

Sondierung für die Entwicklung von moosbewachsenen Gebäudefassadenpaneelen

BE-MO-FA

U. Pont, E. Heiduk,
H. Zechmeister,
S. Schmidt, J. Gätz,
D. Moser, K. Zmelik,
D. Wolosiuk, M. Schuss,
C. Sustr, K. Kiesel, A. Mahdavi

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

16/2018

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Sondierung für die Entwicklung von moosbewachsenen Gebäudefassadenpaneelen

BE-MO-FA

Dipl.-Ing. Dr. techn. Ulrich Pont, Dipl.-Ing. Ernst Heiduk, Dawid Wolosiuk
Bakk. techn., Dipl.-Ing. Dipl.-Ing.(FH) Dr. techn. Matthias Schuss,
Christian Sustr Bakk. techn. Dipl.Ing. Kristina Kiesel,
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ardeshir Mahdavi
TU Wien / Abteilung Bauphysik und Bauökologie E259.3

Priv.-Doz. Mag. Dr. Harald Zechmeister,
Judith Gätz Bakk.rer.nat., Dr. Dietmar Moser, Mag. Katherina Zmelik
Universität Wien, Division of Conservation Biology,
Vegetation Ecology and Landscape Ecology

Dipl.-Ing. Stefan Schmidt
Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Schönbrunn

Wiener Stadtgärten (Magistratsabteilung 42)

Wien, November 2015

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des bmvit publiziert und elektronisch über die Plattform www.HAUSderZukunft.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	11
Abstract.....	13
1 Einleitung.....	15
1.1 Aufgabenstellung.....	16
1.2 Stand der Technik (Recherche)	17
1.2.1 Realisierte Projekte	18
1.2.2 Recherchen zu Anbietern von Moos für Gebäudewände, zur Anzucht und zu Anwendungsbeispiele.....	37
1.3 Verwendete Methoden.....	75
1.3.1 Prinzipielle Konzepte	75
1.3.2 Zeitraum der getätigten Arbeiten	78
1.3.3 Versuchsflächen.....	79
1.3.4 Trägerpaneele.....	80
1.3.5 Füllsubstrate.....	86
1.3.6 Übersichtstabelle Versuchsanordnung (bepflanzte Paneele / Versuchsflächen).....	88
1.3.7 Moose	90
1.3.8 Plattenmuster	99
1.3.9 Bepflanzungsmethoden.....	100
1.3.10 Anlage der Versuchsflächen.....	110
2 Ergebnisse	112
2.1 Ergebnisse der Bepflanzung mit Sprossen	113
2.2 Ergebnisse der Bepflanzung mit Moosfragment-Kleister-Mischung.....	118
2.3 Ergebnisse der Bepflanzung mit ganzen Moos-Polstern	121
2.4 Ergebnisse der Bepflanzung auf speziellen Paneelen	122
3 Schlussfolgerungen	123
3.1 Moose.....	124
3.2 BPM 1 und 3.....	127
3.3 BPM 2.....	129
3.4 Substrate	130
3.5 Paneele	132
3.6 Versuchsbedingungen	133
4 Ausblick und Empfehlungen	134

5	Verzeichnisse	135
5.1	Abbildungsverzeichnis	135
5.2	Tabellenverzeichnis	142
5.3	Literaturverzeichnis.....	143
5.3.1	Literatur (Papers, Journale, Bücher, Berichte)	143
5.3.2	Webressourcen (letzter Abruf der Seiten jeweils 23. November 2015)	143

Kurzfassung

Dieser Report beschreibt die Bemühungen, die im Zuge des BE-MO-FA-Projektes durchgeführt wurden. Es handelt sich bei dem Projekt um eine **Sondierung zur Entwicklung von moosbewachsenen Fassadenpaneelen durch Auswahl und Erprobung von geeigneten (i) Moosarten, (ii) neuen Feuchtespeicher- und Haftsubstraten, (iii) Materialien für Tragpaneele und (iv) hochbautechnischen Konstruktionsdetails für (i) ganzjährig grüne, (ii) dauerhafte, (iii) pflegeextensive und (iv) kostengünstige Gebäudefassaden.**

Ausgangssituation/Motivation

Die Begrünung von Gebäuden und städtischen Strukturen ist ein großes Bedürfnis in der Bevölkerung und bei Planern. Oftmals ist eine Realisierung von extensiv oder intensiv begrünten Dächern nicht möglich und eine Begrünung der Fassade ist oftmals nur schwer realisierbar. Für Fassadenbegrünungen sind im Moment zwei Strategien dominant, die allerdings beide starken Einschränkungen unterworfen sind:

- Der Bewuchs mit Kletterpflanzen (mit und ohne Rank-Hilfen) benötigt Wurzelraum unterhalb der Fassadenfläche und verursacht oft Pflegeaufwand und Bauschäden.
- Die Montage von Pflanzbehältern an der Fassade ist kostenintensiv und gestalterisch einschränkend, darüber hinaus entsteht ein hoher Pflegeaufwand und die hochbautechnischen Lösungen sind mitunter sehr problematisch (Wärmebrücken).

Der Sonderfall Bewuchs durch Algen und Flechten auf WDVS [Wärmedämmverbundsystemen] wird in der Regel eher als Verschmutzung denn Begrünung empfunden und wird daher nicht weiter besprochen.

Inhalte und Zielsetzungen

Mit diesem Projekt soll eine weitere Strategie zur (gewünschten) Gebäudebegrünung mittels moosbewachsenen Fassadenpaneelen erforscht werden, die folgenden Ansprüchen genügen soll:

- ganzjährig begrünte Fassaden
- dauerhaft und pflegeextensiv
- kostengünstiger Bau und einfache Erhaltung.

Methodische Vorgehensweise

Die unter Zielsetzungen genannten Inhalte werden durch die Auswahl und Erprobung von

- geeigneten Moosarten,
- neuen Feuchtespeicher- und Haftsubstraten an oder in den Tragpaneelen,
- den Materialien der Tragpaneele und der
- Entwicklung hochbautechnischer Konstruktionsdetails

mittels wissenschaftlichen Wachstumsversuchen auf Probeflächen sowie hochbautechnischer Entwicklungsarbeit durchgeführt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Erkenntnisse aus der Beobachtung und Entwicklungsdokumentation von Pflanz- und Materialproben und hochbautechnische Konstruktionsdetails sollen in einem Nachfolgeprojekt mit Wirtschaftspartnern eine konkrete Produktentwicklung möglich machen. Moosbewachsene Fassadenpaneele für Gebäudefassaden haben grundsätzlich ein hohes Potenzial für Fassaden- und Gebäudehüllenbegrünung, interessante Gestaltungsmöglichkeiten bei vielen – mit den Eigenschaften der Pflanzen verbundenen Vorteilen (Schallabsorption, Feinstaubbindung, Luftfeuchtigkeitsausgleich, Abmilderung von urbanen Hitzeinseln, sommerliche Temperaturabfederung, etc.).

Ausblick

Viele der Entwicklungen und Ausführungen die in diesem Projekt erforscht wurden, können als Ausgangspunkt für weitere Entwicklungen dienen. Einige Sackgassen bzw. Rückschläge waren zu verzeichnen, aber auch aus diesen lässt sich durchaus einiges ableiten. Generell ist Moospflanzen ein hohes Potential als einfache und wartungsexensive Begrünungsmöglichkeit zu bescheinigen.

Abstract

This document reports on the efforts conducted in the framework of the “BE-MO-FA” project. This project focused on the **development of moss-covered facade panels by selecting and testing of appropriate (i) Moss species, (ii) new water storage and adhesive substrate materials, (iii) materials for support panels, and (iv) technical construction details, to achieve (i) year-round green, (ii) sustainable, (iii) maintenance-friendly, and (iv) inexpensive green building facades.**

Starting point/Motivation

There is a large demand for green facades on buildings and urban structures, both by city dwellers and by planners. Currently such realizations are barely seen or realized successfully. The two major strategies deployed come with some downsides:

- Climbing plants (with and without trellises) needs root space beneath the facade surface and often cause damage to the adjacent building. Moreover, they require a large amount of maintenance.
- Façade-integrated plant pots are rather expensive. it results in high maintenance costs and implies technically problematic construction details (thermal bridges).

A special case is the coverage by algae and lichen on ETICS (exterior thermal insulation compound systems). This unintended “greening” is often perceived as unwanted dirt. In the framework of this project it will not be discussed in detail.

Contents and Objectives

This project was intended to discover a third strategy for green facades: Moss-covered façade panels are explored. In this context, major requirements toward such facades were defined:

- Facades should be green the whole year
- The plants should be durable (long-life) and their maintenance extensive
- The construction and maintenance of the overall façade should be inexpensive.

Methods

The described objectives are explored via selection and empirical testing of different input materials and construction forms. These include

- Suitable moss species
- Materials for water storage and adhesive substrate for support panels
- Materials for support panels
- Development of technical construction details.

Results

The results of the project should act as starting point for a follow-up project focusing on realisation of facades with business partners. Generally speaking, the project proofed the high potential of moss plants for building greening purposes. They offer different ways to

integrate the plants into the building's envelope within different architectural design options. Moreover, the advantageous effects of the implementation of such plants, such as sound absorption, dust control, air-humidity balancing, dampening summer-overheating and urban heat island effects, and psychological benefits for the building's users have to be considered.

Prospects / Suggestions for future research

The developments and realizations explored in this project can act as starting point of future development efforts. Some of the options were identified as dead-ends, which might help to avoid problems in future projects. In general the high potential of moss plants for simple and extensive greening option for buildings can be considered as promising, therefore future efforts should be initialized.

1 Einleitung

Das BeMoFa-Projekt diene der Sondierung für die Entwicklung von moosbewachsenen Gebäudefassadenpaneelen. Die Idee war, möglichst viele Aspekte der vertikalen Begrünung mit Moosen zu untersuchen und so einen Beitrag zur baldigen kommerziellen Umsetzung dieser Idee zu leisten. Das Projekt BeMoFa passt hier hervorragend in die derzeitigen soziopolitischen Entwicklungen in weiten Teilen Europas, und somit auch in Wien bzw. Österreich. Sie folgen Bestrebungen, welche mehr ökologisches Bewusstsein fordern und das „Grüne Gärtnern“ fördern. Die Begrünung senkrechter Flächen mit Moosen ist hier eine noch in den Kinderschuhen steckende Entwicklung mit viel Potential, welches im BeMoFa-Projekt getestet wird.

Vorteile von vertikaler Begrünungen gibt es viele: Fassaden bieten auf großen Flächen Platz für eine vertikale Begrünung. Begrünung in der Stadt verbessert Luftqualität, erhöht die Luftfeuchte und das menschliche Wohlbefinden. Beispiele dafür finden sich bislang primär aus der Begrünung mit Gefäßpflanzen, welche pflegeintensiv und kostenaufwändig sind und deren Umsetzungen von wenigen Architekten praktiziert wird (z.B. Patrick Blanc, Ling Xiang). Auch in Wien gibt es dafür Beispiele (z.B. am Matzleinsdorfer Gürtel oder im Sofitel).

Der Vorteil der Begrünung mit Moosen liegt in ihrem fehlenden Wurzelwachstum, wodurch die Notwendigkeit tiefgründiger Substrate wegfällt, und in ihrer geringen Höhe, bei hoher Dichte im Wuchs. Moose sind für Fassaden besonders geeignet weil sie bei viel als auch bei sehr wenig Licht und im Temperaturbereich von -5°C bis $+25^{\circ}\text{C}$ wachsen und damit fast ganzjährig grün sind. Über $+25^{\circ}\text{C}$ stellen sie das Wachstum ein und brauchen auch keine Feuchtigkeit mehr (Proctor 1990). Ihre Resistenz gegenüber Austrocknung ermöglicht eine Begrünung ohne künstliche Bewässerung. Außerdem ist ein Wachstum der Moose auch auf schattenseitigen Fassaden möglich.

Dieser Bericht gliedert sich folgendermaßen: Nach Definition der Aufgabenstellung wird ein ausführlicher Stand der Technik-Überblick skizziert (sowohl hinsichtlich realisierter Bauwerke mit Mooswänden/ Moosdächern als auch hinsichtlich europäischer und weltweiter Anbieter von kultivierten Moosmatten und typischer Beispiele – speziell aus Japan). Anschließend wird die Methodik dieses Projektes systematisch diskutiert (prinzipieller Ansatz, verwendete Materialien und Moose, Experimentsetting etc.). Danach werden die Resultate der Bewuchs-Experimente präsentiert und abschließend wird eine Conclusio aus den Bemühungen gezogen.

Viele der in diesem Report gezeigten Beispiele, die nicht mit den eigenen Experimenten unmittelbar verbunden sind, entstammen Web-Recherchen. So nicht anders angegeben wurden alle Links zuletzt im November 2015 auf Erreichbarkeit überprüft.

1.1 Aufgabenstellung

Mehrere Projektpartner arbeiteten im Projekt mit, je nach Expertise sind unterschiedliche Teilaufgabenstellungen zu nennen.

Die Abteilung Bauphysik und Bauökologie hatte folgende Aufgabenstellungen zu bewältigen bzw. definierte Ziele:

- **Projektleitung & -Management**
- **Konstruktive Ausarbeitung und Betreuung der Pflanzungen**
- **Auswahl und Beschaffung Trägermaterialien, Substrate und Wasser-Speicher-Materialien**
- **Konstruktives Zusammenführen, Erdenken von hochbautechnischen Lösungen**
- **Laufende Kontrolle der Bepflanzungen**
- **Monitoring (Wetterstation) und Photographische Dokumentation**
- **Koordinierung der Arbeiten mit den Partnern**

Die wichtigsten Ziele / Aufgabenstellungen des Projektteams der Universität Wien / Division of Conservation Biology, Vegetation Ecology and Landscape Ecology waren

- **für Bepflanzungen geeignete Moos-Arten zu finden,**
- **die unterschiedlichen Bepflanzungsmethoden auf ihre Umsetzung und ihren Erfolg zu testen,**
- **die Eignung von verschiedenen Trägerpaneelen und Füllsubstraten zu eruieren.**

Die wichtigsten Ziele / Aufgabenstellungen des Projektpartners Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Schönbrunn waren

- **Unterstützung und Beratung der Bemühungen der anderen Forschungspartner**
- **Abdecken der landschaftsplanerischen Sichtweisen**
- **Beratung und Unterstützung bei Bepflanzung, Adaptierung und Interpretation der Resultate.**

1.2 Stand der Technik (Recherche)

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene bestehende Realisierungen auf Basis von Moos-Pflanzen und verwandter Organismen angesehen. Zahlreiche Versuche und Realisierungen sind bekannt – jedoch die meisten durch permanente Befeuchtung bzw. durch technisch ausgeklügelte Maßnahmen mit Flüssigkeit und Substrat versorgt. Im Folgenden sollen einige dieser Projekte vorgestellt werden (1.2.1.).

Darüber hinaus wurden Anbieter von Moospflanzen-Paneelen und deren Produkte sondiert, sowie die vor allem in Japan sehr etablierten gebäude- und gartenbaubezogenen Verwendungen von Moos studiert. (1.2.2.).

In der zeitgenössischen deutsch- und englischsprachigen Literatur findet sich relativ wenig zum Thema Moos als Fassadenbegrünung. Viel Literatur (Journalbeiträge u.dgl.) gibt es über Moose aus biologischer/ naturwissenschaftlicher Sicht. Auch Literatur zur Bauwerksbegrünung gibt es in großem Umfang, jedoch nicht spezifisch auf Moose eingehend. Zu nennen ist hier der sehr gute und aktuelle Leitfaden zur Fassadenbegrünung der Wiener Magistratsabteilung 22 (Umweltschutz), der frei verfügbar im World Wide Web heruntergeladen werden kann

(<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegruenung.html>)

1.2.1 Realisierte Projekte

1.2.1.1 „moss“ von Olafur Eliasson (Gebäude Münchner Rückversicherung, München Deutschland) und weitere Moos-Projekte des Künstlers.

Bei diesem künstlerischen Projekt des isländisch-stämmigen dänischen Künstlers *Olafur Eliasson* wurden 2002 am Gebäude der Münchner Rückversicherung (Architekten: *Baumschlager & Eberle*; Munich Re, Gedonstraße 8) auf Tuffsteinplatten Moosprossen aufgebracht. Intervallgesteuerte Wassersprühnebel dienen zur Bewässerung. Motiv des künstlerischen Projektes war die Landschaft in den Arbeitsalltag der Büroangestellten zu bringen. Detaillierte Information und Dokumentation wurden 2004 in der Architekturzeitschrift *Detail* (10/2004) publiziert:

„Olafur Eliasson entschied sich bei einem seiner Kunstprojekte für die Münchner Rückversicherung für eine bewachsene Tuffsteinfassade. Di 70 mm dicken Steine im Format 795 x 535 mm wurden von einem Spezialisten mit einem schnellwachsenden Tröpfchensubstrat geimpft, um ein schnelles Wachstum des Moooses zu erreichen. Kleine Nebelsprühdüsen mit 360 ° - Sprühkegel sind kaum sichtbar in den Stein eingelassen. Dalls das Moos dennoch austrocknen sollte, bleibt die attraktive Ansicht des Natursteins.“ (*Detail*, 10/2004).

Während das Projekt gute Wachstumserfolge zeigte, ist doch der gehörige konstruktive Aufwand für Errichtung und Intensivpflege der Moospflanzen zu nennen, der eine breite Anwendung der Prinzipien unrealistisch erscheinen lässt. Abbildung 1 – 3 zeigen dieses Projekt.



Abbildung 1 und 2: Olafur Eliasson – „Moss“ auf dem Gebäude der Munich Re, München, Deutschland.
Bildquelle: <http://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101092/untitled-lichtvorhangmooswand> (Nov. 2015)

- | | | | |
|---|--|---|--|
| a | Nebelsprühdüse zur Befeuchtung
Abstand 535 mm | a | moisturizing valves at
535 mm centres |
| b | Tuffstein bemoost
70 mm | b | 70 mm tuff stone with
moss |
| c | Unterkonstruktion | c | supporting structure |
| d | Hohlraum zur Wartung | d | void for
maintenance |
| e | thermisch getrennte Fassade | e | thermally separated
facade construction |

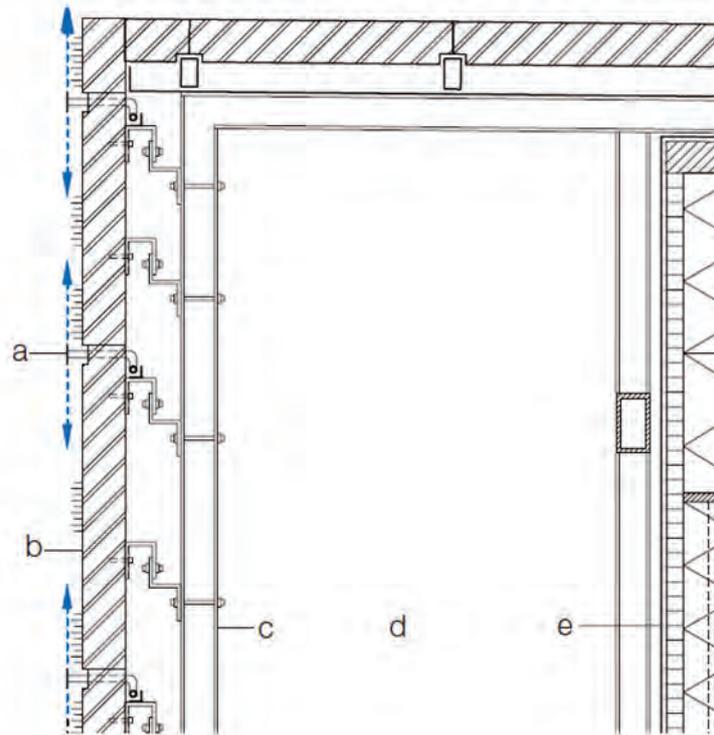


Abbildung 3: Funktionaler / schematischer Schnitt durch die Moos-Fassade. (Bildquelle: Detail 2004/10)

Quellen zu „moss“ (Nov 2015):

<http://www.onesprime.de/41056-olafur-eliasson-in-muenchen.html>

<http://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101092/untitled-lichtvorhangmooswand>

Detail – Zeitschrift für Architektur + Baudetail, 10/2004, Institut für internationale Architekturdokumentation GmbH & Co. KG; München

Statement (E. Heiduk): „Bei einer Besichtigung des Projektes im Jänner 2015 fiel auf, dass der Zustand der Moospflanzen auf der Fassade relativ kümmerlich wirkte (im Vergleich zu einer persönlichen Besichtigung 6 Jahre zuvor). Darüber hinaus erweckte eine Detailansicht den Eindruck, als wären die Moose durch zusätzliches Schaummaterial wieder an die Tuffsteinmauer geklebt worden. Die Idee des natürlich bemoosten Steins ist hier offenbar nur unter großer Mühe künstlich aufrecht zu erhalten.“ Die Abbildungen 4 – 9 zeigen den Zustand der Fassade sowie Detailaufnahmen der Oberfläche, die bei der Begehung im Jänner 2015 aufgenommen wurden.



Abbildung 4: Bild der Fassade, Besichtigung Jänner 2015. Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)



Abbildung 5: Struktur der Tuffsteine (nicht bewachsen), Besichtigung Jänner. Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

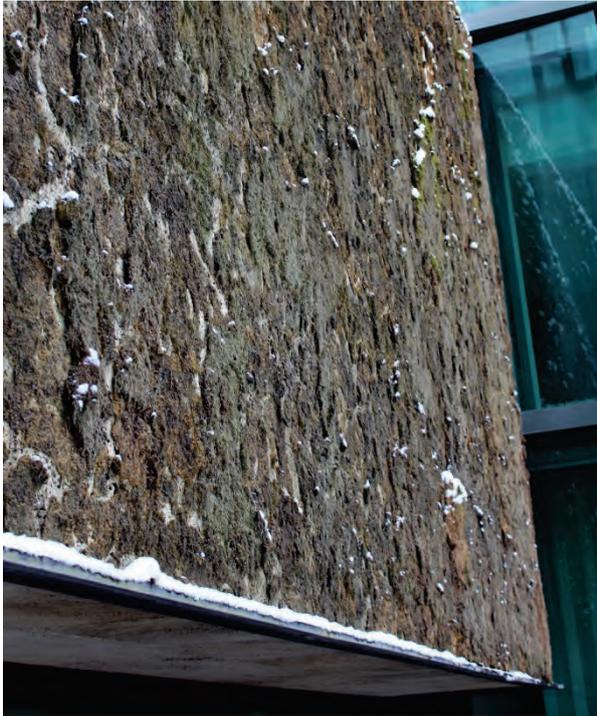


Abbildung 6 (links oben): Moose auf dem Tuffstein (teilweise Schnee auf Vorsprüngen), Besichtigung Jänner 2015 (Bildquelle: Eigene Photographie, E. Heiduk); Abbildung 7 (rechts oben): Moose auf dem Tuffstein Detailansicht, Besichtigung Jänner 2015 (Bildquelle: Eigene Photographie, E. Heiduk) ; Abbildung 8 (links unten): Moose auf dem Tuffstein Detailansicht, Besichtigung Jänner 2015 (Bildquelle: Eigene Photographie, E. Heiduk); Abbildung 9 (rechts unten): Moose auf dem Tuffstein Detailansicht, gut sichtbar die Bewässerungsdüse, Besichtigung Jänner 2015. Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

Frühere Projekte von Olafur Eliasson, die mit Moospflanzen realisiert wurden, sind **Moss Wall** in der neuen Galerie am Landesmuseum Joanneum (Graz, 2000, Abbildung 10), in der **Galerie Lukas & Hoffmann, Art Cologne** (Köln, Deutschland, 1994, Abbildung 11) und **im Museet for Samtidskunst, Roskilde, Dänemark** (1996, Abbildung 12). Hierbei handelte es sich durch die Bank um temporäre Realisierungen im Innenraum.



Abbildung 10: Moss Wall, Neue Galerie am Landesmuseum Joanneum (Graz, 2000), Bildquelle: www.olafureliasson.net (Nov 2015)



Abbildung 11 (links): Moos-Wand in der Galerie Lukas & Hoffmann, Art Cologne, Germany, Bildquelle: www.olafureliasson.net (Nov 2015); Abbildung 12 (rechts): Moos-Wand im Muset for Samtidskunst, Roskilde, Dänemark; Bildquelle: www.olafureliasson.net (Nov 2015);

1.2.1.2 Rathaus Reykjavik, Island

Das 1992 fertiggestellte und eingeweihte Rathaus Reykjaviks (Tjarnargata 11, Reykjavik; Architekten: *Margret Hardardóttir* und *Steve Christer* vom *studio granda*; zugezogener Moospezialist: *Bergpor Johannsson*) – eine Stahlbetonkonstruktion – steht in bzw. angrenzend an einen Südwassersee. Eine Wand wurde mit Basaltsteinen ausgeführt und ist einem permanenten schwachen Wasserschwall ausgesetzt. An dieser Wand gedeihen Moose unter prächtiger Entwicklung. Sogar winterliche Übereisung überstehen die Moose sehr gut. Die Planer beschreiben das Projekt folgendermaßen:

“The moss wall was an idea that we presented with our proposal for the city hall in 1987. The main intention was to create conditions for the natural occupation of the structure in the same manner that the greater part of the building be attractive to humans. The principle design criteria was that it should be simple, virtually maintenance free and look good in summer and winter and even if the moss didn't grow.

The wall was constructed from reinforced precast concrete elements with a lava finish. The lava was laid in a flat bed and concrete (with a retarder) poured over. The careful selection of the lava is important to ensure porosity, frost resistance and appearance (somewhere between natural and artificial). Before the concrete hardened completely the elements were raised and the cement slurry washed from the lava. CO2 was blown over the surface to balance the ph of the elements. The moss was harvested locally to ensure that it would flourish in the climate of application. We cut ours into small pieces and blasted it onto the units with a plaster venturi. Water quantity is very important; too much and the moss will dry, too little and you will get slime. Our tests took two years.

The wall was conceived, designed and developed by our office in close cooperation with the client and other consultants of the building and a moss specialist. It was installed by the general contractor.

The only maintenance that is required is regular servicing of the small pump and the removal of grass and tree saplings that occasionally seed on the wall.

In closure we consider the moss wall on the city hall to be a unique project, designed specifically for the location as the city hall was designed for the city. It is not our intention to repeat this project on other works and always encourage others who request information that they seek their own solutions based on local circumstances”.

Abbildungen 13-21 zeigen dieses Projekt.

Ähnlich wie schon beim „moss“-Projekt muss angeführt werden, dass der konstruktive Aufwand sehr hoch ist (permanente Befeuchtung durch Fließwasser) und daher für eine breite Anwendung diese Konstruktionsform mäßig geeignet ist. Weiters muss erwähnt werden, dass das Klima in Island für den Moos-Wuchs sehr förderlich ist (kaum Austrocknungsperioden).

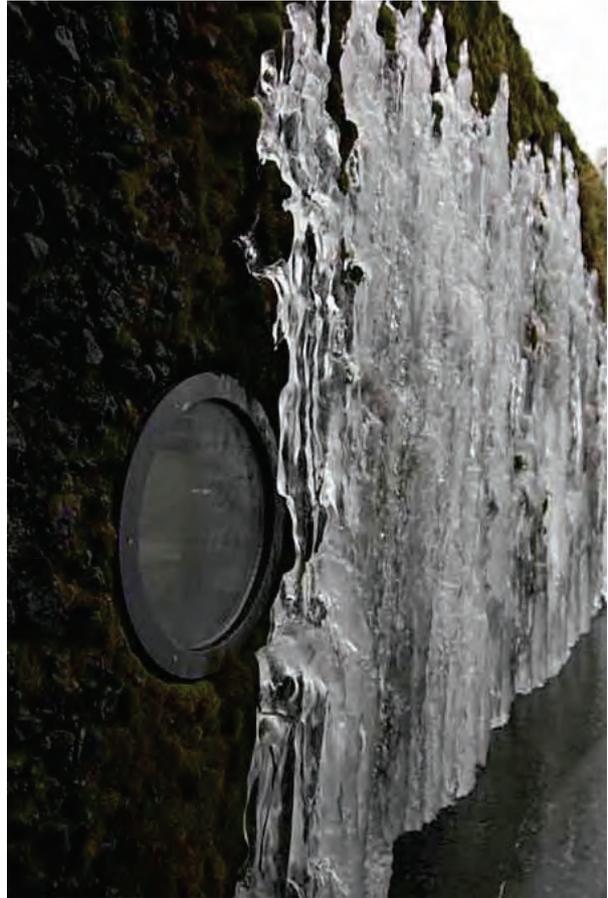


Abbildung 13 (links) und 14 (rechts): Mooswand am Rathaus Reykjavik. Bildquelle: <http://blog.snaefell.de/2006/06/06/rathaus-reykjavik-teil-2/>



Abbildung 15 (links) und 16 (rechts): Rathaus Reykjavik, Mooswand mittig, Bildquelle: Google-Streetview (Tjarnargata 11, Reykjavik) bzw. www.panoramio.com/photo/13069794 ;



Abbildung 17 (links) und 18 (rechts): Moos auf Lavastein, Bildquelle: D.Broberg www.flickr.com/photos/dbroberg/2601685193/ bzw. <https://www.flickr.com/photos/73417912@N00/3679753918/>



Abbildung 19 (links) und 20 (rechts): Moos auf Lavastein, bzw. rund um einen Aluminium-Fensterrahmen;
 Bildquelle: www.freecitytravel.com/city-hall-reykjavik.html bzw. www.panoramio.com/photo/13069822



Abbildung 21: Detailsicht der Moose an der Wand. Bildquelle: www.panoramio.com/photo/13069784

Quellen (Nov 2015):

<http://blog.snaefell.de/2006/06/06/rathaus-reykjavik-teil-2/>

<http://www.inreykjavik.is/radhusid-rathaus/>

www.freecitytravel.com/city-hall-reykjavik.html

1.2.1.3 Aargauer Kunsthaus Aarau (Aargau, Schweiz)

Beim Erweiterungsbau des Aargauer Kunsthauses (eröffnet 2003, Architekten: Herzog & de Meuron sowie Remy Zaugg) wurden Tuffstein-Mooskombinationen sowohl am Flachdach, wie auch bei einem 45° geneigten Steildachpart realisiert. Die folgenden Bildern (Abbildungen 22 – 37) sind in Summe drei unterschiedlichen Zeitpunkte zuzuordnen: i. Knapp nach der Eröffnung (2003), ii. Besichtigung/Begehung durch Ernst Heiduk September 2007, iii. 2012 (und später). Es ergibt sich folgende Situation: Offenbar ist zunächst eine sehr gute Besiedelung der Steine festzustellen (2003, 2007). Später wurden aber Teile des Schrägdachs und des Flachdachbelags durch neue Steine ausgetauscht. Offenbar bieten die Tuffsteine zwar eine sehr gute Oberfläche für Moose (und zum Teil andere Pflanzen), waren jedoch in der ursprünglichen Ausführung nicht dauerhaft genug und mussten nach Verwitterungserscheinungen aus Gründen der Gebrauchssicherheit getauscht werden. Hier fügt sich auch eine Abbildung ein, die das Schrägdach mit einer schützenden Folienabdichtung zeigt.



Abbildung 22: Moose auf dem Tuffsteindach des Kunsthauses Aarau, knapp nach Eröffnung (2003); Bildquelle: Aargauer Kunsthaus (Website)



Abbildung 23: Moose auf dem Tuffsteindach des Kunsthauses Aarau, aus der Neuen Zürcher Tageszeitung, 17. April 2014; Bildquelle: NZZ 17.04.2014 (Aufnahmedatum des Bildes unbekannt)



Abbildung 24 (links): Moose auf dem Flachdach des Kunsthauses Aarau, Bildquelle: Eigene Photographie – E.Heiduk (2007); Abbildung 25 (rechts): Moose auf dem Flachdach des Kunsthauses Aarau, schattige Ecke, Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk 2007)



Abbildung 26 (links): Moose auf dem Flachdach des Kunsthauses Aarau im Bereich Gehweg zur Treppe, Bildquelle: Eigene Photographie – E.Heiduk (2007); Abbildung 27 (rechts): Moose auf dem Flachdach und Vergleich der Steinarten, Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk 2007)



Abbildung 28 (links): Moose auf dem Flachdach und Vergleich der Steinarten, Bildquelle: Eigene Photographie – E.Heiduk (2007); Abbildung 29 (rechts): Moose und Abwitterung des Steins auf dem Flachdach Aarau; Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk 2007)



Abbildung 30 (links): Moose und Abwitterung des Steins auf den Dachschrägen - Detailansicht, Bildquelle: Eigene Photographie – E.Heiduk (2007); Abbildung 31 (rechts): Moose auf den Dachschrägen, Eingangsbereich, Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk 2007)



Abbildung 32 (links): Moose auf den Dachschrägen, Eingangsbereich, Bildquelle: Eigene Photographie – E.Heiduk (2007); Abbildung 33 (rechts): Moose auf dem Flachdach Aarau - Sommeransicht; Bildquelle: www.mimoo.eu/projects/Switzerland/Aarau/Aargauer%20Kunsthhaus%20Extension;

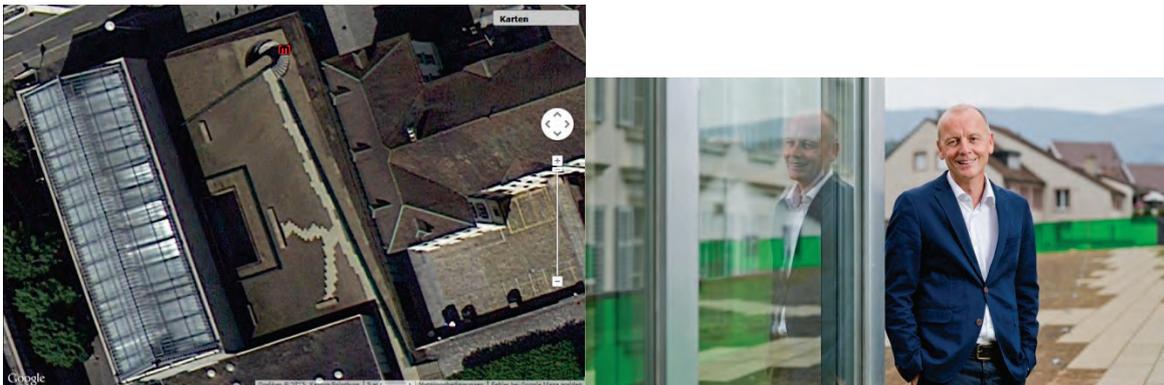


Abbildung 34 (links): Neuausstattung mit Steinen im Wegbereich/Flachdach (Dachdraufsicht), Bildquelle: Google Earth (2015); Abbildung 35 (rechts): Neuausstattung mit Steinen im Wegbereich/Flachdach; Bildquelle: Aargauerzeitung 01.10.2014 (Emanuel Per Freudiger)



Abbildung 36 (links): Teilweise Neuausstattung mit Steinen am Steildachbereich. Bildquelle: www.poweredbyart.com/poweredbyart/Always/Entries/2012/6/19_Aarau.html; Abbildung 37 (rechts): Folienabdeckung am Dach. Bildquelle: www.aarauinfo.ch/03_kunst_kultur/01_museen/aargauerkunsthaus.php (Aufnahmedatum unbekannt)

1.2.1.4 Prada-Store Tokyo, Japan

Der Prada-Store in Tokyo (5-2-6 Minami-Aoyama, Minato-ku) wurde von Herzog & DeMeuron im Jahre 2003 fertiggestellt. Während das Gebäude und seine Verglasung sehr im Fokus der architektonischen Berichterstattung standen, ist die Umfassungsmauer, die den Außenbereich rund um das Geschäftsgebäude gliedert und mit einer Moosfassade versehen ist, kaum dokumentiert. Abbildung 38 und 39 zeigen eine Vogelperspektive und eine Ansicht von Fassade und Umfassungsmauer.

