

MASTERARBEIT



Universität für Bodenkultur Wien

**EXTENSIVE DACHBEGRÜNUNG MIT STANDORTGERECHTEM  
SAATGUT INNERALPINER HERKÜNFTE**

UNTERSUCHUNGEN AM STANDORT DER HÖHEREN BUNDESLEHR- UND  
FORSCHUNGSANSTALT RAUMBERG-GUMPENSTEIN IN RAUMBERG

*Verfasst von*

**Lukas Ramsl, BSc**

**Matrikelnr: 01002329**

*Angestrebter akademischer Grad*

**Diplomingenieur (Dipl. Ing.)**

*Betreut von*

**Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Stangl Rosemarie**

**Dr. Wilhelm Graiss**

*Eingereicht am*

H87000 Department für Bautechnik und Naturgefahren

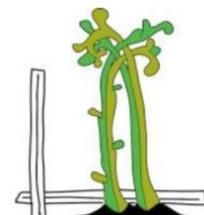
H87400 Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

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

Universität für Bodenkultur, Wien

1190 Wien, Peter Jordanstraße 82

**Wien, Oktober 2018**





## Inhalt

Danksagung .....	7
Zusammenfassung .....	9
Abstract .....	10
1 Einleitung .....	11
1.1 Inhalt und Problemstellung .....	11
1.2 Definition extensive & intensive Dachbegrünung .....	13
1.2.1 Extensivbegrünungen .....	14
1.2.2 Reduzierte Extensivbegrünungen .....	14
1.2.3 Intensivbegrünung .....	14
1.2.4 Reduzierte Intensivbegrünung .....	15
1.3 Allgemeiner Trend .....	15
1.3.1 UHI STRAT WIEN .....	16
1.3.2 STEP 2025 .....	17
1.4 Das Gründach als wichtiges Element im integrativen Regenwassermanagement ..	18
1.4.1 Verzögerung des Wasserabflusses .....	20
1.4.2 Jährlicher prozentualer Wasserrückhalt durch extensiv begrünte Dachflächen	21
1.4.3 Innovationen im Bereich Regenwasserrückhalt von Gründächern .....	23
1.5 Förderungen und gesetzliche Vorgaben für den Bau von Dachbegrünungen im europäischen und internationalen Vergleich! .....	29
1.5.1 Allgemeine Herangehensweisen .....	29
1.5.2 Österreich: Wien .....	29
1.5.3 Deutschland .....	31
1.5.3.1 Bremen .....	31
1.5.3.2 Stuttgart .....	31
1.5.3.3 Hamburg .....	31
1.5.4 Frankreich .....	32
1.5.5 Kanada: Toronto .....	32
1.6 Wichtige Begrifflichkeiten und Projekte für die vorliegende Masterarbeit .....	32
2 Zielsetzung der Arbeit .....	35
2.1 Fragestellungen .....	36
3 Technische, vegetationstechnische und pflegetechnische Anforderungen an die unterschiedlichen Bauweisen von Dachbegrünungen .....	37
3.1 Vegetationstragschicht: .....	37
3.2 Filter/Schutzvlies .....	38
3.3 Drainageschicht .....	39
3.4 Schutzlagen .....	39
3.5 Substrate .....	41

3.5.1	Substrate für Vegetationstragschichten .....	41
3.5.2	Anforderungen an Vegetationssubstrate .....	42
3.5.3	Substrate für mehrschichtige Intensivbegrünung .....	46
3.5.4	Substrate für mehrschichtige Extensivbegrünung .....	48
3.5.5	Substrate für die einschichtige Bauweise .....	50
3.5.6	Substrate für Drainageschichten .....	50
3.6	Technische Regelwerke .....	55
3.6.1	Qualitätssicherung von Gründächern .....	56
3.7	Regelaufbau einer Extensivbegrünung .....	56
3.8	Regelaufbau einer Intensivbegrünung .....	57
3.9	Technische Anforderungen für die Konstruktion einer Dachbegrünung .....	57
3.9.1	Dachtypen, Tragfähigkeit und jeweilige Besonderheiten für die Ausführung von Dachbegrünungen .....	58
3.9.1.1	Dachtyp A – diffusionsdichter Dachaufbau .....	58
3.9.1.2	Dachtyp B – Verzicht auf Wärmedämmung und Dampfsperre .....	58
3.9.1.3	Dachtypen C – diffusionsoffener Dachaufbau .....	59
3.9.2	Dachneigung- und Gefälle .....	59
3.9.3	Entwässerung von begrünten Dachflächen .....	60
3.9.4	Bewässerung von begrünten Dachflächen .....	60
3.9.5	Randausbildung, Brandschutz und Windeinwirkung .....	62
3.10	Pflegemaßnahmen .....	62
3.10.1	Erhaltungspflege Extensive Dachbegrünung .....	63
3.10.2	Erhaltungspflege Intensive Dachbegrünung .....	63
3.11	Vergleich Kosten Gründach vs. konventionelles Flachdach .....	63
3.11.1	Herstellungskosten .....	63
3.11.2	Pflegekosten .....	64
3.11.3	Lebensdauer/Sanierungskosten .....	65
3.11.4	Einsparpotenzial .....	66
3.11.5	Finanzielle Zuschüsse .....	67
3.11.6	Ergebnisse „Vergleich Kosten Gründach vs. konventionelles Flachdach“ .....	67
4	Versuchsanlage und Forschungsdesign .....	71
4.1	Lage der Versuchsflächen .....	71
4.2	Dachbegrünung 2014 – Gärtnerei .....	72
4.3	Dachbegrünung 2016 (ZU-1017) – Internatsgebäude .....	74
4.4	Untersuchungsmethoden .....	76
4.4.1	Methodische Ansätze/Grundlagen für das Vegetationsmonitoring .....	76
4.4.2	Aufnahmeparameter .....	77
4.4.2.1	Frequenzanalyse .....	79

Frequenzanalyse durch Abloten .....	79
4.4.2.2 Projektive Deckungsgradschätzung bzw. Flächenprozentschätzung (adaptierte Version) .....	80
4.5 Bodenphysikalische Untersuchungen .....	81
4.5.1 Lagerungsdichte/Trockenraumdichte .....	81
4.5.2 Bodenwassergehalt .....	82
4.5.3 Salzgehalt .....	84
4.5.4 Wasserrückhaltevermögen .....	84
4.5.5 Korngrößenverteilung .....	86
4.6 Methoden der statistischen Auswertung .....	87
4.6.1 Deskriptive Statistik .....	87
5 Auswertung und Ergebnisse .....	90
5.1 Bodenphysikalische Auswertungen .....	90
5.1.1 Lagerungsdichte und Bodenfeuchte .....	90
5.1.2 Salzgehalt .....	90
5.1.3 Wasserhaltevermögen .....	91
5.1.4 Korngrößenverteilung .....	95
5.2 Deskriptive Auswertung der Vegetationsaufnahmen mittels Excel .....	96
5.2.1 ZU-1017 Versuchsflächen Internat .....	96
5.2.2 Frequenzanalyse durch Abloten .....	97
5.2.3 Projektive Deckung – Gesamtdeckung .....	99
5.2.4 Projektive Deckung – Einzelarten (Gräser) .....	103
5.2.5 Projektive Deckung - Einzelarten (Kräuter) .....	105
5.2.6 Mittlere Blatthöhe der Varianten 1,2,3,4 .....	107
5.2.7 Artenvorkommen/Fremdaufwuchs (Gräser) ZU-1017 .....	108
5.2.8 Artenvorkommen/Fremdaufwuchs (Kräuter) ZU-1017 .....	111
5.2.9 ZU-860 Versuchsflächen Gärtnerei .....	114
5.2.10 Frequenzanalyse durch Abloten .....	115
5.2.11 Artenvorkommen/Fremdaufwuchs (Gräser) ZU-860 .....	118
5.3 Statistische Auswertung der Ergebnisse mittels SPSS (Vers. 24) .....	123
5.3.1 ZU-1017 Internatsgebäude .....	124
5.3.2 ZU-860 Gärtnerei .....	131
6 Abschließende Diskussion und Empfehlungen .....	136
6.1 Dachbegrünung 2016 – Internatsgebäude (ZU-1017) .....	136
6.2 Dachbegrünung 2014 – Gärtnerei (ZU-860) .....	143
Resümee .....	149
7 Literaturverzeichnis .....	152
8 Tabellenverzeichnis .....	159

Abbildungsverzeichnis.....	161
9 Anhang.....	164
Gesamtdeckung – projektive Deckung .....	172

# Danksagung

Zuerst einmal möchte ich meinen **Eltern** danken, dass Sie mir ermöglicht haben zu studieren und mich in jeder meiner Entscheidungen bedingungslos unterstützt haben.

Weiters möchte ich meinen herzlichen Dank an meine Betreuerin **Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Stangl Rosemarie** aussprechen, für die tolle, kompetente und sehr intensive Betreuung. Vor allem aber für die vielen Ratschläge und Hilfestellungen, sowie das immer offene Ohr bei Problemen.

Gleich danach möchte ich mich bei meinem Zweitbetreuer **Dr. Wilhelm Graiss** bedanken. Danke für Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der Vegetationsaufnahmen, der beiden Berechnungsversuche und diverser anderer Tätigkeiten. Zudem möchte ich mich für die Organisation und den reibungslosen Ablauf der Versuche bedanken. Danke auch für die zur Verfügung gestellten Literaturen.

Auch ein großes Dankeschön an **Dr. Bernhard Krautzer** für seine Hilfestellungen bei den Vegetationsaufnahmen und bei der Bestimmung unzähliger Pflanzen.

Nicht zu vergessen **Stefanie Matschweiger** im Office. Danke für das Erstellen diverser Tabellen, der Eingabe der Daten, sowie der Unterstützung im Hintergrund.

Ein ganz großes Dankeschön gilt auch **Ulrike Gerstenmaier** für die unvergessliche Zeit in Gumpenstein. Danke für die tolle Zusammenarbeit vor, während und nach diverser Vegetationsaufnahmen. Zudem möchte ich mich für die fachlichen Diskussionen, aber auch die sehr persönlichen Gespräche bedanken.

Danke auch an **Iris Messinger** für die gemeinsamen Korrektorgespräche und den ständigen fachlichen Austausch während der gesamten Forschungszeit.

Außerdem möchte ich mich noch bei meinen **Freunden** bedanken, die mich in meinem Leben begleiten und in jeder Lebenslage hinter mir stehen. Danke auch für die tolle Unterstützung während dem Verfassen dieser Masterarbeit.

Mein letzter Dank richtet sich an **Mario Stoiber**. Danke für bedingungslose Unterstützung, die Rücksichtnahme und das ständige Korrekturlesen. Du warst mir eine unglaubliche Stütze in dieser sehr intensiven Zeit.

DANKE!



## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung verschiedener Saatgutmischungen, unterschiedlichen Aufbauvarianten, Problemen mit Diasporeneintrag, dem Einfluss einer Photovoltaikanlage auf die umliegende Vegetation, sowie dem Wasserrückhaltevermögen von extensiven Dachbegrünungen. Die Untersuchungen fanden an bestehenden Dachbegrünungen aus dem Jahr 2014 und 2016 am Gelände der Höheren Bundeslehr- u. Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein statt.

Die Vegetationsanalysen haben gezeigt, dass der Einsatz einer Wasserspeicherplatte gegenüber einer Drainageschicht aus Liadrain 8/16 bei diesen Versuchsflächen zu signifikant niedrigeren Deckungsgraden führt. Weiters konnte festgestellt werden, dass eine Photovoltaikanlage einen signifikanten Einfluss auf das Wachstum der umliegenden Vegetation hat. Vor allem die Ergebnisse der mittleren Blatthöhen zeigte dies deutlich. Die begünstigte Lage zwischen den Paneelen führte dazu, dass die nicht eingesäten Bereiche schnell von Vegetation besiedelt wurden, unter anderem auch von dachhautschädigenden Gehölzen. Generell spielte Fremdaufwuchs auf diesen Dachflächen aber eine sehr untergeordnete Rolle.

Im Gegensatz dazu wurde auf den Versuchsflächen aus dem Jahr 2014 ein vermehrtes Vorkommen von Leguminosen und Moosen gemessen. Dies zeigt von veränderten Standortbedingungen (feuchtere Gegebenheiten, schlechte Nährstoffversorgung) und kann in Folge dessen zu erhöhten Pflegekosten führen. Auf den Versuchsflächen aus 2014 wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei verwendeten Saatgutmischungen festgestellt. Hinsichtlich der Retentionsleistung eines Extensivdachs zeigte ein Aufbau mit 7 cm Kalksteinschottertragschicht und 4 cm Ziegelsplittdrainage einen durchschnittlichen Wasserrückhalt von 10,5 l/m<sup>2</sup> (Versuchsdauer zwölf Stunden, Eintrag von 20 l/m<sup>2</sup>). Damit wurde bestätigt, dass Dachbegrünungen eine wichtige Rolle im Regenwasserrückhalt und vor allem beim passiven Hochwasserschutz spielen.

## Abstract

The present work deals with the investigation of extensive green roofs, specifically of different seed mixtures, different construction variants, problems with diaspore entry, the influence of a photovoltaic system on the surrounding vegetation as well as the water retention capacity. The investigations were carried out on existing green roofs from 2014 and 2016 at the site of the Higher Federal and Research Institute Raumberg-Gumpenstein. The vegetation analyses showed that the use of a water storage plate compared to a drainage layer from Liadrain 8/16 leads to significantly lower coverages in these test areas.

Furthermore, it could be determined that a photovoltaic system has a significant influence on the growth of the surrounding vegetation. Above all, the results of the average leaf heights showed this clearly. The favorable location between the panels meant that the non-sown areas were relatively quickly populated by vegetation, including woody plants who damage the roof seal. In general, foreign seed entry played a minor role on the monitored roof surfaces. In contrast, an increased incidence of legumes and mosses was measured on the trial sites installed in 2014. This indicates changes in site conditions (humid conditions, poor nutrient supply) and, consequently can lead to increased care costs.

Vegetation from the three seed mixtures used on the trial plots from 2014 did not indicate any significant differences. With respect to the retention performance of an extensive roof, a 7 cm limestone shell and 4 cm bricks drainage construction demonstrated an average water retention of 10,5 l/m<sup>2</sup> (twelve hour test duration, 20 l/m<sup>2</sup> Input). This confirms that green roofs play an important role in rainwater retention and contribute passive flood protection.

# 1 Einleitung

Im nachstehenden Kapitel findet eine kurze Erläuterung zu den Themenbereichen Inhalt und Problemstellung statt. Anschließend werden die Unterschiede zwischen einer extensiven und einer intensiven Dachbegrünung aufgezeigt. Danach wird der aktuelle Trend von Dachbegrünungen beschrieben und die Ziele der vorliegenden Arbeit näher erläutert.

## 1.1 Inhalt und Problemstellung

Das Extensivdach, als wichtiger Ersatzlebensraum für Flora und Fauna in einer Zeit von hohem Flächenverbrauch und täglicher Bodenversiegelung, gewinnt immer mehr an Bedeutung (vgl. GRAISS et al., 2014, 2). Aufgrund des großen Potenzials von begrünten Dachflächen beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Thematik der extensiven Dachbegrünung mit standortgerechtem Saatgut. Im Speziellen werden am Standort der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein in Raumberg an mehreren Versuchsflächen vegetationstechnische Erhebungen durchgeführt.

Vor allem in Bezug auf den ökologischen Stellenwert einer extensiven Dachbegrünung sei in diesem Zusammenhang hinzuweisen. Da bei dieser Art der Begrünung auf nicht heimische Arten verzichtet wird, ist dieser wesentlich höher, als jener bei einer intensiven Dachbegrünung (vgl. KRUPKA, 1992, 20). Dadurch soll verdeutlicht werden, wie wichtig die Extensivbegrünung in der heutigen Zeit ist, wo täglich Lebensräume für Pflanzen und Tiere verschwinden.

Obwohl Untersuchungen hinsichtlich des Schichtaufbaus und der Verwendung von standortgerechtem Saatgut für Extensivdächer schon seit einigen Jahren Gegenstand der Forschung sind (vgl. KOLB, 1999, 9), ist es vor allem in der heutigen Zeit, die von extrem schnellem Wachstum und dem damit einhergehenden Verlust an Grünflächen geprägt ist, unabdingbar, die Forschung zur Weiterentwicklung der technischen und biologischen Ausführung und der Effekte weiter voranzutreiben.

Derzeit kommt für extensive Dachbegrünungen eine standardisierte Mischung aus Sedumsprossen und Kräutern verschiedenster Herkunft zum Einsatz. Ökologisch sinnvoller wäre es allerdings, heimische, womöglich sogar Arten zu verwenden, die unter Schutz stehen. Auch der Einsatz von Substrat aus der Region, ist dem Standardsubstrat aus Vulkantuff, Ziegelsplitt oder ähnlichem, vorzuziehen. Als positiver Folgeeffekt kann eine Stärkung der heimischen Flora und Fauna hervorgehoben werden (vgl. GRAISS et al., 2014, 2).

Obwohl im Zeitraum 2013 bis 2016 ein Rückgang der Neuinanspruchnahme von Flächen für Erholung und Abbau zu verzeichnen war, liegt Österreich mit seinem jährlichen Bodenverbrauch immer noch auf einem hohen Niveau. Während dem Untersuchungszeitraum von 2014 bis 2016 wurden in Österreich pro Tag durchschnittlich 14,7 Hektar für den Ausbau von Siedlungs- und Verkehrsflächen. Dabei werden rund 6,7 Hektar für Bau- und Verkehrsflächen, 5,0 Hektar für Betriebsflächen und 0,7 Hektar für Erholungs- und Abbauf Flächen beansprucht (vgl. UMWELTBUNDESAMT GMBH, 2018, o.S.). Hierbei stellt die extensive Dachbegrünung eine wichtige Möglichkeit dar, den negativen, klimatischen und ökologischen Folgen der Versiegelung entgegenzuwirken.

Ein funktionierendes „Ökosystem-Dach“ liefert in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität und des Mikroklimas in Siedlungen. Als positive Folgewirkungen einer extensiven Dachbegrünung sind hier nachstehend einige Beispiele angeführt.

- **Natürlicher Wasserspeicher:**

- Aufgrund von Niederschlagswasserrückhalt und Reduzierung der Abflussspitzen tragen Gründächer, besonders bei Starkregenereignissen, einen wesentlichen Beitrag dazu bei, das Kanalnetz zu entlasten und Überflutung vorzubeugen (vgl. VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2014, 5).
- Dachbegrünungen bilden damit wichtige Kompensationsflächen für „nicht vermeidbare“ Versiegelungen. Durch die Begrünung von Dächern können auf Extensivdächer rund 60 Prozent und auf Intensivdächer rund 85 Prozent des jährlichen Niederschlagswassers vom Substrat gespeichert werden. Dies führt zu einer dauerhaften Entlastung der Kanalisation (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 8).
- In weiterer Folge führt eine Senkung der ins Kanalnetz abgeleiteten Niederschlagswässer zu einer Verringerung der Kosten für den Kanalbau und dessen Instandhaltung. Vereinfacht gesagt, je weniger Niederschlagsmengen in die Kanalisation gelangen, desto geringer die Dimensionierung der Kanäle und die Anstauung von Kläranlagen. Generell ist ein Kanalnetz für extreme Hochwässer konzipiert und im täglichen Betrieb nur sehr wenig ausgelastet (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 8).
- Durch die verzögerte Abgabe von Niederschlagswässern in die Kanalisation leistet eine Dachbegrünung auch einen wichtigen Beitrag zum passiven Hochwasserschutz. Als positive Folgewirkungen können neben dem ökonomischen Nutzen auch eine Steigerung des Sicherheitsaspektes verzeichnet werden (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 9).

