle: http://www.hundertwasserhaus.com)***

Abbildung 3: Hundertwasserhaus Wien ***(Quelle: https://www.hundertwasserhaus.com)***

Abbildung 4: ELT Living Walls ***(Quelle: http://www.eltlivingwalls.com/living-walls/projects)***

Abbildung 5: ELT Living Walls ***(Quelle: http://www.eltlivingwalls.com/living-walls/projects)***

Abbildung 6: Mur Végétal von Patrick Blanc ***(Quelle: http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/projects)***

Abbildung 7: Fassadensystem Firma Hameter (*Tulln, 04/2010)*

Abbildung 8: Winterlicher Kammelweg in der Bauphase 2009/2010, Zeit der höchsten Feinstaubkonzentration ***(Wien, 01/2010)***

Abbildung 9: Winterlicher Kammelweg in der Bauphase 2009/2010, zur Zeit der höchsten Feinstaubkonzentration ***(Wien, 01/2010)***

Abbildung 10: Der ökologische Fußabdruck (*Quelle: http://www.agenda21-wer-macht-was.de/ufaz/image/wegbegleiter/ecofoot.gif*

Abbildung 11: Wohnhausanlage Kammelweg 8 (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 12 Ansicht Ost (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 13 Ansicht Süd (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 14 Ansicht Nord (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 15 Ansicht West (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 16: Grundriss Anlage Kammelweg 8 (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 17: Schema der Schnitte im Grundriss (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 18: Schnitt S1 durch die Westfassade (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 19: Schnitt S2 durch die Südfassade (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 20: Schnitt S2 durch die Südfassade Darstellung des Lichtspiels (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 21: Westfassade mit Loggien und Rankgerüst (*Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007)*

Abbildung 22: Nordfassade Innenhof der Firma Haas Guschelbauergasse 3/1221 Wien, (*05/200)*

Abbildung 23: Südfassade Dach der Firma Haas Guschelbauergasse 3/1221 Wien, (*05/2009)*

Abbildung 24: Vlies Hydrofelt (*05/2009)*

Abbildung 25: Einfaches Filtervlies (*05/200)*

Abbildung 26: Speicherelement (*05/2009)*

Abbildung 27: Pflanzrinne der Firma Haas in der Ausführung „Trapez“ (*Quelle: technische Pläne der Firma Haas zum Projekt ,2009)*

Abbildung 28: Pflanzrinne der Firma Haas in der Ausführung „V“ (*Quelle: technische Pläne der Firma Haas zum Projekt ,2009)*

Abbildung 29: Wandmodul der Firma Haas Gräser- Kräutermischung Multitopf (*09/2009)*

Abbildung 30: Wandmodul der Firma Haas mit Schotterrasenmischung ***(09/2009)***

Abbildung 31: Fassade Süd Kammelweg vor der Pflanzung ***(03/2010)***

Abbildung 32: Fassade Süd Kammelweg Detail Trog vor Bepflanzung *(03/2010)*

Abbildung 33: Aufnahmemodul der Deckungsgrade bei Vegetationsflächen GEHA. 0= keine Deckung vorhanden, 1= Deckung vorhanden

Abbildung 34: „Tortenstück“ aus einem Paneel Trapezform mit Ansaat und Filtervlies mit Speicherelement *(04/2010)*

Abbildung 35: Pflanzen gewaschen und einzeln aufgelegt , IBLB *(04/2010)*

Abbildung 36: System GEHA mit gereinigter, funktionstüchtiger Regenrinne *(03/2010)*

Abbildung 37: System GEHA mit verstopfter, funktionsuntüchtiger Regenrinne *(03/2010)*

Abbildung 38: Befüllen der 10 Liter Gießkanne mittels einem Gartenschlauch durch Vera Enzi *(11/2009)*

Abbildung 39: Einspeisen der 10 Liter Wasser in das Wandpaneel durch DI Doris Astleitner *(11/2009)*

Abbildung 40: Auffangrinne für die austretenden Wassermengen zur Einleitung in das Auffangbecken *(11/2009)*

Abbildung 41: Auffangbecken vor dem Eintritt des Wassers in die Kanalöffnung *(11/2009)*

Abbildung 42: Rankgerüst am Kammelweg, ohne Bepflanzung *(04/2010)*

Abbildung 43: Wandpaneel Firma GEHA in der Guschelbauer Gasse ohne Bepflanzung *(05/2009)*

Abbildung 44: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Fläche 2 Standort Hof, Begrünung mittels Multitopf (08/2009)

Abbildung 45: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Fläche 4 Standort Hof, Begrünung mittels Multitopf *(08/2009)*

Abbildung 46: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Fläche 6 Standort Dach, Begrünung mittels Multitopf *(08/2009)*

Abbildung 47: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Fläche 8 Standort Dach, Begrünung mittels Multitopf *(08/2009)*

Abbildung 48: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Flächen 2, 4, 6 und 8 Standorte Hof und Dach, Begrünung mittels vorgezogenen Pflanzen aus dem Multitopf *(08/2009*

Abbildung 49: Auflistung der ermittelten Deckungsprozente (DG) für die Flächen 1, 3, 5 und 7 Standorte Hof und Dach, Begrünung mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“ *(08/2009)*