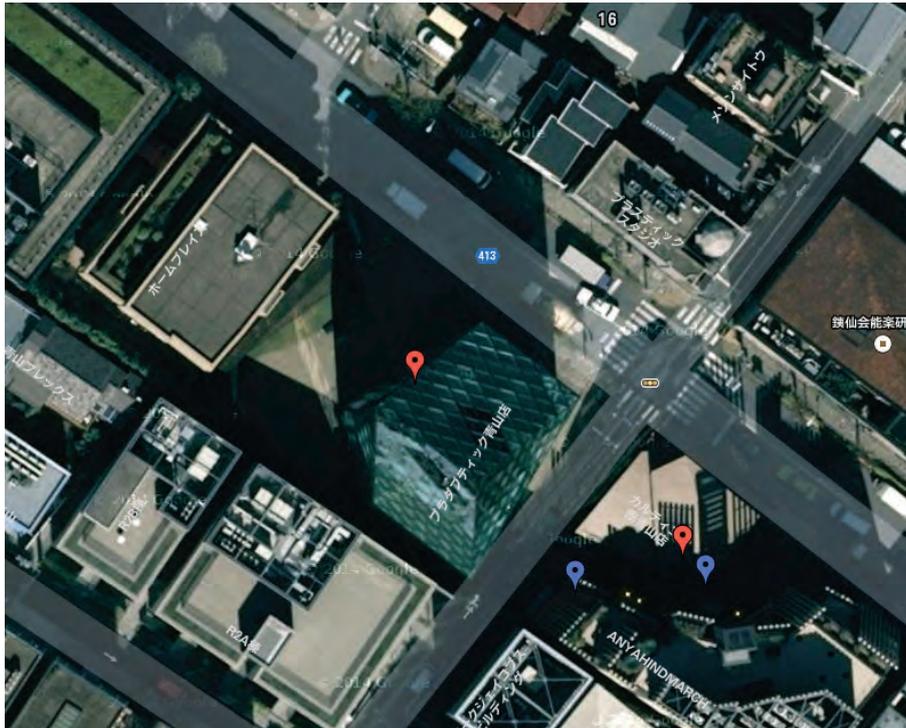


Abbildung 38: Prada-Store Tokyo, Vogelperspektive / Mooswände sind südlich und westlich zu erkennen.
Bildquelle: Google-Earth



Abbildung 39: Prada-Store Tokyo, Ansicht Verglasung und moosbewachsene Umfassung; Bildquelle:
www.flickr.com/photos/20468500@N08/5223665979

Konstruktiv erscheint die Mooswand aus Paneelen aufgebaut zu sein. Diese dürften aus Aluminiumlochblech bestehen und eine Lochung von ca. 10 mm Durchmesser besitzen. Das Blech dürfte mit einem Flies überzogen sein, in welchem mittels Glasfasern die Moose festgehalten werden. Es ist anzunehmen, dass auf der Rückseite eine Kassettenkonstruktion mit Substrat bzw. wasserspeicherndem Material vorhanden ist. Die Bilder zeigen einen Moosbewuchs, jedoch leider nur in den Bereichen wo viel Regenwasser anfallen dürfte. Abbildungen 40 – 54 zeigen verschiedene Perspektiven und Detailstufen dieser Konstruktionen.



Abbildung 40 (links): Prada-Store Tokyo, Aufnahme 2003-06-10 Bildquelle: <https://www.flickr.com/photos/kh1979/68871982> (Kenzo); Abbildung 41 (rechts): Prada-Store Tokyo, Mooswände und Boden 2006-06-24; Bildquelle: <https://www.flickr.com/photos/62586318@N00/834307325/lightbox> (frankeltron)

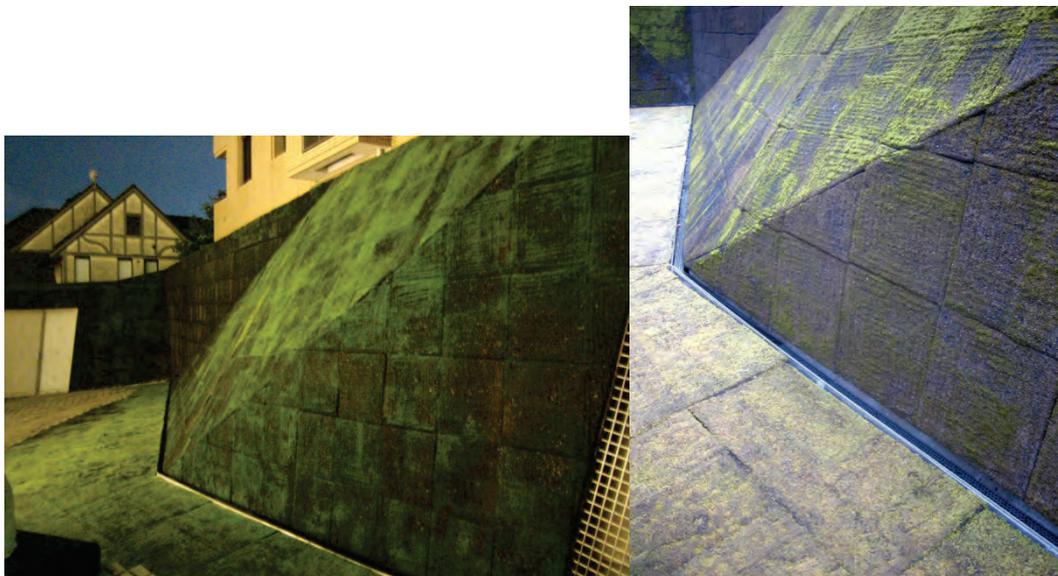


Abbildung 42 (links): Prada-Store Tokyo Mooswand 2007-10-09, Bildquelle: https://www.flickr.com/photos/iris_mach/1523867168/ (i_j_mach); Abbildung 43 (rechts): Prada-Store Tokyo, Mooswand 2008-02-11 Bildquelle: <https://www.flickr.com/photos/chadevans/2340655342/in/photostream/> (frankeltron)



Abbildung 44 (links): Prada-Store Tokyo, Mooswand 2010-03-10 Bildquelle: https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4460465486/in/photostream/ (Timothy Brown); Abbildung 45 (rechts): Prada-Store Tokyo, Mooswand – Detail 2008 Bildquelle: www.flickr.com/photos/62586318@N00/835176526/in/photostream/lightbox (frankeltron)

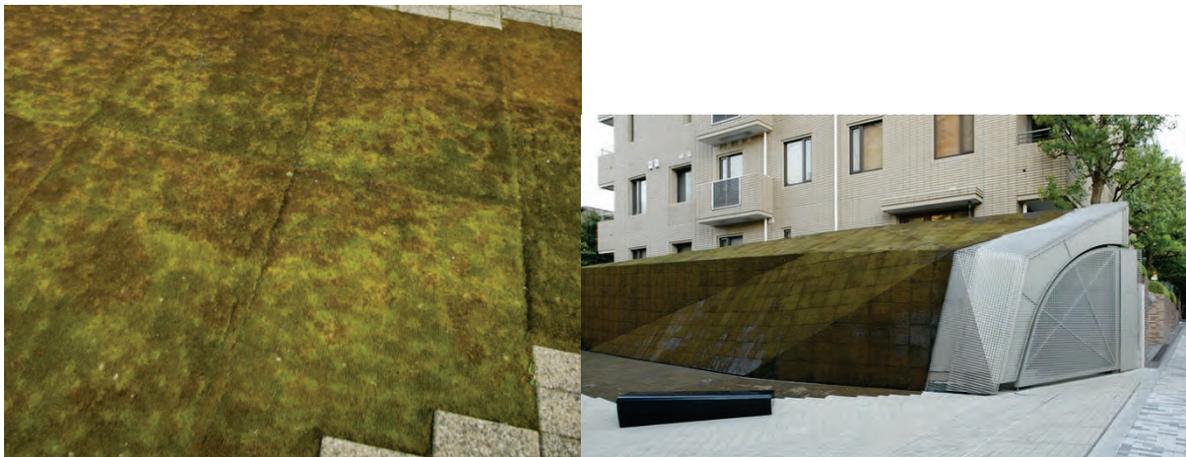


Abbildung 46 (links): Prada-Store Tokyo, Detail Boden Bildquelle: <https://www.flickr.com/photos/jrosenk/3103954582/in/photostream> (Jessica Rosenkrantz) ; Abbildung 47 (rechts): Prada-Store Tokyo, Mooswand Bildquelle: http://figure-ground.com/prada_tokyo/0025/ (Liao Yusheng)



Abbildung 48 (links): Mooswand Prada Detail 2008; Bildquelle: <https://www.flickr.com/photos/chadevans/2340653556/> (tchad); Abbildung 49 (rechts): Mooswand Prada Detail 2008 Bildquelle: <https://www.flickr.com/photos/chadevans/2340653556/> (tchad)



Abbildung 50 (links): Prada-Store Tokyo, Detail Moospanel Bildquelle:

[https://www.flickr.com/photos/jrosenk/3103127649/in/photostream/\(Jessica Rosenkrantz\)](https://www.flickr.com/photos/jrosenk/3103127649/in/photostream/(Jessica%20Rosenkrantz)) ; Abbildung 51 (rechts): Prada-Store Tokyo, Mooswand Bildquelle: https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4459686155/ (Timothy Brown)

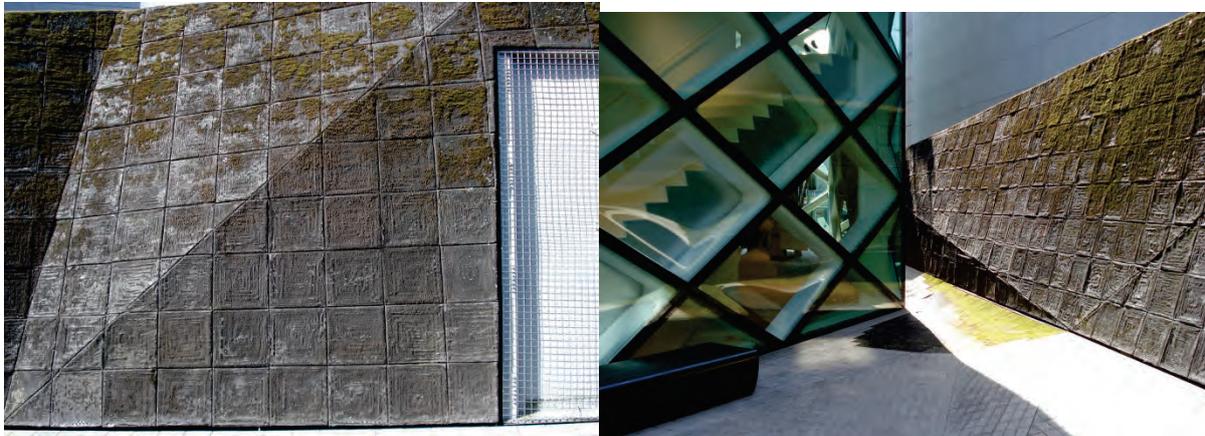


Abbildung 52 (links): Mooswand Prada 2010-03-13 Bildquelle:

https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4518173681/ (Timothy Brown) Abbildung 53 (rechts): Mooswand Prada 2010-03-13 Bildquelle: [https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4518807820/in/photostream/Prada-Store Tokyo](https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4518807820/in/photostream/Prada-Store%20Tokyo) (Timothy Brown),



Abbildung 54: Prada-Store Tokyo, Bildquelle: Google Streetview;

1.2.1.5 Fa Zuiun, Ishikawa Nonoichi, Japan

In der Präfektur Ishikawa Nonoichi steht das Firmengebäude der Fa. Zuiun, Hier kamen bemooste Fassadenelemente, vergleichbar denen am Prada-Store in Einsatz. Die Abbildungen 55 zeigt die Struktur. Im Sockelleistenbereich (Spritzwasserzone) zeigen die Moose offenbar infolge besserer Befeuchtung ein verstärktes Wachstum.



Abbildung 55: Firmengebäude zuiun. Bildquelle: <http://news-sv.aij.or.jp/hokuriku/m1ah/ah37/02shisyodayori/shisyo37-i-3.jpg>

1.2.1.6 „City Tree“ – Werbe- und Stadtmobiliar

Das Dresdner Unternehmen Green City Solutions (<http://greencitysolutions.de>) entwickelte so genannte „City Trees“. Dabei handelt es sich um etwa vier Meter hohe und drei Meter breite freistehende Pflanzinstallationen mit Blühpflanzen und Moosen. Die Objekte sind als Stadt-Mobiliar oder Werbeträger gedacht und dienen der Staubfilterung und Stickoxidaufnahme (nach Angabe des Entwicklers). Mittels einer Photovoltaikeinrichtung am Dach wird Strom für eine Pumpe bereitgestellt, die aus einem 1400 Liter Wassertank laufende Bewässerung gewährleistet. Neben diesem Wassertank gibt es einen Tank für Dünger, der ebenfalls von Zeit zu Zeit zu befüllen ist. Abbildungen 56 und 57 zeigen diese City Trees (aufgestellt in Oslo, Norwegen).

Für eine Anwendung an der Fassade erscheint diese Entwicklung interessant zu sein, jedoch ist die Konstruktion sehr massiv und erfordert handelsübliche Wasser- und Düngemitteltanks, die noch dazu eine Pumpe erfordern (wartungsintensiv, bzw. schwierig im Fassadenbereich instandzuhalten).



Abbildung 56 und 57: City Trees; Bildquelle: <http://www.trendsderzukunft.de/mooswaende-reinigen-die-stadtluft-von-oslo-von-feinstaub-und-stickoxiden/2015/10/07/>

Quellen (Nov 2015):

<http://www.trendsderzukunft.de/mooswaende-reinigen-die-stadtluft-von-oslo-von-feinstaub-und-stickoxiden/2015/10/07/>

<http://greencitysolutions.de/blog/2015/10/02/oslo-investiert-in-luftreinhalte-infrastruktur-von-green-city-solutions/>

1.2.1.7 Fazit über die betrachteten Realisierungen

Die betrachteten Projekte lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Dauerhaftigkeit scheint bei all den Projekten (mit Ausnahme des Objektes in Island) ein Thema zu sein
- Die meisten Projekte zeigen eine hohe Wartungsintensität bzw. intensive Betreuung (Wasserfälle, Besprühung, zu befüllende Wassertanks u.dgl.)
- Die Fassade scheint auch für Moose ein Ort relativ großer Beanspruchung zu sein.

Die doch sehr unterschiedlichen Projekte indizieren aber, dass es einen Bedarf nach Lösungen für Moos-Begrünungen, bzw. deren innerstädtischen Einsatz gibt.

1.2.2 Recherchen zu Anbietern von Moos für Gebäudewände, zur Anzucht und zu Anwendungsbeispiele

Die folgenden Seiten dokumentieren die Bemühungen zur Recherche von aktuellen Anbietern von Moospanelen für Gebäudewände, verschiedene Anzuchtangebote, sowie Anwendungsbeispiele. Ein Großteil der Beispiele stammt aus Japan und wurde zum Teil über Web-Recherche anhand von gebauten Beispielen ermittelt. Es ist (aufgrund der sprachlichen Barriere und teilweise lückenhafter Dokumentation) nicht immer möglich gewesen die Quelle der Moose zweifelsfrei zu identifizieren.

1.2.2.1 Fa greenwalltec / Wien (vorkultivierte Moosmatten)

Diese Firma führt vor allem Dekorationsmoosflächen für Innenräume aus. Die Anwendung wird vor allem mit dem Argument der Luftreinigung beworben.

Für die vertikale Außenanwendung bietet sie:

„Outdoor

- *eigens kultivierte Moosplatten*
- *ausgewählte Moosporen*
- *Mooshöhe bei Installation ca. 3 cm und zu 75% kultiviert*
- *Installation auf fast jedem Untergrund möglich*

Moos für die vertikale Begrünung – Vom Bürgersteig zum Himmelreich

- *Gebäudefassaden*
- *Parkgestaltung*
- *Lärmschutzwände*
- *Feuermauern*
- *Betonsockel*

Technische Daten:

Format: jede Größe max. 100 x 1000 cm größere Flächen werden zusammengefügt ohne sichtbarem Stoß

- *Mattenstärke: nur ca. 2,5cm*
- *Eigengewicht trocken: ca. 1,5 kg/m²*
- *Eigengewicht horizontal im Nasszustand: ca. 20 kg/m²*
- *Eigengewicht vertikal im Nasszustand: ca. 5 kg/m²“*

Kontaktdaten:

Green Wall Tec GmbH, Wiedner Hauptstraße 57/3, A-1040 Vienna, Austria

Norbert Machek-Klein +43-664-80 215 220 nmk@greenwalltec.at

<http://www.greenwalltec.eu/DE>

Die folgenden Abbildungen 58 – 62 zeigen Anwendungsbeispiele von der Firmenwebsite.



Abbildung 58 (links): Hotel Beethoven Wien, 30m² Außenmoos auf der Eingangsüberdachung Bildquelle: Firmenwebsite greenwalltec; Abbildung 59 (rechts): Fa. VTV Filmstudio – Auhofcenter Wien; Bildquelle: Firmenwebsite greenwalltec



Abbildung 60 (links) und 61 (rechts): Weitere Anwendungsbeispiele der Produkte der Firma GreenWallTec; Bildquelle: Firmenwebsite greenwalltec



Abbildung 62: Weiteres Anwendungsbeispiel der Produkte der Firma GreenWallTec; Bildquelle: Firmenwebsite greenwalltec

1.2.2.2 Fa. Vertico GmbH / Kirchzarten bei Freiburg, Deutschland (vorkultivierte Moosmatten)

Die deutsche Fa. Vertico – Vertikalbegrünungskonzepte bietet ebenfalls 1 – 2 Jahre vorkultivierte Moosmatten auf Vlies. Dieses wird so beschrieben:

„Die Moosmatten bestehen aus einem Wasserspeichervlies aus Polyacryl mit einem Flächengewicht von 800 g/m², über das ein Filamentgelege aus Polyamidfäden genäht ist. Beide Materialien sind UV-stabilisiert.“

Die Vorteile dieser Matte als Vegetationsmatte für Dachbegrünung sind überzeugend:

1. *das geringe Gewicht*
2. *der einfache Einbau*
3. *die Schattenverträglichkeit*
4. *die Langlebigkeit*
5. *und die sich daraus ergebende Wirtschaftlichkeit“*

Auf den Moosmatten ist das "Naturpatent Moos" auf ein Vlies gebracht worden, so dass es transportabel wird und von jedermann genutzt werden kann.“

Kontaktdaten:

Vertiko GmbH - Vertikalbegrünungskonzepte, Ringstraße 22, 79199 Kirchzarten

Tel.: +49 (0) 7661-90844-28, Fax +49 (0) 7661-90844-29, Mobil +49 (0) 160-944 76 862

gruen@vertiko-gmbh.de www.vertiko-gmbh.de

Die folgenden Abbildungen 63 – 67 geben einen Überblick über die Produkte und Entwicklungen dieser Firma. Außerdem wurde ein Zeitungsartikel mit einem der Gärtnermeister der Firma, in dem es um die Eigenschaften der Produkte geht, aufgenommen.

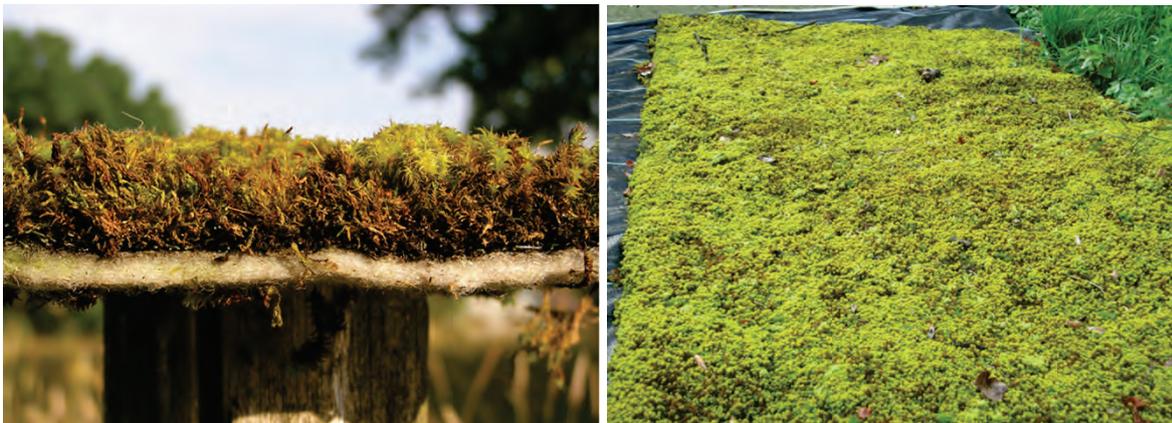


Abbildung 63 (links) und 64 (rechts): Beispiele der Firma Vertiko. Bildquelle: Firmenwebsite Vertiko



Abbildung 65 (links) und 66 (rechts): Beispiele der Firma Vertiko. Bildquelle: Firmenwebsite Vertiko

Leichtes Bauen mit dem Naturpatent Moos

Unsere Mitarbeiterin Dagmar Engesser sprach mit Gärtnermeister Stefan Brandhorst aus Kirchzarten über Dächer, die Staub schlucken und scheinot sein können

Dreisamtäler: *Moos im Garten ist schlimmer als Unkraut, glauben viele Menschen und bekämpfen es hartnäckig. ...*

Brandhorst: Das ist sowieso vergeblich. Moose sind Überlebenskünstler. Ihren Erfolg verdanken sie ihrer unglaublichen Anpassungsfähigkeit und Zähigkeit. Wir sollten umdenken und Moos nutzen, anstatt es zu bekriegen. Es ist übrigens, genau betrachtet, wunderschön.

Dreisamtäler: *Das klingt fast nach Liebe.*

Brandhorst: Stimmt, ich mag Moose schon lange. Sie sind die zweitgrößte und älteste Gruppe der grünen Landpflanzen, Jahrmillionen alt, mit faszinierenden Eigenschaften. Sie haben uns Menschen einiges zu bieten.

Dreisamtäler: *Was denn genau?*

Brandhorst: Schutz vor Feinstaub in der Luft zum Beispiel, weil sie die Partikel aktiv binden und verstoffwechseln können, sie fressen den Dreck praktisch auf. Mit ihrer riesigen Oberfläche schlucken Moose auch Lärm besser als die teure Spezialverkleidung eines Tonstudios. Außerdem speichern sie Wasser und geben es langsam wieder ab, schaffen also ein angenehmes Klima. Sie brauchen keine Düngung und keine Pflege. So gesehen ist Moos eine Art universales Naturpatent.

Dreisamtäler: *Lässt sich das wirtschaftlich nutzen?*

Brandhorst: Wir lassen die Pflanzen für uns arbeiten. Unsere Firma Vertiko aus Kirchzarten verkauft exklusiv patentierte Moosmatten.

Da ist Moos auf ein Vlies gebracht worden. Jedermann kann es als Baumaterial benutzen. Die Vegetationsmatten sind perfekt als grüne Verkleidung von Außenwänden, Wärmedämmung

und Dekoration in einem. Oder als dicke lebende Teppiche auf Dächern, sowie beim Müll- und Gerätehäuschen des Schülerhauses Dreisamtal.



Stefan Brandhorst.
Foto: Dagmar Engesser

Dreisamtäler: *Gibt es Vorteile gegenüber traditionellen Materialien?*

Brandhorst: Gerade bei der Dachbegrünung sogar mehrere, sehr überzeugende. Das geringe Gewicht, die Langlebigkeit und den einfachen Einbau sehe ich an erster Stelle, gefolgt von der Kostenersparnis. Ein Carport mit Moosdach kommt billiger als die Ziegeldachversion. Für mich als Gärtner sieht es auch viel schöner aus.

Dreisamtäler: *Sie meinen, sogar ein Laie wie ich könnte sein Schuppendach damit decken?*

Brandhorst: Problemlos. Da

Moose keine Wurzeln haben, brauchen sie auch kein Substrat. Mit Moosmatten lassen sich also Dächer begrünen, die statisch nie für eine Begrünung vorgesehen waren. So wie wahrscheinlich Ihr Schuppen. Selbst ein sehr schräges Dach wäre kein Hinderungsgrund. Das Moos auf dem Vlies sitzt fest, nichts verrutscht, es ist somit auch keine Schubsicherung erforderlich. Die Moosmatten werden einfach auf die Dachabdichtung geklebt. Sie müssen dazu kein Bauprofi sein.

Dreisamtäler: *Und wo ist der Haken?*

Brandhorst: Da Moose ein träges Wachstum haben, braucht es etwa ein Jahr, bis sich ein geschlossener Moosteppich gebildet hat. Man sollte für Moose etwas Geduld mitbringen. Das ist eigentlich schon alles.

Dreisamtäler: *Was passiert, wenn im Hochsommer Sonne aufs Dach knallt? Moos braucht doch Schatten, oder?*

Brandhorst: Nicht alle Arten. Die Mischung auf unseren Matten verträgt sonnige Standorte. Wenn es mal ganz hart kommt, begeben sich Moose in eine Art Scheintotdasein, die so genannte Dormanz. Anders als die Gefäßpflanzen haben sie keinen „absoluten Welkepunkt“.

Dreisamtäler: *Was ist darunter zu verstehen?*

Brandhorst: Dass eine Pflanze, die einmal verdorrt ist, sich nie mehr erholt. Sie stirbt ab, für immer. Moos passiert das nicht. Sobald es wieder befeuchtet ist, nimmt es seine Lebensfunktionen wieder auf und wird schlagartig satt grün. Das geht manchmal so schnell, dass es fast wirkt wie bei der „Rose von Jericho“. Es sind Überlebenskünstler, wie gesagt.

1.2.2.3 Fa. Moosmaschine GmbH / Hannover, Deutschland (Bewässerungssystem für Moosanzucht / Moosanzucht auf Aluplatten)

Die Fa. Moosmaschine bietet ein System zur Bewässerung von vertikal auf Aluplatten montierten Moosmatten an. Dazu wird durch einen aufwendigen Mechanismus ein horizontales Bewässerungsröhrchen, das durch Bohrungen Richtung Moos spritzt, vertikal vor dem Moos auf und ab bewegt.

Kontaktdaten: Philipsbornstraße 11, 30165 Hannover, <http://moosmaschine.de/>

Die Abbildungen 68-71 zeigen die Moose und Bewässerungssysteme der Fa. Moosmaschine.



Abbildung 68 (links) und 69 (rechts): Beispiele der Firma Moosmaschine. Bildquelle: Firmenwebsite Moosmaschine



Abbildung 70(links) und 71 (rechts): Beispiele der Firma Moosmaschine. Bildquelle: Firmenwebsite Moosmaschine

1.2.2.4 Anwendungsbeispiele für Moose in Japan – Minimoosgarten/ hängende Moosmatten

Moosgärten haben in Südostasien, speziell in Japan eine lange Tradition, die auch aktuell gepflegt wird. Es gibt Moosgärten für den Innenraum (Abbildung 72) und auch Außenraum (Abbildung 73,74) die in Anzuchtboxen gezogen werden. Die Traditionen scheinen lange Entwicklungsprozesse durchgemacht zu haben, so dass Moosmatten inzwischen wie Rollrasen verlegbar zu sein scheinen. Darüber hinaus sind auch hängende Moosmatten mit angeschlossenem Wasserbehälter – vermutlich zur Luftbefeuchtung – für den Innenraum in Japan verbreitet (Abbildung 75 und 76). Sinngemäß lautet die Übersetzung der japanischen Beschreibung: „*Sphagnum Moos hat eine Eigenschaft Wasser zu verteilen. Das Moos kümmert sich selbstständig um die Verteilung von Wasser in der Torfmoos-Schicht. Dadurch sind sehr einfache Bewässerungssysteme möglich*“



Abbildung 72: Mini-Moosgarten (Indoor) Bildquelle:
http://blogimg.goo.ne.jp/user_image/7f/b8/067a91f2aa321cf63bf8076f37454a73.jpg



Abbildung 73(links) und 74 (rechts): Neuanlage eines kleinen Outdoor-Moosgartens mit Moosanzuchtboxen (Baustelle links, Fertiger Garten rechts); Bildquellen: www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/

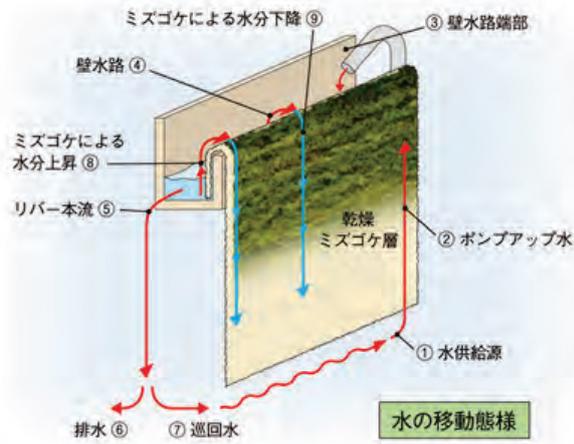


Abbildung 75 (links) und 76 (rechts): Moosmatten (Vorderansicht sowie Funktionsprinzip) für die Innenraumbefeuchtung und -begrünung. Bildquelle: Unbekannt / Internet

1.2.2.5 Sunagoke Matte Tori (Moosanzucht auf Matten/in Kisten / Japan)

Diese Firma züchtet Moose in Kisten/Matten. Die Webseite <http://item.rakuten.co.jp/ryokken/sg-1/#sg-1> liegt nur in japanischer Sprache vor. Eine japanische Beschreibung über die Sunagoke Matte in sinngemäßer Übersetzung ist folgende:

„Die Anzuchtkisten enthalten Ziegel/Klinker-Asche, um eine ähnliche Partikelgrößenverteilung mit hoher Dichte wie von Sand zu erhalten. Die Pflanzen bzw. die Anzucht haben ein hohes Wasserhaltevermögen und können Böden ähnlich wie Sand entwässern, dies hat mit der Offenporigkeit des Untergrunds (Klinker-Asche) zu tun.

Die Matten können zur Feuchterückhaltung verwendet werden, der etwas besser ist, als Böden im Allgemeinen. Die Matten sind immergrün und halten auch höhere Temperaturen (Dachgärten u.dgl.) aus. Die Matten wachsen auf verschiedenen Untergründen gut an und überstehen sehr helle und warme Standorte und sogar Trockenperioden problemlos. Der natürliche Niederschlag reicht in der Regel zur Bewässerung.“

Das Produkt dürfte als „Granulat“ an Vliesen eingearbeitet werden und benötigt zum Wachstum offenbar horizontale Flächen zum Auflegen. Die Abbildungen 77 – 79 illustrieren dieses Moosprodukt.

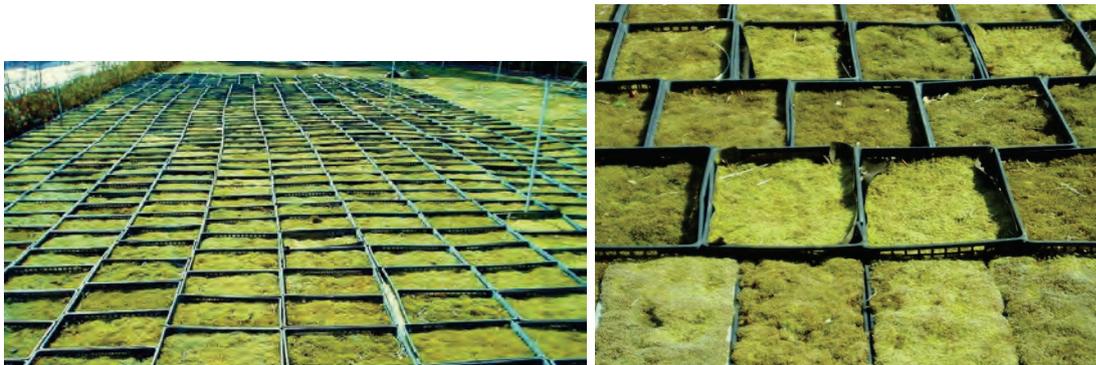


Abbildung 77 (links) und 78 (rechts): Anzuchtkisten mit Moos (Bewässerung bzw. fertig angezogenes Moos).
Bildquelle: <http://item.rakuten.co.jp/ryokken/sg-1/#sg-1>



Abbildung 79: Moos mit Unterlagsvlies auf Sandlage; Bildquelle: <http://item.rakuten.co.jp/ryokken/sg-1/#sg-1>

1.2.2.6 Fa. Moss Mokokoko – Ekomosu System (Moosmatten/ Systembau mit Moospanelen)

Die Firma Moss Mokokoko verarbeitet Moosmatten für die Gebäudebegrünung. Eine Übersetzung der Texte ergibt: „Ekomosu ® · Das System ist als Marke. (No. 4.757.472) registriert.“ Ekomosu ® · Systemwand-Bauweise エコモス® · システム壁面工法.

Links: www.kokusai-kankyuu.com/index.html bzw. http://www.kokusai-kankyuu.com/e/ecomos_kouhou.html

Die Firma hat verschiedene Systemlösungen für horizontale und vertikale Verwendung von Moosen im Angebot. Die Abbildungen 80 – ZZ illustrieren diese verschiedenen Systeme.

Eco-Moss® System
Greening system on Rooftops and walls developed by using moss plants



Eco-Moss® System by use (for Rooftop/for Wall)

Eco-Moss® · Rooftop-greening system Palette-method



Size : 300*300*40mm
(full water)

Use : concrete surface
rooftop of building or house
balcony /veranda or others



Eco-Moss® · Rooftop-greening system Adhesive-method



Size : Merchandized as a comprehensive economy type
Sizes are flexibly changed according to places of setting.

Use : concrete plane on rooftops /building/apartment /factory
plane /balcony /veranda /terrace /parking / whole concrete surfaces



Eco-Moss® · Wall method system



Size : Sizes are flexibly changed according to places of setting.