- **Dämmung und Kühlung**

- Ein begrüntes Dach ist eine „ökologische“ Dämmung, die im Winter Heizkosten spart und im Sommer für Kühlung sorgt (vgl. VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2014, 5).
- Begrünte Dachflächen sind umweltfreundliche und passive Kühlungsmethoden und führen dadurch zu einem positiven Klimaeffekt (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 61).

- **Verbesserung des Mikroklimas**

- Die Verdunstungsleistung der Pflanzen führt zu einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und zur Senkung der Temperatur an heißen Sommertagen. Zusätzlich bindet die Feuchtigkeit Schadstoffe und führt dadurch zu einer Steigerung der Luftqualität (vgl. RIEDER, 2014, o.S.). Im Speziellen werden Schadstoffe wie Kupfer, Blei und Cadmium gefiltert. Zusätzlich führt eine Dachbegrünung zu einer Senkung des Treibhausgases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Luft. Bereits bei einer extensiven Dachbegrünung können 10kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> jährlich gebunden werden (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 8).
- Das Raumklima darunterliegender Räume kann durch die Verdunstung von Regenwasser vor allem an Hitzetagen im Sommer verbessert werden (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 62).

- **Erhöhung der Lebensdauer der Dachabdichtung**

- Dächer sind Temperaturschwankungen von bis zu 100°C ausgesetzt. Durch eine Begrünung können diese um bis zu 40% verringert werden und somit die Lebensdauer verlängert werden (vgl. RIEDER, 2014, o.S.). Eine Untersuchung, die das Institut für Meteorologie und Physik der Universität für Bodenkultur im

Jahr 2007 durchführte, bestätigt dies. Es zeigte sich, dass im Sommer auf nicht begrünten Dächern zwischen 50°C und 80°C vorherrschen. Hingegen wurden bei begrünten Dächern lediglich 20°C bis 35 °C gemessen. Auch im Winter gab es deutliche Unterschiede zu verzeichnen. So wurden bei Kies- und Bitumendächern Temperaturen von bis zu -20°C festgestellt. Im Vergleich dazu wurden bei Dachbegrünungen nur Werte knapp unter 0°C gemessen (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 7).

- Zusätzlich bietet eine Dachbegrünung Schutz vor UV-Strahlung und Wetterereignissen, wie beispielsweise Hagel (vgl. VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2014, 5).
  - Auch die mechanische Schutzschicht einer Dachbegrünung leistet einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Lebensdauer einer Dachabdichtung (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 62).
- **Lärminderung**
- Begrünte Dächer können aufgrund ihrer „weichen“ Oberfläche Schallwellen absorbieren und führen zu einer Reduktion von Lärm, wodurch das Wohlbefinden in den darunterliegenden Wohnräumen gesteigert werden kann (vgl. RIEDER, 2014, o.S.).
- **Schaffung von natürlichem Lebensraum für Pflanzen und Tiere**
- Ein begrüntes Dach leistet einen wichtigen Beitrag zur Bekämpfung der zunehmenden Versiegelung. Es bietet vielen verschiedenen Tieren einen neuen Lebensraum. Hierzu zählen viele Insekten, wie beispielsweise Schmetterlinge und Wildbienen (vgl. RIEDER, 2014, o.S.).
  - Vor allem in der Stadt, wo ein hoher Grad an Versiegelung vorherrscht, bilden Gründächer wichtige Trittstufen zwischen weit entfernten Naturstandorten. Damit liefern sie einen wichtigen Beitrag zur Biotopvernetzung und begünstigen dadurch die Verbreitung von Tier- und Pflanzenarten (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 8).
- **Positiver Einfluss von Photovoltaik-Anlagen**
- Durch Kühleffekt der Vegetation kann die Leistung von Photovoltaik-Anlage gesteigert werden (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 64).
- **Attraktivierung des Stadtbildes**
- Durch die Begrünung von Dachflächen kann das Stadtbild maßgebend positiv beeinflusst werden.

In Bezug auf die Stadt Wien werden durch Dachbegrünungen Synergieeffekte mit der strategischen Zielsetzung der Stadt Wien erzielt. Beispielsweise sind hier die Steigerung der Biodiversität in der Stadt, aber auch Wasserrückhalt bei Starkregenereignissen zu erwähnen.

## 1.2 Definition extensive & intensive Dachbegrünung

Grundsätzlich ist zwischen folgenden Arten der Dachbegrünung zu unterscheiden:

- einer reduzierten Extensivbegrünung
- einer Extensivbegrünung
- einer reduzierten Intensivbegrünung

- einer Intensivbegrünung

Hierbei ist aber anzumerken, dass Übergänge oft fließend sein können.

Bei der Wahl der Art der Dachbegrünung spielen unterschiedliche Faktoren eine bedeutende Rolle, allem voran die bautechnischen Voraussetzungen, wie beispielweise die Dachneigung und die klimatischen Gegebenheiten, wie Exposition und Windrichtung. Dem gegenüber stehen der Nutzungszweck, sowie das Erscheinungsbild, das gewünscht ist (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 457).

### 1.2.1 Extensivbegrünungen

Extensivbegrünungen werden als eine Vegetationsform bezeichnet, die sich möglichst selbst erhält und weiterentwickelt. Hinsichtlich der Pflanzenwahl werden Pflanzen verwendet, die optimal an die extremen Standortbedingungen angepasst sind und sich durch eine hohe Regenerationsfähigkeit auszeichnen. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass sich auch andere Pflanzenarten ansiedeln können. Die Vegetation setzt sich zumeist aus Moosen, Sukkulenten, Kräutern und Gräsern zusammen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 7). Weitere wichtige Unterscheidungsmerkmale gegenüber einer intensiven Dachbegrünung sind das geringe Gewicht, daraus resultierend ist auch meist kein statischer Mehraufwand von Nöten, die minimalen Pflegemaßnahmen und der Nutzungszweck. Extensivbegrünungen sind nur zu Kontrollzwecken zu begehen (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 62).

### 1.2.2 Reduzierte Extensivbegrünungen

Die reduzierte Extensivbegrünung als Sonderform findet meist nur Anwendung bei Industriebauten, bei denen die ökologischen und ästhetischen Anforderungen in den Hintergrund treten. Vielmehr spielen hierbei die behördlichen oder bautechnischen Anforderungen eine bedeutendere Rolle. Aufgrund der geringen Schichtstärke sind auf dieser Art der Dachbegrünung zumeist nur Sedum-Moos-Gesellschaften zu finden, da diese wenige Ansprüche an ihren Standort haben (vgl. PENDL, 2009, 26).

Vor allem in Wien finden sich in Bebauungsplänen meist nur Angaben zur Fläche, die begrünt werden muss, aber keinerlei Vorgaben, welche Art der Begrünung vorgesehen ist. So wird zumeist, die des geringsten Aufwandes beziehungsweise auch die günstigste Variante gewählt. Genauere Informationen siehe Kapitel 1.5.2

### 1.2.3 Intensivbegrünung

Im Vergleich zu extensiven Dachbegrünungen weisen **Intensivbegrünungen** eine wesentlich stärkere Substratstärke auf (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 62). Auch in Bezug auf die Pflanzenwahl sind große Unterschiede zu erkennen. Werden für Extensivbegrünung meist genügsame, niedrigwachsenden Pflanzen verwendet; so können bei einer intensiven Dachbegrünung Gräser, Stauden, Sträucher, aber auch Bäume gepflanzt werden. Aufgrund der Pflanzenwahl sind diese Flächen nur durch regelmäßige Pflegemaßnahmen, wie beispielsweise Wasser- und Nährstoffgaben dauerhaft zu erhalten. Hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit und Gestaltungsfreiheit sind sie mit bodengebundenen Freiräumen zu vergleichen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 6). Zu beachten ist allerdings die statistische Mehrbelastung aufgrund der stärkeren Substratschicht, die schon in frühen Planungsphasen beachtet werden muss (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 62). Eventuelle punktuelle Mehrbelastungen durch Gehölze, Großsträuchern und

Ausstattungs-elemente, wie beispielsweise Pergolen, Wasserspiele oder Randelemente sind extra zu ermitteln (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 9).

### 1.2.4 Reduzierte Intensivbegrünung

Bei einer reduzierten Intensivbegrünung ist die Nutzbarkeit und Gestaltungsfreiheit im Vergleich zur Intensivbegrünung nur eingeschränkt möglich. Obwohl auch hier meist Gräser, Stauden und Gehölze zum Einsatz kommen, haben diese reduzierte Ansprüche an das Substrat und somit auch an die Wasser- und Nährstoffversorgung. Dennoch sind auch hier regelmäßige Pflegemaßnahmen und Wassergaben notwendig, um die gewünschte dauerhafte Begrünung aufrecht zu erhalten (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 6).

Extensive Dachbegrünung	Reduzierte Intensive Dachbegrünung	Intensive Dachbegrünung
<ul style="list-style-type: none"> <li>geringer Planungsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erhöhter Planungsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erhöhter Planungsaufwand</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>minimale Pflegekosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>regelmäßige Pflegemaßnahmen reduzierten Umfang notwendig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>regelmäßige Pflege (vergleichbar mit anderen Grünflächen) → erhöhte Kosten</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>geringe Aufbauhöhe (8 cm bis 15 cm) → geringes Gewicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aufbauhöhe von 15-25 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stärkere Aufbauhöhe (15cm bis 100 cm) → statistische Mehrbelastung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>wassergesättigtes Gewicht 90 - 200 kg/m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wassergesättigtes Gewicht 180 - 300 kg/m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wassergesättigtes Gewicht 180 - 1000 kg/m<sup>2</sup>.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>keine Bewässerung notwendig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bewässerung notwendig, aber in geringerem Ausmaß</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>regelmäßige Bewässerung und Nährstoffzufuhr notwendig</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bepflanzung mit Wildstauden, Kräutern und Gräsern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gräser, Stauden und Gehölze mit reduzierten Ansprüchen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vielzahl an Pflanzen und Ausstattungselementen möglich, ähnlich einem Garten</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>nur für Kontrollzwecke begehbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzungs- und Gestaltungsvielfalt ist eingeschränkt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dauerhaft nutzbar</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Geschätzte Kosten ohne Arbeitszeit ca. 20-30 Euro/m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>k.A.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geschätzte Kosten ohne Arbeitszeit ca. 40-60 Euro/m<sup>2</sup></li> </ul>

*Tabelle 1: Zusammenfassender Vergleich extensive- und intensive Dachbegrünung (Quelle: VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2017; WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG - MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015; STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009 und ÖNORM L 1131, 2010; RATSCH, 2013, eigene Bearbeitung)*

### 1.3 Allgemeiner Trend

Die Dachbegrünung hat schon lange Tradition und ist somit keine neue Errungenschaft der Neuzeit. Bereits die antiken Babylonier zeigten dies in den Hängenden Gärten der Semiramis

(vgl. PENDL, 2009, 4). Auch in kälteren Regionen wie in Skandinavien, Island und Kanada sind Gründächer schon lange in Verwendung (vgl. MINKE, 2016, 10). So wurden dort Häuser mit Grassoden überdeckt, um den extremen klimatischen Bedingungen zu trotzen. Damals wie heute zeigen Gründächer ihre positiven Folgewirkungen. Sie speichern Wärme in den kalten Wintermonaten und sorgen für Kühlung an heißen Sommertagen. Auch heute machen sich Weinbauern diese Eigenschaften noch zu Nutzen. Durch die Überdeckungen der Lagerräume mit Substrat und Vegetation herrscht im Inneren ein perfektes konstantes Klima für die Lagerung der Weine (vgl. PENDL, 2009, 4).

Trotz der durchaus positiven Effekte einer Dachbegrünung wurde diese im Laufe der Jahre fast gänzlich vergessen. Erst ab den 1970er Jahren konnte wieder ein konstantes Wachstum in Europa verzeichnet werden (vgl. PENDL, 2009, 4).

Heute sind unzählige Firmen am Markt etabliert, die eine sehr große Bandbreite an unterschiedlichsten Systemen für Dachbegrünung präsentieren. Dadurch sind große Unterschiede hinsichtlich des Schichtaufbaus sowie dessen Material- und Pflanzenwahl zu verzeichnen. Durch die Vielzahl an Systemen können Gründächer an fast jedem Dach mit unterschiedlicher Exposition und Neigung installiert werden (vgl. PENDL, 2009, 7).

In den letzten Jahren erfuhr die extensive Dachbegrünung einen erneuten Aufschwung. Vor allem in den Medien taucht das Thema „Dachbegrünung“ und dessen positive Folgewirkungen immer wieder auf. So auch 2015 bei einem Interview im ORF mit Landschaftsplaner Gerold Steinbacher und Landschaftsplanerin Vera Enzi, die dabei das große Potenzial begrünter Dachflächen erläutern. Nicht nur die Präsenz in der Öffentlichkeit, sondern auch Gesetze, erhöhte Abgaben für die Kanalisation und Förderungen sollen die Anzahl an begrünten Dachflächen erhöhen (vgl. TIEFENTHALER, 2015, o.S.). Die Herangehensweise der einzelnen Nationen ist dabei sehr unterschiedlich, wie in 1.5 beschrieben wird.

### **1.3.1 UHI STRAT WIEN**

Interessant in diesem Zusammenhang ist auch, den Urban Heat Islands – Strategieplan der Stadt Wien näher zu betrachten. Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels steigt die Temperatur in dichtverbauten Gebieten immer weiter an - es entstehen sogenannte Urbane Hitzeinseln. Werden keine städtebaulichen Maßnahmen gesetzt, so wird ein weiteres ungehindertes Aufheizen die Folge sein. Bereits jetzt ist der Klimawandel in Wien deutlich spürbar. So gab es im Zeitraum zwischen 1961 und 1990 lediglich 9,6 Tage, an denen die Temperatur auf über 30 Grad anstieg. Bis zum Jahr 2010 sind bereits durchschnittlich 15,2 Hitzetage pro Jahr zu verzeichnen. In Anbetracht dessen ist es unabdingbar Strategien zu entwickeln, um den Folgen des Klimawandels entgegenwirken zu können (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 3).

Der UHI STRAT Wien (Urban Heat Islands – Strategieplan der Stadt Wien) entstand unter der Leitung der Wiener Umweltschutzabteilung – MA22 gemeinsam mit unterschiedlichen wissenschaftlichen ExpertInnen und unzähligen Fachabteilungen der Stadt Wien. Ausgangspunkt für die Entwicklung dieses Plans war das „Central Europe“-Projekt „Urban Heat Islands“. Dies ist eine Kooperation zwischen einigen europäischen Städten, wie Bologna, Budapest, Freiburg, Karlsruhe, Ljubljana, Modena, Padua, Prag, Stuttgart, Warschau, Venedig und auch Wien (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 3).

#### **Schwerpunkte des UHI STRAT Wien**

Er bildet eine wichtige Grundlage, um die Strategien der vorhin erwähnten Kooperation fortzuführen. Dabei zeigt er verschiedene Möglichkeiten auf, um den städtischen Hitzeinseln

entgegenzuwirken und erläutert diese detailliert. Zudem beschreibt er auch die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen auf das Klima in der Stadt, aber auch im direkten angrenzenden Grätzel. Zusätzlich liefert er wichtige Informationen über die Vorteile und über mögliche Hürden bei der Umsetzung von Projekten. Außerdem wird der Arbeitsaufwand für die Errichtung und auch für die Erhaltungskosten angesprochen. Grundsätzlich kann der UHI STRAT Wien bei sehr vielen Planungen, ganz egal ob großflächig oder kleinräumig, als Anregung, aber auch als Entscheidungshilfe fungieren.

Das Ziel ist es, den Wärmeinseleffekt in der Stadt bestmöglich zu reduzieren und dadurch die negativen Auswirkungen, die sich unter anderem auf die Gesundheit der Bevölkerung niederschlagen, zu verringern (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 9).

Dabei leisten die begrünten Dächer einen wichtigen Beitrag zu Reduktion der sommerlichen Aufwärmung von Gebäuden, ohne dabei Energie aufwenden zu müssen. Wie auch schon anfangs erwähnt, ziehen Dachbegrünungen viele weitere positive Folgewirkungen mit sich. Dazu zählen unter anderem die Senkung der Umgebungstemperatur durch ihre Verdunstungsleistung oder auch die Erhöhung der Biodiversität und die Steigerung der Luftqualität. Vor allem aber leisten sie einen wichtigen Beitrag, um die Wärmestrahlung zu verringern. Es hat sich dabei gezeigt, dass schwarze Dachpappe Temperaturen von bis zu 90 °C erreicht. Im Vergleich dazu kann bereits eine helle Kiesschüttung zu einer Reduktion der Abstrahlungstemperatur von bis zu 35 °C führen. Am besten schneiden begrünte Dächer ab, diese führen zu einer Reduktion gegenüber den hellen Kiesschüttungen von bis zu 15 °C (vgl. KUTTLER, 2011 in WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 9).

### 1.3.2 STEP 2025

Wien ist im ständigen Wandel, zählt im deutschsprachigen Raum zu einer der am stärksten wachsenden Metropolen und muss dabei offen für Neues sein sowie eine innovative und zeitgemäße Stadtplanung betreiben. So dient der Stadtentwicklungsplan STEP 2025 dazu, aktuelle Fragestellungen zu beantworten und Zukunftsperspektiven zu liefern. Ziel ist es, eine Stadt zu schaffen, in der sich die BewohnerInnen sowohl heute, als auch morgen wohlfühlen (vgl. Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, 2014, 13).

Aufgrund des fortschreitenden Wachstums der Stadt Wien spielt auch die Bereitstellung von öffentlichen Freiräumen und grüner Infrastruktur eine immer wichtigere Rolle. Immer öfters suchen die BewohnerInnen einer Stadt einen „grünen Ort“ auf. Da vor allem innerstädtisch, der Platz für Freiräume nur begrenzt ist, bietet die Nutzung der Dachflächen eine gute Alternative. Hierbei muss allerdings klargestellt werden, dass lediglich eine intensive Dachbegrünung für eine dauerhafte Nutzung vorgesehen ist. In Anbetracht des Klimawandels ist festzuhalten, dass neben dem Erholungswert vor allem die stadtklimatischen Funktionen von Freiräumen immer mehr in den Vordergrund treten. Genau hier setzt vor allem die extensive Dachbegrünung an (vgl. Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, 2014, 115). Wie vorhin beschrieben, leistet eine Dachbegrünung wichtige Beiträge zur Gegensteuerung der Auswirkung des Klimawandels.

