

Universität für Bodenkultur Wien

Department für Bautechnik und Naturgefahren

Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

Die Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Dachbegrünungen

The establishment of pannonian vegetation on extensive roof
plantings

Institutsvorstand: Rosemarie Stangl, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.

Betreuerin: Ulrike Pitha, Priv.- Doz. Dipl.-Ing. Dr.

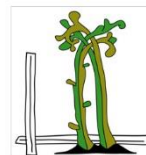
Irene Zluwa, Dipl.-Ing.

Eingereicht von:
Constantin Nusser 01141208
Wien, Juni 2019



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Department für Bautechnik und
Naturgefahren
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards



Institut für Ingenieurbiologie
und Landschaftsbau (IBLB)



*„Alles was gegen die Natur ist,
hat auf Dauer keinen Bestand.“*

Charls Darwin 1809 - 1882

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Constantin Nusser

14.06.2019

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N. Nusser', is written over a horizontal line.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Frau Prof. Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Ulrike Pitha und Dipl.-Ing. Irene Zluwa, die meine Masterarbeit betreut und begutachtet haben. Für die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinem Kollegen und guten Freund Fabian Stria und bedanken, der mir mit viel Geduld, Interesse und Hilfsbereitschaft zur Seite stand. Bedanken möchte ich mich für die zahlreichen interessanten Debatten und Ideen, die maßgeblich dazu beigetragen haben, dass diese Masterarbeit in dieser Form vorliegt.

Ich bedanke mich bei Thomas Schreiber für die Unterstützung bei meinen Aufnahmen.

Abschließend möchte ich mich vor allem bei meinen Eltern aber auch bei meiner Schwester sowie meinem Schwager bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und stets ein offenes Ohr für mich hatten.

Abstract

In times of climate change, green spaces play an increasingly important role, especially in urban areas. In the course of the GrünPlusSchule research project, an extensive green roof with several experimental areas equipped with different measuring techniques and subsequently ecologically evaluated was created at GRG7 in Vienna (KORJENIC A 2018). The main focus was the investigation of the establishment of Pannonian vegetation on extensive green roofs and the effects of structures on them. The following questions were formulated:

- How is the establishment of Pannonian vegetation on extensive green roofs possible?
- Which factors affect the development of Pannonian vegetation?
 - Is there an added value of the structures?
 - What are the advantages and disadvantages?
- How can suitable maintenance measures for such extensive green roofs look like?

In order to answer the questions dealt with in this Master's thesis, the method will first be guided through the site description and the experimental background, as well as the roof structure. In order to evaluate the establishment of Pannonian vegetation on extensive green roofs, the soil moisture and temperature of the substrate were measured on six test plots of the same size and the frequency and dominance of the vegetation was determined and then compared. The results showed that a establishment of Pannonian vegetation on extensive green roofs is possible and reasonable. Of the 30 species applied, 12 were able to develop and formed a closed vegetation cover on some experimental sites. The structures also have a positive effect on the vegetation by creating a milder microclimate where the flora can retreat during dry periods. The establishment of Pannonian vegetation is therefore so relevant as it is very resistant to drought, but at the same time provides ecological added value.

Kurzfassung

In Zeiten des Klimawandels spielen vor allem in urbanen Räumen, Grünflächen eine immer wichtigere Rolle. Im Zuge des Projektes GrünPlusSchule entstanden am GRG7 in Wien ein extensives Gründach mit mehrere Versuchsflächen, die mit unterschiedlichen Mestechiken ausgestattet und in weiterer Folge ökologisch bewertet wurden (KORJENIC A. 2018). Der Untersuchungsschwerpunkt der Arbeit war die Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Dachbegrünungen und die Auswirkungen durch Strukturen auf diese. Dazu wurden nachfolgende Fragestellungen formuliert:

- Wie ist die Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Dachbegrünungen möglich?
- Welche Faktoren wirken sich auf die Entwicklung der pannonischen Vegetation aus?
 - Gibt es einen Mehrwert der Strukturen?
 - Wo liegen die Vor- und Nachteile?
- Wie können geeignete Pflegemaßnahmen solch extensiver Gründächer aussehen?

Zur Beantwortung der Fragestellungen, mit der sich diese Masterarbeit befasst, wird zunächst über die Standortbeschreibung und den Versuchshintergrund, sowie dem Dachaufbau zur Methode hingeleitet. Zur Evaluierung der Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Gründächern wurde auf sechs gleichgroßen Versuchsflächen, die Bodenfeuchte und Temperatur des Substrates gemessen sowie die Frequenz und die Dominanz der Vegetation erhoben und im Anschluss verglichen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass eine mögliche Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Gründächern möglich und sinnvoll ist. Aus den 30 ausgebrachten Arten konnten sich 12 entwickeln und bildeten an manchen Versuchsflächen eine geschlossene Vegetationsdecke. Die Strukturen haben ebenfalls einen positiven Effekt auf die Vegetation indem sie ein milderes Mikroklima bilden wohin sich die Flora in Trockenperioden halten kann. Die Etablierung der pannonischen Vegetation ist daher relevant, da sie sehr trockenresistent ist, zugleich aber auch einen ökologischen Mehrwert bildet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	12
2	Vegetation der pannonischen Florenprovinz.....	14
2.1	Gliederung der pannonischen Florenprovinz Österreichs	15
2.1.1	Felssteppen	15
2.1.2	Trockenrasen (Mesobrometum)	16
2.1.3	Halbtrockenrasen (Xeroprometum)	17
2.2	Klimatische Faktoren.....	18
2.2.1	Expositionsclima	18
2.2.2	Mikroklima.....	19
2.3	Wasserhaushalt von Trocken- und Halbtrockenrasen	19
2.4	Nährstoffversorgung von Trocken- und Halbtrockenrasen.....	20
2.5	Pflegemaßnahmen von Trocken- und Halbtrockenrasen.....	20
2.5.1	Mahd.....	20
2.5.1	Mulchen	21
2.5.2	Beweidung	21
2.5.3	Brennen	22
3	Extensive Dachbegrünungen	24
3.1	Kurze Einführung in die Geschichte der Dachbegrünung	24
3.2	Extensive Gründächer nach heutigen Standards.....	26
3.2.1	Standortbedingungen auf Gründächern (Exkurs in die Stadtklimatologie)	27
3.2.2	Regelaufbau eines extensiven Gründaches	28
3.3	Dachbegrünungen und ihre Vorteile	29
3.3.1	Verbesserung der Luft- und Lebensqualität durch extensive Gründächer.....	29
3.3.2	Retentionsleistung und Wasserreinigung durch extensive Gründächer	30
3.3.3	Ökologisches Ausgleichspotential von extensiven Gründächern	30
4	Standortbeschreibung und Versuchshintergrund	32
4.1	Abiotische Faktoren.....	33
4.1.1	Klima.....	33

4.1.2	Boden	35
4.1.3	Licht.....	35
4.1.4	Wasser	35
4.1.5	Chemische Faktoren.....	35
4.1.6	Mechanische Faktoren.....	36
4.2	Biotische Faktoren	36
4.2.1	Konkurrenz	36
5	Dachaufbau und Substratzusammensetzung.....	38
5.1	Substratverteilung.....	42
5.2	Auswahl unterschiedlicher Strukturen	43
5.3	Setzung der Topfpflanzen und Aussaat	46
5.4	Artenauswahl der Saatgutmischung.....	48
6	Methode.....	50
6.1	Die Bestimmung der Bodenfeuchte und -temperatur am Dach des GRG7.....	50
6.1.1	Aufnahme der Bodenfeuchte und -temperatur durch Echo ² 5 TE Sensoren am Projekt 51	
6.2	Bestimmung der Frequenz der Einzelarten	53
6.3	Bestimmung der Dominanz von Einzelarten und des Gesamtdeckungsgrades.....	55
7	Ergebnisse der Untersuchung zur Etablierung einer pannonischen Vegetation am Dach des GRG7	58
7.1	Vergleich der Bodentemperatur und -feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 08.05.-16.05.2017 (Substratstärke 5-20 cm) zweite Frequenzaufnahme.....	60
7.2	Vergleich der Bodentemperatur und -feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.06.-20.06.2017 (Substratstärke 5-20 cm), Auswirkungen der Mahd	62
7.3	Vergleich der BodenTemperatur und -Feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 08.07.-01.08.2017 (Substratstärke 5-20 cm) dritte Frequenzaufnahme.....	64
7.4	Vergleich der Bodentemperatur und -feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 10.10.-28.10.2017 (Substratstärke 5-20 cm)	66
7.4.1	Zusammenfassung	67
7.4.2	Zusammengefasste Teilergebnisse der Bodentemperatur	70

7.4.3	Zusammengefasste Teilergebnisse der Bodenfeuchte	71
7.5	Beschreibung des untersuchten Materials am Dach des GRG7	72
7.5.1	Zeigerwerte der Artenliste nach Ellenberg	72
7.6	Auswertung der Frequenz und der Dominanz erfasster Arten am Dach des GRG7 ...	85
7.6.1	Auswertung der Aufnahmen mit Frequenzrahmen	85
7.6.2	Auswertung der pflanzensoziologischen Aufnahme zur Erhebung der Dominanz	85
7.7	Frequenz der Versuchsfläche 1 ohne Strukturbildner (Substrathöhe 9-13 cm), beschattet 86	
7.8	Deckungsgrad der Versuchsfläche 1 ohne Strukturbildner (Substrathöhe 9-13 cm), beschattet	87
7.9	Frequenz Versuchsfläche 2 mit Strukturbildner (Substrathöhe 12-19 cm), beschattet	90
7.10	Deckungsgrad der Versuchsfläche 2 mit Strukturbildner (Substrathöhe 12-19 cm), beschattet	91
7.11	Versuchsfläche 3 Ohne Strukturbildner (Substrathöhe 10-15 cm), nicht beschattet ...	94
7.12	Deckungsgrad der Versuchsfläche 3 (Substrathöhe 10-15 cm), nicht beschattet	95
7.13	Versuchsfläche 4 mit Strukturbildner (Substrathöhe 8-12 cm), nicht beschattet	97
7.14	Deckungsgrad der Versuchsfläche 4 (Substrathöhe 8-12 cm), nicht beschattet	98
7.15	Versuchsfläche 5 ohne Strukturbildner (Substrathöhe 8-9 cm), nicht beschattet	100
7.16	Deckungsgrad der Versuchsfläche 5 (Substrathöhe 8-9 cm), nicht beschattet	101
7.17	Versuchsfläche 6 mit Strukturbildner (Substrathöhe 5-12 cm), nicht beschattet	104
7.18	Deckungsgrad der Versuchsfläche 6 (Substrathöhe 5-12 cm), nicht beschattet	105
7.19	Vegetationsentwicklung pannonischer Arten am Dach des GRG7	107
7.19.1	Übersicht über die Frequenz der einzelnen Arten	108
7.19.2	Zusammenfassende Tabelle aller Aufnahmen durch den Frequenzrahmen	115
8	Vergleich zwischen Versuchsflächen mit und ohne Strukturbildnern	116
8.1	Versuchsfläche 1 OS im Vergleich zu Versuchsfläche 2 MS	116
8.2	Versuchsfläche 3 OS im Vergleich zu Versuchsfläche 4 MS	118
8.3	Versuchsfläche 5 OS im Vergleich zu Versuchsfläche 6 MS	120
8.3.1	Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 1 und 2	122
8.3.2	Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 3 und 4	123

8.3.3	Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 5 und 6.....	124
9	Mahd und ihre Auswirkung auf die Vegetation	126
10	Pflegekonzept für das extensive Gründach mit pannonischer Vegetation.....	128
10.1	Pflanzenauswahl für extensive Gründächer mit pannonischer Vegetation	129
10.2	Pflege eines extensiven Gründaches.....	130
10.2.1	Unkrautbekämpfung	130
10.2.2	Düngen von extensiven Gründächern.....	130
10.2.3	Wässerung und Mahd.....	131
11	Diskussion und Ausblick.....	132
12	Zusammenfassung.....	136
13	Literaturverzeichnis	140
14	Abbildungsverzeichnis.....	144
15	Diagrammverzeichnis.....	147
16	Tabellenverzeichnis.....	148
17	CV Constantin Nusser	150

1 Einleitung

Die Auswirkungen des Klimawandels sind weithingehend auch in Österreich spürbar und daher ein präsent Thema, das in den letzten Jahren enorm an Bedeutung gewonnen hat. Speziell in den urbanen Gebieten, sind die klimatischen Veränderungen nicht nur für den Menschen, sondern auch für die heimische Fauna und Flora stark spürbar. So wird für die Stadt Wien in den nächsten Jahren ein Anstieg der Sonnentage, die über 25°C liegen prognostiziert. Auch ein Anstieg der Durchschnittstemperatur um 1-2 °C sind zu erwarten. Die Stadt Wien sieht daher zum Klimaschutz vor, bis zum Jahr 2025 die Gestaltung von Grün- und Freiräumen, Neupflanzung von Bäumen und die Verbindung der Grüngürtel sowie die den Ausbau weiter Fassaden- und Dachbegrünungen als wesentlichen Bestandteil der Stadtplanung zu fixieren (BRANDENBURG et al. 2015).

Zusätzlich zum Klimawandel, wird auch hierzulande eine rückläufige Vielfalt der Biodiversität verzeichnet. Gerade in den urbanen Räumen findet die heimische Fauna und Flora nur schwer lebensfreundliche Habitate vor. Um diese Umstände zu verbessern, ist es notwendig, zusätzliche Grünräume zu schaffen und mit einem vielseitigen Angebot an Futterpflanzen für Insekten, Vögel und andere Tiere zu versehen (EBGEL 2017). Potentielle Grünräume für Fauna und Flora aber auch den Menschen, bieten unter anderem Dachflächen die zu Gründächern umgebaut werden. Die Vorteile solch begrünter Dächer liegen neben dem ökologischen Mehrwert bei dem positiven Einfluss auf das Stadtklima durch die Regenwasserspeicherung und die anschließende Verdunstung an die Atmosphäre. Zusätzlich fungieren sie als Feinstaubfilter und Sauerstoffproduzenten und haben einen isolierenden Effekt auf das Haus (ENGEL 2017).

Den Fokus auf extensive Gründächer gerichtet, ergibt sich häufig die Problematik, der geringen Vielfalt ausgebrachter Pflanzenarten. Um das ökologische Ausgleichspotential von Gründächern auszuschöpfen, sollte ein möglichst hohes Maß an Biodiversität etabliert werden. Dabei gilt wie in der Inselökologie, je höher die Anzahl der ökologisch wertvollen Gründächern, desto höher ist die Biodiversität und der Austausch zwischen Tieren und Pflanzen, die diese Lebensräume besiedeln. Durch Verzicht auf monokulturelle Sedum-Dächer und Etablierung Xerothermer- und Trockenrasengesellschaften, können solch artenreiche Gründächer entstehen (ENGEL 2017). Forschungsbedarf liegt hierbei bei der Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Gründächern mit sehr geringem Substrataufbau und welchen Vorteil strukturbildende Elemente für die Flora haben.

Hierzu wurden in dieser Arbeit drei Forschungsfragen mit teilweise zusätzlichen Unterfragen formuliert.

- Wie ist die Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Gründächern möglich?
- Welche Faktoren wirken sich auf die Entwicklung der pannonischen Vegetation aus?
 - Gibt es einen Mehrwert der Strukturen?
 - Wo liegen die Vor- und Nachteile dieser Strukturen?
- Wie können geeignete Pflegemaßnahmen auf extensiven Gründächern mit pannonischer Vegetation aussehen?

Dabei ist das Ziel dieser Arbeit diese Fragestellungen durch die angestellten Untersuchungen zu beantworten und einen Mehrwert und Denkanstoß für zukünftige Projekte zu generieren. Hierzu wurde im theoretischen Teil der Arbeit die Vegetation der pannonischen Florenprovinz sowie der geschichtliche Hintergrund der Dachbegrünungen und der heutige Stand der Technik durchleuchtet. Über die Standortbeschreibung und Erläuterung der Einflussfaktoren, die auf das Versuchsdach am GRG7 wirken, sowie dessen Aufbau und Substratzusammensetzung, wird zu den Methoden hingeleitet. Aufgenommen wurde zum einen die Bodenfeuchte und Temperatur durch Sensoren und zum anderen die Frequenz und der Deckungsgrad der Vegetation. Anschließend konnten die unterschiedlichen Versuchsflächen und ihre jeweiligen Besonderheiten miteinander verglichen werden, um so eine Empfehlung über die Artenzusammensetzung und den generellen Aufbau eines extensiven Gründaches für pannonische Vegetation zu formulieren. Darüber hinaus wurde ein Pflegekonzept erstellt, welches generell anwendbar ist für extensive Gründächer mit pannonischer Vegetation und Strukturen.

2 Vegetation der pannonischen Florenprovinz

Das pannonische Tief- und Hügelland ist die zweitgrößte Großlandschaft Österreichs nach den Alpen. Ein steiler Klimagradient, heterogene Topographie und eine große Vielfalt an geologischen Substraten machen diese Region zu einer der abwechslungsreichsten Landschaften in Mitteleuropa (SABUBERER und WILLNER 2007). Die größten zusammenhängenden Gebiete findet man im Osten des Landes. Der fließende Übergang von der pannonischen Florenprovinz in die alpine Region, erschwert die klare Definition der westlichen Grenze. Zu berücksichtigen sind, auf Grund des pannonischen Klimas, auch die Ausläufer der östlichen Alpen. Laut der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie endet die Abgrenzung der „Pannonischen Biographischen Region“ an der Österreichischen Grenze. Die Flora und Fauna der pannonischen Region Österreichs wird demnach der „Kontinentalen Biogeographischen Region“ zugeordnet und endet an der Staatsgrenze (SUNDSETH 2010).

Die heute entstandenen Trocken- und Halbtrockenrasen sind verhältnismäßig junge Gebilde im Gegensatz zu anderen, in Österreich vorzufindende Vegetationstypen. Laut FISCHER besiedelten nacheiszeitliche Wälder alle Gebiete, die ein milderes Klima, und tiefgründige, nicht zu feuchte Böden aufwiesen. Durch Ausrottung der größeren herbivoren Arten, Kriege, Ackerbau und vor allem durch die frühen Formen der Beweidung wie zum Beispiel der Hutung, lichteten sich allmählich die Wälder und es entstanden zahlreiche Ersatzgesellschaften. Dichtere Baumbestände konnten sich nur da weiter etablieren, wo die Böden tiefgründiger, nicht zu trocken und mehr Nährstoffe beinhalteten. Die übrigen Gebiete der pannonischen Florenprovinz wurden besiedelt von edaphischen Steppengesellschaften (FISCHER et al. 2015). In seinem Werk zur Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen stellt Heinz ELLENBERG (1996, 667) fest: „Wo die Dämpfung des Klimas durch den Waldbestand wegfiel, bildeten sich stärker differenzierte Standorte selbst auf kleinstem Raum heraus. Unterschiede in der Mächtigkeit der Feinerde über festem Gestein, in den Korngrößen oder in der chemischen Beschaffenheit des Bodens, die sich unter Wald kaum auf das Artengefüge auswirken, bedingen in einem beweideten oder auch gemähten Rasen ganz verschiedene Pflanzenkombinationen.“

2.1 Gliederung der pannonischen Florenprovinz Österreichs

Gliedern lassen sich die Steppen in drei Gruppen: Felssteppen oder auch Felstrockenrasen, Trockenrasen (Rasensteppen) die aus floristischer Sicht einen großen Mehrwert haben. Die dritte Gruppe ist die der Halbtrockenrasen oder Wiesensteppen, die über tiefgründigeren Böden entsteht. Daneben gibt es noch sehr spezielle Formen wie zum Beispiel die Salz- und Sandsteppen, die in Österreich nur in kleinen Arealen im Naturschutzgebiet Neusiedlersee zu finden sind (FISCHER et al. 2015).



Abbildung 1 Trockenrasen im Naturschutzgebiet Sandberge Oberweiden, von LEFNAER S. (21.07.2013)

2.1.1 Felssteppen

Die Felstrockenrasen lassen sich anhand der geringen Mächtigkeit des Substrates, über steinigem Untergrund in Karbonat-Trockenrasen und Silikat-Trockenrasen aufgliedern. Grundsätzlich ist anzuführen, dass die zwei Klassen durch ihre Artenzusammensetzung unterschieden werden können, jedoch gibt es auf Grund der Bodenchemie, auch Sandfluren, die auf kalkhaltigen Böden auftreten können und umgekehrt (WILLNER 2013).

Die Kalk-Magerrasen sind je nach vorkommendem Substrat durch Brometalia-Arten auf kalkhaltigen Böden und Festucetalia-Arten auf Lössböden geprägt. Typisch für die Karbonatfelstrockenrasen ist das lückenhafte Erscheinungsbild auf meist steilen Hängen. Dominierend hier ist das Federgras *Stipa pennata* agg. und der Walliser Schwingel *Festuca valesiaca* agg. Das lückenhafte Pflanzenmosaik der Gräser und Kräuter wie *Jurinea mollis*, *Scorzonera austriaca* oder *Helianthemum canum*, wird meist von Einjährigen, recht zarten Pflanzen besiedelt. Sie entwickeln sich über den Herbst bis zum Frühjahr, um in dieser noch feuchten Periode des Jahres ihre Samen zu verteilen, die dann den Sommer bis zur nächsten Wachstumsperiode überdauern. Arten wie *Saxifraga tridactylites*, *Hornungia petraea* und *Arabis auriculata* sind unter anderem als einjährige Pflanzen vorzufinden.

Silikat-Trockenrasen entstehen überwiegend auf Gesteinen wie Quarzsand, Gneis, Granit, Schiefer oder Porphy. Auch stark verwitterte Kalkböden über einer mächtigen Lössschicht können mäßig stark versauert sein. Auf diesen Böden gedeihen Artenkombinationen der *Festucetalia valesiaca* gemeinsam mit Arten wie *Agrostis capillaris*, *Chamaespartium sagittale* und *Luzula campestris* die einen niedrigen pH-Wert bevorzugen. Silikat-Trockenrasen nehmen in den meisten Fällen, räumlich sehr kleine Flächen zwischen Karbonat-Magerrasen ein. Dies ist zurück zu führen auf die noch schwach versauerten Böden. Silikat-Magerrasen mit einem sehr niedrigen pH-Wert und einer geringen Sorptionsfähigkeit sind meist auf sauren Sandböden zu finden. Die heutigen Bestände sind meist Pionierfluren die als Ersatzgesellschaft eines Waldes, durch die Bewirtschaftung des Menschen entstanden sind. Sand-Magerrasen sind, durch die langsame Verbuschung in dieselbe Klimaxgesellschaft rückentwickelnde Vegetation, nur als Übergangstadium zu betrachten (ELLENBERG 1996).

2.1.2 Trockenrasen (Mesobrometum)



Abbildung 2 Trockenrasen im Steinfeld von DROZDOWSKI I. (2018)

Die Etablierung von Rasensteppen findet auf feinerdreichen Böden statt, die durch den geringen Niederschlag eine niedrige Bodenfeuchte aufweist. Während den längeren Trockenperioden, treten die Bestände der Trockenrasen oft als braune Stellen zwischen der übrigen Vegetation auf. Sie werden dominiert von den schmalblättrigen Gräsern *Festuca valesiaca* agg. Welche Kleinartengruppe des Walliser Schwingels und der übrigen Gräser- Kräutergesellschaft besteht, ist abhängig vom vorherrschenden Substrat. So treten neben der Zwerg-Schwertlilie, Steppen-Salbei, Wermut, Ginster-Leinkraut, Purpur-Königskerze und Trauer-Nachtviole die stark dominierenden Gräser *Festuca valesiaca* s., *Festuca rupicola* oder *Festuca brevipila* s. auf. Rasensteppen weisen einen deutlich geringeren Biomasseanteil, im Vergleich zu Wiesensteppen (Halbtrockenrasen) auf (vgl. Abb. 2 und 3). Sie entstanden meist durch die Beeinflussung und Kultivierung des Menschen und seinem Weidetier. Daher sind für Rasensteppen eine Vielzahl von vorkommenden Weidezeigern markant, die von den Weidetieren ungern gefressen werden (FISCHER et al. 2015).

Die Intensivierung der Landwirtschaft durch Acker- und Weinbau reduzierte die Bestände der Rasensteppe über tiefgründigen Lössböden, deren Hauptvorkommen im Weinviertel liegt, auf ein Minimum (WILLNER 2013). Typische Arten sind neben dem Walliser Schwingel; *Iris pumila*, *Inula oculus-christi*, *Ranunculus illyricus*, *Astragalus onobrychis*, *Hesperis tristis*, *Rapistrum perenne*, *Linum austriacum*, *Linaria genistifolia*.

2.1.3 Halbtrockenrasen (Xeroprometum)



Abbildung 3 Halbtrockenrasen an der Pertoldsdorfer-Heide von DROZDOWSKI I. (2018)

Halbtrockenrasen unterliegen im Vergleich zu den Trockenrasen niedrigeren Temperaturen. Die Niederschlagsmenge unterscheidet sich kaum von denen der Rasensteppen. Die artenreichsten Lebensräume Europas (vgl. Abb. 3) wachsen auf tiefgründigen, basenreichen Böden mit einer begünstigen Speicherkapazität der Bodenfeuchte. Die Arten der in Europa vorkommenden Halbtrockenrasengesellschaften weisen eine Vielzahl an mesophilen Pflanzen auf. In Gesellschaften mit warmen, aber nicht trockenen Böden, wie sie zum Beispiel in Frankreich zu finden sind, gibt es größere Bestände von diversen Orchideenarten. Viele mesophile Rasengesellschaften wurden durch den Ackerbau und die Viehzucht zu Wirtschaftswiesen (Glatthafer-Wiesen) umgewandelt. Die übrigen, durch den Menschen entstandenen Halbtrockenrasenbestände, befinden sich durch Verbuschung in einer natürlichen Sukzession und entwickeln sich ohne Pflege und Schutz zu einem Wald als Klimaxgesellschaft zurück (ELLENBERG 1996). Durch verschiedene Schutzprogramme in ganz Europa, wird versucht den Sukzessionsprozessen entgegen zu wirken. Pflegemaßnahmen wie Mahd oder Beweidung fördern den Artenreichtum der Halbtrockenrasen und verhindert die Verbuschung (FISCHER et al. 2015).

Dabei zeigt sich, dass die Mahd gegenüber der Beweidung einen Vorteil hat, da alle Arten gleichermaßen betroffen sind. Hingegen ändert sich durch die Beweidung das Artenmosaik hinsichtlich der höheren Anzahl Weidezeigern wie *Brachypodium pinnatum* und *Festuca rupicola* (ELLENBERG 1996). Diese gehören zum Verband der Cirsio-Brachypodion pinnati und gelten neben *Bromus erectus* zu den dominanten Arten. Neben den Gräsern sind Kräuter wie *Anacamptis pyramidalis*, *Anthyllis vulneraria*, *Campanula glomerata*, *Carlina acaulis*, *Cirsium pannonicum*, *Euphorbia glareosa*, *Gentiana cruciata*, *Hypochaeris maculata*, *Plantago media*, *Polygala major*, *Prunella grandifolia*, *Trifolium montanum* und *Ranunculus polyanthemus* vorzufinden (FISCHER et al. 2015).

2.2 Klimatische Faktoren

Bei den klimatischen Einflussfaktoren auf Magerrasengesellschaften hat das Expositionsklima große Auswirkungen auf das Mikroklima und die vorhandene Vegetationsstruktur. Die jahreszeitliche Amplitude der Windgeschwindigkeit, Temperatur und Luftfeuchte schwankt in baumfreien Vegetationszonen um ein Vielfaches mehr, als in bewaldeten Gebieten, in denen auch die Strahlung in den Kronen der Bäume umgesetzt wird.

2.2.1 Expositionsklima

Die Exposition ist ein relevanter Faktor für die Artenzusammensetzung von Trockenrasen, die meist auf Hängen gedeihen. Das Expositionsklima kann demnach vom Allgemeinklima abweichen. Bei südlicher Hanglage wirkt auf das Gebiet eine höhere Sonneneinstrahlung ein, was die Windgeschwindigkeit sowie die Temperatur beeinflusst und wiederum die Verdunstungsrate des Bodens sowie die Transpiration der Pflanzen erhöht. Nördlich ausgerichtete Hänge haben eine geringere Sonneneinstrahlung was die Artenzusammensetzung auf Nordhängen von jenen der nach Süden exponierten Hänge unterscheidet. Durch die hohe Verdunstungsbeanspruchung auf Südhängen entstehen xerotherme Trockenrasen, im Gegensatz zu dem Mesobromion an nördlichen Hanglagen (ELLENBERG 1996).

2.2.2 Mikroklima

Das Klima bodennaher Luftschichten ist je nach vorkommender Oberfläche des Bodens und des Reliefs unterschiedlich (FREY und LÖSCH 2010). Bei Trockenrasen als auch bei anderen Pflanzenformationen zeigt sich, dass beinahe jede Pflanze einem unterschiedlichen Mikroklima unterliegt. Dies ist nach Untersuchungen auf die Wasser-, Wärmespeicherkapazität und auf unterschiedliche pH-Werte und Nährstoffe der einzelnen Pflanzenstandorte zurückzuführen. Darüber hinaus kann der Schattenwurf größer wachsender Pflanzenarten die Sonneneinstrahlung soweit reduzieren, dass sich empfindlichere Arten in diesen Bereichen ansiedeln und so ein Nebeneinander der Lebensbereiche entsteht. Horst-bildende Gräser können die direkte Erwärmung des Bodens um bis zu 25% reduzieren und schaffen so große Unterschiede im Mikroklima der Pflanzenformationen (ELLENBERG 1996).

2.3 Wasserhaushalt von Trocken- und Halbtrockenrasen

Die Gründigkeit eines Bodens und deren Wasserspeicherkapazität, ist abhängig von der Mächtigkeit der Bodenhorizonte über festen Gesteinsschichten. Die Mächtigkeit der Horizonte und die Durchwurzelbarkeit, beeinflussen die Artenvarianz der Pflanzengesellschaften. Bei Trocken- und Halbtrockenrasen spielt auch die Exposition eine wesentliche Rolle beim Wasserhaushalt. Lückenhafte Magerrasen auf exponierten Hängen können im Durchschnitt weniger Bodenwasser halten als nach Norden ausgerichteten Hänge oder geschlossene Pflanzenformationen. Dies erklärt sich anhand der hohen Evaporation durch die Sonneneinstrahlung an vegetationsfreien Stellen. Die Beschattung des Bodens durch höher wachsende Arten bewahrt diesen vor einem zu hohen Verlust an Bodenwasser.

Allgemein unterliegen Trocken- und Halbtrockenrasen keinem permanenten Wassermangel. Sie weisen hingegen, über die Frühlings- und Herbstmonate, eine ähnliche Wassersättigung wie herkömmliche Wiesenböden auf. Problematisch werden für Meso- und Xerobromion längere Trockenperioden während den Sommermonaten. Sie können einschneidende Störungen in der Pflanzenformation hervorrufen (ELLENBERG 1996).

2.4 Nährstoffversorgung von Trocken- und Halbtrockenrasen

Nachdem sich auf Felsen, Rohböden gebildet haben, können sich erste Therophyten ansiedeln und Schritt für Schritt humose Feinerden bilden, bis diese eine ausreichende Wasserspeicherkapazität erreichen. In weiterer Folge siedeln sich Gräser und Kräuter an und bilden zunehmend Volltrocken- und Halbtrockenrasen aus. Standorttypische Volltrockenrasen bilden sich über basischen Gesteinen, auf Protorendzinen aus. Halbtrockenrasen hingegen entstehen über Dolomit oder Kalkgestein auf Mullrendzinen. Entscheidend ist für die Etablierung aller Magerrasen, dass der Boden das Wasser und damit auch die Nährstoffe, durch Versickerung und Evaporation, ableiten kann. Allgemein entstehen Magerrasentypen nur auf nährstoffarmen und trockenen Standorten (ELLENBERG 1996).

2.5 Pflegemaßnahmen von Trocken- und Halbtrockenrasen

Durch die geringe Anzahl an Methoden zur Pflege von Trocken- und Halbtrockenrasen, gestaltet sich diese sehr einfach. Zu beachten sind jedoch einige Kriterien, die die Erhaltung dieses Ökosystems gewährleisten. Zu den möglichen Methoden der Pflege zählen unter anderem die Mahd, Beweidung, das Brennen und Mulchen der Fläche. Die diversen Pflegemaßnahmen haben unterschiedliche Einflüsse auf die Zielentwicklung der Vegetation und sind auf die Standortansprüche anzupassen. Zu berücksichtigen sind dabei die zu Verfügung stehenden Mittel (Budget und technische Ausstattung), die standörtlichen Gegebenheiten (schwer zu überwindende Hindernisse im Gelände, Nistplätze von seltenen Bodenbrütern und Standorte von selten vorkommenden Pflanzenarten) sowie die Dimensionen der zu pflegenden Flächen (SCHOKNECHT o.J.).

2.5.1 Mahd

Zur Aushagerung von Trocken- und Halbtrockenrasen bietet sich die Mahd besonders gut an. Durch die längeren Zeiträume, die zwischen der ein- oder zweischürigen Mahd liegen, sind die Wiesen artenreichere Standorte als beispielsweise Weiden. Dies liegt daran, dass die längeren Ruheperioden den Arten mit geringerer Reproduktions- und Regenerationsrate die Möglichkeit zur Existenz geben. Je nach Standortanspruch muss die Mahd an diese angepasst werden. So sollte eine mehrschürige Mahd an eutrophierten Standorten zum Einsatz kommen, bis der gewünschte Vegetationszustand erlangt wurde. Als darauffolgenden Schritt ist das Abschöpfen der Biomasse essenziell, um die Nährstoffarmut der Trocken- und Halbtrockenrasen zu gewährleisten. Zwischen der Mahd und dem Abtransport, ist eine Ruhezeit von mehreren Tagen notwendig, um der Fauna die Möglichkeit zu geben auf angrenzende Gebiete auszuweichen. Hinsichtlich dessen ist auch die Wahl der technischen Hilfsmittel zu überdenken. Schonende Methoden, vor allem für Amphibien wie die Handmahd und dem Doppelmessermähwerk stehen dem Einsatz von Kreiselmähern gegenüber (SCHOKNECHT o.J.).

Ein weiterer wichtiger Aspekt neben den technischen Hilfsmitteln ist der Zeitpunkt der Mahd. So fördert eine frühe und häufige Mahd vor allem Arten die sich vorwiegend vegetativ vermehren. Wobei hingegen eine Mahd im späteren Jahresverlauf die Reproduktion samenbildender Arten unterstützt. Generell sollte auf größeren Flächen immer nur partiell und zeitlich versetzt gemäht werden, um die hohe Strukturvielfalt der Fauna und Flora zu erhalten (SCHOKNECHT o.J.).

2.5.1 Mulchen

Im Gegensatz zur Mahd wird beim Mulchen die Biomasse nicht abgeschöpft, sondern stark zerkleinert und anschließend auf der bearbeiteten Fläche gleichmäßig verteilt und zurückgelassen. Beim Mulchen akkumuliert die Biomasse, wodurch wieder Nährstoffe eingetragen werden. Dies hat zur Folge, dass die gemulchten Flächen langsam überdüngen und dadurch Fettwiesen entstehen, die eine deutlich geringere Artenvielfalt aufweisen. Kritisch zu betrachten ist bei dieser Pflegemethode der häufige Einsatz von Kreiselmähern, der besonders die Fauna der Magerwiesen dezimiert (SCHOKNECHT o.J.).

2.5.2 Beweidung



Abbildung 4 Beweidung der Pertoldsdorfer-Heide durch Schafe, von MRKVICKA A. (2018)

Beweidet werden die Trocken- und Halbtrockenrasen vorwiegend von Huftieren und im Optimum von Ziegen und Schafen (vgl. Abb. 4), da diese im Gegensatz zu Rindern und Pferden geringere Ansprüche an die Futterqualität stellen. Dabei werden die eingesetzten Weidetiere üblicherweise in der Koppelhaltung auf die Weide geführt, um den Austrag von Nährstoffen entgegen zu wirken und um einer gezielte Abweidung nachzukommen. Die Auswirkungen der Beweidung sind zum einen der Verbiss und die Trittwirkung, zum anderen die Verbreitung der Samen und Früchte. So werden Klettfrüchte und Samen, die den Verdauungsweg der Tiere überstehen, über einen größeren Raum verteilt. Durch den selektiven Verbiss von bevorzugten Arten können sich Weideunkräuter verbreiten. Gemieden werden von den Tieren giftige, harte und schlechtschmeckende Pflanzen (SCHOKNECHT o.J.).

Bevorzugte Futterpflanzen hingegen werden schon nach geraumer Zeit abgeweidet, wodurch nur Arten mit einer hohen Regenerationsrate bestehen können. Problematisch an Standweiden ist der Vertritt durch die Weidetiere und deren Auswirkungen auf die Vegetationsschicht. Eine Beweidung über einen längeren Zeitraum kann zur Folge haben, dass sich vegetationsfreie Wegenetze und Sandsuhlen bilden, auch Trittrippeln sind an Hängen üblich. Durch die Tritte kann es zur Beschädigung der weichen Pflanzenteile kommen sowie zu einer Verdichtung oder Zerstörung der Bodenstruktur, was zu nachfolgenden Erosionsschäden durch Wasser und Wind führen kann. In speziellen Fällen können diese Auswirkungen auch Vorteile für gewisse Pflanzengesellschaften bringen. Besonders Pionierarten wie zum Beispiel das Silbergras profitieren von diesen Umstrukturierungen der Vegetationsdecke (SCHOKNECHT o.J.).

Um diesen Prozessen entgegenzuwirken und das gewünschte Pflegeziel zu erreichen, ist der Zeitpunkt und die Art der Hütetechnik essentiell. Der Zeitpunkt der Beweidung sollte an die zu fördernden Pflanzenarten angepasst werden. Hingegen ist auf die Beweidung von Gebieten mit seltenen Arten, während der Hauptvegetationsperiode zu verzichten. Pflanzen, die von den Tieren eher gemieden werden wie zum Beispiel Kieferngewächse (*Pinaceae*), Birkengewächse (*Betulaceae*) oder Goldruten (*Solidago*) setzen eine besonders geschickte Hütetechnik des Schäfers voraus. Eine wöchentliche Abweidung der Zielfläche und die ständige Beobachtung der Vegetationsentwicklung sind dabei unerlässlich, um diese Arten kontrolliert zu beweiden. Die notwendige Intensität der Beweidung variiert, bei demselben Biotoptypus, je nach standörtlichen Gegebenheiten und Anzahl der Tiere. Ein Richtwert liegt dabei zwischen 2-4 Tagen pro ha bei 500 Muttertieren (SCHOKNECHT o.J.).

2.5.3 Brennen

Diese Methode der Pflege übernimmt, unter stark kontrollierten Bedingungen, die Rolle und Auswirkungen des natürlichen Waldbrandes und ist in größeren Zeitabständen von 10-15 Jahren anzuwenden. Zeitpunkt und Häufigkeit dieser Methode, sowie die Temperatur und die Art der Legung des Feuers, bestimmen die Wirksamkeit der Brennung. Durch das Feuer entsteht eine Ausfuhr von Nährstoffen wodurch eine oligotrophe Standortamplitude entsteht. Diese Flächen werden vorwiegend von Arten mit Pioniercharakter besiedelt, wodurch zum Beispiel Zwergstrauchheiden gefördert und erhalten werden. Positiv an dieser Methode ist die niedrige Sterberate der Tierpopulation, der während eines kontrollierten Abbrennens genügend Zeit gegeben wird, um auf andere Gebiete auszuweichen. Auf größeren Flächen ist auch hier auf eine partielle Teilbearbeitung zu achten, um eine gezielte Etablierung der gewünschten Vegetation zu erhalten (MUHLE 1979).

3 Extensive Dachbegrünungen

Dachgärten und Dachbegrünungen wurden von den Menschen schon in frühen Kulturen kultiviert. Man verstand schnell, dass sie nicht nur die Raumqualität der Dachflächen verbesserten, sondern erkannte auch ihre isolierende und dämmende Wirkung. Mit immer tragfähigeren Dachaufbauten, stieg auch die Anzahl der Dachgärten aber erst die Wiederentdeckung von Verbundwerkstoffen eröffnete neue Möglichkeiten, großflächige Dachflächen zu begrünen (AHRENDT 2007).

3.1 Kurze Einführung in die Geschichte der Dachbegrünung

Aus historischer Sicht entstanden die ersten begrünten Gebäude und Terrassengärten im neuen Reich Ägyptens. Durch die einfachere Architektur aber auch durch den Mangel an neuer Baufläche entstanden viele mehrgeschoßige Gebäude mit Flachdächern. Die Dachfläche wurde nutzbar gemacht und diente als Erweiterung der Wohnfläche. Neben anderen Nutzungen entstanden auf den Dächern auch kleine Gärten mit Topfpflanzen. Herausragender war jedoch die Gestaltung der Prunkbauten. Tempelanlagen wurden häufig terrassiert, was zum Großteil der kultischen Bedeutung zu Grunde liegt. Bei den Ausgrabungen des Terrassentempels der Königin Hatschepsut in Deir-el-Bahari, fand man neben zwei, mit Papyrus bepflanzen Wasserbecken auch diverse Schächte zur Bewässerung und Düngung. Damit wurden die gepflanzten Bäume versorgt, von denen erhaltene Samen gefunden wurden (AHRENDT 2007). Ähnlich wie im Ägyptischen Reich entstanden auch in Mesopotamien durch die klimatisch begünstigte Bauweise, viele Flachdächer und in weiterer Folge Dachterrassen. Aus historisch-literarischen Quellen gehen auch die Gartenanlagen auf den terrassierten unterbauten der Paläste hervor. Die als „Hängende Gärten“ bekannte Anlage, entstand durch den großen Wunsch der Frau von König Nebukadnezar dem II. nach den heimatischen Wäldern. Er ließ einige Bäume und Stauden rund um den Palast pflanzen jedoch ist unbekannt wie die Anlage tatsächlich ausgesehen haben könnte (AHRENDT 2007).

Die Dachgartenkultivierung ist auch in späteren Zeitepochen häufig zu finden. Dank der weit vorgeschrittenen Zivilisationsentwicklung zu den Zeiten der Römer, entstanden im alten Rom zahlreiche Dachgärten. Die Häuser der Bürger aber auch die Villen der Oberschicht wurden mit sogenannten horti pensiles oder solaria ausgestattet. Die Römer verstanden sich in der Garten- und Dachgartenkunst soweit, dass sie Nutzpflanzen wie Weinstöcke, Obstbäume und diverse Kräuter in Gewächshäusern auch während der kalten Monate kultivieren konnten. Neben der Nutzfunktion hatten die Dachgärten auch oft eine repräsentative Funktion (AHRENDT 2007).

Im frühen Mittelalter erkannte man, dass so genannte „Grasdächer“ eine isolierende Wirkung auf die Innenräume der Gebäude hatten. Diese Form der Dachdeckung fand man vorwiegend in nördlichen Ländern. Grassoden waren kostengünstig und stand leicht und für alle zur Verfügung. Für die Grasdächer wurden die Grassoden aus dem Boden ausgestochen, in zwei bis drei Schichten auf dem Dach aufgelegt und mit Steinen oder Holzbalken fixiert. Zusätzlich wurde das Dach noch verstärkt und mit Holzlatten abgedichtet, da die Grassoden nicht ganz wasserdicht waren und im gesättigten Zustand ein Gewicht von 200 kg pro m² haben konnten (AHRENDT 2007).

Zu den Zeiten der Renaissance entwickelte sich eine große Sympathie gegenüber Gartentypologien aus antiken Epochen. Die hängenden Gärten wurden übernommen und weiterentwickelt. Das Streben, die Natur dem Menschen unterzuordnen, implizierte einen gewissen Bildungsgrad jener Menschen, deren Gärten von der humanistischen Geisteshaltung beeinflusst waren. Die Anlagen wurden meist dem Schema des Islamistisch-Paradiesischem nachempfunden und typischer Weise viergeteilt, mit einem Wasserspiel im Zentrum. Als Bauwerke mit Dachbegrünungen sind hierbei jene zu bezeichnen, deren Aufbauten über offenen Terrassen errichtet wurden (AHRENDT 2007). Neben den ähnlich aufgebauten Terrassengärten im Barock, standen vermehrt auch Dächer als Treffpunkt für Festivitäten im Interesse der Besitzer. Sie wurden mit diversen Kräutern und Stauden in Kübeln sowie Zitronen- und Orangenbäumen ausgestaltet. Darüber hinaus fanden Dachflächen auch ihre Verwendung als Nutzgärten oder Gärten mit intemem Charakter, die als Rückzugsort fungierten (AHRENDT 2007). Im Klassizismus gab es eine Vielzahl an bautechnischen und materiellen Entwicklungen, die auch den Aufbau von Dachgärten beeinflusste. Dachkonstruktionen, die mit Lohe und Lehm erbaut wurden, brachten bessere Isolationseigenschaften gegen Feuchtigkeit mit sich. Zusätzlich isolierte Teerpapier die Dächer ab, die mit Sand und Grassoden ausgelegt wurden. Auf Grund der schweren Aufbauten waren die Gründächer sowohl auf herrschaftlichen Gebäuden als auch auf Wohnhäusern eine Seltenheit (AHRENDT 2007).

Mit der Wiederentdeckung des Verbundwerkstoffes Eisenbeton, war es möglich die Traglasten der Dächer um ein Vielfaches zu erhöhen. Jedoch gab es wenige Pioniere, die die Vorzüge und die positiven Eigenschaften begrünter Dächer zu nutzen wussten und sich traute, diese auch über größere Dachflächen zu etablieren.

3.2 Extensive Gründächer nach heutigen Standards

Wie in fast allen Teilen der Erde sind auch in Österreich die Zeichen des Klimawandels zu spüren und die Temperaturen sind im Vergleich zum Jahr 1980 um 2°C gestiegen. In diesen Zeiten spielen multifunktionelle Grünflächen, die durch das Regenwasserrückhaltepotential zur Minderung des Hitzeeffekts beitragen und darüber hinaus die Biodiversität fördern, eine wichtige Rolle (BRUNE et.al. 2017).