Use : building walls /dam walls
Shelter wall surface
concrete surface on river side
block wall /iron roof
slate roof and others



Eco-Moss® System List of method

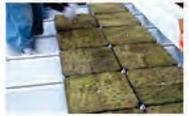
<p>Roof Palette-method</p> 	<p>Roof Adhesive-method</p> 	<p>Roof folding-roof-method</p> 	<p>Wall method</p> 
---	--	--	---

Abbildung 80: Ausschnitt aus der Firmenwebsite; Bildquelle: Website Fa. Moss Mokokoko

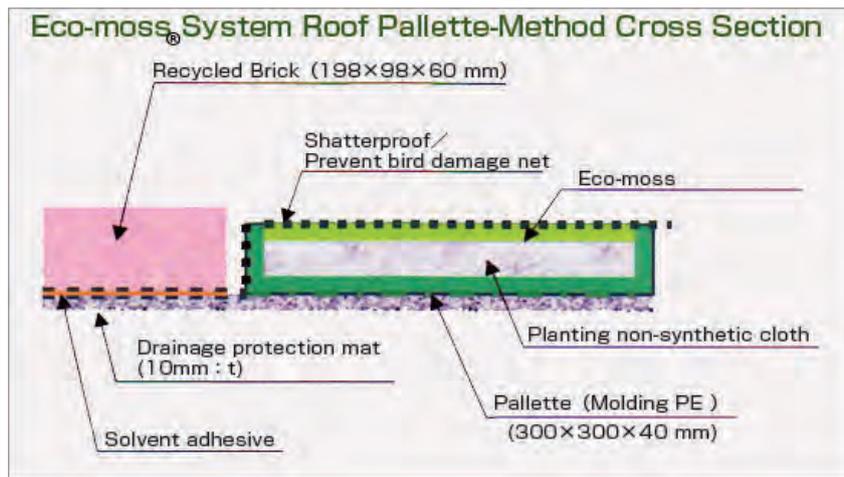


Abbildung 81: Funktionsschema - Moosboxen; Bildquelle: Website Fa. Moss Mokomoko

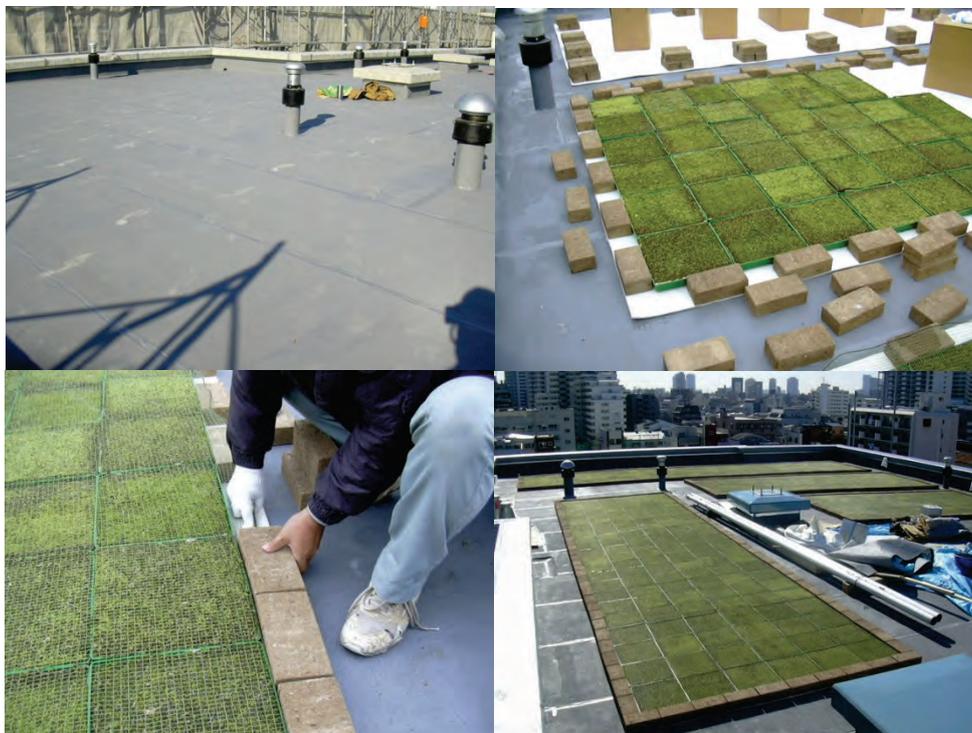


Abbildung 82 (l.o.), 83 (r.o.), 84 (l.u.), 85 (r.u.): Belegen eines vorhandenen Flachdachs (l.o.) mit Moossteinen (r.o.); Ausbilden der Abgrenzung (l.u.) bis das Moosfeld fertig ist (r.u.); Bildquelle: Website Fa. Moss Mokomoko

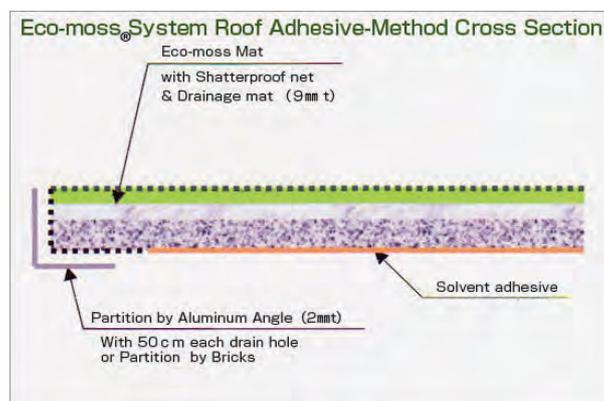


Abbildung 86: Funktionsschema – Rollmoos Fa. Moss Mokomoko; Bildquelle: Website Fa. Moss Mokomoko



Abbildung 87 (l.o.), 88 (r.o.), 89 (l.u.), 90 (r.u.): Belegen eines vorhandenen Flachdachs (l.o.) mit Rollmoos (r.o.); Durchbruchdetail (l.u.) und fertiger Moosteppich (r.u.); Bildquelle: Website Fa. Moss Mokomoko

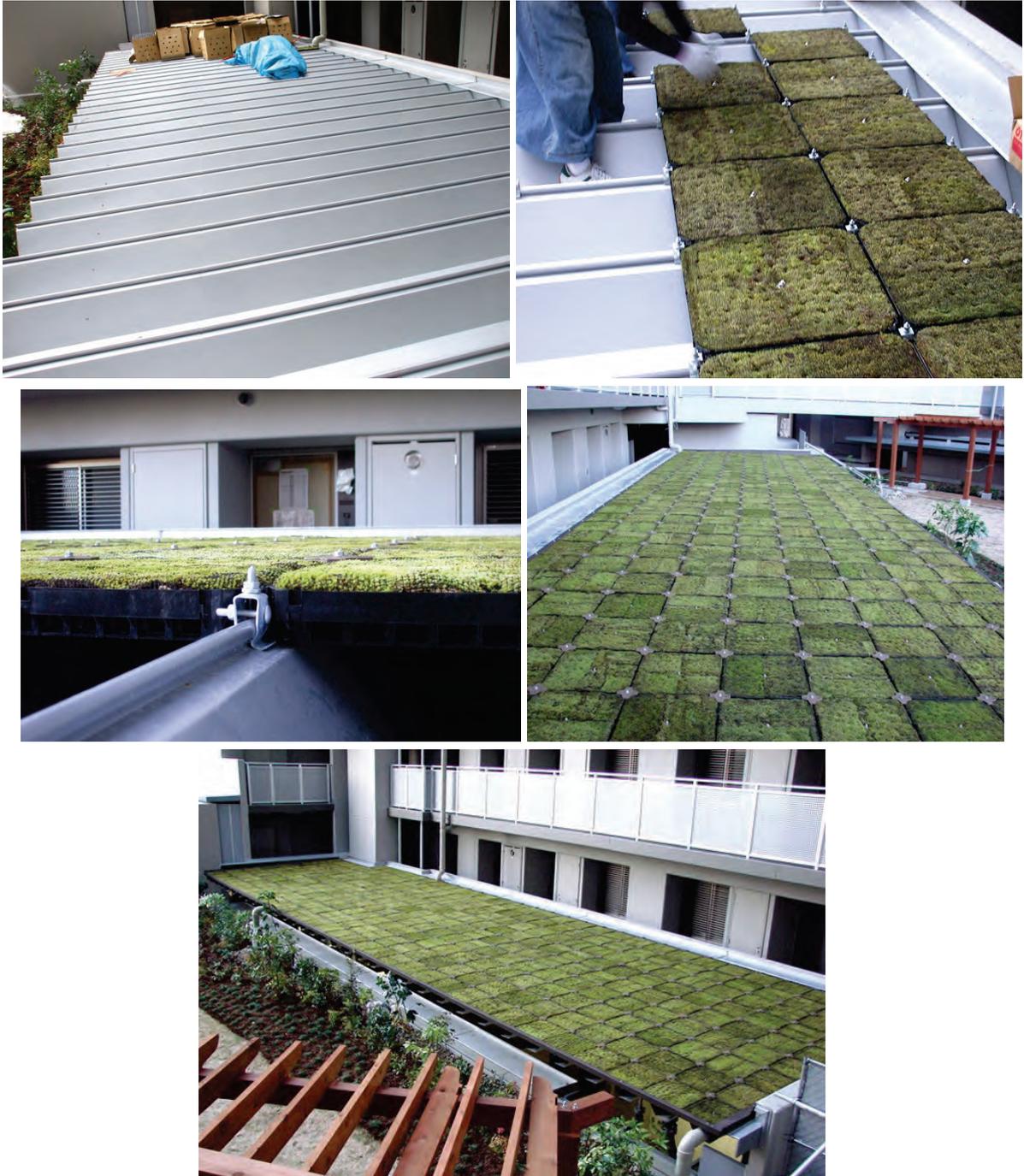


Abbildung 91 (l.o.), 92 (r.o.), 93 (l.m.), 94 (r.m.) und 95 (unten): Aufbringung von Moosboxen auf einem Trapezblechdach: Unbelegtes Dach (l.o.), Montage (r.o.), Aufbringungsdetail (l.m.), fertig belegtes Dach (r.m. und unten) Bildquelle: Website Fa. Moss Mokokoko

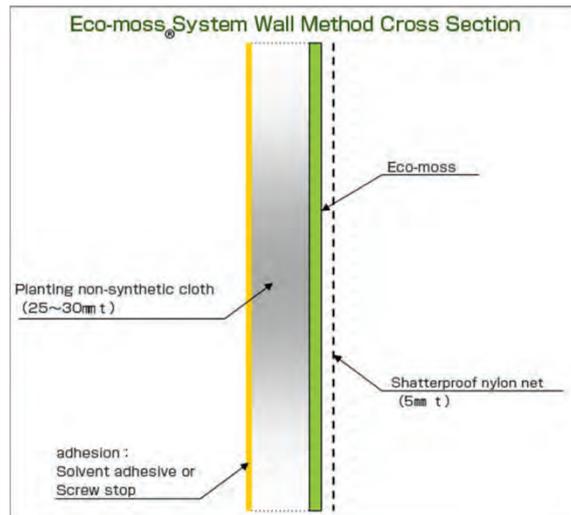


Abbildung 96: Funktionsschema – Wandbegrünung mit geklebten Moosmatten auf Trapezblech, Fa. Moss Mokokoko; Bildquelle: Website Fa. Moss Mokokoko



Abbildung 97 (l.o.), 98 (r.o.), 99 (l.m.), 100 (r.m.), 101 (l.u.), 102 (r.u.): Aufbringen der Moospanele auf einer Trapezblechfassade; Ursprüngliche Fassade (l.o.), Vorbereitungsarbeiten (r.o.), Aufstreichen des Klebers und Ankleben der Matten (l.m.), angeklebte Moosmatten (r.m.), Detailausbildung (l.u.) und fertige Fassade (r.u.) ; Bildquelle: Website Fa. Moss Mokokoko



Abbildung 103 (l.o.), 104 (r.o.), 105 (l.m.) und 106 (r.m.): Aufbringung von Moosmatten auf Betonstützmauer: Auftrag von Kleber auf der Betonwand (l.o.), Aufkleben von Moosmatten auf die Betonwand (r.o.), fertig gestellte Stützmauer (l.m. und r.m.) Bildquelle: Website Fa. Moss Mokomoko



Abbildung 107 (l.o.), 108 (r.o.), 109 (unten) Aufbringung von Moosmatten auf einer Betonsteinwand: Betonsteinwand vor Baubeginn (l.o.), Wand mit Kleber und ersten aufgetragenen Moosmatten (r.o.), fertige Wand Stützmauer (unten) Bildquelle: Website Fa. Moss Mokomoko

1.2.2.7 Anwendungsbeispiel – Wohnhaus in Suginami, Tokyo 2007

Ein Anwendungsbeispiel aus Tokyo bzw. Suginami ist ein Wohnhaus, das 2007 besichtigt wurde. Das Haus wurde partiell mit Mooswänden versehen. Der Anbieter der Moosmatten bzw. aufgetragenen Moose konnte nicht ermittelt werden – es dürfte sich aber um ähnliche Techniken handeln, wie bei den Moosen der Fa. Moss Mokokoko. Abbildung 110 zeigt das Bauwerk.



Abbildung 110: Wohnhaus in Tokyo, Suginami ; Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

1.2.2.8 Anwendungsbeispiel – Apartmenthaus in Nerima, Tokyo 2007

Ein weiteres Anwendungsbeispiel aus Tokyo bzw. Nerima ist ein Wohnhaus, das 2007 besichtigt wurde. Das Haus wurde partiell mit Mooswänden in einem Schachbrett-artigen Muster versehen. Der Anbieter der Moosmatten bzw. aufgetragenen Moose konnte nicht ermittelt werden – es dürfte sich aber um ähnliche Techniken handeln, wie bei den Moosen der Fa. Moss Mokokoko. Abbildung 111 zeigt das Bauwerk.



Abbildung 111: Apartment-Haus in Tokyo, Nerima; Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

1.2.2.9 Anwendungsbeispiel – Parkhaus in Adachi Tokyo 2007

Die Betonwände dieses Parkhauses wurden auf der Außenseite vollflächig mit Moosmatten versehen. Auch hier ist es nicht möglich gewesen den Anbieter festzustellen, jedoch zeigt das Beispiel wunderschön das Begrünungspotential von Zweckbauten (die sonst von mäßiger architektonischer Ästhetik geprägt sind). Abbildungen 112-115 zeigen dieses Beispiel.



Abbildung 112 – 114 :Parkhaus in Adachi, Tokyo; Moosmattenmontage; Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)



Abbildung 115 : Parkhaus in Adachi, Tokyo; fertiggestellte Mooswandstruktur; Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

1.2.2.10 Anwendungsbeispiel Wohnhaus in Higashisumiyoshi, Osaka 2007

Ein weiteres Wohnhaus, diesmal in Osaka, das mit Moosmatten versehen wurde. Auch dieses Objekt wurde anno 2007 angesehen. Abbildung 116 zeigt dieses Bauwerk.



Abbildung 116 : Wohnhaus in Higashisumiyoshi, Osaka; Mooswandstruktur; Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

1.2.2.11 Anwendungsbeispiel Gartenmauer in Hachiouji City, Tokyo 2007

Dieses Beispiel (Abbildung 117) zeigt deutlich das Potential von Moosmatten auf, den Eindruck von horizontalen Grünflächen in die Vertikale weiterstehend übergangslos zu übertragen.



Abbildung 117 : Gartenmauer in Hachiouji City, Tokyo; Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

1.2.2.12 Anwendungsbeispiel Treppeneinfassung in Kita, Tokyo 2007

Ein weiteres gelungenes Gestaltungsbeispiel ist in Kita, Tokyo 2007 entdeckt worden (Abbildung 118). Auch hier ist eine lückenlose Integration der Moosmatten an den Wänden zu erkennen.



Abbildung 118 : Treppeneinfassung Kita, Tokyo; Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

1.2.2.13 Anwendungsbeispiel Japan unbekannt #1

Im Zuge von Webrecherchen wurde folgendes Objekt entdeckt. Leider sind weder genaue Lokalisierung noch Details über die Bemoosung online verfügbar, jedoch zeigt das Beispiel, dass Moosmatten auf jeder Seite eines Gebäudes (unabhängig von der Orientierung) angebracht werden können (bzw. dies in Japan auch durchgeführt wird). Abbildungen 119 – 122 zeigen dieses Objekt (es dürfte sich wohl um ein kleines Büro oder ähnlich handeln).

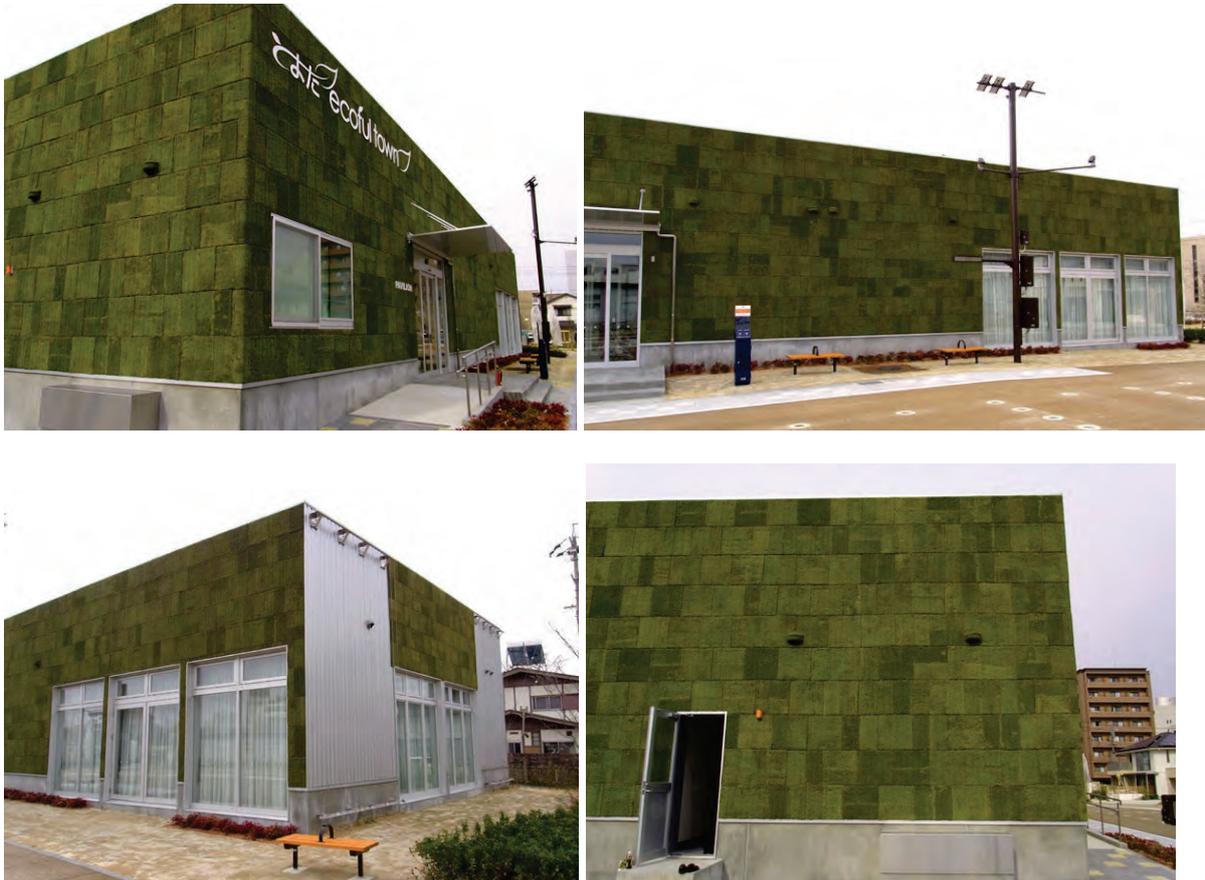


Abbildung 119 – 122 :Rundherum in Moosmatten eingepacktes Gebäude, Japan, Ort und Realisierungsdatum unbekannt.; Bildquelle: www.kokusai-kankyuu.com/sekou_okujou_k.html

1.2.2.14 Anwendungsbeispiel Japan unbekannt #2

Ebenfalls wurde folgendes Produkt bei Webrecherchen entdeckt. Hier handelt es sich offenbar um quadratische Moosmatten, die (nur?) für horizontale Anwendung auf Flachdächern ausgelegt sind. (Abbildungen 123 und 124).



Abbildung 123 : Moosmatten auf einem Flachdach, Japan; Bildquelle: http://tinsmithing19.rssing.com/channel-10773973/all_p24.html



Abbildung 124 : Moosmatten auf einem Flachdach, Japan; Bildquelle: http://tinsmithing19.rssing.com/channel-10773973/all_p24.html

1.2.2.15 Fa. Happy moss

Diese Firma ist eine Spezialgärtnerei für Moose aller Arten. Im Angebot sind Moosmatten, Mooskugeln und Moose in Anzuchtboxen. Auf der Website wird die Fähigkeit des Moores zur Verbesserung des Mikroklimas angepriesen. Die Moosmatten scheinen aus einem Vlies, einer Drainageschicht aus Kunststoff, einer Kokosmatte, dem eigentlich Moos und einer beschränkenden Gittergewebeschiicht aufgebaut zu sein. Eine eigene Schicht zur Wasserspeicherung ist offenbar nicht vorgesehen. Die Abbildungen 125 – 132 zeigen die Produkte dieser Firma, bzw. deren Anwendung.



Abbildung 125 : Mooskugeln für den Innenraum , Japan; Fa. Happy Moss Bildquelle: Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)



Abbildung 126 : Moosanzuchtkisten, Japan; Fa. Happy Moss Bildquelle: Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)



Abbildung 127 – 128 : Moos in Anzuchtbox (links); Schichtaufbau der Moosmatte (rechts): Japan; Fa. Happy Moss
 Bildquelle: Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)



Abbildung 129 – 130 :Verarbeitbarkeit der Moosmatte der Fa. Happy Moss, Japan, Bildquelle: Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)

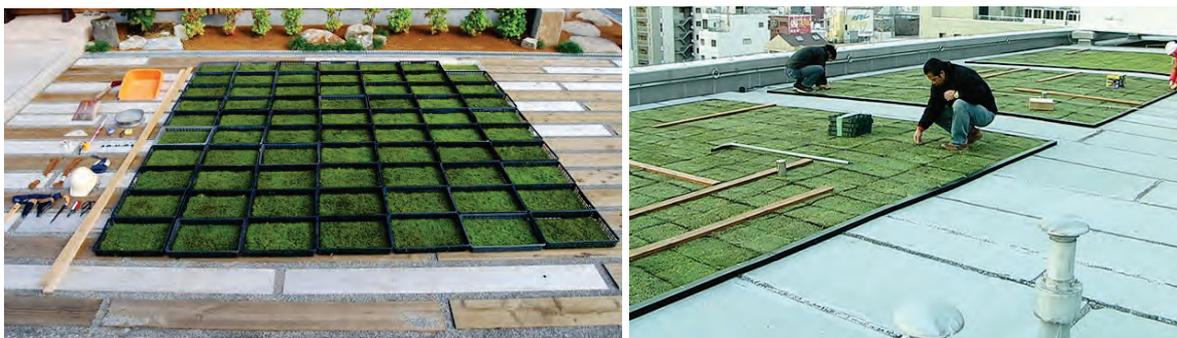


Abbildung 131 – 132 :Auflage der Moosmatten für eine Flachdachbegrünung; Fa. Happy Moss, Japan,
 Bildquelle: Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)

1.2.2.16 Anwendungsbeispiel Japan unbekannt #3

Dieses Beispiel, das ebenfalls der Webrecherche entstammt, unterscheidet sich von anderen Anwendungen dadurch, dass die Moospaneel offenbar auch außen mit einem Vlies überdeckt sind und die Matten im nicht vorkultivierten Zustand montiert wurden. Das Moos sprießt offenbar erst im Laufe der Zeit (Abbildung 133).



Abbildung 133 : montierte, nicht-vor-kultivierte Moosmatten an der Außenwand; Bildquelle: http://koike-inc.jp/1k188_koike/wp-content/uploads/IMG_0971.jpg

1.2.2.17 Anwendungsbeispiel Fabrik Green Plant Wakasa

Diese Firma scheint die Anzucht bzw. Produktion von Moosmatten geradezu industriell vorzunehmen. Es existiert eine witterungsunabhängige Produktionsstätte (inklusive Belichtungs- und Bewässerungsanlagen), in denen die Matten ein Jahr lang vorkultiviert werden und dann 3 bis 5 Jahre im Freien weiterkultiviert werden. Die Abbildungen 134 – 138 illustrieren Produktion und Applikation dieser Moosmatten.

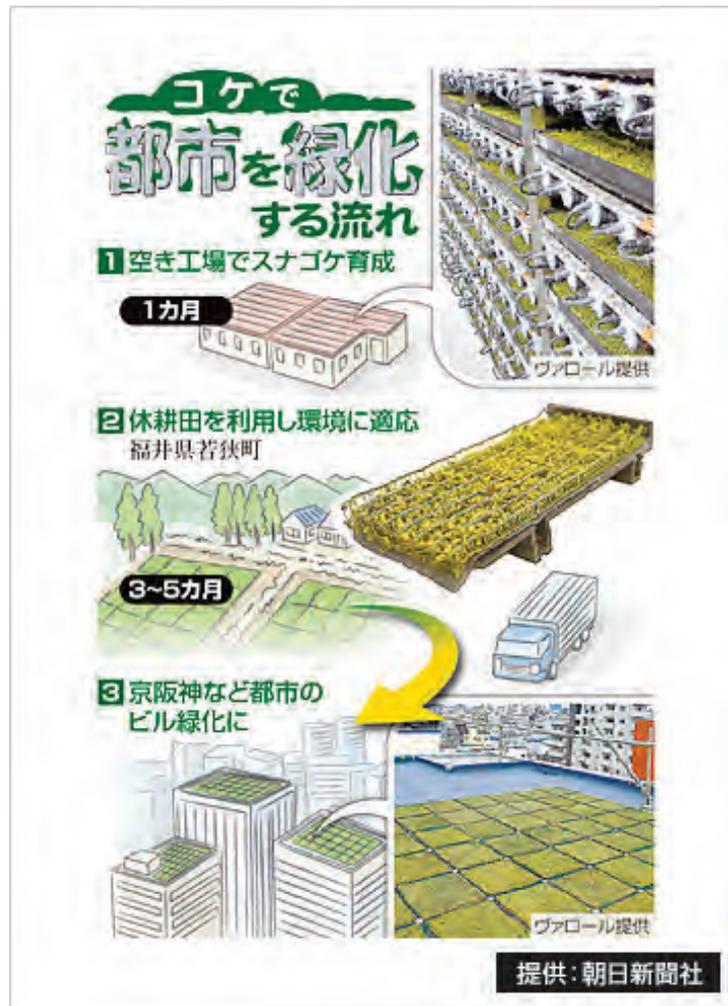


Abbildung 134 : Fertigungsprinzip der Moosmatten der Fa. Wakasa Bildquelle: www.urase.co.jp/ecology/

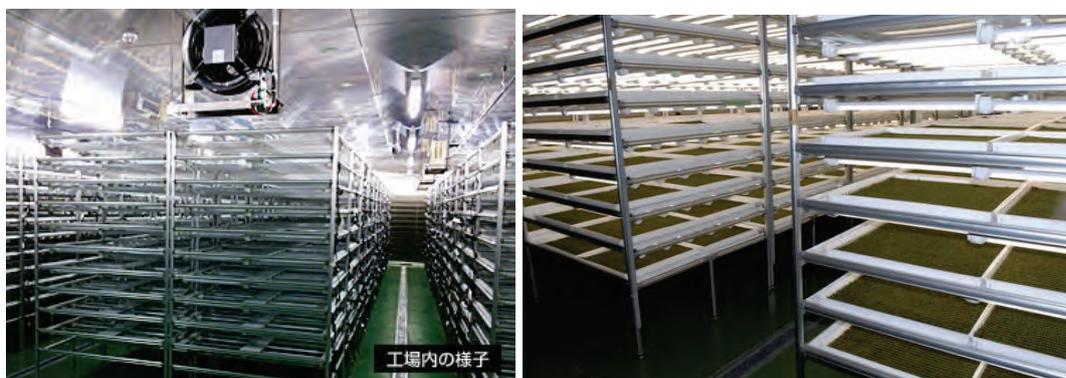
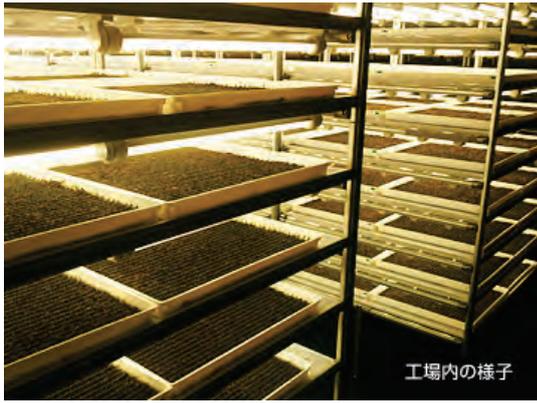


Abbildung 135 – 136 : Fertigungsprinzip der Moosmatten der Fa. Wakasa/ Kultivierungshallen; Bildquelle: www.urase.co.jp/ecology/



工場内の様子



コケ施工例

Abbildung 137 – 138 : Fertigungsprinzip der Moosmatten der Fa. Wakasa/ Kultivierungshallen (links), sowie Applikation auf einem Tonnendach (rechts); Bildquelle: www.urase.co.jp/ecology/

1.2.2.18 Anwendungsbeispiel Fa Mossfarm

Die Firma Mossfarm ist eine auf Moosaufzucht spezialisierte Gärtnerei. Es werden Moose sowohl „loose“ wie auch in Matten einkaschiert angeboten. Die Abbildungen 139 – 155 zeigen die Produkte dieser Firma



Abbildung 139 : Angebotspalette der Fa. Mossfarm Bildquelle: www.mossfarm.jp/hpgen/HPB/entries/6.html

苔マットの特徴



苔マットの特徴

苔マットは厚さ約10mmの一枚シート状の苔です。だれでも簡単にハサミなどで加工することができます。好きな形に切ることでお庭の施工だけでなく室内の緑化インテリアなどにも使用できます。また、モスファームの苔マットは全て自家栽培です。約30年の苔販売専門店の技術を用いて安心・良質な苔をお安くお届けします。

Abbildung 140 : Demonstration der Zuschneidbarkeit und Aufbau der Basismatte
www.mossfarm.jp/hpgen/HPB/entries/6.html



Abbildung 141 : Versandpaket für Do-it-yourself Mooskugeln der Fa. Mossfarm Bildquelle:
http://item.rakuten.co.jp/mossfarm/kur-105/?s-id=pc_srecommend_01

杉苔は日本庭園等で使用される苔でもっともメジャーな庭園苔です。
日当たりの良い場所に施工できる庭園苔として重宝されています!!



杉苔の特徴



葉の部分が杉の葉に似ていることから杉苔と呼ばれています。



杉苔は仮根が深くしっかりしているのが特徴で、環境適用能力も高く育ちやすい苔種です。



Abbildung 142 : Versandform der Moose Bildquelle: http://item.rakuten.co.jp/mossfarm/kur-105/?s-id=pc_srecommend_01

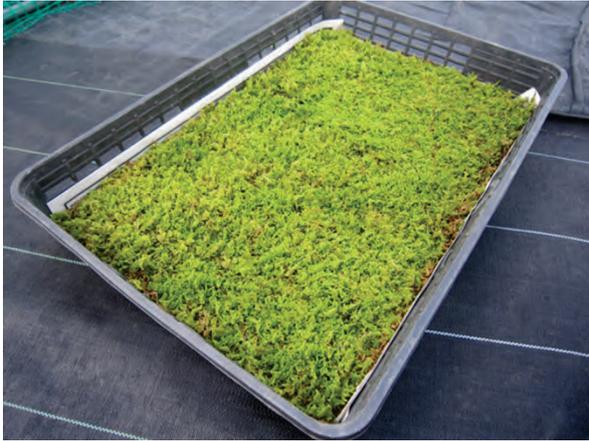


Abbildung 143– 144 : Aufzucht-kiste mit einer Moosart (links), sowie Detailansicht. (rechts); Bildquelle: www.mossfarm.jp

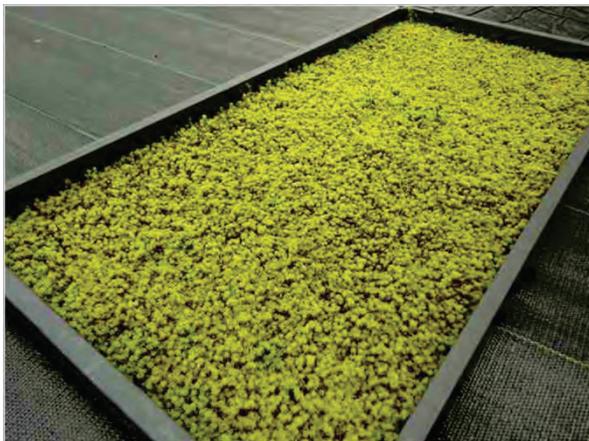


Abbildung 145– 146 : Aufzucht-kiste mit einer Moosart (links), sowie Detailansicht. (rechts); Bildquelle: www.mossfarm.jp

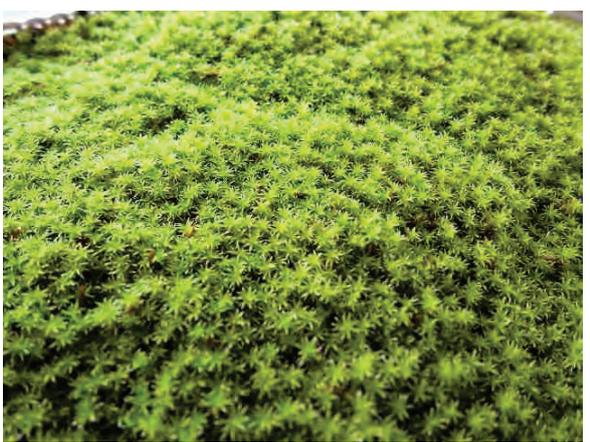


Abbildung 147– 148 : Aufzucht-kiste mit einer Moosart (links), sowie Detailansicht. (rechts); Bildquelle: www.mossfarm.jp



Abbildung 149– 150 : Aufzuchtbox mit einer Moosart (links), sowie Detailansicht. (rechts); Bildquelle: www.mossfarm.jp



Abbildung 151– 152 : Aufzuchtbox mit einer Moosart (links), sowie Detailansicht. (rechts); Bildquelle: www.mossfarm.jp



Abbildung 153– 154 : Aufzuchtbox mit einer Moosart (links), sowie Detailansicht. (rechts); Bildquelle: www.mossfarm.jp

ホソバオキナゴケの苔塊が高級感のある和風の庭園を演出します!!
比較的乾燥に強いので盆栽用などの苔としても人気があります!!



ホソバオキナゴケの特徴



苔の塊は少しずつ増え緑のグラデーションがとてもきれいです。



比較的乾燥に強く環境適用能力も高いので育ちやすい苔種です。



Abbildung 155: Aufzuchttray und Detailansicht einer Moosart (links) Bildquelle: www.mossfarm.jp

1.2.2.19 Anwendungsbeispiel Fa Watabe Zoen

Die Firma Watabe Zoen bietet verschiedene Moostypen in Aufzuchtkästen an (Abbildung 156)



Abbildung 156: Moosarten im Angebot der Fa Watabe Zoen Bildquelle:
<http://www.watabezoen.com/koke/info.html>

1.2.2.20 Bilder aus japanischen Moosgärten

Als abschließendes Beispiel dieser Sektion sollen noch zwei Bilder aus japanischen Moosgärten gezeigt werden, die eindrucksvoll dokumentieren, dass es nicht immer „englischer Rasen“ sein muss um eine ebene grüne Oberfläche zu erreichen. (Abbildung 157 und 158).



Abbildung 157: Moosgartenfläche und Herbstlaub Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)



Abbildung 158: "Bitte das Moos nicht zu betreten"; Bildquelle: <http://sendagaya3.exblog.jp/18164078/>

1.2.2.21 Fazit über die Recherchen hinsichtlich Anbietern, Anzucht und Anwendungsbeispiele

Die Anwendungsbeispiele und Firmen, die Moose als Matten bzw. Dekoration bzw. Gartenbaumaterial verkaufen zeigen in der Recherche folgendes:

In Japan besteht durch die große kulturelle Tradition von Moosgärten eine gewisse Infrastruktur zur Anzucht und Pflege von Moosen verschiedener dort verbreiteter Arten. Hinsichtlich Anwendung zur Gebäudebegrünung besteht ein großer Erfahrungsschatz und auch eine gewisse Kreativität, wie die Beispiele zeigen.