Grundlegende Inhalte, wie die Verbesserung des Stadtklimas, Regenwassermanagement, Schutz vor sommerlicher Überhitzung und Senkung des Versiegelungsgrades, sind im Stadtentwicklungsplan 2015 fest verankert (vgl. Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung, 2014, 119). Durch die Begrünung von Dachflächen können viele positive Effekte erzielt werden, die die Strategien der Stadt Wien unterstreichen.

## 1.4 Das Gründach als wichtiges Element im integrativen Regenwassermanagement

*„Aufgrund des hohen Flächenverbrauchs, des damit verbundenen Versiegelungsgrads und des Klimawandels mit immer häufigeren Extremniederschlägen müssen die Siedlungswasserwirtschaftler ihre Strategien zur Regewasserbewirtschaftung anpassen.“ (MANN et KLINGER, 2015, o.S.)*

Zahlen aus Deutschland und Österreich unterstreichen dabei die Wichtigkeit dieser Thematik. Im Jahr 2015 lag der durchschnittliche tägliche Flächenverbrauch in Deutschland bei etwa 61 Hektar pro Quadratmeter (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2017, o.S.). Mann (2017) geht davon aus, dass etwa 35 Hektar davon komplett aus dem natürlichen Kreislauf entfallen (vgl. MANN, 2017, 35). Auch in Österreich zeichnet sich ein ähnliches Bild ab, wie bereits in Kapitel 1.1 erläutert. Das Umweltbundesamt spricht für 2016 von einer Flächeninanspruchnahme in Österreich von 14,7 ha pro Tag (vgl. UMWELTBUNDESAMT GMBH, 2018, o.S.). Dem kommt hinzu, dass in den meisten Städten die Kanalisation als veraltet einzustufen ist, und ihre Dimensionierung nicht den heutigen Herausforderungen gewachsen ist. In Folge dessen, kommen hohe Kosten für die Sanierung und Erweiterung dieser Systeme auf die Städte zu. Demnach sieht Mann (2017) Beschränkungen hinsichtlich der Einleitungsmenge von Niederschlagswässern, als durchaus positive und kostengünstigere Alternative. Bei dieser Art der Entlastung der Kanalisation soll Niederschlagswasser am eigenen Grundstück versickert werden, aber ohne dabei Überflutungen hervorzurufen (vgl. MANN, 2017, 35).

Auch in Österreich hat die Thematik „Integratives Regenwassermanagement“ in einigen Programmen und Leitfäden einen großen Stellenwert. Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte Beispiele kurz vorgestellt und beschrieben:

- **Strategieplan Wien, 2004:** Neben wirtschafts- und arbeitsmarktpolitischen Entwicklungen, spielt auch die stetige Verbesserung des Ressourcenhaushaltes eine bedeutende Rolle im Strategieplan Wien. Gemeint ist damit, dass der hohe Ressourcenverbrauch aufgrund von täglichem Bodenverlust, steigender Bodenversiegelung, Verschmutzung der Gewässer und Reduktion der Biodiversität reduziert werden soll (vgl. GRIMM, 2010, 9).
- **Nachhaltigkeitsprogramm der Wiener Stadtwerke:** Hauptthemenbereich dieses Programms sind neben der Daseinsvorsorge, Versorgungssicherheit und Personalentwicklung auch der Klimaschutz. Hierzu wird für alle Gebäude ein sogenannter Dachkataster erstellt, der darüber Auskunft gibt, ob die Dachflächen für eine Begrünung oder Solaranlage geeignet sind. Zudem spielen Boden- und Gewässerschutz eine wichtige Rolle. Beispielsweise wurde bei der Verlängerung der U2 eine Nutzwasseranlage geplant, welche mit Dachwässern gespeist wird (vgl. GRIMM, 2010, 9f).
- **STEP – Stadtentwicklungsplan, 2005:** Auch im STEP 2005 bildet die Thematik „naturnahe Regenwasserbewirtschaftung“ einen durchaus wichtigen Stellenwert. Es wird darauf Wert gelegt, mit der Ressource Boden vorsichtiger umzugehen, und Flächenversiegelung zu vermeiden. Zudem sollen Niederschläge nutzbar gemacht werden, und eine Verunreinigung des Grundwassers auf jeden Fall vermieden werden (vgl. GRIMM, 2010, 10).
- **Umweltschutzprojekt „Abwasserentsorgung und Gewässerschutz für Wien“:** Wichtige Punkte bei diesem Projekt sind die Revitalisierung und der naturgerechte Rückbau von Fließgewässern, wie beispielsweise des Wienflusses und des Liesingbachs. Durch standortgerechte Bepflanzung soll der Rückhalt des Niederschlagswassers zusätzlich eingedämmt verbessert werden. Neben diesem Lösungsansatz wird auch versucht die Regenwässer an Ort und Stelle versickern zu lassen, wie beispielsweise durch Dachbegrünungen (vgl. GRIMM, 2010, 10).

- **KLIP – das Wiener Klimaschutzprogramm, 2010 – 2020:** Im Zuge des Klimaschutzprogrammes sollen Emissionen von Luftschadstoffen reduziert werden. Unter anderem durch die „Klimaschonende Kühlung“. Genau hier kann das integrative Regenwassermanagement ansetzen. Denn durch Dachbegrünung, Fassadenbegrünung und durch die Nutzung des Regenwassers kann das Kleinklima verbessert werden bei gleichzeitiger Reduktion des CO<sub>2</sub>-Verbrauchs (vgl. GRIMM, 2010, 10).
- **Wiener Wassercharta:** Zielt vor allem auf den Schutz des Trinkwassers ab. Dennoch können einige Ziele, wie der ressourcenschonende Umgang mit Wasser oder der Bodenschutz auf das Regenwassermanagement der Stadt Wien umgelegt werden (vgl. GRIMM, 2010, 11).

Heutige Vorgabe hinsichtlich Verdunstung, Versickerung und Abflussverhalten unterliegen zumeist der Situation, die zuvor bestanden hat. Dies bedeutet, dass sich jegliche Werte/Vorgaben an dem vorherigen un bebauten Zustand orientieren (vgl. MANN, KLINGER, 2015, o.S.).

Welchen wichtigen Stellenwert ein Gründach im Regenwassermanagement hat, zeigt die anschließende kurze Auflistung:

- Eine Dachbegrünung führt zu einer deutlichen Verringerung der Abflussmengen aus Niederschlagswässern.
- Durch ein begrüntes Dach kann eine Verzögerung des Abflusses verzeichnet werden. Damit ist jenes Wasser gemeint, das der Begrünungsaufbau nicht mehr aufnehmen kann, also sein Wasseraufnahmevermögen übersteigt.
- Durch das Substrat und die Drainageschicht, wie auch immer diese ausgebildet sind, wird Wasser am Dach gehalten und für Pflanzen verfügbar gemacht.
- Auch die Verdunstungsleistung und dessen positive Folgewirkungen sind wichtige Faktoren im Regenwassermanagement. Es findet zum einen Transpiration durch vegetativen Elemente und zum anderen Evaporation durch das Substrat statt (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 35).

Weitere positive Eigenschaften einer Dachbegrünung in Bezug auf Regenwasser, die hier nicht nochmals näher betrachtet werden, sind in Kapitel 1.1 zu finden.

Für die weitere Bearbeitung dieses Kapitels sind vorab einige Begrifflichkeiten, wie Wasserspeicherfähigkeit, Wasserdurchlässigkeit und Regenwasserabfluss zu definieren.

### **Wasserspeicherfähigkeit/Maximale Wasserkapazität**

Die Wasserspeicherfähigkeit eines Stoffes wird durch seine maximale Wasserkapazität bestimmt (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 35). In der ÖNORM L 1131 (2010) wird die maximale Wasserkapazität als die Menge an Wasser definiert, die ein Stoff oder ein Substrat im verdichteten Zustand maximal halten kann (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31). Angegeben wird dieser Wert zumeist in Volumen-%. Die Wasserspeicherfähigkeit spielt vor allem eine wichtige Rolle bei der Kategorisierung von Substraten hinsichtlich ihrer vegetations-technischen Eigenschaften (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 35).

### **Wasserdurchlässigkeit**

Unter Wasserdurchlässigkeit wird jener Vorgang verstanden, bei dem Wasser vertikal im Boden versickert (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 35).

Beschrieben wird diese Abflussgeschwindigkeit durch die Wasserinfiltrationsrate/den Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  in Millimeter pro Minute. Dabei ist anzumerken, je größer der Wert, desto höher ist auch die Fließgeschwindigkeit (vgl. INGENIEURBÜRO FÜR MATERIALREPORTS UND UMWELTANALYTIK GMBH, 2018, o.S.).

## Regenwasserabfluss (Abflusskennzahl C oder Abflussbeiwert $\psi$ )

Der Abfluss von Niederschlagswasser aus dem Aufbau wird durch die Abflusskennzahl C oder den Abflussbeiwert  $\psi$  beschrieben (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 35f.). Damit kann demnach die Leistungsfähigkeit des Systemaufbaus beschrieben werden (vgl. LIESECKE, 2006, 39).

Dieser dimensionslose Kennwert nach DIN EN 12056-3 und Entwurf DIN 1986-100 ist ein wichtiger Bestandteil in der Regenwasserabflussberechnung (l/s). In den Normen werden für unterschiedliche Oberflächen/Neigungen bestimmte Abflusskennzahlen vorgegeben, die dabei angeben, wieviel Regenwasser im Verhältnis zum Gesamtregenwasser in die Kanalisation eingeleitet wird. Damit liefert die Abflusskennzahl wichtige Informationen, welche Menge an Niederschlagswasser von Grundstücken/Dachflächen/Wegebelägen oder anderen Oberflächen in die Kanalisation eingeleitet werden (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 35f.).

Demnach dient die Abflusskennzahl C als wichtige Bemessungsgrundlage für die Einstufung von Abwassergebühren. Außerdem wird sie oftmals zur Bemessung von Förderungen oder Zuschüssen herangezogen, um die Höhe der finanziellen Unterstützung zu bestimmen (vgl. LIESECKE, 2006, 39).

Für Oberflächen, die wasserdurchlässig sind, also beispielsweise gewachsener Boden, wassergebundene Wegebeläge oder ähnliche ergibt sich eine Abflusskennzahl C von 0 (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 36). Dies bedeutet, dass 100 Prozent des anfallenden Niederschlagswassers vor Ort versickern (vgl. GRIMM, 2010, 19).

Dem gegenüber stehen wasserundurchlässige Oberflächen mit einer Abflusskennzahl C von 1. Dazu zählen unter anderem asphaltierte Straßen, Wege aus Beton oder ähnliche wasserundurchlässige Oberflächen (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 36). Eine Abflusskennzahl C von 1 hat zur Folge, dass 100 Prozent des Niederschlagswassers in die Kanalisation eingeleitet werden (vgl. GRIMM, 2010, 19).

Abflusskennzahl C	Grimm	Roth-Kleyer et. al.	FLL 2018
Dach mit bituminöser Abdichtung	0,8-1	1	k.A.
Kiesflachdach	0,7	0,8	k.A.
Begrüntes Dach (Werte beziehen sich auf den reinen Aufbau ohne Begrünung)	k.A.	k.A.	0,4 bei 10-15cm Aufbau 0,5 bei 6-10cm Aufbau

Tabelle 2: Zusammenfassende Ergebnisse zu Abflusskennzahl C (Quelle: vgl. GRIMM, 2010, 19; ROTH-KLEYER ET. AL., 2004, 36; FLL, 2018, 58f; eigene Bearbeitung)

Die in Tabelle 2 angeführten Werte beziehen sich auf Dachaufbauten ohne Vegetation. Nach FLL 2018 führt eine Begrünung zu einer Reduktion der Abflusskennzahl C von rund 0,05 Einheiten. Bei der Berechnung der Abflusswerte einer begrünten Dachfläche muss demnach das Ergebnis um mindestens 0,05 Einheiten unterhalb der vorgeschriebenen Richtwerte liegen (vgl. FLL, 2018, 58f).

### 1.4.1 Verzögerung des Wasserabflusses

Wie bereits in Kapitel 1.1 erwähnt leistet eine Dachbegrünung aufgrund ihres verzögerten Wasserabflusses einen wichtigen Beitrag zur Entlastung des Kanalnetzes und in weiterer Folge auch im passiven Hochwasserschutz.

Einflussfaktoren sind hierbei die Aufbauhöhe einer Dachbegrünung, die verwendeten Materialien und im Zuge dessen auch deren Materialeigenschaften, wie die maximale Wassersättigung und die Wasserdurchlässigkeit. Eine nicht unbedeutendere Rolle spielt dabei

die Vorsättigung des Substrats. So führt ein stark gesättigter Begrünungsaufbau nur zu einer geringen Verzögerung des Wasserabflusses, da die maximale Wasserkapazität schnell erreicht ist. Im Gegensatz dazu, führt ein trockener, wenig gesättigter Aufbau zu einer langen Verzögerung des Wasserabflusses von auftretendem Niederschlagswasser (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 35f.).

#### 1.4.2 Jährlicher prozentualer Wasserrückhalt durch extensiv begrünte Dachflächen

Einen wichtigen Beitrag zu Erkenntnissen hinsichtlich des Wasserrückhaltevermögens von extensiven Dachbegrünungen leistete bisher Prof. Dr. Hans-Joachim Liesecke.

Er führt seit 1986 Langzeituntersuchungen über den Wasserrückhalt von extensiven Dachbegrünungen mit besonderem Augenmerk auf dünn-schichtige Bauweisen durch. Seine Erkenntnisse bilden dabei die Grundlage für die in der FLL angeführten Kennwerte über das Wasserrückhaltevermögen von begrünten Dachflächen. In letzteren Untersuchungen lag das Augenmerk besonders darauf, welchen Einfluss eine stark entwässernde Drainageschicht auf den Wasserrückhalt einer Dachbegrünung hat. Als klares Ziel wurde definiert, bisherige Erkenntnisse zu untermauern beziehungsweise zu korrigieren und neue Erkenntnisse in die bisherigen angeführten Kennwerte einfließen zu lassen (LIESECKE, 2006, 39f).

Im Folgenden wird der Versuchsaufbau beschrieben und die Ergebnisse der Untersuchungen der letzten Jahre in Tabelle 3 zusammengefasst.

##### Versuchsaufbau Liesecke-Retentionsversuche

Vorab ist hervorzuheben, dass die Aufbaudicke einer Dachbegrünung im Sommer mehr Auswirkungen auf den Wasserrückhalt einer Dachbegrünung hat, als bei kühleren Temperaturen. Im Winter ist sie dabei nahezu außer Acht zu lassen (LIESECKE, 2006, 40).

Obwohl bereits Versuche von 1987 bis 1990 durchgeführt wurden, konnten diese hierbei nicht berücksichtigt werden, da sie nur im Sommer und an kühleren Tagen durchgeführt wurden, nicht jedoch in den Wintermonaten und somit keine wahrheitsgetreuen Informationen über das jährliche Wasserrückhaltevermögen liefern konnten. Auch ein weiterer Versuch konnte nicht miteinbezogen werden, da die Untersuchungsbedingungen nicht denen der anderen Versuchsreihen entsprochen haben. So umfasst die Auswertung 43 Bauweise-Varianten aus 4 Freilandversuchen und einem Untersuchungszeitraum von zehn Jahren (LIESECKE, 2006, 40f).

Der Untersuchungsrahmen umfasste:

- Kiesschüttungen
- Matten-Bauweisen
  - o Auf Vliesmatten
  - o Auf Drainageplatten
- Einschichtige Bauweisen
  - o Ohne organische Substanz mit Nassansaat
  - o Mit organischer Substanz mit Nassansaat
  - o Mit Mulchschicht und Nassansaat
- Zweischichtige Bauweisen
  - o Einschichtsubstrat mit Vegetationsmatte/Dachsode
  - o Mineralwollplatte auf Vlies-/Kokosmatte mit Nassansaat
- Mehrschichtbauweisen

Bauweise	Wasserspeichervermögen	Erkenntnisse
Kiesschüttungen	4,3 l/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kies 16/32 → 2,0 l/m<sup>2</sup> Wasserspeicherung</li> <li>• Schutzvlies → 2,3 l/m<sup>2</sup> Wasserspeicherung</li> </ul>
Mattenbauweise	13,9 - 33,7 l/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Unterschiede zwischen Vliesmatten und Drainagematten</li> <li>• Deckungsgrad Sedum zufriedenstellend, außer bei Dachsole auf Fadengeflechtmatte und Schutzvlies</li> </ul>
Einschichtige Bauweisen	22,3 – 52,3 l/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Zugabe von organischem Material → Steigerung des Wasserhaltvermögens und Anstieg Lastannahme pro Quadratmeter</li> <li>• Zugabe von organischem Material → Anstieg der Wasserspeicherung im Mittel um 11,6 l/m<sup>2</sup></li> <li>• Aufbringen Mulchschicht → Anstieg der Wasserspeicherung im Mittel um 9,6 l/m<sup>2</sup></li> <li>• Große Unterschiede hinsichtlich der verschiedenen Materialien wurden festgestellt</li> </ul>
Zweischichtige Bauweisen	<p><u>Einschichtsubstrat mit Vegetationsmatte/Dachsole:</u> Mittlere Wasserspeicherung von 28,6 l/m<sup>2</sup></p> <p><u>Mineralwollplatte auf Vlies-/Kokosmatten mit Nassansaat:</u> Im Mittel 40,8 l/m<sup>2</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuch Dachsole auf Kiesschüttung → Wasserspeichervermögen von 20,6 l/m<sup>2</sup> + zufriedenstellenden Deckungsgrad des Sedums</li> <li>• Begrünung mittels Nassansaat wird nicht empfohlen → Vögel reißen Teilstücke heraus → erwünschte Deckungsgrad kann nicht erzielt werden</li> <li>• <b>Empfehlung:</b> Begrünung mit Vegetationsmatten.</li> </ul>
Mehrschichtige Bauweisen	18,5 – 37,1 l/m <sup>2</sup>	Mit zunehmender Aufbaudicke steigen sowohl die Lastannahme, als auch die Wasserspeicherung pro Quadratmeter.

Tabelle 3: Zusammenfassende Ergebnisse "Versuch Wasserhaltevermögen 43 Bauweisen" (Quelle: vgl. LIESECKE, 2006, 39ff, eigene Bearbeitung)

### Kombination Gründach mit Regenwassernutzung

Neben der Versickerung und Verdunstung von Niederschlagswasser spielt im integrativen Regenwassermanagement auch die Nutzung des Regenwassers eine wesentliche Rolle. Dies bedeutet also, dass durch die Nutzung von Niederschlagswasser einerseits kostbares Trinkwasser eingespart wird und andererseits auch ein wesentlicher Beitrag zum Rückhalt von Regenwasser geleistet wird (vgl. KÖNIG, 2004, 41).