Durch die immer schneller wachsenden Städte, steigt der prozentuelle Anteil an versiegelten Flächen. Niederschlagswasser wird schnell abgeleitet und kann nicht mehr vor Ort verdunstet werden, um die Lufttemperatur zu reduzieren. Zusätzlich speichern diverse Oberflächen der Bauten und Freiräume die Sonnenstrahlung und geben sie nur langsam wieder an ihre Umgebung ab, wodurch sich das Stadtklima zusätzlich erwärmt. Ausgleichsflächen in Form von Dach- oder Fassadenbegrünungen sind daher von immer größerer Bedeutung neben der nachhaltigen Gestaltung von Freiflächen im urbanen Raum.

Wie im Kapitel 4.1 erläutert, erkannte man sehr früh die positiven Effekte von Dachbegrünungen und nach wie vor haben diese neben ihrem ökologischen Ausgleichspotential auch einen positiven Effekt auf die Lebensqualität der Menschen in den Städten. Laut der Analyse des Dachbegrünungspotentials Wien von bringen 20 % (1.068,4) aller Dachflächen in Wien die notwendige Voraussetzung für eine potenzielle Begrünung mit sich (VALI 2011). Aus den diversen Grundlagendaten der MA 22 wurden jene Dächer herausgefiltert, die eine Neigung von 0-5° aufweisen und somit problemlos begrünt werden könnten. Nicht berücksichtigt wurden dabei, bautechnische Hintergründe wie Statik und Tragfähigkeit der Dachaufbauten (VALI 2011). Aus der Erhebung entwickelte sich ein Gründachpotenzialkataster bei dem die Interessenten über eine Karte, Informationen bezüglich der Neigung ihres Daches und dem daraus resultierenden Potenzial zur Begrünung, erhalten. Seitens der Stadt Wien besteht ein großes Engagement hinsichtlich der Aufklärung und Förderung über die Etablierung von Gründächern. So wurde 2003 die direkte Förderung für Dachbegrünungen geltend gemacht. Jedoch wird diese Position bei Wettbewerben oder neuen Bauprojekten oftmals außen vorgelassen und kaum berücksichtigt. Laut (ERLACH MA 22 2012) ist dies zum Teil auf den niedrigen Förderungsbetrag zurückzuführen, der je nach Mächtigkeit des Substrates zwischen 5 € und 25 € pro Quadratmeter liegt und maximal bis zu 2.200 € betragen kann. Daher beschränkt sich die Attraktivität dieser Förderung auf Einfamilienhausbesitzer oder Reihenhausanlagen und ähnliches.

3.2.1 Standortbedingungen auf Gründächern (Exkurs in die Stadtklimatologie)

Gründächer sind in den meisten Fällen an sehr exponierten Standorten vorzufinden, an denen extreme Umweltfaktoren auf sie einwirken. Grundsätzlich besteht der Unterschied zwischen Dachbegrünungen und gründigen Böden in der Tatsache, dass erstere aus einer dünnen Substratschicht bestehen, die keine Verbindung zu tieferen Erdschichten besitzen. In Trockenperioden kommt es daher immer wieder zu hohen Temperaturen von bis zu 60° C über der Substratoberfläche und dementsprechend auch im Substrat selbst. Zusätzlich wirken extreme Strahlungswerte und starke Winde auf die Flächen ein, was eine hohe Verdunstungsrate zur Folge hat (BRENNEISEN 2003).

Exkurs in die Stadtklimatologie und ihre Herausforderungen für die Flora

Im gesamten Stadtökosystem wirkt sich die Stadtklimatologie als autonomer Wirkungskomplex auf alle übrigen abiotischen und biotischen Faktoren aus (LESER 2008). Tendenziell erhöht sich die Temperatur vom Stadtrand hin bis zum Kern und auf großen versiegelten Flächen wie Parkplätze und Industriegebieten (BRANDENBURG et al. 2015). Die stark voneinander abweichenden Temperaturschwankungen innerhalb der Stadt bilden eine komplexe Klimastruktur. LESER (2008, 101) beschreibt dies in der Definition zum Stadtklima wie folgt: „Das Stadtklima weicht vom Makroklima durch ein anderes Strahlungsverhalten und ein anderes Windfeld ab. Es ist ein mesoskalig betrachtetes *anthropogenes Klima* mit einem eigenständigen, stadttypischen Wärmehaushalt, der nicht nur von der Einstrahlung, sondern auch von der Wärmeproduktion der Stadt bestimmt ist und eine vor allem *oberirdische* Wärmeinsel bildet.“ Durch die verschiedenen Faktoren entsteht ein Mosaik an mikroklimatischen Arealen.

Einer der primären Problematiken ist, neben der steigenden Abgas- und Feinstaubbelastung durch Kraftfahrzeuge, der hohe Grad an versiegelten Flächen. Immer mehr Menschen bevölkern die urbanen Räume, Städte wachsen und somit auch die wasserundurchlässigen Oberflächen. Niederschlagswasser wird schnellstmöglich abgeleitet und steht für nachfolgende Hitzeperioden nicht mehr zur Verfügung. Dabei spielen feuchtespeichernde Böden eine essenzielle Rolle bei der Kühlung der Luft in dem sie einfallende Strahlungsenergie durch Evaporation umwandeln. Strahlungsabsorbierende Oberflächen, die oft höhere Temperaturen aufweisen als die Umgebungsluft selbst, erwärmen diese zusätzlich. Kühlende Winde, die der Erwärmung entgegenwirken würden, können zum Teil durch die dichte und hohe Bebauung nicht mehr in alle Freiräume vordringen. Es entstehen Wärmeinseln, die besonders für die Fauna und Flora eine große Herausforderung darstellen (BRANDENBURG et al. 2015).

Prognosen für die zukünftige Klimaentwicklung der Stadt Wien wurden anhand eines Stadtklimamodells (MUKLIMO_3) mit Hilfe von diversen Messstationen und Messkampagnen erstellt. Ergebnisse der modellierten Szenarien, die sich auf Treibhausgasemissionswerte und die damit in Verbindung stehende, wachsende Bevölkerung stützen, ergeben für die Zukunft einen Anstieg der Tage im Jahr, bei denen die Temperatur über 25 Grad liegt. Das Stadtentwicklungsprogramm 2025 der Stadt Wien sieht vor, dass der Klimaschutz zu einem wesentlichen Bestandteil in der Stadtplanung werden muss. Dieser sollte schon in den ersten Stadien der Planung berücksichtigt werden und hat konkret eine nachhaltige und positive Gestaltung von Grün- und Freiräumen, Neupflanzung von Bäumen und die Verbindung der Grüngürtel sowie die den Ausbau weiter Fassaden- und Dachbegrünungen zum Ziel (BRANDENBURG et al. 2015).

3.2.2 Regelaufbau eines extensiven Gründaches

Ausschlaggebend für die Errichtung eines extensiven Gründaches ist der Aufbau der Dachkonstruktion. Die Neigung des Daches beeinflusst den Aufbau eines Gründaches erheblich. So sind begrünte Dächer, die einen Neigungswinkel von mehr als 10 % aufweisen, mit speziellen Konstruktionen zur Abrutschsicherung auszustatten. Hingegen ist bei Flachdächern auf eine optimale Entwässerung durch die Drainageschicht zu achten. Neben der Neigung spielt auch die Dachbauweise eine Rolle. Warmdächer eignen sich am ehesten für ein extensives Gründach. Durch die unterschiedlichen Substratzusammensetzungen, die auch die maximalen Lastennahmen der Dächer berücksichtigen, kann ein optimaler Aufbau des Gründaches erfolgen. Bei Dächern mit einer geringen Traglast kommen entweder reduzierte Extensivbegrünungen mit einem Gewicht von 40-160 kg/m² oder herkömmliche Extensivbegrünungen mit einer Lastennahme von <160 kg/m² zum Einsatz (BRUNE et.al. 2017).

Wie in der Abbildung 5 zu sehen ist, besteht der Aufbau eines extensiven Gründaches in der Regel, neben der Vegetationsschicht aus fünf weiteren Schichten. Über den Baukörper wird eine wurzelfeste Abdichtung ausgebracht, über die im Anschluss ein Schutzvlies verlegt wird. Um eine gute Entwässerung gewährleisten zu können, ist eine funktionierende Drainageschicht unerlässlich. Durch leichte Materialien wie Kunststoff oder Blähton, kann an Gewicht eingespart werden. Das darüber liegende Filtervlies verhindert ein Ausschwemmen der Vegetationstragschicht, die bei extensiven Gründächern zwischen 8 cm und 25 cm betragen kann. Je nach Traglast des Daches, ist die optimale Zusammensetzung des Substrats zu wählen.

Geringe Traglasten mit Einschichtbauweisen setzen Substrate voraus, die durch ihre Zusammensetzung aus Lava, Bims, Blähton, Ziegelsplitt und Humus ein möglichst geringes Eigengewicht aufweisen und gleichzeitig alle Funktionen eines mehrschichtigen Aufbaus mitbringen. Bei Dächern mit einer höheren Traglast, kann auf den mehrschichtigen Aufbau ein Substrat mit denselben Hauptbestandteilen jedoch mit einem höheren Humusanteil ausgebracht werden (BRUNE et.al. 2017).

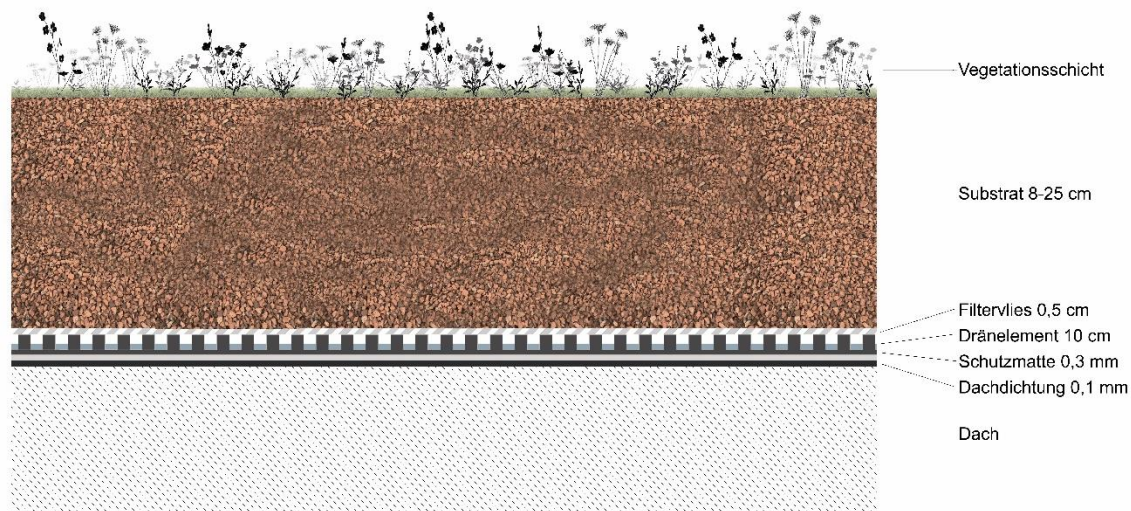


Abbildung 5 Regelaufbau eines extensiven Gründachs, NUSSER C. (2018)

3.3 Dachbegrünungen und ihre Vorteile

Neben dem hohen ökologischen Stellenwert und der Lebensqualitätssteigerung für die Menschen, haben Dachbegrünungen noch weitere positive Eigenschaften: Rückhalt und Reinigung von Niederschlagswasser, Verbesserung der Lebensdauer von Dächern, Schadstofffilter, Wärme- und Kälte-dämmende Eigenschaften sowie der Einfluss auf die Stadtklimatologie (BRUNE et.al. 2017). In den nachfolgenden Unterpunkten werden die Vorteile von Gründächern aufgezeigt.

3.3.1 Verbesserung der Luft- und Lebensqualität durch extensive Gründächer

Die Minderung der Luftschadstoffe spielt in den Großstädten eine immer wesentlichere Rolle. Pflanzen können dabei einen wesentlichen Beitrag leisten können. Durch die trockene Deposition von Schadstoffen in der Luft, schaffen es Pflanzen die Luftqualität zu verbessern. Begrünte Dächer und Fassaden tragen, neben anderen Grünstrukturen, zur Reduktion von Schadstoffen wie Ammoniumstickstoff, Nitrat und CO₂ bei. Besonders Moose spielen dabei, durch ihre große Oberflächenstruktur eine essenzielle Rolle (BRUNE et.al. 2017).

3.3.2 Retentionsleistung und Wasserreinigung durch extensive Gründächer

Die tatsächliche Speicherkapazität von extensiven Gründächern ist abhängig von mehreren Faktoren. Die Neigung des Daches, der Schichtaufbau sowie die Zusammensetzung des Substrates und die regionalen Niederschlagsverhältnisse beeinflussen die Retentionsleistung von extensiven Gründächern. Das Niederschlagswasser wird durch die Vegetationsschicht gespeichert und versetzt abgegeben. So hat ein extensives Gründach mit einem 10-15 cm hohen Aufbau und einer Sedum-Kräuter-Gräserbegrünung, im Jahresmittel, einen Wasserrückhalt von 55 %. Das Niederschlagswasser wird durch die Speicherkapazität zum Teil versetzt abgegeben und entlastet somit die Abflussleitungen. Mit einer Verzögerung von bis zu 20 Minuten, bietet eine Dachbegrünung erhebliche Vorteile gegenüber unbegrüntem Dächern, deren maximale Abflussrate unmittelbar gegen Ende eines Regenereignisses stattfindet. Zusätzlich wird ein Teil des Regenwassers, durch die Transpiration der Vegetation in den natürlichen Wasserkreislauf zurückgeführt (SCHÄFER et.al. o.J.).

Ein weiterer positiver Effekt ist die filtrierende Wirkung von Schadstoffen durch das Substrat. Schadstoffe, die sich ablagern, werden bei versiegelten Dächern durch Regenereignisse weggespült und belasten zusätzlich die Klärwerke. Gründächer haben durch das Substrat zum einen eine filtrierende Wirkung und andererseits werden diese Schadstoffe durch die Vegetation abgebaut. Stoffe wie Cadmium, Kupfer, Blei und Stickstoff werden bis zu 90% von den Pflanzen aus dem Niederschlagswasser gefiltert. Somit kann anfallendes Regenwasser problemlos in Versickerungsanlagen dem Grundwasser zugeführt oder als Nutzwasser für die Toilettenspülung verwendet werden (BRUNE et.al. 2017).

3.3.3 Ökologisches Ausgleichspotential von extensiven Gründächern

Durch den hohen Grad an versiegelten Flächen in den urbanen Räumen, ist es für viele Tier- und Pflanzenarten kaum möglich in städtischen Lebensräumen zu überleben. Daher bilden Gründächer wichtige Ersatzlebensräume und tragen zur Verbesserung der urbanen Biodiversität bei (BRUNE et.al. 2017). Dabei gilt wie in der Inselökologie, je höher die Anzahl der ökologisch wertvollen Gründächer, desto höher ist die Biodiversität und der Austausch zwischen Tieren und Pflanzen, die diese Lebensräume besiedeln. Zwar ist der Artenreichtum nicht so vielfältig wie in den komplexen Ökosystemen der Natur, dennoch besteht durch die Wahl des Dachaufbaus und der Zusammensetzung der Pflanzenarten die Möglichkeit das Potenzial von Gründächern auszuschöpfen. Dieser Aspekt wird in Zeiten der rückschreitenden Masse an Biodiversität fortschreitend essenzieller. Daher sollte zur Förderung der Artenvielfalt auf monokulturelle Sedum-Teppiche verzichtet werden, um an ihrer Stelle artenreiche Gründächer zu etablieren. Als Alternative zu den Gründächern mit Sedumarten gedeihen, bei einer ausreichenden Mächtigkeit der Substratschicht, diverse Arten aus den Xerothermen- und Trockenrasengesellschaften (ENGEL 2017).

Durch die Anpassung an ein trockenes und heißes Klima, sowie flachgründige und nährstoffarme Böden bringen die meist skleromorphen Pflanzen, also Arten die krautig bis verholzt sind und nur wenige Blattöffnungen besitzen, ideale Eigenschaften für das Bestehen auf Gründächern mit (ELLENBERG 1996).

3.3.3.1 Schaffung von Mikrohabitaten durch Strukturen und unterschiedliche Materialien

Um den verschiedenen Arten nach einschneidenden Vorkommnissen die Möglichkeit zur Neubesiedelung zu geben, ist es von Vorteil, wenn unterschiedliche Strukturen und Materialien mit hoher Wasserspeicherkapazität wie Ziegelsplitt auf der Dachfläche geschaffen werden. Die Mikrohabitate bieten den Pflanzen Rückzugsorte, an denen einzelne Individuen extreme Trocken- oder Kälteperioden überstehen können. Nicht nur die Flora profitiert von diesen Mikrohabitaten sondern auch Kleinstlebewesen bis hin zu Vögeln finden zwischen diesen Strukturen Schutz oder nützen sie auf andere Weise. So dienen vegetationsfreie Flächen aus sandig, lehmigen Boden vielen Insekten als Brutstätte oder Sonnenplätze. Jäger wie die Wolfsspinne bevorzugen hingegen klein-kiesige Bereiche zur Nahrungsbeschaffung. Totholz als Struktur bilden eine wahre Oase des Lebens auf diesen sonst sehr extremen Standorten. Nicht nur Insekten finden sichere Verstecke und können so die Hitze der heißen Tage überdauern, auch Moose und Flechten aber auch Pilze profitieren von den abgestorbenen Ästen. In den Sommermonaten entsteht um die schattenspendenden Gebilde ein kühleres Mikroklima, das es der Fauna und Flora ermöglicht, sich an diesen Orten zurück zu ziehen. In den milderen Monaten des Jahres hingegen erwärmt sich das Holz schneller als der Boden und bietet so den Insekten einen Ort, um sich zu wärmen. Der Effekt der mikroklimatischen Diversität kann darüber hinaus auch durch die Modulation des Substrates geschaffen werden. Die Bereiche mit einer Substrathöhe von 20 cm ermöglichen es Pflanzen und Insekten in schwierigen Monaten sich zurück zu ziehen. Essenziell für eine vielfältige Biodiversität auf Gründächern spielen temporäre Wasserflächen. Sie schaffen ein feucht-kühles Mikroklima und stellen für Vögel und Insekten Regenwasser über einen längeren Zeitraum zur Verfügung (ENGEL 2017).

4 Standortbeschreibung und Versuchshintergrund

Das Projektgebiet befindet sich im 7. Wiener Gemeindebezirk (1070, Neubau) am Areal des Gymnasiums und Realgymnasiums 7, in der Kandlgasse 39 (vgl. Abb.6). Umgebende Grünflächen sind der Urban-Loritz-Platz sowie die begrünte Terrasse der KANTAR TNS Info Research Austria Institut für Markt- und Meinungsforschung Gesellschaft m.b.H. Öffentlich angebunden ist die Schule an der U6-Station Burggasse und an der Straßenbahnlinie 49, Urban-Loritz-Platz. Es handelt sich um eine extensive Dachbegrünung auf der Dachfläche des zugehörigen Turnsaals. Im Zuge des von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft geförderten Forschungsprojektes GrünPlusSchule entstanden am GRG7 in Wien mehrere Versuchsflächen, die mit unterschiedlichen Messtechniken ausgestattet und in weiterer Folge ökologisch bewertet wurden. Untersuchungsschwerpunkte waren einerseits Kombinationen aus Photovoltaikanlagen und unterschiedlichen Gebäudebegrünungs-Systemen mit diversen Pflanzenarten, andererseits wurde die Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Dachbegrünungen und die Auswirkungen durch Strukturen auf diese untersucht (KORJENIC A. 2018).

Zugang hat lediglich Personal der Universität für Bodenkultur Wien sowie von der Technischen Universität Wien und Beauftragte, die Kontrollgänge und Pflegemaßnahmen durchführen. Erreichbar ist das Gründach über ein Fenster im Physiksaal, der sich im zweiten Stock befindet. Der Turnsaal grenzt im Süden an das benachbarte Haus an und wird von diesem während der Mittagsstunden zu knapp 1/3 beschattet. Übertagt wird das Schuldach darüber hinaus vom Wohnhaus in westlicher Lage.



Abbildung 6 Satellitenbild des Projektgebietes aus Google Maps (03.02.2018)

4.1 Abiotische Faktoren

4.1.1 Klima

Das Klima auf dem untersuchten Gründach unterliegt den klimatischen Einflüssen der Stadt. Wie in Kapitel 3 beschrieben wird, herrschen durch verschiedene Einflussfaktoren in urbanen Gebieten generell höhere Temperaturen als vergleichsweise im ruralen Raum. Zusätzlich entsteht durch die exponierte Lage, in den Sommermonaten ein ähnliches Klima wie in Habitaten von Trocken- und Halbtrockenrasengesellschaften.

Die Aufzeichnungen über Temperatur und Niederschlag der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) über das Jahr 2017 zeigen, dass auch in diesem Jahr einige Extremwetterlagen aufgetreten sind. Diese hatten in weiterer Folge auch Einflüsse auf die Entwicklung der Vegetation. In der Grafik (vgl. Diag. 1) der ZAMG zum Klimamonitoring wird der langjährige Mittelwert sowie das bisherige Minimum und Maximum der Temperaturen mit grauen Linien dargestellt. Temperaturen des aktuellen Jahres werden farbig dargestellt. Dabei unterscheiden sich warm und kalt durch die Farben, Rot und Blau. Diese sind jeweils in drei Farbtöne gegliedert und beschreiben je dunkler die Farbnuance wird, ein Maximum oder Minimum der Temperatur. Der Mittelwert des Jahres liegt bei 12,2 °C und speziell in den Sommermonaten, in denen die Anwuchspflge stattfand, lag der Mittelwert bei 22,8 °C. Generell ist zu sagen, dass die Monate zwischen Mai und August viele Sonnenstunden und längere Trockenperioden aufweisen. Dies ist auch an den geringen Niederschlagsmengen in Diagramm 2 zu sehen (ZAMG Klimamonitoring 06.04.2018).

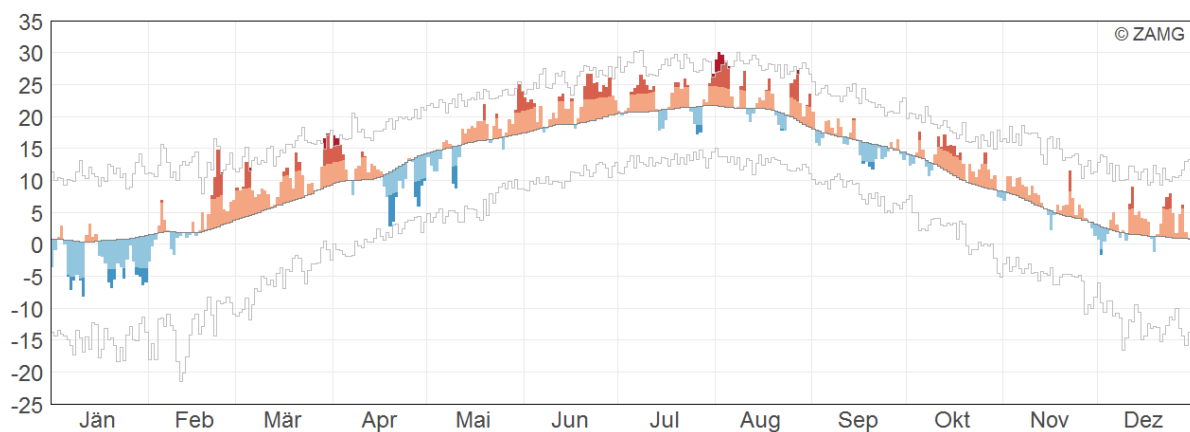


Diagramm 1 Mittelwerte der Lufttemperatur für 2017. Klimamonitoring ZAMG (06.04.2018)

Ebenso werden von der ZAMG, Daten und Informationen zum Niederschlag des gewünschten Zeitpunktes zur Verfügung gestellt (vgl. Diag. 2). Wie bei den Grafiken zum Verlauf der Temperatur wird auch hier das durchschnittliche Mittel sowie das langjährige Minimum und Maximum durch die grauen Linien gekennzeichnet. Defizite werden durch gelbe bis rote Farben dargestellt und Überschüsse mit blauen Farbtönen. Die Zahlen an der y-Achse beschreiben Niederschlagssumme eines Tages in Millimeter. ZAMG Klimamonitoring (06.04.2018)

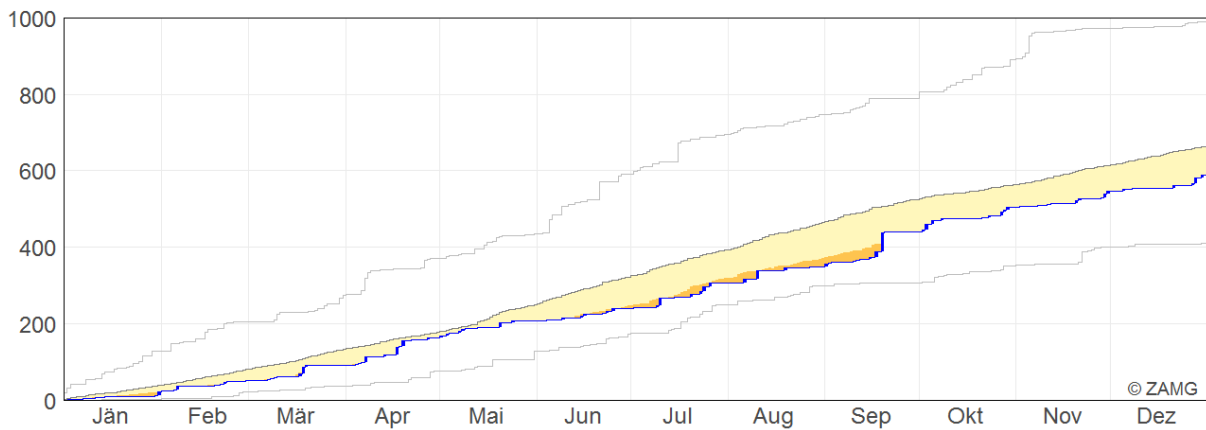


Diagramm 2 Mittelwerte des Niederschlags für 2017. Klimamonitoring ZAMG (06.04.2018)

4.1.2 Boden

Auf Grund der geringen Tragfähigkeit des Daches wurde ein Extensiv-Einschichtsubstrat ausgebracht. Das Substrat kombiniert durch seine Zusammensetzung die Vegetationstragschicht mit der Dränschicht und setzt sich zusammen aus Blähton, Lava, Blähschiefer, Bims, Ziegelsplit, Porlith und Komposterde (OPTIGRÜN 2018).

4.1.3 Licht

Knapp 1/3 der gesamten Dachfläche wird, über den Tagesverlauf vom südlich angrenzenden Nachbarhaus beschattet (vgl. Abb. 7). Die restliche Fläche ist tagsüber der vollen Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Ausgewählten Arten finden in dieser Hinsicht ähnliche Lebensbedingungen wie in pannonischen Lebensräumen vor.



Abbildung 7 Schattenwurf auf dem Turnsaaldach des GRG7 durch das benachbarte Haus, von Zluwa I. (11.09.2018)

4.1.4 Wasser

Trotz der hohen Wasserspeicherkapazität des Substrates von ca. 20% des eigenen Volumens OPTIGRÜN (2018), wurde gespeichertes Niederschlagswasser an manchen Stellen, an denen die Mächtigkeit des Substrates sehr gering war und sich dadurch der Boden stark erwärmte, rasch wieder verdunstet.

4.1.5 Chemische Faktoren

Der pH-Wert des Substrates liegt zwischen 6,0-8,5 und befindet sich somit im neutralen Bereich (OPTIGRÜN 2018).

4.1.6 Mechanische Faktoren

Die Dachfläche ist stärkeren Winden kaum ausgesetzt, da die umgebenden Gebäude Schutz bieten. Dennoch könnten Winde, nach der Aussaat dazu geführt haben, dass einige Samen vertragen wurden. In den trockenen Sommermonaten tragen Winde dazu bei, dass die Pflanzen, die ohnehin schon unter einem Trockenstress leiden, zusätzlich ausgetrocknet werden.

4.2 Biotische Faktoren

Biotische Faktoren sind jene an denen Lebewesen unmittelbar beteiligt sind und sich untereinander beeinflussen. In Bezug auf die Pflanzen beschreibt DIERSCHKE (1994, 34) diese endogenen Faktoren wie folgt: *“Die entscheidende (zweite) Auslese der Pflanzen einer Pflanzengesellschaft geschieht durch die Wechselwirkung zwischen den Individuen eines Bestandes selbst (biotische Faktoren).”*

Bezogen auf das untersuchte Gründach, bildet dieses durch seine exponierte Lage ein isoliertes Inselbiotop, in dem kaum biotische Faktoren auf die Pflanzen einwirken. Lediglich die Konkurrenz zwischen den verschiedenen Arten, trägt neben den abiotischen Faktoren zur Gestalt des komplexen Pflanzenmosaiks bei.

4.2.1 Konkurrenz

Die Konkurrenz zwischen Pflanzen besteht aus dem Wettstreit zwischen den Partnern um die lebensnotwendigen Ressourcen wie Wasser, Raum, Nährstoffe und Licht. Die Verdrängung einer Art ist erkennbar durch die Dominanz einer oder mehrerer Arten. Durch den Entzug der Lebensgrundlagen schwächen die stärkeren Partner die benachteiligten Konkurrenten. Solange die exogenen- also abiotischen- Faktoren sich allerdings nicht ändern, besteht eine Balance zwischen den Arten einer Pflanzengesellschaft und positive Wirkungsprozesse überwiegen meist, um das Überleben aller zu sichern. Generell kann zwischen intraspezifischer- und interspezifischer Konkurrenz unterschieden werden. Erstere bezieht sich auf den innerartlichen Wettbewerb. Die natürliche Auslese begünstigt jene Individuen, die kräftiger und, oder angepasster sind. Wo hingegen sich die zweite Form auf die Konkurrenz zwischen den Arten bezieht. Die Lebensansprüche sind zwischen den verschiedenen Arten so unterschiedlich, dass eine Koexistenz möglich ist. Darüber hinaus wird in der Konkurrenzbetrachtung zwischen Sprosskonkurrenz und Wurzelkonkurrenz unterschieden. Der oberirdische Wettstreit bezieht sich im Wesentlichen auf das Licht und den Raum, den die Arten zum Leben brauchen. Der Konkurrenzkampf im Erdreich ist hingegen komplexer. So werden beim Kampf ums Wasser und um die Nährstoffe, Wurzelsysteme ausgebildet, die bei manchen Arten weitreichend ausgebildet werden (DIERSCHKE 1994).

5 Dachaufbau und Substratzusammensetzung

Im Zeitraum zwischen dem 23.05.2016 - 24.05.2016 fand der Aufbau des Gründaches, auf dem Turnsaal der GRG7 statt. Die Dachfläche wurde besenrein für den Schichtaufbau eines extensiven Gründaches vorbereitet. Die Absturzsicherung wurde unterbrochen für einen Lastenaufzug, der es ermöglichte, diverse Kleinteile wie Steine, Hölzer oder gefüllte Schubkarren auf das Dach zu befördern (vgl. Abb. 8). Daneben errichtete man ein Baugerüst, welches den Aufstieg auf das Dach ermöglichte, ohne den Aufzug in Anspruch zu nehmen.



Abbildung 8 Aufbauarbeiten des Gründaches am GRG7, Wien von Zluwa I. (23.-24.05.2016)

Das verlegte Schutzvlies schützt die Dachabdichtung, die wiederum wurzelfest ist und die Dachhaut vor Schäden bewahrt. Die darüber verlegte Drainageschicht speichert Wasser, sorgt für eine Durchlüftung des Wurzelraumes und leitet überschüssiges Regenwasser ab. Zum Rückhalt von ausgeschwemmten Feinanteilen des Substrates kam ein Filtervlies mit der Stärke von 1 cm zum Einsatz. Die Anlieferung und Ausbringung des Substrates wurde mit einem Silozug ausgeführt. 16 m³ Substrat wurden auf einer Fläche von 202,8 m² verteilt. Dazu kam ein Feuerschutzstreifen mit einer durchschnittlichen Breite von 1 m. Hierfür wurden ca. 7 m³ Schotter ausgebracht. Ein schematischer Aufbau der Dachbegrünung wird in Abbildung 9 gezeigt.

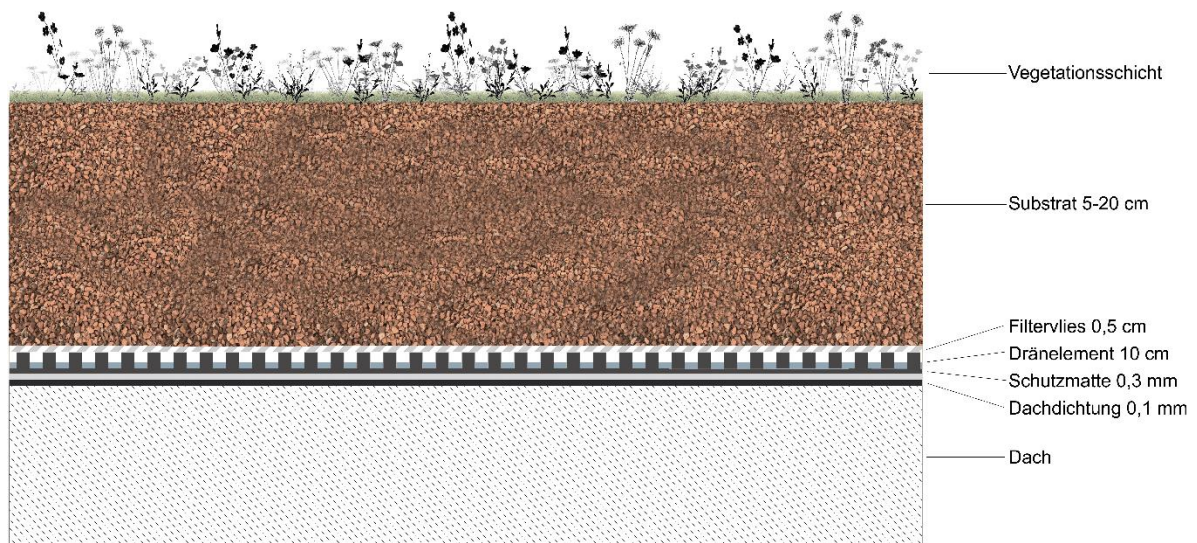


Abbildung 9 Dachaufbau mit Leichtsubstrat am Dach des GRG 7

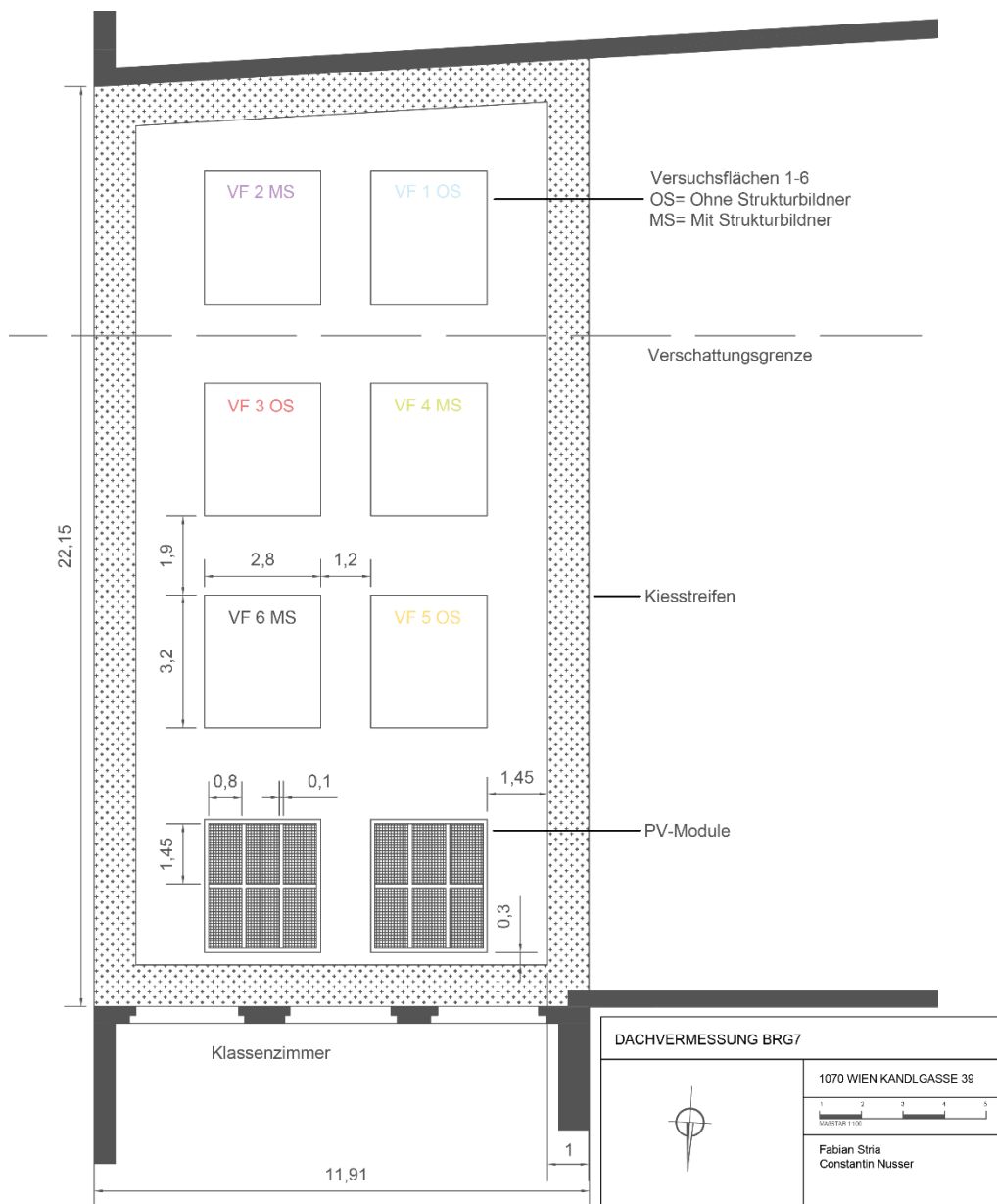


Abbildung 10 Grundriss, Dach des GRG7 mit Einteilung der Versuchsflächen und Photovoltaikanlagen

Die Ausrichtung und Einteilung der zu untersuchenden Flächen entschied sich durch die Faktoren: Substratverteilung, Sonneneinstrahlung und Beschattung durch umliegende Gebäude, gleichmäßige Verteilung sowie die Größe der Versuchsflächen um nachfolgende Aufnahmen zu erleichtern. Geplant wurden 6 gleich große Flächen (vgl. Abb 10, 11), mit den Maßen: 3,2 x 2,4 m, welche sich aufgliedern in:

- drei Versuchsflächen ohne spezielle Ausgestaltung (VF 1 OS, VF 3 OS, VF 5 OS)
- drei Flächen mit unterschiedlichen Strukturen (VF 2 MS, VF 4 MS, VF 6 MS)

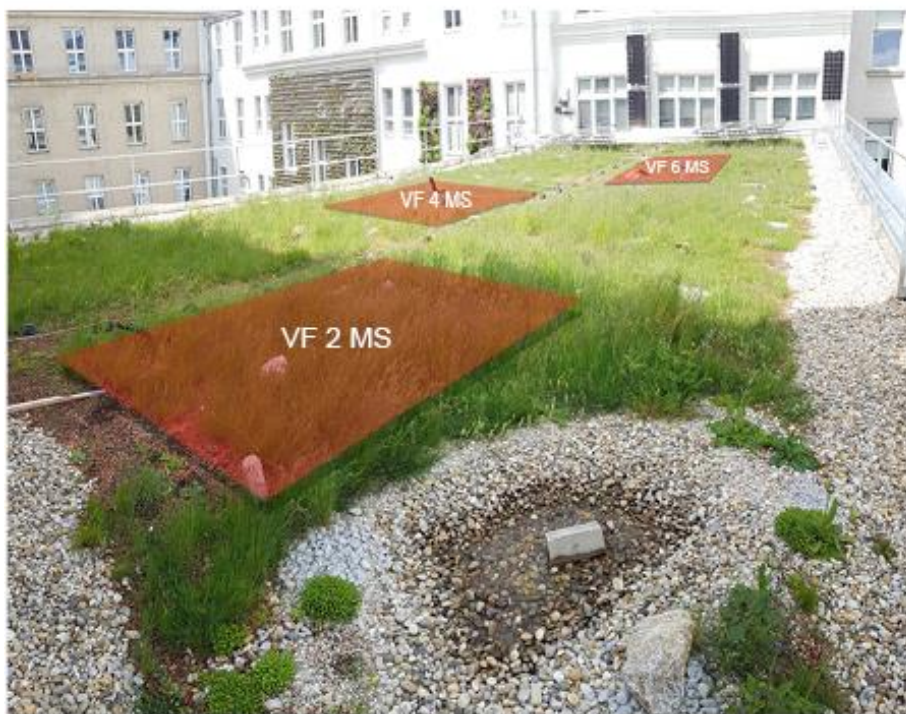


Abbildung 11 Dach des GRG7 OBEN Flächen ohne Strukturbildner UNTEN Flächen mit Strukturbildner (08.05.2017)

5.1 Substratverteilung

Die nachfolgende Abbildung 12, zeigt die unterschiedliche Verteilung des Substrates auf der Dachfläche. Die Höhen wurden punktuell, mit einem Zollstab aufgenommen und als Höhenkoten dargestellt. Es zeigt sich, dass die Substratverteilung im nördlichen Bereich des Daches wesentlich geringer ist als im südlichen Teil. Das hat Auswirkungen auf die Wasserspeicherkapazität der Tragschicht und in weiterer Folge auf die Vegetation.

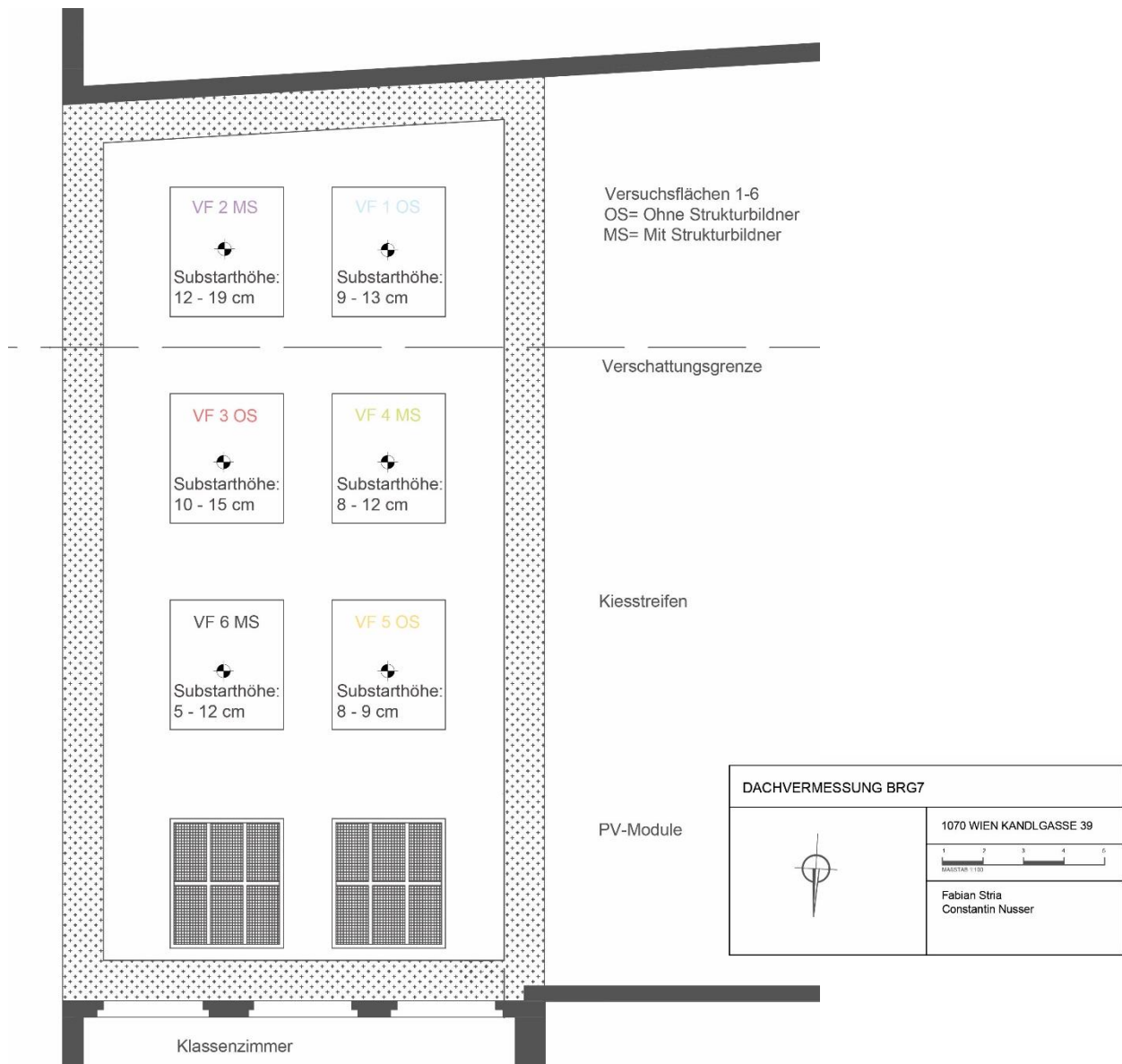


Abbildung 12 Höhenschichtung des Substrates auf dem extensiven Gründach des GRG7 Wien

5.2 Auswahl unterschiedlicher Strukturen

Die Strukturen umfassen größere Steine, Holzstämme und Baumstümpfe, alte Dachziegel, Schotter- und Kiesflächen sowie die Modellierung des vorhandenen Substrates, zu kleinen Hügeln und Tälern (vgl. Abb. 13). Zusätzlich wurde noch eine temporäre Wasserstelle errichtet, die sich außerhalb der Versuchsflächen befindet. Wie im Kapitel 2.2.2 (Mikroklima) erwähnt, unterliegt jede Pflanze, mikroklimatischen Einflüssen durch sich selbst und dem Schattenwurf anderer Pflanzen oder Strukturen. Diese kleinklimatischen Veränderungen und deren Auswirkungen auf die Vegetation wurden mit Hilfe von Frequenzrahmenanalysen, Sensormessungen und optischen Schätzungen durchgeführt. Im Laufe der Arbeit wird herausgearbeitet, wie sich die Strukturen auf die Vegetation auswirken und wie sie bei anderen Projekten wirkungsvoll eingesetzt werden können.