Die klimatischen Bedingungen scheinen in (Teilen) Japan(s) für die vor Ort verwendeten Moose gut geeignet sein. Dies lässt sich nicht 1:1 auf Europa übertragen, da hier andere Moosarten heimisch sind und andere klimatische Bedingungen vorherrschen. Nichtsdestotrotz kann man sicherlich von der japanischen Moostradition lernen.

Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und Pflege der Moose ist anhand der doch recht „Momentaufnahmen-artigen“ Illustration der Beispiele nicht einfach eine Aussage zu treffen. Es scheint allerdings grundsätzlich eine hohe Dauerhaftigkeit bei einem lediglich moderaten Wartungsaufwand zu bestehen.

Die Recherchen hinsichtlich Anbieter im europäischen bzw. deutschsprachigen Raum hat gezeigt, dass es hier sehr wohl auch Betriebe gibt, die sich mit Moosen intensiv auseinandersetzen. Für die im Projekt verfolgten Ziele erscheint das Produkt der Fa. GreenWallTec (vorkultivierte Moosmatten auf Kunststoffvlies) recht vielversprechend. Trotz eigentlicher Vorgabe nur horizontale Flächen damit zu bepflanzen hat es von Seiten der Firma kleinräumige vertikale Realisierungen gegeben.

Grundsätzlich erscheinen die spezifischen europäischen Klimabedingungen und auch Bauvorschriften aber einer breiten Verbreitung von Moosen – auch in Hinblick auf einen vertretbaren Wartungsaufwand – in den Entwicklungen noch viel Luft nach oben zu lassen.

1.3 Verwendete Methoden

1.3.1 Prinzipielle Konzepte

Am Anfang des Projektes wurden einige prinzipielle Überlegungen angestellt, wie eine Fassadenintegration mit wartungsextensiven Bepflanzungen aussehen kann. Es wurden Prinzip-Skizzen für zwei unterschiedliche Anwendungsfälle erstellt: i. vorgehängte Fassadenkonstruktionen mit Hinterlüftung und ii. Fassadenkonstruktionen ohne Hinterlüftung. Im Folgenden werden beide Prinzipien kurz dargestellt.

Aspekte bei der Konzipierung dieser Konstruktionsentwürfe waren auf der einen Seite eine Möglichkeit zum Auf- und Einbringen von Wasserspeichersubstraten in die Konstruktion (bzw. in die Testpaneele), sowie grundsätzliche Wasserbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit, entsprechende Flexibilität der Konstruktionen bei gleichzeitiger Formstabilität und die Möglichkeit Wasserspeichermaterialien aufzunehmen. Außerdem sollten die Prinzipien eine langsame flüssige Wasserabgabe aus dem Wasserspeicher ermöglichen und durch hohe Verdunstungsoberflächen ein Mikroklima mit hoher Luftfeuchtigkeit für das Mooswachstum gewährleisten.

Wie in den vorherigen Seiten auch gut ersichtlich wurde eine recht fundamentale Analyse von gebauten Objekten und Herstellern durchgeführt. Für die tatsächliche Durchführung des Projektes wurden mittels Literatur-, Markt- und Hintergrundrecherche in aktuellen Publikationen, Marktprospekten und -Katalogen und anderen Medien sowie persönlicher Nachfrage auch Studien zu den geeigneten Materialien (Träger, Wasserspeicher, Substrate, Moose) durchgeführt. Diese sind in weiterer Folge hier beschrieben.

1.3.1.1 Konzept vorgehängte Fassadenkonstruktion mit Hinterlüftung.

Folgende Annahmen wurden getätigt:

- Es ist ein größerer Hinterlüftungsspalt von Nöten als bei „herkömmlichen“ hinterlüfteten Konstruktionen, um eine entsprechende Belüftung sicherzustellen. Dies bedingt eine größere Auskragung der Tragkonstruktion
- Eine verstärkte Tragkonstruktion ist notwendig um das zusätzliche Gewicht von Wasserdepots und Substratdepots abtragen zu können.
- Die Einfassung der Wasser- und Substratdepots muss eine flexible Größenänderung mitmachen, um den starken Volumsänderungen von Wasserspeicherungs- und Abgabeprozessen standhalten zu können. Außerdem muss sie widerstandsfähig genug gegen „Durchfrieren“ sein.

In Abbildung 159 ist eine Prinzipskizze des Konzeptes dargestellt. Die unterschiedlichen Darstellungen sind im Folgenden (von links nach rechts) kommentiert:

1. Regen und das über die Fassade ablaufende Dachwasser fließt an den Fassadenpaneelen hinab, das Moos wird bewässert, das Wasserspeichermaterial nimmt Wasser auf und sein Volumen expandiert.
2. Bei trockenem Wetter gibt das Wasserspeichermaterial langsam Wasser durch die Lochungen der Fassadenpaneele ab und befeuchtet so die Moospflanzen.
3. Bei anhaltend trockenem Wetter gibt das Wasserspeichermaterial einen Großteil des gespeicherten Wassers ab und liegt nur mehr im unteren Bereich am Fassadenpaneel an.
4. Beim nächsten stärkeren Regen regeneriert sich das Wasserspeichersystem wieder (Volumsaufquellen und Wiederausfüllen der Hohlkonstruktion).

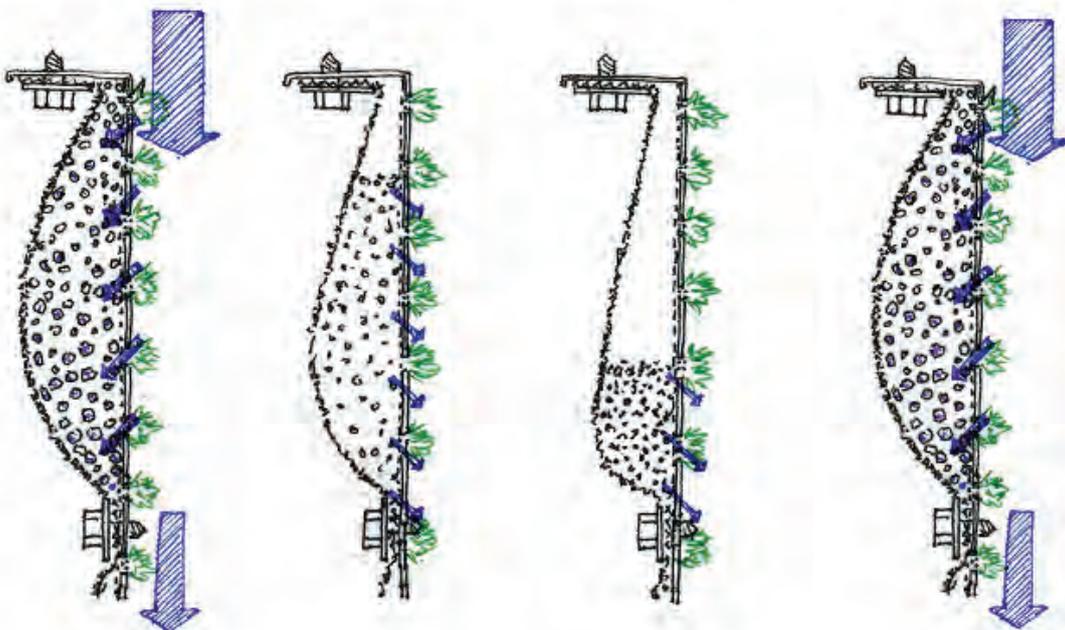


Abbildung 159: Prinzipskizze – vorgehängte Fassadenkonstruktion. Bildquelle: Eigene Skizze (E. Heiduk).

1.3.1.2 Konzept Fassadenkonstruktion ohne Hinterlüftung.

Analog zu den Fassadenkonstruktionen mit Hinterlüftung gilt, dass Volumsänderungen infolge von Austrocknungs- und Befeuchtungsprozessen von der Konstruktion abgedeckt werden müssen. Naturgemäß ist die Konstruktion hier etwas anders anzulegen. Es ist daher überlegt worden, ob es möglich ist Plattenmaterialien (z.B. bestimmte Wärmedämmplatten) mit integrierten Wasserspeicherdepots anzulegen. Über diesen Depots ist ein gelochtes Material (Platte mit Bohrungen, Lochvlies, o.dgl.) anzulegen, auf dem die Moospflanzen gedeihen können.

In Abbildung 160 ist eine Prinzipskizze des Konzeptes dargestellt. Die unterschiedlichen Darstellungen sind im Folgenden (von links nach rechts) kommentiert:

1. Regen und das über die Fassade ablaufende Dachwasser fließt an den Fassadenpaneelen hinab, das Moos wird bewässert, das Wasserspeichermaterial nimmt Wasser auf und sein Volumen expandiert.
2. Bei trockenem Wetter gibt das Wasserspeichermaterial langsam Wasser durch die Lochungen der Fassadenpaneele ab und befeuchtet so die Moospflanzen.
3. Bei anhaltend trockenem Wetter gibt das Wasserspeichermaterial einen Großteil des gespeicherten Wassers ab und liegt nur mehr im unteren Bereich am Fassadenpaneel an.
4. Beim nächsten stärkeren Regen regeneriert sich das Wasserspeichersystem wieder (Volumsaufquellen und Wiederausfüllen der Hohlkonstruktion).

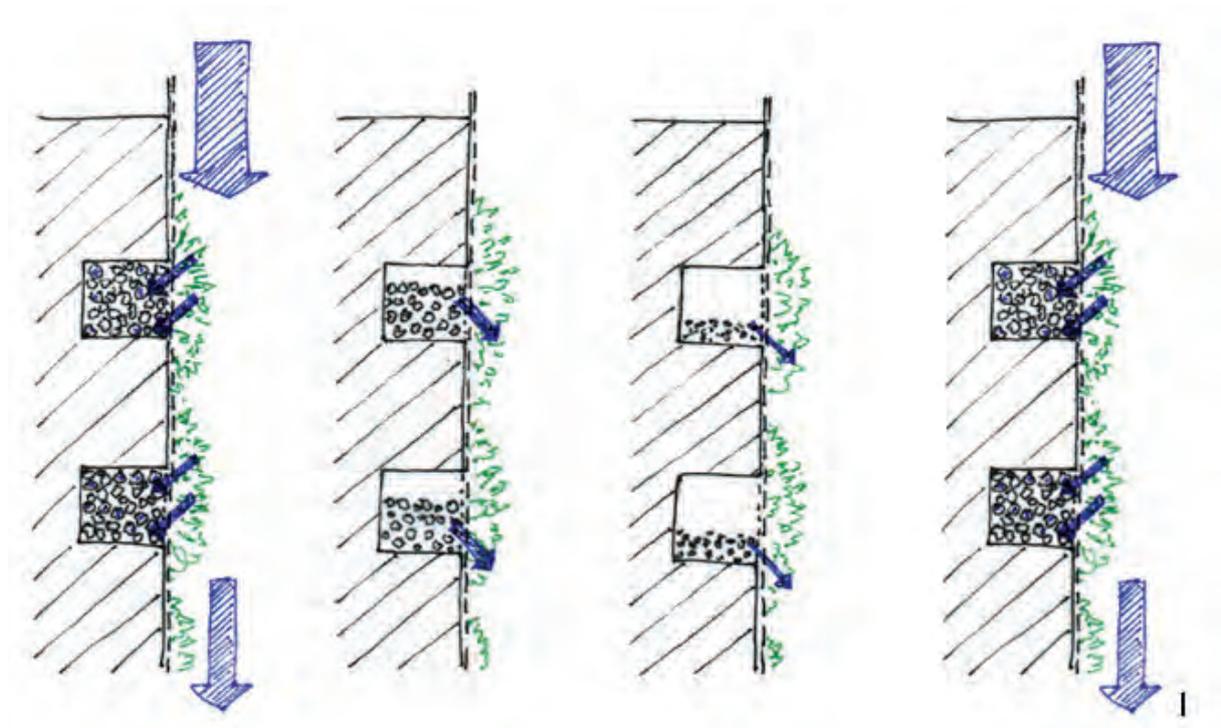


Abbildung 160: Prinzipskizze –Fassadenkonstruktion ohne Hinterlüftung. Bildquelle: Eigene Skizze (E. Heiduk).

1.3.2 Zeitraum der getätigten Arbeiten

Das BeMoFa-Projekt am 1. August 2014. Die Aufsammlungen der Moose erfolgten im August und September 2014 in Wien und Niederösterreich. Dabei wurde auf schonende Entnahme der Moose geachtet um nicht den Mehrwert der Stadtbegrünung mit der Zerstörung wichtiger Komponenten im Ökosystem auszugeichen. Die Bepflanzungen fanden im Zeitraum 17.10. bis 17.11.2014 in einem uns zur Verfügung gestellten Glashaus der Blumengärten Hirschstetten (Magistratsabteilung 42, 1220 Wien) statt. Ab dem 10.11. wurden die bepflanzten Paneele auf einer Freiluft-Versuchsfläche gleich daneben für die Wachstumsphase aufgelegt. Das Monitoring der Versuchsflächen erfolgte am 23.12.2014 und am 21.1., 18.2. 2015 und 18.3.2015. Daraufhin wurde ein Teil der Platten die kein Mooswachstum zeigten abgebaut.

Die Versuchsreihe bestand aus 43 verschiedenen Paneelen welche mit insgesamt 15 verschiedenen Moos-Arten auf drei unterschiedliche Weisen bepflanzt wurden. Bepflanzungsmethode 1 war die aufwendigere Pflanzung ganzer Sprosse in die Löcher der Paneele. Methode 2 war das Aufbringen einer Moosfragment-Kleister-Mischung mittels Pinseln. Zuletzt wurden auf einzelnen Paneelen auch ganze Moospolster aufgebracht.

Schließlich wurden Versuche mit käuflich erworbenen, fertigen Moosmatten durchgeführt. Dabei lag der Schwerpunkt auf Applikation der Matten an verschiedenen Paneelen. Chemische Untersuchungen zu pH-Wert und Zusammensetzung der Substrate rundeten die Versuchsserie ab.

1.3.3 Versuchsflächen

Es wurden 43 unterschiedliche Trägerpaneele als Bepflanzungsgrundlage gewählt. Die Paneele unterschieden sich hinsichtlich ihrer Größe, als auch in ihrem Material, sowie in der Lochgröße und der Befüllbarkeit mit Substrat. Grundlegend für die Auswahl war die Nutzbarkeit der Paneele als Fassadenbaumaterial. Die meisten Paneele waren folgendermaßen aufgebaut: Ein Grundgerüst, (ein darunter gespanntes Fließ) und ein darin eingefülltes Substrat (Abb. 161).

Als Grundgerüst-Materialien wurden Aluminium, Edelstahl, Glasfasergranulat, Holzverbundmaterial sowie Kunststoff eingesetzt. Diese Grundgerüste (Trägerpaneele) wurden in verschiedenen Größen gelocht. Die Löcher reichten von 2 mm bis zu 12 mm Durchmesser. Unter die Trägerpaneele wurde in vielen Fällen ein Fließ gespannt, welches ein Durchsickern des eingefülltes Substrat verhindern sollte. Aus der Kombination verschiedener Trägerpaneele, sowie der Befüllung mit den unterschiedlichen Substraten ergaben sich aus den 43 Trägerpaneelen insgesamt 65 Versuchsflächen. Die unterschiedliche Anzahl an Trägerpaneelen ergab sich primär aus der ungleichen Verfügbarkeit der einzelnen Materialien seitens der Hersteller.

Die Auswahl der Trägerpaneele und Substrate berücksichtigte im Rahmen der Sondierung nur einige Materialien. Andere geeignete Materialien (natürliche Materialien) sind für weitere Entwicklungen nach Möglichkeit zu berücksichtigen (vergleiche „ungewolltes“ Mooswachstum auf solchen Oberflächen). An dieser Stelle soll auch denjenigen Herstellern gedankt werden, die Materialproben Ihrer Produkte für das Projekt zur Verfügung gestellt haben (einige Materialien wurden über reguläre Verkaufskanäle bezogen)



Abbildung 161: Bestandteile der Paneele: a...Granulat, b...Fließ, c...Metall-Grundgerüst (Bildquelle: Eigene Photographie E. Heiduk, bearbeitet von J. Gätz)

1.3.4 Trägerpaneele

Tabelle 1 listet die verwendeten Trägermaterialien und deren Anzahl in der Versuchsanordnung (in Summe 43 Anordnungen) auf. Anschließend werden die Materialien eingehender charakterisiert.

Tabelle 1: Trägerpaneelmaterialien und deren Anzahl in den Bewuchsversuchen

Name	Anzahl in der Versuchsanordnung
Drainageflies – Polster	3
Rasenteppich – Polster	1
Glasschaum – Block	8
STODECO PLAN – Glasfaserplatte	1
ALUCORE Aluminiumwabenplatte beschichtet	2
Aluminium Lärmschutzplatte beschichtet	6
Aluminiumstreckmetall – Wellplatte	1
Aluminiumblech – Platten	10
Edelstahlblech – Platten	4
SENOVA Melaminharz-Holzfaserverplatte	1
Kunststoff – Doppelstegplatten	6

Drainageflies und Rasenteppich-Polster

Von den Polstern wurden zwei unterschiedliche Typen getestet, drei bestanden aus Drainageflies und einer aus Rasenteppichtextil. Die Polster hatten eine Größe von 100x100 cm. Das Drainageflies (Abb. 162) wurde je einmal mit Stockosorb, Sanoplant sowie Geohumus gefüllt, im Rasenteppich (Abb. 163) war ebenfalls Geohumus.

Versuchsflächen: 1, 2, 3, 4

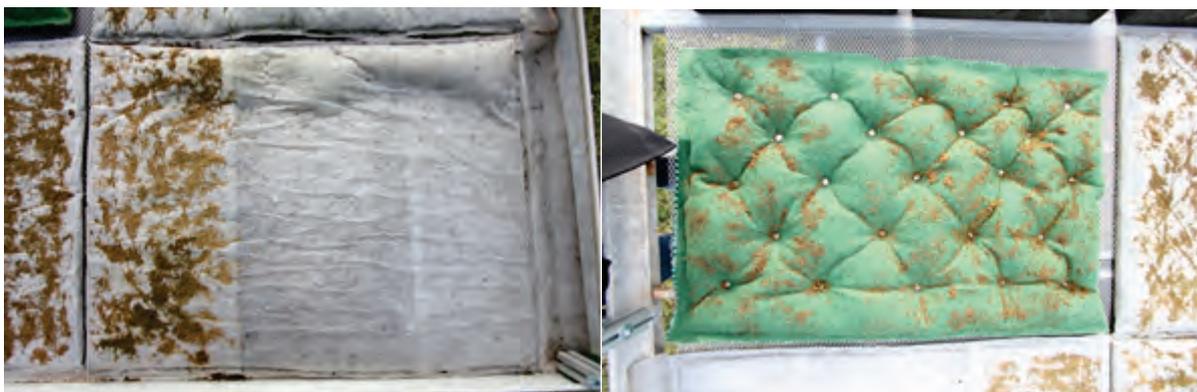


Abbildung 162 (links) und 163 (rechts) : Drainageflies (Eigene Photographie - E. Heiduk); Rasenteppichtextil (Eigene Photographie - E. Heiduk)

Glasschaumplatten

Es wurden ebenfalls Versuche mit Glasschaumplatten von „Pittsburgh Corning“ durchgeführt. Die Glasschaumblöcke hatten eine Größe von 60 x 40 cm und eine Tiefe von

10 cm. Insgesamt waren es acht Blöcke, es wurden jeweils zwei mit einem der vier Substrate befüllt. Beispiele für bepflanzte Glasschaumplatten zeigt Abb. 164.

Versuchsflächen: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

STODECO PLAN Platte

Auch die StoDeco Plan war eine Glasschaumgranulatplatte. Für die Versuche wurde hier eine Platte mit der Größe von 108 x 108 cm zur Verfügung gestellt, welche geviertelt wurde um für jedes Substrat eine Versuchsfläche zu erhalten (Abb. 164).

Versuchsflächen: 13, 14, 15, 16



Abbildung 164 : StoDeco Plan Platte (unten) und Glasschaum-Blöcke (oben) (Bildquelle: eigene Photographie – E. Heiduk)

ALUCORE Aluminiumwabenplatte

Von den ALUCORE-Aluminiumwabenplatten (Abbildung 165) wurde mit 2 Stück in der Größe von 200 x 100 cm gearbeitet. Eine der Platten wurde geviertelt und jedes Viertel mit einem der vier Substrate gefüllt, die andere Platte blieb leer. Die Platten zeichneten sich durch besonders kleine Bohrungen (5mm) mit besonders großen Lochabständen aus.

Versuchsflächen: 17, 17a, 18, 19, 20, 21

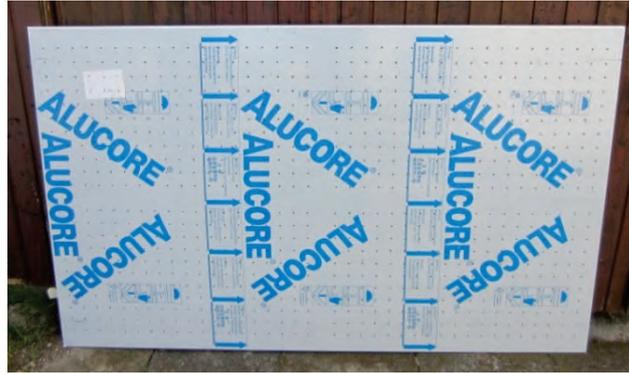


Abbildung 165 : ALUCORE Aluminiumwabenplatte (Bildquelle: eigene Photographie – E. Heiduk)

Beschichtete Aluminium-Lärmschutzplatten

Von diesen Platten wurden 6 Stück erstellt, 3 Paneele mit einer Lochgröße von 6mm und ebenso viele mit einer Lochgröße von 12 mm (Abb. 6). Diese Paneele waren mit Polyester-Kunststoffpulver beschichtet. Abbildung 166 zeigt eine dieser Platten in Bearbeitung.

Versuchsflächen: 22, 23, 24, 25, 26, 28



Abbildung 166 : Beschichtete Aluminium-Lärmschutzplatte (Bildquelle: eigene Photographie – E. Heiduk)

Aluminium- und Edelstahlbleche

Dieser Paneeltyp machte mengenmäßig mit 26 Stück den Großteil der Versuchsflächen aus. Es gab die gleichen Trägerpaneele einerseits aus Aluminium und andererseits aus Edelstahl (Abbildung 167). Variiert wurden die Platten mit unterschiedlichen Lochgrößen von 2, 5, 8 und 12 mm. Von den meisten der Variationen standen nur je zwei Paneele zur Verfügung, in diesem Fall wurden sie jeweils zur Hälfte mit zwei unterschiedlichen Substraten befüllt.

Versuchsflächen auf Aluminium: 29, 30, 37, 38, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 55, 56, 57, 58, 59

Versuchsflächen auf Edelstahl: 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41



Abbildung 167 : Aluminium- Edelstahlbleche (Bildquelle: eigene Photographie – E. Heiduk)

Gewellte Streckplatte

Ein gewelltes Paneel (aus Aluminium oder Edelstahl, Abbildung 168) wurde ebenfalls bepflanzt (Abb. 8). Leider zeigte sich bereits nach kurzer Zeit, dass die Pflanzen hier nicht greifen, daher wurde das Paneel nach kurzer Evaluierung ausgesondert.

Versuchsfläche: 27



Abbildung 168 (links) : Aluminium- Edelstahlbleche (Bildquelle: eigene Photographie – E. Heiduk); Abbildung 169 (rechts) : SENOVA Melaminharzplatte (Bildquelle: eigene Photographie – E. Heiduk)

SENOVA – Melaminharzplatte

Von dieser Platte aus Holzverbundmaterial (Abbildung 169) stand 1 Stück mit den Maßen 204 x 108 cm zur Verfügung. Sie wurde ebenfalls geviertelt befüllt (Abb. 9). Hinsichtlich dieses Materials muss angemerkt werden, dass bei dieser Platte nur eine mäßige Außenraumeignung durch Quell- und Schwindverhalten bzw. mangelnde Frostbeständigkeit von Vorneherein in Kauf genommen wurde.

Versuchsflächen: 50, 51, 52, 53, 54

Kunststoff-Doppelstegplatten

Von diesen Platten wurden 6 Stück in die Versuchsreihe aufgenommen. Die Doppelstegplatten haben eine Größe von 200x25 cm und bestehen aus Kunststoff. Es wurden zwei unterschiedliche Kunststofftypen ausprobiert. 3 Paneele bestanden aus Polycarbonat (PC) und 3 Platten aus Polyvinylchlorid (PVC, Abbildung 170). Befüllt wurden sie je eine mit Stockosorb, Sanoplant und mit Geohumus. Eine Befüllung mit Ton blieb bei den Platten aus.

Versuchsflächen: 60, 61, 62, 63, 64, 65



Abbildung 170 : PVC-Platte bei der Bearbeitung, Bildquelle: eigene Photographie (E. Heiduk)

1.3.5 Füllsubstrate

Die verschiedenen Paneel-Typen wurden mit je drei bis vier unterschiedlichen Substraten befüllt. Generell sollten die Substrate vor allem Wasserspeicher- und Durchlüftungsunterstützungsfunktionen erfüllen. Im Folgenden wird eine kurze Charakterisierung der Substrate vorgenommen, basierend auf eigenen Messungen. Im Anhang findet sich darüber hinaus ein Dokument, das eine eingehende chemische Untersuchung dieser Substrat-Materialien durch das externe Labor Dr. B. Pottmann (Gartenbauberater) zeigt.

Sanoplant (fortan als „SA“ abgekürzt)

Sanoplant von dem Vorarlberger Unternehmen Sanoway GmbH ist ein Wasserspeichersubstrat, welches aus natürlichem, silikatischem Gesteinsmehl hergestellt wird. Das feine braune Substrat wird mit Wasser zu einem farblosen Gel. Sanoplant hat einen fast neutralen pH-Wert mit 7,1. (Quelle: sanoway.com).

Stockosorb® („ST“)

Stockosorb® wird als weißes Granulat vom deutschen Unternehmen Evonik Industries AG zur Verfügung gestellt und wandelt sich bei Zugabe wässriger Lösungen in ein weißlich-durchsichtiges Gel. Es besteht aus vernetzten Acrylamid-Polymeren und Kaliumsalzen, ist also ein synthetisch hergestelltes Produkt. Der pH-Wert des Produktes ist leicht basisch bei 7,0-8,0. Stockosorb® hat sehr hohe Wasserabsorptionswerte mit > 150 mL/g. (Quelle: creasorb.com)

Geohumus („GH“)

Auch der von Geohumus International GmbH hergestellte Geohumus wird als Granulat geliefert und anschließend mit Wasser zu einer braunen gallertähnlichen Substanz aufbereitet. Auch er dient der Wasser- und Nährstoffspeicherung, sowie der Unterstützung von Luft- und Nährstoffaustausch. Geohumus soll in Boden die Wasserspeicherkapazität sowie das für Pflanzen verfügbare Wasser erhöhen.

Geohumus enthält zu 75% natürliche und zu 25% aus synthetische Inhaltsstoffe. Er besteht aus Lavagesteinsmehl, Silikatsand und Tonmineralien (Bentonit) und enthält Stickstoff (Amide und Nitrate), Phosphat (P₂O₅) und Kaliumoxid (K₂O) sowie Magnesiumoxid (MgO), Calciumoxid (CaO), Eisen (Fe) und als künstlichen Absorbierstoff wasserunlösliches Polyacrylat sowie neutralisierende Natronlauge.

Geohumus hat einen leicht sauren pH-Wert von 6,0-7,0 und Korngrößen von 0,5-7,0 mm, sowie eine Wasseraufnahmekapazität von 40mL/g. (Quelle: geohumus.com)

Lehm/Ton („LT“)

Das vierte Substrat war eine Lehm-Ton-Mischung. Sie enthält vor allem Körner im Schluffbereich (69,5%) sowie im Ton- (24,4%) und Sandbereich (6,1) und etwas Corg (0,1%). Der pH-Wert dieses Nebenprodukts der Quarzherstellung liegt im sauren Bereich bei

4,0-5,0. Die Lehm-Ton-Mischung stammt von Wienerberger aus Henndorf und aus dem LEKA-Werk aus Mataschen bei Fehring.

Die Paneele wurden teilweise halbiert und geviertelt mit unterschiedlichen Substraten befüllt. So ergaben sich auf den 43 Paneelen 65 ausgewiesene Versuchsflächen. In Tabelle 2 (nächste Sektion) sind alle Versuchsflächen, sowie die ihnen zugrundeliegenden Paneele und deren Eigenschaften Lochgröße und Substratbefüllung aufgelistet. Ebenso ist in der Tabelle ersichtlich, wie die Paneele anschließend bepflanzt wurden.

1.3.6 Übersichtstabelle Versuchsanordnung (bepflanzte Paneele / Versuchsflächen)

Tabelle 2: Übersichtstabelle Versuchsanordnung

Liste der verwendeten Paneele und ausgewählte Eigenschaften				
Nr.	Bezeichnung	Lochgröße	Substrat	Bepflanzungstyp
1	Drainagevlies - Polster	-	SA	Fragmente
2	Drainagevlies - Polster	-	ST	Fragmente
3	Rasenteppich - Polster	-	GH	Fragmente
4	Drainagevlies - Polster	-	GH	Fragmente
5	Glasschaum – Block	3,5 mm	SA	Fragmente/kleine Polster
6	Glasschaum – Block	3,5 mm	ST	Fragmente/kleine Polster
7	Glasschaum – Block	3,5 mm	LT	Fragmente/kleine Polster
8	Glasschaum – Block	3,5 mm	GH	Fragmente/kleine Polster
9	Glasschaum – Block	3,5 mm	LT	Fragmente/kleine Polster
10	Glasschaum – Block	3,5 mm	ST	Fragmente/kleine Polster
11	Glasschaum – Block	3,5 mm	GH	Fragmente/kleine Polster
12	Glasschaum – Block	3,5 mm	SA	Fragmente/kleine Polster
13	STODECO Plan - Glasfaserplatte	5,0 mm	LT	Sprosse
14	STODECO Plan - Glasfaserplatte	5,0 mm	GH	Sprosse
15	STODECO Plan - Glasfaserplatte	5,0 mm	SA	Sprosse
16	STODECO Plan - Glasfaserplatte	5,0 mm	ST	Sprosse
17	ALUCORE Alu-wabenplatte beschichtet	3,0 mm	Leer	Fragmente
17a	ALUCORE Alu-wabenplatte beschichtet	3,0 mm	LT	Polster
18	ALUCORE Alu-wabenplatte beschichtet	3,0 mm	LT	Fragmente
19	ALUCORE Alu-wabenplatte beschichtet	3,0 mm	GH	Sprosse
20	ALUCORE Alu-wabenplatte beschichtet	3,0 mm	SA	Sprosse
21	ALUCORE Alu-wabenplatte beschichtet	3,0 mm	ST	Sprosse
22	Aluminium Lärmschutzplatte beschichtet	12,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
23	Aluminium Lärmschutzplatte beschichtet	6,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
24	Aluminium Lärmschutzplatte beschichtet	12,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
25	Aluminium Lärmschutzplatte beschichtet	6,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
26	Aluminium Lärmschutzplatte beschichtet	12,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
27	Aluminiumstreckmetall – Wellplatte			
28	Aluminium Lärmschutzplatte beschichtet	6,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
29	Aluminiumblech 200x50	5,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
30	Aluminiumblech 200x50	5,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
31	Edelstahlblech 200x50	5,0 mm	LT	Sprosse und Fragmente
32	Edelstahlblech 200x50	5,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
33	Edelstahlblech 200x50	8,0 mm	LT	Sprosse und Fragmente
34	Edelstahlblech 200x50	8,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
35	Edelstahlblech 200x50	5,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
36	Edelstahlblech 200x50	5,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
37	Aluminiumblech 200x50	5,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
38	Aluminiumblech 200x50	5,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
39	Edelstahlblech 200x50	8,0 mm	LT	Fragmente
40	Edelstahlblech 200x50	8,0 mm	LT	Polster
41	Edelstahlblech 200x50	8,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
42	Aluminiumblech 200x50	12,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
43	Aluminiumblech 200x50	12,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
44	Aluminiumblech 200x50	8,0 mm	SA+ST	Sprosse und Fragmente
45	Aluminiumblech 200x50	12,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
46	Aluminiumblech 200x50	12,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
47	Aluminiumblech 200x50	8,0 mm	LT	Polster
48	Aluminiumblech 200x50	8,0 mm	LT	Sprosse und Fragmente
49	Aluminiumblech 200x50	8,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
50	SENOVA Melaminharz-Holz.- Platte	5,0 mm/ 8,0 mm	LT	Polster
51	SENOVA Melaminharz-Holz.- Platte	5,0 mm/ 8,0 mm	LT	Sprosse und Fragmente
52	SENOVA Melaminharz-Holz.- Platte	5,0 mm/ 8,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
53	SENOVA Melaminharz-Holz.- Platte	5,0 mm/ 8,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente

Liste der verwendeten Paneele und ausgewählte Eigenschaften

Nr.	Bezeichnung	Lochgröße	Substrat	Bepflanzungstyp
54	SENOVA Melaminharz-Holz.- Platte	5,0 mm/ 8,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
55	Aluminiumblech 180x80	2,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
56	Aluminiumblech 180x80	2,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
57	Aluminiumblech 180x80	2,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
58	Aluminiumblech 180x80	2,0 mm	LT	Fragmente
59	Aluminiumblech 180x80	2,0 mm	LT	Polster
60	Polycarbonat – Doppelstegplatte	5,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
61	Polycarbonat – Doppelstegplatte	5,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente
62	Polycarbonat – Doppelstegplatte	5,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
63	Polyvinylchlorid – Doppelstegplatte	5,0 mm	SA	Sprosse und Fragmente
64	Polyvinylchlorid – Doppelstegplatte	5,0 mm	GH	Sprosse und Fragmente
65	Polyvinylchlorid – Doppelstegplatte	5,0 mm	ST	Sprosse und Fragmente

1.3.7 Moose

Zur Begrünung der Paneele wurden insgesamt 12 Moose nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- 1) Sie kommen in der Natur auf Flächen vor, deren Standortsqualität im weitesten Sinn jenem der Bepflanzung ähnlich ist,
- 2) Sie überstehen sehr gut temporäre Austrocknung und sind nicht empfindlich gegenüber direkter Sonneneinstrahlung und
- 3) Sie sind relativ häufig, leicht zu finden und zu sammeln. Die Aufsammlung der Moose hat keine negativen Auswirkungen auf die Biodiversität und Ökologie der besammelten Standorte.

1.3.7.1 Arten und Charakteristik

Zur Bepflanzung und Fragmentierung wurden die folgend aufgelisteten Arten verwendet. Von einigen Arten wurden Pflänzchen verschiedener Standorte getrennt verwendet. Die Kürzel dafür finden sich in den eckigen Klammern. Eine Auflistung der Standorte enthält das nächste Kapitel. In der folgenden Charakterisierung wurden eigene Beobachtungen und Erfahrungen mit den Beschreibungen von Frahm und Frey (1983) verknüpft. Die Nomenklatur der Moose richtet sich nach Köckinger et al. (2015)

a.) *Tortula muralis* [14.1., 14.2., 14.3.]

Tortula muralis bildet kleine, bläulich-grüne, durch Glashaare schimmernde Polster (Abbildung 171). Im trockenen Zustand sind die Stämmchen eingekrümmt. Der Sporophyt ist etwa doppelt so lang wie der Gametophyt, die Kapsel aufrecht und mit spitzer Kalyptra. *Tortula muralis* findet man natürlich auf Felsen, in der Stadt ist es sehr häufig auf Mauern, Dächern und in Betonritzen zu finden. (vgl. Frahm und Frey 1983)



Abbildung 171 : *Tortula muralis*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

b.) *Syntrichia ruralis* s.l. [2.1.]