Obwohl durch die Kombination unterschiedlicher Arten der Regenwasserbewirtschaftung oftmals unverkennbare Ergebnisse erzielt werden können, ist laut KÖNIG für manche Umstände eine Kombination nicht ratsam: So zum Beispiel bei der Nutzung von Niederschlagswasser der begrünten Dachfläche eines mehrgeschossigen Wohnbaus. Da hier die vom Dach abgeleitete Regenwassermenge zumeist nicht ausreicht, um das Wasser im ganzen Haus in einer sinnvollen Art und Weise zu nutzen. Weniger ratsam ist auch die Nutzung des Abflusswassers von Gründächern für die Waschmaschine, da das Wasser aufgrund von Huminstoffen und Fulvosäuren getrübt ist. Selbst eine Filteranlage schafft hier keine Abhilfe (vgl. KÖNIG, 2004, 41).

Dem gegenüber steht APPL (2017). Seiner Meinung nach ist es durchaus möglich Grauwasser, also Regenwasser einer Dachbegrünung für die Waschmaschine zu nutzen. Genauere Angaben über die Funktionsweise werden in diesem Zusammenhang nicht gemacht. (vgl. APPL, 2017, 46).

Die Nutzung des abfließenden Niederschlagswassers einer Dachbegrünung für Toiletenspülungen ist in einigen Betrieben bereits Stand der Technik. Geschieht dies jedoch im öffentlichen Raum, so müssen dort Hinweisschilder angebracht werden, die die Trübung des Wassers rechtfertigen und zusätzlich darauf hinweisen, dass hier Brauchwasser und kein Trinkwasser verwendet wird. Dem hinzu kommt, dass vor Bau der Anlage, eine zwingende Mitteilung an das Gesundheitsamt und das Wasserversorgungsunternehmen zu machen ist. Außerdem ist dafür Sorge zu tragen, dass in Trockenperioden eine Trinkwassernachspeisung gegeben ist. Wichtig ist aber auch, die farbliche Unterscheidung zwischen brauch- und trinkwasserführenden Leitungen, damit es zu keiner irrtümlichen Verwechslung kommt (vgl. KÖNIG, 2004, 41).

Weitere Möglichkeiten, wie Regenwasser von begrünten Dachflächen genutzt werden können, sind für Reinigungsarbeiten an Geräten und Wegen, für die Bewässerung von Gärten oder für die Kühlung von diversen Maschinen (vgl. APPL, 2017, 46).

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass sich die Kombination von Gründach und Zisterne durchaus rentiert. Das größte Potenzial sieht König (2004) im Bereich von Gewerbebetrieben, Industriebauten und öffentlichen Gebäuden mit großen Flachdächern. Aber auch in Gebieten, die von einem hohen Grundwasserspiegel geprägt sind, und dadurch keine direkte Versickerung erwünscht ist, profitieren von dieser Art der Kombination (vgl. KÖNIG, 2004, 41).

#### **1.4.3 Innovationen im Bereich Regenwasserrückhalt von Gründächern**

Retention ist ein wichtiger Begriff in jüngsten Publikationen zum Thema Regenwassermanagement. Er leitet sich von dem lateinischen Wort „retinere“ ab und bedeutet „zurückhalten“ und findet vor allem im Bereich von Gründächern immer häufiger Verwendung (vgl. BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT GMBH, 2018, o.S.).

Mittlerweile gibt es am Markt unzählige Produkte, um Niederschlagswasser länger am Dach zu halten. Die Firma Optigrün zählt zu den Vorreitern in Sachen Regenwasserrückhalt von Gründächern und bietet eine breite Produktpalette an.

Um einen kurzen Überblick zu schaffen, wird hier ein Teil der Produktpalette von Drainageplatten der Firma Optigrün tabellarisch dargestellt:

Bezeichnung	Verwendung	Aufbauhöhe	Flächengewicht	Wasserspeicher
FKD 25	ein- oder mehrschichtige Extensivbegrünungen bis 5° Dachneigung	25 mm	1,35 kg/m <sup>2</sup>	5 l/m <sup>2</sup>
FKD 40	Extensivbegrünungen und einfache Intensivbegrünungen	40 mm	2,3 kg/m <sup>2</sup>	8,7 l/m <sup>2</sup>
FKD 58SD	Schrägdach 15°-35°	58 mm	0,87 kg/m <sup>2</sup>	4,3 l/m <sup>2</sup> (15°) 3,2 l/m <sup>2</sup> (35°)
FKD 60BO	Wasserspeicherung unter Vegetationsflächen auf Umkehrdächern	60 mm	2,5 kg/m <sup>2</sup>	25 l/m <sup>2</sup>
FKM 30	Extensivbegrünungen in mehrschichtiger Bauweise	30 mm	1,7 kg/m <sup>2</sup>	19 l/m <sup>2</sup>
FKM 60	Extensivbegrünungen in mehrschichtiger Bauweise	60 mm	2,8 kg/m <sup>2</sup>	17,5 l/m <sup>2</sup>
WRB 85I	extensiv begrünten Dachflächen mit 0° Dachneigung	85 mm	5,6 kg/m <sup>2</sup>	80 l/m <sup>2</sup>
WRB 80F	extensive und einfach intensive Dachbegrünungen	80 mm	3,6 kg/m <sup>2</sup>	72 l/m <sup>2</sup>
WRB 150	Extensiv-/Intensivbegrünungen flächige Zisterne und dauerhafte Wasseranstauung möglich	150 mm	12 kg/m <sup>2</sup>	140 l/m <sup>2</sup>

Tabelle 4: Produktpalette Drainageplatten Firma Optigrün (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., eigene Bearbeitung)

Anhand der vorstehenden Tabelle ist zu erkennen, dass für fast jede Art der Dachbegrünung unterschiedliche Systemlösungen vorhanden sind, die den Wasserrückhalt positiv beeinflussen.

Angefangen von einfachen Wasserspeicherplatten (FKD 25) mit einer Aufbauhöhe von 25 Millimeter und einer Wasserspeicherkapazität von fünf Liter pro Quadratmeter, über Mäanderplatten (FKM 30), die zu 19 Liter pro Quadratmeter temporär speichern können, bis hin zu Wasserretentionsbox WRB 150, mit einer Wasserspeicherfähigkeit von 140 Liter pro Quadratmeter (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., o.S.). Detaillierte Information zu den unterschiedlichen Systemlösungen von der Firma Optigrün werden in diesem Zusammenhang nicht näher angeführt.

Im Folgenden werden einige Produktlösungen nochmals hervorgehoben und näher beleuchtet:

### Retentionsdach Typ Drossel (Optigrün)

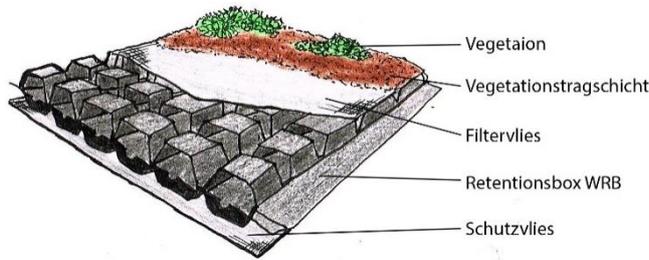


Abbildung 1: Wasserretentionsbox WRB Optigrün (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018, vgl. MANN, 2017, 35)

Die Firma Optigrün hat sich dieser Begrifflichkeit bedient und die neue Systemlösung „Retentionsdach“ Typ Drossel auf den Markt gebracht. Dabei gibt es zweierlei Varianten: zum einen, die mit einem Gründachaufbau und zum anderen, die des Verkehrsdachs. Das System ermöglicht einen Abfluss regulativ einzustellen und dadurch den gesetzlichen Vorgaben zur Einleitung von Niederschlagswasser Folge zu leisten (vgl. MANN, 2017, 37).

Das zugrundeliegende Prinzip hinter der Systemlösung „Retentionsdach Typ Drossel“ ist folgendes: Auf der Dachhaut wird ein Stauraum für Wasser geschaffen (Wasserretentionsbox WRB) und darüber wird eine Dachbegrünung oder eine Verkehrsfläche aufgebracht. Somit werden ein Wasserspeicher und zusätzliche Nutzfläche geschaffen (vgl. MANN, 2017, 37).

Durch die Wasserretentionsbox WRB können bis zu 140 Liter pro Quadratmeter an Wasser am Dach angestaut werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Abflussmenge auf bis zu 1-10 Liter pro Sekunde pro Hektar zu regulieren (vgl. MANN, 2017, 37f.).

Wird darüber ein Gründach eingebaut, kann durch das eingebaute Kapillarsystem angestautes Wasser in die darüber liegende Dachbegrünung gezogen werden und über die Vegetation verdunstet werden. Dadurch fungiert diese Systemlösung als natürliche Klimaanlage und sorgt im Sommer für Abkühlung. Dies wird als Beitrag zur Verbesserung des Stadtklimas gewertet (vgl. MANN, 2017, 37f.).

### Drossel 4.0 Smart Flow Control (Optigrün)

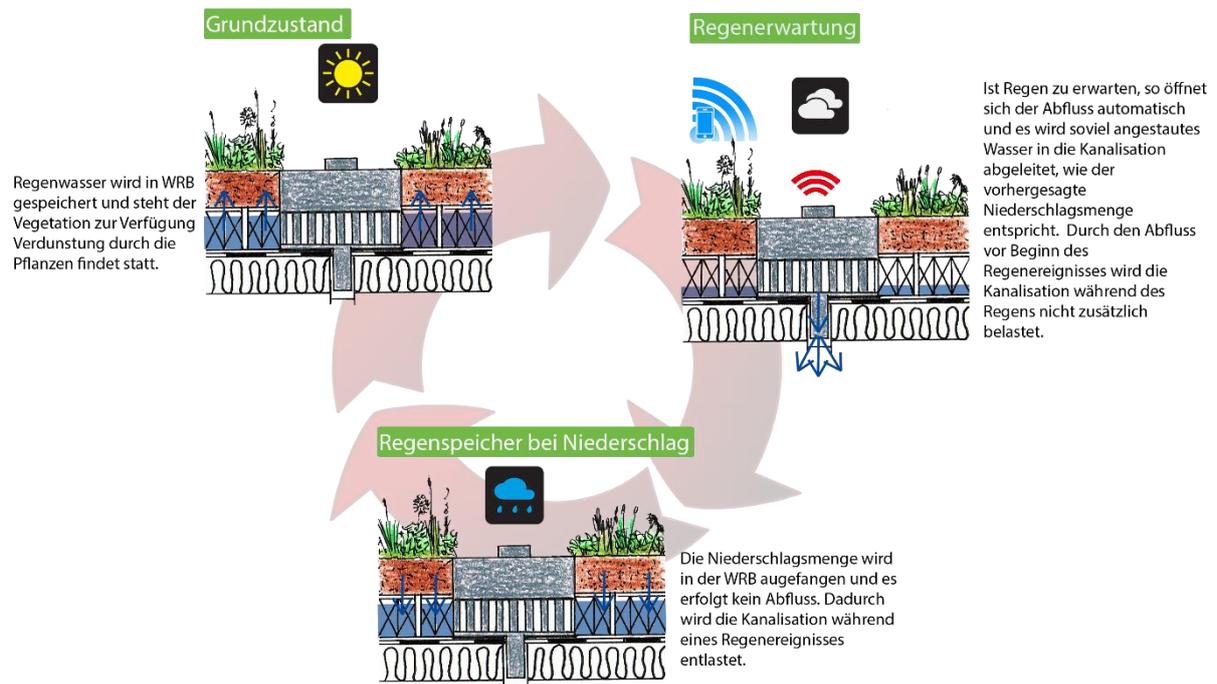


Abbildung 2: Funktionsskizze Drossel 4.0 Smart Flow Control Optigrün (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. MANN, 2017, 36)

Die Firma Optigrün ging noch einen Schritt weiter und entwickelte das System „Drossel 4.0 Smart Flow Control“. Dabei wird die Drossel über eine Wetter-App gesteuert. Im Detail sieht dies wie folgt aus: Regenwasser eines Niederschlagsereignisses soll so lange, wie nur möglich am Dach bleiben und für die darüber liegende Vegetation über integrierte Kapillarsäulen zur Verfügung stehen. Falls die maximale Aufnahmekapazität des Wasserspeichers erreicht ist, wird überschüssiges Wasser abgeleitet. Kündigt sich ein Niederschlagsereignis an, so wird der Ablauf durch eine mit dem Internet verbundene Wetter-App geöffnet und der Wasserspeicher soweit entleert, dass das System die zu erwartende Regenwassermenge wieder aufnehmen kann. Dadurch wird Überschusswasser bereits vor dem Regenereignis in die Kanalisation eingeleitet, wo sie „noch“ nicht überlastet ist (vgl. MANN, 2017, 38).

Da die Systemlösung „Drossel 4.0 Smart Flow Control“ nicht nur vollautomatisch gesteuert werden kann, sondern auch die Möglichkeit besteht, das System von einer Zentrale aus zu steuern und zu überwachen, sieht Mann (2017) großes Potenzial im Bereich der kommunalen und überregionalen Wasserwirtschaft. Durch einen flächendeckenden Einsatz dieses Systems auf unterschiedlichen Dachflächen einer Stadt oder Region sind sowohl der Regenwasserhaushalt als auch die Hochwasservorsorge gut überwacht und steuerbar (vgl. MANN, 2017, 38).

### Retentions-Gründach (ZinCo)

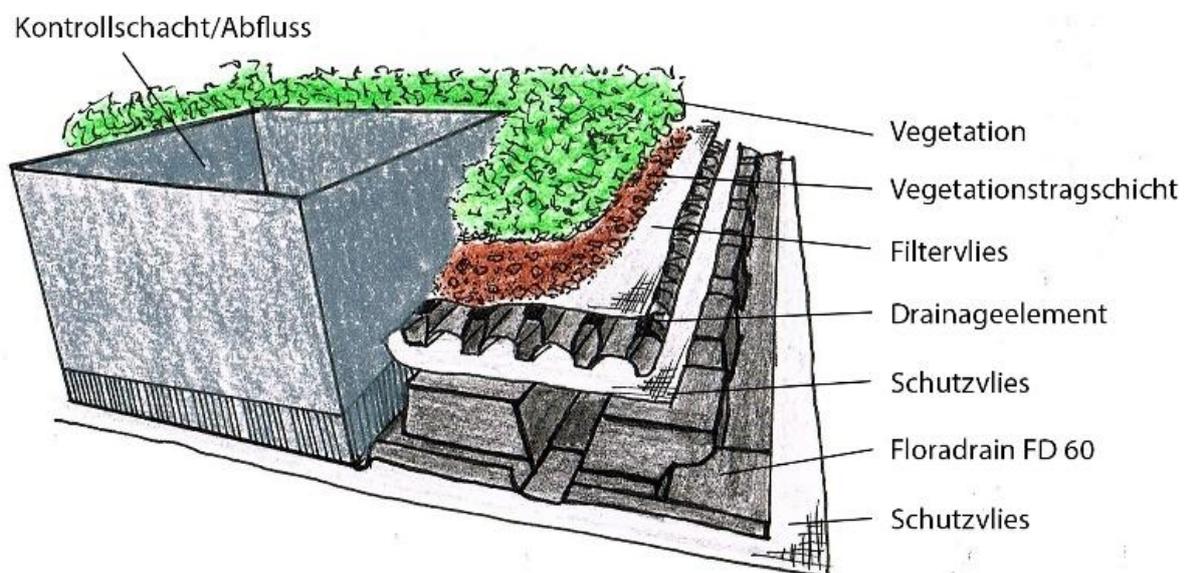


Abbildung 3: Systemaufbau "Retentions-Gründach ZinCO (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018, vgl. APPL, 2017, 44)

Auch die Firma ZinCo präsentiert neue Entwicklungen und verspricht mit der Systemlösung „Retentions-Gründach“ das Rückhaltevermögen von Dachbegrünungen um ein Vielfaches zu steigern, Niederschlagsspitzen abzuschwächen und Überflutungen zu reduzieren (vgl. APPL, 2017, 43).

Der Systemaufbau sieht wie folgt aus: Unter dem „normalen“ Dachbegrünungsaufbau wird eine weitere Schicht „Floradrain FD ® 60 neo als sogenannter Abstandshalter (Spacer) eingebaut, der zusätzliches Regenwasser speichern soll.

Nach Appl (2017, 43) wird davon ausgegangen, dass eine Extensivbegrünung durchschnittlich 20 bis 40 Liter pro Quadratmeter und eine Intensivbegrünung durchschnittlich 50 bis 100 oder mehr Liter pro Quadratmeter speichern kann. Durch die Systemlösung „Retentions-Gründach“ kommen bei jeglicher Art der Begrünung nochmals 60 Liter pro Quadratmeter hinzu (vgl. APPL, 2017, 43f.).

Auch bei diesem System kommt eine Drossel zum Einsatz, die in einem Gully eingebaut ist und das gespeicherte Wasser über einen Zeitraum von 24 Stunden bis hin zu mehreren Tagen, langsam an die Kanalisation abgibt (vgl. APPL, 2017, 44).

Da das System „Retentions-Gründach“ unterhalb der eigentlichen Dachbegrünung eingebaut wird, ist ein Einbau bei allen Arten von Dachbegrünungen möglich. Auch unterhalb von Geh- und Fahrbelägen ist eine Installation denkbar (vgl. APPL, 2017, 44).

### **Klima-Gründach (ZinCo)**

Wie bereits mehrfach erwähnt, findet eine immer stärkere Aufheizung der Städte durch den stetigen Anstieg an versiegelten Flächen und durch die erhöhte Wärmeabstrahlung selbiger, statt. Dabei ist unumstritten, dass Dachbegrünungen vor allem durch ihre Verdunstung für Abkühlung sorgen. Um die Verdunstungsleistung begrünter Dächer zu steigern, entwickelte die Firma ZinCo das Produkt „Klima-Gründach“. Dabei soll die Begrünung kontinuierlich mit Wasser versorgt werden, und somit auch in Trockenperioden zur Verbesserung des Stadtklimas beitragen. Erreicht wird dies, wie folgt:

Für die Begrünung selbst kommt eine speziell dafür ausgelegte und getestete Pflanzengesellschaft zum Einsatz, die einerseits sehr robust und trockenheitsverträglich ist und zum anderen die exponierte Lage am Dach ohne Probleme verkraftet. Darunter befindet sich, wie üblich ein Vegetationssubstrat. Dem folgt das entscheidende Element, das Aquafleece AF 300, welches über Tropfschläuche automatisch bewässert wird. Wobei hier natürlich aus ökologischer Sicht Grauwasser und nicht Frischwasser verwendet werden soll. Darunter liegt oftmals noch eine Wasserspeicherplatte, die für einen zusätzlichen Wasserspeicher sorgt. Als letzte Schicht folgt ein Schutzvlies (vgl. APPL, 2017, 44).

Durch die speziell verdichtete Unterseite des Aquafleeces wird Wasser über die gesamte Dachfläche gleichmäßig verteilt. Erst nach vollständiger Wassersättigung des oben aufkaschierten Vlieses, gelangt Wasser durch die verdichtete Unterseite. Durch die kontinuierliche Bewässerung des Aquafleeces, mittels Tropfschläuchen, ist es der Vegetation möglich, über den kapillaren Aufstieg Wasser zu ziehen und dieses dauerhaft zu verdunsten. Dadurch wird eine stetige Verbesserung des Stadtklimas erreicht (vgl. APPL, 2017, 44).