Abbildung 50: Vergleich der Deckungsgrade hinsichtlich deren angewandte Bepflanzungsmethoden Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“ und vorgezogene Pflanzen aus dem Multitopf *(08/2009)*

Abbildung 51: Vergleich der Deckungsgrade hinsichtlich der Verwendung von zwei verschiedenen Vliesarten (Drainvlies oder Speicherelement mit Filtervlies) begrünt mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“ *(08/2009)*

Abbildung 52: Vergleich der Deckungsgrade hinsichtlich der Verwendung von zwei verschiedenen Vliesarten (Drainvlies oder Speicherelement mit Filtervlies) begrünt mittels Pflanzen aus dem Multitopf *(08/2009)*

Abbildung 53: Vergleich der Deckungsgrade hinsichtlich der verschiedenen Konstruktionsformen (Trapezform mit größerem Substratvolumen, V-Form mit geringerem Substratvolumen) der Versuchsstandorte Hof und Dach *(08/2009)*

Abbildung 54: Artenzusammensetzung der ersten Versuchsetage, Bepflanzung mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf, Vlieseinlage: Drainvlies, Aufbau: Trapezform *(03/2010)*

Abbildung 55: Artenzusammensetzung der zweiten Versuchsetage, Bepflanzung mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, Vlieseinlage: Speicherelement mit Filtervlies, Aufbau: Trapezform *(03/2010)*

Abbildung 56: Verhältnis von Stammpflanzen zu eingewanderten Pflanzen der ersten Versuchsetage, Bepflanzung mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf, Vlieseinlage: Drainvlies, Aufbau: Trapezform. *(03/2010)*

Abbildung 57: Wurzel/Spross Längenverhältnis der einzelnen Pflanzen der ersten Versuchsetage, Bepflanzung mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf, Vlieseinlage: Drainvlies, Aufbau: Trapezform *(03/2010)*

Abbildung 58: Wurzel/Spross Längenverhältnis der einzelnen Pflanzenarten der zweiten Versuchsetage, Bepflanzung mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, Vlieseinlage: Speicherelement mit Filtervlies, Aufbau: Trapezform *(03/2010)*

Abbildung 59: Wurzel/Spross- Längenverhältnis im Durchschnitt der einzelnen Pflanzen der ersten Versuchsetage, Bepflanzung mittels vorgezogener Pflanzen aus dem Multitopf, Vlieseinlage: Drainvlies, Aufbau: Trapezform. ***(03/2010)***

Abbildung 60: Wurzel/Spross- Längenverhältnis im Durchschnitt der einzelnen Pflanzenarten der zweiten Versuchsetage, Bepflanzung mittels Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, Vlieseinlage: Speicherelement mit Filtervlies, Aufbau: Trapezform. ***(03/2010)***

Abbildung 61: Durchschnittliches Wurzel/Spross Längenverhältnis im Vergleich der Begrünungsmethoden Multitopf zu Ansaat. Aufbau: Trapezform. ***(03/2010)***

Abbildung 62: Gegenüberstellung von Fremdarteneinflug der verschiedenen Begrünungsmethoden, Multitopf (Pflanzung) sowie Ansaat. ***(03/2010)***

Abbildung 63: Pflanzen aus dem Multitopf, deutliches Wachstum zugunsten der Wurzel zu erkennen, teilweise verkrüppelter Wuchs, BOKU ***(03/2010)***

Abbildung 64: Pflanzen aus Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, frisches Grün und kräftige Pflanzen, BOKU ***(03/2010)***

Abbildung 65: Pflanzen aus Ansaat der „BOKU Schotterrasenmischung“, gute Vitalität ***(08/2009)***

Abbildung 66: Pflanzen dem Multitopf, gute Vitalität ***(08/2009)***

Abbildung 67: Pflanzen aus Ansaat mittels „BOKU Schotterrasenmischung“, geringster Vitalitätsdurchschnittswert mit 2,4 auf Versuchsfläche 3 ***(08/2009)***

Abbildung 68: Pflanzen aus dem Multitopf, in einzelne Arten je nach Fläche aufgegliedert, geringste Vitalitätswerte durch Salvia pratensis. ***(08/2009)***

Abbildung 69: Ausfälle in % bezogen auf die bepflanzten Versuchsflächen der Begrünungsvariante Multitopf ***(08/2009)***

Abbildung 70: Durchführungsort der Wassertests Standort Hof: Links zweite Versuchsfläche (Drainvlies) und rechts dritte Versuchsfläche (Speicherelement + Filtervlies) ***(11/2009)***

Abbildung 71: Durchführungsort der Wassertests Standort Hof, wichtigstes Utensil vor Ort, die blaue Gießkanne ***(11/2009)***

Abbildung 72: Durchführung der Wassertests durch Vera Enzi, zweite Versuchsfläche (Drainvlies), Standort Hof am 3. 11.2009 ***(11/2009)***

Abbildung 73: Durchführung der Wassertests durch Doris Astleitner, zweite Versuchsfläche (Drainvlies), Standort Hof ***(11/2009)***

Abbildung 74: Simulation Starkregenereignis Durchlaufzeit der Wassermenge, Versuchsfläche Drainvlies. ***(11/2009)***

Abbildung 75: Simulation Starkregenereignis, Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsfläche Drainvlies ***(11/2009)***