Syntrichia ruralis ist wie *Tortula muralis* eine Pottiaceae, hat aber weitaus längere Stämmchen und größere Blättchen (Abb. 172). Auch diese Art hat im trockenen und im feuchten Zustand ein sehr unterschiedliches Aussehen. Trocken sind Stämmchen und Blättchen gekrümmt, dunkel braun bis grün und matt. Im feuchten Zustand stehen die grasgrünen Blättchen mit einem langen Glashaar regelmäßig rechtwinkelig vom Stämmchen ab. *Syntrichia ruralis* kommt auf kalkreicher Erde und Felsen vor, ist aber auch in der Stadt auf Dächern und Mauern zu finden. Es erträgt gut länger anhaltende Trockenheit sowie direkte Sonneneinstrahlung.



Abbildung 172 : *Syntrichia ruralis*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

c.) *Grimmia* sp. [13.1., 13.2., 13.3., 13.4.]

Grimmia sp. ist eine sehr häufige Gattung. Sie bildet kleine, durch das überaus lange Glashaar an der Spitze der Blättchen silbrig glänzende Pölsterchen (Abb. 173). Eine Möglichkeit zur Unterscheidung von *Tortula* mittels Geländemerkmale ist der Sporophyt der kaum über den Gametophyten hinausreicht und dessen kugeliger bis ovaler Kapsel. *Grimmia* sp. ist sehr robust, hält lange Trockenheit und Dunkelheit, sowie direkte Sonneinstrahlung gut aus und kommt wie und mit *Tortula* auf Felsen, sowie im städtischen Raum auf Dächern, Mauern und Betonritzen vor.



Abbildung 173 : *Grimmia* sp.; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

d.) *Bryum argenteum* [15.1., 15.2.]

Bryum argenteum bildet kleine weißlich-blassgrüne Pölsterchen (Abb. 174). Mit freiem Auge sind die einzelnen Blättchen fast nicht zu erkennen, die beblätterten Stämmchen erscheinen wurmförmig. *Bryum argenteum* hat eine ähnliche Verbreitung wie *Tortula* und *Grimmia* und tritt oft mit diesen in Vergesellschaftung auf. Es ist eines der häufigsten Stadtmoose.



Abbildung 174 : *Bryum argenteum*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

e.) *Leucodon sciuroides* [10.1.]

Leucodon sciuroides ist ein recht großes Moos, dessen Stämmchen gut 15 cm lang werden können. Die Stämmchen sind einfach verzweigt, die Nebenstämmchen sind oft bogig aufsteigend. Die Blättchen liegen dachziegelartig am Stämmchen an und haben eine kräftige (dunkel-)grüne Farbe (Abbildung 175). *Leucodon sciuroides* kommt auf Rinde und Felsen herabhängend vor.



Abbildung 175 : *Leucodon sciuroides*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

f.) *Abietinella abietina* [8.2., 8.3.]

Abietinella abietina hat einfach gefiederte Stämmchen (Abbildung 176). Bei Befeuchtung wird es sattgrün und flauschig. *Abietinella abietina* ist häufig an sonnigen Standorten, vor allem in Trocken- und Halbtrockenrasen zu finden.



Abbildung 176 : *Abietinella abietina*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

g.) *Anomodon viticulosus* [6.1.]

Anomodon viticulosus hat lange, kräftige Stämmchen. Die lanzettlichen Blättchen sind dunkel und liegen im trockenen Zustand glatt am Stämmchen an, im feuchten Zustand stehen sie hingegen sparrig ab (Abbildung 177). Von anderen Arten der Gattung unterscheidet es sich makroskopisch durch die leicht sichelförmig einseitigen Blätter an den Astspitzen. *Anomodon viticulosus* präferiert schattige Standorte.



Abbildung 177: *Anomodon viticulosus*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

h.) *Homalothecium lutescens* [4.1., 4.3.1., 4.3.2]

Homalothecium lutescens hat bis 15 cm lange Stämmchen mit unregelmäßigen Verzweigungen. Die geraden, spitzen Blättchen liegen glatt am Stämmchen an. Seinen Artnamen verdankt dieses Moos seiner glänzenden Erscheinung (Abbildung 178). *Homalothecium lutescens* kommt an kalkreichen, trockenen Standorten (von Mauern bis Trockenrasen) vor.



Abbildung 178: *Homalothecium lutescens*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

i.) *Homalothecium sericeum* [11.1., 11.2.]

Homalothecium sericeum ist *Homalothecium lutescens* ähnlich (Abbildung 179). Es ist aber deutlich mehr verzweigt und mehr dem Substrat anliegend. Die Stämmchen sind kürzer und stärker gebogen und erheben sich aus einem Kriechspross. *Homalothecium sericeum* kommt an schattigen, kalkreichen Standorten und im städtischen Raum vereinzelt an Betonmauern vor.



Abbildung 179: *Homalothecium sericeum*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

j.) *Ctenidium molluscum* [12.1.]

Ctenidium molluscum bildet golden-grünliche Rasen. Die Stämmchen sind regelmäßig verzweigt. (Abbildung 180). Die Blättchen sind sichelförmig und besitzen einen gesägten Rand. *Ctenidium molluscum* kommt auf kalkhaltigem Untergrund vor, in Bezug auf den Lichtgenuss.



Abbildung 180: *Ctenidium molluscum*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

k.) *Hypnum cupressiforme* [1.1., 1.2., 1.4., 1.5.]

Hypnum cupressiforme ist eine morphologisch vielfältige Art. Die einzelnen Stämmchen sind zumeist kurz und unregelmäßig verzweigt (Abbildung 181). Die vielen kleinen eiförmig zugespitzten Blättchen sind verflacht am Stämmchen angeordnet. *Hypnum cupressiforme* ist eines der häufigsten Moose, das fast alle Substrate (Stein, Holz und Rohböden) unter verschiedensten klimatischen Bedingungen besiedeln kann.



Abbildung 181: *Hypnum cupressiforme*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

I.) *Pleurozium schreberi* [3.1.]

Pleurozium schreberi ist ein großes Moos mit bis zu 15 cm langen, kräftigen, unregelmäßig aber häufig verzweigten Stämmchen (Abbildung 182). Die Blättchen liegen dachziegelartig am Stämmchen an. Seine Farbe ist glänzend blassgrün. Typisch ist die rötliche Färbung des Stämmchens. *Pleurozium schreberi* kommt vor allem auf sauren Böden vor.



Abbildung 182: *Pleurozium schreberi*; Bildquelle: Eigenes Foto J. Gätz.

1.3.7.2 Aufsammlung und Standorte

Die Aufsammlungen der Moose erfolgten im August und September 2014. Dabei wurden pro Standort und Art etwa 5 Liter Moosvolumen (bzw. 1 Liter bei den Arten 13., 14., und 15.) gesammelt. In Tabelle 3 werden die Aufsammlungsstandorte angegeben und die dort aufgesammelten Arten aufgelistet.

Tabelle 3: Standorte der Moos-Aufsammlungen

Standorte der Moosaufsammlung			
Beschreibung des Fundorts	Koordinaten des Fundorts		Moos-Nummer
	Latitude	Longitude	
SO-Raabs-Kolmitzberg			
⇒ Halbsonniger Silikاتفelsen im Föhrenwald	15,532	48,838	[1.1.]
⇒ Lichter Föhrenwald, halbsonnig, Boden	15,532	48,838	[3.1.]
Litschau			
⇒ Halbschattig vom Silikاتفelsen im Fichten-Buchenwald	15,104	48,999	[1.2.]
Gießhübl			
⇒ Trockenrasen im aufgelassenen Steinbruch, Kalk	16,2318	48,1011	[1.3.,4.1.]
⇒ Lichter Flaumeichenwald NO Hans-Nemecek-Hütte; halbsonniger Kalkfels in W-Exposition	16,2256	48,1037	[4.1., 6.1.]
Kaltenleutgeben Steinbruch Eichkogel			
⇒ Halbsonniger Kalkfels in W-Exposition	16,2161	48,1259	[4.3.2,8.3.,10.1.,11.1., 13.3.]
Hirschengarten bei Mauerbach			
⇒ Schattig von Flyschfelsen und Buchen-Totholz im Buchenmischwald auf Südwesthanglage	16,1316	48,258	[1.5.]
Blockfluren zwischen Arbesbach und Annatsberg			
⇒ vollsonnig, direkt vom Silikاتفelsen	15,046 15,0937	48,504 48,529	[2.1.]
Lobau, Fuchsengrund			
⇒ Schlehdorngebüsch/Wegrand (kalkreich); halbsonnig	16,5419	48,1608	[8.2.]
Mödlinger Klause			
⇒ Schattiger Kalkfels in N-Exposition	16,2754	48,0815	[11.2.,12.1,13.4.]
Wien, Penzing			
⇒ Baumgarten; schattige bis sonnige Grobbeton-Mauern	16,2756	48,1968	[13.1., 15.1.]
⇒ Oberbaumgarten; schattige bis sonnige Grobbeton-Mauern	16,2684	48,204	[13.2.]
Wien, Oberdöbling			
⇒ Olympiapark; halbschattige Betonmauer, W-exponiert	16,338517	48,245591	[14.1.]
⇒ Park, schattige Pflastersteinmauer	16,346698	48,24552	[14.2.]
⇒ Billrothstraße, sonnige Grobbetonmauer	16,346439	48,243189	[14.3.]
Wien, Blumengärten Hirschstetten			
⇒ Halbschattige, sonnige Grobbeton-Fläche	16,473109	48,238312	[15.2.]

1.3.7.3 Lagerung der Moose

Die Lagerung der Moose erfolgte vor der Weiterverarbeitung möglichst schattig, kühl und trocken. Im September wurden die Moose im Glashaus ausgebreitet. Hier ergab sich leider das Problem, dass die Temperaturen teilweise sehr hoch anstiegen. Gleichzeitig erfolgte manchmal eine Besprühung der Moose durch die Beregnungsanlage in den Gewächshäusern. Diese Befeuchtung zusammen mit den hohen Temperaturen führte bei ein paar Arten zum Absterben. Diese Arten wurden daher in die Versuchsreihe nicht mit einbezogen. Es handelt sich dabei um *Thuidium philibertii*, *Eurhynchium angustirete* und *Pseudoscleropodium purum*.

Die Beregnung erfolgte in weiterer Folge maximal alle drei Tage mittels Regenwasser aus der Regenwasserzisterne und nicht mit dem in Wien relativ kalkhaltigen Leitungswasser. Zeitlich wurde auf eine möglichst frühmorgendliche oder spätabendliche Besprühung geachtet. Während der Lagerung kam es bei den Moosen zu zeitweiser Austrocknung, aber auch zum Wasserstau auf den Versuchsflächen. Auf die Auswirkungen dieser wenig optimalen Bedingungen wird in der Diskussion kurz eingegangen.



Abbildung 183: Glashaus Hirschstetten: Lagerung der Moose (Eigene Photographie - J. Gätz)

1.3.8 Plattenmuster

Prinzipiell wurden alle Platten mit Bepflanzungsmethode 1 und 2 (Erläuterung siehe Sektion 1.3.9.) bepflanzt und zwar nach folgendem Muster (siehe auch Abbildung 184):

Methode 1: Spross-Bepflanzung

Leer

Methode 2: Moosfragmente-Kleister

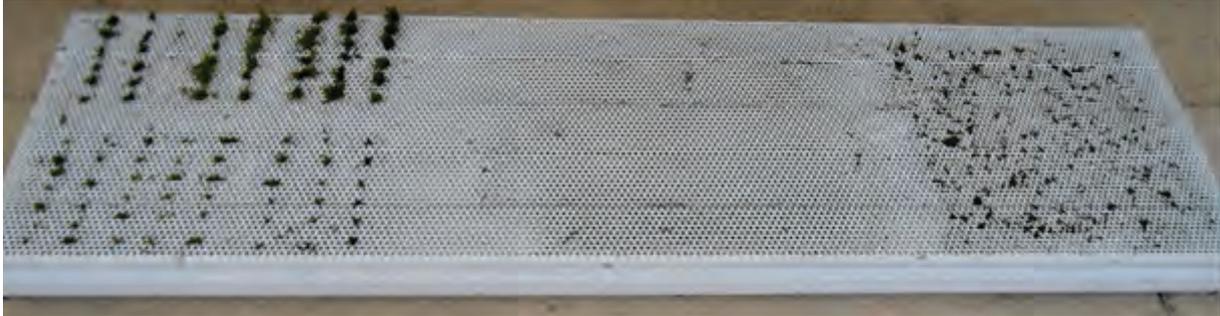


Abbildung 184: Generelles Bepflanzungsmuster (Eigene Photographie - J. Gätz)

Ausnahmen bildeten die Fließpolster (1-4) welche ausschließlich mit Methode 2 bearbeitet wurden. Aus unterschiedlichen Gründen wurden auch einige Ton-Lehm-Substrat-Platten anstatt mit Sprossen mit ganzen Moos-Polstern belegt (Abbildung 185).



Abbildung 185: Methode 2 (BPM2) auf Vliespolster (Eigene Photographie - J. Gätz)

1.3.9 Bepflanzungsmethoden

In dieser Sektion wird auf die genaue Vorgangsweise der Bepflanzung eingegangen. Dabei wurden, wie bereits erwähnt drei unterschiedliche Bepflanzungsmethoden (BPM) gewählt: Die Bepflanzung mit Sprossen (BPM 1), das Aufbringen einer Moosfragmente-Kleister-Mischung (BPM 2) sowie das Auflegen oder Einbringen ganzer Moospolster (BPM 3).

1.3.9.1 Bepflanzung mit Sprossen (BPM 1)

Bei dieser Bepflanzung werden ganze Stämmchen in die vorgefertigten Löcher eingebracht. Je nach Lochgröße sind es mindestens drei Sprosse bis fingerdicke Büschel. Die Löcher werden jeweils art- und standortrein bepflanzt, um eine getrennte Bewertung des Wachstumspotentials vornehmen zu können.

Beschreibung der Methode

Die Stämmchen werden zu Beginn mit der Pinzette erfasst und mit den Rhizoiden voran möglichst tief in die Löcher eingebracht (Abbildung 187). Ein zu lockeres Einbringen barg die Gefahr der schnellen Auswaschung der Sprosse. Allerdings sollten zumindest noch die Spitzen der Sprosse aus den Löchern ragen, um genügend Licht für das Wachstum zu erhalten. Bei der Bepflanzung musste darauf geachtet werden, dass unter dem Metallgerüst gespannte Fließ nicht zu verletzen. Eine Idee wie man diese Gefahr umgehen könnte, findet sich in der Diskussion.

Für die Bepflanzung der Platten nach BPM 1 wurden folgende Moose ausgewählt:

- *Hypnum cupressiforme* [1.1., 1.2., 1.4., 1.5.]
- *Syntrichia ruralis s.l.* [2.1.]
- *Pleurozium schreberi* [3.1.]
- *Homalothecium lutescens* [4.1., 4.3.1., 4.3.2.]
- *Anomodon viticulosus* [6.1.]
- *Abietinella abietina* [8.2., 8.3.]
- *Leucodon sciuroides* [10.1.]
- *Homalothecium sericeum* [11.1., 11.2.]
- *Ctenidium molluscum* [12.1.]

Für die Bepflanzung wurden hauptsächlich drei verschiedene Pinzetten (Abbildung 186) benutzt:

- a. *Pinzette a* eignete sich durch ihr gebogenes, spitzes Ende besonders für kleine Löcher mit unterliegendem Fließ, da durch die Biegung eine Einbringung des Stämmchens zwischen Lochplatte und Fließ ohne dessen Beschädigung möglich ist.
- b. *Pinzette b* eignete sich durch das spitze, schlanke Ende ebenfalls gut für kleine und sehr kleine, sowie tiefe Löcher, allerdings nicht gut für jene Platten mit Fließ.
- c. *Pinzette c* mit ihrem stumpfen Ende eignete sich gut für größere Löcher, mit oder ohne Fließ, da das stumpfe Ende das Fließ nicht so leicht beschädigen kann.

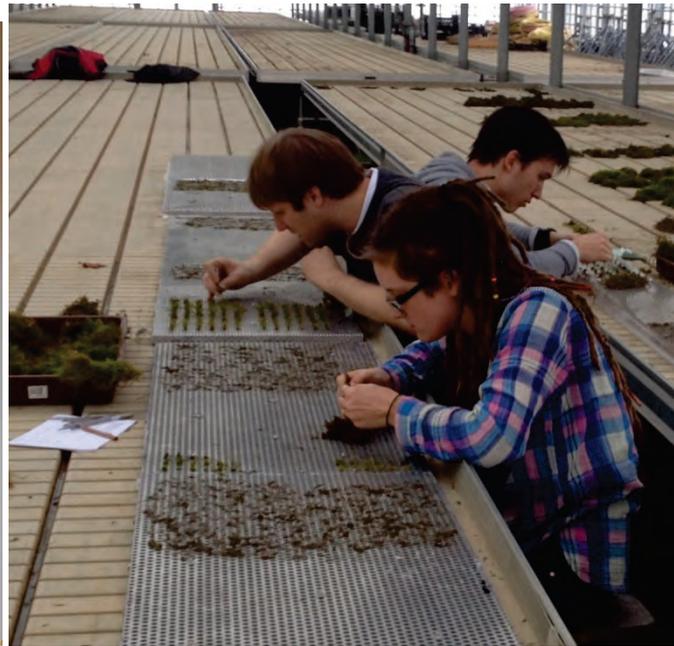


Abbildung 186 (links): Pinzetten zur Bepflanzung nach Methode 1 (v.l.n.r.: a, b, c) (Eigene Photographie - J. Gätz); Abbildung 187 (rechts): Methode 1 in Aktion (Eigene Photographie - E. Heiduk)

Für manche Platten war es notwendig mit einer zweiten Pinzette oder einer stumpfen Nadel gegen das Stämmchen zu drücken, während die andere Pinzette herausgezogen wird.

Bepflanzungsmuster

Generell wurden mit jeder Probe in senkrechten Reihen je nach Lochplatte 5-7 Löcher bepflanzt. Zwischen den bepflanzten Löchern wurde versucht immer einen regelmäßigen Abstand von 1 bis max. 3 Löcher einzuhalten. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Platten wurden 5 verschiedene Bepflanzungsmuster verwendet.

Folgende Platten wurden nicht mit dieser Methode bepflanzt: 1 bis 4, 17, 18, 39, 40, 47, 50 und 59.

Bepflanzungsmuster 1: Glasschaumblöcke

Dieses Muster wurde angewandt bei den Platten 5 bis 16, welche mit ganzen Polstern bepflanzt wurden (siehe 1.3.9.2.).

Bepflanzungsmuster 2: Standardbepflanzung

Dieses Muster wurde angewandt bei den Platten 19 bis 38, 41 bis 46, 49 und 55 bis 57.

Hierbei wurden senkrecht je 5-7 Löcher mit jeweils einigen Stämmchen bepflanzt. Ausnahmen waren Platte 27 (mit jeweils 3 bepflanzten Löchern) und Platten 55-57, welche so kleine Löcher hatte, dass in einer etwa 10cm langen senkrechten Reihe alle Löcher nur mit einzelnen Stämmchenteilen bepflanzt werden konnten (siehe Abbildung 188)

1.1	1.4	2.1	4.1	4.3.2	8.2	10.1	11.2
1.2	1.5	3.1	4.3.1	6.1	8.3	11.1	12.1

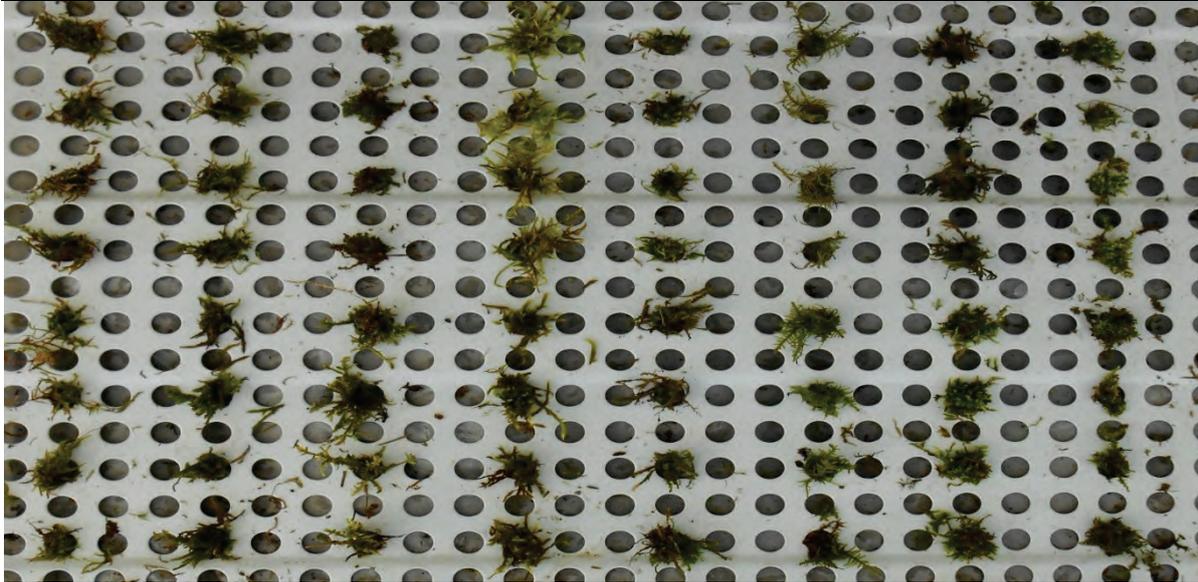


Abbildung 188: Beispiel für Bepflanzungsmuster 2 (basierend auf eigener Photographie von J. Gätz)

Bepflanzungsmuster 3

Dieses Muster wurde angewandt bei den Versuchsflächen 31 und 48. Es war eine Ausnahmebepflanzung der erst relativ spät angefertigten Lehm/Ton-Substrate. Um Zeit zu sparen wurden hier pro Moos jeweils nur 3 Büschel senkrecht untereinander gepflanzt (siehe Abbildung 189).

1.1	2.1	4.3.2	10.1
1.2	3.1	6.1	11.1
1.4	4.1	8.2	11.2
1.5	4.3.1	8.3	12.1

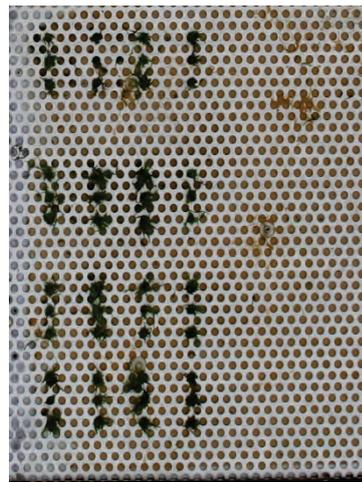


Abbildung 189: Beispiel für Bepflanzungsmuster 3 (basierend auf eigener Photographie von J. Gätz)

Bepflanzungsmuster 4

Dieses Muster wurde angewandt bei der SENOVA-Melaminharz-Platte (Versuchsfläche: 51 bis 54). Auch diese Platte wurde sehr spät angefertigt und aus diesem Grund mit einem anderen Muster bepflanzt. Es wurde pro Loch ein etwa fingerdickes Stämmchenbüschel bepflanzt (Abbildung 190).

1.1	2.1	4.3.2	10.1
1.2	3.1	6.1	11.1
1.4	4.1	8.2	11.2
1.5	4.3.1	8.3	12.1
1.1	2.1	4.3.2	10.1
1.2	3.1	6.1	11.1
1.4	4.1	8.2	11.2
1.5	4.3.1	8.3	12.1

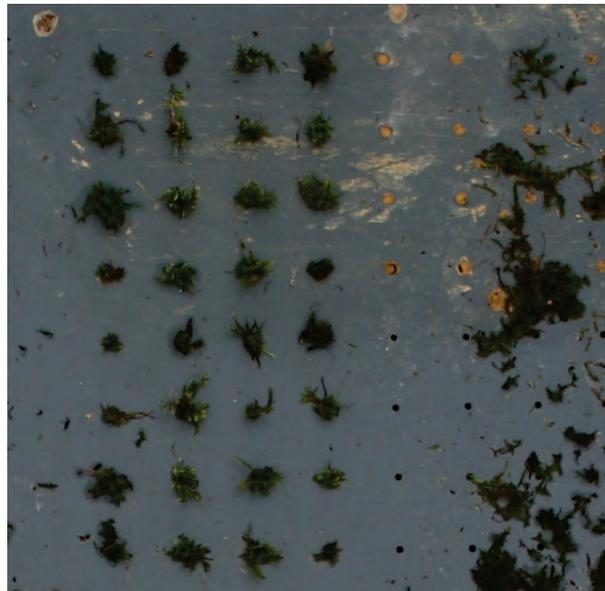


Abbildung 190: Beispiel für Bepflanzungsmuster 4 (basierend auf eigener Photographie von J. Gätz)

Bepflanzungsmuster 5: Standardbepflanzung

Dieses Muster wurde angewandt bei den Platten 38 sowie 60 bis 65. Bei Platten 60 bis 65 handelte es sich die schmalen Kunststoff-Doppelstegplatten. Es wurden jeweils 5-7 Löcher untereinander bepflanzt (Abbildung 191).

1.1	1.2	1.4	1.5	2.1	3.1	4.1	4.3.1	4.3.2	6.1	8.2	8.3	10.1	11.1	11.2	12.1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-----	-----	-----	------	------	------	------

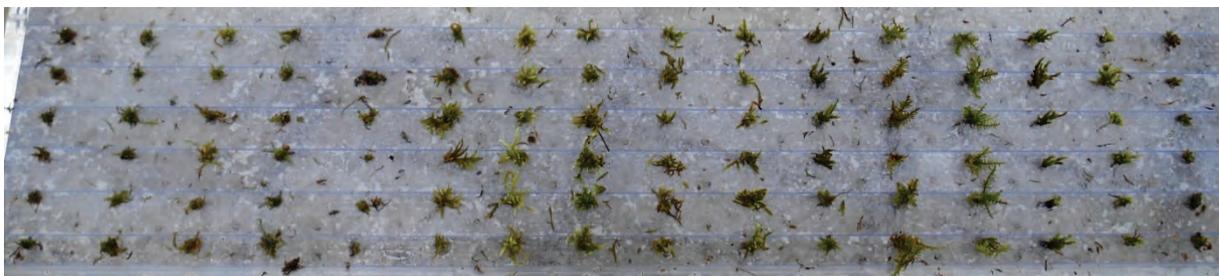


Abbildung 191: Beispiel für Bepflanzungsmuster 5 auf Kunststoff-Doppelstegplatte (basierend auf eigener Photographie von J. Gätz)

1.3.9.2 Bepflanzung mittels Aufbringung von Moosfragment-Kleister-Mischungen (BPM 2)

Für diese Methode mussten die Moospolster zuerst von Erde und Steinchen gereinigt und grob zerkleinert werden. Anschließend wurden sie in eine Kaffeemühle gegeben und sehr kurz zermahlen (Abbildung 195 und 197). Dabei war darauf zu achten, dass die Drehzahl der Mühle nicht zu hoch und die Mahlzeit maximal drei Sekunden ausmacht, um die Zellwände nicht zu zerstören. Vollständige und nicht zerstörte Zellen sind die Voraussetzung für die gewünschte Bildung eines Protonemas.

Die fragmentierten Moose wurden dann in einer Schüssel gesammelt und relativ bald mit dem bereits vorher angerührten Kleister vermischt. Hier war auf das richtige Mischverhältnis von etwa 2 Teilen Moosen zu 1 Teil Kleister zu achten. Die Mischung wurde anschließend gut verrührt. Zuletzt die Moos-Kleister-Mischung mit Malerpinseln auf die Lochplatten aufgebracht, wobei darauf zu achten war, die Paste vor allem in die Löcher einzubringen (Abbildung 196).

Entscheidend für die Moosauswahl bei der Moosfragmente-Kleister-Methode, war die große Menge in den Aufsammlungen, sowie die Eignung zur Protonema-Bildung. Es wurden folgende Moose bei der BPM 2 genutzt:

- *Tortula muralis* [14.1., 14.2., 14.3.]
- *Bryum argenteum* [15.1., 15.2.]
- *Hypnum cupressiforme* [1.1., 1.2., 1.5.]
- *Homalothecium sp.* [4.1., 4.3.2.]
- *Anomodon viticulosus* [6.1.]
- *Syntrichia ruralis* [2.1.]

Für die BPM 2 notwendige Werkzeuge und Bestandteile waren:

- Kaffeemühle (Abbildung 192)
- Metylan – Spezial – Kleisterpulver bestehend aus Methylzellulose (Abbildung 193)
- Kübel und Stab zum Anrühren des Kleisters
- Mischschüssel für Moosfragment-Kleister-Mischung
- Pinsel zum Aufbringen der Moose (Abb. 194)

Beispiele zur Aufbringung sind in Abbildung 198 und 199 zu finden.



Abbildung 192 (links): Kaffeemühle; Abbildung 193 (Mitte): Metylan spezial Kleisterpulver; Abbildung 194 (rechts): Pinsel zum Aufbringen der Moose; (alle: eigene Photographien von J. Gätz)



Abbildung 195 (links): Moospolster-Mahlen in der Kaffeemühle; Abbildung 196 (rechts): Aufbringen der Moose mittels Pinsel; (alle: eigene Photographien von J. Gätz)



Abbildung 197: Fragmentierte Moose (eigene Photographie von J. Gätz)



Abbildung 198: Beispiel 1 für Methode 2 (eigene Photographie von J. Gätz)



Abbildung 199: Beispiel 2 für Methode 2 (eigene Photographie von J. Gätz)

1.3.9.3 Bepflanzung mit ganzen Polstern (BPM 3)

In ein paar Fällen wurde auch eine Bepflanzung mit ganzen Moospolstern ausprobiert. Dies passierte einerseits auf den Glasschaum-Blöcken, welche über besonders große Löcher verfügten, andererseits auch auf Paneelen mit Ton/Lehmsubstrat, wenn bei sehr spät gelieferten Paneelen eine Bepflanzung mit Sprossen (BPM 1) aus Zeitgründen nicht mehr möglich war (Abbildung 201). Eine Bepflanzung mit ganzen Moospolstern erfolgte auf den Versuchsflächen: 5-12, 17a, 40, 47, 50 und 59.

Die Glasschaum-Blöcke (5-12) wurden nach Bepflanzungsmuster 1 mit je einem etwa 3-fingerdicken Büschel Moosstämmchen pro Loch bepflanzt. Da die Löcher mit Vlies überzogen waren, musste bei der Bepflanzung darauf geachtet werden, dieses Vlies so wenig wie möglich zu beschädigen, um ein späteres Austreten des Substrates zu verhindern.

Für diese Bepflanzungsmethode wurden vorrangig *Homalothecium sericeum* und *Hypnum cupressiforme* verwendet, auf den Glasschaum-Blöcken wurde die Artenzusammensetzung entsprechend BPM 2 gewählt (Abbildung 200).

10.1	4.3.2	2.1	1.1
11.1	6.1	3.1	1.2
11.2	8.2	4.1	1.4
12.1	8.3	4.3.1	1.5

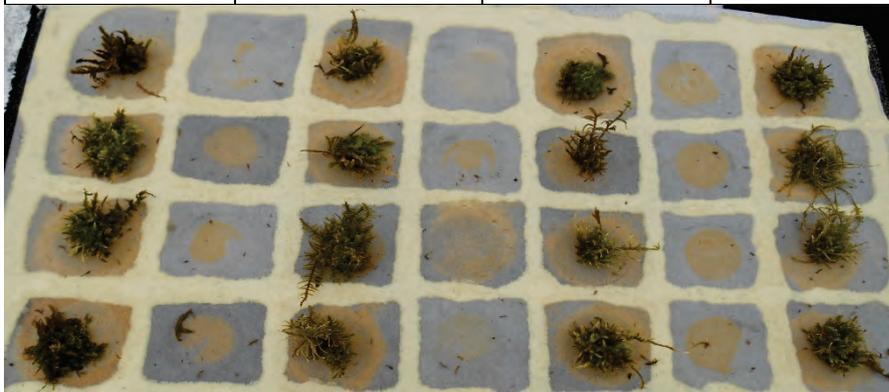


Abbildung 200: Beispiel für Bepflanzungsmuster 1 (Glasschaumplatte mit Tonfüllung) (eigene Photographie von J. Gätz)



Abbildung 201: Auflegen ganzer Polster auf Lehm/Ton-Substrate (eigene Photographie von E. Heiduk)

1.3.10 Anlage der Versuchsflächen

Nach der Bepflanzung im Glashaus wurden die Paneele vor dem Glashaus im Freien auf einer Anlage in der Waagrechten aufgelegt. Im Folgenden ist die Anordnung der Paneele nach Versuchsflächen ersichtlich (Abbildungen 202, 203 und 204).