Appl (2017) verdeutlicht die Vorteile des „Klima-Gründachs“ anhand eines simplen Beispiels: Die Verdunstungsleistung eines ausgewachsenen Stadtbaums beträgt etwa 300 bis 500 Liter pro Tag (Sommer). Im selben Bereich bewegt sich eine extensive Dachbegrünung mit 100 Quadratmeter. Liegt jedoch eine Trockenperiode vor, dann nimmt die Verdunstung rapide ab. Appl spricht von einer Reduzierung auf ungefähr ein Zehntel. Kommt jedoch ein „Klima-Gründach“ zur Ausführung, so kann die Verdunstungsleistung bei gleichbleibender Dachfläche auf 700 bis 1000 Liter pro Tag gesteigert werden. Außerdem sieht Appl einen großen Vorteil dieses Systems in der kurzen Zeitspanne, in der die Dachbegrünung bereits ihre maximale Verdunstungsleistung erreicht hat. Meist geschieht dies bereits nach zwei Vegetationsperioden. Im Vergleich dazu braucht ein Baum mehrere Jahre bis er eine Größe erreicht, mit der eine Verdunstungsleistung von 300 bis 500 Liter pro Tag (Sommer) erzielt wird (vgl. APPL, 2017, 44).

### **Bewässerte Extensivbegrünung (ZinCo)**

In Folge von immer länger andauernden Hitzeperioden könnte selbiges System auch für Extensivbegrünungen zum Einsatz kommen. Im Unterschied zum „Klima-Gründach“ findet hier keine kontinuierliche Bewässerung statt, sondern es wird nur bewässert, wenn lange Regenfälle ausbleiben. Durch diese spezielle Art der Bewässerung wird eine deutliche Reduktion des Wasserverbrauches gegenüber herkömmlicher Bewässerungsmethoden, wie

beispielsweise der mittels Tropfschläuchen (ohne Aquafleece angenommen (vgl. APPL, 2017, 45).

Wird jedoch Frischwasser für die Bewässerung verwendet, ist auch diese Überlegung kritisch zu betrachten, da dies zu einem zusätzlichen Wasserverbrauch führt, und auch dem Prinzip einer „extensiven Dachbegrünung“, widerspricht. Demnach sollte eine Extensivbegrünung ohne jegliche Art einer Zusatzbewässerung auskommen (außer in der Anwuchsphase), da sowohl die Pflanzengesellschaft, als auch die verwendeten Materialien und der Aufbau, auf die Extremen am Dach angepasst sein sollten.

## 1.5 Förderungen und gesetzliche Vorgaben für den Bau von Dachbegrünungen im europäischen und internationalen Vergleich!

### 1.5.1 Allgemeine Herangehensweisen

Generell kann zwischen **drei verschiedenen Herangehensweisen** unterschieden werden:

- **Direkte finanzielle Unterstützung:** Hierbei wird der Ausbau von Gründächern unter bestimmten Voraussetzungen durch finanzielle Mittel unterstützt (vgl. ERLACH, 2012, 7).
- **Indirekte Förderung durch „Vergünstigungen“:** Diese Art der Förderung bezieht sich auf die Niederschlagswasserbeseitigung. In Deutschland werden für die Berechnung der Kanalgebühr, sowohl Abwässer aus dem Haushalt, als auch Abwässer außerhalb des Hauses, die von versiegelten Flächen stammen, herangezogen. In diesem Zusammenhang führt eine Dachbegrünung, aufgrund ihres Wasserrückhaltevermögens, zu einer Vergünstigung der Kanalgebühren (vgl. ERLACH, 2012, 7). Das Prinzip ist sehr simpel. Je weniger Niederschlagswasser von versiegelten Flächen in die Kanalisation gelangt, desto geringer fallen die Kanalgebühren für die Eigentümer aus (vgl. TIEFENTHALER, 2015, o.S.).
- **Gesetzliche Vorgaben:** Durch verbindliche Vorgaben in der Bauordnung kann der Bau eines Gründaches bei Neubauprojekten nur sehr selten umgangen werden. Dies führt zu einem konstanten und sicheren Anstieg an begrünten Dachflächen (vgl. ERLACH, 2012, 7).

### 1.5.2 Österreich: Wien

Hinsichtlich Gründächer ist in der Wiener Bauordnung (BO) keine allgemeine Regelung vorzufinden. Auch ein genereller Zwang für die Begrünung von Dächern ist nicht angeführt (vgl. PENDL, 2009, 29). Jedoch können Bebauungspläne Angaben zur Begrünung von Dachflächen enthalten (vgl. ERLACH, 2012, 5). So auch in der Seestadt Aspern. Dort sollen, laut Bebauungsplan zwischen 50 und 60 Prozent der Dachflächen begrünt werden (vgl. TIEFENTHALER, 2015, o.S.).

Vor allem bei der Erweiterung oder dem Neubau von Gewerbebetrieben ist die Begrünung von Dachflächen oft ein fester Bestandteil in den Bebauungsplänen. So auch beim Gewerbepark Stadlau. Dabei ist im Bebauungsplan festgehalten, dass bei einer Versiegelung von über 60 Prozent des Bauplatzes, dazu zählen sowohl Gebäude-, als auch Bodenflächen, die Dächer gemäß dem Stand der Technik begrünt werden müssen: In diesem Fall nur das Ausmaß der Überschreitung (vgl. MA 21 B Stadtteilplanung und Flächennutzung Süd-Nordost, 2007, 2).

Bei einem anderen Planungsgebiet im Süden von Wien schreibt der Bebauungsplan beispielsweise vor, alle Dächer als Flachdächer auszuführen und diese bereits ab einer Größe von zwölf Quadratmetern und bis zu einer Dachneigung von 15 Grad nach dem Stand der Technik zu begrünen (vgl. MA 21 Stadtteilplanung und Flächennutzung, 2016, 2).

In manchen Fällen führen auch Vorgaben zur maximalen Einleitungsmenge von Niederschlagswässern in die Kanalisation dazu, dass Dachflächen begrünt werden oder eine intensivere Dachbegrünung gewählt wird. Grenzwerte hinsichtlich der Einleitung von Niederschlagswassermengen sind zumeist in Bebauungsplänen festgehalten, so auch hier. Die Menge an in den Kanal eingeleitetes Regenwasser darf am jeweiligen Bauplatz 0,012 Liter pro Sekunde nicht überschreiten (vgl. MA 21 Stadtteilplanung und Flächennutzung, 2016, 2).

Dies zeigt also, dass es keine strikte Regel gibt, nach der in Wien Dachflächen zu begrünen sind und die Vorgaben in den unterschiedlichen Bebauungsplänen auch sehr variieren

können. Generell zeigt sich in Neuprojekten ein Trend zu strengeren Vorgaben und häufigeren Umsetzungen von extensiven Dachbegrünungen.

Obwohl kein genereller Zwang zur Begrünung von Dächern besteht, versucht die Stadt Wien den Ausbau durch unterschiedliche Herangehensweise zu erhöhen. So setzt sie einerseits auf den von der Umweltschutzabteilung MA 22 entwickelten Gründachpotentialkataster und andererseits auf finanzielle Förderungen, die unter bestimmten Voraussetzungen zugesprochen werden (vgl. ERLACH, 2012, 5).

### Gründachpotenzialkataster

Dieser wurde von der MA 22 – Umweltschutzabteilung der Stadt Wien eingerichtet und gibt Aufschluss darüber, welche Dachflächen auf Grund ihrer Neigung für eine Begrünung potentiell geeignet wären. Außerdem finden sich Informationen über bereits begrünte Dächer und deren Verteilung in der Stadt (vgl. ERLACH, 2012, 5).

### Förderungen der Stadt Wien

Die Förderung ist dabei abhängig von der durchwurzelbaren Aufbaudicke und damit einhergehend auch mit der Menge an klimatisch bedeutsamen Pflanzen (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015). Generell wird bei Aufbaudicken von 8cm bis 25cm 1 Euro pro cm Aufbaudicke und m<sup>2</sup> gefördert. Maximal wird aber, wie oben beschrieben, ein Förderungsbeitrag von 2.200 Euro genehmigt (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009). Durch den finanziellen Zuschuss sollen Anreize für Privatpersonen oder Institutionen geschaffen werden. (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015).

Trotz dieser Förderung wurden im Zeitraum 2003 bis 2008 nur 108 Dachbegrünungsförderungen ausgeschüttet, wie die nachstehende Grafik zeigt. (vgl. DIE UMWLETBERATUNG WIEN, 2009, o.S.). Hochgerechnet bedeutet diese, dass im Untersuchungszeitraum von sechs Jahren lediglich 18 Förderungen pro Jahr gewährt wurden. Auch im direkten Vergleich mit der gesamten Förderungssumme von 657.639,46 Euro fallen nur 123.076,00 Euro auf Dachbegrünung (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 10).

Zeitraum	Dachbegrünung		Innenhofbegrünung		Summe	
	Anzahl	Förderungs- summe in Euro	Anzahl	Förderungs- summe in Euro	Anzahl	Förderungs- summe in Euro
2003	7	6.595,00	71	117.829,09	78	124.424,09
2004	19	26.414,00	72	125.625,18	91	152.039,18
2005	22	30.180,00	49	63.383,89	71	93.563,89
2006	16	17.251,00	45	81.522,27	61	98.773,27
2007	30	25.111,00	39	71.680,83	69	96.791,83
2008	14	17.525,00	41	74.522,20	55	92.047,20
<b>Summe</b>	<b>108</b>	<b>123.076,00</b>	<b>317</b>	<b>534.563,46</b>	<b>425</b>	<b>657.639,46</b>

Tabelle 5: Anzahl und Höhe der gewährten Förderungen für Dach- und Innenhofbegrünung im Zeitraum 2003-2008 in Wien (Quelle: STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 10, eigene Bearbeitung, aktuellste Zahlen zum derzeitigen Zeitpunkt, 15.8.17)

### 1.5.3 Deutschland

In Deutschland werden alle drei zuvor beschriebenen Herangehensweisen angewandt. So profitieren etwa 70 Gemeinden von finanziellen Zuwendungen. In 200 Gemeinden findet eine Verminderung von Kanalgebühren durch die Anlage von Gründächern statt und in etwa 145 Gemeinden gibt es rechtliche Festlegungen zur Umsetzung begrünter Dachflächen (vgl. ERLACH, 2012, 7).

Im Folgenden werden einige Städte und ihre Förderungen/Vorgaben kurz erläutert.

#### 1.5.3.1 Bremen

In Bremen werden Dachbegrünung seit 1991 finanziell gefördert. Dabei ist nicht relevant, ob es sich um einen Neubau oder eine nachträgliche Begrünung handelt. Maximal werden 25 Euro pro Quadratmeter gefördert bis zu einer Gesamtsumme von 5 000 Euro. Einen Zuschuss für eine Förderung erhalten nur jene, die nicht durch gesetzliche Vorgaben zu einer Begrünung verpflichtet sind (vgl. ERLACH, 2012, 8).

Dennoch fand diese Förderung weniger Anklang, als ursprünglich erwartet. So wurden im Jahr 2003 nur rund 873 m<sup>2</sup> begrünte Dachflächen gefördert. Der Grund dafür ist, dass der „lange“ Behördenweg viele EigentümerInnen abschreckt und diese daher lieber auf die Förderung verzichten (vgl. ERLACH, 2012, 8).

#### 1.5.3.2 Stuttgart

In Stuttgart wird bereits seit 1986 der Bau von Dachbegrünung gefördert. Diese Förderung beinhaltet neben finanzieller Mittel auch Beratungsangebot für EigentümerInnen und MieterInnen. Die Unterstützung umfasst rund 50 Prozent der Baukosten, maximal werden aber 17,90 Euro pro m<sup>2</sup> gefördert (vgl. ERLACH, 2012, 8).

Die Errichtung von Dachbegrünungen ist in Stuttgart bereits seit Mitte der 1970er Jahren ein fixer Bestandteil der Bebauungspläne. Heute findet bei jedem Neubau und auch bei jeglichen Sanierungsmaßnahmen öffentlicher Gebäude eine Überprüfung über eine mögliche Dachbegrünung statt. So konnte Stuttgart bis März 2012 etwa 160.000 m<sup>2</sup> begrünte Dachflächen verzeichnen (vgl. ERLACH, 2012, 8).

#### 1.5.3.3 Hamburg

Hamburg besitzt keine direkten Förderungsmittel für den Bau von Dachbegrünungen. Obwohl es Förderungen für Wärmedämmung und Solarenergie gibt, bei denen, wie bereits bewiesen durch Dachbegrünungen Synergieeffekte stattfinden, werden diese bei der Vergabe der Förderungen noch immer nicht berücksichtigt (vgl. ERLACH, 2012, 9).

Bereits seit mehr als 20 Jahren sind Dachbegrünungen in Bebauungsplänen fest verankert. Dabei ist festgeschrieben, dass rund 20 Prozent der Dachflächen zu begrünen sind. Dennoch wird die Begrünung vor allem in Einfamilienhaus-Gebieten oftmals nicht wahrgenommen. Ein Grund dafür könnte der geringe Versiegelungsgrad sein, so ERLACH. Auch bei diversen in Leichtbauweise errichteten Industriebauten wird von einer Dachbegrünung oftmals abgesehen (vgl. ERLACH, 2012, 9).

#### 1.5.4 Frankreich

Frankreich verabschiedete im März 2015 ein flächendeckendes Gesetz, das besagt, dass alle Dächer von neu errichteten Gewerbebauten entweder begrünt oder mit einer Solaranlage ausgestattet werden müssen (vgl. TIEFENTHALER, 2015, o.S.).

#### 1.5.5 Kanada: Toronto

Ebenso beschloss Toronto im Jahr 2009 ein neues Gesetz, das vorsieht, dass ab einer Fläche von 2.000 Quadratmeter mindestens 60 Prozent der Flächen eine dauerhafte Begrünung aufweisen müssen. Dadurch konnten seit 2009, 260 neue Gründächer verzeichnet werden (vgl. TIEFENTHALER, 2015, o.S.).

### 1.6 Wichtige Begrifflichkeiten und Projekte für die vorliegende Masterarbeit

Zur Thematik Dachbegrünung gibt es unzählige Berichte, Versuche und diverse Forschungsarbeiten. Gegenstand der Forschung sind dabei oftmals die Verwendung von standortgerechtem regionalem Saatgut, sowie dessen Zusammensetzung, der Einbau von verschiedensten Substraten und die positiven Effekte einer begrüneten Dachfläche.

#### Standortgerecht

Eine Vegetation wird dann als standortgerecht bezeichnet, wenn sie sich weitestgehend selbst erhält und die Erzeugung von landwirtschaftlichen Produkten nicht im Vordergrund steht. Zu dem ist eine standortgerechte Vegetation so ausgelegt, dass sie neben der Fertigstellungs- und Entwicklungspflege nur eine alljährliche extensive Pflege benötigt. Um dies zu erreichen müssen die Pflanzengesellschaften einerseits aus derselben Region oder mindestens im gleichen Bundesland des Bauvorhabens natürlich vorkommen und andererseits die Gegebenheiten des neuen Standorts, dem ihrer ursprünglichen Umgebungen entsprechen. (vgl. ÖAG und BAL, 2000, 9).

Dabei wird außerdem noch zwischen „**Typ I: Standortgerechter Vegetation im engeren Sinne**“ und „**Typ II: Standortgerechter Vegetation im weiteren Sinne**“ unterschieden. Bei Typ I wird Saatgut verwendet, dessen natürliche Ansprüche jenen des neuen Standorts entsprechen. Zudem wird nur „heimisches“ Saatgut, also Saatgut, dass aus der gleichen Region (geografischen Lage) kommt und aus Lebensräumen mit selbigen Standortfaktoren verwendet. Im Gegensatz dazu wird bei Typ II zwar darauf geachtet nur regionales Saatgut einzubringen, es ist aber nicht verpflichtend (vgl. ÖAG und BAL, 2000, 9).

Auch im Zuge dieser Masterarbeit wurde standortgerechtes Saatgut verwendet. Da die Versuchsanlage in Gumpenstein (inneralpiner Standort) liegt, wurde wie der Titel schon verrät, Saatgut inneralpiner Herkünfte verwendet.

#### **Projekt des LFZ Schönbrunn: Extensive Dachbegrünung mit Substraten aus regionalen Bodenmaterialien und Pflanzen pannonischer Trockenrasen**

Das LFZ Schönbrunn, Abteilung für Garten- und Landschaftsbau startete im Jahr 2008 ein Projekt mit einer Laufzeit von vier Jahren für die Wiener Umwelthanwaltschaft. Dessen Ziel war, eine naturnähere Alternative zur herkömmlichen Begrünung von Dachflächen zu finden. Dabei galt es, ein Dachsubstrat für dünn-schichtige Extensivdächer zu entwickeln, das die Anforderungen der FLL bestmöglich erfüllt und weitestgehend aus lokalen, einfach herzustellenden Materialgemischen besteht, die dem Naturstandort Trockenrasen entsprechen. Zusätzlich sollten Arten des Pannonikums auf ihre Eignung für Extensivdächer beurteilt werden und durch Untersuchungen über mehrere Jahre eine Artenmischung

zusammengesetzt werden, die den heimischen Pflanzengesellschaften der mageren Trockenrasen am Nächsten kommt und somit für die extensive Dachbegrünung im ostösterreichischen Raum verwendet werden kann. Außerdem war zu klären, ob sich das entwickelte Substrat gegenüber der Standardsubstratmischung behaupten kann (vgl. SCHMIDT et al., 2009, 4f).

Im Zuge des Versuches wurde ein Dachsubstrat entwickelt, das aus lokalen Bodenmaterialien besteht. Außerdem wurden 47 Pflanzen aus dem pannonischen Trocken- und Halbtrockenrasen für die weiteren Untersuchungen ausgewählt (vgl. SCHMIDT et al., 2009, 4f).

Um aussagekräftige und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, wurden am Standort Jägerhausgasse der HBFLA Schönbrunn insgesamt 94 Versuchsflächen mit einer Fläche von jeweils 2 x 2 m angelegt. Es folgte ein zweischichtiger Extensivdachaufbau mit einer Drainageschicht aus Recyclingziegelbruch und einer Vegetationstragschicht von 7 cm. Auf der einen Hälfte der insgesamt 94 Versuchsflächen wurde das von der LFZ Schönbrunn entwickelte „pannonische Substrat“ verwendet, auf den anderen 47 Versuchsflächen ein Standardsubstrat „Optigrün leicht“ der Firma Optigrün. Zusätzlich wurden Temperatur- und Wassergehaltsfühler an vier verschiedenen Untersuchungsflächen eingebaut (vgl. SCHMIDT et al., 2009, 4f).