Abbildung 76: Simulation Starkregenereignis, Durchlaufzeit im Vergleich zur fortschreitenden Dotation, Versuchsfläche Drainvlies ***(11/2009)***

Abbildung 77: Simulation Starkregenereignis, Verlauf der Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsfläche Drainvlies ***(11/2009)***

Abbildung 78: Simulation Starkregenereignis Durchlaufzeit der Wassermenge, Versuchsfläche Speicherelement und Filtervlies. ***(11/2009)***

Abbildung 79: Simulation Starkregenereignis, Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsfläche Speicherelement und Filtervlies ***(11/2009)***

Abbildung 80: Simulation Starkregenereignis, Durchlaufzeit im Vergleich zur fortschreitenden Dotation, Versuchsfläche Speicherelement und Filtervlies ***(11/2009)***

Abbildung 81: Simulation Starkregenereignis, Verlauf der Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsfläche Speicherelement und Filtervlies ***(11/2009)***

Abbildung 82: Simulation Starkregenereignis Durchlaufzeit der Wassermenge, Versuchsflächen im Vergleich. ***(11/2009)***

Abbildung 83: Simulation Starkregenereignis, Wassermenge im Auffangbecken, Versuchsflächen im Vergleich. ***(11/2009)***

Abbildung 84: Liste der untersuchten Parameter der Wasserproben, zusammengestellt vom Institut für Siedlungswasserbau der BOKU Wien (11/2009)

Abbildung 85: Wasserentnahmestelle Standort 1 Hof, Versuchsfläche 2, Dachwasser , Probenname: nach Regenrinne vor Einleitung in Kaskadensystem (11/2009)

Abbildung 86: Wasserentnahmestelle Standort 1 Hof, Versuchsfläche 2, Dachwasser , Probenname: bei Austritt aus dem Kaskadensystem, vor Einleitung in den Kanal *(11/2009)*

Abbildung 87: Ergebnisse der Wasserproben, Wasserentnahmestelle Standort 1 Hof, Versuchsfläche 2: im Vergleich Dachwasser , Probenname: OBEN und Versuchsfläche 2, Kaskadendurchlaufwasser, Probenname: UNTEN, erster Teil. (11/2009)

Abbildung 88: Ergebnisse der Wasserproben, Wasserentnahmestelle Standort 1 Hof, Versuchsfläche 2: im Vergleich Dachwasser , Probenname: OBEN und Versuchsfläche 2, Kaskadendurchlaufwasser, Probenname: UNTEN, zweiter Teil. (11/2009)

Abbildung 89: Betonbodentröge zwischen den Kleingärten im Erdgeschoß (5/2010)

Abbildung 90: Metallkonstruktion des Gerüstes am Kammelweg (5/2010)

Abbildung 91: Blütenstand von Lonicera periclymemum *Quelle: http://www.floralimages.co.uk/images/lonicera_periclymenum_b07.jpg*

Abbildung 92: Blütenstand von Lonicera heckrottii *Quelle: http://www.eggert-baumschulen.de/images/product_images/popup_images/725_1_Lonicera-heckrottii-Jelaengerjelieber.JPG*

Abbildung 93: Blütenstand von Humulus lupulus *Quelle: http://www.plantipp.nl/images/planten/94b5d0d1479ad15fe39e76d4a2f717a0_Humulus%20Prima%20dona.jpg*

Abbildung 94: Blütenstand von Clematis tangutica *Quelle: http://www.schmid-gartenpflanzen.de/elements/products/medium/408-Clematis-tangutica-%27Lambton-Park%27-add_2.jpg*

Abbildung 95: Blütenstand von Fallopia aubertii *Quelle: http://fr.academic.ru/pictures/frwiki/50/250px-Fallopia_aubertii1.jpg*

Abbildung 96: Blütenstand von Clematis vitalba *Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Clematis_vitalba.JPG*

Abbildung 97: Parthenocissus quinquefolia *Quelle: http://www.ruhr-uni-bochum.de/boga/html/Parthenocissus.quinquefolia.ho.jpg*

Abbildung 98: Clematis montana var. rubens *(Quelle: http://oregonstate.edu/dept/ldplants/images/clmor78.jpg)*

Abbildung 99: Fassadensystem Firma Hameter am eigenen Produktionsgelände, Ausfälle bei einigen Versuchsarten durch den langen und nassen Winter sichtbar *(05/2010)*

Abbildung 100: V.f.B.-Gütesiegel für einzelne Gründachkomponenten, die Zertifizierung A. (*Quelle: www.gruendach.at*)

Abbildung 101: V.f.B.-Gütesiegel für einen gesamten Gründachaufbau, die Zertifizierung B. (*Quelle: www.gruendach.at*)

Abbildung 102: V.f.B.-Gütesiegel für begutachtete und empfohlene Gründachaufbauten, die Zertifizierung C. (*Quelle: www.gruendach.at*)

Abbildung 103: Bewertungsmodell Gründächer Excel- Formelblatt Screenshot. (04/2010)

Abbildung 104: Bewertungsmodell Gründächer Excel- Formelblatt Screenshot. *(04/2010)*

Abbildung 105: Südfassade am Kammelweg 8, in die Fassade integrierter Edelstahlprofilturm. *(05/2010)*

Abbildung106: Südfassade am Kammelweg 8, Ansicht der in die Loggienvorbauten integrierten Begrünungsanlage. *(05/2010)*