Abbildung 13 Unterschiedliche Strukturbildner am Dach des GRG7 (22.06.2017)



Steine

Auf mehreren Versuchsflächen und außerhalb dieser wurden unterschiedlich große Steine positioniert. Insgesamt befinden sich 6 Stück auf dem Dach (vgl. Abb. 14).

Abbildung 14 Struktur Stein am Dach des GRG7 (22.06.2017)



Sand und Schotterflächen

Um die Biodiversität anzuregen und eine Vielzahl an möglichst unterschiedlichen Lebensbereichen zu schaffen wurde mit verschiedenen Oberflächenstrukturen gearbeitet. Von feinkörnigen Sandbecken bis hin zu grobkörnigen Schotterflächen bilden die diversen Oberflächen eigene Mikrohabitate (vgl. Abb. 15).

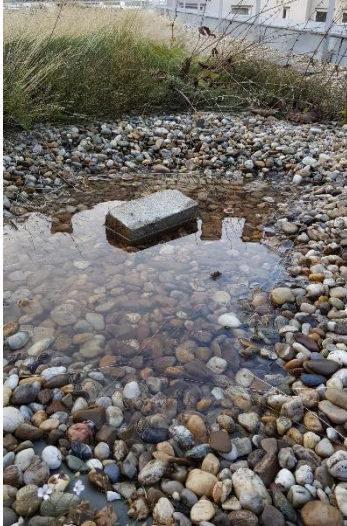
Abbildung 15 Schotterfläche am Dach des GRG7 (22.06.2017)



Holzstämme

Von Pflegeeingriffen anderorts, wurden drei Holzstämme auf das Dach gehoben und dort jeweils auf den Versuchsflächen mit Strukturen (VF 2 MS, VF 4 MS, VF 6 MS) positioniert (vgl. Abb. 16).

Abbildung 16 Struktur Stein am Dach des GRG7 (22.06.2017)



Wasserbassin

Außerhalb der Versuchsflächen wurde ein kleines Wasserbassin angelegt, welches nur nach Niederschlägen gefüllt ist. Mit einer maximalen Tiefe von 10 cm bietet das Bassin eine wertvolle Wasserquelle für unterschiedlichste Lebewesen (vgl. Abb. 17).

Abbildung 17 Wasserbassin am Dach des GRG7 (22.06.2017)



Dachziegel

Kleine Ecken und Nischen, die sich durch die aufgestellten Dachziegel bilden, bieten unterschiedlichsten Kleinstlebewesen aber auch Pflanzen Schutz vor starken Witterungseinflüssen (vgl. Abb. 18).

Abbildung 18 Struktur Dachziegel am Dach des GRG7 (22.06.2017)

Neben dieser Untersuchung sollen die Strukturen, auf lange Sicht, einen ökologischen Mehrwert für das extensive Gründach bringen. Die Vielfalt der Strukturbildner soll dabei möglichst unterschiedliche Kleinstlebensräume und Rückzugsmöglichkeiten für Fauna und Flora bilden. Darüber hinaus haben die Strukturen auch einen positiven, optischen Aspekt. Sie erschaffen Blickfänge auf manch monoton wirkenden Gründächern und bereichern so das Gesamtbild.



Abbildung 19 Aufbau und Verteilung der Strukturbildner am Dach des GRG7 (24.05.2016)

5.3 Setzung der Topfpflanzen und Aussaat

Die Aussaat der Saatgutmischung erfolgte am 26.05.2016 (vgl. Abb. 19). Von der Gesamtmenge der Saatgutmischung (680 g Saatgutmischung (vgl. Tab. 3) und 3.100 g Sedumsprossen (vgl. Tab. 2)) wurden auf die Versuchsflächen 4 g Saatgut und 14 g Sedumsprossen pro Quadratmeter abgefüllt und später per manueller Aussaat ausgebracht. In Summe waren das 286,72 g Saatgut und 1.003 g Sedumsprossen auf allen Versuchsflächen. Leichte Winde erschwerten die Verteilung der Samen, wodurch in der ersten Wachstumsperiode, Vegetationsfreie Stellen aufgetreten sind. Die Aussaat der restlichen Saatgutmischung



Abbildung 20 Abwägung der Samen für die Versuchsflächen (26.05.2016)

außerhalb der Versuchsflächen, erfolgt mit 3 g und 16 g Sedumsprossen pro Quadratmeter. Hier belief sich die Gesamtmenge der ausgebrachten Saatgutmischung auf 393,36 g und 2.097 g Sedumsprossen auf der übrigen Fläche. Anschließend wurde die gesamte Dachfläche, vorsichtig und über einen Zeitraum von 30 Minuten, eingegossen. In weiterer Folge wurde die Gesamte Fläche über einen Zeitraum von zwei Woche täglich 15 min gegossen.

In den Randbereichen der Dachfläche setzte man vier unterschiedliche Staudenarten, die einen ökologischen und ästhetischen Mehrwert bringen sollten. Die insgesamt 24 Pflanzen entnahm man aus ihren Töpfen und setzte sie in unregelmäßigen Abständen und unterschiedlicher Reihenfolge in das Substrat (vgl. Tab. 1 und Abb. 21). Die ausgewählten Arten sind alle an ein trockenes Klima angepasst und erlangen eine maximale Wuchshöhe von 30-40 cm.

<i>Phlomis tuberosa</i>	Knollen-Brandkraut
<i>Iris pumila</i>	Zwerg-Schwertlilie
<i>Salvia nemorosa</i>	Hain-Salbei
<i>Echinops ritro</i>	Kugeldistel

Tabelle 1 Arten der Topfpflanzen

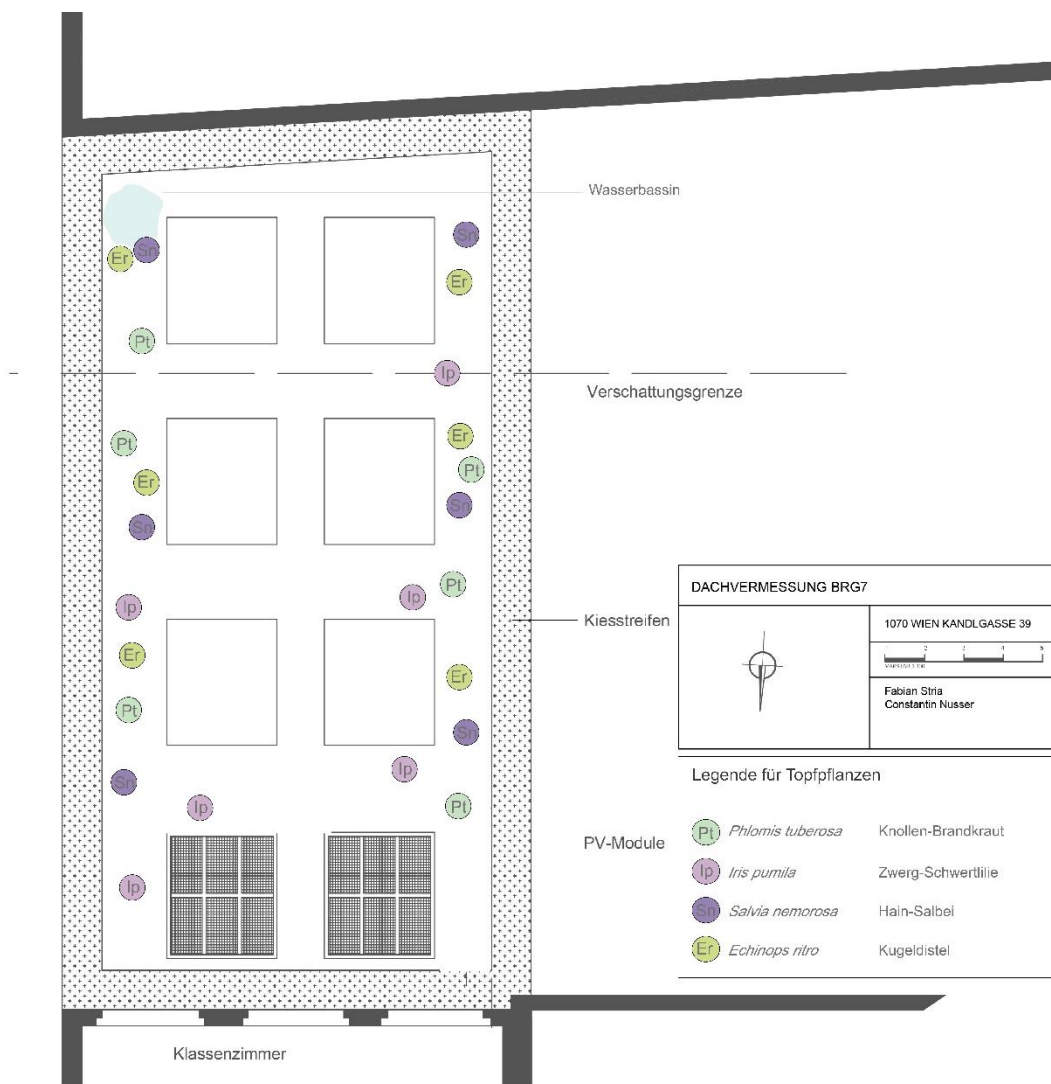


Abbildung 21 Pflanzplan der Topfpflanzen am Dach des GRG7

5.4 Artenauswahl der Saatgutmischung

Die Auswahl der Pflanzen ist nach bestimmten Kriterien festgelegt worden: Ausgewählt wurden Arten aus der pannonischen Florenprovinz, die auf die extremen Standorteigenschaften des Daches spezialisiert sind (vgl. Kap. 2). Entscheidend war eine maximale Wuchshöhe bis 40 cm so wie eine vielfältige Blütenpracht der Pflanzen, die möglichst über das Jahr verteilt erscheinen sollte. Nach Absprache mit Herrn Dr. Mag. Martin Scheuch von der Universität Wien im fachdidaktischen Forschungsbereich für Naturwissenschaften wurde die Liste mit Gräsern ergänzt, um eine möglichst vollständige Trockenrasenvegetation imitieren zu können. Es entstand eine Artenliste von 4 Sedum-Arten und 35 Ein- und Mehrjährigen.

Sedum (Aussaart durch Sprossen)

<i>Sedum acre</i>	Scharfer Mauerpfeffer
<i>Sedum album</i>	Weißer Fetthenne
<i>Sedum reflexum</i> 'Angelina'	Gold-Tripmadam
<i>Sedum sexangulare</i>	Milde Mauerpfeffer

Tabelle 2 Sedumarten

Ein-, Zweijährige und Mehrjährige (Aussaats durch Samen)

<i>Ajuga chamaepitys</i>	Gelber Günsel
<i>Allium flavum</i>	Gelb - Lauch
<i>Allium sphaerocephalon</i>	Kugel - Lauch
<i>Alyssum alyssoides</i>	Kelch - Steinkraut
<i>Alyssum montanum</i>	Berg - Steinkraut
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Ruchgras
<i>Campanula rotundifolia</i>	Rundblatt - Glockenblume
<i>Carex caryophyllea</i>	Frühlings - Segge
<i>Carlina vulgaris</i>	Golddistel
<i>Cerastium glutinosum</i>	Klebriges Hornkraut
<i>Cerastium pumilum</i>	Dunkles Hornkraut
<i>Draba verna</i>	Hungerblümchen
<i>Festuca ovina</i>	Schaf - Schwingel
<i>Festuca valesiaca</i>	Walliser Schafschwingel
<i>Genista pilosa</i>	Heide - Ginster
<i>Gentianella austriaca</i>	Österreichischer Enzian
<i>Helianthemum canum</i>	graues Sonnenröschen
<i>Herniaria glabra</i>	Kahles Bruchkraut
<i>Hiracium pilosella</i>	Kleines Habichtskraut
<i>Holosteum umbellatum</i>	Dolden - Spurre
<i>Muscari neglectum</i>	Traubenhyazinthe
<i>Ononis pusilla</i>	Zwerg - Hauhechel
<i>Oxytropis pilosa</i>	Zottiger Spitzkiel
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	Felsnelke
<i>Polygala comosa</i>	Schopfige Kreuzblume
<i>Polygala major</i>	Große Kreuzblume
<i>Potentilla argentea</i>	Silber - Fingerkraut
<i>Primula veris</i>	Arznei Primel
<i>Pulsatilla grandis</i>	große Kuhschelle
<i>Saxifraga tridactylites</i>	Finger - Steinbrech
<i>Scorzonera austriaca</i>	Österreichische Schwarzwurzel
<i>Seseli hippomarathrum</i>	Pferdefenchel
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Edel - Gamander
<i>Thymus pannonicus agg.</i>	Pannonien-Quendel
<i>Veronica praecox</i>	Frühe Ehrenpreis

Tabelle 3 Ein-, Zwei- und Mehrjährige Arten

6 Methode

In den nachfolgenden Kapiteln werden die angewendeten Methoden beschrieben. Untersucht wird die Bodenfeuchte und -temperatur auf den Versuchsflächen sowie die Frequenz durch eine Frequenzrahmenanalyse und die Bestimmung der Dominanz der aufkommenden Arten durch eine pflanzensoziologische Aufnahme. Hinführend werden die theoretischen Hintergründe und notwendigen Informationen sowie Abkürzungen beschrieben, um die Anwendung der unterschiedlichen Erhebungen transparent und nachvollziehbar zu erfassen.

6.1 Die Bestimmung der Bodenfeuchte und -temperatur am Dach des GRG7

Das Ziel der Bodenfeuchtebestimmung durch spezielle Sensoren führt zur Einschätzung über die Wasserspeicherkapazität des Substrates, sowie einer momentanen Bodenwassersättigung. Darüber hinaus lassen sich bodeninterne Prozesse besser verstehen und nachvollziehen. Sie gibt außerdem Hinweise auf den Wasserbedarf der Pflanzen und über den Einfluss auf deren Wachstum. Die Multiparametersonde misst die volumetrische Feuchte über die elektrische Leitfähigkeit des Substrats, durch ein Elektrodenarray mit einer Frequenz von 70 MHz. Das Verhältnis aus Wasser- und Bodenvolumen ist gleich der volumetrische Wassergehalt (θ_v) (vgl. Abb. 22).

Volumetrischer Wassergehalt

$$\theta_v = \frac{\text{Wasservolumen}}{\text{Bodenvolumen}} \cdot 100 [\%]$$

Abbildung 22 Formel zur Ermittlung des volumetrischen Wassergehalts, METER Group AG (06.04.2018)

Daneben wird die Temperatur bis 10 dS/m (Dezisiemens pro Meter) durch einen integrierten Thermistor ermittelt und hat eine Regelabweichung von $\pm 1^\circ\text{C}$. (METER Group AG 06.04.2018). Generelle Abweichungen und Messunsicherheiten in der Bestimmung des Bodenwassergehaltes können durch verschiedene Faktoren entstehen. Einerseits sollte bei der Installation der Sensoren auf einen guten Kontakt zwischen Messstäben und Erdreich geachtet werden, da größere Luftlöcher und Hohlräume rund um die Messspitzen zu verfälschten Ergebnissen führen können. Andererseits kann sich das Wasserhaltevermögen des Bodens durch die inhomogene Zusammensetzung schon in unmittelbarer Umgebung verändern. Das Wasserhaltevermögen ist abhängig von der Bodenart und der Struktur sowie der Infiltrationsrate. Das Bodenwasser wird durch atmosphärische Saugkräfte, der Schwerkraft und der Kapillarwirkung der Bodenporen im Boden gehalten und bewegt.

Auch das Wachstum der Wurzelsysteme der Fauna sowie die Bioturbation von im Boden lebenden Organismen verändern die Struktur und das Gefüge des Erdreiches. Somit unterliegt der Boden einem permanenten, dynamischen Prozesse hinsichtlich der Wasserspeicherkapazität (FÜRST und RETH o.J.).

6.1.1 Aufnahme der Bodenfeuchte und -temperatur durch Echo² 5 TE Sensoren am Projekt

Insgesamt wurden fünf Sensoren des Typs Echo² 5 TE in den Versuchsflächen installiert. Sie befinden sich auf den Versuchsflächen VF1, VF2, VF3, VF4 und VF5. Bei der Installation ist darauf zu achten, dass die Sensorspitzen möglichst senkrecht nach unten zeigen und vollends mit dem vorhandenen Substrat überdeckt sind, um möglichst aussagekräftige Rohdaten zu erhalten. Da die Substratstärke nicht mächtig genug ist und von Fläche zu Fläche variiert (vgl. Abb. 23), musste bei der Versuchsfläche VF5 der Sensor in einer Schräglage



Abbildung 23 Sensoren des Typs Echo² 5 TE, METER Group AG (06.03.2019)

gebracht werden, um ihn vollständig zu bedecken. Sensor 1 auf der Versuchsfläche VF1 befindet sich mit den Messzacken auf einer Substrattiefe von 10 cm und wurde im Zentrum der Fläche positioniert. Sensor 2 auf VF2 in 19 cm Tiefe befindet sich unter einer Aufschüttung des Substrates. Sensor 3 auf VF3 in 12 cm Tiefe, befindet sich wie Sensor 1, im Zentrum der Fläche. Sensor 4 auf VF4 misst in 12 cm Tiefe und wurde in unmittelbarer Nähe zu einer Struktur aus Holz positioniert und Sensor 5 auf VF5 in 5,5 cm Tiefe, auf der Versuchsfläche mit der geringsten Substratmächtigkeit. Erhaltene Werte sind daher aussagekräftig für den näheren Umkreis des Sensors, gelten aber nicht unbedingt für die restliche Fläche. Es entstehen Vergleichswerte zwischen Sensoren, die sich unter ähnlichen biotischen und abiotischen Faktoren befinden (vgl. Diag. 2-9).

Die Sensoren wurden an einen Datenspeicher gekoppelt, der über dem Zeitraum vom 26.04.2017-27.10.2017 aufgezeichnet hat. Da das Speichergerät nur fünf Eingänge für die Klinken hatte, musste auf einen sechsten Sensor verzichtet werden (vgl. Abb. 24). Aufgezeichnet wurden die Bodenfeuchte und Temperatur des Substrates. Zur besseren Orientierung wurden den einzelnen Sensoren eine eigene Farbe zugeteilt. Zu berücksichtigen ist bei den Ergebnissen, dass die Werte in den unteren Messbereichen, laut dem Hersteller, gewissen Messfehlern unterliegen und damit Abweichungen entstehen, die zu ignorieren sind. So zum Beispiel alle Werte der Bodenfeuchtemessung die unter 0,5% Volumetrischer Bodenfeuchte liegen da zu diesem Zeitpunkt das Substrat trocken ist.

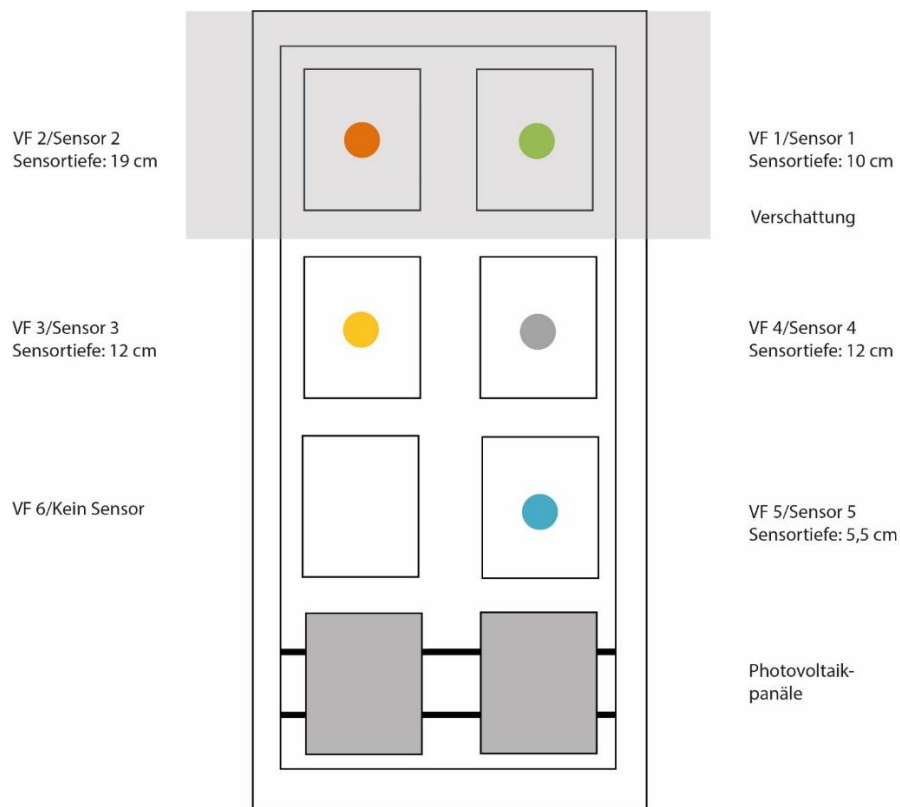


Abbildung 24 Sensorverteilung und Tiefe der Messspitzen

6.2 Bestimmung der Frequenz der Einzelarten

Der Frequenzrahmen ist ein metallischer oder hölzerner Rahmen mit einer üblichen Seitenlänge von einem Mal einem Meter. Im Abstand von zehn Zentimetern werden witterungsbeständige Schnüre über Kreuz gespannt und an der Rahmenwand befestigt. Der Quadratmeter unterteilt sich somit in 100 gleich große Quadratdezimeter. Durch Positionsmarken oder Nägel, die am Boden angebracht sind, lässt sich dieselbe Position auf der Versuchsfläche wiederfinden, an der der Rahmen für die Erhebung aufgelegt wird. Mit der Spitze eines Lotes oder einer dünnen Zeigernadel wird wiederholt an jeweils einer Ecke der Quadratdezimeter der Boden berührt. Berührte Pflanzen werden bestimmt, untersucht und dokumentiert. Somit lassen sich die Daten unterschiedlicher Zeitpunkte miteinander vergleichen.

Die Position des Frequenzrahmens, in den Feldern mit besonderer Ausgestaltung befand sich über den Strukturen. Folgende Parameter wurden dabei, für die Entwicklung und den Einfluss der Strukturen auf die Vegetation, aufgenommen: Artenfrequenz: Zeigt die Verteilung und Häufigkeit einer Art an. Laut KENT und COKER (1992), ist die Frequenz definiert als die Wahrscheinlichkeit eine Art in der untersuchten Fläche vorzufinden. Nach SCHAUMBERG (1995) ist die Frequenz folgendermaßen zu bestimmen:

$$\text{Frequenz } f = \frac{\text{Anzahl der Schätzflächen mit Anwesenheit der Art X}}{\text{Gesamtzahl der Schätzflächen}}$$

SCHAUMBERG (1995)

Um den prozentuellen Anteil zu bestimmen, wird das Ergebnis „f“ mit 100 multipliziert. Im Falle dieser Untersuchung lautet ein Beispiel wie folgt:

VF1	A	B	C	D	E	F	D	H	I	J
1	P sa	P sa								P sa
2			P sa		P sa		P sa			
3		P sa	P sa			P sa	P sa			P sa
4						P sa		P sa		P sa
5				P sa				P sa	P sa	
6	P sa					P sa				
7	P sa	P sa		P sa	P sa					
8				P sa	P sa			P sa	P sa	
9	P sa		P sa				P sa			
10	P sa	P sa				P sa			P sa	P sa

Abbildung 25 Beispiel für Frequenzrahmenaufnahme am Dach des GRG7 (2017)

Bei der Frequenzrahmenaufnahme in der Versuchsfläche 1 wurde zum Beispiel die Art *Petrorhagia saxifraga* Felsennelke 35-mal mit der Nadel (Lot) getroffen (vgl. Abb. 25). Demnach ergibt sich, eingesetzt in die Formel, eine Frequenz f von **0,35**. Die Wahrscheinlichkeit diese Art auf der Versuchsfläche, zum Zeitpunkt der Aufnahme vorzufinden lag also bei **35%** (TRAXLER 1997).

Zur Erleichterung der Aufnahmen wurden vorab Abkürzungen der Gattungs- und Artnamen festgelegt. Diese setzten sich aus den Anfangsbuchstaben der Artnamen zusammen. Als Beispiel steht „P sa“ für die Art *Petrohagia saxifraga* Felsennelke. Ebenso wurden auch Abkürzungen für die untersuchten Strukturen definiert. Dabei steht StSt zum Beispiel für Struktur Stein. In der nachfolgenden Tabelle sind alle relevanten Abkürzungen, die während der Aufnahmen verwendet wurden, aufgelistet.

Botanischer Artenname	Kürzel	Botanischer Artenname	Kürzel
Mehrjährige Arten		Sedum Arten	
<i>Alyssum alyssoides</i>	A al	<i>Sedum acre</i>	S ac
<i>Alyssum montanum</i>	A mo	<i>Sedum album</i>	S al
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	A od	<i>Sedum reflexum</i>	S re
<i>Carex caryophylla</i>	C ca	<i>Sedum sexangulare</i>	S se
<i>Cerastium glutinosum</i>	C gl	Zusätzlich aufgekommene Arten	
<i>Cerastium pumilum</i>	C pu	<i>Arabitopsis thaliana</i>	A th
<i>Carlina vulgaris</i>	C vu	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	C bu
<i>Draba verna</i>	D ve	<i>Hieracium pilosella</i>	H pi
<i>Festuca ovina</i>	F ov	<i>Silene vulgaris</i>	S vu
<i>Festuca valesiaca</i>	F va	<i>Thlaspi arvense</i>	T ar
<i>Gentianella austriaca</i>	G au	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	T in
<i>Genista pilosa</i>	G pi	Strukturen	
<i>Helianthemum canum</i>	H ca	Struktur Holz	StHo
<i>Herniaria glabra</i>	H gl	Struktur Hügel	StHü
<i>Holosteum umbellatum</i>	H um	Struktur Stein	StSt
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	M pe	Struktur Ziegel	StZi
<i>Oxytropis pilosa</i>	O pi		
<i>Ononis pusilla</i>	O pu		
<i>Potentilla argentea</i>	P ar		
<i>Polygala comosa</i>	P co		
<i>Pulsatilla grandis</i>	P gr		
<i>Polygala major</i>	P ma		
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	P sa		
<i>Primula veris</i>	P ve		
<i>Scorzonera austriaca</i>	S au		
<i>Scorzonera hispanica</i>	S hi		
<i>Seseli hippomarathrum</i>	S hi		
<i>Teucrium chamaedrys</i>	T ca		
<i>Thymus pannonicus agg.</i>	T pa		
<i>Veronica praecox</i>	V pr		
<i>Veronica verna</i>	V ve		

Tabelle 4 Kürzel der Botanischen Artnamen für die Frequenzaufnahmen

6.3 Bestimmung der Dominanz von Einzelarten und des Gesamtdeckungsgrades

Der Deckungsgrad oder auch Dominanz, beschreibt bei der senkrechten Betrachtung der untersuchten Fläche, den Anteil der von der gesamten oberirdisch auftretenden Vegetation auf den Untergrund projiziert wird. Bei genauer Betrachtung der zu untersuchenden Fläche ist festzustellen, dass auch vegetationsfreie Bereiche auftreten, die zur Bestimmung der Deckung von der Gesamtfläche abgezogen werden. Angewendet wurde zur Bestimmung der Dominanz die pflanzensoziologische Aufnahme nach Braun-Blanquet. Diese halbquantitative Erfassungsmethode kommt besonders bei homogenen Vegetationstypen zur Anwendung und bietet sich daher idealerweise für eine extensive Dachbegrünung an. Zu vermeiden sind Radbereiche und Übergänge zu anderen Biotopen. Die Mächtigkeit jeder einzelnen Art und der gesamte Deckungsgrad der untersuchten Flächen wird mit Hilfe der Artenmächtigkeitskala nach Braun-Blanquet definiert (REICHELT und WILMANNNS 1973). Diese setzt sich folgendermaßen zusammen:

Symbol	Individuenzahl	Deckung
r	selten, ein Exemplar	(deutlich unter 1 %)
+	wenige (2 bis 5) Exemplare	(bis 1 %)
1	viele (6 bis 50) Exemplare	(bis 5 %)
2	sehr viele (über 50) Exemplare	(bis 5 %)
2b	(oder beliebig)	5 bis 25 %
3	(beliebig)	26 bis 50 %
4	(beliebig)	51 bis 75 %
5	(beliebig)	76 bis 100 %

Tabelle 5 erweiterte Braun-Blanquet-Skala nach REICHELT und WILMANNNS (1973)

In der Praxis werden im ersten Schritt, alle auf der Untersuchungsfläche, vorkommenden Arten bestimmt und notiert. Dabei wird die Vegetation in Gräser, Leguminosen sowie Kräuter aufgegliedert. Im Anschluss folgt die direkte Schätzung des Deckungsgrades in Flächenprozent. Zur besseren Orientierung und Einschätzung des Deckungsgrades kann die Hilfstafel nach GEHLKER (1977) herangezogen werden. Diese unterstützt die Entscheidung nach der grob optischen Schätzung der untersuchten Fläche und gibt beispielhaft, unterschiedliche Grafiken des Deckungsgrades und der Artenmächtigkeit wieder. Mit dem Uhrzeigersinn, von Eins beginnend gibt es fünf Kategorien die von einer geringen Deckung bis zu einem Deckungsgrad von 90% reichen (vgl. Abb. 26).

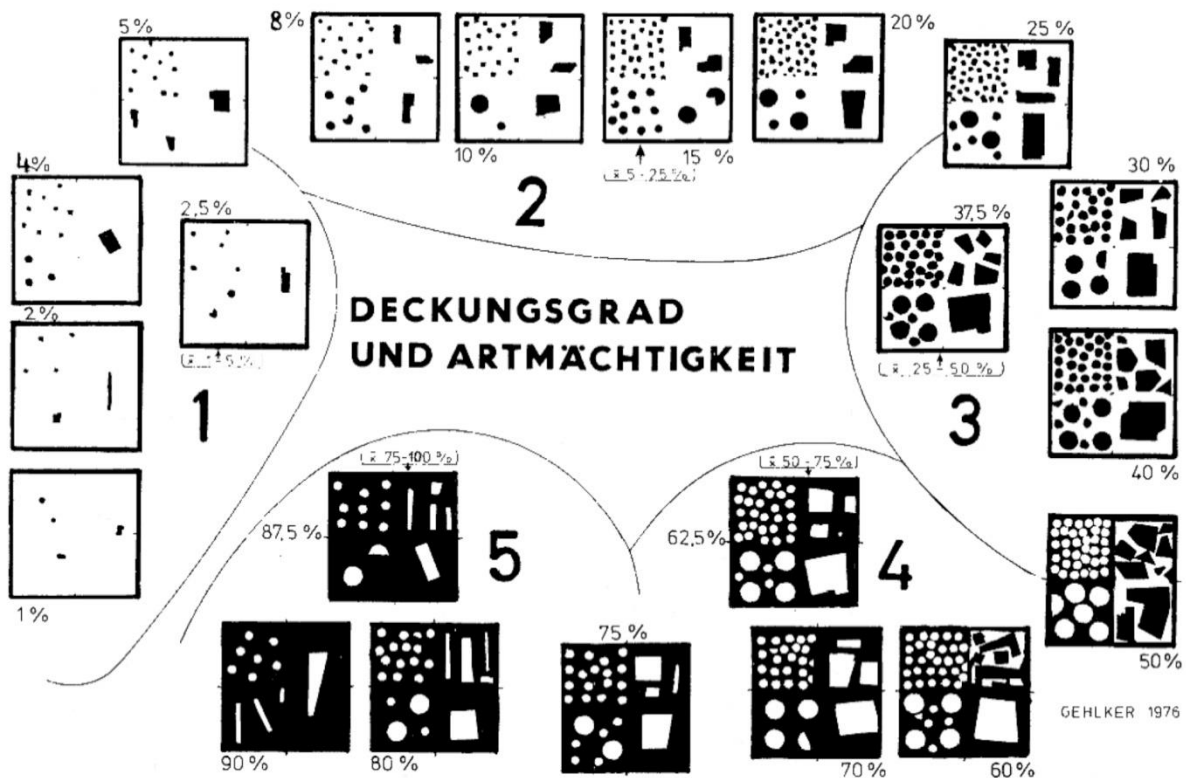


Abbildung 26 Deckungsgrad und Artenmächtigkeit (GEHLKER 1976)

Die Ermittlung der Deckung erfolgte über eine visuelle Schätzung. Die Vorteile dabei liegen im geringen Zeitaufwand und in der Unabhängigkeit spezieller Geräte. Wie genau und aussagekräftig eine solche Schätzung tatsächlich ist, ist abhängig von mehreren Faktoren. Die Flächengröße ist dabei möglichst klein zu wählen, da sich mit geringerer Untersuchungsfläche die Genauigkeit der Schätzung erhöht. Ebenso wirkt sich das Verteilungsmuster der unterschiedlichen Arten aus. Je kompakter eine einzelne Art in der Fläche auftritt, desto einfacher ist die Einschätzung. Durch die visuelle Unterscheidbarkeit und unterschiedliche Wuchsformen gelingt eine genauere Erhebung des Deckungsgrades. Zusätzlich bedingen die subjektive Verfassung der erhebenden Person sowie deren Erfahrung im Umgang mit pflanzensoziologischen Aufnahmen unter Umständen Abweichungen der Genauigkeit. Im Anschluss der Schätzung von allen Einzelarten wird die Summe ermittelt und somit ein Gesamtdeckungswert ermittelt. Überprüft kann die Schätzung werden, indem man die Ergebnisse ähnlicher Versuchsflächen miteinander vergleicht und das Verhältnis zwischen Artengruppen zueinander ermittelt (PERATONER und PÖTSCH 2015).

7 Ergebnisse der Untersuchung zur Etablierung einer pannonischen Vegetation am Dach des GRG7

Um Rückschlüsse auf die Einflüsse der Bodenfeuchte und -temperaturen auf die Vegetation zu schließen, wurden durch die Bodensensoren über einen Zeitraum von einer Wachstumsperiode (26.04.2017-27.10.2017) diese biotischen Faktoren aufgezeichnet. Wie in Kapitel 7.1 aufgezeigt, ist bei der Untersuchung der Bodenfeuchte und Bodentemperatur, auf die unterschiedlichen Substrathöhen der Versuchsflächen und die Tiefe der Sensoren zu achten. Unterschiedlich tief positionierte Sensoren weisen mitunter voneinander abweichende Ergebnisse auf. Ebenso beeinflusst der Schattenwurf des Nachbarhauses die Bodenfeuchte und Temperatur der verschiedenen Sensoren.

Beschrieben und aufgezeigt werden in den nachfolgenden Unterkapiteln, die Schwankungen der Bodenfeuchte und -temperatur vor den Zeitpunkten der Aufnahmen mit dem Frequenzrahmen. Um eine bessere Übersicht und Differenzierung der Verläufe von Bodenfeuchte und -temperatur zu erhalten, werden diese Faktoren getrennt voneinander dargestellt. Zusätzlich ermöglicht die unterschiedliche Farbzuzuweisung der einzelnen Sensoren, eine schnellere Differenzierung und erleichtert die Lesbarkeit. Die Gesamtübersicht der Bodenfeuchte wurde in die einzelnen Sensoren separiert, um etwaige Überlappungen sichtbar zu machen. Ergänzend wurden die Grafiken hinterlegt mit der statistischen Auswertung der aufsummierten Tagessumme des Niederschlags vom ZAMG, aus der Wetterstation Hohe Warte in Wien über den Zeitraum 2017. Dies dient der Kontrolle und führt zu einer genaueren Interpretation ausgewerteter Daten.

Herausgearbeitet wurden einzelne Zeiträume, die einerseits rund um die Zeitpunkte der Aufnahmen zur Frequenz liegen, andererseits Zeitspannen in denen starke Veränderungen sowohl in der Bodenfeuchte als auch in der Bodentemperatur stattgefunden haben. Bodenfeuchte und -temperatur sind jeweils getrennt voneinander dargestellt. Rote Markierungen kennzeichnen die Zeitpunkte der Aufnahmen zur Frequenz. Die nachfolgende Grafik zur Positionierung der Strukturen und Sensoren dient der besseren Orientierung (vgl. Abb. 27).

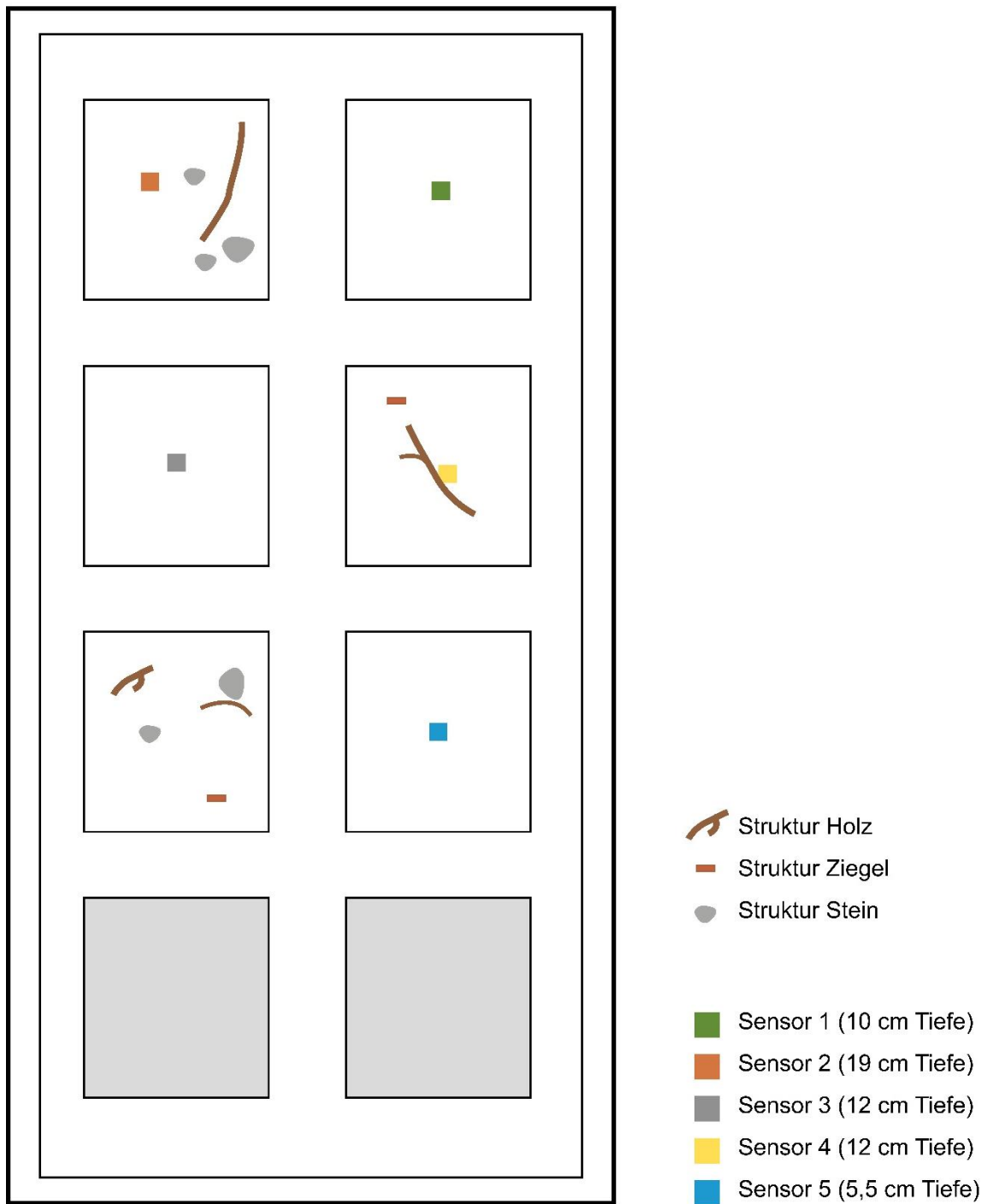


Abbildung 27 Position der Sensoren und unterschiedlichen Strukturen

7.1 Vergleich der Bodentemperatur und -feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 08.05.-16.05.2017 (Substratstärke 5-20 cm) zweite Frequenzaufnahme

Die mittlere Bodentemperatur lag im Mai 2017 laut der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik bei 16,9 °C. Etwas wärmer als die Durchschnittstemperatur der vorherigen Jahre. Im dargestellten Zeitraum der Diagramme, ist zwischen 08.05. – 11.05.2017 ist ein Temperatursturz und eine ansteigenden Bodenfeuchte zu beobachten. Laut ZAMG Klimamonitoring (19.12.2018) lag die Durchschnittstemperatur um den 10.05.2017 unter 10 C° mit leichtem Niederschlag.

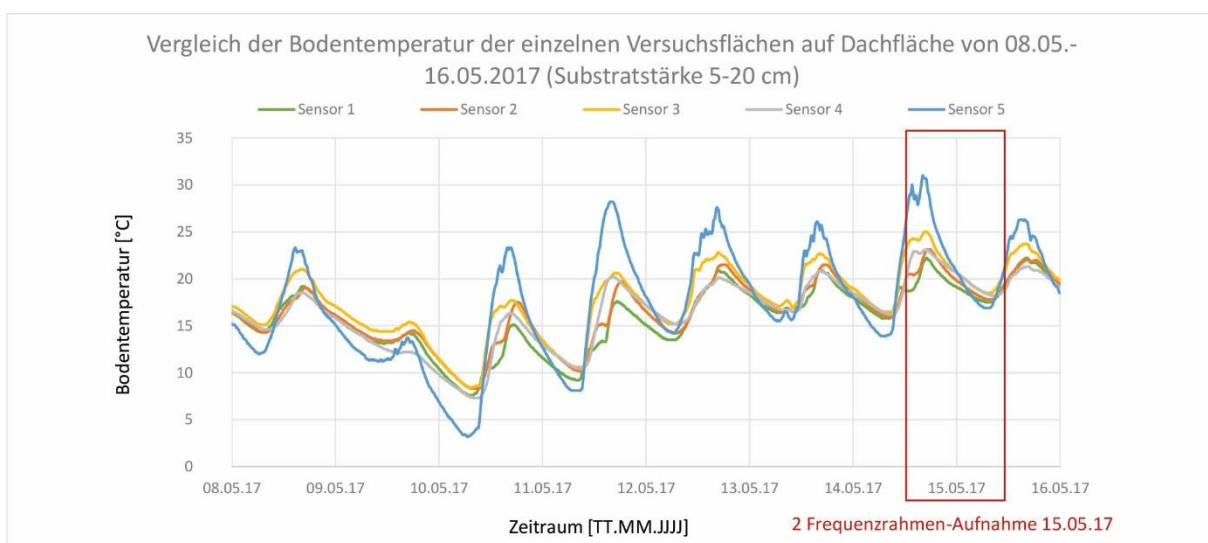


Diagramm 2 Vergleich der Bodentemperatur der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 08.05.-16.05.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

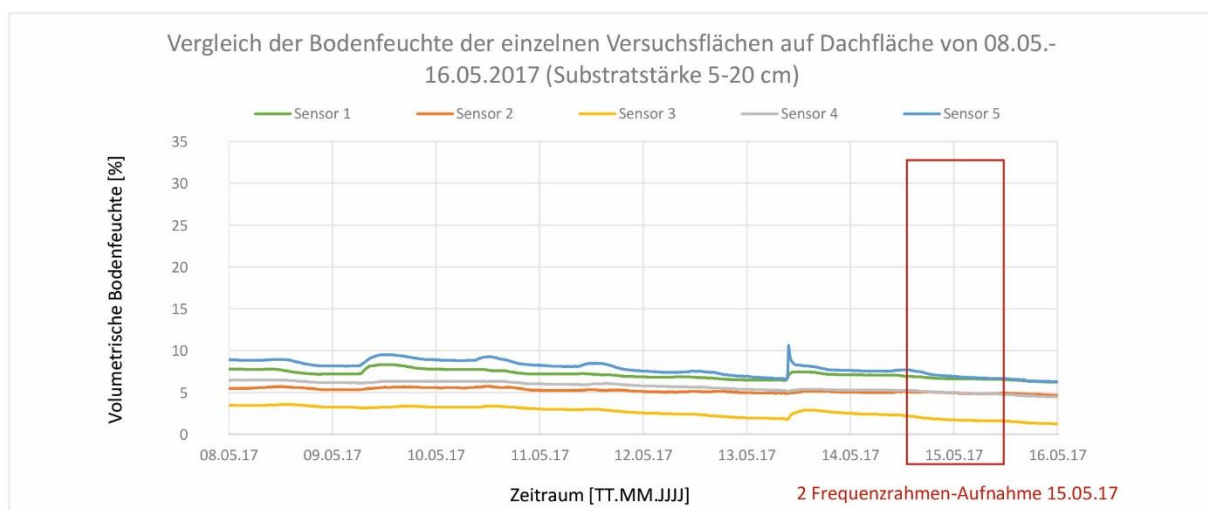


Diagramm 3 Vergleich der Bodenfeuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 08.05.-16.05.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

Die aufgezeichneten Daten der Bodensensoren maßen einen ungefähren Temperaturunterschied von knapp 20 C° zwischen dem 08.05 - 11.05.2017. Dabei fiel in den Abendstunden des 10.05. die Temperaturen um 3,4 C°. Betrachtet man die zwei Diagramme genauer, so fällt auf, dass der Sensor 5 (Blau) den stärksten Schwankungen, sowohl bei der gemessenen Temperatur als auch bei der volumetrischen Bodenfeuchte unterliegt. Dies ist auf die geringe Mächtigkeit des Substrats zurück zu führen. Die dünne Substratschicht wird durch die Sonneneinstrahlung, gegenüber mächtigeren Aufbauten, schneller erwärmt, wodurch auch eine erhöhte Transpiration stattfindet. Nachts kühlt die Fläche wieder schnell aus.