Die Messwerte zeigten dabei, dass bei dem entwickelten Substrat die mittlere Tagestemperatur höher und die Feldkapazität niedriger war, als am Standardsubstratgemisch. Für die Entwicklung der eingesäten Arten hat dies keine merkliche Beeinträchtigung gebracht. Jedoch wurde vom Autor positiv angemerkt, dass durch die erhöhte Temperatur und den geringeren Wassergehalt die Lebensbedingungen erschwert werden und somit ein Einwandern unerwünschter Beikräuter minimiert werden kann (vgl. SCHMIDT et al., 2009).

Nach der ersten Bonitur im Jahr 2009 wurde festgehalten, dass bereits im Frühjahr 29 der 47 eingesäten Arten keimten. Bis zum Ende der Vegetationsperiode 2009 wurde beobachtet, dass 34 Arten zu starken Pflanzen ausgereift waren. Schmidt erläutert in seiner Arbeit, dass hinsichtlich der Bewertung der Pflanzen deren Erscheinungsbild auf der Dachfläche sehr wichtig ist. Daher wird in diesem Zusammenhang auch expliziert darauf hingewiesen, dass bereits 14 Arten Blüten und Früchte ausgebildet haben (vgl. SCHMIDT et al., 2009, 4f).

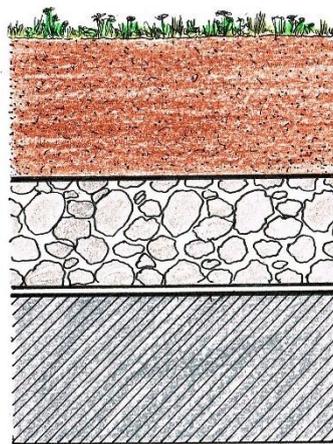
### **Extensive Dachbegrünung – nicht nur relevant für Großstädte!**

Auch im ländlichen Bereich gewinnt das Extensivdach immer mehr an Bedeutung. Durch den fortschreitenden Flächenverbrauch und der damit einhergehenden Bodenversiegelung muss, so wie im urbanen Bereich, auch hier gegengesteuert werden. Durch die Begrünung von Dachflächen werden wichtige Ersatzlebensräume geschaffen, die zumindest teilweise den Verlust naturnaher Lebensräume kompensieren können. In diesem Zusammenhang beschäftigt sich auch die HBLFA Raumberg-Gumpenstein intensiv mit dieser Thematik in den letzten Jahren (vgl. GRAISS et al., 2014, 2f).

Unter der Leitung von Herrn Dr. Wilhelm Graiss startete im August 2011 mit einer Projektlaufzeit bis November 2014 ein Projekt mit dem Titel „Dachbegrünung Inneralpin – Extensive Dachbegrünung mit Saatgut inneralpiner Herkunft“, das wichtige Erkenntnisse über den Einsatz von standortgerechtem Saatgut für extensive Dachbegrünung lieferte.

## Projekt der HBLFA Raumberg-Gumpenstein: Dachbegrünung Inneralpin – Extensive Dachbegrünung mit Saatgut inneralpiner Herkünfte

Im Zuge des Projektes wurden drei unterschiedliche Saatgutmischungen (M1-Heudrusch-Sanberge Oberweiden, M2-Dachbegrünungsmischung des LFZ Schönbrunn und M3-Inneralpine Dachbegrünungsmischung des LFZ Raumberg-Gumpenstein) regionaler Herkünfte (pannonisch und inneralpin) miteinander verglichen. Im August 2011 fand der Einbau der Schichten gemäß der ÖNORM L 1131 statt. Zusätzlich wurde im Anschluss an die Anlage eine Wetterstation mit Fühlern für Temperatur- und Niederschlagsmessungen installiert.



Vegetation (extensiv)  
7 cm Vegetationstragschicht  
0,2 cm Zwischenlage  
5 cm Drainageschicht  
0,2 cm Trennlage  
0,18 cm Dachabdichtung  
0,2 cm Trennlage  
8 cm Isolierung  
0,2 cm Mausschutz

Abbildung 4: Schichtaufbau Versuch LFZ Raumberg-Gumpenstein, (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018, vgl. GRAISS et al., 2014,2)

Wie in Abbildung 4: Schichtaufbau Versuch LFZ Raumberg-Gumpenstein, (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018, vgl. GRAISS et al., 2014, 2) ersichtlich, wurde hier eine zweischichtige Bauweise angewandt. Auf die 5cm Drainageschicht aus Ziegelbruch folgt ein Filterfließ 105g (200l/m<sup>2</sup>/sec) und eine Vegetationstragschicht von 5cm aus Split Dolomit 0/4 mit 10% Masse-% lufttrockenem Kompost (vgl. GRAISS et al., 2014, 2f).

Im Jahr 2013 wiesen sowohl Saatgutmischung M2-Dachbegrünungsmischung des LFZ Schönbrunn und M3-Inneralpine Dachbegrünungsmischung des LFZ Raumberg-Gumpenstein nach Graiss et al. 2004, eine durchaus positive Vegetationsdeckung auf. Bei Betrachtung der Fläche zeigte sich, dass neben den Sedum-Arten auch Gräser und Kräuter fester Bestandteil der Vegetationsdeckung sind. Hervorzuheben ist, dass bereits im Jahr der Ansaat bei Saatgutmischung M3 eine Blüten- und Samenbildung bei den Gräsern und Kräutern zu beobachten war. Dies hat nicht nur einen hohen ästhetischen Stellenwert, sondern nach Graiss et al. 2014 auch einen ökologischen.

Graiss et al. 2014 heben hervor, dass dieses Projekt damit verdeutlicht, dass durch den entsprechenden Bodenaufbau für extensive Dachflächen, durch angepasste Begrünungstechniken und dem Extremstandort angepasstes Saatgut regionaler Herkünfte eine pflegeleichte Vegetationsdeckung erzielt werden kann. Dies führt in weiterer Folge, aufgrund von Substrateinsparungen, zu einer Senkung der Kosten für die Errichtung und auch zu einer Reduktion der Folgekosten, da sich diese Flächen weitestgehend selberhalten (vgl. GRAISS et al., 2014, 2f).

Trotz umfangreichen Versuchen und Studien gibt es sehr wenig Information zur Langzeitentwicklung und in Folge dessen auch zu den entstehenden Instandhaltungskosten. Diese Wissenslücken führen oftmals dazu, dass Dachbegrünungen, vor allem in Bezug auf die Pflanzenwahl, zu hohen Folgekosten führen, da mehr Pflegearbeiten, als ursprünglich geplant, nötig sind. Der erhöhte Pflegeaufwand in den Folgejahren ist auch durch einen Mangel an Dokumentation zu durchgeführten Pflegearbeiten bedingt. Wenn auch in Deutschland, der Schweiz, Amerika, Japan, sowie Österreich der Ausbau von Dachbegrünung gefördert wird, können erhöhte Instandhaltungskosten zu einem Rückgang von begrüntem Dachanlagen führen (vgl. GRAISS et al., 2014, 3). Genauere Informationen zu den Pflegemaßnahmen von Dachbegrünungen sind in Kapitel 3.10 zu finden.

## 2 Zielsetzung der Arbeit

Die Zielvorstellungen der vorliegenden Arbeit sind breitgefächert. Neben Erkenntnissen zu Saatgutmischungen, unterschiedlichen Aufbauvarianten, der Entwicklung von nicht eingesäten Bereichen, sowie dem Einfluss einer Photovoltaikanlage auf die umliegende Vegetation sollen auch die Langzeitentwicklung und die Retentionsleistung von extensiv begrünten Dächern untersucht werden.

Um diese Ziele zu erreichen werden Untersuchungen an bestehenden Dächern aus dem Jahr 2014 und 2016 am Versuchsgelände der Höheren Bundes- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Die Vegetationserhebungen auf den Versuchsflächen aus dem Jahr 2016 sollen dabei erste Erkenntnisse über die Vegetationsentwicklung seit dem Einbau im Jahr 2016 liefern. Dadurch können Aussagen zur Adaption des verwendeten Saatguts getroffen werden und somit für zukünftige Dachbegrünungen mit ähnlichen Gegebenheiten eine Empfehlung ausgesprochen werden. Zusätzlich können die gewonnenen Erkenntnisse als Grundlage für weitere Erhebungen in den Folgejahren herangezogen werden. Dadurch sollten nach einigen Vegetationsperioden wichtige Aussagen über die Langzeitentwicklung der Versuchsflächen erreicht werden. Neben der Empfehlung zur Adaption der Saatgutmischungen werden auch unterschiedliche Aufbauvarianten untersucht und einander gegenübergestellt. Da in diesem Fall für beide Varianten annähernd idente Gegebenheiten (gleiches Substrat, gleiches Dach, gleiches Saatgut) vorliegen, können robuste Ergebnisse hervorgebracht werden. Zudem bietet die Photovoltaikanlage die Möglichkeit aufzuzeigen, ob diese einen Einfluss auf die umliegende Vegetation hat (gleiches Substrat, gleiches Dach, gleicher Unterbau, gleiches Substrat, wie die Dachfläche ohne PV-Anlage). Da die Bereiche zwischen den Paneelen nicht eingesät sind, können im Zuge der Aufnahmen auch Erkenntnisse über die Entwicklung von nicht eingesäten Bereichen generiert werden.

Neben den Untersuchungen auf den Dachflächen aus dem Jahr 2016 werden auch Versuche auf einer extensiven Dachbegrünung aus dem Jahr 2014 durchgeführt. Die Vegetationsaufnahmen sollen dabei wichtige Informationen über die Langzeitentwicklung der Vegetation liefern. Zusätzlich werden die Versuchsflächen einem künstlichen Regenereignis ausgesetzt, wodurch wichtige Erkenntnisse zur Retentionsleistungen von extensiv begrünten Dächern gewonnen werden können.

Generell zielt die vorliegende Masterarbeit darauf ab, wichtige Informationen in den Bereichen Saatgut, Dachaufbau, Photovoltaikanlage am Gründach und Wasserrückhalt zu generieren, um die Funktionsweise von zukünftigen Dachbegrünungen mit ähnlichen Gegebenheiten zu verbessern. Dadurch soll verhindert werden, dass hohe Kosten für Pflegemaßnahmen notwendig sind.

## 2.1 Fragestellungen

### Dachbegrünung 2016 – Internatsgebäude (ZU-1017)

#### 1. Wie hat sich die Vegetation der Dachbegrünung 2016 am Internatsgebäude der HBLFA Raumberg-Gumpenstein seit dem Einbau im Jahr 2016 entwickelt?

- I. Sind Unterschiede hinsichtlich des Deckungsgrades der Vegetation und den verwendeten Dachaufbauten zu verzeichnen?
- II. In wie weit stellt der Diasporeneintrag durch Samenflug oder durch die Verunreinigung des organischen Materials ein Problem dar?
- III. Hat die Photovoltaikanlage einen Einfluss auf die eingesäten Bereiche, die direkt vor der Anlage liegen?
- IV. Welche Arten haben sich im Bereich zwischen den Photovoltaikanlagen angesiedelt, der nicht eingesät wurde?

### Dachbegrünung 2014 – Gärtnerei (ZU-860)

#### 2. Hat sich bei der Dachbegrünung 2014 auf den Versuchsflächen der Gärtnerei der HBLFA Raumberg-Gumpenstein die Artenzusammensetzung im Lauf mehrerer Vegetationsperioden verschoben?

- I. Welche Arten konnten sich über mehrere Vegetationsperioden etablieren?
- II. Sind Unterschiede der projektiven Deckung zwischen den verwendeten Saatgutmischungen zu beobachten?
- III. In wie weit stellt der Diasporeneintrag durch Samenflug oder durch die Verunreinigung des organischen Materials ein Problem dar?
- IV. Welche Retentionsleistung kann eine extensive Dachbegrünung unter Verwendung einer Vegetationstragschicht (7cm) aus Kalksteinschotter und einer Drainageschicht (4cm) aus Ziegelsplitt erzielen?

### **3 Technische, vegetationstechnische und pflegetechnische Anforderungen an die unterschiedlichen Bauweisen von Dachbegrünungen**

Dieses Kapitel liefert wichtige Informationen zum Aufbau, zu den technischen Anforderungen, den Bauweisen, sowie den vegetationstechnischen Anforderungen bis hin zu Pflegeanforderungen und Kosten von Dachbegrünungen.

#### **Schichtaufbau von Dachbegrünungen**

Der Schichtaufbau von Dachbegrünungen besteht aus verschiedenen Funktionsschichten. Diese sind in Abhängigkeit von der Art der Begrünung und ihrem bautechnischen Untergrund sowohl materialtechnisch, als auch in ihrer Anordnung unterschiedlich. Dabei ist stets drauf zu achten, dass sie aufeinander abgestimmt sind und sie in ihrer Ausführung ein gemeinsames Ganzes bilden (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 17).

#### **Ein- und Mehrschichtbauweise**

Grundlegend kann zwischen ein- und mehrschichtigen Bauweisen einer Dachbegrünung unterschieden werden. Bei der einschichtigen Bauweise übernimmt die Vegetationstragschicht auch eine Filter- und Drainagefunktion. Fallweise werden zusätzlich Filter- und Schutzvliese mit eingebaut. Bei der mehrschichtigen Bauweise gibt es immer eine Vegetationstragschicht, eine Filterschicht, eine Drainageschicht und einen Durchwurzelungsschutz, außer der Untergrund ist durchwurzelungsfest (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 464).

Folgende Funktionsschichten sind zu unterscheiden:

#### **3.1 Vegetationstragschicht:**

Die Vegetationstragschicht bildet die Grundlage für die geplante Vegetation. Sie ist aufgrund ihrer physikalischen, chemischen und biologischen Beschaffenheit unabdingbar für das Pflanzenwachstum (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 5).

In Abhängigkeit der Begrünungsform und der geplanten Vegetation ist eine passende Substratmischung zu wählen. Vegetationstragschichten müssen unzählige Anforderungen erfüllen, um einen dauerhaften Pflanzenstandort zu bilden (vgl. KOLB, 2016, 45). Detaillierte Informationen zu den Anforderungen an Vegetationssubstrate werden in Kapitel 3.5.2 angeführt.

Vor allem das Zusammenspiel zwischen Luft- und Wasserporenraum spielt eine bedeutende Rolle für das Wachstum der Vegetation (vgl. KOLB, 2016, 45). Durch den Bodenwassergehalt wird maßgebend die Verfügbarkeit von Nährstoffen beeinflusst. So führt ein Wassermangel im Boden zu einem gehemmten Nährstofftransport zu den Pflanzenwurzeln und in Folge dessen auch zu einem verringerten Pflanzenwachstum. Im Gegensatz dazu ist auch bei einem Wasserüberschuss mit negativen Folgewirkungen für die Vegetation zu rechnen, da eine konstante gute Bodendurchlüftung nicht mehr gewährleistet ist. (vgl. BOHNER, 2014, 17). Vegetationstragschichten müssen daher ein immer ausreichendes Volumen an Luftporen aufweisen. Die ÖNORM L 1131 schreibt vor, dass das Luftporenvolumen von Vegetationssubstraten zehn Prozent nicht unterschritten darf. Dies gilt auch dann, wenn die maximale Wasserkapazität erreicht ist. Sowohl für Intensivbegrünung, als auch Extensivbegrünung sind das 100ml/l (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

Wie bereits erwähnt, ist ein ausgewogener Bodenwasserhaushalt für ein optimales Pflanzenwachstum besonders wichtig. Dafür muss eine Vegetationstragschicht eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit, bei gleichzeitiger Wasserbevorratung, gewährleisten können. Da sich diese Eigenschaften des Substrates auch auf die Flächenlast der Dachkonstruktion auswirken, müssen sie auch auf diese abgestimmt werden (vgl. KOLB, 2016, 45). Richtwerte zur Wasserdurchlässigkeit und zum Wasserhaltvermögen von Vegetationssubstraten sind in Kapitel 3.5.2 zu finden.

Die Grundlage für einen optimalen Luft- und Wasserporenraum bildet die Bodenstruktur. Neben dem Wärme-, Wasser- und Lufthaushalt beeinflusst sie auch einige andere Parameter maßgebend. So ist sie unter anderem für die Aktivität der Bodenorganismen, die Durchwurzelbarkeit, die Lagerungsdichte, das Porenvolumen und der Porengrößenverteilung verantwortlich (vgl. BOHNER, 2014, 18).

Die wichtigsten Funktionen, die die Vegetationstragschicht, als Versorgungsplattform für die Vegetation, übernehmen muss:

- Sie muss formstabil sein
- Wasser und Nährstoffe so speichern, dass sie für die Vegetation verfügbar sind
- Überschüssiges Wasser an die darunterliegende Drainageschicht abgeben (vgl. ÖNORM L 1131, 2010,26).

Um diese Funktionen zu erfüllen, ist es unabdingbar, dass die Substratmischung an die vorherrschenden Gegebenheiten angepasst ist. Beispielsweise ist die Formstabilität der Vegetationstragschicht stark vom Humusanteil abhängig. Je höher der Anteil, desto instabiler die Schicht, da dadurch die Gefahr des Einsackens besteht. Dies bedeutet also, dass der Humusanteil wesentlich geringer sein muss, als bei normalen Pflanzensubstraten. Wie vorhin erwähnt, ist das Ziel eine bestmögliche Durchlässigkeit bei gleichzeitiger größtmöglicher Wasserhaltung (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 457f).

Empfohlener Humusanteil	
Einschichtige Bauweise	Mehrschichtige Bauweise
Max.4%	6 bis 12 %

Tabelle 6: Empfohlener Humusanteil Vegetationstragschicht (Quelle: Zimmermann, 2011, 465; eigene Erstellung)

Dies zeigt also, dass die unterschiedlichen Anforderungen an Vegetationstragschichten in starker Abhängigkeit zueinanderstehen und eine Einhaltung aller Kriterien unabdingbar ist.

### 3.2 Filter/Schutzvlies

Durch die Verwendung eines Filtervlieses wird verhindert, dass Feinmaterial in die darunterliegende Drainageschicht ausgeschwemmt wird. Dadurch wird einerseits verhindert, dass der Feinanteil der Vegetationstragschicht nicht stetig abnimmt und andererseits die Drainageschicht nicht verschlämmt. Somit ist eine dauerhafte Wasserspeicherung und konstante Wasserableitung gegeben. Wichtig ist dabei, dass der Vliesstoff durchwurzelbar ist, damit die Pflanzen in die darunterliegende Drainageschicht wurzeln können (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 5).

Bei Schrägdächern kann in den meisten Fällen auf ein Filtervlies verzichtet werden, da die Drainagewirkung durch die Dachneigung dauerhaft gegeben ist. Zusätzlich wird die Lagestabilität der Vegetationstragschicht durch ein Durchmischen mit der Drainageschicht erheblich gesteigert und somit einem Abrutschen entgegengewirkt (vgl. MINKE, 2016, 39).

Für Vegetationstragschichten von bis zu 25 Zentimeter sind grundsätzlich Filtervliese mit flächenbezogenen Massen zwischen 100 und 200 g/m<sup>2</sup> zu verwenden. Bei größeren Dicken der Vegetationstragschicht werden, durch erhöhte anfallende Druck- und Zugkräfte, erhöhte Flächenmassen verwendet (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 25).