Abbildung 107: Südfassade am Kammelweg 8, Ansicht der in die Loggienvorbauten integrierten Begrünungsanlage. *(05/2010)*

Abbildung 108: Südfassade am Kammelweg 8, Betonpflanztröge während der Durchführung der Pflanzarbeiten. *(05/2010)*

Abbildung 109: Versuchsgelände der Firma GEHA in der Guschelbauergasse, Fassadenpaneel am Standort Dach. *(05/2010)*

Abbildung 110: Versuchsgelände der Firma GEHA in der Guschelbauergasse, Fassadenpaneel am Standort Dach. *(05/2010)*

Abbildung 111: Impression: Komposition dreier Bilder des Wandgrüns der Firma Geha. *(05/2010)*

Tabellen

Tabelle 1: Kostenvergleich von Fassadensystemen, Eigene Erstellung, Quelle; DI Bernhard Scharf, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

Tabelle 2: Projektbeteiligte Firmen und Personen am Kammelweg 8, *Quelle: Beiratsmappe der EBG zum Bauprojekt Kammelweg vom 17.12.2007*

Tabelle 3: Versuchsaufbau im Überblick
Quelle: Bericht von DI Doris Astleitner zum Projekt Klimaschutzfassade, 2009

Tabelle 4: Auflistung der verwendeten Komponente der BOKU- Schotterrasenmischung. Eigene Erstellung, Quelle: Bericht von DI Doris Astleitner zum Projekt Klimaschutzfassade, 2009

Tabelle 5: Auflistung der verwendeten Topfpflanzen, *Quelle: Bericht von DI Doris Astleitner zum Projekt Klimaschutzfassade, 2009*

Tabelle 6: Musterbogen für die Simulation von Starkregenereignissen

Tabelle 7: Gestaltung einer Kräuteretage, Sortiment *(05/2010)*

Tabelle 8: Gestaltung eines Steingartens an der Fassade, Sortiment *(05/2010)*

Tabelle 9: Gestaltung einer einjährigen Fassadenbepflanzung, Sortiment *(05/2010)*

Tabelle 10: Gestaltung einer einjährigen Fassadenbepflanzung, Sortiment *(05/2010)*

Tabelle 11: Geeignete Pflanzen für Pflanzenkläranlagen, Sortiment *(05/2010)*

Tabelle12: Bewertungstafel für Fassadenbegrünungen, Modellversuch. *(04/2010)*

9.1 ANHANG A- Artenliste Kletterpflanzen

Liste wichtiger Kletterpflanzen geordnet nach Wuchsform

Selbstkletterer

Campsis, Trompetenblume, Bignoniaceae

- Campsis grandiflora
- Campsis radicans
- Campsis x tagliabuana

Euonymus, Kletterspindelstrauch, Celastraceae

- Euonymus fortunei

Hedera, Efeu, Araliaceae

- Hedera helix

Hydrangea, Kletterhortensie, Hydrangeaceae

- Hydrangea anomala ssp. petiolaris

Parthenocissus, Wilder Wein, Jungfernrebe, Vitaceae

- Parthenocissus quinquefolia
- Parthenocissus tricuspidata

Schlingpflanzen

Akebia, Akebie, Lardizabalceae

- Akebia quinata

Aristolochia, Pfeifenwinde, Aristolochiaceae

- Aristolochia macrophylla

Celastrus, Baumwürger, Celastraceae

- Celastrus orbiculatus
- Celastrus scandens

Fallopia, Knöterich, Polygonaceae

- Fallopia aubertii

Humulus, Hopfen, Cannabaceae

- Humulus lupulus
- Humulus scandens

Ipomoea, Trichterwinde, Convolvulvaceae

- Ipomoea tricolor

Lonicera, Geißblatt, Caprifoliaceae

Wisteria, Glyzine, Blauregen, Leguminosae

Rankpflanzen

Clematis, Waldrebe, Ranunculaceae

- Clematis vitalba

Vitis, Weinrebe, Vitaceae

Spreizklimmer

Jasminum, Winterjasmin, Oleaceae

- Jasminum nudiflorum

Rosa, Kletterrose, Rosaceae

Rubus, Brombeere, Rosaceae

- Rubus fruticosus
- Rubus henryi

Solanum, Bittersüßer Nachtschatten, Solanaceae

- Solanum dulcamara

A.I.VE.P.
Associazione Italiana Verde Pensile
Lungotevere degli Altoviti, 4
– 00186 ROMA RM, Italien

Phone: 0039 (0) 06 862 03 392
Fax: 0039 (0) 06 862 03 392
Mobile: 0039 (0) 335 383 561
E-Mail: segreteria@aivep.org
http: www.aivep.org

Vorsitzender / Ansprechpartner

Ing. Giorgio Boldini/Dott. Paolo Abram

FBB
Fachvereinigung Bauwerksbegrünungsve
D-66130 Saarbrücken

Phone: 0049 (0) 681 98 80 570
Fax: 0049 (0) 681 98 80 572
E-Mail: info@fbb.de
http: www.fbb.de

Vorsitzender / Ansprechpartner

Dr. Gunter Mann

SFG
Schweizer Fachvereinigung
Gebäudebegrünung
Stationsstrasse 26
CH – 3645 Gwatt/Thun, Schweiz
Phone: 0041 (0) 33 223 37 57
Fax: 0041 (0) 33 335 76 55
Mobile: 0041 (0) 794590450
E-Mail: info@sfg-gruen.ch
http: www.sfg-gruen.ch