Bei dem Diagramm zur volumetrischen Bodenfeuchte wird ersichtlich, dass die Linien von Sensor 1 (Grün) und 5 (Blau) ähnlich hohe Werte aufweisen. Dies liegt zum einen an der geringen Substratmächtigkeit auf Versuchsfläche 5 und einer damit verbundenen, schnellen Sättigung mit Wasser. Zum anderen an einem höheren Deckungsgrad der Vegetation und der längeren Beschattung auf Versuchsfläche 1. Das begünstigt den im Boden enthaltenen Wassergehalt über einen längeren Zeitraum und Trockenperioden. Obwohl auf Versuchsfläche 2 ähnliche abiotische und biotische Faktoren vorherrschen wie auf Versuchsfläche 1, ist der Wassergehalt geringer als auf der Vergleichsfläche 1. Erklärt werden kann das durch die unterschiedlichen Tiefen der Sensoren und die ausgewählte Position des Sensors 2 (Orange). Die Sensortiefe von 19 cm kam zu Stande, durch eine Hügelstruktur über dem Sensor. Es ist anzunehmen, dass Niederschlagswasser zum Großteil auf den Hügeln versickert und teilweise an den Seiten abläuft und somit nur bei einer größeren Niederschlagsmenge bis in diese Tiefe sickert (vgl. Diag. 2-3).

Beide Sensoren der Versuchsfläche 3 und 4 liegen auf einer Tiefe von 12 cm. Die Flächen weisen über den Beobachtungszeitraum eine ähnliche Entwicklung auf. Unterschiede entstehen aber durch die Einflüsse der Strukturen auf Versuchsfläche 4. Der Sensor 4 (Grau) wurde unmittelbar in der Nähe der Struktur aus Holz vergraben. Die Temperaturlinien der beiden Sensoren verlaufen in den kühleren Frühlingsmonaten noch sehr ähnlich, wie in Diagramm 3 ersichtlich wird. Jedoch weichen die Linien der volumetrischen Bodenfeuchte deutlich voneinander ab. Sensor 3 (Gelb) weist die niedrigsten, gemessenen Werte des Wassergehalts auf. Wo hingegen Sensor 4 (Grau) einen höheren Wassergehalt anzeigt, auf Niederschläge jedoch weniger sensibel reagiert als Sensor 3 (Gelb). Es ist daher anzunehmen, dass speziell die Struktur aus Holz auf Versuchsfläche 4 die umgebene Fläche und das Mikroklima soweit beeinflusst hat, dass zum einen der Wassergehalt nach einem Regenereignis langsamer und geringer ansteigt als auf Flächen ohne Struktur. Zum anderen wird das Mikroklima soweit beeinflusst, dass die Struktur beschattete Bereiche abkühlt und somit in sehr heißen Perioden mildere Umstände erschafft. Zusätzlich schützt die Struktur in kleinen Bereichen auch vor Winden. Beschattete Bereiche und Schutz vor Winden begünstigen eine reduzierte Verdunstungsrate des Bodenwassers. Dieses steht in weiterer Folge, den Pflanzen in Trockenperioden länger zur Verfügung (vgl. Diag. 2-3).

7.2 Vergleich der Bodentemperatur und -feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.06.-20.06.2017 (Substratstärke 5-20 cm), Auswirkungen der Mahd

Dieser Ausschnitt der dargestellten Datensammlung wurde ausgewählt auf Grund der ereignisreichen Vorgänge in diesem Zeitraum. Generell war der Juni 2017 ein sehr trockener Monat mit geringen Niederschlagsmengen. Österreichweit gilt er als einer der zwei heißesten Monate seit Beginn der Temperaturaufzeichnungen. Die Niederschlagssumme in diesem Monat liegt bei rund 32 Liter pro Quadratmeter. ZAMG Klimamonitoring (19.12.2018)

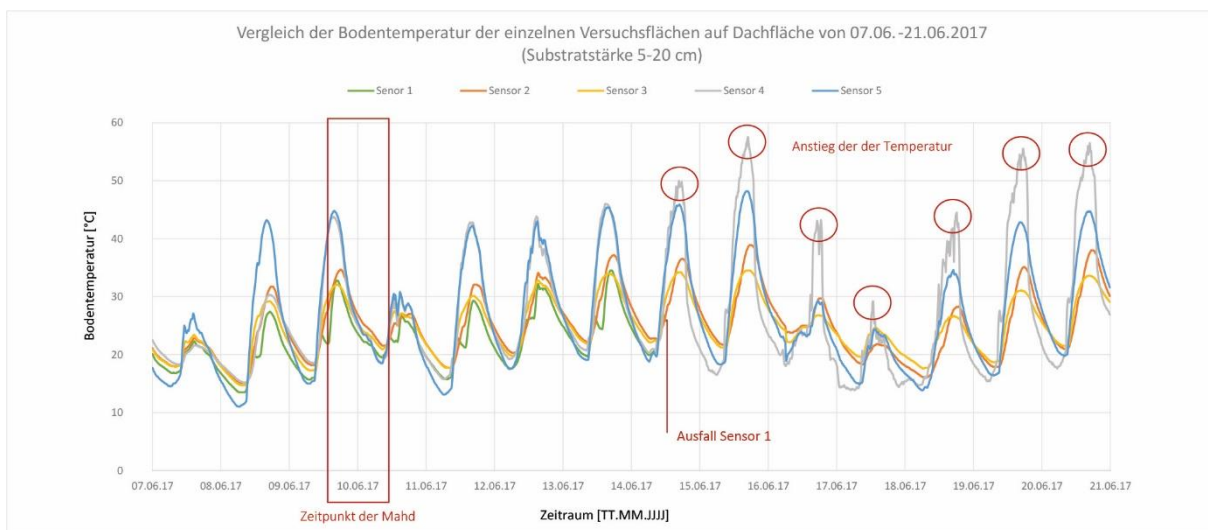


Diagramm 4 Vergleich der Bodentemperatur der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.06.-20.06.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

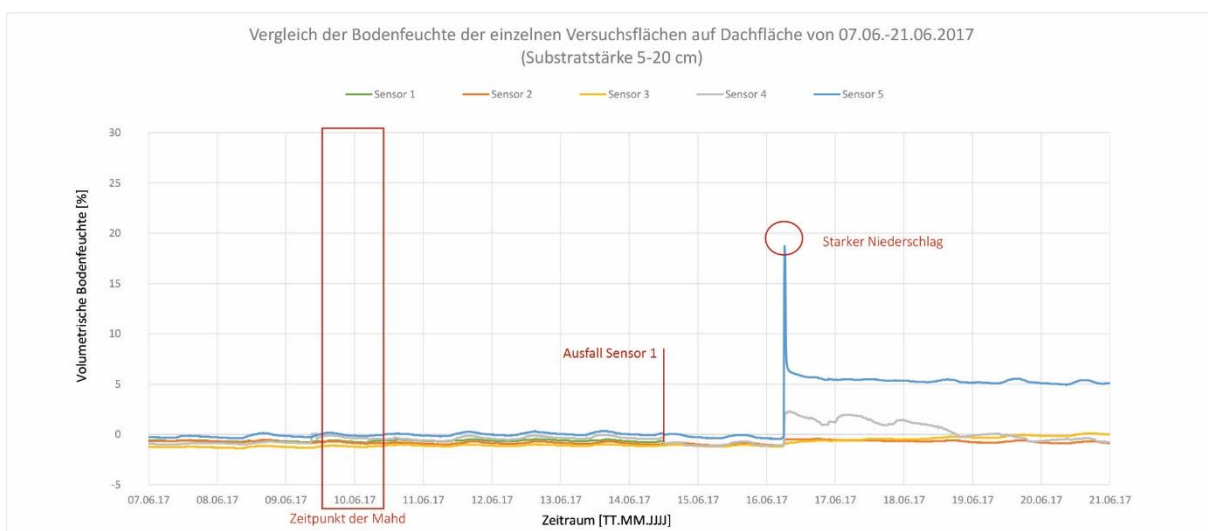


Diagramm 5 Vergleich der Bodenfeuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.06.-20.06.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

Dies wird auch im Diagramm zur Bodenfeuchte ersichtlich. Die erste Hälfte des Monats herrscht eine wärmere Trockenperiode, daher gehen die Werte der volumetrischen Bodenfeuchte unter 5%.

Nach dem Beschluss, experimentelle Pflegemaßnahmen durchzuführen, wurde am 10.06.2017 eine Mahd auf den Versuchsflächen 1, 4 und 5 durchgeführt. Durch die Arbeiten verursachten Schäden an Sensor 1 (Grün), wodurch dieser nicht mehr ordnungsgemäß aufzeichnen konnte und ausgetauscht werden musste. Durch den Ausfall ist die Liniendarstellung von Sensor 1 (Grün) nicht mehr ersichtlich. Wie sich in den Diagrammen ablesen lässt, hatte die Mahd einen starken Einfluss, sowohl auf die Bodentemperatur als auch auf die volumetrische Bodenfeuchte. Erkennbar wird der Einfluss speziell auf Versuchsfläche 4, die durch die Struktur aus Holz geprägt ist. Vor allem Gräser und Nelken beschatteten im kleinen Maßstab die Substratoberfläche und hatten insgesamt einen kühlenden Einfluss auf die Gesamtfläche. Nachdem die Vegetationsdecke auf ca. 5 cm getrimmt und die Biomasse abtransportiert wurde, erhöhte sich die Sonneneinstrahlung in direkter Bodennähe. Ab dem Zeitpunkt des Eingriffs lässt sich, im Liniendiagramm zur Bodentemperatur, der Anstieg der Temperatur von Sensor 4 (Grau) beobachten. Hingegen bleiben die Temperaturschwankungen des Sensors 3 (Gelb) auf der Vergleichsfläche 3 konstant und verändern sich nur geringfügig.

Ebenso beeinflusst die Mahd auch den Wassergehalt des Bodens. Am 16.06.2017 wird ein Niederschlag registriert, der die prozentual gemessene Bodenfeuchte von den Sensoren 4 (Grau) und 5 (Blau) ansteigen lässt. Im Vergleich reagieren die Sensoren auf den ungemähten Versuchsflächen kaum. Daraus ergibt sich, dass der richtige Zeitpunkt der Mahd eingehalten werden sollte, um die Vegetation in den Trockenperioden des Jahres vor Verbrennung und Austrocknung zu bewahren (vgl. Diag. 4-5).

7.3 Vergleich der BodenTemperatur und -Feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 08.07.-01.08.2017 (Substratstärke 5-20 cm) dritte Frequenzaufnahme

Laut ZAMG Klimamonitoring (19.12.2018) wird der Juli 2017, als einer der wärmsten Sommermonate seit Beginn der Aufzeichnungen beschrieben. Sehr trocken und heiß mit vielen Tropennächten, gestaltet sich das Klima in der Stadt. Niederschläge sind sehr unterschiedlich verteilt und gehen als Wärmegewitter eher in der zweiten Tageshälfte nieder. Dies spiegelt sich auch in den Aufzeichnungen der Bodensensoren wider.

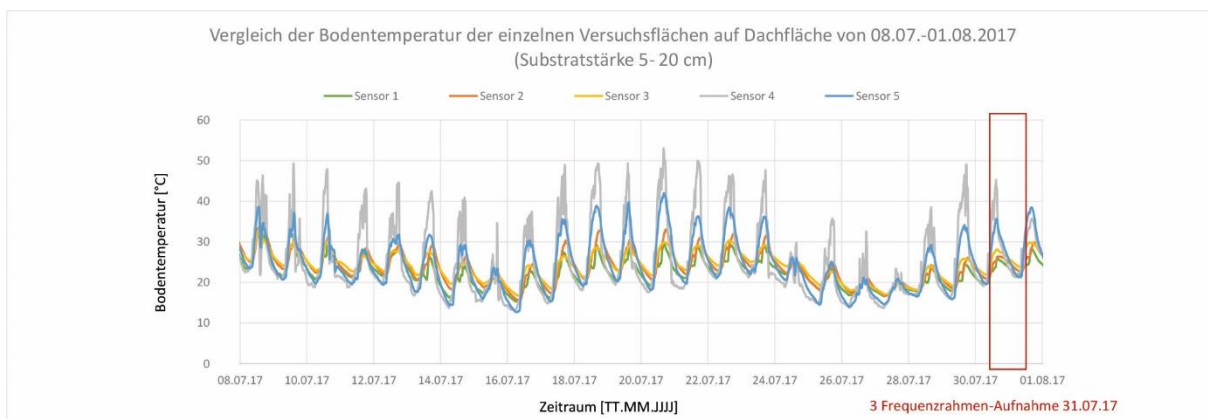


Diagramm 6 Vergleich der Bodentemperatur der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.07.-02.08.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

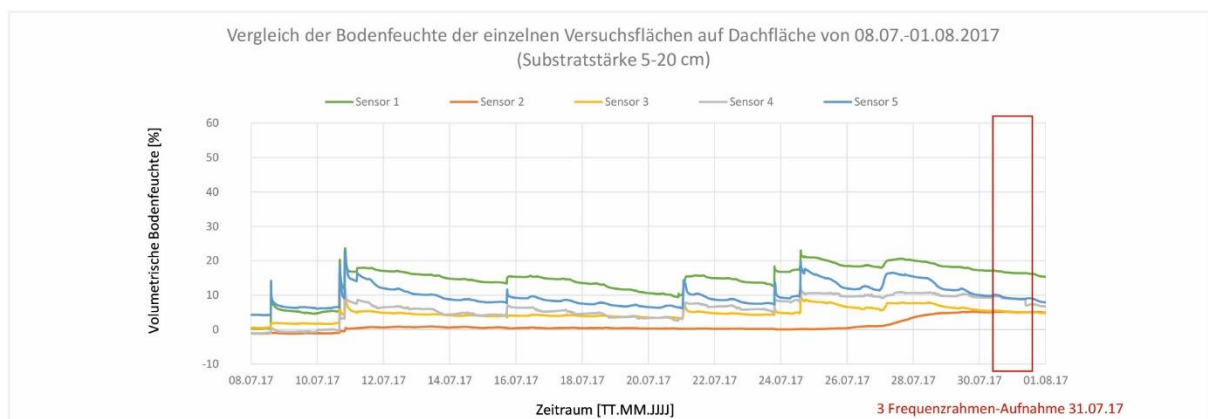


Diagramm 7 Vergleich der Bodenfeuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.07.-02.08.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

Immer noch beeinflusst von dem Pflegeeingriff im Juni, zeigt der Sensor 4 (Grau) sehr hohe Temperaturspitzen an. Die extremsten Werte liegen bei 58,0 °C am 05.07.2017 und 53,0 °C am 23.07.2017. Dies ergibt sich aus dem Resultat der bis dato noch immer sehr niedrigen und lockeren Vegetationsschicht. Trockenere und warmes Klima unterbrechen zu diesem Zeitpunkt auch ein starkes Wachstum aller Gräser und Kräuter. Ein typisches Erscheinungsbild einer Trockenrasengesellschaften.

Erst gegen Ende des Monats und dem vermehrten Anstieg von Niederschlägen, gleicht sich die Temperatur des Sensors 4 (Grau) den anderen Sensoren an. Im Diagramm zur volumetrischen Bodenfeuchte sind die vereinzelt Niederschläge durch die Spitzen gut sichtbar. Auffällig ist hier der lineare Verlauf von Sensor 2 (Orange). Trotz der mehrmaligen Niederschläge reagiert der Sensor, auf Grund seiner Tiefe, kaum auf diese. Das zeigt, dass die Niederschläge nur von geringer Dauer waren beziehungsweise nur geringe Mengen abgerechnet sind. Dem gegenüber stehen die Daten von Sensor 1 (Grün) im Vergleich, mit den höchsten prozentualen Anteilen an Wassergehalt nach den registrierten Niederschlägen. Durch die Beschattung des angrenzenden Hauses wurde unter Tags weniger Bodenwasser verdunstet und somit gegenüber den unbeschatteten Flächen gespeichert. Nach jedem Niederschlag summierte sich erhaltenes Bodenwasser mit neuem Niederschlagswasser (vgl. Diag. 6-7).

7.4 Vergleich der Bodentemperatur und -feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 10.10.-28.10.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

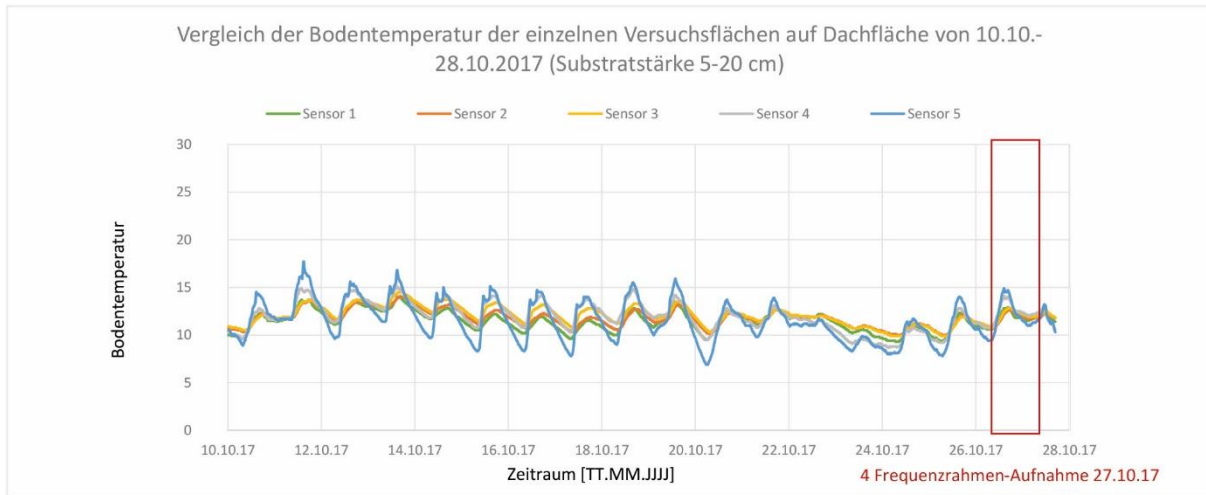


Diagramm 8 Vergleich der Bodentemperatur der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 10.10.-28.10.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

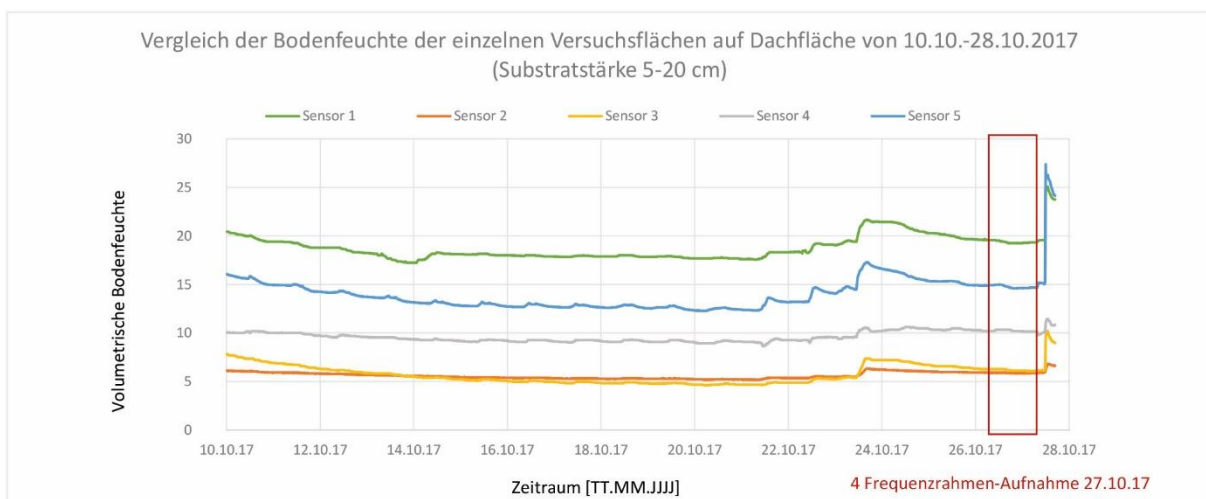


Diagramm 9 Vergleich der Bodenfeuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 10.10.-28.10.2017 (Substratstärke 5-20 cm)

Das Monat Oktober, in dem die 4. Frequenzrahmenaufnahme gemacht wurde, ist laut der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik als ein sonniger und warmer Monat beschrieben. ZAMG Klimamonitoring (19.12.2018) Die aufgezeichnete Temperatur aller fünf Bodensensoren zeigen normale Schwankungen während der Tagesverläufe an. Die Vegetation auf den Flächen, in denen die Pflegemaßnahmen durchgeführt worden waren, wies einen ähnlichen Deckungsgrad auf wie jene auf den unbearbeiteten Flächen. Untermauert werden kann das durch die Tatsache, dass der Sensor 4 (Grau) nicht mehr solch auffälligen Temperaturhöchstwerte aufzeichnet.

Trotz der sehr warmen und trockenen Sommermonate pendeln sich Temperatur und Wassergehalt des Bodens im Herbst wieder soweit ein, dass sich die Vegetation von einschneidenden Ereignissen erholen kann. Die hohe Anpassungsfähigkeit und Spezialisierung an Trockenstandorte der unterschiedlichen Arten, ermöglicht es auch diese Vegetationsstrukturen auf künstlich geschaffene Standorte zu etablieren (vgl. Diag. 8-9).

7.4.1 Zusammenfassung

Resümierend zeigt sich, dass die Bodenfeuchte und Bodentemperatur durch viele unterschiedliche Prozesse und Einflüsse permanenten Schwankungen unterliegen, die wiederum erhebliche Auswirkungen auf die Vegetation haben. Schon geringe Unterschiede in der Mächtigkeit des Substrates verändern die Lebensbedingungen für die Flora auf dem Gründach (vgl. Abb. 28).

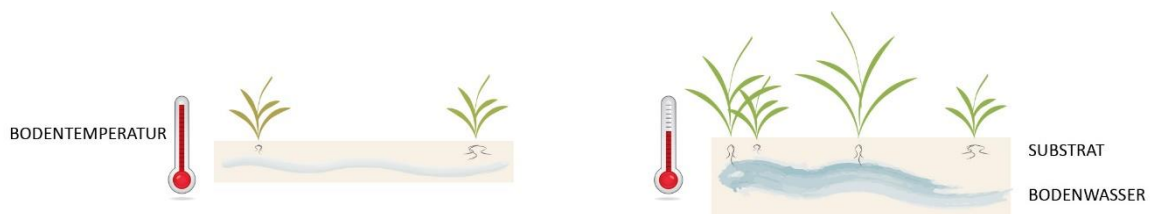


Abbildung 28 Bodentemperaturverhältnisse bei unterschiedlichen Substratmächtigkeiten

In geringen Aufbauten nehmen Temperaturschwankungen im Boden zwischen Tag und Nacht zu (vgl. Abb. 29). Unterschiede von 20-30 °C sind in den Sommermonaten dabei keine Seltenheit (vgl. Diag. 4). Die hohen Temperaturen unter Tags begünstigen eine stärkere Verdunstung des Bodenwassers. Für die Vegetation entstehen in diesen Bereichen, wie auf Versuchsfläche 5, erschwerte Bedingungen und Stresssituationen, die eine geschlossene Vegetationsdecke nur nach mehreren Wachstumsperioden zulassen.

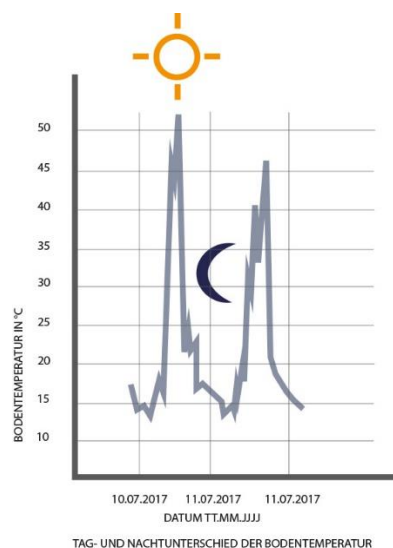


Abbildung 29 Bodentemperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht

Ein wesentlicher Faktor der sowohl die Bodenfeuchte als auch die Temperatur beeinflusst, ist die Beschattung. Zum einen die Beschattung der Versuchsflächen 1 und 2 durch das benachbarte Haus und zum anderen die Beschattung der Bodenoberfläche durch die Vegetationsschicht. Ersteres hat sowohl einen Einfluss auf die Pflanzen per se, als auch auf die Verdunstungsrate des Bodenwassers. Der Schatten des Gebäudes reduziert die Temperaturen auf den Flächen und im Boden während der sonst heißen Mittagsstunden der Sommermonate. Dadurch hält sich die Transpiration der Pflanzen in Maßen und sie benötigen weniger Wasser, welches sie aus dem Boden beziehen. Zusätzlich verhindert die Beschattung des Gebäudes auf vegetationsfreien Stellen die rasche Verdunstung des Bodenwasser (vgl. Abb. 30).

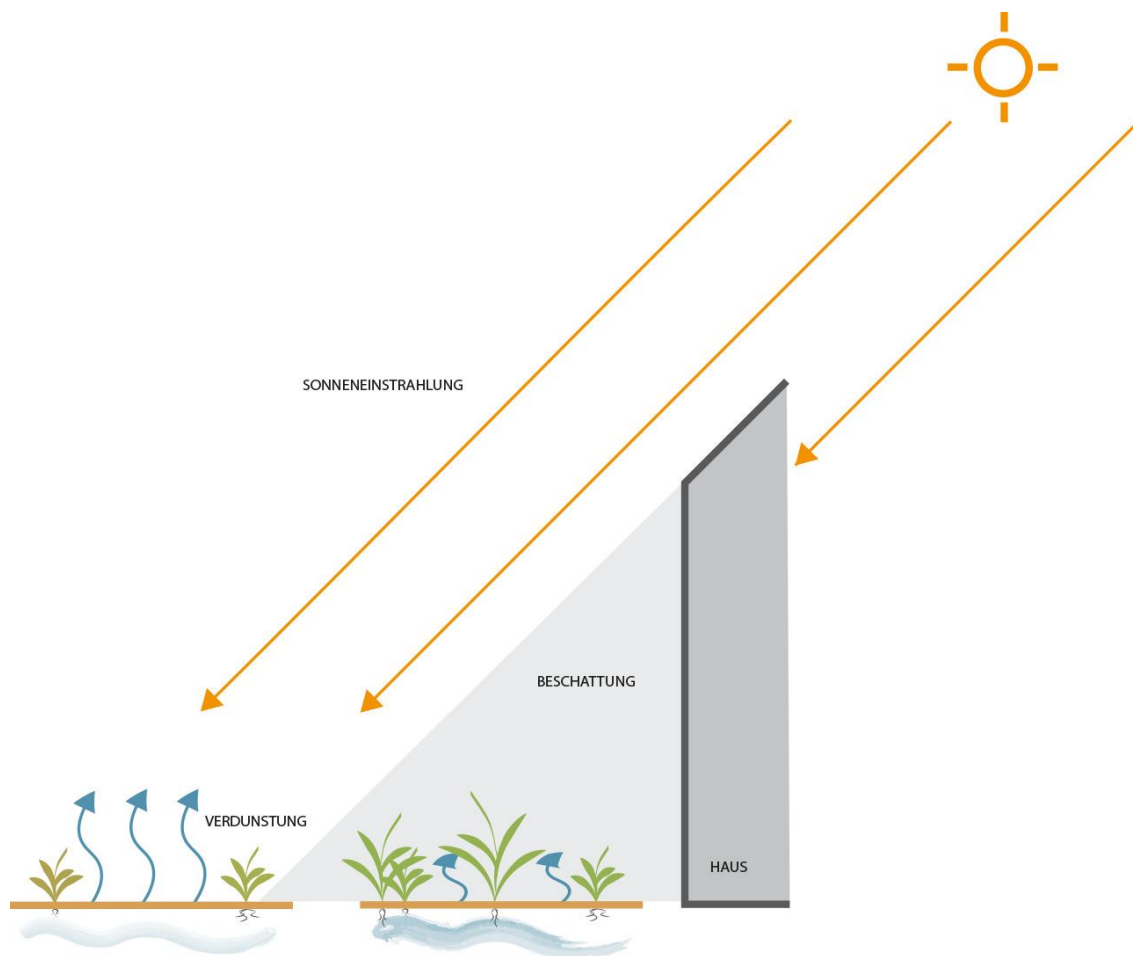


Abbildung 30 Auswirkungen der Beschattung auf die Vegetation

Ähnliche Auswirkungen hat auch die Beschattung der Bodenoberfläche durch eine geschlossene Vegetationsdecke. Jede Pflanze produziert durch ihren Schattenwurf eine eigenes Mikroklima und kühlt somit die Oberfläche (vgl. Kap. 2.2.2 und Abb.31). Dadurch wird die Transpirationsrate des Bodenwassers ebenfalls reduziert. Welche Auswirkungen es hat, wenn die geschlossenen Vegetationsschicht aufgerissen wird, lässt sich im Vergleich der Bodentemperatur und -feuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche vom 07.06.-20.06.2017 nachvollziehen (vgl. Kap. 7.2). Die Mahd, die aus Versuchsgründen am 10.06.2017 auf drei der Versuchsflächen durchgeführt wurde, hatte sowohl Auswirkungen auf die Bodentemperatur als auch auf die Bodenfeuchte und setzte die Pflanzen zusätzlichem Stress aus. Der Zeitpunkt der Pflege ist daher richtig zu wählen um negativ, prägende Einschnitte in die Vegetationsentwicklung zu verhindern.

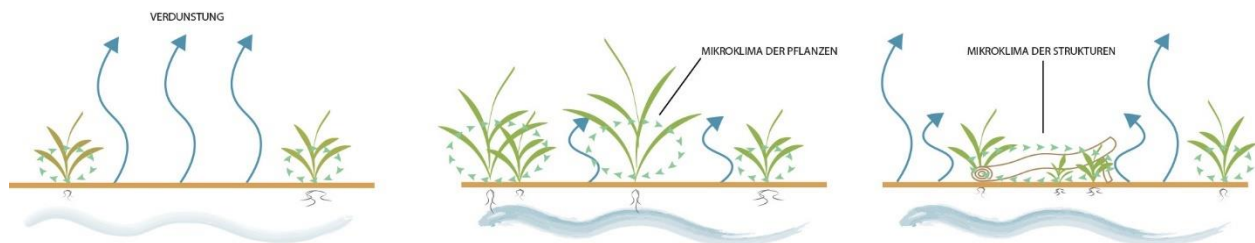


Abbildung 31 Einfluss des Mikroklimas auf die Vegetation

7.4.2 Zusammengefasste Teilergebnisse der Bodentemperatur

In den nachfolgenden Tabellen (vgl. Tab. 6-7) wird nochmal zusammengefasst aufgezeigt, welche Einflussfaktoren auf die Versuchsflächen einwirken und welche Effekte sie auf die Sensoren und in weiterer Folge auf die Vegetation haben.

BT	Einflussfaktoren	Tag und Nacht	Substrattiefe	Mikroklima	Beschattung
					
Sensor 1	Untersuchungszeitraum				
	08.05.-16.05.2017	7-22 °C	10 cm	OHNE ST.	JA
	07.06.-20.06.2017	14-34 °C	10 cm	OHNE ST.	JA
	08.07.-01.08.2017	16-33 °C	10 cm	OHNE ST.	JA
Sensor 2	10.10.-28.10.2017	9-15 °C	10 cm	OHNE ST.	JA
	08.05.-16.05.2017	8-23 °C	19 cm	STHO + STST	JA
	07.06.-20.06.2017	15-39 °C	19 cm	STHO + STST	JA
	08.07.-01.08.2017	15-34 °C	19 cm	STHO + STST	JA
Sensor 3	10.10.-28.10.2017	10-14 °C	19 cm	STHO + STST	JA
	08.05.-16.05.2017	8-25 °C	12 cm	OHNE ST.	NEIN
	07.06.-20.06.2017	15-34 °C	12 cm	OHNE ST.	NEIN
	08.07.-01.08.2017	15-30 °C	12 cm	OHNE ST.	NEIN
Sensor 4	10.10.-28.10.2017	10-14 °C	12 cm	OHNE ST.	NEIN
	08.05.-16.05.2017	7-23 °C	12 cm	STHO	NEIN
	07.06.-20.06.2017	14-56 °C	12 cm	STHO	NEIN
	08.07.-01.08.2017	13-52 °C	12 cm	STHO	NEIN
Sensor 5	10.10.-28.10.2017	9-15 °C	12 cm	STHO	NEIN
	08.05.-16.05.2017	4-31 °C	5,5 cm	OHNE ST.	NEIN
	07.06.-20.06.2017	11-46 °C	5,5 cm	OHNE ST.	NEIN
	08.07.-01.08.2017	12-41 °C	5,5 cm	OHNE ST.	NEIN
	10.10.-28.10.2017	7-17 °C	5,5 cm	OHNE ST.	NEIN

Legende:	
ST.	Struktur
STST	Struktur Stein
STHO	Struktur Holz

Tabelle 6 Zusammengefasste Teilergebnisse der Bodentemperatur

7.4.3 Zusammengefasste Teilergebnisse der Bodenfeuchte

BF	Einflussfaktoren	Tag und Nacht	Substrattiefe	Mikroklima	Beschattung
					
Sensor 1	Untersuchungszeitraum				
	08.05.-16.05.2017	6-7 %	10 cm	OHNE ST.	JA
	07.06.-20.06.2017	0%	10 cm	OHNE ST.	JA
	08.07.-01.08.2017	0-22 %	10 cm	OHNE ST.	JA
Sensor 2	10.10.-28.10.2017	17-21 %	10 cm	OHNE ST.	JA
	08.05.-16.05.2017	5-6 %	19 cm	STHO + STST	JA
	07.06.-20.06.2017	0%	19 cm	STHO + STST	JA
	08.07.-01.08.2017	0-5 %	19 cm	STHO + STST	JA
Sensor 3	10.10.-28.10.2017	6-7 %	19 cm	STHO + STST	JA
	08.05.-16.05.2017	2-3 %	12 cm	OHNE ST.	NEIN
	07.06.-20.06.2017	0%	12 cm	OHNE ST.	NEIN
	08.07.-01.08.2017	5-22 %	12 cm	OHNE ST.	NEIN
Sensor 4	10.10.-28.10.2017	5-8 %	12 cm	OHNE ST.	NEIN
	08.05.-16.05.2017	4-6 %	12 cm	STHO	NEIN
	07.06.-20.06.2017	0-3 %	12 cm	STHO	NEIN
	08.07.-01.08.2017	0-12 %	12 cm	STHO	NEIN
Sensor 5	10.10.-28.10.2017	8-10 %	12 cm	STHO	NEIN
	08.05.-16.05.2017	6-9 %	5,5 cm	OHNE ST.	NEIN
	07.06.-20.06.2017	0-18 %	5,5 cm	OHNE ST.	NEIN
	08.07.-01.08.2017	5-22 %	5,5 cm	OHNE ST.	NEIN
	10.10.-28.10.2017	12-17 %	5,5 cm	OHNE ST.	NEIN

Legende:

ST.	Struktur
STST	Struktur Stein
STHO	Struktur Holz

Tabelle 7 Zusammengefasste Teilergebnisse der Bodenfeuchte

7.5 Beschreibung des untersuchten Materials am Dach des GRG7

Die nachfolgenden Steckbriefe jener Pflanzen die durch angewendete Methoden und visuellen Beobachtungen erfasst wurden, beinhalten den botanischen sowie den deutschen Namen der Pflanze, die Zeigerwerte nach ELLENBERG (1996) (zur besseren Gesamtübersicht der Zeigerwerte aller Arten (vgl. Tab. 8) , eine kurze Beschreibung der vegetativen und generativen Merkmale, ökologische Gesichtspunkte und Informationen zum Vorkommen der Art. Die Zeigerwerte geben einen Einblick über die Ansprüche, die die jeweilige Pflanzenart an ihren Standort stellt (ELLENBERG 1996).

7.5.1 Zeigerwerte der Artenliste nach Ellenberg

Alle in Mitteleuropa vorkommenden Pflanzenarten wurden nach Ellenberg auf ihr ökologisches Verhalten, in Bezug auf einen bestimmten Standortfaktor mit den Ziffern eins bis neun klassifiziert. Ausschließlich der Salzfaktor wird mit einer Null beschrieben und deutet auf eine sehr niedrige Toleranz hin. Laut Ellenberg ist die Einteilung folgendermaßen zu verstehen: „Die Zeigerwerte spiegeln das Vorkommen einer Sippe im Gefälle der Umweltfaktoren unter Freilandbedingungen wider, d. h. bei ausgeprägter zwischenartlicher Konkurrenz. Die Zeigerwerte sagen also nichts über die „Ansprüche“, also das Verhalten in Reinkultur, aus.“ (ELLENBERG 1996). Die Standortfaktoren werden in die Kategorien Klimafaktoren und Bodenfaktoren aufgegliedert.

Klimafaktoren: Lichtzahl (L), Wärmezahl (T), Kontinentalitätszahl (K)

Bodenfaktoren: Feuchtezahl (F), Reaktionszahl (R), Stickstoffzahl (N), Salzzahl (S)

Die Lichtzahl (L) beschreibt die relative Beleuchtungsstärke im Zeitraum der vollen Belaubung einer Art, bei der am Wuchs-Ort verhältnismäßig, diffuse Strahlungswerte durch zum Beispiel Nebel oder bewölktem Himmel auftreten. Dabei reicht die Skala von 1 bis 9, wobei 1 für Tiefschattenpflanzen und 9 für Volllichtpflanzen steht.

(T) stehend für die Wärmezahl, klassifiziert das Vorkommen einer Art im Wärmegefälle vom Bereich der nivalen Zone bis zu den niedrigsten, vorzufindenden Tieflagen. Die Skala reicht ebenfalls von 1 bis 9, wobei 1 für Kältezeiger und 9 für extreme Wärmezeiger steht.

Die Kontinentalitätszahl (K) gibt das Vorkommen einer Art hinsichtlich des Kontinentalgefälles an. Diese Skala reicht von 1, euozianisch bis 9, eukontinental.

Das Artenvorkommen im Zusammenhang mit der Bodenfeuchtigkeit, wird durch die Feuchtezahl (F) kategorisiert. Die Feuchtezahl wird eingeteilt in Werte von 1 bis 12 und zwei Zeichen als zusätzliche Angaben. 1 steht hierbei für Starktrockniszeiger und 12 für Unterwasserpflanzen. Die zwei zusätzlichen Symbole (–) und (=) stehen vor den Zahlen für: ~ Zeigerpflanze für starke Wechsel und = Überschwemmungszeiger.

Die Reaktionszahl (R) klassifiziert das Vorkommen einer Art im Gefälle der Bodenazidität und des Kalkgehaltes. Bei der Skala der Reaktionszahlen, steht 1 für Starksäurezeiger und reicht bis 9, Basen- und Kalkzeiger.

Stickstoffzahl (N) beschreibt die Stickstoffversorgung der Pflanzen in der Vegetationsperiode. Die Zeigerwerte reichen bei der Stickstoffzahl von 1 für extreme Stickstoffarmutzeiger bis 9 für Übermäßige Stickstoffzeiger.

Die Salzzahl (S) beschreibt das Vorkommen einer Art im Gefälle des Bodensalzgehaltes speziell im Wurzelbereich. Die Skala der Salzzahlen reicht hier von 0 bis 9. Dabei steht die 0 für nicht Salzertragende Arten und 9 für euhaline bis hypersaline Arten.

Darüber hinaus gibt es noch zusätzliche Kennzeichnungen wie (x) welches auf ein indifferentes Verhalten in unterschiedlichen Gegenden hinweist. Das (?) steht für ungeklärte Verhaltensweisen der unterschiedlichen Arten in verschiedenen Gebieten (ELLENBERG 1996).

Botanischer Name	L	T	K	F	R	N	S
<i>Alyssum alyssoides</i>	9	6	4	3	8	1	0
<i>Alyssum montanum</i>	9	6	4	2	7	1	0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	x	x	x	x	5	x	1
<i>Arabitopsis thaliana</i>	6	6	3	4	4	4	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	7	x	x	5	x	6	0
<i>Carex caryophylla</i>	8	x	3	4	x	2	0
<i>Carlina vulgaris</i>	7	5	3	4	7	3	0
<i>Cerastium glutinosum</i>	8	6	3	3	6	x	0
<i>Cerastium pumilum</i>	8	7	4	2	8	2	0
<i>Draba verna</i>	8	6	8	3	9	2	0
<i>Festuca ovina</i>	8	7	4	2	x	1	0
<i>Festuca valesiaca</i>	8	7	7	2	7	2	0
<i>Genista pilosa</i>	7	5	4	x	2	1	0
<i>Gentianella austriaca</i>	8	3	4	4	9	2	0
<i>Helianthemum canum</i>	8	7	4	2	9	1	0
<i>Herniaria glabra</i>	8	6	5	3	4	2	0
<i>Hieracium pilosella</i>	7	x	3	4	x	2	0
<i>Holosteum umbellatum</i>	8	6	5	3	x	2	0
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	7	4	2	4	8	x	0
<i>Ononis pusilla</i>	8	5	2	4~	7	2	0
<i>Oxytropis pilosa</i>	9	7	7	1	7	1	0
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	9	7	4	2	7	1	0
<i>Polygala comosa</i>	8	6	6	3	8	2	0
<i>Polygala major</i>	7	7	1	3	9	2	0
<i>Potentilla argentea</i>	9	6	3	2	3	1	0
<i>Primula veris</i>	7	x	3	4	8	3	0
<i>Pulsatilla grandis</i>	9	6	?	3	9	1	0
<i>Scorzonera austriaca</i>	7	7	7	3~	8	2	0
<i>Scorzonera hispanica</i>	7	7	6	4	8	3	0
<i>Sedum acre</i>	8	6	3	2	x	1	1
<i>Sedum album</i>	9	x	2	2	x	1	0
<i>Sedum reflexum</i> 'Angelina'	7	5	4	2	5	1	0
<i>Sedum sexangulare</i>	7	5	4	2	6	1	0
<i>Seseli hippomarathrum</i>	9	8	6	2	9	1	0
<i>Silene vulgaris</i>	8	x	x	4	7	4	0
<i>Teucrium chamaedrys</i>	7	6	4	2	8	1	0
<i>Thlaspi arvense</i>	8	4	2	5	5	4	0
<i>Thymus pannonicus</i> agg.	8	x	4	4	x	1	0
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	9	6	3	6=	7	8	6
<i>Veronica praecox</i>	8	8	5	2	8	1	0
<i>Veronica verna</i>	8	7	6	2	5	2	0

Tabelle 8 Zeigerwerte Artenliste nach Ellenberg (In grün – alle Arten die durch Methoden erfasst wurden)

Alyssum alyssoides Kelch-Steinkraut

L	T	K		F	R	N		S
9	6	4		3	8	1		0

Tabelle 9 Zeigerwerte von *Alyssum alyssoides* nach ELLENBERG (1996)



Das Kelchsteinkraut ist ein reichblütiges Kreuzblütengewächs mit einer kopfigen Traube. Die Blüten sind gelb und verblassen beim Verblühen. Nach der Blüte bringt die 5-20 cm große Pflanze behaart, rundliche Früchte hervor. Die Blätter sind schmal eiförmig, ca. zwei cm lang und ganzrandig, spitz zulaufend. Sie blüht von April bis September.

Die einjährige Pflanze kommt vorwiegend auf Unkrautfluren, im Grasland und in Pioniergesellschaften vor. Sie bevorzugt stickstoffsalzarme und basenreiche Böden und ist ein Trockenzeiger (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Abbildung 32 *Alyssum alyssoides*
MRKVICKA (02.07.2004)

Anthoxanthum odoratum Gewöhnliche Ruchgras

L	T	K		F	R	N		S
x	x	x		x	5	x		1

Tabelle 10 Zeigerwerte von *Anthoxanthum odoratum* nach ELLENBERG (1996)



Ein ausdauerndes Ährenrispengras mit einer graugrünen Blattfärbung. Die gelblich gefärbte Ährenrispe wird 2-8 cm lang und trägt dreiblütige Ärchen. Die Pflanze wird 30-50 cm selten bis 80 cm hoch und blüht von April bis Juni.

Häufig in Magerrasengesellschaften und in mageren Wäldern zu finden. Bevorzugt basenreiche Böden an hellen Standorten mit mäßig feuchtem Untergrund und geringem Nährstoffgehalt (FISCHER et al. 2015).

Abbildung 33 *Anthoxanthum odoratum*
MRKVICKA (02.05.2007)

Arabidopsis thaliana Acker-Schmalwinde

L	T	K		F	R	N		S
6	6	3		4	4	4		0

Tabelle 11 Zeigerwerte von *Arabidopsis thaliana* nach ELLENBERG (1996)



Die einjährige, krautige Pflanze erreicht eine Wuchshöhe von 5-40 cm. Sie ist oft verzweigt mit runden Stängeln. Die in einer Rosette grundständig, entspringenden Blätter sind meist ganzrandig, oval und erreichen eine Länge von ca. 3 cm. Die Kronblätter der Kreuzblüte haben eine weiße Farbe und werden 2-4mm lang. An abstehenden Stielen bildet die Pflanze die markanten, 1-2 cm langen Schotenfrüchte aus.