So auch unter befahrenen Wegeflächen, wo Vliese mit 200 bis 300 g/m<sup>2</sup> zum Einsatz kommen. Mit steigender Dicke der Vliese sinkt allerdings die Wasserdurchlässigkeit auf 50 bis 30 l/(m<sup>2</sup> x s). Im Vergleich dazu liegt sie bei einem Vlies mit 100 g/m<sup>2</sup> Flächengewicht noch bei 100 l/(m<sup>2</sup> x s) (vgl. KOLB, 2016, 45).

### **3.3 Drainageschicht**

Die Drainageschicht hat die wichtige Rolle, Staunässe durch eine konstante Abfuhr des Niederschlagswassers zu verhindern (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 464). Dies führt dazu, dass keine dauerhafte Schädigung der Vegetation, aufgrund von ständig feuchtem Substrat, entsteht und ein Wurzelwachstum in alle Richtungen gefördert wird. Eine weitere wichtige Eigenschaft, die die Drainageschicht übernehmen soll, ist die Lastenverteilung. Dies ist vor allem wichtig, wenn Material über die Flächen transportiert werden muss. Nicht unwesentlich ist auch die Funktion der Wasserbevorratung. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Wurzeln der Vegetation bis in die Drainageschicht reichen, ist es von großem Vorteil, wenn Niederschlagswasser durch spezielle Schüttstoffe oder Drainagesysteme länger am Dach gehalten werden (vgl. KOLB, 2016, 40).

Je nach Art der Begrünung und auch in Abhängigkeit der gewünschten Aufbaustärke gibt es am Markt unzählige unterschiedliche Systeme, wie Regenwasser darin gehindert wird, zu schnell abzufließen. Mittlerweile sehr häufig in Verwendung sind sogenannte Wasserspeicherplatten aus Hartkunststoff, die bereits in Kapitel 1.4.3 ausführlich beschrieben wurden. In manchen Fällen wird aber auch Schaumstoff als Wasserspeichermedium verwendet (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 464).

Neben den Wasserspeicherplatten, können auch Drainagestoffe mit einer hohen Wasserspeicherkapazität verwendet werden, um den Wasserrückhalt am Dach zu fördern (vgl. GRIMM, 2010, 31).

Die Bandbreite von Schüttstoffen für Drainageschichten von natürlichen Mineralstoffen, wie beispielsweise Sanden, Kiesen oder Laven, über synthetische Mineralstoffe, wie Blähton bis hin zu Recyclingstoffen. Oftmals findet auch eine Kombination zwischen den verschiedenen Materialien statt. So wird in manchen Fällen der Wasserspeicher (z.B. Hartkunststoffplatten) mit natürlichen Mineralstoffen aufgefüllt (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 464).

Dränschichten können außerdem in Abhängigkeit des verwendeten Materials eine wichtige Schutzfunktion für die Dachabdichtung bilden und in manchen Fällen sogar Schutzlagen ersetzen. Bei der Verwendung von scharfkantigem Drainagematerial ist aber auf jeden Fall für einen ausreichenden Schutz der Dachabdichtung durch eine geeignete Schutzlage zu sorgen (vgl. KOLB, 2016, 40). Genauere Informationen zu den Schutzlagen sind in Kapitel 3.4 zu finden.

### **3.4 Schutzlagen**

Schutzlagen sollen verhindern, dass vor allem in der Bauphase Schäden in der Dachabdichtung entstehen. Im Falle, dass die Dachabdichtung nicht wurzelfest ist, ist es notwendig, sogenannte Wurzelschutzbahnen auszubringen. Diese zählen in diesem Fall auch zu den Schutzlagen (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 464). Die ÖNORM L 1131 schreibt vor, dass die zu verwendenden Schutzvliese eine flächenbezogene Masse von mindestens 500g/m<sup>2</sup>

aufweisen müssen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 12). Als positive Nebeneffekte der meisten Schutzlagen ist anzumerken, dass sie zumeist in der Lage sind, über einen kurzen Zeitraum, Wasser zu speichern (vgl. KOLB, 2016, 38).

Bei den Schutzlagen kann zwischen drei Kategorien unterschieden werden:

- **Schutzlagen aus Geotextilien**
- **Schutzlagen aus Gummistoffen**
- **Schutzlagen für hohe Belastungen** (vgl. KOLB, 2016, 38f).

### **Schutzlagen aus Geotextilien**

Zumeist wird bei dieser Art der Schutzlagen Vliesgewebe verwendet. In manchen Fällen können sie aber auch als Bändchengewebe oder Multifilamentgewebe ausgeführt sein. Da sie eigentlich aus dem Erdbau kommen und dort zur Sicherung von Erdmassen verwendet wurden, werden sie nach ihrer Reißfestigkeit, ihrer Druckfestigkeit und ihres Massengewichtes in verschiedene Geotextilrobustheitsklassen (GRK) eingeteilt. Für Dachbegrünung kommen Geotextilien aus den GRK 3 oder GRK 4 zum Einsatz. Dies bedeutet, dass sie ein Flächengewicht zwischen 300 und 500g/m<sup>2</sup>, eine Dicke von drei bis fünf Millimeter und eine Wasserspeicherfähigkeit zwischen drei und fünf Liter pro Quadratmeter aufweisen (vgl. KOLB, 2016, 38f).

Bei der direkten Verlegung auf Dachabdichtungen aus Bitumen ist darauf zu achten, dass die Schutzlagen aufgrund ihrer Inhaltsstoffe bitumenverträglich sind. Falls dies nicht der Fall ist, dann muss eine zusätzliche Schutzlage aus PE-Folie mit einer Stärke von 0,2 Millimeter ausgebracht werden (vgl. KOLB, 2016, 38f).

### **Schutzlagen aus Gummistoffen**

Diese Art der Schutzlagen kommt vor allem auf Intensivgründächern vor, die zugänglich sind und bei denen die Vegetationstragschicht immer wieder bearbeitet wird. Bei einer extensiven Dachbegrünung sind solche speziellen Schutzlagen also nicht notwendig.

Da normale Schutzlagen aus Geotextilien die Dachabdichtung durch einen Spartenstich nur bedingt schützen können, werden Matten aus PU-gebundenem Gummischrot verwendet. Diese sind wasserdurchlässig, etwa zwischen sechs und zehn Millimeter dick und besitzen ein Flächengewicht von vier bis acht Kilogramm pro Quadratmeter. Meist werden sie mit einer Überlappung von fünf Zentimeter verlegt. Auch hier ist auf die Materialverträglichkeit des Untergrundes zu achten. Falls dieser nicht gummi-verträglich ist, muss eine zusätzliche Schutzlage mit einer unterseitigen Alu-Kaschierung eingebaut werden, da die Weichmacher der Gummimatten zu wandern beginnen können und so zu massiven Schäden in der Dachabdichtung führen (vgl. KOLB, 2016, 39).

### **Schutzlagen für hohe Belastungen (Bautenschutz- und Dränplatten bzw. Dränmatten)**

Die Hauptfunktion dieser Schutzlagen ist die Lastenverteilung auf die Unterkonstruktion und eine hohe Formstabilität bei maximaler Belastung. Oft übernehmen sie aufgrund ihrer Form auch die Funktion einer Drainageschicht. Manche können dabei auch Wasser speichern.

Zum Einsatz kommen dabei ABS-Kunststoffe, Kautschuk und Polyethylen, die eine hohe Dichte besitzen und vor allem aufgrund ihrer Druckfestigkeit zum Einsatz kommen. Laut Herstellern können sie Druckkräften

zwischen 400 und 1000 kN/m<sup>2</sup> standhalten. Wichtig dabei ist, dass diese Platten aufgrund ihrer Eigenschaften auch erhöhte Flächengewichte aufweisen können. So ist mit einer flächenbezogenen Masse von 1,5 bis 20 kg/m<sup>2</sup> zu rechnen. Ein weiterer großer Vorteil dieser Schutzlagen ist, dass sie während der Bauphase befahren werden können. So kann Material mittels Radlader oder ähnlichem einfach an die beliebige Stelle transportiert werden (vgl. KOLB, 2016, 39f).

### 3.5 Substrate

Je nach Stoffgruppe können Substrate mehrere Funktionen übernehmen. Dies hat zur Folge, dass eine Unterscheidung zwischen ein- und mehrschichtigen Bauweisen einer Dachbegrünung erfolgen kann. Bei der einschichtigen Bauweise ist drauf zu achten, dass das verwendete Material sowohl dauerhaft dränfähig, als auch dauerhaft formstabil ist (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 18). Die nachstehende Grafik gibt einen Überblick über die Stoffgruppen und deren Funktionen, die sie erfüllen können.

Stoffgruppen	Vegetationstragschicht	Filterschicht	Drainageschicht
Bodengemische (Unter- und/oder Oberboden-Schüttstoffgemische)	+		
Mineralische Schüttstoffgemische + organischen Anteil (hoch)	+		
Mineralische Schüttstoffgemische + organischen Anteil (gering)	+	(+)	(+)
Mineralische Schüttstoffgemische (ohne organischen Anteil)	+	+	+
Mineralische Schüttstoffgemische (offenporig, feinkörnig)	+	+	+
Substratplatten	+	+	
Vegetationsmatten	+	+	(+)
Schüttstoffgemische (grobkörnig)			+
Drainagematten		+	+
Drainageplatten			+
Drainageelemente			+
Gründachmodule	+	+	+
+ immer möglich, (+) bei Steildach möglich			

Tabelle 7: Vorgaben ÖNORM L 1131 – Stoffgruppen und ihre Funktionen im Schichtaufbau (Quelle: vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 19, eigene Bearbeitung)

#### 3.5.1 Substrate für Vegetationstragschichten

Sowohl die ÖNORM L 1131, als auch die FLL-Richtlinie geben klare Anforderungen vor, welche Eigenschaften ein Substrat haben muss, damit dieses als Vegetationstragschicht geeignet ist. Die wichtigsten werden im Folgenden erläutert.

Nach der ÖNORM L 1131 werden Vegetationstragschichten in vier Materialgruppen unterteilt:

- Oberbodenmischungen mit beigefügten mineralischen Schüttstoffen und einem Anteil an organischen Bestandteilen

- Mineralische Schüttstoffgemische vermengt mit organischer Substanz
- Mineralische Schüttstoffgemische ohne organischen Anteil, aber mit Keimsubstrat (findet Verwendung bei Extensivbegrünungen)
- Vegetationsmatten (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 26).

### 3.5.2 Anforderungen an Vegetationssubstrate

#### Korngrößenverteilung

Die Verteilung der einzelnen Kornfraktionen spielt eine bedeutende Rolle hinsichtlich der Eigenschaften eines Substrates. So führt ein hoher Anteil an Kleinstkorn zu einem schnelleren Verschlämmen und in weitere Folge zu einer Verlangsamung des Wasserabflusses bis hin zu einem ständigen Anstauen von Niederschlagswasser. Im Gegenzug dazu kann ein Substrat mit einem erhöhten Anteil an großteiligen Kornfraktionen dazu führen, dass nur sehr wenig Wasser gehalten werden kann und im Zuge dessen die Vegetationstragschicht sehr schnell austrocknet. Dies begünstigt Trockenheitsstresssituationen für die Vegetation. Aufgrund dessen und einigen weiteren Gründen, die hier nicht explizit erwähnt werden, gibt die ÖNORM L1131 klare Richtwerte vor, in welchen Bereichen sich die einzelnen Kornfraktionen befinden sollten (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 27).

Für die Kleinstanteile, wie Ton und Schluff, damit sind Bestandteile mit einem Durchmesser kleiner oder gleich 0,063 Millimeter gemeint, ist ein Massenanteil von 20 Prozent bei Intensivbegrünungen und 10-15 Prozent bei Extensivbegrünungen vorgeschrieben. Genauer gesagt, sind bei Extensivbegrünungen im einschichtigen Aufbau zehn Prozent und im mehrschichtigen Aufbau 15 Prozent vorgesehen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 30).

Die nachstehenden Abbildungen zeigen den Kornverteilungsbereich in dem die Körnungslinie/Sieblinie eines Substrates liegen sollte, damit es als Vegetationssubstrat nach der ÖNORM L1131 auf Dächern eingesetzt werden kann. Dabei wird wieder unterschieden zwischen Substraten für Intensivbegrünungen, Extensivbegrünungen mit einschichtigem Aufbau und Extensivbegrünungen in mehrschichtiger Bauweise.

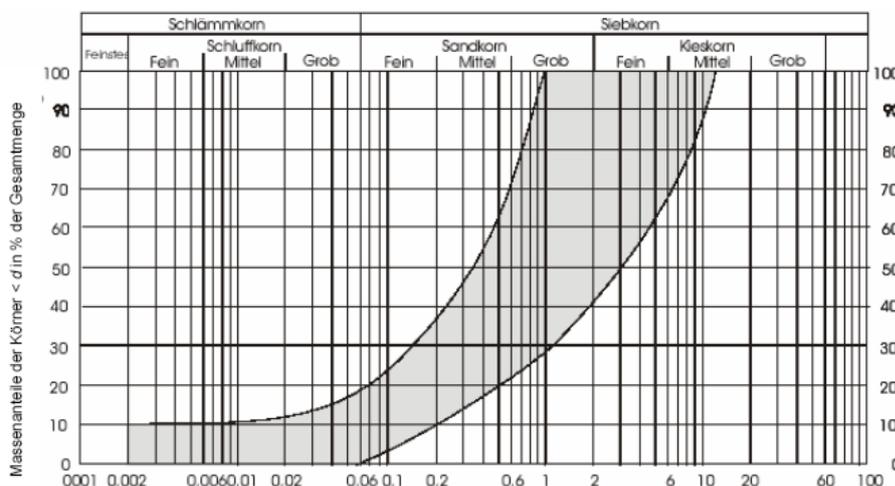


Abbildung 5: Korngrößenverteilung für Vegetationssubstrate, Intensivbegrünung, (Quelle: ÖNORM L1131, 2010, 29)

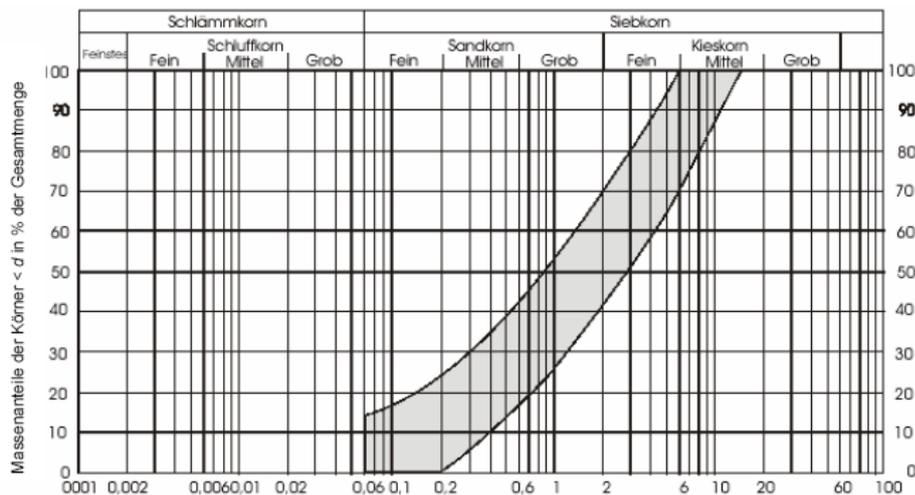


Abbildung 6: Korngrößenverteilung für Vegetationssubstrate, Extensivbegrünung (mehrschichtiger Aufbau), (Quelle: ÖNORM L1131, 2010, 29)

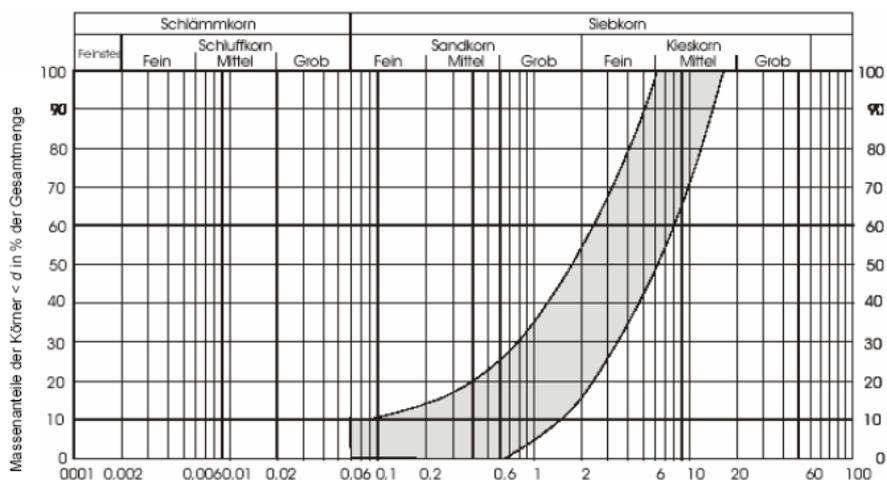


Abbildung 7: Korngrößenverteilung für Vegetationssubstrate, Extensivbegrünung (einschichtiger Aufbau), (Quelle: ÖNORM L1131, 2010, 30)

### Anteil an organischer Substanz

Der Gehalt an organischer Substanz in einer Vegetationstragschicht ist neben einigen anderen Faktoren maßgebend für das Pflanzenwachstum. Ein zu humoser Bodenaufbau kann die Lagerungsstabilität des Substrates stark beeinflussen und in weiterer Folge zur stetigen Abnahme der Nennschichtdicken, aufgrund von biologischem Abbau führen. Daher wird der Anteil an organischer Substanz laut ÖNORM L1131 begrenzt (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 30).

Außerdem kann eine Abnahme des humosen Anteils eines Dachsubstrates die Nährstoffversorgung negativ beeinflussen, wodurch ein gesundes gleichmäßiges Pflanzenwachstum nicht mehr möglich ist (vgl. KOLB, 2016, 49).

Je nach Begrünungsform und verwendetem Material variiert der Anteil an organischer Substanz. Für Intensivbegrünung aus Bodengemischen wird ein Masseanteil von fünf bis zehn Prozent empfohlen. Wird hingegen das Vegetationssubstrat aus Schüttstoffgemischen hergestellt, so steigt der Anteil auf acht bis 15 Prozent an. Bei Extensivbegrünungen mit Vegetationstragschichten aus Schüttstoffgemischen werden drei bis acht Prozent empfohlen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 30).

Übersteigt eine Vegetationstragschicht eine Höhe von 40 Zentimeter, sind unterhalb dieser, Untersubstrate einzubauen, welche einen organischen Masseanteil von maximal acht Prozent aufweisen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 30).

### **Struktur- und Lagerungsstabilität**

Eine starke Abhängigkeit besteht auch zwischen der Korngrößenverteilung, der Kornform und der Struktur- und Lagerungsstabilität. Vor allem das Größtkorn ist maßgebend für die Raumstabilität eines Bodengemisches, eines Schüttstoffgemisches oder eines Schüttstoffes (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

Das zu verwendende Größtkorn orientiert sich dabei an den Schichtdicken der geplanten Dachbegrünung (vgl. KOLB, 2016, 49).