Vorsitzender / Ansprechpartner

Tobias Schmid

V.f.B.
Verband für Bauwerksbegrünung
Wiedner Hauptstrasse 63
A – 1045 Wien, Österreich

Mobile: 0043 (0) 6349631
E-Mail: office@gruendach.at
http: www.gruendach.at

Vorsitzender / Ansprechpartner

Gerold Steinbauer / Herbert Eipeldauer

VBB
Vereniging van Bouwwerk Begroeners
Postbus 3016
NL - 6460 HA Kerkrade, Niederlande
Phone: 0031 45 535 23 94
Fax: 0031 45 535 39 30
Mobile: 0031 646051999
E-Mail: vbb@planet.nl
http: www.bouwwerkbegroeners.nl

Vorsitzender / Ansprechpartner

Ruud van Scheijndel/Stephan Droog

ZEOSZ
Zöldtetöepitök Országos Szövetsége
Villány út 35 - 43
H – 1118 Budapest, Ungarn
Phone: 0036 (06) 1 482 6459
Fax: 0036 (06) 1 482 6333
Mobile: 0036 (06) 20 922 41 87/
(06) 70 512 9162
E-Mail: info@zeosz.hu
http: www.zeosz.hu

Vorsitzender / Ansprechpartner

László Bellavics / Sándor Horváth

Livingroofs.org
Livingroofs.org Ltd
GB - London SE10 8AR7,7 Dartmouth Grove, Großbritannien

Phone: 0044 2086922109
Mobile: 0044 7977202373
E-Mail: dusty1@livingroofs.org
http: www.livingroofs.org

Ansprechpartner

Dusty Gedge

SGRA
Scandinavian Green Roof Association
Ystadvägen 56
S-21455 Malmö, Schweden

Phone: 0046 (0) 40 948520
Fax: 0046 (0) 40 928345
E-Mail: info@greenroof.se
http: www.greenroof.se

Ansprechpartner

Trevor Graham

BVGG
Belgische Vereniging Groedaken en Gebruiksdaken Boomsesteenweg 46
2630 Aartsellar
Belgien
Phone: 0032 3 8433966
Fax: 0032 3 8433967
Mobile: 0032 473 806 371
E-mail: management@ibic.be
http: www.ibic.be

Ansprechpartner

Luc Tavernier

PSDZ
Polskie Stowarzyszenie "Dachy Zielone"
Pl. Grunwaldzki 24 A
50-363 Wrocław
Poland

Phone: (71) 320 55 55
Email: info@psdz.org.pl
http: www.psdz.org.pl

Ansprechpartner

Ewa Piątek-Kozuchowska

GRGR
Green Roofs Greece
48 Haritos Street Kolonakis
Athens 10676, Greece

Phone: 0030 210 7213324
Fax: 0030 210 7250863
Email: m.franghiadis@hotmail.com
http: www.oikosteges.gr

Ansprechpartner

Marilena Franghiadis

VBSH
Verband der Begrünungs-System Hersteller e.V.
Heinrich-Hertz-Strasse 1a
D-59423 Unna, Deutschland

Phone: 0049 (0) 2303 25002-0
Fax: 0049 (0) 2303 25002-33
E-Mail: info@vbsh-ev.de
http: www.vbsh-ev.de

Ansprechpartner

Holger Zühlke

9.3 ANHANG C- Einzelergebnisse Vegetationsaufnahmen aufbereitet in EXCEL

Aufnahmen vom 7. August 2009, Fläche 2, 4, 6, 8 Ausfälle, Vitalität und Deckung (Pflanzung aus Multitopf)

Vitalität nach Braun	1: sehr gut
	2: gut
	3: mittel
	4: gering
	5: tot

Drainvlies

Filtervlies mit Speicherelement

Fläche 2 Drainvlies

Ausfälle

	Petrorhagia saxifraga	Festuca ovina	Sedum floriferum (3)	Sedum album c.c (2)	Sedum sexangulare (1)	Thymus pulegoides	Sedum hybridum (4)	Salvia pratensis	Festuca rubra	Koeleria glauca	Petrorhagia saxifraga	Sedum album	Thymus pulegoides
Rinne 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rinne 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rinne 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Vitalität

	Petrorhagia saxifraga	Festuca ovina	Sedum floriferum (3)	Sedum album c.c (2)	Sedum sexangulare (1)	Thymus pulegoides	Sedum hybridum (4)	Salvia pratensis	Festuca rubra	Koeleria glauca	Petrorhagia saxifraga	Sedum album	Thymus pulegoides
Rinne 1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1
Rinne 2	1	1	1	2	2	2	1	5	2	1	1	1	1
Rinne 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
Rinne 4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rinne 5	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
Rinne 6	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Rinne 7	1	1	1	2	1	1	1	5	2	1	1	2	1
Rinne 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rinne 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2

Fläche 4 (Filtervlies und Speicherelement)