Die Acker-Schmalwinde bevorzugt lockere sandige Böden in Ackerbegleitfluren oder Magerrasen. Sie ist ein Trocken- bis Frischezeiger (FISCHER et al. 2015).

Abbildung 34 *Arabidopsis thaliana* MRKVICKA (02.07.2004)

Capsella bursa-pastoris Gewöhnliches Hirtentäschel

L	T	K		F	R	N		S
7	x	x		5	x	6		0

Tabelle 12 Zeigerwerte von *Capsella bursa-pastoris* nach ELLENBERG (1996)



Die weißen Blüten der Pflanze treten als doldige Traube an der Spitze hervor. Die Herzförmigen Früchte sind flach und sitzen am spitzen Ende auf. Rosettig angeordnete Grundblätter und gegenständige Laubblätter säumen den Stiel. Die einjährige Pflanze blüht von Februar bis November und wird 5-50 cm groß.

Dieser Frischezeiger bevorzugt mäßig stickstoffsalzreichen Boden und ist häufig in Unkrautfluren wie an Wegrändern, Äckern und Gärten zu finden (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Abbildung 35 *Capsella bursa-pastoris* MRKVICKA (22.04.2004)

Carex caryophyllea Frühlings-Segge

L	T	K		F	R	N		S
8	x	3		4	x	2		0

Tabelle 13 Zeigerwerte von *Carex caryophyllea* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 36 *Carex caryophyllea* NUSSE (15.05.2017)

Die ausdauernde, krautige Pflanze ist ein Geophyt und erreicht eine Wuchshöhe von 10-30 cm. Die in Blattscheide und Blattspreite gegliederten Laubblätter sitzen an den Narben des behaarten Stängels.

Zu finden diese Pflanze auf Silikatmagerrasen, Trocken- und Halbtrockenrasen sowie auf Zwergstrauchheiden. Sie bevorzugt sandige, mäßig basenreiche Böden und ist ein Trocknis- bis Frischezeiger (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Cerastium glutinosum Kleb-Hornkraut s.p.

L	T	K		F	R	N		S
8	6	3		3	6	x		0

Tabelle 14 Zeigerwerte von *Cerastium glutinosum* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 37 *Cerastium glutinosum*
MRKVICKA (27.04.2004)

Diese Pflanze gehört ebenfalls zur Artengruppe der Niedrighornkräuter und weist identische Merkmale zum *Cerastium pumilum* Eigentliches Niedrighornkraut auf ist jedoch ein Trockenzeiger und bevorzugt mäßig saure Böden (FISCHER et al. 2015).

Cerastium pumilum Eigentliches Niedrighornkraut

L	T	K		F	R	N		S
8	7	4		2	8	2		0

Tabelle 15 Zeigerwerte von *Cerastium pumilum* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 38 *Cerastium pumilum* MRKVICKA (06.04.1999)

Das zu der Artengruppe der Niedrighornkräuter gehörende Kleb-Hornkraut bringt 5-15 Blüten auf gabelig-rispigen Blütenständen hervor. Die fünf, weißen Blütenblätter sind über $\frac{1}{4}$ der Länge eingekerbt. Die Laubblätter sind eilanzettlich und gegenständig. Die einjährige Pflanze erreicht eine Wuchshöhe von 2-25 cm und blüht von März bis Mai.

Sie bevorzugt basenreiche, kalkhaltige und stickstoffsalzarme Böden. Man findet die Pflanze häufig in lockeren Trockenrasen- und Ruderalgesellschaften (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997, FISCHER et al. 2015).

Draba verna Hungerblümchen (gefährdete Art)

L	T	K		F	R	N		S
8	6	8		3	9	2		0

Tabelle 16 Zeigerwerte von *Draba verna* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 39 *Draba verna* MRKVICKA (12.04.2004)

Die Blütenfarbe der 2-15 cm großen Pflanze ist Weiß. Sie bringt in Form einer doldigen Traube, im Durchmesser von 2-5 mm große Blüten hervor. Nach der Blüte bilden sich eiförmige Schötchen aus. Die Pflanze besitzt Grundblätter die lanzettlich bis eiförmig, rosettig um den Stiel angeordnet sind. Die einjährige Pflanze braucht stickstoffsalzarme und leicht basische Böden und ist ein Trockenzeiger. Sie ist an Wegrändern genauso wie im Grasland und in Unkrautgesellschaften zu finden (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Festuca valesiaca Walliser Schwingel

L	T	K		F	R	N	S
8	7	7		2	7	2	0

Tabelle 17 Zeigerwerte von *Festuca valesiaca* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 40 *Festuca valesiaca* Nusser (26.04.2017)

Die zu den Süßgräsern und ausdauernden Art aus der Gattung der Schwingel gehörende Pflanze, wird 20-30 cm groß und blüht von Mai bis Juli. Die Rispen werden bis zu 12 cm lang und tragen länglich-ovale Ährchen. Diese bestehen unter anderem aus einer lanzettlichen Hüllspelze und einer begrannten oder unbegrannten Deckspelze. Der Walliser Schwingel hat eine horstige Wuchsform und eine dunkelgrüne bis blaugraue Färbung.

Bevorzugt besonders basische, stickstoffsalzarme Böden in Trockenrasengesellschaften (FISCHER et al. 2015).

Genista pilosa Behaarter Ginster

L	T	K		F	R	N	S
7	5	4		x	2	1	0

Tabelle 18 Zeigerwerte von *Genista pilosa* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 41 *Genista pilosa* MRKVICKA (26.05.2003)

Die zu den Fabaceae gehörende, 10-40 cm große Pflanze, bringt gelbe Blüten hervor die der Blattachsel entspringen. Die Blüten sind ca. einen Zentimeter lang und leicht behaart. Der behaarte Ginster blüht von April bis August. Auf den dornlosen Zweigen wachsen die wechselständig angeordneten und eiförmigen Blätter.

Bevorzugt basenarme und besonders stickstoffsalzarme Böden, die in einem Klima mit höherer Luftfeuchtigkeit liegen. Sie ist in Trockenrasengesellschaften, Heiden sowie in lichten Wäldern vorkommend (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Herinaria glabra Kahles Bruchkraut

L	T	K		F	R	N		S
8	6	5		3	4	2		0

Tabelle 19 Zeigerwerte von *Herinaria glabra* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 42 *Herinaria glabra* MRKVICKA
(26.06.2004)

Das kahle Bruchkraut gehört zu den mehrjährigen Arten und blüht von Juni bis Oktober. Die Stängel der Pflanze werden bis zu 30 cm lang und bilden sich in einer, meist kriechender Wuchsform aus. Die unscheinbaren Blüten haben weiße Kronblätter die häufig nicht ausgebildet werden. Die lanzettlich bis dreieckigen Nebenblätter sind wie der Stängel unbehaart.

Vorwiegend kommt diese Art auf sandigen Trockenrasengesellschaften und Heiden vor, ist aber auch häufig auf basenreichen Ruderalflächen zu finden und bevorzugt Stickstoffarme Böden (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Hieracium pilosella Kleines Habichtskraut

L	T	K		F	R	N		S
7	x	3		4	x	2		0

Tabelle 20 Zeigerwerte von *Hieracium pilosella* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 43 *Hieracium pilosella* MRKVICKA
(27.09.2001)

Die Körbchen des Korbblütengewächses, bestehen nur aus Zungenblüten und stehen einzeln. Die ausdauernde Pflanze produziert Milchsaft und erreicht eine Wuchshöhe von 5-30 cm. Sie blüht von Mai bis Oktober und verbreitet sich über Samen sowie über oberirdische Ausläufer. Der Stängel ist blattlos und leicht behaart. Die länglichen Rosettenblätter sind auf der Oberseite behaart und haben eine länglich-ovale Form.

Typisch an Pionierstandorten, Waldbeständen und im Grasland wie Heiden und Trockenrasen und am Waldrand. Benötigt stickstoffsalzarme Böden und ist ein Trocknis- bis Frischezeiger (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Petrorhagia saxifraga Felsennelke

L	T	K		F	R	N		S
9	7	4		2	7	1		0

Tabelle 21 Zeigerwerte von *Petrorhagia saxifraga* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 44 *Petrorhagia saxifraga*
MRKVICKA (24.06.2003)

Die ausdauernde Pflanze, die zu der Familie der Nelkengewächse gehört, erlangt eine Wuchshöhe zwischen 10-25 cm und blüht zwischen Juni und Oktober. Die ca. einen Zentimeter großen Blüten stehen meistens einzeln und besitzen fünf blassrosa gefärbte Kronenblätter. Die zwei griffeligen Blüten werden am Grund von einer Hülle gefasst. Auf den zarten Stielen entspringen die, gegenständig ca. zwei Zentimeter langen und spitzen Laubblätter

Wächst auf stickstoffsalzarme, lockeren Böden in Trocken- und Felsrasengesellschaften und ist ein Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Sedum acre Scharfer Mauerpfeffer

L	T	K		F	R	N		S
8	6	3		2	x	1		1

Tabelle 22 Zeigerwerte von *Sedum acre* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 45 *Sedum acre* Nusser (26.04.2017)

Gehört zu den Dickblattgewächsen und erlangt eine Wuchshöhe zwischen 3-15 cm. Die zart gelblichen Blüten sitzen an einem traubig-doldigen Blütenstand. Der scharfe Mauerpfeffer blüht zwischen Juni und August und ist eine ausdauernde Pflanze. Die fleischigen Blätter sind zwischen 2-4 cm lang und eiförmig-spitz zulaufend. Dabei ist die Oberseite abgeflacht und die Unterseite gewölbt.

Zu finden auf Pionierstandorten wie Felsspalten, Mauern und Bahntrassen aber auch im Grasland vorkommend. Bevorzugt stickstoffsalzarme aber kalkreichen Untergründe und ist ein Starktrocknis- bis Trockniszeiger (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Sedum album Weiß-Mauerpfeffer

L	T	K		F	R	N		S
9	x	2		2	x	1		0

Tabelle 23 Zeigerwerte von *Sedum album* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 46 *Sedum album* MRKVICKA
(09.08.2004)

Die ausdauernde Pflanze bringt einen doldenartigen Blütenstand mit weißen bis rosafarbene Blüten hervor. Die fünf Kronenblätter sind ca. drei Millimeter lang und von einem fünfteiligen Kelch umgeben. Der Weiß-Mauerpfeffer blüht zwischen Juli und August. Die 7-13 mm langen Laubblätter sind wechselständig und sie übernehmen mit ihrer fast stielrunden Form, eine sukkulente Funktion.

Liebt stickstoffsalzarme aber kalkreichen Untergründen auf Pionierstandorten wie Felsspalten, Mauern und Bahntrassen aber auch im Grasland und ist ein Starktrocknis- bis Trockniszeiger (FISCHER et al. 2015).

Sedum reflexum Felsen-Fetthenne

L	T	K		F	R	N		S
7	5	4		2	5	1		0

Tabelle 24 Zeigerwerte von *Sedum reflexum* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 47 *Sedum reflexum* Nusser
(27.10.2017)

Der krautige Chamaephyt ist eine mehrjährige Pflanze, die eine Wuchshöhe von 20 cm erreichen kann, bringt fleischige, nadelartige und dünne Laubblätter hervor. Der doldige Blütenstand trägt schuppige Blätter und trägt grünlich-gelbe, sechszählige Blüten die einen Durchmesser von 10 mm haben können.

Zu finden ist die Felsen-Fetthenne in lichten Pioniergesellschaften. Häufig auf Feinschutthalden, Felsrasen, Dünen oder auf Mauerkronen anzufinden. Sie bevorzugt mäßig-saure Böden und ist ein Extremer Stickstoffarmutzeiger (FISCHER et al. 2015).

Silene vulgaris Leimkraut

L	T	K		F	R	N	S
8	x	x		4	7	4	0b

Tabelle 25 Zeigerwerte von *Silene vulgaris* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 48 *Silene vulgaris* MRKVICKA (10.09.2004)

Die Ausdauernde und ca. 20-50 cm große Pflanze, blüht von Juni bis August. Die Blüten haben eine weiße bis leicht rosa Färbung und zeichnen sich durch die ballonartigen Kelche aus, die einem gabelig-doldigen Blütenstand entspringt. Die eiförmig-lanzettlichen Laubblätter sind gegenständig.

Zu finden ist das Leimkraut vorwiegend im Grasland sowie auf Pionierstandorten wie zum Beispiel auf Trockenrasen, lichte Wälder und Wegrändern. Sie liebt stickstoffsalzarme, basenreiche Böden (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Thlaspi arvense Acker-Hellerkraut

L	T	K		F	R	N	S
8	4	2		5	5	4	0

Tabelle 26 Zeigerwerte von *Thlaspi arvense* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 49 *Thlaspi arvense* MRKVICKA (24.06.2003)

Bei einer Wuchshöhe von 10-40 cm kann diese krautige Pflanze eine Wurzel ausbilden, die bis zu 40 cm in den Boden ragen kann. Das Acker-Hellerkraut ist gänzlich unbehaart und bildet eiförmige, ganzrandige oder gezähnte Blätter aus. Die reichblütigen Trauben bringen Kreuzblüten mit weißen Kronblättern hervor. Die Blütezeit ist von April bis Juni danach bildet die einjährige Pflanze fast kreisrunde Schoten aus. Das Acker-Hellerkraut kommt in Gesellschaften der Ackerbeikräuter vor und bevorzugt humose, nährstoffreiche Böden (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Tripleurospermum inodorum Geruchlose Kamille

L	T	K		F	R	N		S
9	6	3		6=	7	8		6

Tabelle 27 Zeigerwerte von *Tripleurospermum inodorum* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 50 *Tripleurospermum inodorum* Nusser (26.04.2017)

Die Röhrenblüten der einjährigen Pflanze, sitzen in einem Körbchen mit einem Durchmesser von ca. 3 cm. Diese sind gelb und umgeben von weißen Zungenblüten. Die geruchlose Kamille blüht von Juni bis Oktober und kann eine Größe von bis zu 80 cm erreichen. Die Blätter sind kräftig verzweigt und 2-3fach fiederteilig.

Vorwiegend auf Unkrautfluren wie Brachen, Getreideäckern oder Wegrändern zu finden. Benötigt einen stickstoffsalz- und basenreichen Lehm Boden und ist ein Frische- bis Feuchtezeiger (AICHELE und GOLTE-BECHTLE 1997).

Veronica praecox Früher Ehrenpreis (gefährdete Art)

L	T	K		F	R	N		S
8	7	6		2	5	2		0

Tabelle 28 Zeigerwerte von *Veronica praecox* nach ELLENBERG (1996)



Abbildung 51 *Veronica praecox* MRKVICKA (18.04.2004)

Sie wird 3-20 cm groß und ist eine annuelle Pflanze, die eine 4-6 mm große, bläuliche Blüte hervorbringt. Die Deck- und Laubblätter sind kerbsäbig bis federspaltig und auf der Oberseite leicht behaart. Das kahle Bruchkraut blüht von April bis Mai und bildet danach kleine bräunliche Samen aus.

Zu finden ist diese Art in lückigen Stellen auf Trockenrasengesellschaften sowie auf Äckern aber auch Brachen mit kalkigem Untergrund. Der Mäßigsäurezeiger ist eine seltene Art und daher schützenswert (FISCHER et al. 2015)

7.6 Auswertung der Frequenz und der Dominanz erfasster Arten am Dach des GRG7

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Frequenz der einzelnen Arten durch die Frequenzrahmenanalyse sowie die Dominanz auf den einzelnen Versuchsflächen dargestellt und die Grafiken beschrieben und analysiert.

7.6.1 Auswertung der Aufnahmen mit Frequenzrahmen

Verglichen werden zuerst die einzelnen Flächen über den gesamten Untersuchungszeitraum unter Berücksichtigung abiotischer und biotischer Faktoren. Beschrieben werden die Veränderungen der Artenfrequenz. Um die Auswertung besser beschreiben zu können, wird das Konzept der Leitarten herangezogen. Dieses beschreibt ausgewählte Arten, die auf Grund von Thesen eine bestimmte Entwicklung aufweisen. Einzugliedern sind die Arten in folgende Kategorien:

- Permanente Arten: ständig vorhandene aber sich im Deckungsgrad ändernde Arten
- Regressive Arten: Arten die über den Untersuchungszeitraum verschwinden
- Progressive Arten: Treten im Laufe der Untersuchung hinzu
- Wiederkehrende Arten: punktuell vorhandene und immer wiederkehrende Arten

AICHHORN & KURTZ (2007)

7.6.2 Auswertung der pflanzensoziologischen Aufnahme zur Erhebung der Dominanz

Die Aufnahme zum Deckungsgrad wurde durchgeführt am 02.05.2018. Mit Hilfe der Artenmächtigkeitsskala nach GEHLKER (1976) wurde auf jeder Versuchsfläche, die Dominanz, nach visueller Beobachtung, eingeschätzt. Die Versuchsflächen wurden jeweils in die unterschiedlichen Arten, vorhandenen Strukturen und vegetationsfreie Bereiche aufgegliedert und visuell in Gruppen zusammengefügt. Anschließend konnten die Flächen der einzelnen Gruppen in Prozent geschätzt werden. Die ermittelten Prozentzahlen ergaben in Summe die momentane Dominanz. Angefertigte Handgrafiken, die der Dokumentation und besserer Orientierung hinsichtlich der Einschätzung dienten, wurden im Anschluss mit Auto CAD digitalisiert. Aus den nachgezeichneten Flächen konnte der genaue Flächeninhalt ermittelt werden. Dies ermöglichte eine nachträgliche Kontrolle der Schätzungen und konkretisierte das Ergebnis weiter. Zu jeder Versuchsfläche ist in den nachfolgenden Unterkapiteln ein Foto, die Digitalisierung der Versuchsfläche sowie ein Kreisdiagramm mit der prozentuellen Verteilung der Dominanz und eine Tabelle zur Artenmächtigkeit nach Braun-Blanquet angeführt.

7.7 Frequenz der Versuchsfläche 1 ohne Strukturbildner (Substrathöhe 9-13 cm), beschattet

Die erste Aufnahme am 26.10.16 zeigt, dass die permanenten Arten *Festuca valesiaca* und *Petrorhagia saxifraga* sich gut etablieren konnten und jeweils eine Frequenz von $f=31$ und $f=35$ aufwiesen. Zu den regressiven Arten zählen *Alyssum alyssoides*, *Alyssum montanum*, *Silene vulgaris* und *Carex caryophylla*. Die zweite Wachstumsperiode wurde dominiert von dem Walliser Schwingel was sich sehr nachteilig auf die regressiven Arten ausgewirkt hat. Es ist zu vermuten, dass das Wachstum der Gattung *Alyssum*, im Schatten der Süßgräser unterbunden wurde und so zum Verschwinden führte.

Zu den immer wieder auftkommenden Arten gehört *Capsella bursa-pastoris*, die auch außerhalb der Versuchsfläche immer wieder auftauchte. Als progressive Arten traten relativ spät im Jahr (2017) *Hieracium pilosella* und *Sedum acre* hervor (vgl. Diag. 10).

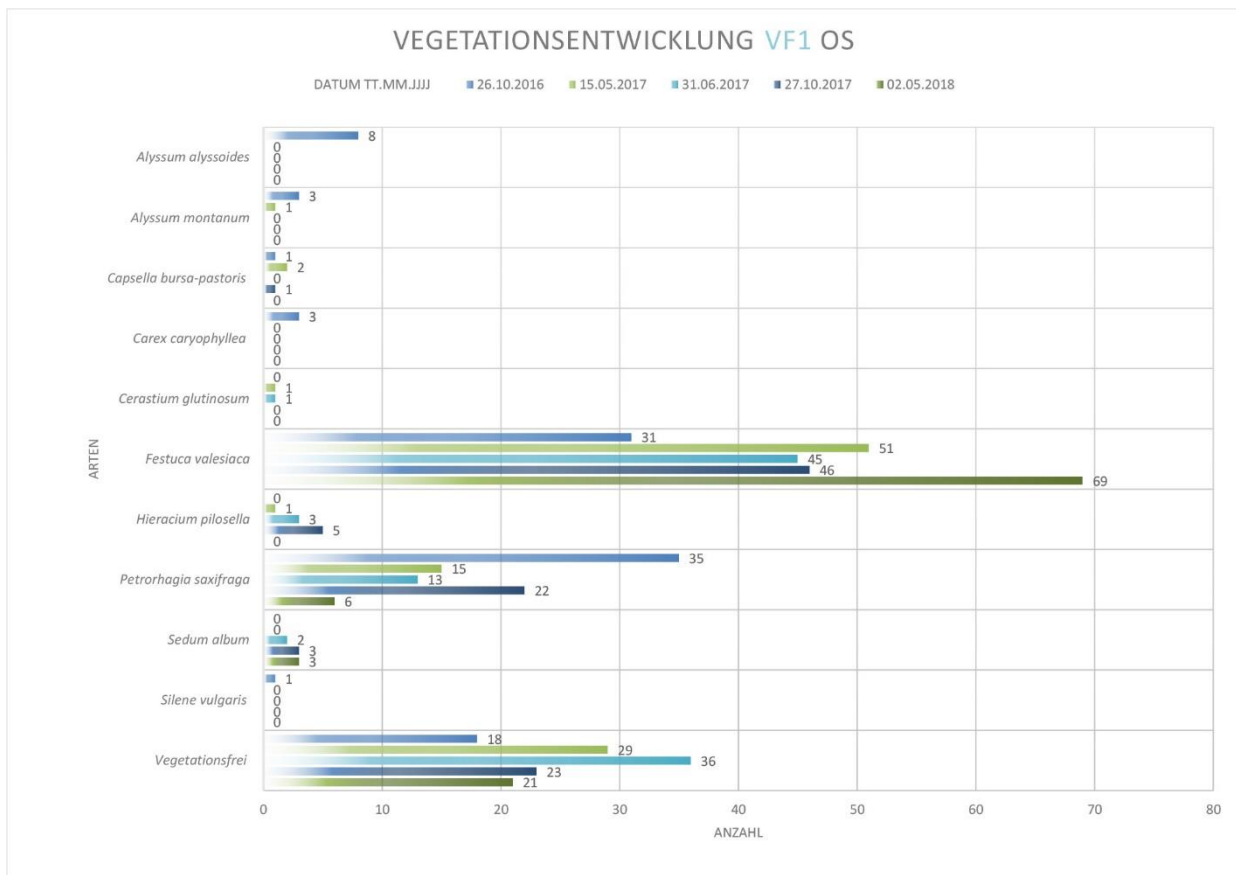


Diagramm 10 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 1

7.8 Deckungsgrad der **Versuchsfläche 1** ohne Strukturbildner (Substrathöhe 9-13 cm), beschattet

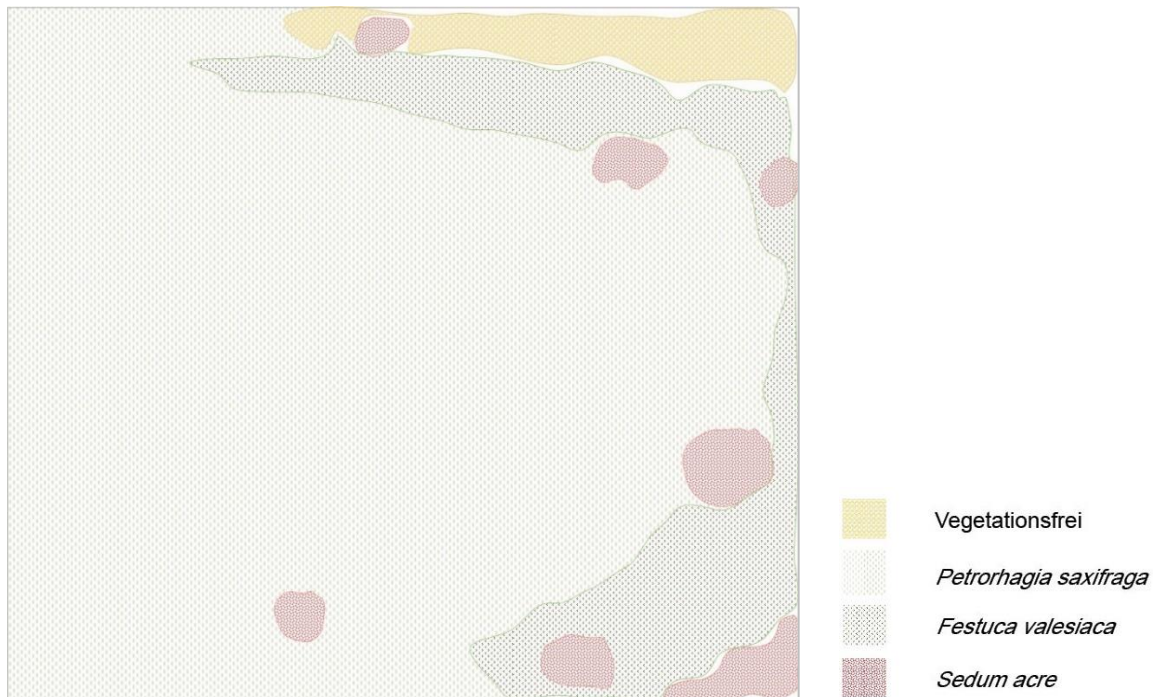


Abbildung 52 Darstellung der Vegetation auf Versuchsfläche 1, (18.06.2018)

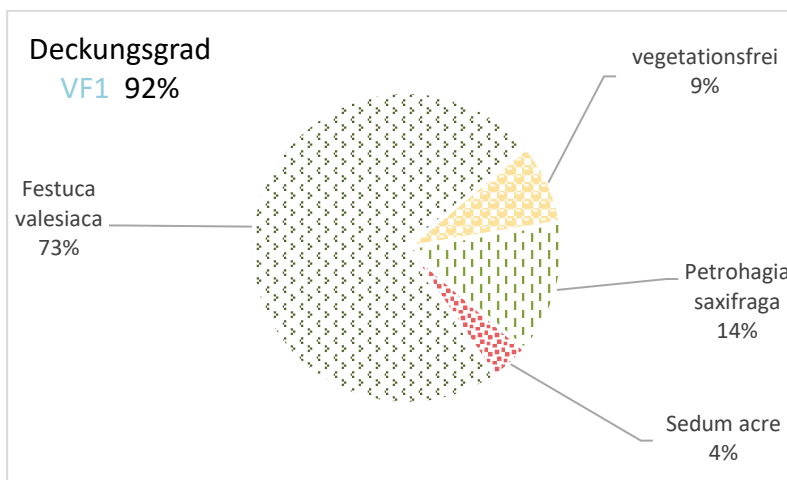


Abbildung 53 Deckungsgrad der VF1 in Prozent, (18.06.2018)

Versuchsfläche 1	ARTEN & STRUKTUREN	DECKUNGSGRAD in %	NACH BRAUN-BLANQUET
	Vegetationsfrei	9	/
	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	14	2b
	<i>Sedum acre</i>	4	1
	<i>Festuca valesiaca</i>	73	4

Tabelle 29 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)



Abbildung 54 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 1, (02.05.2018)

Der Deckungsgrad der Versuchsfläche 1 beträgt nach den Schätzungen 92% (vgl. Abb. 53. Und Tab. 29.). Wie den oberen Grafiken und der der Frequenzanalyse, die zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt wurde, zu entnehmen ist. Der Großteil der Fläche wird von *Festuca valesiaca* dominiert. Sie bildet gemeinsam mit *Petrorhagia saxifraga* und *Sedum acre* die permanenten Arten. Im Verhältnis zum Rest, nimmt die Art *Festuca valesiaca* mit rund 73% knapp Dreiviertel der Gesamtfläche ein. Die starke Dominanz des Walliser Schwingels ist auf die optimalen Standortbedingungen zurückzuführen. Eine ausreichende Mächtigkeit des Substrates von 11 cm und eine längere Beschattungsdauer, führten im Untersuchungszeitraum zu einer starken Etablierung des Grases. Hingegen nehmen die Arten *Petrorhagia saxifraga* und *Sedum acre* jeweils nur 14% und 4% ein. Dies verdeutlicht die stark verdrängende Wirkung des Grases gegenüber anderen Arten. Progressive Arten wie *Alyssum alyssoides* oder *Cerastium glutinosum* finden unter diesem Konkurrenzdruck nur schwer Platz sich zu etablieren.

Die vegetationsfreien Bereiche betragen hinsichtlich der Gesamtfläche 4%. Laut PERATONER & PÖTSCH (2015) entspricht ein Deckungsgrad von 93%, einer optimalen Artenmächtigkeit auf der untersuchten Fläche. Jedoch ist das Artenverhältnis zwischen Gräsern, Kräutern und Sedum auf dieser Versuchsfläche nicht ausgeglichen da das Gras sehr stark dominiert. Auffällig ist, dass sich die Art *Petrorhagia saxifraga* vorwiegend im Randbereich etablieren konnte. Dies ist nach Beobachtungen zurückzuführen auf die Beschattungsgrenze, die in etwa in diesem Bereich verläuft.

7.9 Frequenz **Versuchsfläche 2** mit Strukturbildner (Substrathöhe 12-19 cm), beschattet

Klar erkennbar sind in der ersten Wachstumsperiode die zwei dominanten Arten *Alyssum alyssoides* und *Festuca valesiaca*. Arten wie *Petrorhagia saxifraga* und *Sedum acre*, die sich erst im kommenden Jahr etablieren konnten, litten im Verhältnis zur Vergleichsfläche **VF1** unter der starken Ausbreitung des Walliser Schwingels. In der zweiten Wachstumsperiode reduzierte sich die Anzahl einiger Arten hin gegen Null, was zurückzuführen ist auf die starke Dominanz der Süßgräser sowie auf die sich immer stärker ausbreitenden Arten, *Petrorhagia saxifraga* und *Sedum acre*. Die längere Beschattungsdauer durch das angrenzende Haus, ermöglichte es diversen Arten sich schneller zu etablieren und auch länger andauernde Trockenperioden besser zu überstehen. Es zeigt sich an der hohen, beziehungsweise ansteigenden Frequenz, dass die Arten *Festuca valesiaca*, *Petrorhagia saxifraga* und *Sedum acre* zu den permanenten Arten zu zuordnen sind. Hingegen verschwinden die Arten *Alyssum alyssoides*, *Carex caryophyllea* und *Hieracium pilosella* und bilden somit die regressiven Arten. Zu den Wiederkehrenden Arten gehört in dieser Versuchsfläche *Cerastium glutinosum* (vgl Diag. 11).

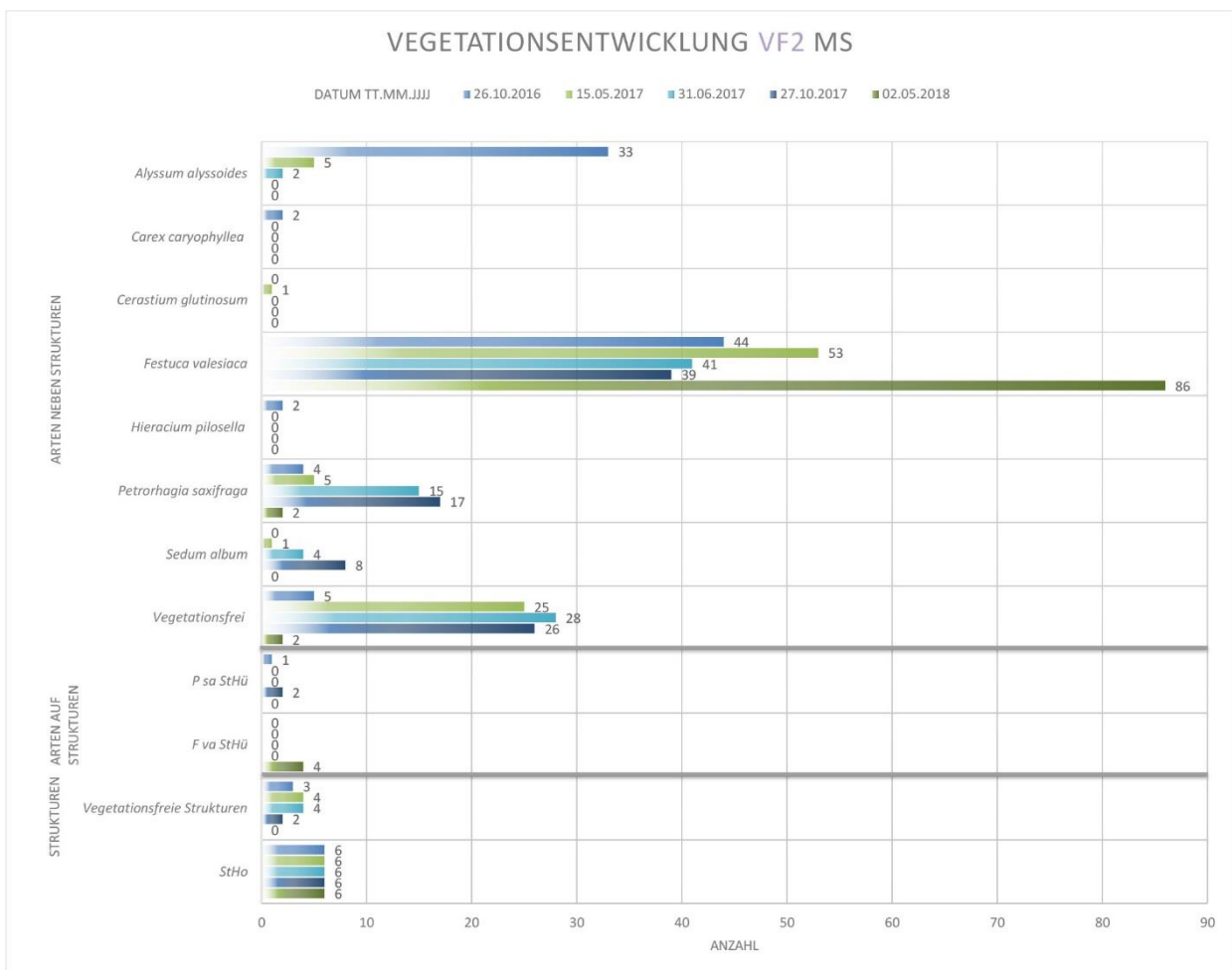


Diagramm 11 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 2

7.10 Deckungsgrad der **Versuchsfläche 2** mit Strukturbildner (Substrathöhe 12-19 cm), beschattet



Abbildung 55 Deckungsgrad der Versuchsfläche 2, (18.06.2018)

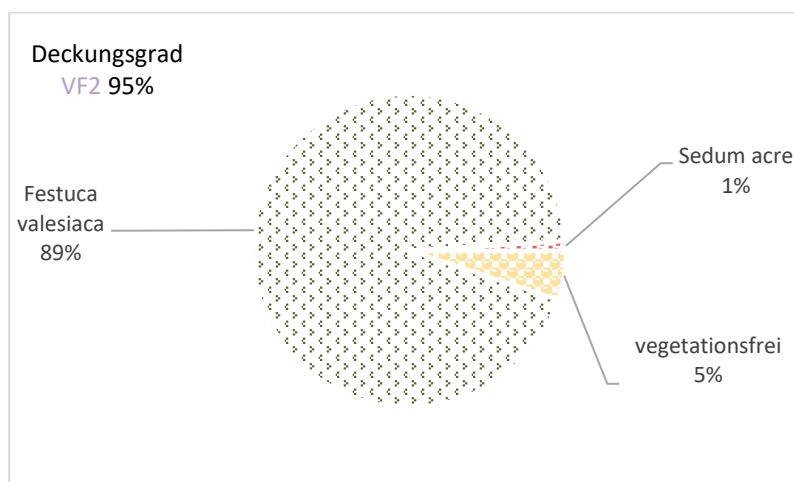


Abbildung 56 Deckungsgrad der VF2 in Prozent, (18.06.2018)

Versuchsfläche 2	ARTEN & STRUKTUREN	DECKUNGSGRAD %	NACH BRAUN-BLANQUET
	Vegetationsfrei	5	/
	<i>Festuca valesiaca</i>	89	5
	<i>Sedum acre</i>	1	+

Tabelle 30 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)



Abbildung 57 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 2, (02.05.2018)

Versuchsfläche 2 weist mit 95% den höchsten Deckungsgrad aller Flächen auf (vgl. Abb. 56 und Tab. 30). Dies ist zurückzuführen auf die dominante Ausbreitung von *Festuca valesiaca*. Mit einem geschätzten Wert von 89% ist diese, die permanente Art neben *Sedum Acre* und dem vereinzelt Aufkommen von *Petrorhagia saxifraga*. Das Gras konnte sich durch die längere Beschattung besser etablieren als andere Kräuter. Der Schatteneinfluss birgt für den Walliser Schwingel der gleiche Vorteil wie auf Versuchsfläche 1. Dieser kann sich besser etablieren als auf den unbeschatteten Flächen. Im Gegensatz zu Versuchsfläche 1 wurde auf dieser Fläche das Gras im Vorjahr nicht gemäht, wodurch sich abgestorbene Pflanzeneile des Grases verfilzt haben. Es bildete sich eine dichte Vegetationsdecke aus abgestorbenen und lebenden Pflanzenteilen.

Andere Arten wie *Sedum acre* können sich zusehend in den Randbereichen etablieren und bilden immer größere Verbände. Zum Zeitpunkt der Aufnahmen beschränkte sich die geschätzte Dominanz dieser Art auf rund 1% der Gesamtfläche. Der Deckungsgrad hat hier ein Optimum erreicht. Jedoch ist wie auf Versuchsfläche 1 auch hier das Verhältniss zwischen Kräutern und Gräsern unausgeglichen. Wünschenswert wäre, dass der Anteil der Kräuter zunimmt und sich gegenüber dem Gras behauptet. Dies kann durch gezielte Pflegemaßnahmen, wie in nachfolgenden Kapiteln, Mahd und ihre Auswirkungen auf die Vegetation und dem darauffolgenden Pflegekonzept erläutert wird, entnommen und angewendet werden.

7.11 Versuchsfläche 3 Ohne Strukturbildner (Substrathöhe 10-15 cm), nicht beschattet

Die nicht mehr im beschatteten Bereich des Hauses, liegende Versuchsfläche wird durchgehend von den permanenten Arten *Petrorhagia saxifraga* und *Festuca valesiaca* beherrscht. Abzulesen ist, dass in der ersten Wachstumsperiode die Felsennelke dominiert, im darauffolgenden Jahr aber durch die langanhaltende Trockenperiode knapp um die Hälfte der Frequenz abnimmt bevor sie sich wieder erholen kann. Hingegen weist die Frequenz des Walliser Schwingels nur einen kleinen Einbruch auf. Anders die Verteilung auf der Hügelstruktur. Die dominierende Art ist über die ersten drei Aufnahmen hin, das Süßgras. Nach der Trockenperiode verschwindet das Gras und im Gegenzug kann sich die Felsennelke als erstes etablieren.

Zu den regressiven Arten gehören, wie bei den anderen Versuchsflächen, *Alyssum alyssoides*. Anfangs noch stark vertreten, kann es sich durch die Ausbreitung von Samen nicht behaupten. Die zweite regressive Art *Carex caryophyllea*, verschwindet nach der Trockenperiode. *Sedum acre* und *Capsella bursa-pastoris* werden zu den progressiven Arten gezählt, da sie sich beide erst nach der Trockenperiode ansiedeln konnten (vgl. Diag. 12).

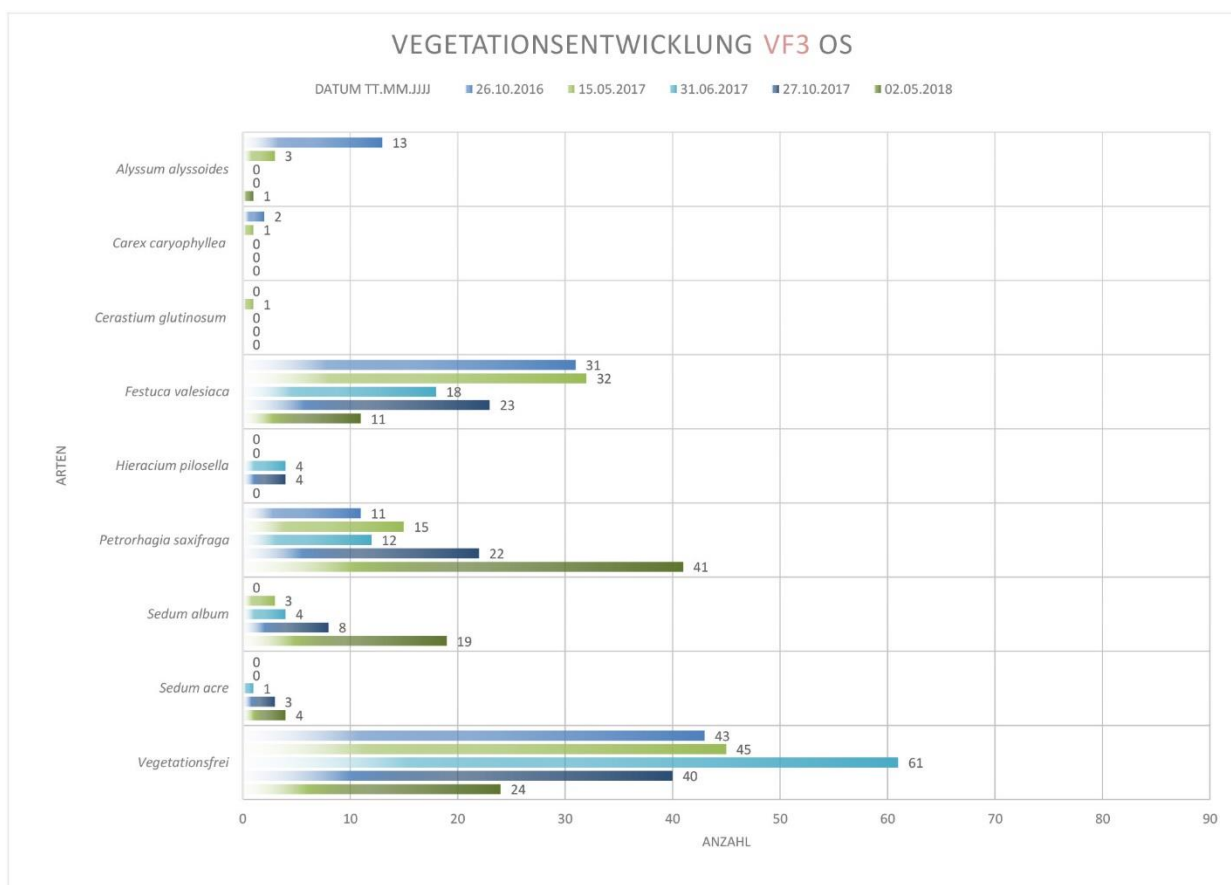


Diagramm 12 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 3

7.12 Deckungsgrad der **Versuchsfläche 3** (Substrathöhe 10-15 cm), nicht beschattet

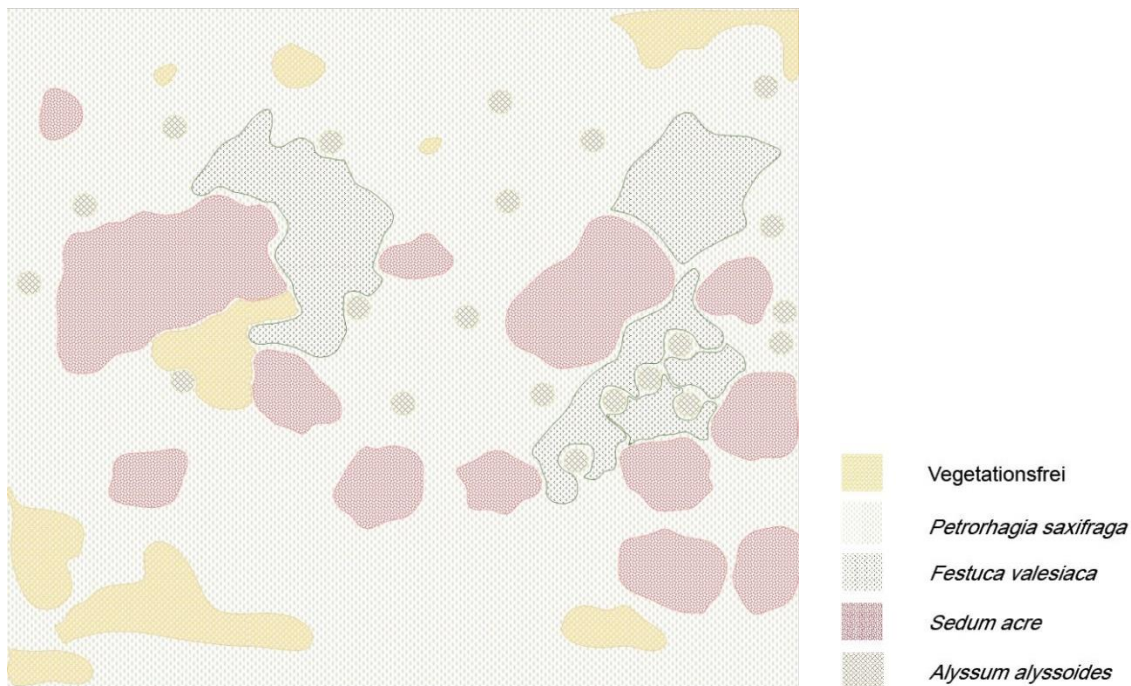


Abbildung 58 Deckungsgrad der Versuchsfläche 3, (18.06.2018)

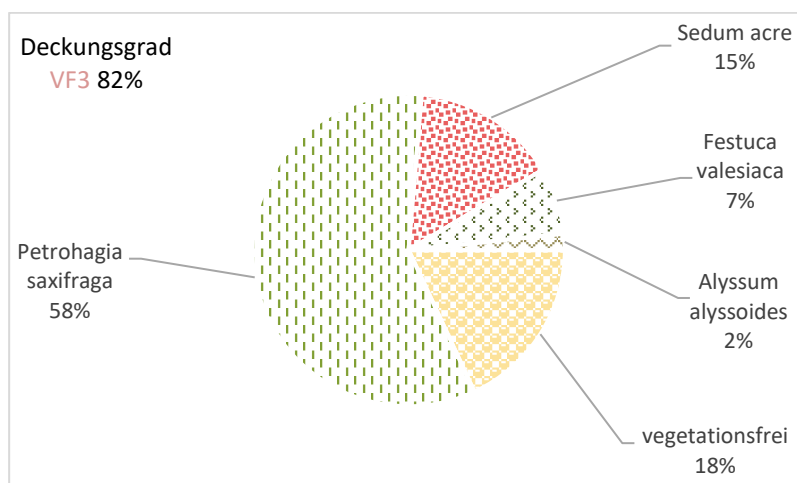


Abbildung 59 Deckungsgrad der VF1 in Prozent, (18.06.2018)

Versuchsfläche 3	ARTEN & STRUKTUREN	DECKUNGSGRAD in %	NACH BRAUN-BLANQUET
	<i>Vegetationsfrei</i>	18	/
	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	58	4
	<i>Sedum acre</i>	15	2b
	<i>Festuca valesiaca</i>	7	2b
	<i>Alyssum alyssoides</i>	2	1

Tabelle 31 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)



Abbildung 60 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 3, (02.05.2018)

Gegenüber den ersten zwei Versuchsflächen hebt sich die 3 Versuchsfläche durch ein sehr homogenes und ausgeglichenes Artenverhältnis aus. Hier dominiert nicht mehr das Gras, sondern die Felsennelke *Petrorhagia saxifraga*. Dennoch zählen beide Arten neben *Sedum acre* zu der permanent aufkommenden Vegetation. Mit einer geschätzten Dominanz von 58% hat sich *Petrorhagia saxifraga* gegenüber *Festuca valesiaca* mit ca. 7% durchsetzen können. Auffällig wird hier auch die gute Verbreitung des *Sedum acre* mit 15% auf der gesamten Versuchsfläche. Für einen zusätzlich ausgleichenden Effekt sorgt die Etablierung der Art *Alyssum alyssoides* (vgl. Abb. 59 und Tab. 31). Diese verteilt sich gleichmäßig über die gesamte Fläche, ist aber mit ca. 2% die am schlechtesten vertretene Art. Wie auf Versuchsfläche 2 wurden auch hier keine Pflegemaßnahmen durchgeführt. Jedoch konnte sich im Jahr 2017 das Verhältnis zwischen Gräsern und Kräutern schon soweit einpendeln, dass im darauffolgenden Jahr 2018 wieder eine gleichmäßige Frequenz aufkam. Mit einem Deckungsgrad von 82% hat sich auf dieser Versuchsfläche die Vegetation schon optimal entwickelt PERATONER G. & PÖTSCH E. (2015).