Abbildung 202: „Nördlicher“ Teil der Anlage (eigene Photographie von E. Heiduk)

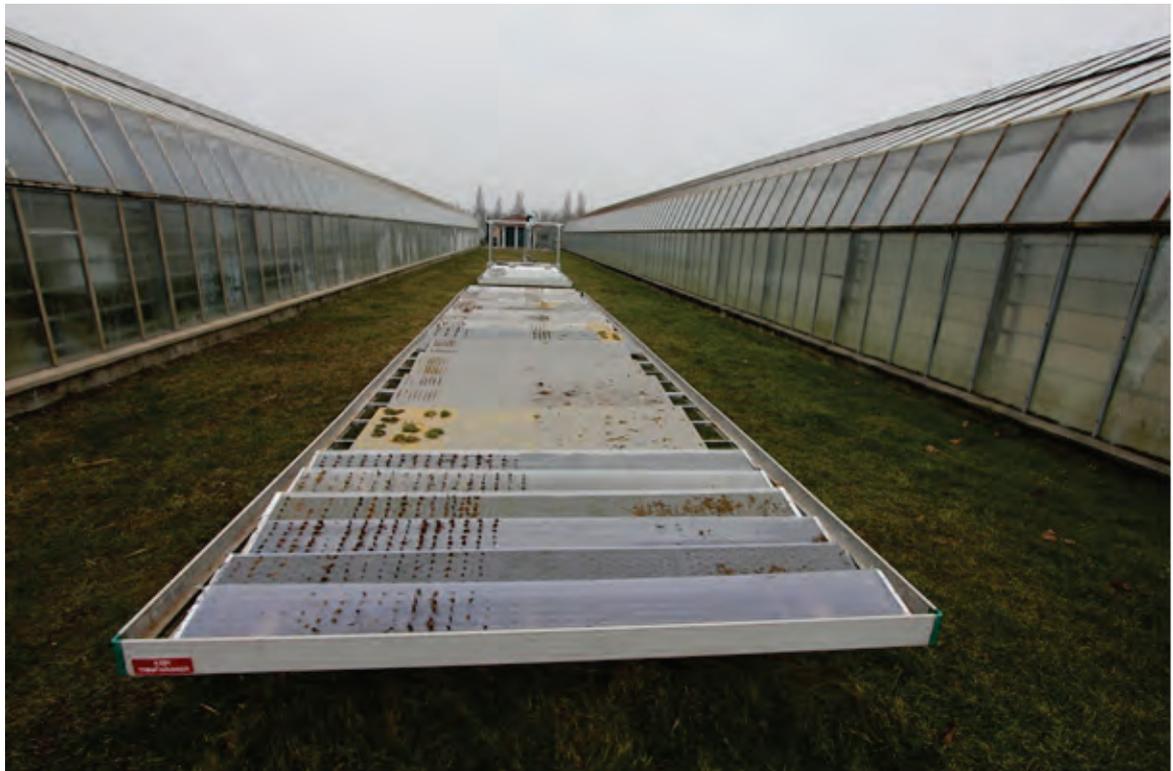


Abbildung 203: „Südlicher“ Teil der Anlage (eigene Photographie von E. Heiduk)

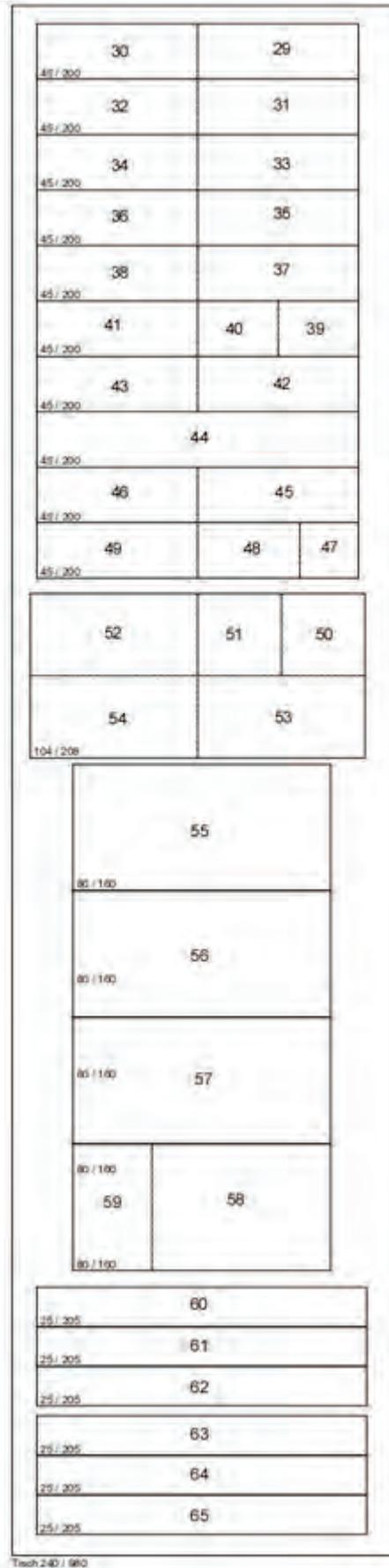
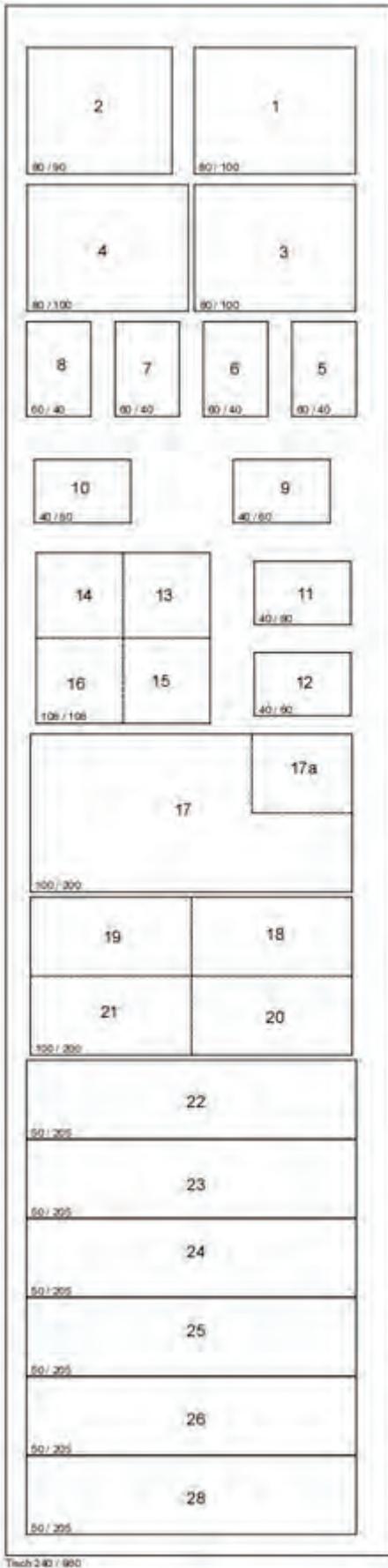


Abbildung 204: Anordnung der Versuchsfächen: Links der „Nordteil“ der Anlage, rechts der südlich davon liegende „Südteil“ der Anlage auflegen ganzer Polster auf Lehm/Ton-Substrate (eig. Darstellung - E. Heiduk)

2 Ergebnisse

Im Rahmen der Versuchsreihe konnten nur wenige wirklich erfolgreiche Bepflanzungen festgestellt werden. Ein Großteil der Moose starb, aufgrund unterschiedlichster Ursachen ab, nur wenige konnten überleben, und in seltenen Fällen kam es zu Neuzuwachs.

Besonders erfolgreich waren die Bepflanzungen von *Ton/Lehm* (Tabelle 6), sowie jene der SENOVA-Platte (Abbildung 212). Auch war im Durchschnitt eine Bepflanzung mit dickeren Spross-Büscheln oder Polstern besser, als mit Fragmente-Kleister-Mischung, sofern Polster und Sprosse nicht abgewaschen wurden. Hohe Vitalität konnten im Speziellen die Arten *Hypnum cupressiforme*, *Homalothecium sp.* und *Abietinella abietina* aufweisen (Abbildung 209).

Im Folgenden werden die Ergebnisse nach der Bepflanzungsmethode differenziert vorgestellt.

2.1 Ergebnisse der Bepflanzung mit Sprossen

Die Ergebnisse der Bepflanzung mit Sprossen sind in Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4: Ergebnisse für Bepflanzung mit Sprossen

Bepflanzungstyp: Sprosse (Methode 1)											
Nr.	Paneel – Kurzbezeichnung	Lochgröße	Substrat	Monitoring Ergebnisse							
				23.12.2014		21.01.2015		18.02.2015		18.03.2015	
				Vit	Anmerkungen	Vit	Anmerkungen	Vit	Anmerkungen	Vit	Anmerkungen
13	STODECO	5	LT	100		80		80		80	
14			GH	100		10	Nur H.I.	15	H.s. und A.a. mit Neuzuwachs 5mm	15	nur H.s. vital
15			SA	100		30		30	Braunfärbung	0	
16			ST	100		10	Nur H.I.	10		10	nur H.s. vital
19	ALUCORE	3	GH	40		20	hauptsächlich A.a.	20	nur A.a. und H.I. vital	20	nur A.a. und H.I. zu 50% vital
20	ALUCORE	3	SA	40		40	außer A.a. wenig vital	40	wenig vital; winziger Neuzuwachs bei A.a.	30	
21	ALUCORE	3	ST	40		10	nur H.I.	20	wenig vital	0	
22	Lärmschutz	12	GH	25	nur H.c. und H.s.	20	wenig vital	10	H.c zu 50% grün	10	nur H.s.
23	Lärmschutz	6	GH	0	rote Färbung	0		0		0	
24	Lärmschutz	12	ST	0	gelbe Färbung	0		0		0	
25	Lärmschutz	6	ST	5	Nur H.I.	5	nur H.I.	0		0	
26	Lärmschutz	12	SA	0	rote Färbung	0		0		0	
27	Wellplatte			Keine Ergebnisse, da diese Platte nicht ins Monitoring miteinbezogen wurde.							
28	Lärmschutz	6	SA	0	rote Färbung	0		0		0	
29	Alu-Blech 200x50	5	SA	100		90		15	H.I. und A.a. zu 50% grün	15	H.I. und A.a. zu 50% grün
30			ST	0	gelbe Färbung	0		0		0	
31	Edelstahlblech	5	LT	100		10	nur A.a. und H.I. (je zu 50%) grün	80	wenig vital; T.r. alle tot, A.a. mit weißen Spitzen	80	
32			GH	0		10		1	P.s. 1 Stämmchen grün	0	
33	Edelstahlblech	8	LT	100		80		50	weißen Spitzen (außer H.s.), tw. Braunfärbung	50	P.s. mit Neuzuwachs!
34			GH	0		0		0		0	
35	Edelstahlblech	5	ST	0		0		0		0	
36			SA	100		60		10	P.s. und H.I. zu 30% grün	10	
37	Alu-Blech 200x50	5	SA	0	rote Färbung	0		0		0	
38			ST	0	gelbe Färbung	0		0		0	
41	Edelstahlblech		GH	100	Keine Ergebnisse, da diese Platte nicht ins Monitoring miteinbezogen wurde.						
42	Alu-Blech 200x50	12	ST	20		10		1	H.I. zu 50% grün	1	nur H.I. zu 50% grün
43			SA	20		10		10	H.I. und H.c. 50% grün	0	

Bepflanzungstyp: Sprosse (Methode 1)											
44	Alu-Blech 200x50	8	SA + ST	0		0		1	nur A.a. auf SA	0	
45	Alu-Blech 200x50	12	SA	20	nur H.l. und H.s.	5	H.s. (zu 80%) grün	10	H.s. zu 60% grün	10	H.s. zu 50% grün
46			ST	0		0		0		0	
48	Alu-Blech 200x50		LT	95		100		70	wenig vital A.a. und T.r. tot	50	nur H.s. und H.c. zu 80%
49			GH	20		5	nur H.c. (zu 50%) grün	5	H.c. zu 70% grün und fruchtend	0	
51	SENOVA		LT	90	wenige Sprosse übriggeblieben, davon aber 90% vital!	80		80	Neuzuwachs bei H.s.	80	
52			GH	60		10		5	H.c.	0	
53			SA	90		50	Sprosse im Schatten vitaler	30	nur H.s. und H.l. zu 70% grün – Rest tot	20	nur H.s. und H.l.
54			ST	90		30	wenig Sprosse übrig	10	nur H.s. zu 20% grün, Rest tot	10	nur H.s. zu 20%
55	Alu-Blech 180x80	2	SA	0	rote Färbung	0		0		0	
56	Alu-Blech 180x80	2	ST	5	gelbe Färbung, nur H.s. intakt	0		0		0	
57	Alu-Blech 180x80	2	GH	0	rote Färbung	0		0		0	
60	PC-Platte	5	SA	0		0		0		0	
61	PC-Platte	5	ST	0		0		0		0	
62	PC-Platte	5	GH	0		0		0		0	
63	PVC-Platte	5	SA	0		0		0		0	
64	PVC-Platte	5	GH	0		0		0		0	
65	PVC-Platte	5	ST	0		0		0		0	

Vit = Vitalität: gemessen in % gesunder dh. grüner Triebe an der Gesamtmenge vorhandener Triebe
 Kürzel für Moosarten: A.a. = *Abietinella abietina*, H.c. = *Hypnum cupressiforme*, H.l. = *Homalothecium lutescens*, H.s. = *Homalothecium sericeum*,
 P.s. = *Pleurozium schreberii*, T.r. = *Tortula ruralis*.

Bei der Bepflanzung mit Sprossen (BPM 1) hat sich gezeigt, dass die Arten *Homalothecium lutescens*, *Homalothecium sericeum*, *Abietinella abietina* und *Hypnum cupressiforme* am öftesten überlebt haben und in einigen seltenen Fällen sogar weiter gewachsen sind.

Nach Substrat war ersichtlich, dass vor allem Sprossen auf Lehm/Ton-Substrat überleben konnten: Alle sechs bepflanzten Lehm/Ton-Substrate konnten nach drei Monaten (Monitoring 18.3.2015) noch eine Vitalität von mindestens 50% aufweisen (im Durchschnitt waren es rund 57%).

Die durchschnittliche Vitalität am vorletzten (18.2.2015) und letzten (18.3.2015) Monitoring-Termin ist in Tabelle 5 ersichtlich:

Tabelle 5: Durchschnittliche Vitalität der Sprosse nach Substraten

Substrat	durchschnittliche Vitalität	
	18.2.2015	18.3.2015
Geohumus (GH)	4,7	3,8
Lehm/Ton (LT)	60,0	56,7
Sanoplant (SA)	12,2	7,1
Stockosorb (ST)	3,5	1,75

Da die *Lehm/Ton-Substrate* prinzipiell um rund 3 Wochen später bepflanzt wurden, ist ein Vergleich der Vitalität zu zwei unterschiedlichen Monitoring-Terminen sinnvoll. Hier zeigt sich jedoch ebenfalls, dass die Sprossen auf LT am 18.3.2015 deutlich vitaler waren als jene von GH, SA und ST am 18.2.2015. Auf den Fotos (Abbildungen 205 und 206) ist erkennbar, wie ausgesprochen vital die Sprosse auf *Lehm/Ton-Substrat* am 18.2.2015 waren.

Auf *Geohumus* überlebten von 14 Versuchsflächen bis zum 18.3. überhaupt nur Sprosse von 3 Versuchsflächen, nämlich 14, 19 und 22. Allerdings kam es auf all diesen drei Flächen zu Neuzuwächsen bei den Moossprossen (Abbildung 208). Ebenfalls auf einer GH-Fläche (VF 49) schaffte es ein *Hypnum cupressiforme* Spross (am 18.2.) Sporophyten zu bilden.

Auf ST-Substraten überlebten Sprosse von zwei Versuchsflächen bis 10% (VF 16 und 54), eine Versuchsfläche konnte noch vitale Sprosse im Ausmaß von 1% aufweisen (VF 42). Aus SA-Substraten konnten bis zum 18.3. Sprosse von fünf Versuchsflächen (VF 20, 25, 36, 45, 53) überleben, mit einer durchschnittlichen Restvitalität von immerhin 17%.

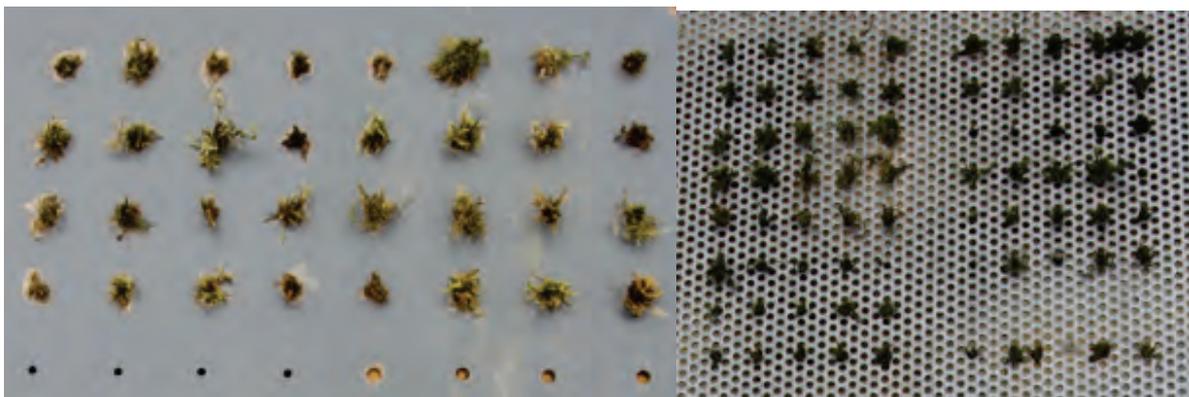


Abbildung 205 und 206: Vitalität der Sprosse auf LT-Substrat (eigene Photographie - E. Heiduk)

Die Bepflanzung der Kunststoff-Doppelstegplatten (VF 60-65), der Aluminium-Lärmschutz-Platten (VF 23-26, 28) sowie der Alu-Bleche 180x80 (VF 55, 56, 57) war erfolglos, da alle Sprosse bis zum ersten Monitoring-Termin abgestorben waren (Abbildung 207)



Abbildung 207: Abgestorbene Sprosse der Kunststoff-Doppelsteg-Platten (eigene Photographie - E. Heiduk)

Neben dem Absterben zeigten einige Stämmchen auch unterschiedlichste Färbungen: Rote, gelbe und braune Gesamt- sowie weiße Spitzenfärbung. Die Gelbfärbung zeigt in der Analyse einen starken Zusammenhang mit dem Substrat *Stockosorb*. Eine weiße Färbung der Spitzen trat bei den Sprossen immer in Zusammenhang mit LT-Substrat auf. Eine Rotfärbung war besonders häufig auf *Sanoplant*-Substraten zu beobachten, nie jedoch auf Lehm (Abbildung 208).

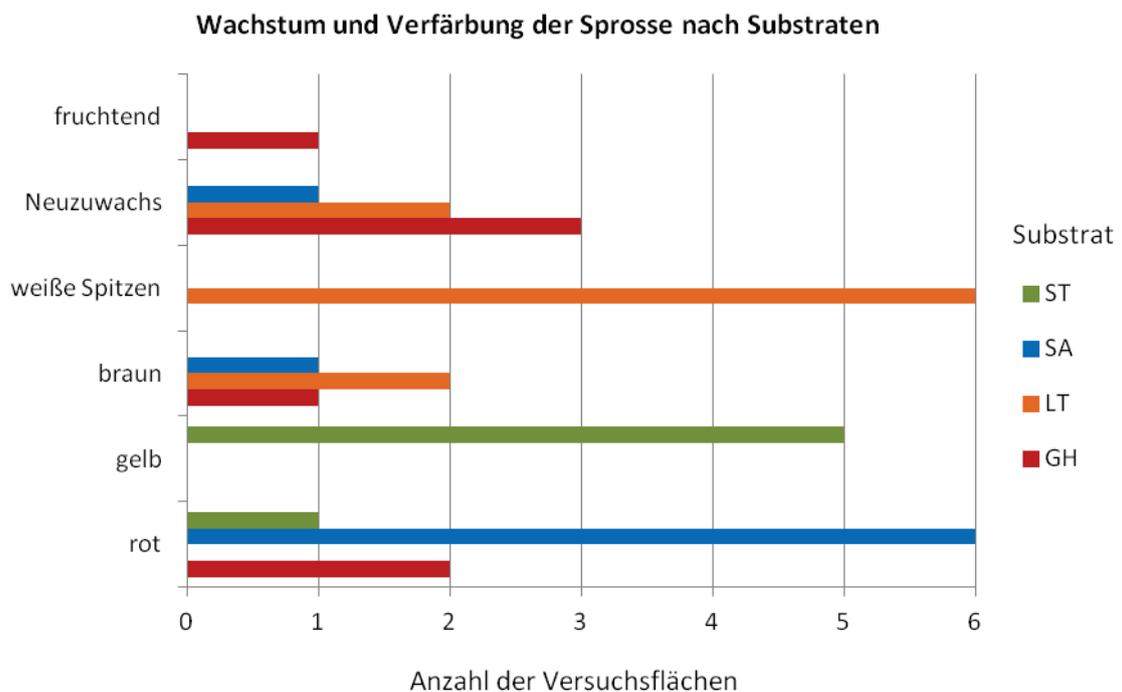


Abbildung 208: Wachstum und Verfärbung der Sprosse nach Substraten (eigene Darstellung – H.Zechmeister und J.Gätz)

Ausgesprochene Vitalität bestimmter Arten
auf ansonsten absterbenden Versuchsflächen nach Substraten

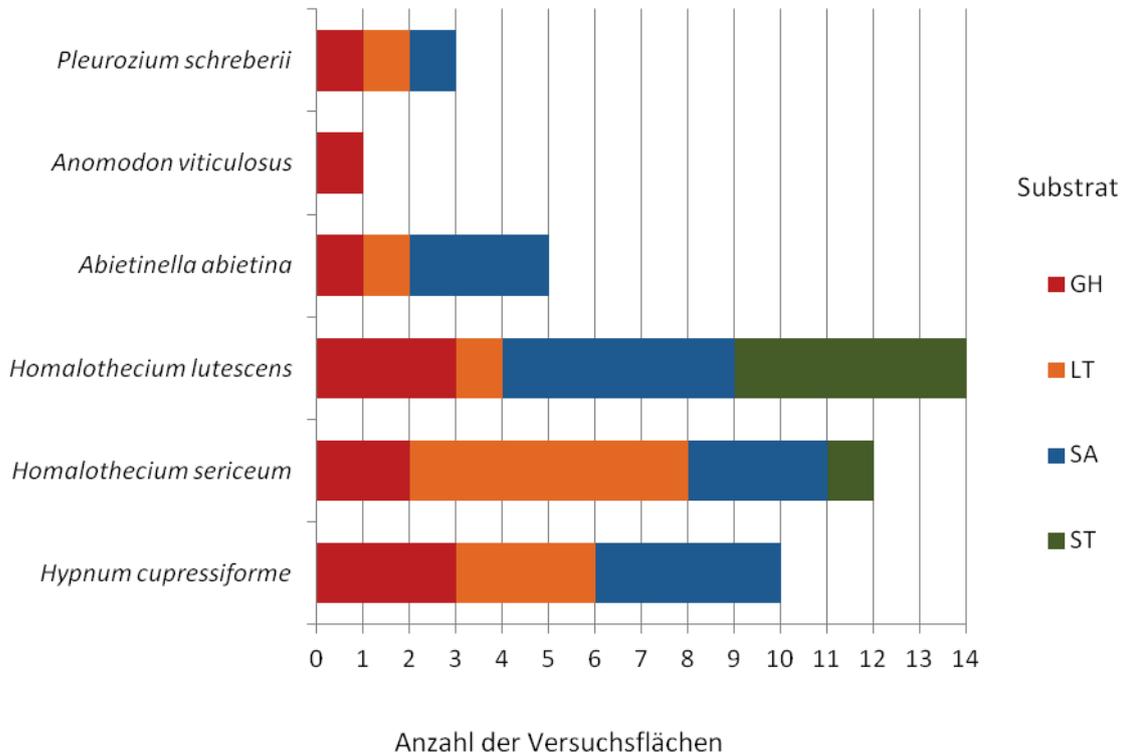


Abbildung 209: Überlebenshäufigkeit einzelner Sprosse nach Arten und Substraten (eigene Darstellung – H. Zechmeister und J. Gätz)

Von den je 14 Paneelen mit SA- bzw. ST-Füllung konnte nur ein kleiner Teil mit Beendigung des Monitorings noch lebende Moose aufweisen. *Stockosorb* tötete bis auf 3 Paneele alle Sprosse ab, die Restvitalität betrug aber auch auf den lebenden Versuchsflächen noch maximal 10%. Von den *Sanoplant*-Substraten konnten immerhin 5 Versuchsflächen noch eine Moos-Vitalität von 10-30% aufweisen. Die 12 bepflanzten GH-Versuchsflächen starben 9 ab. Die restlichen wiesen eine Vitalität von im Schnitt 15% auf. Auf all den 5 LT-Substraten konnten nach 2-3 Monaten noch vitale Moose gefunden werden.

Abbildung 209 zeigt die besonders erfolgreichen Arten. Diese waren oft vorrangig auf sonst bereits absterbenden Versuchsflächen noch grün und vital zu finden. Insgesamt besonders erfolgreich waren die beiden *Homalothecium*-Arten *lutescens* und *sericeum*, sowie *Hypnum cupressiforme*. Die Arten *Syntrichia ruralis* und *Ctenidium molluscum* überlebten in den meisten Fällen nicht. Erkennbar (Abbildung 209 bzw. Tabellen X und Y) ist, dass auf *Stockosorb* außer den beiden *Homalothecium*-Arten keine Art überleben konnte.

2.2 Ergebnisse der Bepflanzung mit Moosfragment-Kleister-Mischung

Die Bepflanzung mit der Fragmente-Kleister-Mischung (BPM 2) funktionierte in den meisten Fällen nicht. Erfolge zeigten sich nur auf den Drainagefließ-Polstern (1, 2, 4), sowie auf Edelstahl-Paneelen (VF: 33, 36, 39), der SENOVA-Platte (VF: 51 und 54) und einem Glasschaumblock (9). Auf dem Drainage-Fließ mit der *Sanoplant*-Füllung behielten die Fragmente bis 18.3.2015 eine Vitalität von 60%, hier kam es auch bei 10% der Fragmente zu einem Neuzuwachs von etwa 0,5 cm.

Eine detaillierte Liste der Ergebnisse ist in Tabelle 6 ersichtlich.

Tabelle 6: Ergebnisse der Bepflanzungsmethode 2

Bepflanzungstyp: Fragmente (Methode 2)								
Nr.	Paneel – Kurzbezeichnung	Lochgröße	Substrat	Vitalität				
				23.12.2014	21.01.2015	18.02.2015	18.03.2015	* Anmerkung
1	Drainagefließ	-	SA	100	70	70*	60	bis 0.5 cm Neuzuwachs bei 10%
2	Drainagefließ	-	ST	100	60	5	5	
3	Rasenteppich	-	GH	100	10	5	0	
4	Drainagefließ	-	GH	100	30	5	5	
5	Glasschaum	3,5	SA	100	0	-	-	
6	Glasschaum	3,5	ST	100	0	-	-	
7	Glasschaum	3,5	LT	100	10	0	-	
8	Glasschaum	3,5	GH	100	0*	-	-	Substrat aufgesprungen
9	Glasschaum	3,5	LT	-	20*	50	50	Neubepflanzung
10	Glasschaum	3,5	ST	100	0	0	-	
11	Glasschaum	3,5	GH	0	0	0	-	
12	Glasschaum	3,5	SA	0	0	0	-	
17	ALUCORE	3	leer	0*	-	-	-	alles abgewaschen
18	ALUCORE	3	LT	0*	-	-	-	alles abgewaschen
22	Lärmschutz	12	GH	0	-	0	-	alles abgestorben
23	Lärmschutz	6	GH	0	-	-	-	alles abgestorben
24	Lärmschutz	12	ST	0	-	-	-	alles abgestorben
25	Lärmschutz	6	ST	20	0	-	-	abgestorben
26	Lärmschutz	12	SA	0	-	-	-	alles abgestorben
27	Wellplatte							
28	Lärmschutz	6	SA	0	-	-	-	alles abgestorben
29	Alu-Blech 200x50	5	SA	100	30	0	-	
30			ST	0	-	-	-	
31	Edelstahlblech	5	LT	0	-	-	-	
32			GH	0	-	-	-	
33	Edelstahlblech	8	LT	0	60*	30	50	Neubepflanzung
Nr.	Paneel -	Loch-	Sub-	Vitalität				

Bepflanzungstyp: Fragmente (Methode 2)								
	Kurzbezeichnung	größe	strat	23.12.2014	21.01.2015	18.02.2015	18.03.2015	* Anmerkung
Vit = Vitalität: gemessen in % gesunder dh. grüner Fragmente an der Gesamtmenge vorhandener Fragmente								
34			GH	0	-	-	-	
35	Edelstahlblech	5	ST	0	-	-	-	
36			SA	100*	60	10	10	ein Großteil abgewaschen dh wenige übrig
37	Alu-Blech 200x50	5	SA	0	-	-	-	
38			ST	0	-	-	-	
39	Edelstahlblech	8	LT	90	70	50	50	
41	Edelstahlblech	8	GH					
42	Alu-Blech 200x50	12	ST	20	0	-	-	
43			SA	20	0	-	-	
44	Alu-Blech 200x50	8	SA + ST	0	-	-	-	
45	Alu-Blech 200x50	12	SA	20	0	-	-	
46			ST	0	-	-	-	
48	Alu-Blech 200x50	8	LT	95	70	0	-	
49	Alu-Blech 200x50		GH	20	0	-	-	
51	SENOVA	5/8	LT	80	30	10	50*	nur mehr wenige übrig
52	SENOVA		GH	0*	-	-	-	alles abgewaschen
53	SENOVA		SA	60*	20	0	-	nur mehr wenige übrig
54	SENOVA		ST	60	30	50*	50	nur mehr wenige übrig
55	Alu-Blech 180x80	2	SA	0	-	-	-	
56	Alu-Blech 180x80	2	ST	20	0	-	-	
57	Alu-Blech 180x80	2	GH	5	0	-	-	
58	Alu-Blech 180x80	2	LT	80	10	10	0	
60	PC-Platte	5	SA	0*	-	-	-	alles abgewaschen
61	PC-Platte	5	ST	0*	-	-	-	alles abgewaschen
62	PC-Platte	5	GH	10*	0	-	-	ein Großteil abgewaschen dh wenige übrig
63	PVC-Platte	5	SA	0*	-	-	-	alles abgewaschen
64	PVC-Platte	5	GH	0*	-	-	-	alles abgewaschen
65	PVC-Platte	5	ST	0*	-	-	-	alles abgewaschen

In sehr vielen Fällen wurde die Moosfragmente-Kleister-Mischung durch den Regen abgewaschen und durch Quellung der Füllsubstrate aus den Löchern gedrückt.

Die Vitalität nach Substraten zeigt, dass in vier von neun Fällen vitale Fragmente am 18.3.2015 auf Lehm/Ton-Substraten zu finden waren. Sie zeigten eine Vitalität von 50%. Abbildung 210 zeigt die Vitalität der Fragmente nach Substraten.

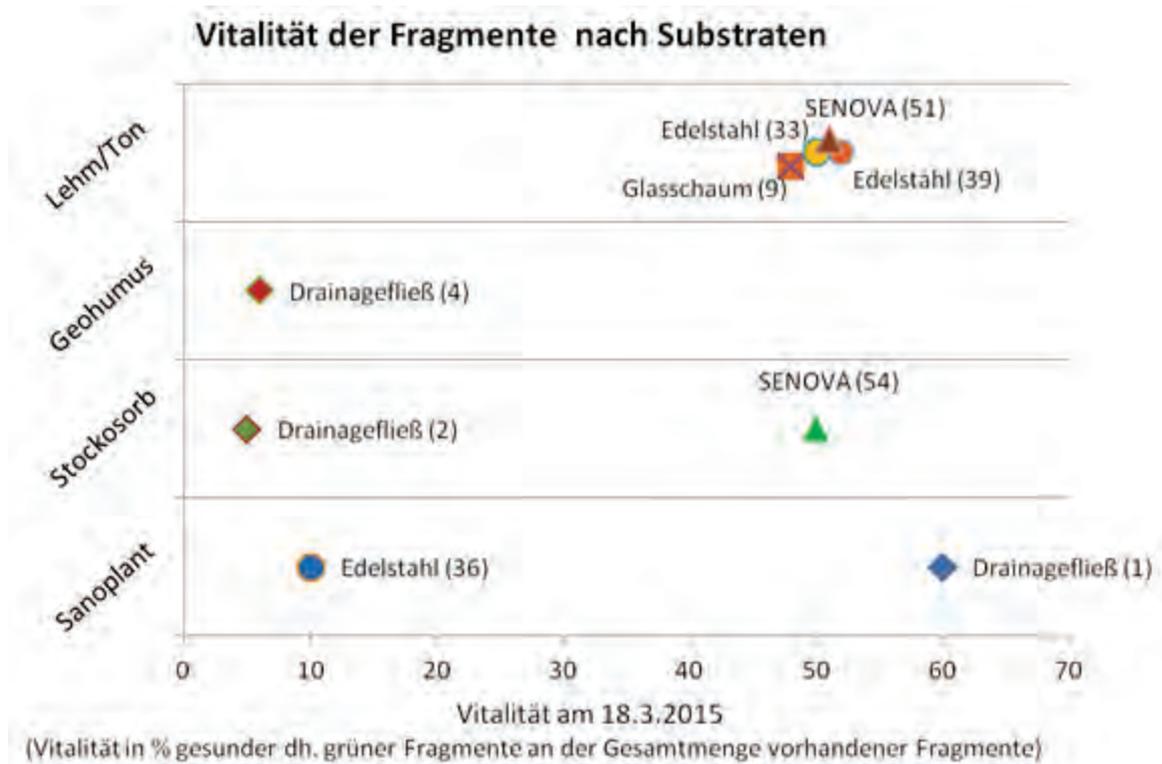


Abbildung 210: Vitalität der Fragmente nach Substraten (eigene Darstellung – H. Zechmeister und J. Gätz)

Die Fragmente-Bepflanzung der Vliese und Glasschaum-Blöcke ist in Abbildung 211 ersichtlich.

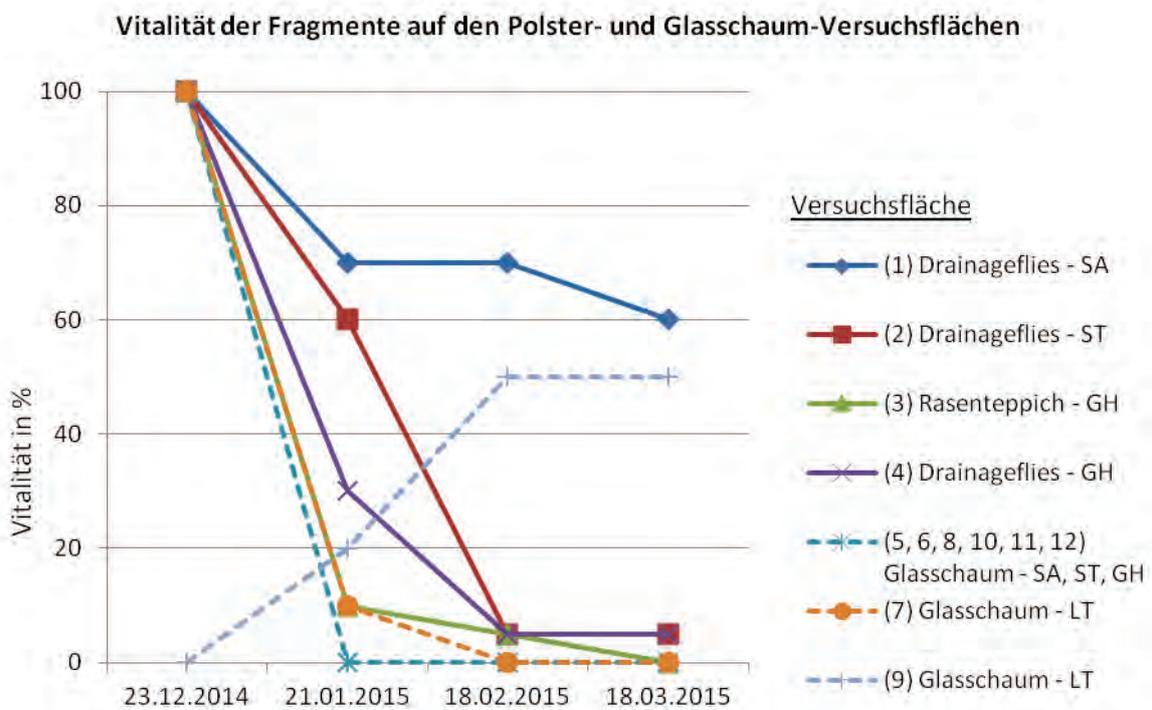


Abbildung 211: Vitalität der Fragmente auf den Polster- und Glasschaum-Versuchsflächen (eigene Darstellung – H. Zechmeister und J. Gätz)

2.3 Ergebnisse der Bepflanzung mit ganzen Moos-Polstern

Die Bepflanzung mit ganzen Polstern zeigte folgende Ergebnisse: In den Glasschaum-Blöcken überlebten die Polster nur im LT-Substrat. In vielen Fällen kam es bei den lebenden Polstern auf LT-Substraten aber zu weißen Spitzen. Die Moose in den ST- und SA-Substraten starben schnell ab und zeigten typisch rote oder gelbe Verfärbungen. Die GH-Füllung nahm durch Regen viel Wasser auf und sprengte die Glasschaum-Blöcke, die Polster wurden ausgewaschen.