Ausfälle

	Petrorhagia saxifraga	Festuca ovina	Sedum floriferum (3)	Sedum album c.c (2)	Sedum sexangulare (1)	Thymus pulegoides	Sedum hybridum (4)	Salvia pratensis	Festuca rubra	Koeleria glauca	Petrorhagia saxifraga	Sedum album	Thymus pulegoides
Rinne 1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Rinne 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rinne 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rinne 7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rinne 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinne 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Vitalität													
	Petrorhagia saxifraga	Festuca ovina	Sedum floriferum (3)	Sedum album c.c (2)	Sedum sexangulare (1)	Thymus pulegoides	Sedum hybridum (4)	Salvia pratensis	Festuca rubra	Koeleria glauca	Petrorhagia saxifraga	Sedum album	Thymus pulegoides
Rinne 1	5	1	1	1	1	5	1	1	5	4	2	1	1
Rinne 2	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	3	2
Rinne 3	1	1	2	4	1	1	2	1	2	4	1	1	1
Rinne 4	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1
Rinne 5	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rinne 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	5
Rinne 7	1	1	1	3	1	1	1	5	1	2	1	1	1
Rinne 8	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
Rinne 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2

Fläche 6 (Drainvlies)						
	Art	Anzahl	Ausfälle	Art	Anzahl	Ausfälle
Rinne 1	Koeleria glauca	27	0	Festuca rubra	2	0
Rinne 2	Sedum floriferum (3)	11	1	Thymus pulegoides	18	0
Rinne 3	Sedum floriferum (3)	16	0	Sedum hybridum (2)	13	1
Rinne 4	Petrorhagia saxifraga	14	0	Sedum hybridum (2)	14	0
Rinne 5	Petrorhagia saxifraga	12	0	Salvia pratensis	18	0
Rinne 6	Sedum sexangulare (4)	21	1	Salvia pratensis	9	0
Rinne 7	Sedum sexangulare (4)	30	2			

	Art	Anzahl	Vitalität	Art	Anzahl	Vitalität
Rinne 1	Koeleria glauca	27	1	Festuca rubra	2	2

Rinne 2	Sedum floriferum (3)	11	1	Thymus pulegoides	18	1
Rinne 3	Sedum floriferum (3)	16	2	Sedum hybridum (2)	13	2
Rinne 4	Petrorhagia saxifraga	14	1	Sedum hybridum (2)	14	2
Rinne 5	Petrorhagia saxifraga	12	1	Salvia pratensis	18	1
Rinne 6	Sedum sexangulare (4)	21	2	Salvia pratensis	9	1
Rinne 7	Sedum sexangulare (4)	30	1			

Fläche 8 (Drainvlies)

	Art	Anzahl	Ausfälle	Art	Anzahl	Ausfälle
Rinne 1	Festuca rubra	30	1		0	0
Rinne 2	Festuca rubra	30	0		0	0
Rinne 3	Thymus pulegoides	9	0	Festuca rubra	20	0
Rinne 4	Sedum hybridum (2)	27	0	Festuca ovina	3	0
Rinne 5	Festuca ovina	30	0		0	0
Rinne 6	Festuca ovina	30	0		0	0
Rinne 7	Festuca ovina	30	0		0	0

	Art	Anzahl	Vitalität	Art	Anzahl	Vitalität
Rinne 1	Festuca rubra	30	1		0	
Rinne 2	Festuca rubra	30	1		0	
Rinne 3	Thymus pulegoides	9	2	Festuca rubra	20	1
Rinne 4	Sedum hybridum (2)	27	1	Festuca ovina	3	1
Rinne 5	Festuca ovina	30	1		0	
Rinne 6	Festuca ovina	30	1		0	
Rinne 7	Festuca ovina	30	1		0	

Fläche 2 Deckung	
Rinne	Deckung
1	55
2	50
3	57
4	60
5	57
6	60
7	55
8	60
9	60
	514

Fläche 4 Deckung	
Rinne	Deckung
1	20
2	40
3	40
4	45
5	50
6	60
7	45
8	55
9	55
	410

Fläche 6 Deckung	
Rinne	Deckung
1	60
2	75
3	75
4	80
5	80
6	75
7	70
	515

Fläche 8 Deckung	
Rinne	Deckung
1	65
2	65
3	60
4	65
5	70
6	70
7	70
	465

Aufnahmen vom 7. August 2009, Fläche 1, 3, 5, 7 Vitalität und Deckung (Ansaat)

Fläche 1 (Drainvlies)			
	Deckung		Vitalität
Rinne 1	70	Rinne 1	2,5
Rinne 2	67	Rinne 2	2,5
Rinne 3	72	Rinne 3	2,5
Rinne 4	73	Rinne 4	2,5
Rinne 5	70	Rinne 5	2,5
Rinne 6	70	Rinne 6	2,5
Rinne 7	78	Rinne 7	1,5
Rinne 8	80	Rinne 8	1,5
Rinne 9	81	Rinne 9	1,5
	661		**19,5**

Fläche 3 (Filtervlies und Speicherelement)			
	Deckung		Vitalität
Rinne 1	18	Rinne 1	4
Rinne 2	25	Rinne 2	4
Rinne 3	25	Rinne 3	4
Rinne 4	25	Rinne 4	3,5
Rinne 5	30	Rinne 5	3,5
Rinne 6	32	Rinne 6	3
Rinne 7	35	Rinne 7	3
Rinne 8	40	Rinne 8	2
Rinne 9	60	Rinne 9	2,5
	290		**29,5**