7.13 Versuchsfläche 4 mit Strukturbildner (Substrathöhe 8-12 cm), nicht beschattet

Wie bei der Versuchsfläche drei zeigen sich auch hier eindeutig die regressiven Arten. *Cerastium glutinosum* tritt punktuell in der zweiten Wachstumsperiode hervor und verschwindet dann. Als permanente Arten heben sich wieder *Festuca valesiaca* und *Petrorhagia saxifraga* hervor. Nach anfänglich höherer Frequenz des Süßgrases, unterscheidet sich die prozentuelle Wahrscheinlichkeit, die Art in der Versuchsfläche zu finden, kaum voneinander (*Festuca valesiaca* 23% und *Petrorhagia saxifraga* 22%).

Progressive Arten wie *Sedum acre*, *Sedum album* und *Hieracium pilosella* weisen nach der Trockenperiode eine hohe Frequenz auf. Rückblickend konnten sich die Sukkulente mit ihrer Anpassung an extreme Standorte, in dieser Zeitspanne gegenüber den permanenten Arten behaupten (vgl Diag. 13).

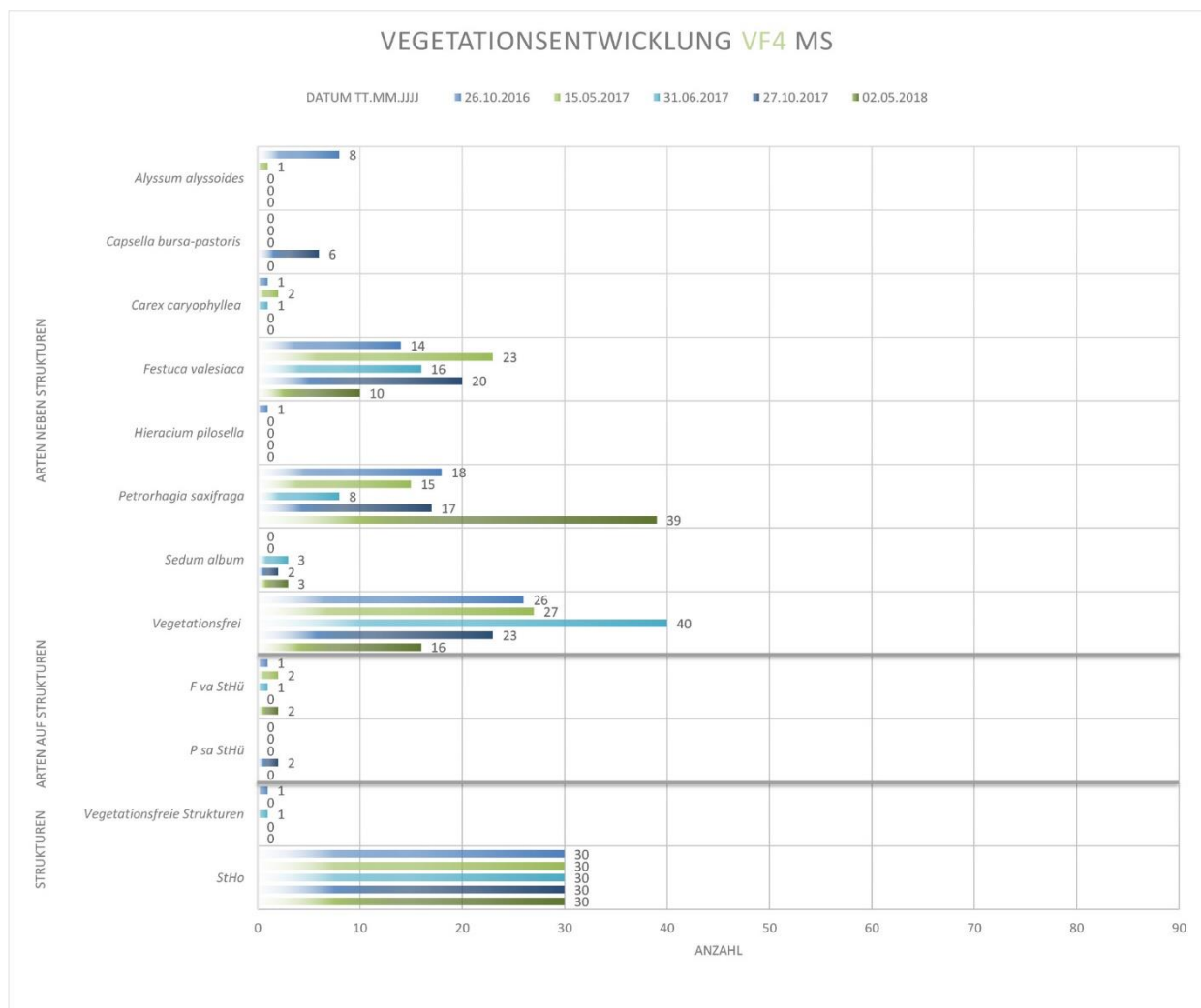


Diagramm 13 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 4

7.14 Deckungsgrad der Versuchsfläche 4 (Substrathöhe 8-12 cm), nicht beschattet



Abbildung 61 Deckungsgrad der Versuchsfläche 4, (18.06.2018)

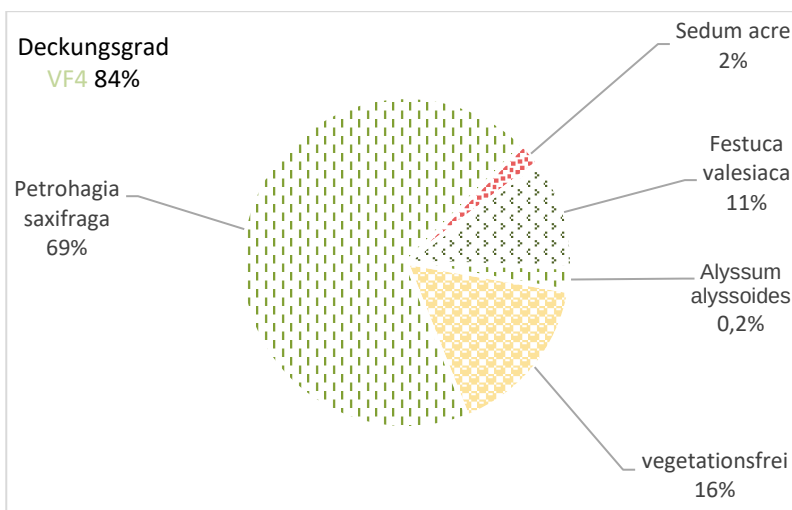


Abbildung 62 Deckungsgrad der VF4 in Prozent, (18.06.2018)

Versuchsfläche 4	ARTEN & STRUKTUREN	DECKUNGSGRAD in %	NACH BRAUN-BLANQUET
	Vegetationsfrei	16	/
	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	69	4
	<i>Sedum acre</i>	2	1
	<i>Festuca valesiaca</i>	11	2b
	<i>Alyssum alyssoides</i>	0,2	r

Tabelle 32 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)



Abbildung 63 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 4 mit Strukturbildnern, (02.05.2018)

Der Deckungsgrad der Versuchsfläche 4 liegt bei geschätzten 84%. Dies setzt sich zusammen aus 67% *Petrorhagia saxifraga*, 11% *Festuca valesiaca*, 2% *Sedum acre* und 1% *Alyssum alyssoides*. Weiters nehmen 4% der Fläche Strukturbildner wie Dachziegeln und ein Holzstamm ein. Der Rest der Fläche ist mit 16% vegetationsfrei. Dies ist zum Teil auf die geringe Mächtigkeit des Substrates zurückzuführen. Im rechten Randbereich beträgt diese an gewissen Stellen nur mehr 7 cm. Anhand des oben dargestellten Kreisdiagrammes wird ersichtlich, dass die permanenten Arten sich auch hier aus *Petrorhagia saxifraga* und *Festuca valesiaca* zusammensetzten. Zusätzlich breitet sich *Sedum acre* immer weiter auf dieser Fläche aus. *Alyssum alyssoides* konnte sich trotz längerer Trockenperioden und der starken Dominanz der Felsennelke auch in dieser Wachstumsperiode als regressive Art halten (vgl Abb. 62 und Tab. 32).

Hinsichtlich der strukturbildenden Elemente hatte vor allem der Holzstamm einen Einfluss auf die Vegetation. Rund um den Stamm entwickelt sich, nach Beobachtungen ein Mikroklima. Durch die Beschattung der Vegetation, die den Stamm umgibt, konnte sich diese im speziellen während längerer Trockenperioden halten. Vor allem *Festuca valesiaca* etablierte sich durch das kühlere Klima und die Beschattung rund um die Struktur.

7.15 Versuchsfläche 5 ohne Strukturbildner (Substrathöhe 8-9 cm), nicht beschattet

Diese Versuchsfläche weist die schwierigsten Bedingungen des gesamten Gründaches auf. Die Substrathöhe beträgt zwischen 6 und 8 cm und befindet sich an der exponiertesten Lage. Hohe Sonneneinstrahlung über die Tagesstunden verteilt und mittleren Winden ausgesetzt, bietet sie den Pflanzen kaum eine Möglichkeit sich zu etablieren. Dennoch konnte sich besonders die Felsennelke behaupten. Sie hat über den gesamten Untersuchungszeitraum, die mit Abstand höchste Frequenz und bildet gemeinsam mit *Festuca valesiaca* die permanenten Arten. Progressive Arten weisen hier nur eine sehr schwache, teilweise aber konstante Frequenz unter trockenen Bedingungen auf (vgl. Diag. 14).

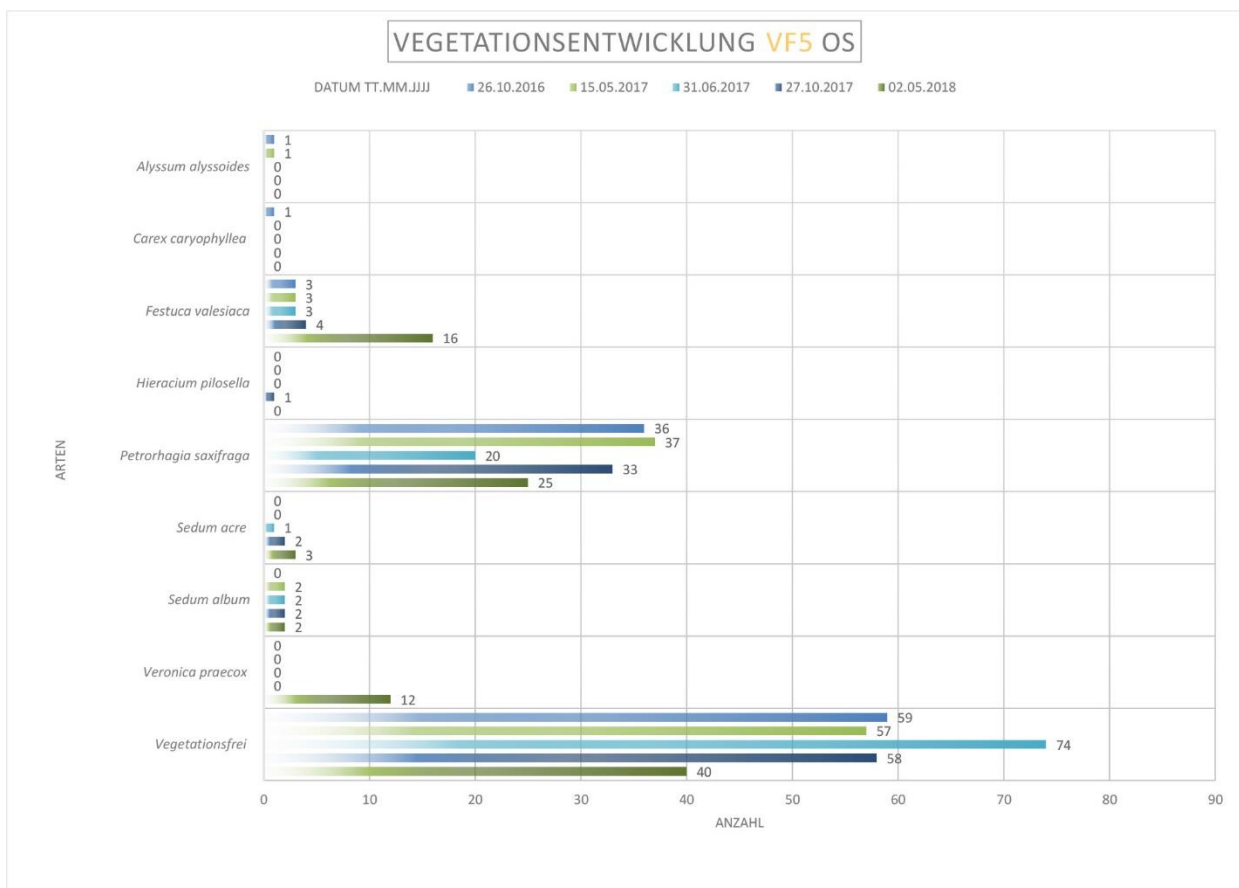


Diagramm 14 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 5

7.16 Deckungsgrad der **Versuchsfläche 5** (Substrathöhe 8-9 cm), nicht beschattet

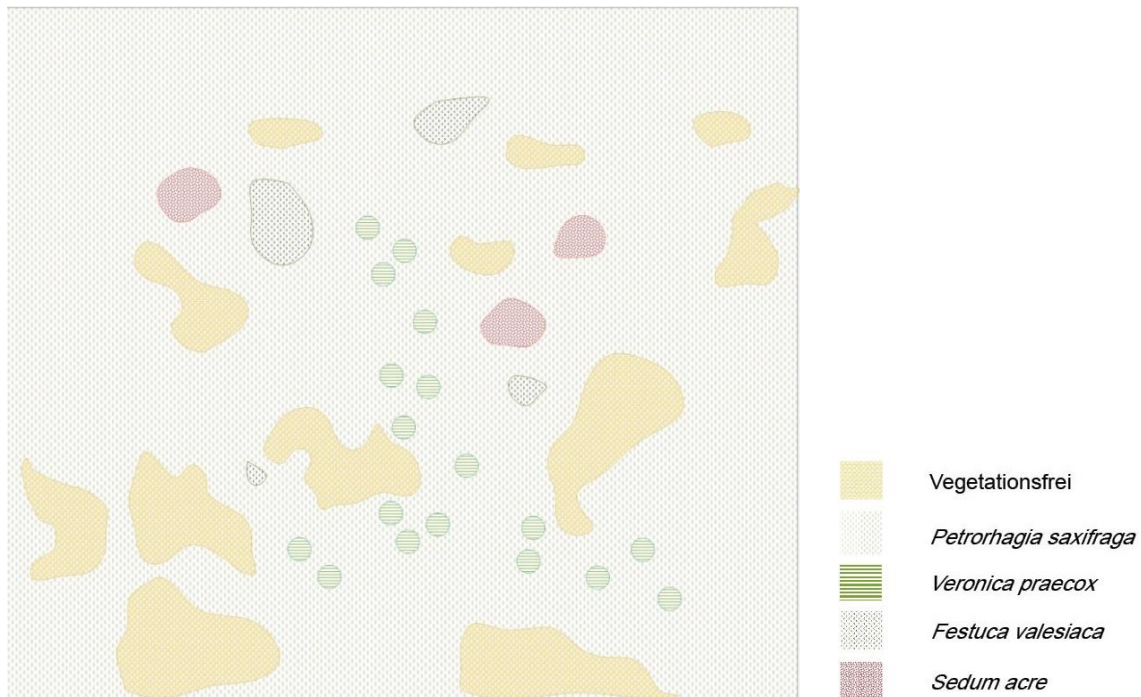


Abbildung 64 Deckungsgrad der Versuchsfläche 5, (18.06.2018)

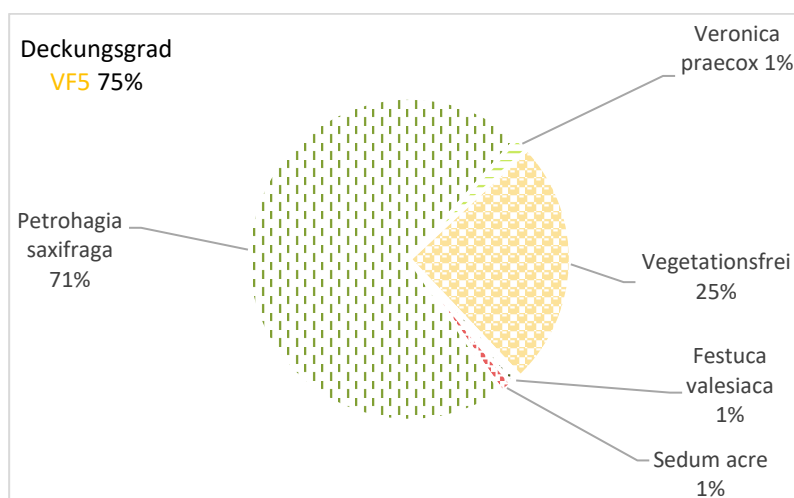


Abbildung 65 Deckungsgrad der VF5 in Prozent, (18.06.2018)

Versuchsfläche 5	ARTEN & STRUKTUREN	DECKUNGSGRAD in %	NACH BRAUN-BLANQUET
	Vegetationsfrei	25	/
	<i>Festuca valesiaca</i>	1	+
	<i>Sedum acre</i>	1	+
	<i>Petrohragia saxifraga</i>	71	4
	<i>Veronica praecox</i>	1	+

Tabelle 33 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)



Abbildung 66 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 5 ohne Strukturbildner, (02.05.2018)

Diese strukturfreie Fläche ist geprägt durch den geringen Substrataufbau und der damit verbundenen raschen Verdunstung des Bodenwassers. Zusätzlich treten hier hohe Bodentemperaturen von bis zu 55° Celsius auf. Trotz dieser schwierigen Umstände ergab sich ein geschätzter Deckungsgrad von 75% (vgl Abb. 65 und Tab. 33). Dabei tritt die Art *Petrorhagia saxifraga* als ausschlaggebend, dominante Art mit ca. 71% in Erscheinung. Andere Arten wie *Festuca valesiaca* oder *Sedum acre* konnten sich nur vereinzelt und in kleinen Verbänden etablieren. Auffällig ist, dass sich gerade auf dieser Fläche, in der zweiten Wachstumsperiode *Veronica praecox* entwickelte. Ausgebrachte Samen im Jahr 2016 dürften erst zwei Jahre später gekeimt haben. Die einjährige Pflanze ist ein Flachwurzler und eine ausgesprochen wärmeliebende Pflanze, die vor allem auf sandigen bis kalkhaltigen Böden gut gedeiht. (FISCHER M. et al. 2015) Durch die hohen Bodentemperaturen und Verdunstungsrate, vertrocknen viele Pflanzen auf dieser Versuchsfläche rasch. In den Sommermonaten, in denen die Steinbrech-Felsennelke ihre Blütezeit hätte, sind die meisten Individuen dieser Art schon abgestorben. Es ist anzunehmen, dass die Samen der umliegenden Individuen auf dieser Fläche ausbreiten.

7.17 Versuchsfläche 6 mit Strukturbildner (Substrathöhe 5-12 cm), nicht beschattet

Die Versuchsfläche 6 wurde mit unterschiedlichen Strukturen ausgeformt. Es wird bei den permanenten Arten *Festuca valesiaca* und *Petrorhagia saxifraga* nach der längeren Trockenperiode im Sommer, sowohl auf den Strukturen (StHü) als auch auf den Flächen ohne Struktur, eine enorme Schwankung der Frequenz sichtbar. Darüber hinaus ist die Anzahl der aufkommenden Arten auf den Strukturen deutlich geringer als in den strukturfreien Bereichen. Einzig die progressive Art *Sedum album* konnte sich auf der Hügelstruktur mit einer hohen Frequenzzahl etablieren. Zu den regressiven und wiederkehrenden Arten gehören auch auf dieser Untersuchungsfläche die Arten *Alyssum alyssoides* und *Carex caryophyllea* (vgl. Diag. 15).

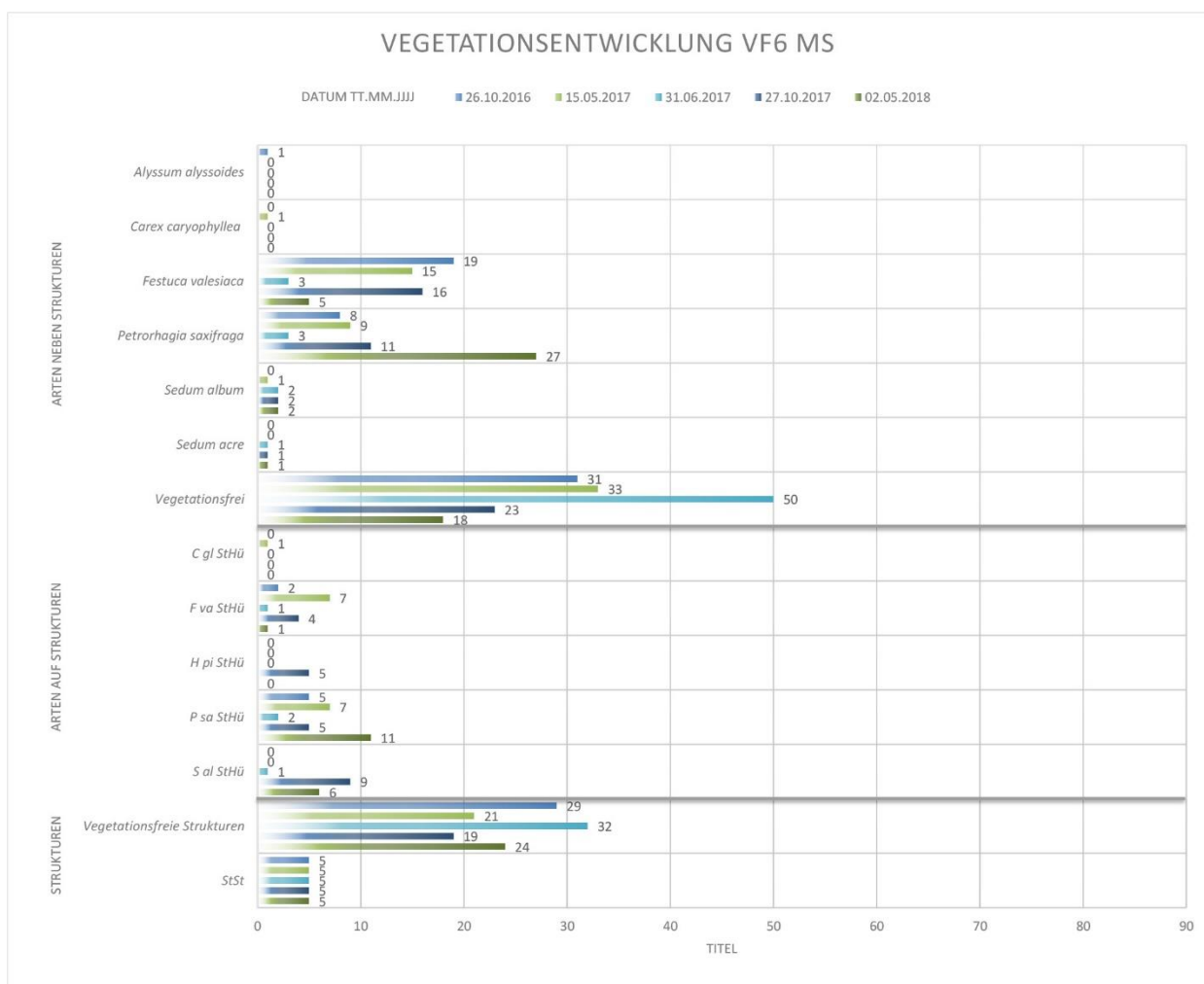


Diagramm 15 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 6

7.18 Deckungsgrad der Versuchsfläche 6 (Substrathöhe 5-12 cm), nicht beschattet

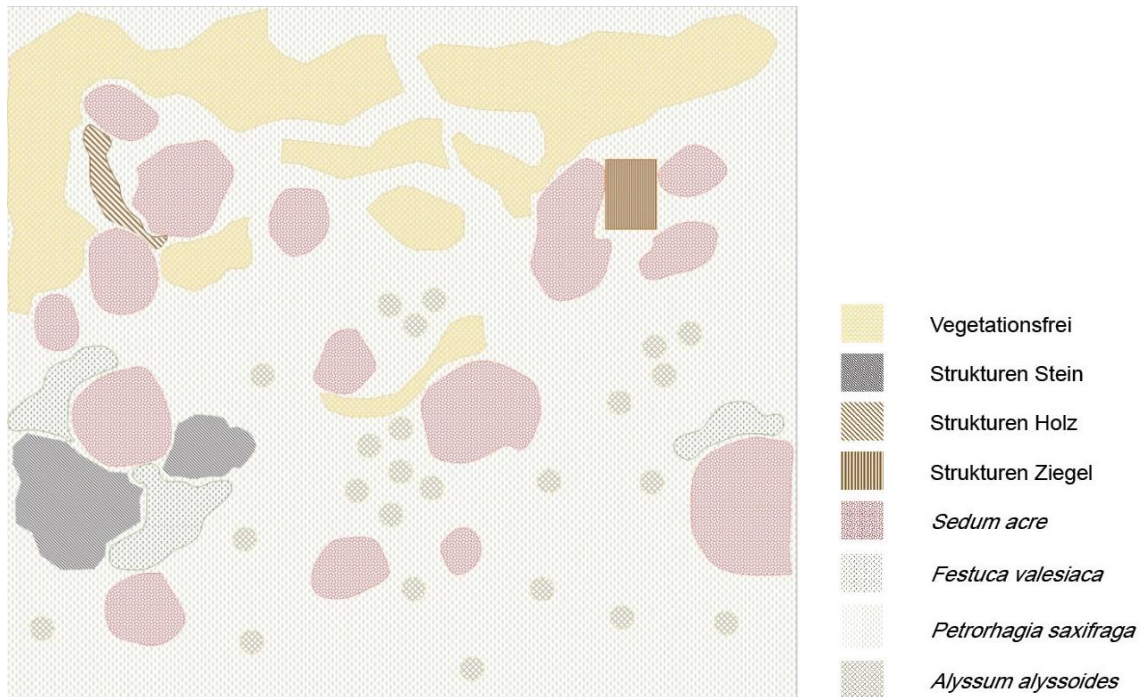


Abbildung 67 Deckungsgrad der Versuchsfläche 6, (18.06.2018)

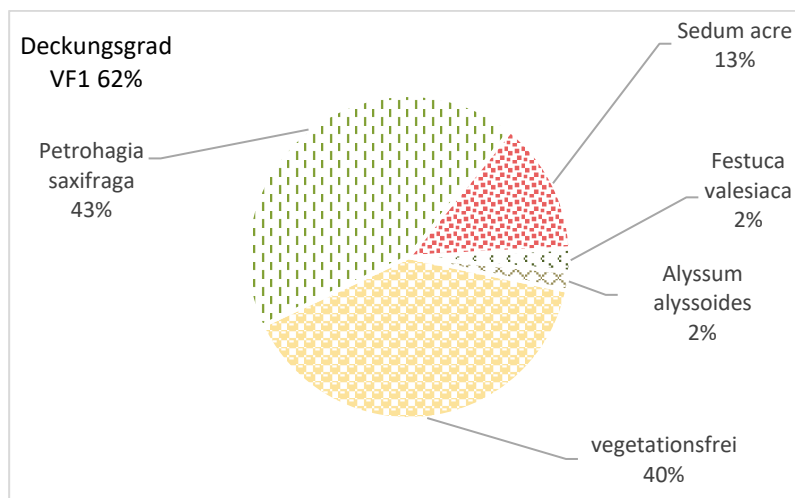


Abbildung 68 Deckungsgrad der VF6 in Prozent, (18.06.2018)

Versuchsfläche 6	ARTEN & STRUKTUREN	DECKUNGSGRAD in %	NACH BRAUN-BLANQUET
	Vegetationsfrei	40	/
	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	43	2b
	<i>Sedum acre</i>	13	2b
	<i>Festuca valesiaca</i>	2	1
	<i>Alyssum alyssoides</i>	2	1

Tabelle 34 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)



Abbildung 69 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 6 mit Strukturbildnern, (02.05.2018)

Die Versuchsfläche 6 enthält die unterschiedlichsten Strukturen und gleichzeitig die niedrigste Artendominanz aller untersuchten Flächen. Neben leichten Substrataufschüttungen wurden Steine, Dachziegel und Baumstämme als Strukturbildner ausgebracht. Ein wichtiges Detail ist neben den Strukturbildnern die geringe Substratmächtigkeit von nur 5 cm in manchen Randbereichen. Dadurch bestehen an diesen Stellen größere vegetationsfreie Bereiche, die bis zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme kaum von Pflanzen besiedelt war. Dazwischen konnte sich *Sedum acre* um die Strukturen bilden. In den vorhandenen Nischen konnten sich *Petrorhagia saxifraga* und *Alyssum alyssoides* etablieren. Diese vertrockneten allerdings in den trockenen Monaten. Lediglich im hinteren Bereich der Versuchsfläche, wo die Substratmächtigkeit zunimmt, konnten alle Arten bestehen. Wie dem Kreisdiagramm zu entnehmen ist, beträgt der Deckungsgrad dieser Fläche in etwa 62% (vgl. Abb. 68 und Tab. 32). Die dominante Art ist dabei neben *Sedum acre*, *Petrorhagia saxifraga* mit 41%. Strukturbildende Elemente nehmen 4% der Fläche ein und knapp ein Drittel ist vegetationsfrei.

Wie am Bild zu erkennen ist, zeigen auch hier die Strukturen ihren Einfluss auf die Vegetation. In den Bereichen mit einer höheren Substratstärke, gedeihen besonders gut Arten wie *Festuca valesiaca* und *Petrorhagia saxifraga*. Die Strukturbildner, die auf weniger Substrat fußen, bieten im wesentlichen dem Scharfen Mauerpfeffer *Sedum acre* bessere Bedingungen.

7.19 Vegetationsentwicklung pannonischer Arten am Dach des GRG7

Die Auswertung der Frequenzrahmenanalyse, die zwischen dem 26.10.2016 und dem 02.05.2018 stattgefunden haben, sowie der Ermittlung des Deckungsgrades am 02.05.2018, auf allen sechs Versuchsflächen, konnten zu einer ganzheitlichen Informationsgrundlage über die Entwicklung der pannonischen Vegetation gebündelt werden. Aus dieser Grundlage war es möglich, Rückschlüsse auf die gesamte Vegetationsentwicklung über den Untersuchungszeitraum zu schließen (vgl. Abb. 70). In der nachfolgenden Grafik wurde der prozentuelle Anteil jeder aufkommenden Art, auf allen Versuchsflächen zu jeweils einem Aufnahmezeitpunkt addiert und gesamt in einem Säulendiagramm dargestellt. Dabei sind von links nach rechts gelesen, die Prozente in der y-Achse sowie die Arten, Strukturen und vegetationsfreie Bereiche auf der x-Achse verzeichnet. Die einzelnen Farben der Säulen spiegeln die jeweiligen Aufnahmezeitpunkte. Ersichtlich wird aus der Grafik, der jahreszeitliche Verlauf der gesamten Vegetationsentwicklung sowie die Entwicklung jeder einzelnen Art.

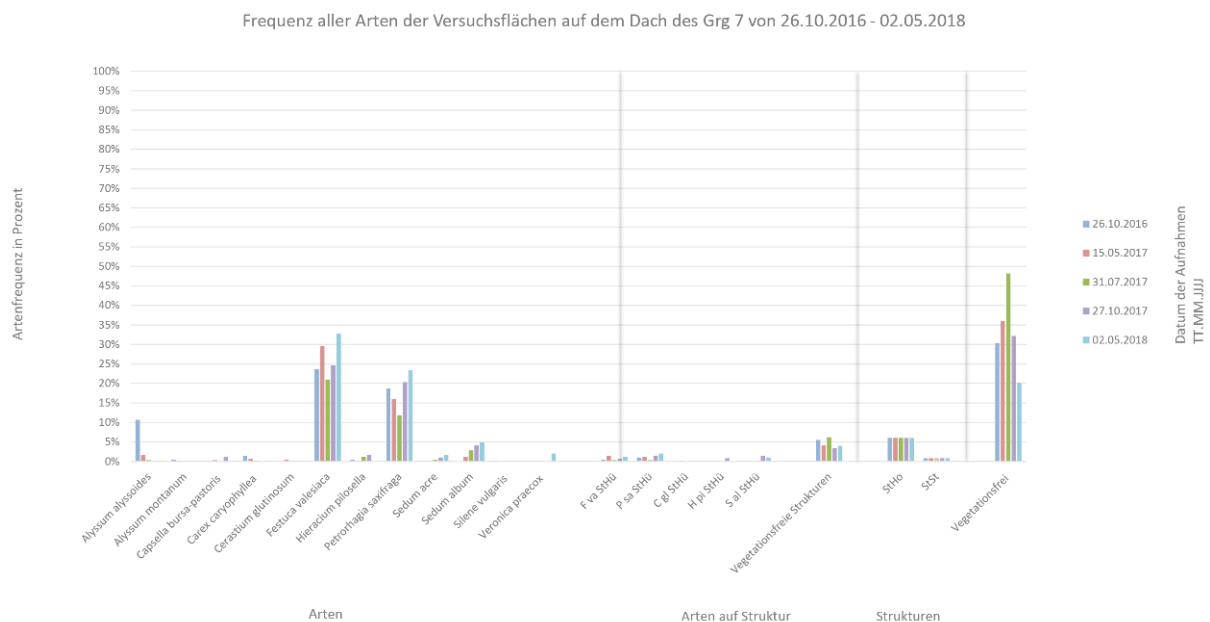


Abbildung 70 Frequenz aller Arten der Versuchsfächen auf dem Dach des GRG7 vom (26.10.2016 - 02.05.2018)

Betrachtet man den ganzheitlichen Verlauf der Vegetationsentwicklung so wird ersichtlich, dass sich aus den 35 ausgebrachten Arten, nur 12 etablierten. Von diesen 12 Arten konnte ca. ein Viertel nicht mehr durch die Aufnahmen registriert werden. Einzelne Arten, wie zum Beispiel *Alyssum alyssoides*, wurden jedoch durch visuelle Beobachtungen bei der Erhebung des Deckungsgrades erkannt und berücksichtigt. Im Detail ist zu sagen, dass sich in der ersten Wachstumsperiode, nach der Aussaat am 26.05.2016, drei dominante Arten herauskristallisiert haben. *Alyssum alyssoides*, *Petrorhagia saxifraga* und *Festuca valesiaca* haben die gesamte Fläche zu 53% dominiert und die Artenzusammensetzung charakterisiert. 6% wurden durch Strukturen eingenommen und 30% der Fläche waren im ersten Jahr vegetationsfrei.

Die restlichen 11% wurden von anderen aufkommenden Arten besiedelt. Im darauffolgenden Jahr ist der Einfluss trockenerer Monate über den Sommer zu erkennen. Während die Frequenz mancher Arten zwischen 15.05.2017 und 31.07.2017 zurück geht, schaffen es *Sedum acre* und *Sedum album* sich weiter zu etablieren. Deutlich sichtbar ist im Herbst die Regenerationsrate einzelner Arten. So erholten sich die permanenten Arten *Petrorhagia saxifraga* und *Festuca valesiaca* von den schwierigen Bedingungen der trockenen Sommermonate gut. Zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme am 02.05.2018 konnte eine zufriedenstellende Etablierung der Vegetation festgestellt werden. In Summe lag die Frequenz aller Arten bei $f=69$ und es ergab sich ein durchschnittlicher Deckungsgrad von 80%. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sowohl die Frequenz als auch der Deckungsgrad von den Versuchsflächen 1 und 2 bis zu den Versuchsflächen 5 und 6 abnehmen. Dies ergibt sich durch die Einflussfaktoren der Substratmächtigkeit sowie der Beschattung durch das angrenzende Gebäude.

7.19.1 Übersicht über die Frequenz der einzelnen Arten

In den nachfolgenden Liniendiagrammen wird die Frequenz der einzelnen Arten, am gesamten Dach, über den Untersuchungszeitraum 26.10.2016 bis zum 02.05.2018 dargestellt.

Kelch - Steinkraut *Alyssum alyssoides*

Diese progressive Art war in der ersten Wachstumsperiode mit einer Frequenz von 10,67% dominant vertreten. In der zweiten Wachstumsperiode 2017 reduzierte sich die Frequenz gegen Null. Zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung traten vereinzelte Individuen, über das Dach verstreut wieder auf. Besonders in den Versuchsflächen, mit weniger Substrat, konnten sie beobachtet werden. Der Rückgang dieser Art ist zum Teil auf die Einjährigkeit zurückzuführen. Durch die hauptsächlich generative Vermehrung und die starke Entwicklung anderer Arten, konnte sich das Steinkraut nur schlecht vermehren.

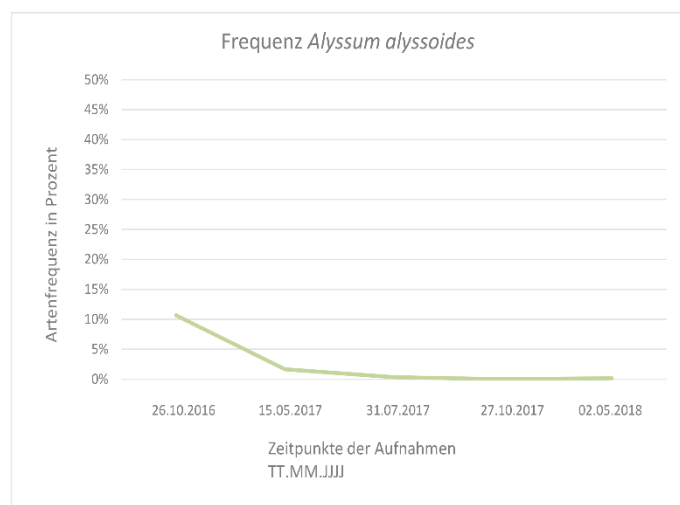


Diagramm 16 Frequenz von *Veronica praecox* (26.10.2016-02.05.2018)

Berg - Steinkraut *Alyssum montanum*

Mit einer Frequenz von 0,5% 2016, konnte im darauffolgenden Jahr kaum noch Individuen dieser regressiven Art beobachtet werden. Nach den trockenen Monaten im Sommer 2017, war diese Art nicht mehr am Dach des GRG7 vertreten.

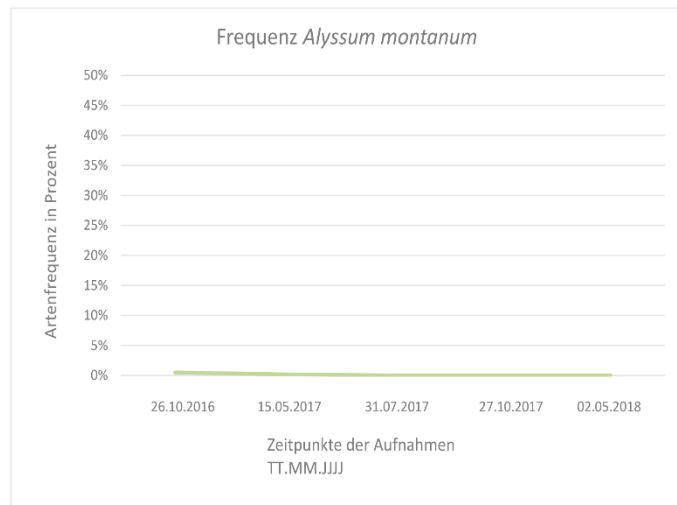


Diagramm 17 Frequenz von *Alyssum montanum* (26.10.2016-02.05.2018)

Gewöhnliches Hirtentäschel *Capsella bursa-pastoris*

Nach einer anfänglich sehr niedrigen Frequenz von 0,17%, konnte sich diese regressive Art in der zweiten Wachstumsperiode 2017 gut etablieren. Besonders nach den Sommermonaten trat das Hirtentäschel mit einer Frequenz von 1,17% auf. Im Jahr 2018 wurden in allen Aufnahmebereichen dann keine Individuen mehr festgestellt.

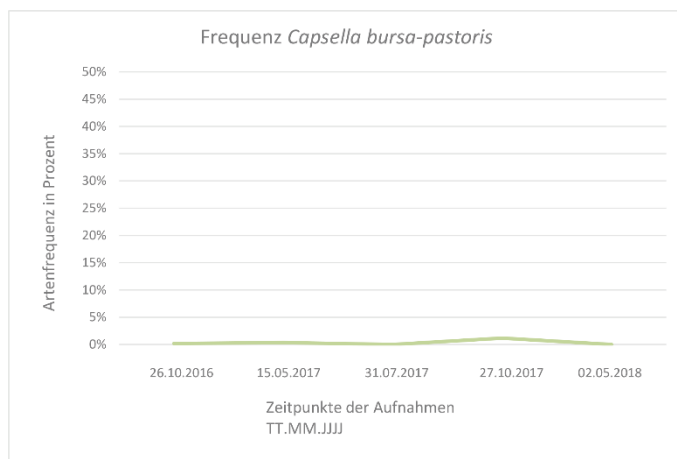


Diagramm 18 Frequenz von *Capsella bursa-pastoris* (26.10.2016-02.05.2018)

Carex caryophylla Frühlings - Segge

Dieses Gras reduzierte sich von einer anfänglichen Frequenz mit 1,5% im Jahre 2016 auf eine Frequenz von 0,17% und verschwand dann zur Gänze. Dies ist vermutlich auf das erhöhte Bedürfnis nach Wasser dieser Art zurückzuführen. Sie zählt daher auch zu den regressiven Arten, die auf dem Dach aufgekommen sind.

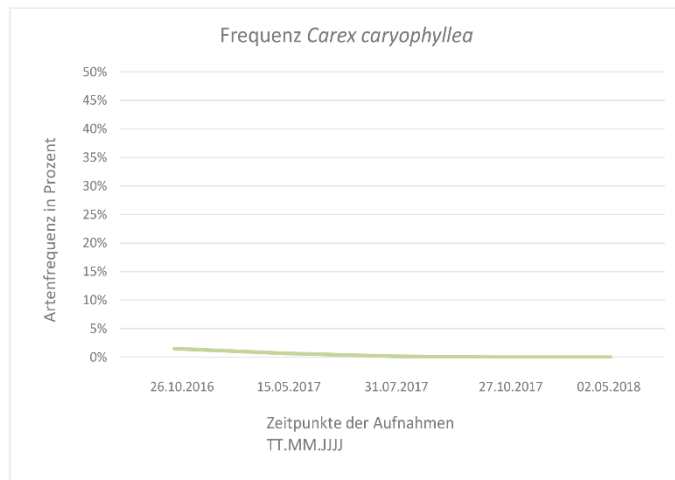


Diagramm 19 Frequenz von *Carex caryophylla* (26.10.2016-02.05.2018)

Cerastium glutinosum Klebriges Hornkraut

Diese Art konnte lediglich an zwei Aufnahmezeitpunkten erfasst werden. Mit einer Frequenz bis zu 0,5% war sie im Jahr 2017 im Frühling aufgetreten und verschwand nach den trockenen Monaten wieder. Sie konnte bis zur letzten Aufnahme nicht mehr erfasst werden.