Auf den ebenen Paneelen konnten sich fast alle Polster zumindest vital halten. Eine detaillierte Auflistung der Ergebnisse zeigt Tab. 7.

Tabelle 7: Ergebnisse der Bepflanzungsmethode 3

Bepflanzungstyp: Polster									
			Monitoring Ergebnisse						
Nr.	Paneel-Kurzbezeichnung	Substrat	23.12.2014		21.01.2015	18.02.2015		18.03.2015	
			Vit	Anmerkungen	Vit	Vit	Anmerkungen	Vit	Anmerkungen
5	Glasschaum	SA	100	rote Färbung	0	0		0	
6	Glasschaum	ST	100	gelbe Färbung	0	0		0	
7	Glasschaum	LT	100		90	90	weißen Spitzen, H.c. und H.s. am besten	90	weiße Spitzen, H.c. und H.s. am besten
8	Glasschaum	GH	100	Substrat/Paneel aufgesprungen	0	0		0	
9	Glasschaum	LT	100	Neubepflanzung	70	70	weißen Spitzen; Neuzuwachs bei H.s. (2x 'a 3mm)	70	weiße Spitzen; Neuzuwachs bei H.s. (2x 'a 3mm)
10	Glasschaum	ST	100	rote Färbung	0	0		0	
11	Glasschaum	GH	100	Substrat/Paneel aufgesprungen	0	0		0	
12	Glasschaum	SA	100	rote Färbung	0	0		0	
17a	ALUCORE	LT		nicht vorhanden	100	100		50	Polster abgerissen, wenig vital, weiße Spitzen
40	Edelstahlblech	LT		nicht vorhanden	100	70	hauptsächlich H.c.	0	
47	Alu-Blech 200x50	LT		nicht vorhanden	100	100	100	20	
50	SENOVA Holzfasern	LT		nicht vorhanden	100	95	95	40	fast nur H.s.
59	Alu-Blech 180x80	LT		nicht vorhanden	100	100	100	70	wenig vital

Vit = Vitalität: gemessen in % gesunder dh. Grüner Triebe an der Ursprungsmenge
 Kürzel für Moosarten: H.c. = *Hypnum cupressiforme* H.s. = *Homalothecium sericeum*

2.4 Ergebnisse der Bepflanzung auf speziellen Paneelen

Verhältnismäßig gute Ergebnisse zeigte jede Art der Bepflanzung auf der *SENOVA-Melaninharzplatte* (Versuchsfläche 50-54). Abbildung 212 zeigt die Entwicklung der Vitalität über die Monitoring-Termine. Auf Abbildung 213 und 214 ist die bepflanzte Platte zu sehen.

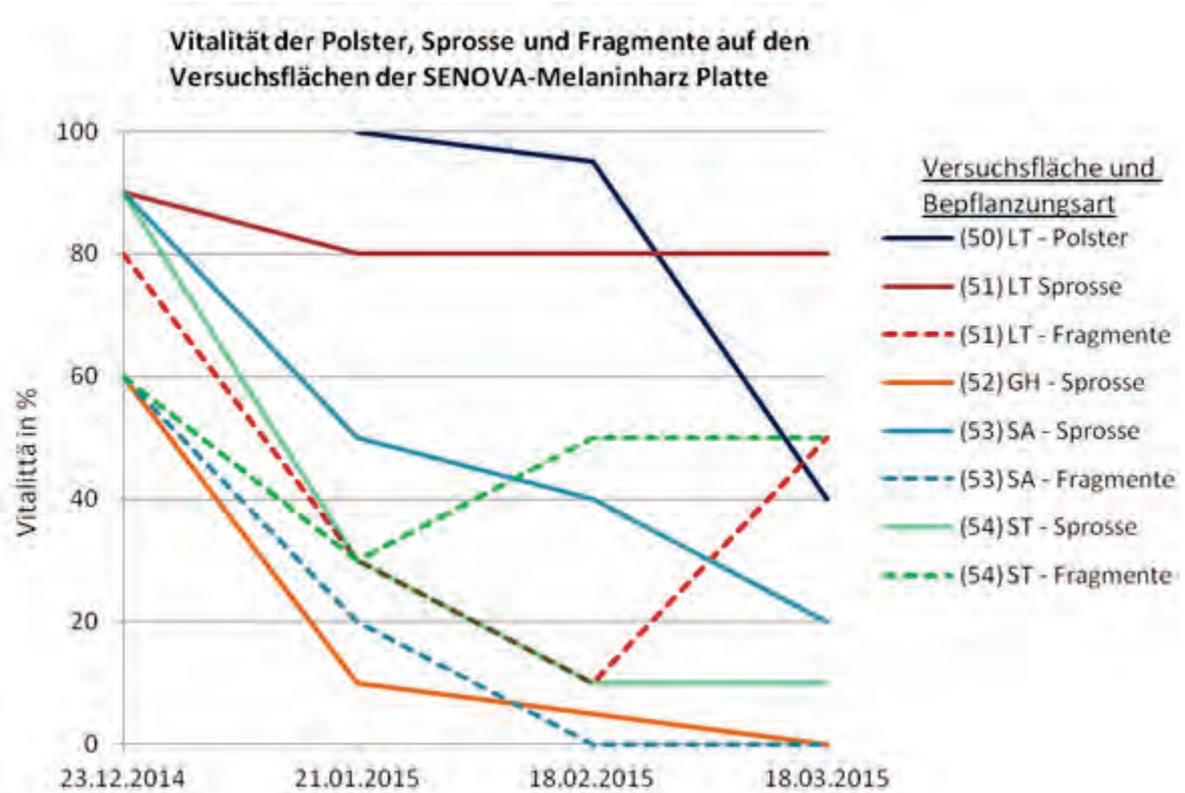


Abbildung 212: Vitalität der Moose auf dem SENOVA-Paneel (eigene Darstellung – H. Zechmeister und J. Gätz)

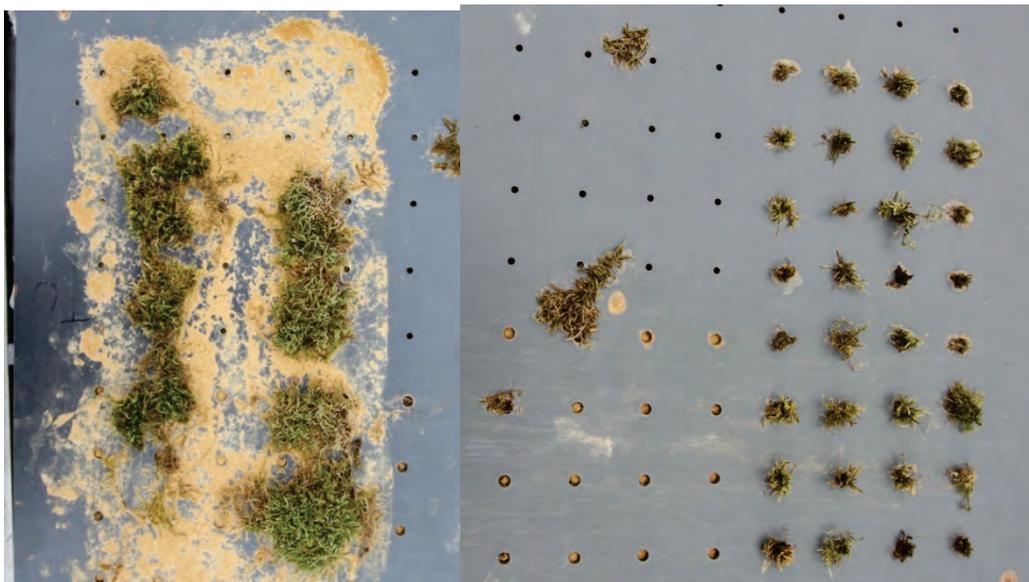


Abbildung 213 (links) und 214 (rechts): Fragmente und Sprosse auf der SENOVA-Platte (eigene Photographien – E. Heiduk)

3 Schlussfolgerungen

Die im Rahmen der Versuchsreihe erlangten Ergebnisse werden im Folgenden nach Zielsetzungen interpretiert: In Hinblick auf Moos-Arten (3.1), Bepflanzungsmethoden (3.2 und 3.3) sowie Paneele (3.4), Substrate (3.5) und allgemeine Versuchsbedingungen (3.6).

Diese Schlussfolgerungen können als Startpunkt für Folgeprojekte und als Anhaltspunkte für zukünftige Bemühungen der Mooskultivierung für Fassaden herangezogen werden.

3.1 Moose

Trotz zeitweiliger Austrocknung und teilweiser Schimmelbildung konnten sich der Großteil der Moose über mehrere Monate (August bis Dezember) sehr gut und ohne Probleme im Glashaus zur Lagerung halten, wachsen und teilweise sogar Sporophyten bilden. In manchen Fällen kam es zur Braunfärbung und zum Absterben einiger Polster während dieser Lagerung (genaueres dazu unter 1.3.7.3.). Konträr dazu verhielt sich die Vitalität der meisten Moosarten nach der Aufbringung auf die zu testenden Paneele und Substrate.

Von den ausgewählten Moosarten erwiesen sich vor allem vier für die Bepflanzungsmethoden geeignet, als auch in weiterer Folge in ihrer Vitalität herausragend. Diese Moosarten werden für allfällige weitere Bepflanzungsversuche auf anderen Substraten empfohlen:

- ⇒ *Homalothecium lutescens*
- ⇒ *Homalothecium sericeum*
- ⇒ *Abietinella abietina*
- ⇒ *Hypnum cupressiforme*

Im Folgenden wird nun eine Beurteilung der Moose auf ihre Eignung zur Bepflanzung nach BPM 1, zur Fragmentierung nach BPM 2, sowie zu ihrer Resistenz und Vitalität nach dem Bepflanzen abgegeben:

Gut geeignet für die Bepflanzung nach Methode 1 sind vor allem die robusten, hartsprossigen Moose:

- ⇒ *Pleurozium schreberi* [3.1.]
- ⇒ *Homalothecium lutescens* [4.1., 4.3.1., 4.3.2.]
- ⇒ *Homalothecium sericeum* [11.1., 11.2.]
- ⇒ *Anomodon viticulosus* [6.1.]
- ⇒ *Abietinella abietina* [8.2., 8.3.]
- ⇒ *Leucodon sciuroides* [10.1.]

Ihre kräftigen Stämmchen können gut in die Löcher eingebracht werden, eine Bepflanzung ohne Pinzetten ist damit teilweise möglich. Für die Fragmentierung sind sie eher ungeeignet bzw. müssen sie vor der Vermahlung in der Mühle händisch oder mit der Schere zerkleinert werden, bzw. die Blättchen durch Abstreifen von den Stämmchen entfernt werden, um die Mühle nicht zu verstopfen und die Klingen nicht abzustumpfen. Eine Ausnahme wäre *Leucodon sciuroides*, das Brutblättchen bildet, welche sich durch Abstreifen für Methode 2 eignen würden.

Für die Bepflanzung unpraktisch, da sie leicht zerfallen und mit besonderer Sorgfalt in die Löcher eingebracht werden müssen, dafür aber in der Mühle gerade deswegen sehr geeignet sind:

- ⇒ *Syntrichia ruralis* [2.1.]
- ⇒ *Ctenidium molluscum* [12.1.]

Sprosse beider Arten wurden nach der Bepflanzung (Methode 1) oft mit dem Substrat aus den Löchern gedrückt, vermutlich weil die kurzen, fragilen Stämmchen sich in den Löchern nicht so verankern konnten, wie die langen, hart-sprossigen Moose.

Die kleinen, xerophytischen Mauer-Moose:

- ⇒ *Grimmia sp.* [13.1., 13.2., 13.3., 13.4.]
- ⇒ *Tortula muralis* [14.1., 14.2., 14.3.]
- ⇒ *Bryum argenteum* [15.1., 15.2.]

haben sich in der Fragmentierung als besonders praktisch erwiesen. Eine Bepflanzung mit den winzigen Stämmchen (BPM 1) wurde aufgrund deren Größe von vornherein ausgeschlossen, eine Bepflanzung mit den kleinen Polstern (BPM 3) könnte in weiteren Versuchen aber interessant sein. Bei diesen Moosen muss aufgrund ihrer Herkunft auf eine recht sorgfältige Entfernung von kleinen Steinchen in den Pölstern geachtet werden. Der Großteil der Moose stammte von Grobbeton-Mauern und enthielt kleine Kieselsteinchen und Mauerbestandteile sowie recht viel Substrat, welches die Mühle verstopfen und beschädigen kann. *Bryum* bildet Brutknospen welche bei der Fragmentierung einen besonderen Vorteil darstellen.

Als ideal für die Bepflanzung mit Sprossen und Polstern sowie auch für die Fragmentierung hat sich

- ⇒ *Hypnum cupressiforme* [1.1., 1.2., 1.4., 1.5.]

herausgestellt. Dieses Moos ist sehr häufig zu finden, zu lagern und für alle drei Bepflanzungsmethoden zu handhaben. Bei einer Bepflanzung von nicht austrocknenden Substraten sollte man darauf achten eher die epiphytische *Hypnum cupressiforme* var. *filiforme* verwenden, da diese an Austrocknung besser angepasst ist, als var. *cupressiforme* (vgl. FRAHM 2001:243)

Das Monitoring und damit die Analyse der Vitalität der Moose (Abbildung 209) hat recht eindeutig ergeben, dass sich größere, hart-sprossigen Moose (allen voran *Homalothecium lutescens*, *Homalothecium sericeum* und *Abietinella abietin*) verhältnismäßig gut auf den Paneelen halten und vital bleiben können. Eine Erklärung dafür ist einfach ihre Stämmchenlänge, welche ihnen die Möglichkeit gibt, sich einerseits im Substrat und unter den Paneelen zu verankern (und nicht gleich ausgeschwemmt zu werden) und andererseits bei quellendem Substrat noch zumindest teilweise aus diesem herauszuragen. In Abbildung 215 sieht man, das vor allem *Syntrichia ruralis*, aber auch *Ctenidium molluscum* kaum aus den Pflanzlöchern herausragen. Da ihre fragilen Stämmchen während der Bepflanzung zu einem größeren Teil zerfallen sind und kaum ein Stämmchen tief in das Substrat gepflanzt werden konnte, ist ein großer Teil der Sprosse gar nicht zum Anwachsen gekommen bevor sie ausgeschwemmt wurden.

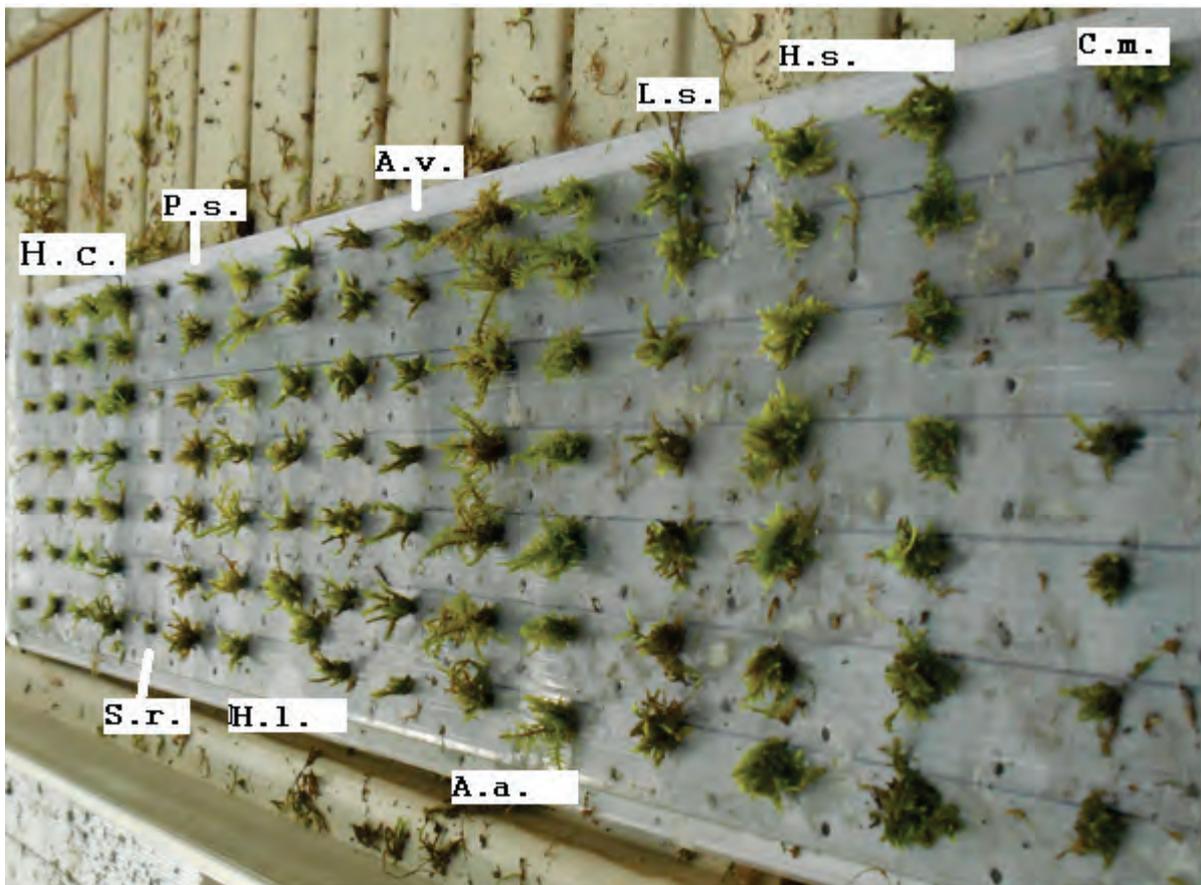


Abbildung 215: Sprosshöhe der Moos-Arten. Abkürzungen: H.c. = *Hypnum cupressiforme* (4 Reihen!), S.r. = *Syntrichia ruralis*, P.s. = *Pleurozium schreberii*, H.l. *Homalothecium lutescens* (3 Reihen), A.v. = *Anomodon viticulosus*, A.a. = *Abietinella abietina* (2 Reihen), L.s. = *Leucodon sciurioides*, H.s. = *Homalothecium sericeum* (2 Reihen), C.m. = *Ctenidium molluscum*. (eigene Photographie (bearbeitet) – J. Gätz)

3.2 BPM 1 und 3

BPM 1 (die Bepflanzung der Paneele mit ganzen Sprossen) eignet sich nicht unbedingt zur Begrünung großer Flächen, da sie nur sehr aufwendig betrieben werden kann. Der Zeitaufwand von dreißig Minuten bis zu einer Stunde je nach Paneel- und Lochgröße ist kommerziell nicht umsetzbar. Allerdings kann BPM 1 für weitere Testversuche zur Eignung von Moosen, Paneelen oder Substraten durchaus empfohlen werden, da Arten getrennt und gezielt bepflanzt und beobachtet werden können, und keine großen Mengen an Moosen der Natur entnommen werden müssen.

Vorrangig wichtig sind bei dieser Bepflanzungsmethode:

- a.) die richtigen, also eher hartsprossigen, robusten, größeren Moose,
- b.) die richtigen Lochgrößen,
- c.) das richtige, also nicht zu stark quellende/hygroscopische Substrat mit passendem pH-Wert (Sektion 1.3.5.),
- d.) Zeit und Örtlichkeit für das sichere Anwachsen der Moose.

Ad. a.) Neben der Stabilität der Moose (Sektion 1.3.7.), spielt sicher auch die Art der Wasserleitungsmöglichkeiten der verschiedenen Moos-Arten eine große Rolle für die Vitalität auf den Paneelen. So besitzt zum Beispiel *Homalothecium sp.* einen Zentralstrang zur inneren Wasserleitung, *Hypnum c.* hat Blattflügelzellen zur Wasserspeicherung

Ad. b.) Besonders geeignet (sowohl für die Bepflanzung als auch Stabilisierung und Wasserspeicherfähigkeit der Moose) sind größere Löcher von mindestens 5mm Durchmesser. Je größer die Löcher werden, umso wichtiger wird es, die Sprosse tief einzupflanzen. Bei größeren Lochgrößen sollten auch die eingepflanzten Stämmchen an Durchmesser zunehmen (zB: bei 8 mm mindestens sieben Sprosse von *Homalothecium sp.* oder *Abietinella abietina* oder neun Sprosse von *Anomodon viticulosus* oder *Hypnum cupressiforme*. Auch wenn das Einführen zunehmender Stämmchenzahlen schwieriger wird, ist dies für die spätere Vitalität von Vorteil, da zwischen den Stämmchen Wasser gespeichert und die Verdunstung verringert werden kann.

Eine Idee, dass schwierige und manchmal mühsame Bepflanzen mit Stämmchen zwischen Metallgerüst und Fließ zu umgehen, wäre, die Stämmchen in die Löcher des Grundgerüsts einzubringen und erst danach das Fließ darunter zu spannen und mit Substrat aufzufüllen. Dafür würden sich Teppichknüpfnadeln gut eignen.

Ad. d.): Wichtig wäre es, die Moose eine Zeit lang unter geschützten Bedingungen anwachsen zu lassen. Dies impliziert einen Schutz vor Starkregen sowie vor starker Sonneneinstrahlung vor allem wenn die Moose im feuchten Zustand sich befinden. Ebenso sollte man an Vorrichtungen gegen das rege Interesse von Krähen an den frisch gepflanzten Sprossen denken (aufhängen alter CDs oder Alu-Folien-Stücken).

Die Bepflanzung mit ganzen Polstern (BPM 3) funktioniert am besten, ist aber für größere Flächen ökologisch nicht vertretbar. Bepflanzung mit dickeren Spross-Büscheln oder Polstern hat für die Moose den Vorteil der größeren Wasserspeicherfähigkeit, dem Transpirationsschutz, sowie der gegenseitigen Beschattung bei intensiver Einstrahlung. Durch das Trennen von Moospolstern zu einzelnen Sprossen können diese Fähigkeiten verloren gehen.

3.3 BPM 2

BPM 2 (das Anfertigen und Auftragen der Moosfragmente-Kleister-Mischung) ist von der Idee her industriell durchaus nutzbar, jedoch hat sie bei unseren Versuchen keine wirklichen Erfolge gezeigt. Unter geänderten Versuchsbedingungen könnte die Methode aber gut funktionieren.

Ein Grund für den Ausfall war, dass ein großer Teil der Moosfragmente bald nach dem Bepflanzungsversuch durch Bewässerung oder Regen abgespült wurde, bevor sie richtig anhaften konnten. Ein Hindernis für die erfolgreiche und schnelle Anhaftung der Moose war sicher die glatte Oberfläche der Metall-Paneele. Ein rauhes Paneel wäre hier eventuell von Vorteil. Ebenso könnte man die Moosfragmente direkt auf dem Vlies aufbringen und erst anschließend den Metallrahmen darüber legen. So würden erstens die Fragmente leichter und regelmäßiger verteilt werden, und man würde zweitens so auch die unnötige Bemalung der Metallschale verhindern und drittens eine Verankerung der Moose unter dem Rahmen ermöglichen.

Die richtige Kleister-Konzentration und die ideale Moos-Kleister-Mischung sind ebenso wichtig zu beachten. Nach einigen Versuchen haben wir einen Ansatz von 125g Kleister mit 15l Wasser gewählt. Als das zum Auftragen beste Verhältnis hat sich 1:2 (Kleister:Moose) ergeben. Im Nachhinein betrachtet wäre auch eine noch geringere Verdünnung des Kleisters und eventuell eine höherer Anteil an Moosen für eine Verbesserung der Wasser- und Luftverfügbarkeit zu versuchen. Ebenso könnten die Ergebnisse von Versuchen mit höherer Kleisterkonzentration interessant sein, um herauszufinden, ob der Kleister auf die Moose toxisch wirkt. Auch könnte es interessant sein, andere Kleisterprodukte zu versuchen (speziell für Metallpaneele). In jedem Fall hat sich das Auftragen einer Fragmente-Kleister-Mischung als praktischer erwiesen, als das vorerst alleinige Auflegen der Moosfragmente und anschließendes Kleistern (oder umgekehrt).

Wie bei BPM 1 sollte auch bei der Fragmente-Methode auf ein mehrwöchiges (mindestens 2 Wochen) sicheres Anwachsen geachtet werden. Einerseits bedeutet dies Schutz vor Starkregen und zu intensivem Gießen. Ebenso sollten die feuchten Moose nicht der intensiven Sonnenstrahlung ausgesetzt sein. In anderen, projektbegleitenden Versuchen am Institut für Botanik haben sich auch Nackt- und Weinbergschnecken als Fressfeinde der Moose-Kleister-Kombination herausgestellt. Beim Aufstellen frisch bearbeiteter Paneele sollte also auch auf den Schutz vor Schnecken geachtet werden. Auf dem Versuchsgelände in den Blumengärten Hirschstetten waren Schnecken jedoch kein Problem.

Eine endgültige Beurteilung der bei BPM 2 verwendeten Moose ist aufgrund der nicht gelungenen Bepflanzung nicht möglich. Angedacht werden könnte der Einsatz von Moosen mit vegetativen Fortpflanzungsstrategien wie Bruchblättern.

3.4 Substrate

Die Wasserspeichersubstrate *Sanoplant*, *Stockosorb* und *Geohumus* haben sich in Zusammenhang mit den Bepflanzungen als weitgehend ungeeignet erwiesen. Erstens führte die Quellfähigkeit der Substrate oft zum Aufplatzen der Paneele oder drückte die Stämmchen aus den Löchern. Zweitens lassen Rot-, Gelb- und Braunfärbungen der Moose auf für Moose toxische Substanzen in den Substraten schließen (Abbildungen 216-219). Gründe dafür könnten einerseits unbekannte schädliche Inhaltsstoffe in den Substraten sein. Diesbezüglich empfiehlt FRAHM (2001) für Gefäßpflanzen konzipierte Nährböden für die Moosaufzucht immer in geringeren Konzentrationen zu nutzen. Ebenfalls wird in den Produktinformationen der Wasserspeichersubstrate (Sektion 1.3.5.) darauf hingewiesen, die Substrate der Erde unterzumischen und vor allem bei *Geohumus* wird davor gewarnt dieses „überzudosieren“. Einen anderen Erklärungsversuch liefert FRAHM mit seinen Hitzetoleranzversuchen, in denen er aufzeigt, wie Hitzeschocks bei feuchten Moospflänzchen zu starken Verbraunungen und teilweisem Absterben führte, wohingegen trockene Moose die Hitze oft ohne Probleme überstehen konnten (FRAHM 2008).

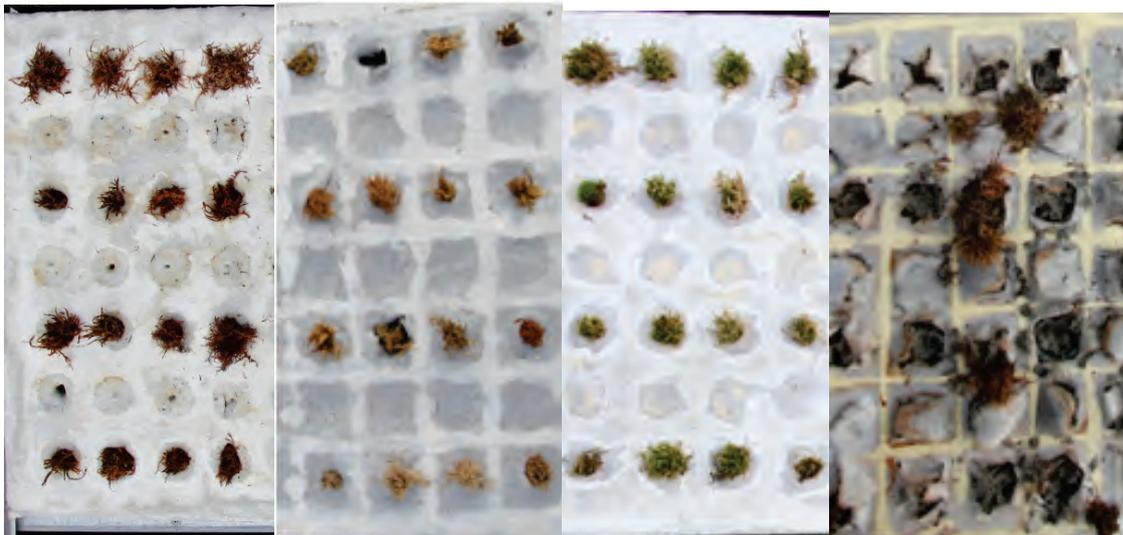


Abbildung 216, 217, 218 und 219 (v.l.n.r.): Verfärbung der Polster nach Substrat (vlnr: Rottfärbung auf SA [VF:5], Gelbfärbung auf ST [VF:6], weiße Spitzenfärbung bei LT [VF:9], aufgesprungenes Substrat auf GH [VF:8]. (eigene Photographien – J. Gätz bzw. E. Heiduk)

Eine weitere Erklärungsmöglichkeit der schlechten Ergebnisse bei den gewählten Wasserspeichersubstraten könnte deren Fähigkeit zur Absorption von Wasser sein. Das nachträgliche Quellen vor allem von *Geohumus* hat gezeigt, dass das Granulat seine Sättigung noch nicht erreicht und noch weiter Wasser aufgenommen hat. Ein Wasserentzug gegenüber den Moosen durch die Substrate kann also nicht ausgeschlossen werden. Leider lassen die Angaben zu der Wasserabsorptionsfähigkeit der Substrate (für GH: 40 und für ST: 150 mL/g) keinen Vergleich mit den osmotischen Potentialen der Moose zu. Hier lassen sich von PROCTOR (PROCTOR et. al. 1999) folgende Werte für das Osmotische Potential [in mPa] finden:

- *Tortula ruralis* (1.36 ± 0.18)

- *Anomodon viticulosus* (1.65 ± 0.07)
- *Homalothecium lutescens* (2.08 ± 0.08)

Im Vergleich mit den anderen von PROCTOR et al. (1999) angegebenen osmotischen Potentialen haben *Homalothecium* und *Anomodon* sehr hohe Werte. *Syntrichia ruralis* weist einen Wert eher in der Mitte auf. In einer weiteren Untersuchung könnte eruiert werden, ob die Wasserspeichersubstrate stärker hygroskopisch waren, als die Moose mit ihrem osmotischen Potential das Wasser in ihren Zellen halten konnten. In diesem Fall würden die hochkonzentrierten Substrate genau das Gegenteil ihrer Aufgabe (Verfügbarkeit von Wasser verbessern) bewirken, nämlich den Moosen sämtliches Wasser zu entziehen.

In diesem Zusammenhang sollte generell über Sinnhaftigkeit von Wasserspeichersubstraten für Moospaneele (speziell für austrocknungsresistente Arten wie *Syntrichia ruralis*) reflektiert werden. So gibt zB: OESAU (2011) gerade diese Art, sowie *Homalothecium lutescens* als Trockenzeiger an. Es lässt sich hinterfragen ob diese ökologische Anpassung an Austrocknung nicht besser genutzt werden sollte und ob nicht eventuell permanente Feuchte gerade für *Syntrichia ruralis* eine Gefahr darstellt.

Das Substrat *Lehm/Ton* hat sich als einziges Substrat vielversprechend erwiesen. Leider wurden die Paneele mit *Lehm/Ton* Substrat erst gegen Ende der Bepflanzungen fertiggestellt, was eine direkte Vergleichbarkeit mit den anderen drei Substraten erschwert. Trotzdem kann ein Zusammenhang der quantitativ höheren Vitalität der Polster und Sprosse auf *Lehm/Ton* im Gegensatz zu den anderen Substraten erkannt werden. Das natürliche *Ton/Lehm-Substrat* erfüllt nicht jene, die drei künstlichen Substrate erfüllende Wasserspeicherfunktion. Trotzdem, oder vielleicht gerade deswegen hat es so gute Ergebnisse auf diesem Substrat gegeben. Interessant war das Auftreten weißgefärbter Spitzen an den Stämmchen in Zusammenhang mit dem Substrat *Lehm/Ton*. Eine Erklärung der Weißfärbung könnte im Kalkgehalt des Substrates liegen,

Bei der Untersuchung eines Zusammenhanges des pH-Wertes der Wasserspeichersubstrate in Bezug auf die Vitalität einzelner Moos-Arten konnte Folgendes festgestellt werden: Das besonders basische Substrat *Stockosorb* (7-8) wurde von einem der ansonsten erfolgreichsten Moose *Hypnum cupr.* nicht bewachsen. Dies deckt sich mit den von Manske für *Hypnum cupressiforme* angegebenen präferierten Rinden-pH-Werte von rund 5,1. Im Gegensatz dazu führt er für *Anomodon viticulosus* Werte bei rund 7,2, für *Homalothecium sericeum* 6-7,7, für *Leucodon sciuroides* (7-8,1) und für *Abietinella* (5,6-7,4) an. Das fast basophile Moos *Leucodon sciuroides* konnte sich jedoch nicht merkbar besser auf *Stockosorb* halten (siehe Abbildung 209).

3.5 Paneele

Der Großteil der Metall-Grundgerüste war als Trägermaterial für Moose unbrauchbar. Worin der Grund der erfolglosen Bepflanzung dieser Paneele liegt, war während des Projektes nicht klar erkennbar. Eine Erklärungsmöglichkeit könnte in der Absonderung von moostoxischen Elementen aus den Trägerpaneelen oder deren Beschichtungen liegen. So sind zum Beispiel die Grundlage aller Moosvernichter (vgl. SIEBERHEIN 2009:3 und Produktinformation von speziellen Rasendüngern zB: www.compo.de) Eisen-II- und III-Sulfate. Auch Zn-Verbindungen sind in ihrer moostoxischen Komponente bekannt. Die Abgabe dieser Verbindungen durch die Paneele oder Beschichtungen müsste im Detail untersucht werden, um eine negative Wirkung auf das Wachstum der Moose von dieser Seite ausschließen zu können. Die genannten Elemente könnten allerdings auch in den Substraten zu finden sein.

Die Bepflanzung der Kunststoff-Paneele hat sich als völlig erfolglos herausgestellt. Ein Grund war das herausquellende Substrat und die durch das Substrat und durch Regen verursachte Auswaschung von Fragmenten und teilweise von Sprossen. Das herausquellende Substrat hat jene Sprosse, welche in den Löchern haften blieben, umschlossen. Eventuell wurde dadurch ein Kontakt mit der Luft verhindert und die Moose wurden „erstickt“.

Recht erfolgreich waren die Bepflanzung der SENOVA-Platte (VF 50-54) sowie der Glasfaser- bzw. Glasschaumpaneele (F 5-16). Bei den silikatischen Materialien könnte die Rauigkeit der Oberfläche eine entscheidende Rolle für den Erfolg spielen, ebenso kann die chemische Zusammensetzung von Glasschaum und Melaminharz geeigneter sein, als jene der metallischen Materialien. Auch die Bepflanzung der Vliese hatte einen gewissen Erfolg, was sicher auch auf die Rauigkeit der Oberfläche als auch auf ihre chemische Eignung hinweist. Allerdings hat sich ausgerechnet der Rasenteppich (VF 3) nicht gut entwickelt, obwohl Moosbewuchs auf (älteren) Rasenteppichen natürlicherweise recht häufig auftritt.

3.6 Versuchsbedingungen

Die Braunverfärbung mancher Moospolster und das teilweise Absterben (zB: bei *Thuidium tamariscinum* und *Abietinella abietina*) bereits in der Lagerung, lässt auf Staunässe durch die Bewässerung bei gleichzeitig hohen Temperaturen im Glashaus schließen. Prinzipiell sollte auf eine Befeuchtung der Moose (egal ob in Lagerung oder nach der Bepflanzung) bei heißen Temperaturen und intensiver Sonneneinstrahlung verzichtet werden.