Fläche 5 (Filtervlies und Speicherelement)

	Deckung		Vitalität
Rinne 1	55	Rinne 1	2,5
Rinne 2	53	Rinne 2	2,5
Rinne 3	54	Rinne 3	2,5
Rinne 4	52	Rinne 4	2,5
Rinne 5	52	Rinne 5	2,5
Rinne 6	61	Rinne 6	2
Rinne 7	62	Rinne 7	2
Rinne 8	76	Rinne 8	1,5
Rinne 9	78	Rinne 9	2,5
	543		**20,5**

Fläche 7 Drainvlies

	Deckung		Vitalität
Rinne 1	30	Rinne 1	3,5
Rinne 2	33	Rinne 2	3
Rinne 3	30	Rinne 3	3
Rinne 4	35	Rinne 4	2,5
Rinne 5	35	Rinne 5	2,5
Rinne 6	30	Rinne 6	3,5
Rinne 7	30	Rinne 7	3,5
	223		**21,5**

Aufnahmen vom 5. Februar 2010, Etage 1 (Drainvlies, Multitopf) und Etage 2 (Filtervlies und Speicherelement, Ansaat)

Etage 1 Drainvlies, Pflanzung Multitopf

	Sprosslänge in cm	Wurzellänge in cm	Anzahl	
Thymus 1	25	25	2	*enorme Wurzelmasse, sehr viele Feinwurzeln*
Thymus 2	16	35	1	
Petrorhagia	8	24	2	*Standort scheinbar gut passend, weil in Blüte*
Poa 1	13	15	1	*sehr leicht heraus zu ziehen, waren lange im Topf, noch immer in Ballenform, kaum weiter entwickelt*
Poa 2	33	15	2	
Salvia	5	16	1	

Sedum floriferum 1	12	12	1	*sehr sehr wenige Feinstwurzeln*
Sedum floriferum 2	9	20	3	
Sedum album	10	18	5	*Pflanze wirkt ausgewogen, gute Vitalität*
Sedum sexangulare	6	10	35	*dünne wenige Wurzeln, verkrüppelt*
			53	

Etage 2 Speicherelement und Filtervlies, Ansaat

Arten	**Sprosslänge Durchschnitt in cm**	**Wurzellänge Durchschnitt in cm**
Poa	15	7
Klee	7	5
Petrorhagia	3	3
Schafgarbe	5	6

Aufnahmen vom 3. November 2009, Versuchsanlage 1 (Drainvlies) und Versuchsanlage 2 (Filtervlies mit Speicherelement)

Versuchsfläche 1 Drainvlies

Wasser vom Dach	Wasser Drainvlies	Durchlaufzeit Drainvlies
10 Liter	3,2	210
20 Liter	5	120
30 Liter	7	120
40 Liter	7,5	60
50 Liter	7,5	36
60 Liter	7,5	32
70 Liter	7	34
80 Liter	7,5	38
90 Liter	8	30
100 Liter	7,5	32

Versuchsfläche 2 Filtervlies mit Speicherelement

Wasser vom Dach	Wasser Speicherelement und Filtervlies	Durchlaufzeit Speicherelement und Filtervlies
10 Liter	2,5	125
20 Liter	4,5	90
30 Liter	1,5	90
40 Liter	6,5	80
50 Liter	7,5	63
60 Liter	7,5	60
70 Liter	8	41
80 Liter	7,5	48
90 Liter	7	45
100 Liter	7,5	43