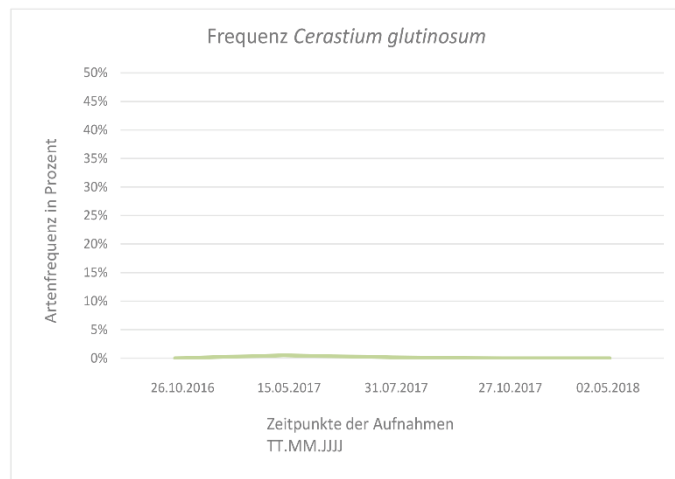


Diagramm 20 Frequenz von *Cerastium glutinosum* (26.10.2016-02.05.2018)

Festuca valesiaca Walliser

Schafschwingel

Diese permanente Art hatte in der ersten Wachstumsperiode die höchste Frequenz mit 23,67% und konnte sich bis zu den Sommermonaten im darauffolgenden Jahr noch weiter etablieren. Danach hatte das Gras einen Einbruch und schrumpfte auf eine Gesamtfrequenz von 21%. 2018 war stieg die Frequenz dann auf 32,83% an und wurde die am stärksten vertretene Art. Jedoch konnte beobachtet werden, dass sich der Walliser Schwinger vor allem in dem länger beschatteten Bereich und rund um schattenspendenden Strukturbildner etablieren konnte.

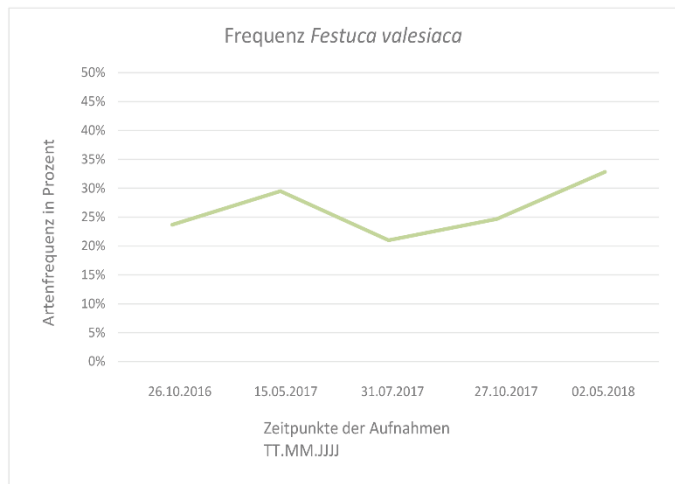


Diagramm 21 Frequenz von *Festuca valesiaca* (26.10.2016-02.05.2018)

Hieracium pilosella Kleines

Habichtskraut

Obwohl diese Art nie eine Frequenz über 1,7% erreichen konnte, gehört sie zu den permanenten Arten dieses Daches. Zwar konnten keine Individuen mehr in den Frequenzrahmenaufnahmen festgestellt werden, jedoch trat diese Art vereinzelt in den Randbereichen des Daches auf.

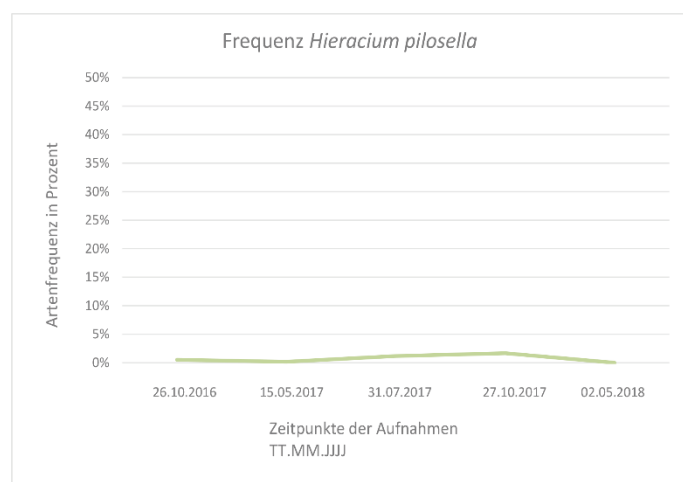


Diagramm 22 Frequenz von *Hieracium pilosella* (26.10.2016-02.05.2018)

Petrorhagia saxifraga Felsnelke

Neben dem Walliser Schwingel ist die Felsennelke, die am zweithäufigsten auftretende Art, die sich auf dem Dach etablieren konnte. Zwar erfuhr sie eine anfänglich negative Bilanz der Frequenz von 18,67% auf 11,83%, nach den Sommermonaten konnte sie sich aber wieder stärker etablieren. Diese permanente Art erlangte eine Frequenz von 23,33% und war vor allem in den Bereichen anzutreffen, aus denen sich das Gras zurückgezogen hat.

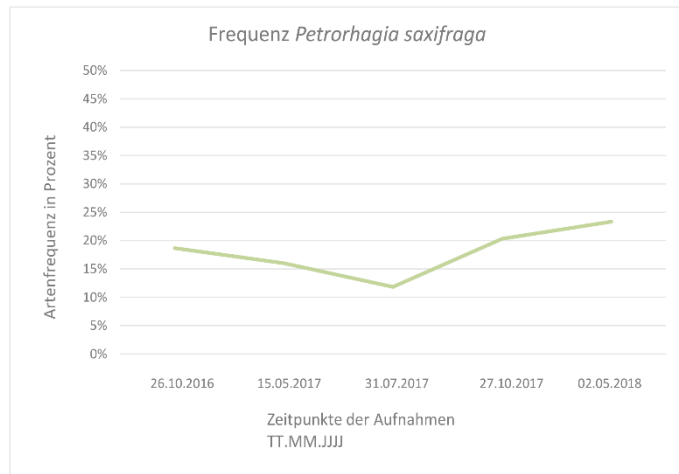


Diagramm 23 Frequenz von *Petrorhagia saxifraga* (26.10.2016-02.05.2018)

Sedum acre Scharfer Mauerpfeffer

Die ersten Individuen, die durch die Frequenzanalyse erfasst wurden, waren am 31.07.2017 der zweiten Wachstumsperiode. Diese permanente Art breitet sich seit diesem Zeitpunkt immer weiter aus und erreicht bis zum Ende der Untersuchungen eine Frequenz von 1,67%.

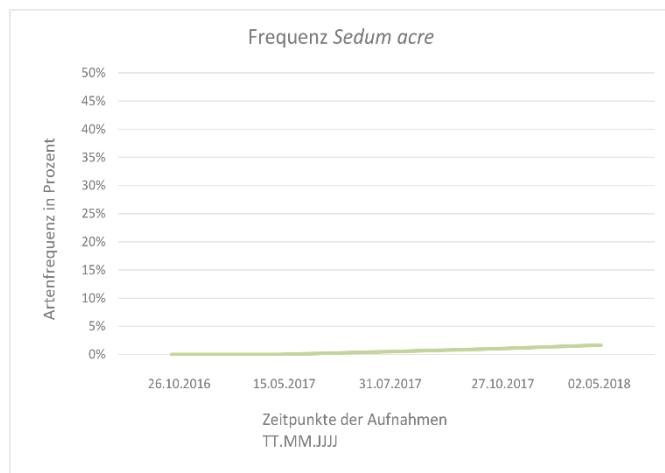


Diagramm 24 Frequenz von *Sedum acre* (26.10.2016-02.05.2018)

Sedum album Weiße Fetthenne

Die zweite *Sedum*-Art etablierte sich auch erst in der zweiten Wachstumsperiode 2017, konnte aber schon früher erfasst werden. Sie tritt mit $f = 1,17\%$ in Erscheinung und steigerte sich bis zum Ende der Aufnahmen bis auf $f = 4,83\%$. Sie zählt zu den permanenten Arten dieses Daches und ist auf der gesamten Fläche zu finden.

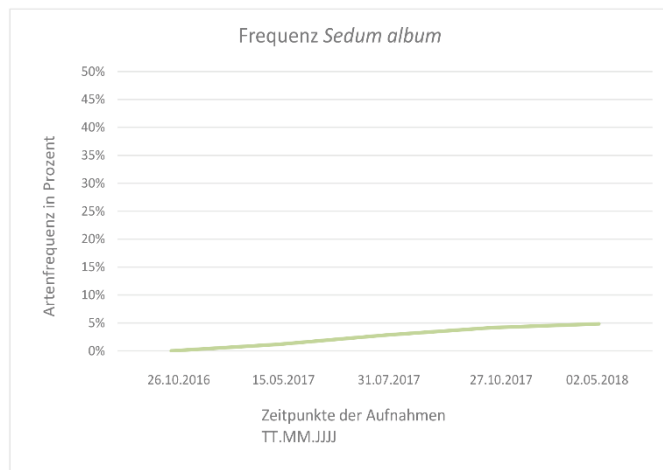


Diagramm 25 Frequenz von *Sedum album* (26.10.2016-02.05.2018)

Silene vulgaris Leimkraut

Diese sehr regressive Art trat lediglich im Jahr 2016 mit einer Frequenz von 0,17% auf und verschwand dann komplett. Dies ist zurückzuführen auf die unpassenden Standortbedingungen, die am Dach für diese Pflanze herrschen.



Diagramm 26 Frequenz von *Silene vulgaris* (26.10.2016-02.05.2018)

Veronica praecox Frühe Ehrenpreis

Erstaunlicher Weise trat diese progressive Art erst zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme am 02.05.2018 auf. Zusätzlich war sie nur im Bereich der Versuchsfläche 5, mit einer sehr geringen Substratmächtigkeit zu finden. Die maximale Frequenz dieser Art belief sich auf 2% der Fläche.

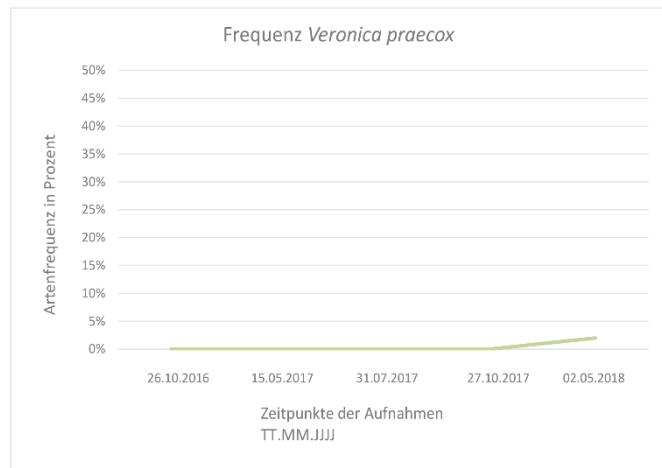


Diagramm 27 Frequenz von *Veronica praecox* (26.10.2016-02.05.2018)

Vegetationsfrei

Gegenüber der Vegetation sind am Liniendiagramm auf der rechten Seite, vegetationsfreie Bereiche dargestellt. Zwar nehmen diese über die trockenen Monate des Jahres zu, jedoch kann sich die angepasste Vegetation gut erholen und schafft es den Deckungsgrad der Dachfläche wieder zu erhöhen.

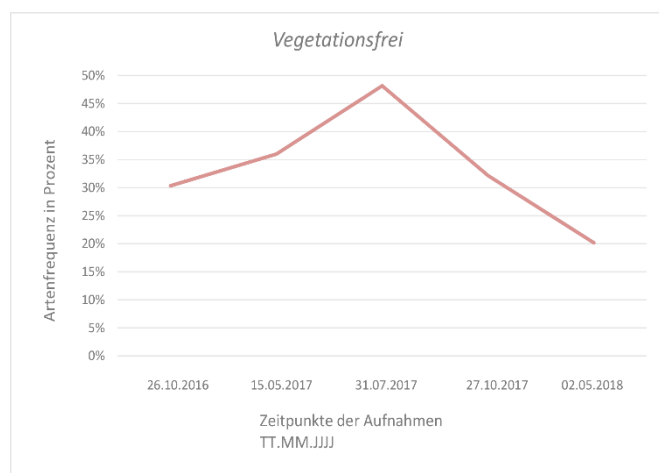


Diagramm 28 Frequenz der vegetationsfreien Bereiche (26.10.2016-02.05.2018)

7.19.2 Zusammenfassende Tabelle aller Aufnahmen durch den Frequenzrahmen

In dieser Tabelle (vgl. Tab. 35) ist die Frequenz jeder einzelnen Art zu allen Aufnahmezeitpunkten ersichtlich. Die Abkürzungen der Arten sind in Tabelle 4 erklärt. Die Buchstaben A, B, C, D, E stehen für die Zeitpunkte der Aufnahmen, dabei ist:

A: 26.10.20216, B: 15.05.2017, C: 31.06.2017, D: 27.10.2017, E: 02.05.2018

Wie in der Legende unterhalb der Tabelle ersichtlich, ist die Bewertung der Frequenz durch einen Farbcode beschrieben. Dabei erfolgen die Eingrenzungen immer in Zehnerschritten, die sich in der Färbung von Hellgrün nach Blau bewegen. Hellgrün steht dabei für eine geringe Frequenz einer Art, wobei Dunkelblau eine hohe Frequenz kennzeichnet. Ein Anstieg der Frequenz der Arten gegenüber dem Frequenzrückgang der vegetationsfreien Bereiche ist dabei ein positives Zeichen und verdeutlicht eine immer geschlossener Vegetationsdecke.

	VF 1 OS					VF 2 MS					VF 3 OS					VS 4 MS					VF 5 OS					VF 6 MS				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Arten																														
A al	8	0	0	0	0	33	5	2	0	0	13	3	0	0	1	8	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
A mo	3	1	0	0	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
C bu	1	2	0	1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
C ca	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
C gl	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	0	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
F va	31	51	45	46	69	44	53	41	39	86	31	32	18	23	11	14	23	16	20	10	3	3	3	4	16	19	15	3	16	5
H pi	0	1	3	5	0	2	0	0	0	0	0	0	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	/	/	/	/	/
P sa	35	15	13	22	6	4	5	15	17	2	11	15	12	22	41	18	15	8	17	39	36	37	20	33	25	8	9	3	11	27
S ac	0	0	2	3	3	/	/	/	/	/	0	0	1	3	4	/	/	/	/	/	0	0	1	2	3	0	0	1	1	1
S al	1	0	0	0	0	0	1	4	8	0	0	3	4	8	19	0	0	3	2	3	0	2	2	2	2	0	1	2	2	2
S vu	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
V pr	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
F va StHü	/	/	/	/	/	1	0	0	2	0	/	/	/	/	/	1	2	1	0	2	/	/	/	/	/	2	7	1	4	1
P sa StHü	/	/	/	/	/	0	0	0	0	4	/	/	/	/	/	0	0	0	2	0	/	/	/	/	/	5	7	2	5	11
C gl StHü	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	1	0	0	0
H pi StHü	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	5	0
S al StHü	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	1	9	6
Vf St.	/	/	/	/	/	3	4	4	2	0	/	/	/	/	/	1	0	1	0	0	/	/	/	/	/	29	21	32	19	24
StHo	/	/	/	/	/	6	6	6	6	6	/	/	/	/	/	30	30	30	30	30	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
StSt	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	5	5	5	5
Vf	18	29	36	23	21	5	25	28	26	2	43	45	61	40	24	26	27	40	23	16	59	57	74	58	40	31	33	50	23	18

Legende: 0-10 11-20 21-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71-80 81-90

Tabelle 35 Zusammenfassende Tabelle aller Aufnahmen durch den Frequenzrahmen am Dach des GRG7

8 Vergleich zwischen Versuchsflächen mit und ohne Strukturbildnern

Die Versuchsflächen mit ähnlichen Einflussfaktoren sowie Felder mit und ohne Strukturen wurden mit der jeweils gegenüberliegenden Fläche verglichen. So steht Versuchsfläche 1 OS mit 2 MS, 3 OS mit 4 MS und 5 OS mit 6 MS im Vergleich. Auch wird die Dachfläche im gesamten Erscheinungsbild untersucht. Die Versuchsflächen unterscheiden sich zum einen durch die unterschiedlichen Substrathöhen, die zwischen 6-19 Zentimeter liegen und zum anderen durch die aufgebauten Strukturen, die auf jeweils drei der Flächen zu finden sind. Zusätzlich wirkt sich, wie in Kapitel 8.3 und 8.5 ersichtlich, die Beschattungsgrenze auf die Entwicklung der Vegetation auf die Versuchsflächen 1 OS mit 2 MS aus. Mit Hilfe der Bodensensoren, konnten zusätzlich auf fünf der Flächen, quantitative Aussagen über die Bodenfeuchte und Temperaturen des Substrates gemessen werden. Ein weiterer Faktor, der in die Entwicklung der Vegetation mit hinein spielte war die Mahd. Verglichen werden die Flächen anhand dieser Parameter, um Rückschlüsse auf die Entwicklung der pannonischen Vegetation auf extensiven Gründächern mit unterschiedlicher Mächtigkeit des Substrates schließen zu können. Darüber hinaus wird untersucht, ob die diversen Strukturen Einfluss auf das Mikroklima und die Vegetation haben.

8.1 Versuchsfläche 1 OS im Vergleich zu Versuchsfläche 2 MS

Diese zwei Versuchsflächen unterscheiden sich zur restlichen Dachfläche primär durch die Beschattungsgrenze und den mächtigsten Substrataufbauten. Zusätzlich befinden sich auf der Versuchsfläche 2 Strukturbildner in Form von größeren Steinen und einem Holzstamm sowie kleine Substrat-Aufschüttungen. Die kürzeren Zeiträume, an denen die Sonneneinstrahlung auf die Versuchsflächen einwirkte, hatte einen positiven Effekt auf den Entwicklungszustand der Vegetation, beider Flächen. Weniger Sonnenstunden bedeuteten für die Felder, höheren Wassergehalt im Boden und gleichzeitig eine verringerte Transpirationswirkung des Substrates und der Pflanzen. Das Bodenwasser stand in diesen zwei Flächen, den unterschiedlichen Arten länger zur Verfügung. Auch war die gemessene Bodentemperatur, im Gegensatz zu den restlichen Versuchsflächen deutlich geringer (vgl. Kap. 7). Unterschiedlich gestaltete sich die Mächtigkeit des Substrates zwischen den zwei untersuchten Versuchsflächen. Die Differenz zwischen dem niedrigsten Punkte auf VS 1 OS (9 cm) und dem höchsten Punkt der VS 2 MS (19 cm), liegt bei 10 cm. Die Höhenunterschiede, die dem Kapitel 5.1 zu entnehmen sind, hatten nur geringfügig Auswirkungen auf die Vegetationsentwicklung. Dies ergaben die Auswertungen der Frequenzanalyse und des Deckungsgrades. Es zeigt sich im Detail, dass auf Versuchsfläche 1 mit einem geringeren Substrataufbau, ein besseres Verhältnis zwischen Gräsern, Kräutern und Sedum aufkam.

Im Vergleich dazu entwickelte sich die Vegetation auf **Versuchsfläche 2**, gegen Ende der Untersuchungen hin zu einer durch *Festuca valesiaca* dominierende Vegetationsschicht. Nur Sedum Arten breiten sich auf beiden Flächen gleichermaßen schnell aus. Hinsichtlich der Vegetationsentwicklung in Abhängigkeit von Strukturbildnern konnte vor allem in den ersten Monaten beobachtet werden, dass Strukturen wie Holzstämme und größere Steine einen Einfluss auf die aufkommende Vegetation hatten. In den ersten Monaten nach der Aussaat, entwickelten sich speziell rund um die Strukturen die ersten Pflanzen (vgl. Abb. 71). Die Elemente haben einen Einfluss auf das sie umgebende Mikroklima und schafft so bessere Lebensbedingungen als auf Flächen ohne Strukturen mit geringer Substratmächtigkeit. Der Schattenwurf schafft geringe Temperaturunterschiede, die besonders für Jungpflanzen während längerer Trockenperioden positive Auswirkungen haben. Die Bodentemperatur kann dabei um bis zu 25% reduziert werden (ELLENBERG 1996). Dies hat einen ähnlichen Effekt, wie die im Kapitel 2.2.2 beschriebenen Einflüsse von Horst bildenden Gräsern auf den Boden und die umgebende Vegetation. Da die zwei Versuchsflächen durch die angrenzende Hausmauer länger beschattet wurden, waren die mikroklimatischen Auswirkungen der Strukturen geringer als auf den übrigen Versuchsflächen. Hingegen verzögerte sich die Etablierung der ausgebrachten Arten auf den ausgeformten Substratstrukturen. Witterungen wie stärkere Niederschläge und Winde konnten das frische Saatgut von den Hügeln abgeschwemmt und vertragen. Jungpflanzen, stand auf den Substrathügeln weniger Bodenwasser zur Verfügung da mehr Regenwasser auf den Seiten abgeleitet wurde als versickern konnte.



Abbildung 71 Aufnahme Versuchsfläche 1 ohne Strukturbildner (oben)
Versuchsfläche 2 mit Strukturbildner (unten)

8.2 Versuchsfläche 3 OS im Vergleich zu Versuchsfläche 4 MS

Im Vergleich haben diese zwei Versuchsflächen nicht nur unterschiedliche Substrathöhen und strukturbildende Elemente, sie differenzieren sich auch durch die unterschiedliche Entwicklung der Vegetation. Die Mächtigkeit des Substrates auf VF 3 reicht von 10 – 16 cm während sie sich auf VF 4 zwischen 8 – 12 cm beläuft. Durch die geringere Substratmächtigkeit auf VF 4 konnte sich die Vegetation anfänglich schlechter etablieren als auf der Vergleichsfläche. Dennoch hatten beide Flächen, wie anhand der Aufnahmen ersichtlich wird, am Ende der Untersuchung einen Deckungsgrad von rund 80%. Dabei unterscheiden sich die zwei Versuchsflächen in der Stärke der Dominanz der einzelnen Arten. Zwar ist das Gräser- Kräuterverhältnis auf beiden Flächen ausgeglichen, dennoch konnte sich auf Versuchsfläche 3 die Arten *Sedum acre* und *Sedum album* stärker etablieren. Darüber hinaus treten auf dieser Fläche deutlich mehr Individuen der Art *Alyssum alyssoides* auf (vgl. Abb. 72).

Wie in den Auswertungen zur Frequenz der beiden Flächen ersichtlich wird, war die dominante Art anfänglich *Festuca valesiaca*. Dies änderte sich in der dritten Wachstumsperiode 2018, in der die Steinbrech-Felsennelke das Süßgras in ihrer Dominanz übertraf. Daraus lässt sich schließen, dass die zu trockenen Standortfaktoren und der Konkurrenzdruck der Felsennelke das Gras bis zu einem gewissen Grad verdrängt hat.

Auffällig ist auf Versuchsfläche 4, dass sich das *Festuca valesiaca* auf den Randbereich und das strukturbildende Element, Holz beschränkt (vgl. Abb. 73). Betrachtet man die gegenüberliegende Fläche, so wird ersichtlich, dass sich diese Art beinahe über die gesamte Fläche verstreut. Dieses Phänomen ist erneut auf die geringere Substratmächtigkeit zurückzuführen. Dabei zeigen die Strukturen ihre geringe aber durchaus positive Wirkung auf die sie umgebende Vegetation. Durch das Mikroklima geschaffene Faktoren hatte das Gras die Möglichkeit sich in diesen Bereichen zu etablieren.



Abbildung 72 Entwicklung der Vegetation auf Versuchsfläche 3



Abbildung 73 Versuchsfläche 4: Einfluss der Struktur auf die Vegetation

8.3 Versuchsfläche 5 OS im Vergleich zu Versuchsfläche 6 MS

Durch die geringsten Substrathöhen auf dem gesamten Dach, sind diese zwei Versuchsflächen geprägt von den teilweise hohen Bodentemperaturen und damit auch schwierigen Standortbedingungen, selbst für trockenresistente Arten. Der Deckungsgrad der Versuchsfläche 5 mit 75% ist geschätzt höher als der bei der Versuchsfläche 6 mit 62% (vgl. Abb. 75). Trotz der zahlreichen Strukturen auf letzterer Fläche, befinden sich am Rand die Bereiche mit der geringsten Substratmächtigkeit von nur 5 cm. Die geringe Wasserspeicherkapazität und Bodentemperaturen von bis zu 60° Celsius, verursachen eine hohen Verdunstungsrate an diesen Punkten. Bis zum Ende der Untersuchungen konnte sich hier keine nennenswerte Vegetation entwickeln.

Dem gegenüber konnte sich auf der restlichen Fläche, durch eine stärkere Substratmächtigkeit und den Einfluss der Strukturen diverse Arten etablieren. Vergleichsweise treten die Arten *Petrorhagia saxifraga* und *Sedum acre* sehr dominant in Erscheinung. Rund um die Strukturen in den Bereichen mit weniger Substrat etablierten sich vorwiegend Sedumarten. In den Bereichen um die Steine und die größere Holzstruktur konnte sich durch das veränderte Mikroklima *Festuca valesiaca* behaupten. Dazwischen kamen vereinzelt Individuen der Art *Alyssum alyssoides* auf. Im direkten Vergleich wies die Versuchsfläche 5 trotz ähnlich niedriger Substrathöhen und fehlender Strukturen einen höheren Deckungsgrad auf. Die dominante Art war eindeutig *Petrorhagia saxifraga*. Daneben konnten sich mit geringerer Dominanz, Arten wie *Sedum acre* und *Sedum alba* sowie *Festuca valesiaca* etablieren (vgl. Abb. 76).

Mit einer starken Dominanz im Vorjahr, dezimierte sich das Gras in der darauffolgenden Wachstumsperiode jedoch merklich. Zusätzlich erschien auf dieser Fläche eine neue Art, die es in den Vegetationsperioden davor nicht gab. *Veronica praecox* war über die Fläche verteilt zu registrieren. Zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme am 02.05.2018 war ein Großteil der Pflanzen schon vertrocknet (vgl. Kap. 2.3). Dieses Erscheinungsbild war auch im vergangenen Jahr zu beobachten und wird in Zukunft ebenso eintreten. Trotzdem können sich die unterschiedlichen Pflanzenarten auf dieser Fläche und allen anderen immer wieder regenerieren und sich vermehren.



Abbildung 74 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 5 (02.05.2018)



Abbildung 75 Vegetationsfreie Stellen der Versuchsfläche 6 in der rechten Bildhälfte (02.05.2018)

8.3.1 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 1 und 2

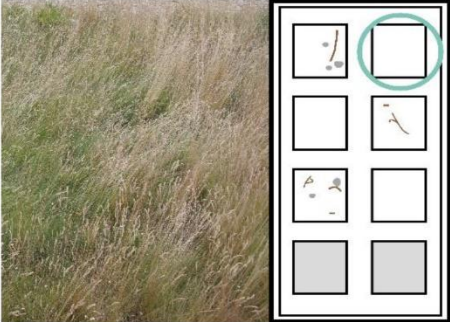
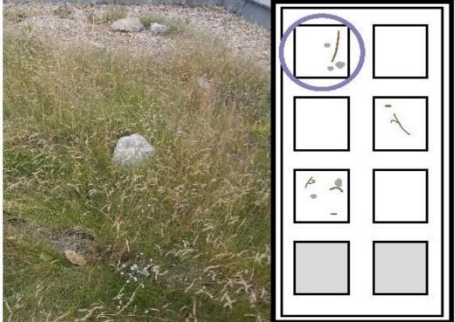
Versuchsfläche 1 OS		Versuchsfläche 1 MS
		
Mäßige Temperaturschwankungen durch die Beschattung unter Tags	Temperaturunterschied Tag/Nacht 	Mäßige Temperaturschwankungen durch die Beschattung unter Tags
9-13 cm	Substratmächtigkeit 	12-19 cm
Beschattung durch das Nachbarhaus dadurch geringere Verdunstungsrate	Beschattung 	Beschattung durch das Nachbarhaus dadurch geringere Verdunstungsrate
Keine Strukturen vorhanden	Mikroklima der Strukturen 	Strukturen aus Stein und Holz erzeugen ein Mikroklima welches sich in Trockenperioden positiv auf die Vegetation auswirkt
Dichte Vegetationsschicht verhindert eine zu schnelle Verdunstungsrate, daher mehr Bodenwasser vorhanden	Geringe Verdunstung durch Vegetationsschicht 	Dichte Vegetationsschicht verhindert eine zu schnelle Verdunstungsrate, daher mehr Bodenwasser vorhanden
Kaum vegetationsfreie Bereiche vorhanden	Hohe Verdunstung durch vegetationsfreie Bereiche 	Kaum vegetationsfreie Bereiche vorhanden
Hoher Deckungsgrad 92 %	Deckungsgrad 	Hoher Deckungsgrad 95 %

Tabelle 36 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 1 und 2

8.3.2 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 3 und 4

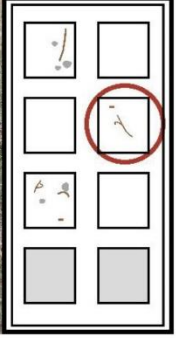
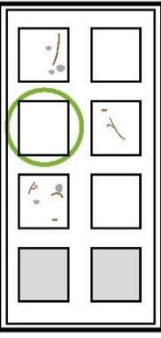
Versuchsfläche 3 OS		Versuchsfläche 4 MS
 		 
Mäßige Temperaturschwankungen Sensor in näher der Struktur	Temperaturunterschied Tag/Nacht 	Hohe Temperaturschwankungen zu beobachten Abhängig von der Jahreszeit
10-15 cm	Substratmächtigkeit 	8-12 cm
Keine Beschattung	Beschattung 	Keine Beschattung
Strukturen aus Holz erzeugen ein Mikroklima welches sich in Trockenperioden positiv auf die Vegetation auswirkt	Mikroklima der Strukturen 	Keine Strukturen vorhanden
Teilweise gut etablierte Vegetationsschicht vor allem rund um Struktur	Geringe Verdunstung durch Vegetationsschicht 	Teilweise gut etablierte Vegetationsschicht dadurch geringere Verdunstung des Bodenwassers
Teilweise vegetationsfreie Bereiche mit erhöhter Verdunstung des Bodenwassers	Hohe Verdunstung durch vegetationsfreie Bereiche 	Teilweise vegetationsfreie Bereiche mit erhöhter Verdunstung des Bodenwassers
Mittlerer Deckungsgrad 82 %	Deckungsgrad 	Mittlerer Deckungsgrad 84 %

Tabelle 37 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 3 und 4

8.3.3 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 5 und 6

Versuchsfläche 5 OS	Versuchsfläche 6 MS
Starke Temperaturschwankungen durch geringe Substratmächtigkeit	Kein Sensor vorhanden
8-9 cm	5-12 cm
Keine Beschattung	Keine Beschattung
Keine Strukturen vorhanden	Strukturen aus Stein und Holz erzeugen ein Mikroklima welches sich in Trockenperioden positiv auf die Vegetation auswirkt
Kaum geschlossene Vegetationsbereiche	Wenig geschlossene Vegetationsbereiche vor allem in den Bereichen mit geringer Substratmächtigkeit
Hohe Verdunstungsrate des Bodenwassers durch geringen Substrataufbau und dünner Vegetationsdecke	Hohe Verdunstungsrate des Bodenwassers durch geringen Substrataufbau und dünner Vegetationsdecke
Mäßiger Deckungsgrad 75 %	Mäßiger Deckungsgrad 62 %

Tabelle 38 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 5 und 6

9 Mahd und ihre Auswirkung auf die Vegetation



Abbildung 76 Unterschied vor und nach der Mahd am Dach des GRG7 (13.06.2017)

Nach sehr trockenen Perioden im April und Mai ergab sich eine weitere Untersuchung, hinsichtlich der Auswirkungen einer Mahd auf die nachkommende Vegetation. Dabei wurden am 10.06.2017 auf den VF 1, VF 4 und VF 5 Pflegemaßnahmen durchgeführt. Ein Rückschnitt auf bis zu 5 cm über dem Boden kam auf den Flächen VF 5 und VF 4 zur Anwendung. Ausgelassen wurden dabei jene Pflanzen, die noch gering im Saft standen. Die Mahd auf VF 1 beschränkte sich auf die oberen 15 cm der Pflanzen, um so niedrig wachsende Arten wie *Petrorhagia saxifraga* zu erhalten. Zum Einsatz kam bei der Pflege eine Benzin betriebene Motorsense und eine manuelle Heckenschere. Anfallendes Schnittgut ist mit einem Rechen zusammengetragen und vom Dach entfernt worden.

In den darauffolgenden Monaten wurde mit Hilfe des Deckungsgrades und der Frequenzanalyse, die Entwicklung und Zusammensetzung der Vegetation beobachtet und analysiert. Das Ziel war es, die Auswirkungen der Mahd auf die unterschiedlichen Arten zu untersuchen, um daraus ein Pflegekonzept zu entwickeln, welches ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Kräutern, Gräsern und Sedum erhält. Wie im Kapitel 2.5.1 erläutert, kann durch den Zeitpunkt der Mahd die Zusammensetzung der Vegetation beeinflusst werden. Ein Eingriff im Frühjahr fördert Arten, die sich vegetativ vermehren, wohingegen eine Pflege am Ende der Vegetationsperiode, samenbildende Pflanzen unterstützt (SCHOKNECHT o.J.).

Wie auf der rechten Seite der Abbildung 76 zu erkennen ist, bestand die Vegetationsschicht vor der Mahd, aus den vorjährigen, abgestorbenen und diesjährigen Halmen des Walliser Schwingels und der darunter aufkommenden Kräuter und Sedum-Arten.

Durch die Mahd, auf der linken Seite des Daches, wurden die abgestorbenen Halme der Gräser entfernt und somit, die Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung, die auf Kräuter und Sedum einwirkt, erhöht. Die Untersuchungen über das Jahr ergaben, dass sich auf den Flächen, die den Pflegemaßnahmen unterzogen worden waren, vor allem die Art *Petrorhagia saxifrage* gegenüber dem *Festuca valesiaca* behaupten konnte. Besonders markant war dies auf der VF 5 zu beobachten. Neben den Einflussfaktoren der geringen Mächtigkeit des Substrates als Hauptursache, konnte sich hier die Felsennelke und im darauffolgenden Jahr auch der Frühe Ehrenpreis als dominante Art hervorheben. Auf den zwei anderen, gemähten Versuchsflächen war das Verhältnis zwischen den zwei dominanten Arten in diesem Jahr (2017) relativ ausgeglichen. Lediglich auf den Flächen mit einer längeren Beschattungsdauer (VF1 und VF 2) ging das Gras *Festuca valesiaca*, auf Grund der für die Art optimalen Bedingungen als dominante Art hervor. Zusätzlich konnte auf den ungemähten Versuchsflächen – besonders auf VF 2 - beobachtet werden, dass sich an dichten Beständen des Grases, die abgestorbenen Pflanzenteile verfilzten und so das Aufkommen von ein- bis zweijährigen Kräutern gehemmt wurde. Im Gegensatz dazu, hatten der ungetrimmte Habitus der Gräser einen positiven Effekt auf schon weiter entwickelte Bestände diverser Arten. Durch die intensivere Beschattung des Substrates konnte einer zu schnellen Verdunstung des Bodenwassers entgegengewirkt werden (vgl. Kap. 8.1). Das Bodenwasser stand den Pflanzen länger zur Verfügung, wodurch längere Trockenperioden besser überstanden werden können. Zusätzlich wird durch das vorhandene Mikroklima rund um die Horste der Gräser, einer erhöhten Transpiration der Kräuter entgegengewirkt.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine Mahd auf extensiven Gründächern mit pannonischer Vegetation zum richtigen Zeitpunkt unerlässlich ist, um ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Gräsern, Kräutern und Sedum-Arten zu erhalten. Ausgewachsene Horste des Walliser Schwingels bietet entwickelten Arten einen gewissen Schutz gegenüber Sonneneinstrahlung und einer einhergehenden gesteigerten Transpiration der Pflanzen. Jedoch sollte der verfilzten Schicht der dichteren Grasbestände durch eine alljährliche Mahd gegen Ende der Wachstumsperiode, (vgl. Kap. 2.5.1) entgegengewirkt werden, um Kräutern eine erhöhte Chance der Etablierung im darauffolgenden Jahr zu ermöglichen.

10 Pflegekonzept für das extensive Gründach mit pannonischer Vegetation

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die Pflege auf extensiven Gründächern mit einer pannonischen Vegetation aussieht. Abgeleitet wird das Konzept aus der allgemeinen Pflege von Trocken- und Halbtrockenrasen sowie aus bestehenden Pflegeanleitungen für reguläre extensiv Begrünungen auf Dächern. Im Vergleich zu intensiven Dachbegrünungen benötigen extensive Begrünungen kaum Betreuung. Ein gewisser Pflegeaufwand ist aber auch hier notwendig, um die etablierte Vegetation zu erhalten. Nach HÜFING et.al. (2009, 26) besteht die Entwicklungspflege aus, der sorgfältigen Unkrautbekämpfung von unerwünschter Vegetation, der richtigen Wässerung und Düngung sowie einer einjährigen Pflege in Form einer Mahd. Die Entwicklungspflege sollte solange ausgeführt werden, bis sich die Vegetation auf der Dachfläche ausreichend etabliert hat. Danach kann auf die Bewässerung verzichtet werden, außer in langanhaltenden Trockenperioden. Auf die Entwicklungspflege nach ungefähr zwei Jahren, folgt die Unterhaltungspflege. Diese besteht weiterhin aus den Pflegemaßnahmen der Unkrautbeseitigung und Mahd.

Im Falle des GRG7 gestaltete sich die Entwicklungspflege aus kontrollierter Bewässerung der ausgebrachten Saat und der Jungpflanzen über die ersten Monate hin. Dies erfolgte durch einen Gartenschlauch und einem Beregner im Zeitraum vom 26.05.2016 bis 15.08.2016. Verzichtet wurde im darauffolgenden Jahr auf eine Gesamtflächige Mahd. Grund dafür, lag in der Untersuchung, welche Auswirkungen dies auf die Vegetation hat. Jedoch wurden regelmäßig, unerwünschte Beikräuter sorgfältig entfernt.

10.1 Pflanzenauswahl für extensive Gründächer mit pannonischer Vegetation

Diese Artenliste (vgl. Tab. 39) setzt sich zusammen aus 32 pannonischen Arten, die für eine extensive Dachbegrünung mit pannonischer Vegetation geeignet ist. Die Pflanzenauswahl umfasst eine Sedum-Gräser-Kräuter-Begrünung und wurde aus der Pflanzenliste pannonischer Arten der LFZ Schönbrunn und Arten, die sich im Zuge der Untersuchungen dieser Masterarbeit am Dach des GRG7 etablieren konnten, zusammengesetzt. Einer möglichen Anwendung und Aussaat dieser Pflanzenzusammenstellung, sollte eine Saatgut und Keimfähigkeitsprüfung vorangehen.

Botanischer Name	Deutscher Name
<i>Achillea setacea</i>	Feinblatt -Schafgarbe
<i>Alyssum alyssoides</i>	Kelch-Steinkraut
<i>Alyssum montanum</i>	Berg-Steinkraut
<i>Anthemis austriaca</i>	Österr. Hundskamille
<i>Armeria elongata</i>	Sand-Grasnelke
<i>Cerastium glutinosum</i>	Bleiches Hornkraut
<i>Cerastium pumilum</i>	Dunkles Hornkraut
<i>Corynephorus canescens</i>	Silbergras
<i>Descurainia sophia</i>	Besenrauke
<i>Dianthus pottederae</i>	Pannonische Karthäuser-Nelke
<i>Dianthus serotinus</i>	Späte Feder-Nelke
<i>Draba verna</i>	Frühlings-Hungerblümchen
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressen-Wolfsmilch
<i>Euphorbia seguieriana</i>	Steppen-Wolfsmilch
<i>Festuca valesiaca</i>	Walliser-Schwingel
<i>Galium verum</i>	Furchen-Schwingel
<i>Genista pilosa</i>	Behaarter Ginster
<i>Hieracium pilosella</i>	Gelb-Labkraut
<i>Inula ensifolia</i>	Schwert-Alant
<i>Iris pumila</i>	Zwerg-Schwertlilie
<i>Koeleria macrantha</i>	Steppen-Kammschmiele
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Magerwiesen-Margerite
<i>Papaver rhoeas</i>	Klatsch-Mohn
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	Felsennelke
<i>Phleum phleoides</i>	Steppen-Lieschgras
<i>Salvia nemorosa</i>	Steppen-Salbei
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	Gelbe Skabiose
<i>Sedum acre</i>	Scharfer Mauerpfeffer
<i>Sedum album</i>	Weißer Mauerpfeffer
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Edel-Gamander
<i>Thymus vulgaris</i>	Echter Thymian
<i>Veronica praecox</i>	Früher Ehrenpreis

Tabelle 39 Pflanzenliste pannonischer Arten für extensive Gründächer

10.2 Pflege eines extensiven Gründaches

10.2.1 Unkrautbekämpfung

Unkräuter kommen über Flugsamen oder auch durch den Kot von Vögeln auf die Dachfläche. Die meist solitär stehenden Pflanzen wachsen sehr rasch und sollten, wenn möglich vor dem Ausstreuen der eigenen Samen entfernt werden (SCHÄFER et. al. o.J.). Dies ist nur manuell möglich und bedarf einer gewissen botanischen Kenntnis über die vorhandene und erwünschte Pflanzengesellschaft auf dem Dach. Nach dem Ausschlussverfahren ist dem Kapitel 6.4.2 zu entnehmen, welche Arten erwünscht sind. Zusätzlich sind in der unten angeführten Liste, Beispiele zu Arten, die entfernt werden sollten. Beikräuter sind so zu entfernen, dass möglichst die gesamte Pflanze, sowohl der oberirdische Teil als auch die Wurzeln entfernt werden. Somit kann auch die vegetative Verbreitung mancher Arten verhindert werden. Idealerweise wird der Boden um die Pflanze, mit einer Schaufel oder ähnlichem Gerät gelockert und herausgehoben. Anfallender Grünschnitt wird gesammelt, vom Dach abtransportiert und fachgerecht entsorgt.

Stauden- und Gehölzfremdbesatz:

Bei den Rundgängen durch das Fachpersonal ist unerwünschter Fremdbewuchs speziell durch Gehölzsämlinge wie z.B.: Weiden, Pappeln, Birken, Ahorn oder Eschen, am besten mit der gesamten Wurzel zu entfernen. Die Etablierung diverser Beikräutern wie Disteln, Kreuzkraut, Melde, Quecke, Klee oder Wicke können durch die schnelle Ausbreitung einen starken Einfluss auf die bestehende Vegetation haben und sind ebenfalls zu jäten. Jedoch ist zu bedenken, dass eine extensive Dachbegrünung einen naturnahen Lebensraum bildet und somit Bestände von Klee und Wicken akzeptabel sind. Sie fungieren in blütenarmen Monaten, als Bienen- und Hummelnährer. Auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist auf jeden Fall zu verzichten, da die Inhaltsstoffe direkt in die Vorfluter eingeleitet werden könnten (KLINGSHIRN 2015).

10.2.2 Düngen von extensiven Gründächern

Generell ist das Substrat mit einem Dünger ausgestattet, der über einen längeren Zeitraum besteht. Weiters enthält das Substrat alle wichtigen Nährstoffe und Spurenelemente, die die Pflanzen vor allem in den ersten Monaten der Vegetationsphase benötigen. Durch Ausschwämmen und dem Verbrauch durch die Pflanzen, verringert sich der Nährstoffgehalt des Substrates. Um dem entgegen zu wirken, kann ein biologischer, organisch-mineralischer Langzeitdünger ausgebracht werden. Da die etablierte Vegetation aber auf einen mageren Standort angepasst ist, sollte sich die Düngung auf eine geringe Menge einmal im Jahr beschränken. Optimaler Weise wird im Frühjahr oder Herbst gedüngt. Dabei ist der Langzeitdünger einfach per Hand gleichmäßig auf der Fläche zu verteilen (SCHÄFER et. al. o.J.)

10.2.3 Wässerung und Mahd

Auf eine Bewässerung kann generell verzichtet werden, da die vorhandene Vegetation auch auf trockene Standorte angepasst ist und sich bei zu feuchten Böden rückentwickeln würde. Wie im Kapitel 2.3 beschrieben ist, unterliegt auch die Vegetation auf dem extensiven Gründach keinem permanenten Wassermangel, sondern weist in den Frühlings- und Herbstmonaten eine ausreichende Wassersättigung auf. Nur in den Sommermonaten treten problematische Trockenperioden ein, die unter Umständen einschneidende Störungen hervorrufen können. Bei langanhaltenden Trockenperioden sollte daher alle zwei Tage die gesamte Vegetationsfläche für 15 Minuten gewässert werden. Dies ist vor allem in den ersten drei Jahren der Entwicklungspflege notwendig, um eine gleichmäßige Vegetationsdecke zu etablieren und zu erhalten (SCHÄFER et. al. o.J.). Danach kann auf die Bewässerung gänzlich verzichtet werden. Bewässert wird mit einem feinen Strahl per Hand oder mit zwei herkömmlichen Rasensprengern, die an das vorhandene Wassernetz angeschlossen werden können. Optimale Zeitpunkte sind während der frühen Morgenstunden und abends. Unter Tage ist auf das Bewässern der Fläche zu verzichten da die Sonneneinstrahlung, Verbrennungen auf den mit Wasser benetzten Pflanzen verursachen kann.