Bereits diskutiert wurde die Wichtigkeit vor allem Fragmente und Sprossen an einem vor Tieren und Wetter geschützten Ort erst einmal anwachsen zu lassen, um ein sofortiges Abspülen durch Regen oder Abfressen durch Tiere zu verhindern. Bei der Aufstellung der Paneele sollte außerdem auf folgendes geachtet werden: Durch horizontale Lagerung kam es bei einigen Paneelen zu einer Verdichtung des Substrates und ein abrutschen im Paneel, wodurch die Sprosse dieses nicht mehr erreichen konnten. Bei der weiteren Beobachtung hat sich aber gezeigt, dass das auf die einzelnen Moossprosse keinen (negativen) Einfluss hatte. Eine sofortige senkrechte Lagerung kann vor allem bei BPM 2 sowie BPM 3 nicht empfohlen werden, da vor dem Anwachsen die Gravitation gerade auf glatten Paneelen eine große Gefahr darstellt.

Leider war es aus unterschiedlichen Gründen nicht (v.a. unterschiedliche Anlieferung der Trägerpaneelen) möglich alle Paneele zeitgleich zu bepflanzen und so eine optimale Vergleichbarkeit herzustellen. Dies sollte in weiteren Versuchsreihen berücksichtigt werden, um zum Beispiel den Einfluss unterschiedlicher klimatischer Witterung auf die Ergebnisse ausschließen zu können.

Von einer Lagerung der Moose in unbeschatteten Glashäusern ist unbedingt abzuraten. Besonders wichtig erscheint die Bewässerung der Moose bei geeigneter Witterung (kühl, bewölkt) bzw. zur richtigen Uhrzeit (eher frühmorgens oder abends).

4 Ausblick und Empfehlungen

Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Gegebenenfalls: Potenzial für Demonstrationsvorhaben (Chancen / Herausforderungen / Risiken bei der Realisierung / Umsetzung in Richtung Demonstrationsprojekt?)

Im Projektantrag wurden zahlreiche Fragen aufgeworfen, welche im Rahmen der Versuchsreihen getestet wurden. Durch die intensive Beschäftigung mit der Materie und die Komplexität der Versuchsreihe konnten viele wertvolle Hinweise für künftige Arbeiten aber kaum für eine industrielle Verwertung gegeben werden. Für weitere Antworten werden weniger umfangreiche Versuchsreihen, dafür aber mit einer größeren Anzahl an gleichen Ansätzen (z.B. weniger Paneelen, weniger Substrate) von Nöten sein, um eine statistisch signifikante Auswertung zu ermöglichen. Vor allem aber sollten auch natürliche Trägermaterialien und Substrate getestet werden. Diese konnten leider in diesem Projekt von den Projektpartnern nicht zu Verfügung gestellt werden.

Als wichtigste Ergebnisse können zusammenfassend genannt werden:

1. Es konnten für Bepflanzungen geeignete Moos-Arten gefunden werden, allen voran *Homalothecium sericeum* und *H. lutescens* sowie *Hypnum cupressiforme* und *Abietinella abietina*.
2. Eine großflächige, industrielle Bepflanzung mit BPM 1 (Bepflanzung mit Sprossen) kann aus Zeitgründen nicht empfohlen werden. Diese Methode eignet sich aber für weitere experimentelle Versuchsreihen ausgezeichnet. BPM 2 (Moos-Fragmente-Kleister-Mischung) scheint hohes kommerziell verwertbares Potential zu haben. Eine Untersuchung der Eignung verschiedener Kleisterarten und -konzentrationen, sowie geeigneter Oberflächen zur Bepflanzung erscheint notwendig. Von BPM 3 (der Bepflanzung mit ganzen Polstern) wird aus ökologischen Gründen abgeraten.
3. Die getesteten Trägerpaneelen haben unterschiedliches Potential zur Begrünung mittels Moosen. Eine Eignung von Metallpaneelen für die Moosbegrünung konnte nicht nachgewiesen werden. Silikatisches Material, sowie raues Material (Fließe) haben ein großes Potential.
4. Als Füllsubstrat war in unseren Versuchsreihen Lehm/Ton deutlich besser geeignet als alle anderen beprobten Wasserspeichersubstrate, welche für Moose negative (Dehydrierung) bzw. sogar toxische Wirkung haben.

5 Verzeichnisse

5.1 Abbildungsverzeichnis

In folgender Tabelle 8 finden sich alle in diesem Report verwendeten Abbildungen inklusive Seitenzahl, Capture-Text und Bildquelle wieder.

Tabelle 8: Abbildungsverzeichnis

Nr.	Capture Text	Bildquelle	Seite
1	Olafur Eliasson – „Moss“ auf dem Gebäude der Munich Re, München, Deutschland.	http://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101092/untitled-lichtvorhangmooswand	18
2	Olafur Eliasson – „Moss“ auf dem Gebäude der Munich Re, München, Deutschland.	http://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101092/untitled-lichtvorhangmooswand	18
3	Funktionaler / Schematischer Schnitt durch die Moos-Fassade.	Detail 2004/10	19
4	Bild der Fassade, Besichtigung Jänner 2015	Eigene Photographie, E. Heiduk	20
5	Struktur der Tuffsteine (nicht bewachsen), Besichtigung Jänner 2015	Eigene Photographie, E. Heiduk	20
6	Moose auf dem Tuffstein (teilweise Schnee auf Vorsprüngen), Besichtigung Jänner 2015	Eigene Photographie, E. Heiduk	21
7	Moose auf dem Tuffstein Detailansicht, Besichtigung Jänner 2015	Eigene Photographie, E. Heiduk	21
8	Moose auf dem Tuffstein Detailansicht, Besichtigung Jänner 2015	Eigene Photographie, E. Heiduk	21
9	Moose auf dem Tuffstein Detailansicht, gut sichtbar die Bewässerungsdüse, Besichtigung Jänner 2015	Eigene Photographie, E. Heiduk	21
10	Moss Wall, Neue Galerie am Landesmuseum Joanneum (Graz, 2000)	www.olafureliasson.net	22
11	Moos-Wand in der Galerie Lukas & Hoffmann, Art Cologne, Germany	www.olafureliasson.net	22
12	Moos-Wand im Muset for Samtidskunst, Roskilde, Dänemark	www.olafureliasson.net	22
13	Mooswand am Rathaus Reykjavik.	http://blog.snaefell.de/2006/06/06/rathaus-reykjavik-teil-2/	24
14	Mooswand am Rathaus Reykjavik.	http://blog.snaefell.de/2006/06/06/rathaus-reykjavik-teil-2/	24
15	Rathaus Reykjavik, Mooswand mittig,	Google-Streetview (Tjarnargata 11, Reykjavik)	24
16	Rathaus Reykjavik, Mooswand mittig,	www.panoramio.com/photo/13069794 ;	24
17	Moos auf Lavastein,	www.flickr.com/photos/dbroberg/2601685193/	24
18	Moos auf Lavastein,	https://www.flickr.com/photos/73417912@N00/3679753918/	24
19	Moos auf Lavastein, bzw. rund um einen Aluminium-Fensterrahmen;	www.freecitytravel.com/city-hall-reykjavik.html	25
20	Moos auf Lavastein, bzw. rund um einen Aluminium-Fensterrahmen;	www.panoramio.com/photo/13069822	25
21	Detailansicht der Moose an der Wand.	www.panoramio.com/photo/13069784	25
22	Moose auf dem Tuffsteindach des Kunsthauses Aarau, knapp nach Eröffnung (2003)	Aargauer Kunsthaus (Website)	26
23	Moose auf dem Tuffsteindach des Kunsthauses Aarau, aus der Neuen Zürcher Tageszeitung, 17. April 2014;	NZZ 17.04.2014 (Aufnahmedatum des Bildes unbekannt)	26
24	Moose auf dem Flachdach des Kunsthauses Aarau,	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	27
25	Moose auf dem Flachdach des Kunsthauses Aarau, schattige Ecke	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	27
26	Moose auf dem Flachdach des Kunsthauses Aarau im Bereich Gehweg zur Treppe,	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	27
27	Moose auf dem Flachdach und Vergleich der Steinarten	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	27
28	Moose auf dem Flachdach und Vergleich der Steinarten,	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	27
29	Moose und Abwitterung des Steins auf dem Flachdach Aarau;	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	27

Nr.	Capture Text	Bildquelle	Seite
30	Moose und Abwitterung des Steins auf den Dachschrägen - Detailansicht,	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	28
31	Moose auf den Dachschrägen, Eingangsbereich,	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	28
32	Moose auf den Dachschrägen, Eingangsbereich,	Eigene Photographie – E.Heiduk (2007);	28
33	Moose auf dem Flachdach Aarau - Sommeransicht	www.mimoo.eu/projects/Switzerland/Aarau/Aargauer%20Kunsthaus%20Extension ;	28
34	Neuausstattung mit Steinen im Wegbereich/Flachdach (Dachdraufsicht),	Google Earth (2015)	28
35	Neuausstattung mit Steinen im Wegbereich/Flachdach	Aargauerzeitung 01.10.2014 (Emanuel Per Freudiger)	28
36	Teilweise Neuausstattung mit Steinen am Steildachbereich.	www.poweredbyart.com/poweredbyart/Always/Entries/2012/6/19_Aarau.html	29
37	Folienabdeckung am Dach.	www.aarauinfo.ch/03_kunst_kultur/01_museen/aargauerkunsthaus.php (Aufnahmedatum unbekannt)	29
38	Prada-Store Tokyo, Vogelperspektive / Mooswände sind südlich und westlich zu erkennen.	Google-Earth;	30
39	Prada-Store Tokyo, Ansicht Verglasung und moosbewachsene Umfassung	www.flickr.com/photos/20468500@N08/5223665979	30
40	Prada-Store Tokyo, Aufnahme 2003-06-10	https://www.flickr.com/photos/kh1979/68871982 (Kenzo);	31
41	Prada-Store Tokyo, Mooswände und Boden 2006-06-24	https://www.flickr.com/photos/62586318@N00/834307325/lightbox (frankeltron);	31
42	Prada-Store Tokyo Mooswand 2007-10-09,	https://www.flickr.com/photos/iris_mach/1523867168/(i_j_mach)	31
43	Prada-Store Tokyo, Mooswand 2008-02-11	https://www.flickr.com/photos/chadevans/2340655342/in/photostream/ (frankeltron);	31
44	Prada-Store Tokyo, Mooswand 2010-03-10	https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4460465486/in/photostream/ (Timothy Brown);	32
45	Prada-Store Tokyo, Mooswand – Detail 2008	www.flickr.com/photos/62586318@N00/835176526/in/photostream/lightbox (frankeltron)	32
46	Prada-Store Tokyo, Detail Boden	https://www.flickr.com/photos/jrosenk/3103954582/in/photostream (Jessica Rosenkrantz)	32
47	Prada-Store Tokyo, Mooswand	http://figure-ground.com/prada_tokyo/0025/ (Liao Yusheng)	32
48	Mooswand Prada Detail 2008	https://www.flickr.com/photos/chadevans/2340653556/(tchad)	32
49	Mooswand Prada Detail 2008	https://www.flickr.com/photos/chadevans/2340653556/(tchad)	32
50	Prada-Store Tokyo, Detail Moospanel	https://www.flickr.com/photos/jrosenk/3103127649/in/photostream/ (Jessica Rosenkrantz)	33
51	Prada-Store Tokyo, Mooswand	https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4459686155/ (Timothy Brown)	33
52	Mooswand Prada 2010-03-13	https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4518173681/ (Timothy Brown)	33
53	Mooswand Prada 2010-03-13	https://www.flickr.com/photos/atelier_flir/4518807820/in/photostream/ Prada-Store Tokyo (Timothy Brown),	33
54	Prada-Store Tokyo,	Google Streetview;	33
55	Firmengebäude zuibun.	http://news-sv.ajj.or.jp/hokuriku/m1ah/ah37/02shisyodayori/shisyo37-i-3.jpg	34
56	City Trees;	http://www.trendsderzukunft.de/mooswaende-reinigen-die-stadtluft-von-oslo-von-feinstaub-und-stickoxiden/2015/10/07/	35
57	City Trees;	http://www.trendsderzukunft.de/mooswaende-reinigen-die-stadtluft-von-oslo-von-feinstaub-und-stickoxiden/2015/10/07/	35
58	Hotel Beethoven Wien, 30m² Außenmoos auf der Eingangsüberdachung	Firmenwebsite greenwalltec	39
59	Fa. VTV Filmstudio – Auhofcenter Wien;	Firmenwebsite greenwalltec	39
60	Weitere Anwendungsbeispiele der Produkte der Firma GreenWallTec;	Firmenwebsite greenwalltec	39
61	Weitere Anwendungsbeispiele der Produkte der Firma GreenWallTec;	Firmenwebsite greenwalltec	39
62	Weiteres Anwendungsbeispiel der Produkte der Firma GreenWallTec;	Firmenwebsite greenwalltec	39
63	Beispiele der Firma Vertiko.	Firmenwebsite Vertiko	40

Nr.	Capture Text	Bildquelle	Seite
64	Beispiele der Firma Vertiko.	Firmenwebsite Vertiko	40
65	Beispiele der Firma Vertiko.	Firmenwebsite Vertiko	41
66	Beispiele der Firma Vertiko.	Firmenwebsite Vertiko	41
67	Interview mit Stefan Brandhorst, Gärtnermeister der Fa Vertiko;	Firmenwebsite Vertiko	42
68	Beispiele der Firma Moosmaschine	Firmenwebsite Moosmaschine	43
69	Beispiele der Firma Moosmaschine	Firmenwebsite Moosmaschine	43
70	Beispiele der Firma Moosmaschine	Firmenwebsite Moosmaschine	43
71	Beispiele der Firma Moosmaschine	Firmenwebsite Moosmaschine	43
72	Mini-Moosgarten (Indoor)	http://blogimg.goo.ne.jp/user_image/7f/b8/067a91f2aa321cf63bf8076f37454a73.jpg	44
73	Neuanlage eines kleinen Outdoor-Moosgartens mit Moosanzuchtkisten (Baustelle links, Fertiger Garten rechts)	www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/	44
74	Neuanlage eines kleinen Outdoor-Moosgartens mit Moosanzuchtkisten (Baustelle links, Fertiger Garten rechts)	www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/	44
75	Moosmatten (Vorderansicht sowie Funktionsprizip) für die Innenraumbefeuchtung und –begrünung.	Unbekannt / Internet	45
76	Moosmatten (Vorderansicht sowie Funktionsprizip) für die Innenraumbefeuchtung und –begrünung.	Unbekannt / Internet	45
77	Anzuchtkisten mit Moos (Bewässerung bzw. fertig angezogenes Moos).	http://item.rakuten.co.jp/ryokken/sg-1/#sg-1	46
78	Anzuchtkisten mit Moos (Bewässerung bzw. fertig angezogenes Moos).	http://item.rakuten.co.jp/ryokken/sg-1/#sg-1	46
79	Moos mit Unterlagsvlies auf Sandlage;	http://item.rakuten.co.jp/ryokken/sg-1/#sg-1	46
80	Ausschnitt aus der Firmenwebsite;	Website Fa. Moss Mokomoko	47
81	Funktionsschema - Moosboxen;	Website Fa. Moss Mokomoko	48
82	Belegen eines vorhandenen Flachdachs	Website Fa. Moss Mokomoko	48
83	mit Moossteinen	Website Fa. Moss Mokomoko	48
84	Ausbilden der Abgrenzung	Website Fa. Moss Mokomoko	48
85	bis das Moosfeld fertig ist	Website Fa. Moss Mokomoko	48
86	Funktionsschema – Rollmoos Fa. Moss Mokomoko;	Website Fa. Moss Mokomoko	48
87	Belegen eines vorhandenen Flachdachs	Website Fa. Moss Mokomoko	49
88	mit Rollmoos	Website Fa. Moss Mokomoko	49
89	Durchbruchdetail	Website Fa. Moss Mokomoko	49
90	fertiger Moost Teppich	Website Fa. Moss Mokomoko	49
91	Aufbringung von Moosboxen auf einem Trapezblechdach: Unbelegtes Dach	Website Fa. Moss Mokomoko	50
92	Montage	Website Fa. Moss Mokomoko	50
93	Aufbringungsdetail	Website Fa. Moss Mokomoko	50
94	fertig belegtes Dach	Website Fa. Moss Mokomoko	50
95	fertig belegtes Dach	Website Fa. Moss Mokomoko	50
96	Funktionsschema – Wandbegrünung mit geklebten Moosmatten auf Trapezblech,	Website Fa. Moss Mokomoko	51
97	Aufbringen der Moospanele auf einer Trapezblechfassade; Ursprüngliche Fassade	Website Fa. Moss Mokomoko	51
98	Vorbereitungsarbeiten	Website Fa. Moss Mokomoko	51
99	Aufstreichen des Klebers und Ankleben der Matten	Website Fa. Moss Mokomoko	51
100	angeklebte Moosmatten	Website Fa. Moss Mokomoko	51
101	Detailausbildung	Website Fa. Moss Mokomoko	51
102	fertige Fassade	Website Fa. Moss Mokomoko	51
103	Aufbringung von Moosmatten auf Betonstützmauer: Auftrag von Kleber auf der Betonwand	Website Fa. Moss Mokomoko	52
104	Aufkleben von Moosmatten auf die Betonwand	Website Fa. Moss Mokomoko	52
105	fertig gestellte Stützmauer	Website Fa. Moss Mokomoko	52
106	fertig gestellte Stützmauer	Website Fa. Moss Mokomoko	52

Nr.	Capture Text	Bildquelle	Seite
107	Aufbringung von Moosmatten auf einer Betonsteinwand: Betonsteinwand vor Baubeginn	Website Fa. Moss Mokomoko	52
108	Wand mit Kleber und ersten aufgebrauchten Moosmatten	Website Fa. Moss Mokomoko	52
109	fertige Wand Stützmauer	Website Fa. Moss Mokomoko	52
110	Wohnhaus in Tokyo, Suginami ;	eigene Photographie (E. Heiduk)	53
111	Apartment-Haus in Tokyo, Nerima;	eigene Photographie (E. Heiduk)	54
112	Parkhaus in Adachi, Tokyo; Moosmattenmontage	eigene Photographie (E. Heiduk)	55
113	Parkhaus in Adachi, Tokyo; Moosmattenmontage	eigene Photographie (E. Heiduk)	55
114	Parkhaus in Adachi, Tokyo; Moosmattenmontage	eigene Photographie (E. Heiduk)	55
115	Parkhaus in Adachi, Tokyo; fertiggestellte Mooswandstruktur;	eigene Photographie (E. Heiduk)	55
116	Wohnhaus in Higashisumiyoshi, Osaka; Mooswandstruktur;	eigene Photographie (E. Heiduk)	56
117	Gartenmauer in Hachioji City, Tokyo;	eigene Photographie (E. Heiduk)	57
118	Treppeneinfassung Kita, Tokyo	eigene Photographie (E. Heiduk)	58
119	Rundherum in Moosmatten eingepacktes Gebäude, Japan, Ort und Realisierungsdatum unbekannt.	www.kokusai-kankyuu.com/sekou_okujou_k.html	59
120	Rundherum in Moosmatten eingepacktes Gebäude, Japan, Ort und Realisierungsdatum unbekannt.	www.kokusai-kankyuu.com/sekou_okujou_k.html	59
121	Rundherum in Moosmatten eingepacktes Gebäude, Japan, Ort und Realisierungsdatum unbekannt.	www.kokusai-kankyuu.com/sekou_okujou_k.html	59
122	Rundherum in Moosmatten eingepacktes Gebäude, Japan, Ort und Realisierungsdatum unbekannt.	www.kokusai-kankyuu.com/sekou_okujou_k.html	59
123	Moosmatten auf einem Flachdach, Japan;	http://tinsmithing19.rssing.com/chan-10773973/all_p24.html	60
124	Moosmatten auf einem Flachdach, Japan;	http://tinsmithing19.rssing.com/chan-10773973/all_p24.html	60
125	Mooskugeln für den Innenraum , Japan; Fa. Happy Moss	Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)	61
126	Moosanzuchtkisten, Japan; Fa. Happy Moss	Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)	61
127	Moos in Anzuchtbox	Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)	62
128	Schichtaufbau der Moosmatte	Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)	62
129	Verarbeitbarkeit der Moosmatte der Fa. Happy Moss, Japan,	Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)	62
130	Verarbeitbarkeit der Moosmatte der Fa. Happy Moss, Japan,	Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)	62
131	Auflage der Moosmatten für eine Flachdachbegrünung; Fa. Happy Moss, Japan	Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)	62
132	Auflage der Moosmatten für eine Flachdachbegrünung; Fa. Happy Moss, Japan	Fotoseite Fa. Happy Moss (www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/)	62
133	montierte, nicht-vor-kultivierte Moosmatten an der Außenwand	http://koike-inc.jp/lk188_koike/wp-content/uploads/IMG_0971.jpg	63
134	Fertigungsprinzip der Moosmatten der Fa. Wakasa	www.urase.co.jp/ecology	64
135	Fertigungsprinzip der Moosmatten der Fa. Wakasa/Kultivierungshallen;	www.urase.co.jp/ecology/	64
136	Fertigungsprinzip der Moosmatten der Fa. Wakasa/Kultivierungshallen;	www.urase.co.jp/ecology/	64
137	Fertigungsprinzip der Moosmatten der Fa. Wakasa/Kultivierungshallen	www.urase.co.jp/ecology/	65
138	sowie Applikation auf einem Tonnendach	www.urase.co.jp/ecology/	65
139	Angebotspalette der Fa. Mossfarm	www.mossfarm.jp/hpgen/HPB/entries/6.html	66
140	Demonstration der Zuschneidbarkeit und Aufbau der Basismatte	www.mossfarm.jp/hpgen/HPB/entries/6.html	67
141	Versandpaket für Do-it-yourself Mooskugeln der Fa. Mossfarm	http://item.rakuten.co.jp/mossfarm/kur-105/?s-id=pc_srecommend_01	67

Nr.	Capture Text	Bildquelle	Seite
142	Versandform der Moose	http://item.rakuten.co.jp/mossfarm/kur-105/?s-id=pc_srecommend_01	68
143	Aufzuchtbox mit einer Moosart	www.mossfarm.jp	69
144	sowie Detailansicht.	www.mossfarm.jp	69
145	Aufzuchtbox mit einer Moosart	www.mossfarm.jp	69
146	sowie Detailansicht.	www.mossfarm.jp	69
147	Aufzuchtbox mit einer Moosart	www.mossfarm.jp	69
148	sowie Detailansicht.	www.mossfarm.jp	69
149	Aufzuchtbox mit einer Moosart	www.mossfarm.jp	70
150	sowie Detailansicht.	www.mossfarm.jp	70
151	Aufzuchtbox mit einer Moosart	www.mossfarm.jp	70
152	sowie Detailansicht.	www.mossfarm.jp	70
153	Aufzuchtbox mit einer Moosart	www.mossfarm.jp	70
154	sowie Detailansicht.	www.mossfarm.jp	70
155	Aufzuchtbox und Detailansicht einer Moosart	www.mossfarm.jp	71
156	Moosarten im Angebot der Fa Watabe Zoen	http://www.watabezoen.com/koke/info.html	72
157	Moosgartenfläche und Herbstlaub	eigene Photographie (E. Heiduk)	73
158	"Bitte das Moos nicht zu betreten"	http://sendagaya3.exblog.jp/18164078/	73
159	Prinzipskizze – vorgehängte Fassadenkonstruktion	Eigene Skizze (E. Heiduk).	76
160	Prinzipskizze – Fassadenkonstruktion ohne Hinterlüftung.	Eigene Skizze (E. Heiduk)	77
161	Bestandteile der Paneele: a...Granulat, b...Fließ, c...Metall-Grundgerüst	Eigene Photographie E.Heiduk, bearbeitet von J.Gätz	79
162	Drainagevlies	Eigene Photographie - E. Heiduk	80
163	Rasenteppichtextil	Eigene Photographie - E. Heiduk	80
164	StoDeco Plan Platte (unten) und Glasschaum-Blöcke (oben)	Eigene Photographie - E. Heiduk	81
165	ALUCORE Aluminiumwabenplatte	Eigene Photographie - E. Heiduk	81
166	Beschichtete Aluminium-Lärmschutzplatte	Eigene Photographie - E. Heiduk	82
167	Aluminium- Edelstahlbleche	Eigene Photographie - E. Heiduk	82
168	Aluminium- Edelstahlbleche	Eigene Photographie - E. Heiduk	83
169	SENOVA Melaminharzplatte	Eigene Photographie - E. Heiduk	83
170	PVC-Platte bei der Bearbeitung	Eigene Photographie - E. Heiduk	84
171	<i>Tortula muralis</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	89
172	<i>Syntrichia ruralis</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	90
173	<i>Grimmia sp.</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	90
174	<i>Bryum argenteum</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	91
175	<i>Leucodon sciuroides</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	91
176	<i>Abietinella abietina</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	92
177	<i>Anomodon viticulosus</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	92
178	<i>Homalothecium lutescens</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	93
179	<i>Homalothecium sericeum</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	93
180	<i>Ctenidium molluscum</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	94
181	<i>Hypnum cupressiforme</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	94
182	<i>Pleurozium schreberi</i>	Eigene Photographie - J. Gätz	95
183	Glashaus Hirschstetten: Lagerung der Moose	Eigene Photographie - J. Gätz	97
184	Generelles Bepflanzungsmuster	Eigene Photographie - J. Gätz	98
185	Methode 2 (BPM2) auf Vliespolster	Eigene Photographie - J. Gätz	98
186	Pinzetten zur Bepflanzung nach Methode 1 (v.l.n.r.: a, b, c)	Eigene Photographie - J. Gätz	101
187	Methode 1 in Aktion	Eigene Photographie - E. Heiduk	101
188	Beispiel für Bepflanzungsmuster 2	basierend auf eigener Photographie von J. Gätz	102
189	Beispiel für Bepflanzungsmuster 3	basierend auf eigener Photographie von J. Gätz	102
190	Beispiel für Bepflanzungsmuster 4	basierend auf eigener Photographie von J. Gätz	103
191	Beispiel für Bepflanzungsmuster 5 auf Kunststoff-Doppelstegplatte	basierend auf eigener Photographie von J. Gätz	103
192	Kaffeemühle	eigene Photographie von J. Gätz	105
193	Metylan spezial Kleisterpulver	eigene Photographie von J. Gätz	105

Nr.	Capture Text	Bildquelle	Seite
194	Pinsel zum Aufbringen der Moose	eigene Photographie von J. Gätz	105
195	Moospolster-Mahlen in der Kaffeemühle	eigene Photographie von J. Gätz	105
196	Aufbringen der Moose mittels Pinsel	eigene Photographie von J. Gätz	105
197	Fragmentierte Moose	eigene Photographie von J. Gätz	106
198	Beispiel 1 für Methode 2	eigene Photographie von J. Gätz	106
199	Beispiel 2 für Methode 2	eigene Photographie von J. Gätz	106
200	Beispiel für Bepflanzungsmuster 1 (Glasschaumplatte mit Tonfüllung)	eigene Photographie von J. Gätz	107
201	Auflegen ganzer Polster auf Lehm/Ton-Substrate	eigene Photographie von E. Heiduk	108
202	„Nördlicher“ Teil der Anlage	eigene Photographie von E. Heiduk	109
203	„Südlicher“ Teil der Anlage	eigene Photographie von E. Heiduk	109
204	Anordnung der Versuchsflächen: Links der „Nordteil“ der Anlage, rechts der südlich davon liegende „Südteil“ der Anlage Auflegen ganzer Polster auf Lehm/Ton-Substrate	eig. Darstellung - E. Heiduk	110
205	Vitalität der Sprosse auf LT-Substrat	eigene Photographie von E. Heiduk	114
206	Vitalität der Sprosse auf LT-Substrat	eigene Photographie von E. Heiduk	114
207	Abgestorbene Sprosse der Kunststoff-Doppelsteg-Platten	eigene Photographie von E. Heiduk	115
208	Wachstum und Verfärbung der Sprosse nach Substraten	eigene Darstellung – H.Zechmeister und J.Gätz	115
209	Überlebenshäufigkeit einzelner Sprosse nach Arten und Substraten	eigene Darstellung – H.Zechmeister und J.Gätz	116
210	Vitalität der Fragmente nach Substraten	eigene Darstellung – H.Zechmeister und J.Gätz	119
211	Vitalität der Fragmente auf den Polster- und Glasschaum-Versuchsflächen	eigene Darstellung – H.Zechmeister und J.Gätz	119
212	Vitalität der Moose auf dem SENOVA-Paneel	eigene Darstellung – H.Zechmeister und J.Gätz	121
213	Fragmente und Sprosse auf der SENOVA-Platte	eigene Photographie – E. Heiduk	121
214	Fragmente und Sprosse auf der SENOVA-Platte	eigene Photographie – E. Heiduk	121
215	Sprosshöhe der Moos-Arten. Abkürzungen: H.c. = Hypnum cupressiforme (4 Reihen!), S.r. = Syntrichia ruralis, P.s. = Pleurozium schreberii, H.l. Homalothecium lutescens (3 Reihen), A.v. = Anomodon viticulosus, A.a. = Abietinella abietina (2 Reihen), L.s. = Leucodon sciuroides, H.s. = Homalothecium sericeum (2 Reihen), C.m. = Ctenidium molluscum	eigene Photographie (bearbeitet) – J. Gätz	125
216	Verfärbung der Polster nach Substrat (vlnr: Rotfärbung auf SA [VF:5], Gelbfärbung auf ST [VF:6], weiße Spitzenfärbung bei LT [VF:9], aufgesprungenes Substrat auf GH [VF:8].	eigene Photographie – J. Gätz bzw. E. Heiduk	129
217	Verfärbung der Polster nach Substrat (vlnr: Rotfärbung auf SA [VF:5], Gelbfärbung auf ST [VF:6], weiße Spitzenfärbung bei LT [VF:9], aufgesprungenes Substrat auf GH [VF:8].	eigene Photographie – J. Gätz bzw. E. Heiduk	129
218	Verfärbung der Polster nach Substrat (vlnr: Rotfärbung auf SA [VF:5], Gelbfärbung auf ST [VF:6], weiße Spitzenfärbung bei LT [VF:9], aufgesprungenes Substrat auf GH [VF:8].	eigene Photographie – J. Gätz bzw. E. Heiduk	129
219	Verfärbung der Polster nach Substrat (vlnr: Rotfärbung auf SA [VF:5], Gelbfärbung auf ST [VF:6], weiße Spitzenfärbung bei LT [VF:9], aufgesprungenes Substrat auf GH [VF:8].	eigene Photographie – J. Gätz bzw. E. Heiduk	129

5.2 Tabellenverzeichnis

In folgender Tabelle 9 finden sich alle in diesem Report verwendeten Tabellen inklusive Seitenzahl, und Capture-Text wieder.

Tabelle 9: Tabellenverzeichnis

Nr.	Capture Text	Seite
1	Trägerpaneelmaterialien und deren Anzahl in den Bewuchsversuchen	80
2	Übersichtstabelle Versuchsanordnung	87,88
3	Standorte der Moos-Aufsammlungen	96
4	Ergebnisse für Bepflanzung mit Sprossen	112,113
5	Durchschnittliche Vitalität der Sprosse nach Substraten	114
6	Ergebnisse der Bepflanzungsmethode 2	117
7	Ergebnisse der Bepflanzungsmethode 3	120
8	Abbildungsverzeichnis	134-139
9	Tabellenverzeichnis	140

5.3 Literaturverzeichnis

5.3.1 Literatur (Papers, Journale, Bücher, Berichte)

Aargauerzeitung, Print-Ausgabe 01.10.2014

Detail – Zeitschrift für Architektur + Baudetail, 10/2004, Institut für internationale Architekturdokumentation GmbH & Co. KG; München

Frahm, Jan-Peter und Frey Wolfgang (1983): Moosflora. Stuttgart

Frahm, Jan-Peter (2008): Hitzeschäden an Moosen. In: Archive for Bryology 36

Frahm, Jan-Peter (2001): Biologie der Moose. Heidelberg, Berlin.

Neue Zürcher Tageszeitung (NZZ), Print-Ausgabe 17.04.2014

Oesau, Albert (2011): Beiträge zur Moosflora des Naturschutzgebietes “Ölberg Wöllstein” (Rheinessen, Rheinland-Pfalz). In: Archive for Bryology 109.

Proctor, Michael C. F., (1990): The physiological basis of bryophyte production. Bot. Journ Linnean Society 104, 61-77

Proctor, Michael C. F., Nagy Zoltán, Csintalan Zsolt and Takacs Zoltán (1998): Water-content components in bryophytes: analysis of pressure-volume relationships. Journal of Experimental Botany, 49, 1845-1854.

Sieberrhein, Klaus (2009): Moosbekämpfung im Rasen. In: Information des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Gartenakademie).

5.3.2 Webressourcen (letzter Abruf der Seiten jeweils 23. November 2015)

Google Earth (Aargauer Kunsthaus, Prada-Store Tokyo)

Google Streetview (Prada-Store Tokyo, 5-2-6 Minami-Aoyama, Minato-ku, Tokyo; Rathaus Reykjavik, Tjarnargata 11, Reykjavik)

http://blogimg.goo.ne.jp/user_image/7f/b8/067a91f2aa321cf63bf8076f37454a73.jpg

<http://greencitysolutions.de>

<http://item.rakuten.co.jp/ryokken/sg-1/#sg-1>

http://koike-inc.jp/lk188_koike/wp-content/uploads/IMG_0971.jpg

<http://moosmaschine.de/>

<http://news-sv.ajj.or.jp/hokuriku/m1ah/ah37/02shisyodayori/shisyo37-i-3.jpg>

<http://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101092/untitled-lichtvorhangmooswand>

http://tinsmithing19.rssing.com/chan-10773973/all_p24.html

http://www.aarauinfo.ch/03_kunst_kultur/01_museen/aargauerkunsthaus.php

<http://www.aargauerkunsthaus.ch/>

<http://blog.snaefell.de/2006/06/06/rathaus-reykjavik-teil-2/>

<http://www.compo.de>

<http://www.cooljapanpress.com/topics/happymoss/en/>

<http://www.creasorb.com/product/creasorb/de/produkte/stockosorb/pages/default.aspx>

<http://www.greenwalltec.eu/DE>

<http://www.flickr.com> (diverse öffentliche Photoprofile – exakte Links siehe Abbildungsverzeichnis)

<http://www.freecitytravel.com/city-hall-reykjavik.html>

<http://www.geohumus.com/de/produkte.html>

<http://www.inreykjavik.is/radhusid-rathaus/>

http://www.kokusai-kankyous.com/e/ecomos_kouhou.html

http://www.kokusai-kankyous.com/sekou_okujou_k.html

<http://www.mossfarm.jp>

<http://www.onesprime.de/41056-olafur-eliasson-in-muenchen.htm>

<http://www.panoramio.com> (diverse öffentliche Photoprofile – exakte Links siehe Abbildungsverzeichnis)

http://www.poweredbyart.com/poweredbyart/Always/Entries/2012/6/19_Aarau.html

http://www.sanoway.com/german/overview_sanoplant.php

<http://www.trendsderzukunft.de/mooswaende-reinigen-die-stadtluft-von-oslo-von-feinstaub-und-stickoxiden/2015/10/07/>

<http://www.urase.co.jp/ecology/>

<http://www.vertiko-gmbh.de>

<http://www.watabezoen.com/koke/info.html>

<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegruenung.html>