9.4 ANHANG D- Auswahl von Einzelfotos der Vegetationsaufnahme Wurzel/Spross Längenverhältnis

Abbildungsreihe 1: Einzelaufnahme Sedum album Multitopf

Abbildungsreihe 2: Einzelaufnahme Sedum floriferum 1 Multitopf

Abbildungsreihe 3: Einzelaufnahme Sedum floriferum 2 Multitopf

Abbildungsreihe 4: Einzelaufnahme Sedum sexangulare Multitopf

Abbildungsreihe 5: Einzelaufnahme Salvia pratensis Multitopf

Abbildungsreihe 6: Einzelaufnahmen Petrorhagia saxifraga Multitopf

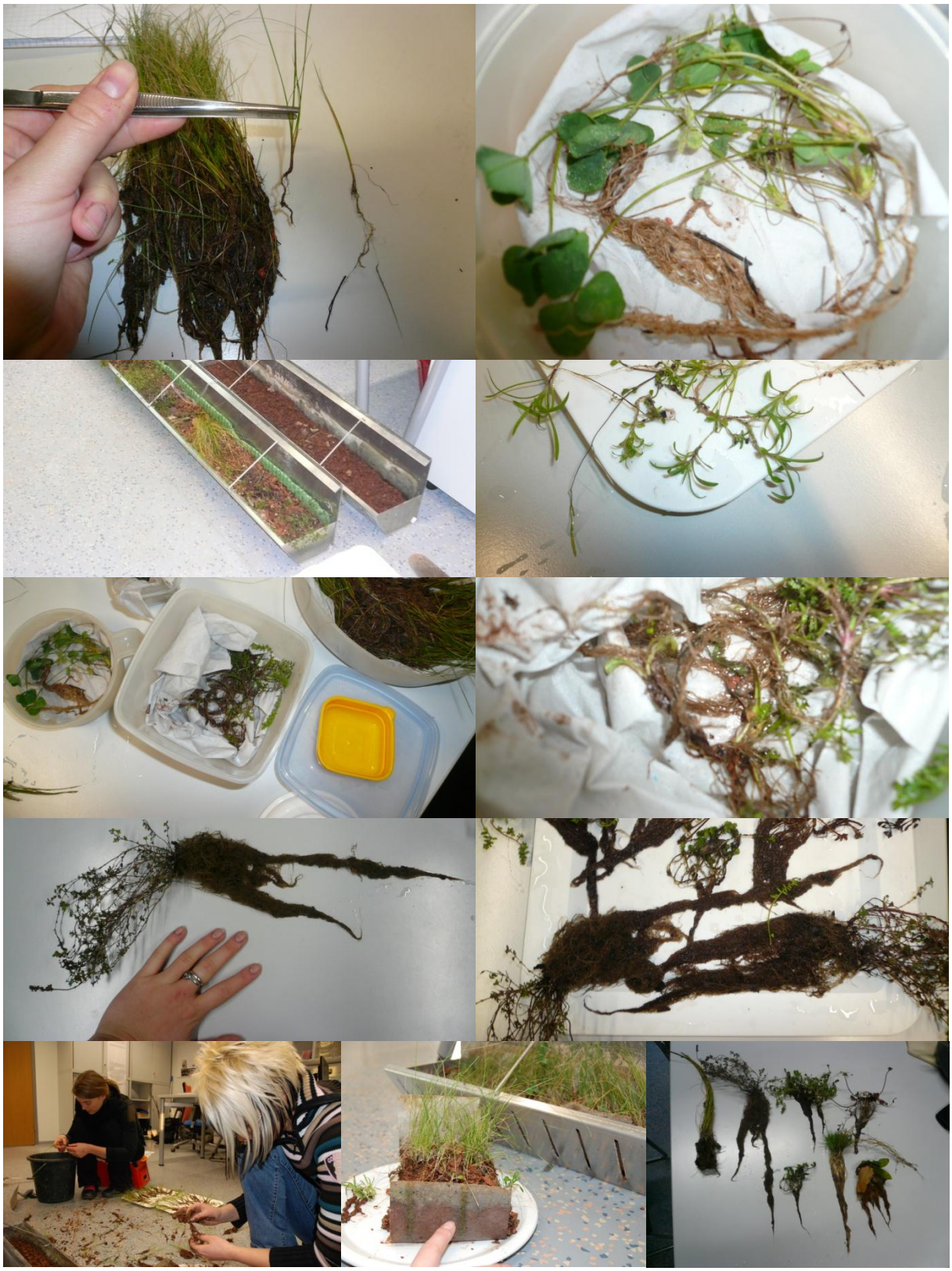
Abbildungsreihe 7: Einzelaufnahmen Thymus pulegroides Multitopf

Abbildungsreihe 8: Einzelaufnahmen Poa 1 Multitopf

Abbildungsreihe 9: Einzelaufnahmen Poa 2 Multitopf

Abbildungsreihe 10: Poa (622 Stück) Ansaat

Die folgenden Abbildungen zeigen einzelne Arbeitsschritte während der Aufnahmen.



9.5 ANHANG E- Entwurf Bewertungsmodell- Auszug EXCEL

Rechenmodell zur Bewertung von Fassadenbegrünungen (Entwurf)

Antragstellende Firma:		Antragsnr.:	
Begrünungsart:	Pflanztröge und Substrat in der F 1	Datum:	
Ausbildungsform:	---------- 2		
Aufbaubeschreibung:			

Schichtstärke in cm:	0
Angestrebte Gesamtpunktezahl:	0

Anleitung: Begrünung auswählen und blaue Felder ausfüllen

Berechnung	Grundpunkte	Grünvolumen in % der Deckung	Artenzahl	Pflanzenverfügbarer Raum im m3 Substrat	Standortgerechtes Sortiment in %	Pflegeaufwand in Tagen/Jahr
Vorgegeben	0	50	2	0,2	50	2
Vorhanden	0	0	0	0	0	0
Erfüllungsgrad	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Punkteabzug/-zuschlag	**0**	**-200**	**-6**	**0**	**0**	**0**

Gesamtpunktezahl	**-206**

Ausbildungsformen der Begrünung	Begrünungsarten
- Mischform ---------- - Kletterpflanzen - Moos/Sedum - Kräuter - Stauden - Gräser	- Pflanztröge und Substrat in der Fassade - Bodengebundene Begrünung

Beurteilung der Zertifizierungskommision:

Die Berechnung nach dem Bewertungsmodell ist korrekt.

Unterschriften, Datum:

Das vorliegende Modell kann und darf in diesem Entwicklungsstadium nur als reiner Entwurf gesehen werden. Eine weitere Bearbeitung und Vervollständigung ist dringend notwendig, falls es zum Einsatz kommen soll. Die Formeln in Microsoft EXCEL 2003 müssen überarbeitet werden, ebenso müssen die angegebenen Kategorien und Skalen zur Einteilung nochmals überdacht werden. Gängige Zahlen zur Quantifizierung von Pflegemaßnahmen müssen im Vorfeld erhoben werden, sollte diese Kategorie auch weiterhin zum Einsatz kommen.