Eine unerlässliche Pflegemaßnahme bei extensiven Gründächern mit pannonischer Vegetation ist die Mahd. Wie in der Theorie beschrieben (Kapitel 2.5.1), fördert je nach Zeitpunkt der Mahd sie gewisse Arten und bildet so unterschiedliche Pflanzengesellschaften aus. Findet die Mahd nach den Wintermonaten statt, werden vorwiegend Arten mit vegetativer Vermehrung gefördert. Pflegemaßnahmen im Herbst begünstigen hingegen samenbildende Arten. Die Beobachtungen der Vegetation auf diesem Gründach haben gezeigt, dass der Zeitpunkt gegen Ende der Wachstumsperiode zu wählen ist. Grund dafür liegt in der Förderung der Reproduktion von Kräutern im darauffolgenden Jahr. Zusätzlich wird in dichten Beständen von *Festuca sp.* dem Verfilzen der abgestorbenen Pflanzenteile entgegengewirkt. Somit entstehen wieder Freiräume in denen sich neue Jungpflanzen, geschützt entwickeln können. Nach der Versamung der Kräuter, Gräser und Sedum im Spätherbst kann mit der Pflege begonnen werden. Durchgeführt wird diese mit einem Freischneider oder einer Sense. Der Rückschnitt erfolgt auf eine Höhe von sieben Zentimeter über Substrat. Anfallender Grünschnitt ist zu Sammeln und zu entsorgen. Das abschöpfen der Biomasse ist entscheidend für den Erhalt der mageren Trocken und Halbtrockenrasengesellschaft (SCHÄFER U et. al. o.J.).

11 Diskussion und Ausblick

Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse und Erkenntnisse, die während der Versuchsbetreuung und im Laufe dieser Arbeit gewonnen wurden, zusammenfassend dargestellt und kritisch betrachtet. Diskutiert wird in weiterer Folge der Bezug zwischen den Ergebnissen und den gestellten Forschungsfragen. Zu diesem Zweck sind die Forschungsfragen noch einmal angeführt, um sie dem Leser erneut ins Gedächtnis zu führen:

- Wie ist die Etablierung pannonischer Vegetation auf Dächern möglich?
- Welche Faktoren wirken sich auf die Entwicklung der Vegetation aus?
 - Gibt es einen Mehrwert der Strukturen?
 - Wo liegen die Vor- und Nachteile?
- Wie können geeignete Pflegemaßnahmen aussehen?

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Gründächern durchaus funktioniert und gegenüber reinen Sedumdächern einen ökologischen Mehrwert für Fauna und Flora bieten. Die pannonischen Vegetationsmosaike, die in den österreichischen Florenprovinzen vorkommen, unterliegen ähnlichen Standortfaktoren wie sie teilweise auch auf den exponierten Dachbegrünungen in den urbanen Gebieten vorkommen (siehe Kapitel 3). Die diversen Arten sind an ein trockenes und heißes Klima im Sommer und an wind- und eisreiche Bedingungen im Winter angepasst. Durch die starke Erwärmung der Bodenoberfläche im Sommer, entstehen häufig hohe Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht. Die Standorte, auf denen diese mittlerweile seltenen Artenmosaike gedeihen, sind ein Produkt der Bewirtschaftung durch den Menschen und seinem Weidevieh. Die mageren Böden mit ihrer geringen Wasserspeicherkapazität wurden durch die Beweidung und gezielten Pflegemaßnahmen erweitert und vor der Verbuschung bewahrt. Ohne diese Maßnahmen würden diese Habitate in unseren Breiten nur mehr an sehr trockenen, Magerstandorten wie steilen Hängen und Felswänden existieren (FREY und LÖSCH 2010).

Die Standortfaktoren, die auf potenziellen Flächen für Gründächern in Wien vorkommen, weisen meist ähnliche Bedingungen auf, wie sie auch in den Habitaten der pannonischen Flora und Fauna zu finden sind. Hohe Sonneneinstrahlung und Temperaturen sowie längere Trockenperioden im Sommer, dafür aber mildere Umstände im Winter, ermöglichen es die speziell angepassten Arten auf Dächern zu etablieren, auf denen vor allem extensive Aufbauten erwünscht sind. Auch in ihrem natürlichen Lebensraum existieren die Pflanzen häufig auf sehr Flachgründigen Böden.

Diese Bedingungen waren auch in diesem Versuchsaufbau gegeben. Das ungleichmäßig ausgebrachte Dachsubstrat wies bei späteren Tiefenmessungen Mächtigkeiten von 5,5 bis 19 cm auf. Die Untersuchungen durch die Frequenzrahmenanalyse haben in dieser Hinsicht aufgezeigt, dass ein Substrataufbau von mindestens 15-20 cm für eine artenreiche und dauerhafte Gräser- Kräutervegetation notwendig ist.

Bei der Auswahl der Pflanzen für diesen Versuch, standen Kriterien wie eine maximale Wuchshöhe von 30 cm und eine üppige und zugleich regionale Blütenvielfalt im Raum. Heimische Pflanzenarten aus Halbtrocken- und Trockenrasengesellschaften die teilweise unter Schutz stehen wurden in die Liste aufgenommen. Die Blütenvielfalt der Wildblumen spielen neben dem ästhetischen Aspekt auch eine wesentliche Rolle als Futterpflanzen für Insekten und fördern so die Biodiversität. Dies beschreibt auch ENGEL (2017), demnach sollte zur Förderung der Artenvielfalt auf monokulturelle Sedum-Teppiche verzichtet werden, um an ihrer Stelle artenreiche Gründächer zu etablieren. Als Alternative zu den Gründächern mit Sedumarten gedeihen, bei einer ausreichenden Mächtigkeit der Substratschicht, diverse Arten aus den Xerothermen- und Trockenrasengesellschaften.

Wie in den natürlichen Habitaten der xerothermen Pflanzengesellschaften, fanden Gräser wie *Festuca valesiaca* oder *Carex caryophyllea* sowie einige Sedumarten, ihren Platz auf dem Gründach. Bei vorschreitender Entwicklung der Pflanzengesellschaft auf dem Gründach, war zu erkennen, dass sich von den 35 ausgebrachten Arten, zumindest auf den Versuchsflächen nur 12 etablieren konnten (vgl. Kap. 7.6). Dies ist zurück zu führen auf den starken Konkurrenzdruck der dominanten Arten *Festuca valesiaca* und *Petrorhagia saxifraga*. Einige Pflanzenarten fanden demnach nicht die richtigen Lebensbedingungen vor, um dauerhaft bestehen hätten zu können.

Neben dem Konkurrenzdruck und den chemischen Einflussfaktoren, wirkten sich auch andere abiotischen Faktoren auf die hiesige Vegetation aus. Wie auch auf anderen Gründächern ist mit trockenen und sehr heißen Temperaturen während der Sommermonate zu rechnen. Winde und hohe Sonnenstrahlung verstärken den Hitze- und Trockeneffekt zusätzlich. Diese einschneidenden Perioden führen zu einem gewaltigen Hitzestress der Pflanzen. Das Resultat ist eine trocken und dürr erscheinende Vegetation. Fauna und Flora benötigen in diesen extremen Zeiten Rückzugsorte von wo aus sie sich bei besseren Bedingungen wieder ausbreiten können. Geschaffen wurden diese Orte einerseits durch die Beschattung des angrenzenden Hauses und andererseits durch den Aufbau unterschiedlichster Strukturen. Die Beschattungsgrenze des Nachbarhauses wanderte über die zwei am südlichsten gelegenen Versuchsflächen. Damit war beinahe ein Drittel der untersuchten Dachfläche über einen längeren Tagesabschnitt beschattet. Das Resultat war eine reduzierte Evapotranspiration, also eine

geringere Verdunstung von Wasser durch Pflanzen und Boden. Die unterschiedlichen Strukturen, auf drei der sechs Versuchsflächen, schufen zusätzliche Rückzugsorte für die Vegetation. Einen voraussichtlich hoher Gesamtdeckungsgrad der Vegetation, wird das Gründach 2021 erreichen.

Die Beobachtungen haben gezeigt, dass die Strukturen aus Stein, Ästen und Ziegeln speziell in den trockenen Perioden des Jahres einen positiven Effekt aufweisen (vgl. Kap. 8). In unmittelbarer Umgebung der Strukturbildner entstand ein milderes Mikroklima in dem, wie im größeren Maßstab, die Evapotranspiration reduziert wurde. Somit stand der Flora das Bodenwasser länger zur Verfügung und die niedrigeren Temperaturen ermöglichten es, die trockenen Perioden besser zu überdauern. Dabei boten die unterschiedlichen Materialien und Formen der Strukturen den diversen Arten ein mannigfaltiges Angebot an Lebens- und Rückzugsorten. Generell ist zu sagen, dass die Errichtung von Strukturen auf Gründächern und im speziellen auf extensiven Gründächern von besonderer Bedeutung für die Entfaltung einer vielseitigen Biodiversität sind. Sie bieten den Pflanzen in extremen Zeiten einen Rückzugsort, von dem aus sie sich dann wieder ausbreiten können und bilden zugleich zusätzliche Lebensräume für diverse Insekten, Moose und Flechten. Neben dem Mehrwert für Fauna und Flora kreieren die unterschiedlichen Strukturen auch ein vielseitig, ästhetisches Bild. Im Vergleich zu monotonen Sedumdächern bieten die Steine, Äste und Hügel neben den diversen Pflanzen immer wieder neue Blickfänge für die Betrachter. Auch ENGEL (2017) Beschreibt in ihrem Werk „Artenvielfalt fördern auf dem Gründach“ den großen Vorteil der Strukturen für Fauna und Flora und befürwortet somit deren Einsatz auf Gründächern. Nachteilig wirken sich die Strukturen bei den Pflegemaßnahmen aus. So sind zum Beispiel Strukturen aus Holz immer wieder neu zu bestücken. Bei der Mahd bilden sie Hindernisse, die die Pflegearbeiten erschweren können und einen gekonnten Umgang mit den Werkzeugen voraussetzt.

Generell sind extensive Gründächer, so auch wie dieses am GRG7, pflegeleicht und benötigen wenige Maßnahmen, um sich gut zu etablieren. Wie im Kapitel 13. „Adaptiertes Pflegekonzept für das extensive Gründach mit pannonischer Vegetation“ beschrieben wird, wäre eine einmalig, pro Jahr stattfindende Mahd notwendig, um besonders Wildblumen und Kräuter zu fördern. Dabei ist darauf zu achten, dass die anfallende Biomasse entfernt wird. Der passende Zeitpunkt für diesen Eingriff liegt, wie auch in der Literatur beschrieben, gegen Ende der Wachstumsperiode (SCHOKNECHT T. o.J.). Im Zuge der Mahd sollte unerwünschter Fremdbesatz beseitigt werden. In besonders trockenen Monaten kann entweder in den frühen Morgenstunden oder gegen Abend hin mit einem Beregner gegossen werden, um so die Vegetation zu unterstützen. Primär kann auf diesen Pflegeschritt allerdings verzichtet werden, da die Vegetation an die Trockenheit angepasst ist und sich bei besseren Bedingungen wieder ausbreitet.

Rückblickend ist zu sagen, dass die Beobachtungen und Erhebung der Daten durch die unterschiedlichen Methoden gut geeignet waren, um einen Eindruck zu erlangen der ausreichend war, um in die Materie zur pannonischen Vegetation auf extensiven Dachbegrünungen einzudringen. Jedoch wären zusätzliche Erhebungen zur Frequenz oder der Dominanz vorteilhafter für eine tiefere Analyse gewesen. Ohne Zweifel hat diese Thematik eine große Relevanz in der Zukunft. Zum einen wird es durch die Ausbreitung der Siedlungsgebiete und der damit verbundenen Versiegelung der Grünflächen, immer wichtiger neue alternative Grünräume zu schaffen. Speziell Dachbegrünungen spielen dabei eine wichtige Rolle. Extensive Dachbegrünungen bieten sich dabei besonders auf den vielen Dächern an, die nur eine geringe Traglast haben und meist auch unzugänglich sind (außer für Fachpersonal). Zum anderen bieten vor allem Gründächer mit einer möglichst hohen Biodiversität die Möglichkeit dem Artensterben entgegen zu wirken. Speziell auf extensiv begrünten Dächern bietet sich die Etablierung pannonischer Vegetation an, zumal diese Vegetationsmosaiken viele Arten beinhalten, die gefährdet sind, sich aber auf diesen speziellen Standorten wohl fühlen. Zusätzlich bietet eine artenreiche Flora auch Lebensräume für die unterschiedlichsten Tiere und Insekten (ENGEL 2017).

Forschungsbedarf und mangelnder Einsatz in der Praxis liegt bei der Relevanz und Anwendung der Strukturen für Fauna und Flora. Diese Forschung hat einen klaren Vorteil der Strukturen gezeigt. So bieten die diversen Strukturen Rückzugsorte für die Vegetation in Monaten, in denen die Pflanzen größerem Stress ausgesetzt sind. Sie schaffen ein milderes Mikroklima und bilden so „Oasen“ für diverse Pflanzenarten. Nicht zu verachten ist auch der Einfluss von zum Beispiel unterschiedlicher Substratstrukturen, die für manche Arten Nischen schaffen, ohne die sie sonst nicht gedeihen würden. Daher sollte in der praktischen Umsetzung, also bei der Schaffung neuer Gründächer, der Einsatz diverser Strukturen berücksichtigt und inkludiert werden.

12 Zusammenfassung

Der Klimawandel ist weltweit spürbar und betrifft mittlerweile jeden Bewohner unserer Erde. Besonders in von Menschen dichtbesiedelten Ballungszentren, sind die klimatischen Veränderungen merklich und haben Auswirkungen auf die Lebensbedingungen und -qualität der Bewohner sowie der Fauna und Flora. In vielen Städten, werden daher Klimaschutzziele festgelegt und nach Möglichkeit umgesetzt (BRUNE et. al. 2017). So werden in Wien beispielsweise Maßnahmen zur Ausweitung und Neuschaffung von Grün- und Freiräumen induziert und der Ausbau weiterer Fassaden- und Dachbegrünungen als wesentlicher Bestandteil der Stadtplanung fixiert (BRANDENBURG 2015).

Um die Lebensqualität dahingehend zu fördern und zu verbessern, benötigt es multifunktionale Systemlösungen die Feinstaub und CO² bindet und umwandelt. Zusätzlich größere Niederschlagsmengen auffängt und versetzt ins Kanalisationssystem ableitet beziehungsweise in den nachfolgenden Trockenperioden, durch Verdunstung an, die um Umgebungsluft abgibt und dabei einen kühlenden Effekt auf die Umgebung hat (KORJENIC 2018). Zusätzliche Grünräume auch auf Dächern und Fassaden bilden darüber hinaus wertvolle Lebensräume für Fauna und Flora (ENGEL 2017). Im Zuge des Projektes GrünPlusSchule entstanden am GRG7 in Wien mehrere Versuchsflächen, die mit unterschiedlichen Mestechiken ausgestattet und in weiterer Folge ökologisch bewertet wurden. Untersuchungsschwerpunkte waren einerseits Kombinationen aus Photovoltaikanlagen und unterschiedlichen Gebäudebegrünungs-Systemen mit diversen Pflanzenarten, andererseits wurde die Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Dachbegrünungen und die Auswirkungen durch Strukturen auf diese untersucht (KORJENIC (2018).

Diese Arbeit konzentriert sich auf den zweiten Untersuchungsschwerpunkt, aufbauend auf den Fragen, wie die Etablierung pannonischer Vegetation auf Dächern möglich ist und welche Umweltfaktoren sich dabei auf die Vegetation auswirken. Dazu wird im speziellen der Mehrwert und die Auswirkungen von Strukturen untersucht. Zunächst wird die Gliederung der pannonischen Florenprovinz erläutern und die komplexen Prozesse dahinter erklärt.

Die an den Standorten vorherrschenden Bedingungen der Trocken- und Halbtrockenrasen, sind auch in urbanen Räumen, speziell auf extensiven Gründächern zu finden. Sie werden durch die autonomen Wirkungsprozessen der Stadtklimatologie hervorgerufen (BRANDENBURG et al. 2015).

Hohes Ausgleichspotenzial, um den steigenden Temperaturen entgegen zu wirken und Fauna und Flora in Städten zusätzlich Lebensräume zu bieten, haben dabei Dachbegrünungen (BRUNE et al. 2017). Nach heutigen Standards haben Dachbegrünungen neben dem Rückhalt und Reinigung von Niederschlagswasser, Verbesserung der Lebensdauer von Dächern, Schadstofffilter, Wärme- und Kälte-dämmende Eigenschaften sowie der Einfluss auf die Stadtklimatologie noch weitere positive Eigenschaften. Die Steigerung der Lebensqualität für die Menschen und einen hohen ökologischen Stellenwert für Fauna und Flora (BRUNE et.al. 2017). Um das ökologische Ausgleichspotential von Gründächern auszuschöpfen, sollte ein möglichst hohes Maß an Biodiversität etabliert werden. Dabei gilt wie in der Inselökologie, je höher die Anzahl der ökologisch wertvollen Gründächern, desto höher ist die Biodiversität und der Austausch zwischen Tieren und Pflanzen, die diese Lebensräume besiedeln. Durch Verzicht auf monokulturelle Sedum-Dächer und Etablierung Xerothermer- und Trockenrasengesellschaften, können solch artenreiche Gründächer entstehen (ENGEL 2017). Im Zuge dessen wurde am Dach des GRG7, im 7. Bezirk der Stadt Wien ein Versuchsdach aufgebaut.

Zur Beantwortung der Fragestellungen, mit der sich diese Masterarbeit befasst, wird zunächst über die Standortbeschreibung und den Versuchshintergrund sowie dem Dachaufbau zur Methodik hingeleitet. Dabei wird definiert und erläutert, welche biotischen und abiotischen Faktoren sich auf das Dach und die Vegetation auswirken und wie die unterschiedliche Mächtigkeit des Substrates zu Stande kommt. Zur Evaluierung der Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Gründächern wurde auf sechs gleichgroßen Versuchsflächen, die Bodenfeuchte und Temperatur des Substrates gemessen sowie die Frequenz und die Dominanz der Vegetation erhoben und im Anschluss verglichen.

Um Rückschlüsse auf die Einflüsse der Bodenfeuchte und –Temperaturen auf die Vegetation ziehen zu können, wurden durch die Bodensensoren über einen Zeitraum von einer Wachstumsperiode (26.04.2017-27.10.2017) Daten gesammelt und ausgewertet. Zusätzlich konnte mit Hilfe der Frequenzrahmenanalyse die Frequenz jeder einzelnen aufgetretenen und erfassten Art erhoben werden.

Um ein genaues Bild der Pflanzenentwicklung am Dach des GRG7 zu erlangen wurde mit Hilfe der Artenmächtigkeitsskala nach GEHLKER (1976) auf jeder Versuchsfläche, die Dominanz, nach visueller Beobachtung, eingeschätzt. Anschließend fand ein Vergleich der erhobenen Daten sowie die Entwicklung der einzelnen Versuchsflächen statt. Durch die Erhebungen konnten Rückschlüsse auf die Etablierung der ausgebrachten Arten gezogen werden und es geht hervor welche Faktoren dabei eine Rolle gespielt haben.

Bei der Auswertung hat sich gezeigt, dass die Etablierung pannonischer Vegetation auf extensiven Gründächern funktioniert und einen ökologischen Mehrwert für Fauna und Flora bildet. Generell konnten sich von den 30 ausgebrachten Arten, 12 entwickeln und bildeten zum Zeitpunkt der Untersuchung an manchen Versuchsflächen eine Vegetationsdecke mit annähernd optimalem Deckungsgrad. Auf dem Versuchsdach herrschen ähnliche Standortbedingungen wie sie auch in den pannonischen Florenprovinzen vorkommen. Dies haben einerseits die Messungen durch die Bodenfeuchte- und Temperatursensoren gezeigt andererseits entstand ein ähnliches Artenmosaik, welches den jahreszeitlichen Veränderungen unterlag, wie es auch in den natürlich entstandenen Biotopen zu beobachten ist.

Das Resultat der einschneidenden Trockenperioden während der Sommermonate war eine trocken und dürr erscheinenden Vegetation. Fauna und Flora benötigen in diesen extremen Zeiten Rückzugsorte, von wo aus sie sich bei besseren Bedingungen wieder ausbreiten können. Geschaffen wurden diese Orte einerseits durch die Beschattung des angrenzenden Hauses und andererseits durch den Aufbau unterschiedlichster Strukturen. In unmittelbarer Umgebung der Strukturbildner entstand ein milderes Mikroklima in dem, wie im größeren Maßstab, die Evapotranspiration reduziert wurde.

Generell sind extensive Gründächer pflegeleicht, jedoch sind auch an solchen Anlagen, Pflegehinweise zu beachten, die die Lebensdauer des Gründaches verlängern. Zu diesem Zweck wurde an einem adaptierten Pflegekonzept gearbeitet, welches eine Pflanzenauswahl präsentiert, die sich aus der Pflanzenliste pannonischer Arten der LFZ Schönbrunn und etablierter Arten vom Dach des GRG7 zusammensetzt. Darüber hinaus finden sich wichtige Hinweise zur richtigen Instandhaltung. Einerseits wurden Informationen zur Wässerung, Düngung und Fremdbesatzpflege zusammengetragen, andererseits finden sich Anweisungen für einen möglichen Pflegeeingriff durch eine Mahd in diesem Pflegekonzept wieder. Diese wurden durch eine Versuchsmahd am 10.06.2017, bei der sich die Auswirkungen des Zeitpunktes auf die Vegetation gezeigt haben, definiert und formuliert.

13 Literaturverzeichnis

AHRENDT J. (2007): Historische Gründächer – Ihr Entwicklungsgang bis zur Erfindung des Eisenbetons, Fakultät VI der Technischen Universität, Berlin.

AICHELE D., GOLTE-BECHTLE M. (1997): Das neue ‚Was blüht denn da?‘ 56. Auflage, Kosmos Verlag, Stuttgart.

AICHHORN K., KURTZ I. (2007): Positive Vegetationsentwicklung aufgrund natürlicher Sukzession nach Beendigung der Beweidung, St.Johann.

BRANDENBURG C., DAMYANOVIC D., REINWALD F., ALLEX B., GANTNER B., CZACHS C. (2015): Urban Heat Islands – Strategieplan Wien, Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22.

BRENNEISEN S. (2003): Ökologisches Ausgleichspotenzial von extensiven Gründächern – Bedeutung des Ersatz-Ökotopts für den Arten- und Naturschutz und die Stadtentwicklungsplanung. Dissertation an der Philosophisch- Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel.

BRUNE M., BENDER S., GROTH M. (2017): Gebäudebegrünung und Klimawandel, Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch klimawandeltaugliche Begrünung. Report 30. Climate Service Center Germany, Hamburg.

DIRSCHKE H. (1994): Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden, Ulmer Verlag, Stuttgart.

DROZDOWSKI I. (2018): Lebensregion – Biosphärenpark Wienerwald, Trockenrasen im Steinfeld. Stand.: 14.03.2019, URL.: www.bpww.at

ELLENBERG H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart.

ENGEL S. (2017): Artenvielfalt fördern auf dem Gründach, Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. Kreisgruppe München, Agentur Kopfbrand, 80469 München.

ERLACH N. (2012): Dachgrün, Studie im Auftrag der MA 22, Rechte Wienzeile 37, 1040 Wien.

FISCHER M., WILLNER W., NIKLFELD H., FALLY J., KIRALY G., WEISS S., PACHSCHWÖLL C., WEIS B., LATZIN S., WEINZETTL J. (2015): Burgenlandflora, die Pflanzenwelt des Burgenlands, Projektträger, Eigentümer und Herausgeber: Naturschutzbund Burgenland; Stand 10.01.2018 URL.: www.burgenlandflora.at.

FREY W., LÖSCH R. (2010): Geobotanik, Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit, 3. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Imprint von Springer.

FÜRST B., RETH S. (o.J.) Allgemeine Informationen zur Bodenfeuchte, Umwelt - Geräte - Technik GmbH, Eberswalder Straße 58, D-15374 Müncheberg. Stand: 19.03.2019 URL.: www.ugt-online.de/produkte/bodenkunde/bodenfeuchte

GEHLKER H. (1977): Eine Hilfstafel zur Schätzung von Deckungsgrad und Artmächtigkeit. Mitt. Florist.-soziol. Arbeitsgem. N.F. 19/20, 427 – 429.

GRAISS W. (2013): Extensive Dachbegrünung mit Saatgut inneralpiner Herkünfte, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein – Irdning.

HOFFMANN T. (2018): Sonnenverlauf – Berechnung des Sonnenverlaufs sowie weiteren Optionen, 67304 Eisenberg, Deutschland; Stand 18.05.2018 URL.: www.sonnenverlauf.de

HÜFING G., MUERTH P., PENDEL M., TRIBUTSCH I., JÄGER-KATZMANN S. (2009): „Logisch gedacht ist ökologisch bedacht“, Ein Leitfaden für die Dachbegrünung, "die Umweltberatung" Wien, Themenbereich Naturnahes Gärtnern, Stadtökologie service@umweltberatung.at Buchengasse 77, 1100 Wien.

ISTA GERMINATION COMMITTEE, (2009): ISTA (International Seed Testing Association) Handbook on Seedling Evaluation. Third Edition with Amendments 2009. Bassersdorf: Switzerland.

KENT, M., COKER, P. (1992): Vegetation description and analysis: a practical approach. Boca Raton, London.

KLINGSHIRN R. (2015): Pflege und Wartung extensiver Dachbegrünungen, Verband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau Bayern e. V. Haus der Landschaft, Leharstraße 1, 82166 Gräfelfing, info@galabau-bayern.de.

KORJENIC A., FLORINETH F., PITHA U. (2018) GrünPlusSchule@Ballungszentrum - Hocheffiziente Fassaden- und Dachbegrünung mit Photovoltaik Kombination; optimale Lösung für die Energieeffizienz in gesamtökologischer Betrachtung, Technische Universität Wien und Universität für Bodenkultur; Stadt der Zukunft – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Stand: 01.03.2019 URL: www.nachhaltigwirtschaften.at.

LEFNAER S. (2013): Pflanzenfotos von Stefan Lefnaer, Version: 18.03.2019, URL.: www.flora.lefnaer.com

LESER H. (2008): Stadtklimatologie in Stichworten, 2 Auflage, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin – Stuttgart.

METER Group AG: 81379 München, Mettlacher Straße 8. Bodensensor Echo2 5 TE, Stand: 06.04.2018, URL: www.metergroup.com.

MRKVICKA A. (o.J.): Botanik im Bild – Bilddatenbank der Wildpflanzen Österreichs, Stand: 17.01.2019, URL.: www.flora.nhm-wien.ac.at

MUHLE, O.; RÖHRIG, E. (1979): Untersuchungen über die Wirkungen von Brand, Mahd und Beweidung auf die Entwicklung von Heidegesellschaften, Schriften der Forstl. Fakultät Univ. Göttingen u.d. Niedersächsischen forstlichen Versuchsanstalt, 61, 72 S., Frankfurt a.M.

OPTIGRÜN (2018): Optigrün – Die Dachbegrüner, Produktdatenblatt zu extensiven Dachsubstrat, stand (20.04.2017); Optigrün Niederlassung Österreich Landstraßer Hauptstraße 71/2, 1030 Wien, URL.: www.optigruen.at

PERATONER G. & PÖTSCH E. (2015): Erhebungsmethoden des Pflanzenbestandes im Grünland, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein.

REICHELT G., WILMANNS O., (1973): Vegetationsgeografie, Westermann, Braunschweig

REINSAAT KG., (o.J.): Saatgutproduktion und Qualitätskontrolle, St. Leonhard am Hornwald 3572 – Österreich, Stand: 29.03.2019 URL.: www.reinsaat.at

SABUBERER N. & WILLNER, W. (2007): Kurze Einführung in die Natur- und Landschaftsgeschichte Österreichs. In: Willner, W. & Grabherr, G. (Hrsg.): Die Wälder und Gebüsche Österreichs. Ein Bestimmungswerk mit Tabellen. Textband: 18–25. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

SCHÄFER U, SCHENK D., KRÜGER M. (o.J.): Planungshilfe, Grundlagen Bautechnik. Leben auf dem Dach, ZinCo GmbH, Lise-Meitner-Straße 2, 72622 Nürtingen.

SCHAUMBERG, K. (1995): Vegetationsökologische Dauerbeobachtung zur Erfolgskontrolle von Ersatzmaßnahmen einer 380 kV-Freileitung.

SCHOKNECHT T. (o.J.): Trockenrasen und Heiden - Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege. Landesumweltamt. Referat N3 Michendorfer Chaussee 114. 14473 Potsdam.

SUNDSETH K. (2010): Natura 2000 in der kontinentalen Region, Europäische Kommission, Referat B2, Natur und biologische Vielfalt, 1049 Brüssel, Belgien.

TRAXLER A. (1997): Handbuch des Vegetationsökologischen Monitorings. Methoden, Praxis, angewandte Projekte, Teil A: Methoden, Seite 166-167. Monographie, Band 89A, Wien 1997.

VALI N. (2011): Analyse des Dachbegrünungspotentials Wien. Bereich für räumliche Entwicklung – Magistratsabteilung 22.

WILLNER W. (2013): Steppenlebensräume Europas, Pannonische Steppenrasen in Österreich, Thüringer Ministerium für Landwirtschaften, Forsten, Umwelt und Naturschutz, Stabsstelle Presse, Öffentlichkeitsarbeit, Reden, Erfurt.

ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (ZAMG): Monatsüberblick; Stand: 14.12.2017. URL.: www.zamg.ac.at

14 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Trockenrasen im Naturschutzgebiet Sandberge Oberweiden, von LEFNAER S. (21.07.2013)	15
Abbildung 2 Trockenrasen im Steinfeld von DROZDOWSKI I. (2018)	16
Abbildung 3 Halbtrockenrasen an der Pertoldsdorfer-Heide von DROZDOWSKI I. (2018)	17
Abbildung 4 Beweidung der Pertoldsdorfer-Heide durch Schafe, von MRKVICKA A. (2018)	21
Abbildung 5 Regelaufbau eines extensiven Gründachs, NUSSER C. (2018)	29
Abbildung 6 Satellitenbild des Projektgebietes aus Google Maps (03.02.2018)	32
Abbildung 7 Schattenwurf auf dem Turnsaaldach des GRG7 durch das benachbarte Haus, von Zluwa I. (11.09.2018)	35
Abbildung 8 Aufbauarbeiten des Gründaches am GRG7, Wien von Zluwa I. (23.-24.05.2016)	38
Abbildung 9 Dachaufbau mit Leichtsubstrat am Dach des GRG 7	39
Abbildung 10 Grundriss, Dach des GRG7 mit Einteilung der Versuchsflächen und Photovoltaikanlagen	40
Abbildung 11 Dach des GRG7 OBEN Flächen ohne Strukturbildner UNTEN Flächen mit Strukturbildner (08.05.2017)	41
Abbildung 12 Höenschichtung des Substrates auf dem extensiven Gründach des GRG7 Wien	42
Abbildung 13 Unterschiedliche Strukturbildner am Dach des GRG7 (22.06.2017)	43
Abbildung 14 Struktur Stein am Dach des GRG7 (22.06.2017)	44
Abbildung 15 Schotterfläche am Dach des GRG7 (22.06.2017)	44
Abbildung 16 Struktur Stein am Dach des GRG7 (22.06.2017)	44
Abbildung 17 Wasserbassin am Dach des GRG7 (22.06.2017)	45
Abbildung 18 Struktur Dachziegel am Dach des GRG7 (22.06.2017)	45
Abbildung 19 Aufbau und Verteilung der Strukturbildner am Dach des GRG7 (24.05.2016)	46
Abbildung 20 Abwägung der Samen für die Versuchsflächen (26.05.2016)	46
Abbildung 21 Pflanzplan der Topfpflanzen am Dach des GRG7	47
Abbildung 22 Formel zur Ermittlung des volumetrischen Wassergehalts, METER Group AG (06.04.2018)	50
Abbildung 23 Sensoren des Typs Echo ² 5 TE, METER Group AG (06.03.2019)	51
Abbildung 24 Sensorverteilung und Tiefe der Messspitzen	52
Abbildung 25 Beispiel für Frequenzrahmenaufnahme am Dach des GRG7 (2017)	53
Abbildung 26 Deckungsgrad und Artenmächtigkeit (GEHLKER 1976)	56
Abbildung 27 Position der Sensoren und unterschiedlichen Strukturen	59
Abbildung 28 Bodentemperaturverhältnisse bei unterschiedlichen Substratmächtigkeiten	67
Abbildung 29 Bodentemperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht	67
Abbildung 30 Auswirkungen der Beschattung auf die Vegetation	68
Abbildung 31 Einfluss des Mikroklimas auf die Vegetation	69
Abbildung 32 Alyssum alyssoides MRKVICKA (02.07.2004)	75
Abbildung 33 Anthoxanthum odoratum MRKVICKA (02.05.2007)	75
Abbildung 34 Arabidopsis thaliana MRKVICKA (02.07.2004)	76
Abbildung 35 Capsella bursa-pastoris MRKVICKA (22.04.2004)	76

Abbildung 36 <i>Carex caryophyllea</i> NUSSE (15.05.2017)	77
Abbildung 37 <i>Cerastium glutinosum</i> MRKVICKA (27.04.2004)	77
Abbildung 38 <i>Cerastium pumilum</i> MRKVICKA (06.04.1999)	78
Abbildung 39 <i>Draba verna</i> MRKVICKA (12.04.2004)	78
Abbildung 40 <i>Festuca valesiaca</i> Nusser (26.04.2017)	79
Abbildung 41 <i>Genister pilosa</i> MRKVICKA (26.05.2003)	79
Abbildung 42 <i>Herinaria glabra</i> MRKVICKA (26.06.2004)	80
Abbildung 43 <i>Hieracium pilosella</i> MRKVICKA (27.09.2001)	80
Abbildung 44 <i>Petrorhagia saxifraga</i> MRKVICKA (24.06.2003)	81
Abbildung 45 <i>Sedum acre</i> Nusser (26.04.2017)	81
Abbildung 46 <i>Sedum album</i> MRKVICKA (09.08.2004)	82
Abbildung 47 <i>Sedum reflexum</i> Nusser (27.10.2017)	82
Abbildung 48 <i>Silene vulgaris</i> MRKVICKA (10.09.2004)	83
Abbildung 49 <i>Thlaspi arvense</i> MRKVICKA (24.06.2003)	83
Abbildung 50 <i>Tripleurospermum inodorum</i> Nusser (26.04.2017)	84
Abbildung 51 <i>Veronica praecox</i> MRKVICKA (18.04.2004)	84
Abbildung 52 Darstellung der Vegetation auf Versuchsfläche 1, (18.06.2018)	87
Abbildung 53 Deckungsgrad der VF1 in Prozent, (18.06.2018)	87
Abbildung 54 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 1, (02.05.2018)	88
Abbildung 55 Deckungsgrad der Versuchsfläche 2, (18.06.2018)	91
Abbildung 56 Deckungsgrad der VF2 in Prozent, (18.06.2018)	91
Abbildung 57 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 2, (02.05.2018)	92
Abbildung 58 Deckungsgrad der Versuchsfläche 3, (18.06.2018)	95
Abbildung 59 Deckungsgrad der VF1 in Prozent, (18.06.2018)	95
Abbildung 60 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 3, (02.05.2018)	96
Abbildung 61 Deckungsgrad der Versuchsfläche 4, (18.06.2018)	98
Abbildung 62 Deckungsgrad der VF4 in Prozent, (18.06.2018)	98
Abbildung 63 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 4 mit Strukturbildnern, (02.05.2018)	99
Abbildung 64 Deckungsgrad der Versuchsfläche 5, (18.06.2018)	101
Abbildung 65 Deckungsgrad der VF5 in Prozent, (18.06.2018)	101
Abbildung 66 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 5 ohne Strukturbildner, (02.05.2018)	102
Abbildung 67 Deckungsgrad der Versuchsfläche 6, (18.06.2018)	105
Abbildung 68 Deckungsgrad der VF6 in Prozent, (18.06.2018)	105
Abbildung 69 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 6 mit Strukturbildnern, (02.05.2018)	106
Abbildung 70 Frequenz aller Arten der Versuchsflächen auf dem Dach des GRG7 vom (26.10.2016 - 02.05.2018)	107
Abbildung 71 Aufnahme Versuchsfläche 1 ohne Strukturbildner (oben) Versuchsfläche 2 mit Strukturbildner (unten)	117
Abbildung 72 Entwicklung der Vegetation auf Versuchsfläche 3	119

<i>Abbildung 73 Versuchsfläche 4: Einfluss der Struktur auf die Vegetation</i>	119
<i>Abbildung 74 Vegetationsentwicklung auf Versuchsfläche 5 (02.05.2018)</i>	121
<i>Abbildung 75 Vegetationsfreie Stellen der Versuchsfläche 6 in der rechten Bildhälfte (02.05.2018)</i>	121
<i>Abbildung 76 Unterschied vor und nach der Mahd am Dach des GRG7 (13.06.2017)</i>	126

15 Diagrammverzeichnis

<i>Diagramm 1 Mittelwerte der Lufttemperatur für 2017. Klimamonitoring ZAMG (06.04.2018)</i>	33
<i>Diagramm 2 Vergleich der Bodentemperatur der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 08.05.-16.05.2017 (Substratstärke 5-20 cm)</i>	60
<i>Diagramm 3 Vergleich der Bodenfeuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 08.05.-16.05.2017 (Substratstärke 5-20 cm)</i>	60
<i>Diagramm 4 Vergleich der Bodentemperatur der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.06.-20.06.2017 (Substratstärke 5-20 cm)</i>	62
<i>Diagramm 5 Vergleich der Bodenfeuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.06.-20.06.2017 (Substratstärke 5-20 cm)</i>	62
<i>Diagramm 6 Vergleich der Bodentemperatur der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.07.-02.08.2017 (Substratstärke 5-20 cm)</i>	64
<i>Diagramm 7 Vergleich der Bodenfeuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 07.07.-02.08.2017 (Substratstärke 5-20 cm)</i>	64
<i>Diagramm 8 Vergleich der Bodentemperatur der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 10.10.-28.10.2017 (Substratstärke 5-20 cm)</i>	66
<i>Diagramm 9 Vergleich der Bodenfeuchte der einzelnen Versuchsflächen auf der Dachfläche von 10.10.-28.10.2017 (Substratstärke 5-20 cm)</i>	66
<i>Diagramm 10 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 1</i>	86
<i>Diagramm 11 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 2</i>	90
<i>Diagramm 12 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 3</i>	94
<i>Diagramm 13 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 4</i>	97
<i>Diagramm 14 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 5</i>	100
<i>Diagramm 15 Frequenzrahmenanalyse der Versuchsfläche 6</i>	104
<i>Diagramm 16 Frequenz von Veronica praecox (26.10.2016-02.05.2018)</i>	108
<i>Diagramm 17 Frequenz von Alyssum montanum (26.10.2016-02.05.2018)</i>	109
<i>Diagramm 18 Frequenz von Capsella bursa-pastoris (26.10.2016-02.05.2018)</i>	109
<i>Diagramm 19 Frequenz von Carex caryophylla (26.10.2016-02.05.2018)</i>	110
<i>Diagramm 20 Frequenz von Cerastium glutinosum (26.10.2016-02.05.2018)</i>	110
<i>Diagramm 21 Frequenz von Festuca valesiaca (26.10.2016-02.05.2018)</i>	111
<i>Diagramm 22 Frequenz von Hieracium pilosella (26.10.2016-02.05.2018)</i>	111
<i>Diagramm 23 Frequenz von Petrorhagia saxifraga (26.10.2016-02.05.2018)</i>	112
<i>Diagramm 24 Frequenz von Sedum acre (26.10.2016-02.05.2018)</i>	112
<i>Diagramm 25 Frequenz von Sedum album (26.10.2016-02.05.2018)</i>	113
<i>Diagramm 26 Frequenz von Silene vulgaris (26.10.2016-02.05.2018)</i>	113
<i>Diagramm 27 Frequenz von Veronica praecox (26.10.2016-02.05.2018)</i>	114
<i>Diagramm 28 Frequenz der vegetationsfreien Bereiche (26.10.2016-02.05.2018)</i>	114

16 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Arten der Topfpflanzen	47
Tabelle 2 Sedumarten	48
Tabelle 3 Ein-, Zwei- und Mehrjährige Arten	49
Tabelle 4 Kürzel der Botanischen Artnamen für die Frequenzaufnahmen	54
Tabelle 5 erweiterte Braun-Blanquet-Skala nach REICHELT und WILMANN (1973)	55
Tabelle 6 Zusammengefasste Teilergebnisse der Bodentemperatur	70
Tabelle 7 Zusammengefasste Teilergebnisse der Bodenfeuchte	71
Tabelle 8 Zeigerwerte Artenliste nach Ellenberg (In grün – alle Arten die durch Methoden erfasst wurden)	74
Tabelle 9 Zeigerwerte von <i>Alyssum alyssoides</i> nach ELLENBERG (1996)	75
Tabelle 10 Zeigerwerte von <i>Anthoxanthum odoratum</i> nach ELLENBERG (1996)	75
Tabelle 11 Zeigerwerte von <i>Arabis thaliana</i> nach ELLENBERG (1996)	76
Tabelle 12 Zeigerwerte von <i>Capsella bursa-pastoris</i> nach ELLENBERG (1996)	76
Tabelle 13 Zeigerwerte von <i>Carex caryophylla</i> nach ELLENBERG (1996)	77
Tabelle 14 Zeigerwerte von <i>Cerastium glutinosum</i> nach ELLENBERG (1996)	77
Tabelle 15 Zeigerwerte von <i>Cerastium pumilum</i> nach ELLENBERG (1996)	78
Tabelle 16 Zeigerwerte von <i>Datura verna</i> nach ELLENBERG (1996)	78
Tabelle 17 Zeigerwerte von <i>Festuca valesiaca</i> nach ELLENBERG (1996)	79
Tabelle 18 Zeigerwerte von <i>Genista pilosa</i> nach ELLENBERG (1996)	79
Tabelle 19 Zeigerwerte von <i>Herinaria glabra</i> nach ELLENBERG (1996)	80
Tabelle 20 Zeigerwerte von <i>Hieracium pilosella</i> nach ELLENBERG (1996)	80
Tabelle 21 Zeigerwerte von <i>Petrorhagia saxifraga</i> nach ELLENBERG (1996)	81
Tabelle 22 Zeigerwerte von <i>Sedum acre</i> nach ELLENBERG (1996)	81
Tabelle 23 Zeigerwerte von <i>Sedum album</i> nach ELLENBERG (1996)	82
Tabelle 24 Zeigerwerte von <i>Sedum reflexum</i> nach ELLENBERG (1996)	82
Tabelle 25 Zeigerwerte von <i>Silene vulgaris</i> nach ELLENBERG (1996)	83
Tabelle 26 Zeigerwerte von <i>Thlaspi arvense</i> nach ELLENBERG (1996)	83
Tabelle 27 Zeigerwerte von <i>Tripleurospermum inodorum</i> nach ELLENBERG (1996)	84
Tabelle 28 Zeigerwerte von <i>Veronica praecox</i> nach ELLENBERG (1996)	84
Tabelle 29 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)	87
Tabelle 30 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)	91
Tabelle 31 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)	95
Tabelle 32 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)	98
Tabelle 33 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)	101
Tabelle 34 Deckungsgrad nach BRAUN-BLANQUET, (18.06.2018)	105
Tabelle 35 Zusammenfassende Tabelle aller Aufnahmen durch den Frequenzrahmen am Dach des GRG7	115
Tabelle 36 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 1 und 2	122
Tabelle 37 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 3 und 4	123

<i>Tabelle 38 Zusammenfassender Vergleich der Versuchsflächen 5 und 6</i>	<u>124</u>
<i>Tabelle 39 Pflanzenliste pannonischer Arten für extensive Gründächer</i>	<u>129</u>

17 CV Constantin Nusser

CONSTANTIN NUSSER



Anschrift: Billrothstrasse 12/1/8 1990 Wien
Email: constantin_nusser@gmx.at
Telefon: +43 664 1681377
Geboren am: 06.03.1990 in Wien

Bildungsweg



02/2016 – laufend
**Masterstudium, Schwerpunkt
Landschaftsarchitektur**
Universität für Bodenkultur, Wien

09/2011 – 02/2016
**Bachelorstudium, Landschaftsplanung und
Landschaftsarchitektur**
Universität für Bodenkultur, Wien

11/2010 – 08/2011
Zivildienst
Rettungssanitäter, Rotes Kreuz
Purkersdorf

09/2005 – 02/2010
Matura und Diplomprüfung
Bildungsanstalt für Kindergartenpädagogik
Sacre Coeur, Pressbaum

09/2000 – 02/2005
Realgymnasium
Sacre Coeur, Pressbaum

Praktische Erfahrung/Jobs



seit 01/2016
Kindergartenpädagoge
Diakonie Bildung, Wien
Steinergasse 3, 1170 Wien

03/2012 – 10/2015
Mitarbeiter
Gartenpflege Weixelbaumer e.U.
Zehetnergasse 30, 1140 Wien

04/2008 – 10/2014
Eventmitarbeiter und Koordinator
Hirzberger Events
Freyung 2, 1010 Wien

05/2007 – 07/2010
Servicekraft
Motto Catering GmbH
Bruno-Kreisky-Platz 1, 1220 Wien

07/2006 – 09/2006
Servicekraft
Maria Magdalena
Am Eisernen Tor, Graz

Weitere Kenntnisse



Sprachen
Deutsch – Muttersprache
Englisch – fließend in Wort und Schrift

Software
MS Office – sehr gut
Adobe Photoshop, InDesign, Illustrator – gut
Auto CAD – sehr gut
Vectorworks – sehr gut
Sketchup – sehr gut
Orca AVA – Grundkenntnisse

Fähigkeiten/Interessen



Verantwortungsbereitschaft,
Kompromissbereitschaft, Aufgeschlossenheit,
Lernbereitschaft, Zielstrebigkeit,
Überzeugungsfähigkeit, Teamfähigkeit, schnelle
Auffassungsgabe

Outdoor – Sportarten, Fotografie, Architektur,
Design, Reisen, Naturwissenschaften

Wien, 25.04.2018