Vor allem für Extensivbegrünungen mit geringen Schichtdicken ist eine ausreichende Struktur- und Lagerungsstabilität der Vegetationstragschicht sehr wichtig (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

Laut ÖNORM L1131 wird eine Reduzierung der Nennschichtdicke von zehn Prozent bei Schichtdicken unter 50 Zentimeter toleriert. Bei stärkeren Aufbauhöhen ist eine Setzung von unter fünf Zentimeter anzustreben (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

### **Wasserdurchlässigkeit und Wasserspeicherfähigkeit**

Einen großen Stellenwert in Bezug auf Wasserspeicherfähigkeit eine Dachbegrünung nimmt dessen Aufbauhöhe ein: So zeigt sich bei einer Aufbauhöhe von zehn Zentimeter unter Verwendung von Ziegelsplitt 0/2 eine Wasserspeicherfähigkeit von 28 Liter pro Quadratmeter. Bei einer Reduktion der Aufbauhöhe von zehn auf vier Zentimeter erreicht das Gründach nur noch eine Wasserspeicherkapazität von rund elf Liter pro Quadratmeter (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 36).

Neben der Aufbauhöhe einer Dachbegrünung haben auch die Materialeigenschaften der verwendeten Stoffe einen großen Einfluss auf die Wasserspeicherfähigkeit und in Folge dessen auch auf die Wasserdurchlässigkeit (vgl. ROTH-KLEYER et. al., 2004, 36).

Sowohl die Wasserdurchlässigkeit als auch die Wasserspeicherfähigkeit stehen dabei im engen Zusammenhang mit der Korngrößenverteilung, aber auch dem Anteil an organischer Substanz. Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht, dass sich die Wirkungen der Anforderungen der einzelnen Faktoren teilweise gegenläufig verhalten. So zeigt sich, dass ein geringer Anteil an Schlämmerkorn ( $< 0,06$  mm), sowie ein geringer Anteil an organischer Substanz einerseits die Wasserspeicherfähigkeit senkt und andererseits die Wasserdurchlässigkeit steigert (vgl. KOLB, 2016, 49).

Für Intensivbegrünungen wird eine Wasserinfiltrationsrate  $k_F$  von 0,3 Millimeter pro Minute, für Extensivbegrünungen in mehrschichtiger Bauweise 0,6 Millimeter pro Minute und für Extensivbegrünungen in einschichtiger Bauweise 60 Millimeter pro Minute vorgeschrieben (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

Bei der Wasserspeicherfähigkeit von Vegetationssubstraten ist für Intensivbegrünungen ein Wert zwischen 450 Milliliter pro Liter und 650 Milliliter pro Liter und für Extensivbegrünungen 350 Milliliter pro Liter und 600 Milliliter pro Liter zulässig. Für die reduzierten Begrünungsformen sollte sich der Wert zwischen 200 Milliliter pro Liter und 600 Milliliter pro Liter befinden. Für schattige Bereiche sind auch geringere Werte als ausreichend anzusehen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

## Luftvolumen

Wie bereits erwähnt, spielt der Luftwasserporenhalt eines Dachsubstrates eine wesentliche Rolle dabei, ob ein Wurzelwachstum in alle Richtungen stattfinden kann. Hierbei findet eine Unterteilung in zwei Zustände statt. Einerseits dem der maximalen Wasserkapazität/Wasserspeicherfähigkeit und andererseits dem mit einer Bodenwasserspannung (pF) von 1,8. Als maximale Wasserkapazität ist jene Menge an Haftwasser gemeint, die ein Boden maximal halten kann (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31). Was dies für die unterschiedlichen Gründachaufbauten bedeutet wird hier nicht nochmals hervorgehoben, da dies bereits im vorherigen Kapitel erläutert wurde.

Bei maximaler Wasserkapazität schreibt die ÖNORM L1131 vor, dass sowohl für Intensivbegrünungen, als auch Extensivbegrünungen das Luftvolumen nicht weniger als zehn Prozent des Gesamtvolumens betragen darf (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

Bei einer Bodenwasserspannung von 1,8 darf bei Intensivbegrünungen in Bodengemischen der Anteil des Luftvolumens 15 Prozent, in Schüttstoffgemischen 20 Prozent und bei Extensivbegrünungen 25 Prozent nicht unterschreiten (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

## Salzgehalt

Beim Salzgehalt gilt generell, je weniger desto besser. Vor allem bei Intensivbegrünungen, wo salzempfindliche Pflanzen zum Einsatz kommen, sollte ein Salzgehalt von 0,1 Gramm pro Liter nicht überschritten werden. Neben diesem Grenzwert bei empfindlichen Pflanzen sind für alle anderen Intensivbegrünungen sechs Gramm pro Liter und für Extensivbegrünungen drei Gramm pro Liter zulässig (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über Anforderungen, die ein Bodengemisch, ein Schüttstoffgemisch oder ein Schüttstoff laut unterschiedlichen Regelwerken erfüllen muss, um als Vegetationstragschicht eingesetzt werden zu können. Unterschieden wird dabei zwischen der Zweischicht- und Einschichtbauweise. Nähere Information zu den unterschiedlichen Bauweisen sind in Kapitel 3 angeführt.

	Zweischichtbauweise		Einschichtbauweise
	Intensivbegrünung	Extensivbegrünung	Intensiv- und Extensivbegrünung
<b>Korngrößenverteilung: Gehalt an Ton und Schluff (d ≤ 0,063mm)</b>			
<i>FLL</i>	≤ 20 Vol.-%	≤ 15 Vol.-%	≤ 10 Vol.-%
<i>ÖNORM L1131</i>	≤ 20 Vol.-%	≤ 15 Vol.-%	≤ 10 Vol.-%
<b>Organische Substanz: Anteil an organischer Substanz</b>			
<i>FLL</i>	≤ 90g/l	≤ 65g/l	≤40g/l
<i>ÖNORM L1131</i>	Bodengemische: 5-10 Vol.-%  Schüttstoffgemische 8-15 Vol.-%	Schüttstoffgemische: 3-8 Vol.-%	k.A.

Struktur- und Lagerungs-stabilität: Reduzierung der Nennschichtdicke			
FLL	- bis 50 cm Schichtdicke nicht mehr als 10 % der Nenndicke über 50 cm nicht mehr als 5 cm im Mittel		
ÖNORM L1131	- bis 50 cm Schichtdicke nicht mehr als 10 Vol.-% - über 50 cm nicht mehr als 5 cm		
Wasserdurchlässigkeit: Wasserinfiltrationsrate $k_F$ , im verdichteten Zustand			
FLL	> 18 mm/h	> 36 mm/h	> 36 mm/h
ÖNORM L1131	18 mm/h	36 mm/h	3600 mm/h
Wasserspeicherfähigkeit: im verdichteten Zustand			
FLL	> 45 Vol.-% (450ml/l)	> 35 Vol.-% (350 ml/l)	> 30 Vol.-% intensiv (300 ml/l) > 20 Vol.-% extensiv (20 ml/l)
ÖNORM L1131	450 ml/l und 650 ml/l	350 ml/l und 600 ml/l	200 ml/l und 600 ml/l
Luftvolumen: bei maximaler Wassersättigung			
FLL	≥ 10 Vol.-%	≥ 10 Vol.-%	≥ 10 Vol.-%
ÖNORM L1131	≥ 10 Vol.-%	≥ 10 Vol.-%	≥ 10 Vol.-%
Luftvolumen: bei pF 1,8 (Bodenwasserspannung pF)			
FLL	≥ 20 Vol.-%	≥ 20 Vol.-%	≥ 20 Vol.-%
ÖNORM L1131	Bodengemische: 15 Vol.-%  Schüttstoffgemische: 20 Vol.-%	≥ 25 Vol.-%	≥ 25 Vol.-%
Salzgehalt			
FLL	≤ 2,5 g/l	≤ 3,5 g/l	k.A.
ÖNORM L1131	≤ 6,0 g/l anzustreben (≤ 0,1 g/l)	≤ 3,0 g/l anzustreben (≤ 0,1 g/l)	≤ 3,0 g/l anzustreben (≤ 0,1 g/l)

Tabelle 8: Übersicht - Anforderungen an Vegetationssubstrate, (Quelle: vgl. FLL, 2018, 73ff, ÖNORM L1131, 2010, 48ff und KOLB, 2016, 49, eigene Bearbeitung)

### 3.5.3 Substrate für mehrschichtige Intensivbegrünung

Für mehrschichtige Intensivbegrünung können Substrate auf 2 Arten hergestellt werden. Einerseits durch das Mischen von **Oberboden** mit gewaschenem Sand oder Splitt und Kompost. Andererseits durch mineralische **Schüttstoffgemische**.

Bei Variante 1 wird Oberboden mit gewaschenem Sand (Körnung 0/2 mm) oder Splitt und Fertigungskompost vermengt. Je nach Bodengruppenzugehörigkeit des verwendeten Oberbodens steigt oder fällt der Anteil an gewaschenem Sand. Der Anteil an Fertigungskompost bleibt gleich.

<b>Oberboden Bodengruppe 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60 Vol. % Oberboden Bodengruppe 4</li> <li>• 25 Vol. % Gewaschener Sand (0/2 mm)</li> <li>• 15 Vol. % Fertigungskompost 0 bis 20 mm</li> </ul>
<b>Oberboden Bodengruppe 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 Vol. % Oberboden Bodengruppe 6</li> <li>• 35 Vol. % Gewaschener Sand (0/2 mm)</li> <li>• 15 Vol. % Fertigungskompost 0 bis 20 mm</li> </ul>

Tabelle 9: Verteilung der Anteil eines Substrats für mehrschichtige Intensivbegrünung auf Grundlage von Oberboden (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 50, eigene Bearbeitung)

Auffallend ist hierbei, dass die Werte für den Anteil an Kompost von jenen der ÖNORM L1131 abweichen. Die ÖNORM schreibt für Vegetationssubstrate aus Bodengemischen bei Intensivbegrünung einen Anteil an organischer Substanz von fünf bis zehn Prozent vor. Kolb hingegen spricht von einem Anteil von 15 Prozent.

**EXKURS:** Im Erdbau findet eine Einteilung der Böden nach bautechnischen und vegetationstechnischen Zwecken statt. Für bautechnische Zwecke wird der Boden in Abhängigkeit seiner Bearbeitbarkeit in sieben verschiedene **Bodenklassen** unterteilt:

- Bodenklasse 1: Oberboden
- Bodenklasse 2: Fließende Bodenarten
- Bodenklasse 3: Leicht lösbare Bodenarten
- Bodenklasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten
- Bodenklasse 5: Schwer lösbare Bodenarten
- Bodenklasse 6: Leicht lösbarer Fels
- Bodenklasse 7: Schwer lösbarer Fels

Für die Herstellung von Substraten der Vegetationstragschicht einer Dachbegrünung sind die **Bodengruppen** aber wesentlich wichtiger. Dabei werden die Böden in zehn Gruppen nach DIN 18915 unterteilt. Als Grundlage dient die Verwendbarkeit für vegetationstechnische Zwecke.

- Bodengruppe 1: Organischer Boden (100% org. Leben vorhanden z.B. Torf)
- Bodengruppe 2: Nichtbindiger Boden
- Bodengruppe 3: Nichtbindiger, steiniger Boden
- Bodengruppe 4: Schwach bindiger Boden
- Bodengruppe 5: Schwachbindiger, steiniger Boden
- Bodengruppe 6: Bindiger Boden
- Bodengruppe 7: Bindiger, steiniger Boden
- Bodengruppe 8: Stark bindiger Boden
- Bodengruppe 9: Stark bindiger, steiniger Boden
- Bodengruppe 10: Stark steiniger Boden

Ein wichtiger Aspekt bei der Verwendung von **Oberböden als Vegetationstragschichten** für Dachbegrünung ist die Unkrautfreiheit. Es wird vorgeschrieben, dass Oberböden weitestgehend unkraut- und steinfrei sein sollten. Da dies aber meist nicht der Fall ist, gibt es einige Überlegungen, wie dem entgegengewirkt werden kann. Eine Möglichkeit besteht beispielsweise darin, den Oberboden mit heißem Dampf zu behandeln und dadurch einen

Großteil der Unkräuter zu vernichten. Im Zuge dessen, werden aber nicht nur Unkrautsamen abgetötet, sondern auch viele andere Organismen, die im Boden leben (vgl. KOLB, 2016, 50). Die Firma MSD (MÖSCHLE SEIFERT DÄMPFTECHNIK) hingegen erläutert auf ihrer Homepage, dass Forschungsergebnisse zeigen, dass dieser Prozess „nur“ zu einer Teilentkeimung führt und bereits nach der Abkühlung wichtige hitzebeständige Mikroorganismen den Boden wiederbeleben (vgl. MSD GMBH, 2018, o.S.). Nach Kolb (2016) ist diese Methode aber dennoch aufgrund des hohen Energieaufwandes aus ökologischen Gesichtspunkten als kritisch zu betrachten (vgl. KOLB, 2016, 50).

Weiters könnten, während der Fertigstellungspflege, die Pflegemaßnahmen intensiviert werden und so unerwünschte Unkräuter entfernt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, zuerst das Substrat auszubringen und erst im Verlauf einer Vegetationsperiode die Pflanzung vorzunehmen. Dadurch kann die Fläche vor der Bepflanzung durch mechanische Unkrautbekämpfung bereinigt werden (vgl. KOLB, 2016, 50).

Die oben beschriebenen Varianten eignen sich aufgrund ihres Mischungsverhältnisses für Vegetationstragschichten zwischen 20 und 40 Zentimeter. Hinsichtlich der Bepflanzung können auf diesen Flächen Rasen, Gemüsekulturen, Gräser, Stauden, aber auch kleinere Gehölze sehr gut kultiviert werden. Für größere Gehölze werden größer dimensionierte Vegetationstragschichten benötigt. Dabei wird empfohlen, die Vegetationstragschicht in eine Unter- und Oberschicht zu unterteilen, wobei in der unteren Schicht keine organischen Bestandteile enthalten sein sollten. Dadurch kann gewährleistet werden, dass keine Grundlage für Fäulnisprozesse geschaffen wird. Bei einer Gesamtdicke von 120 Zentimeter würden auf die Unterschicht etwa 80 Zentimeter fallen (vgl. KOLB, 2016, 50).

Im Gegensatz zu Vegetationstragschichten aus Oberböden sind **Substrate aus Schüttstoffgemischen** zumeist unkrautfrei. Außerdem werden sie in speziellen Anlagen gemischt, wodurch fast jede beliebige Rezeptur möglich ist. Ein weiterer Vorteil der Schüttstoffgemische ist die große Auswahl an mineralischen Zuschlagstoffen und dessen unterschiedlichen Eigenschaften. Dadurch kann beispielsweise unter fast gleichbleibender Leistungsfähigkeit für Pflanzen eine Reduzierung des Flächengewichts erzielt werden. Wie bei der Drainageschicht kommen auch bei der Verwendung von Schüttstoffgemischen als Vegetationstragschicht die gleichen gerüstbildenden Stoffe zum Einsatz. Angefangen von Blähton, Blähschiefer, Lava und Ziegelsplitt bis hin zum Bims. Die Zuschlagstoffe werden in einer Körnung von 0/16 Millimeter verwendet. Auch hier darf der organische Anteil in der Mischung nicht fehlen. Zur Auswahl für die Beimischung stehen entweder Fertigkompost oder Einheitserde. Wobei letzteres durch den hohen Tonanteil eine sehr gute Grundlage für die Nährstoffspeicherung bietet. Wie auch schon bei den Vegetationstragschichten aus Oberböden, ist bei der Verwendung von Schichtdicken über 40 Zentimeter eine Unterteilung in Unter- und Oberschicht ratsam. Das Mischungsverhältnis der einzelnen Anteile und dessen Einteilung in Unter- und Oberschicht wird in der nachfolgenden Tabelle dargestellt (vgl. KOLB, 2016, 51).

#### 3.5.4 Substrate für mehrschichtige Extensivbegrünung

Bei einer extensiven mehrschichtigen Dachbegrünung werden die Vegetationssubstrate zumeist aus Schüttstoffgemischen hergestellt. Da bei dieser Art der Begrünung nicht das „optimale“ Substrat für unzählige Pflanzenarten im Vordergrund steht, sondern Aspekte wie geringe Flächenlast und Unkrautfreiheit maßgebend sind, ist eine Herstellung aus Oberböden nicht zu empfehlen (vgl. KOLB, 2016, 51).

Die Bepflanzung für extensive Dachbegrünungen ist dafür ausgelegt mit geringen Aufbauhöhen und Trockenheit gut auszukommen. Ein großer Schwachpunkt dieser Arten ist, dass sie sehr konkurrenzschwach sind. Dies hat zu Folge, dass bei Verwendung des

„falschen“ Substrates (hoher Anteil an organischer Substanz) ein Wachstum an Fremdarten stark gefördert wird und somit die gewünschten Arten verdrängt werden. Schlussendlich führt das zu erhöhten Folgekosten aufgrund Intensivierung der Pflegearbeiten. Als Substrat einer mehrschichtigen Extensivbegrünung kommt hauptsächlich Blähton, Ziegelsplitt, Blähschiefer als auch Lava zum Einsatz. Da bei dieser Art der Begrünung oftmals statische Anforderungen eine wichtige Rolle spielen, werden Schichtdicken von vier bis zehn Zentimeter verwendet. Bei der Korngrößenverteilung wird laut FLL bei einer Schichtdicke von zehn Zentimeter und ein Größtkorn von zwölf Millimeter vorgeschrieben. Kolb hingegen empfiehlt unter dieser Maximalangabe zu bleiben, um eine ausreichende Wasserhaltekapazität zu gewährleisten (vgl. KOLB, 2016, 51).

Oberschicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 75 Vol. % mineralische Zuschlagstoffe, Körnung 0/16 (Blähton 1/3, Blähschiefer 1/6, Bims 1/3)</li> <li>• 25 Vol. % Fertigkompost/Einheitserde</li> </ul>
Unterschicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 Vol. % Blähton, Körnung 2/16 mm</li> <li>• 50 Vol. % Lava, Körnung 2/16 mm (Alternativ wird hierfür auch Ziegelsplitt verwendet)</li> </ul>

*Tabelle 10: Mischungsverhältnis für Vegetationstragschicht auf Grundlage von Schüttstoffen (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 51, eigene Bearbeitung)*

Eine weitere Möglichkeit eine Vegetationstragschicht für eine extensive Dachbegrünung herzustellen, ist die Verwendung von offenporigen Schaumstoffen aus (Polyurethane)PUR-Weichschaum. Diese Matten bieten aufgrund ihrer speziellen Unterseite eine gute Drainagefunktion und können in Verbindung mit Vegetationsmatten oder einer zusätzlichen Schüttung eine Dachbegrünung mit geringem Gewicht bilden. Im Laufe der Zeit kann es aber bei den Stößen der Matten zu Schrumpfungen kommen. Diese Stellen müssen im Zuge der Pflegearbeiten gegebenenfalls mit geeigneten Schüttstoffgemischen wieder aufgefüllt werden (vgl. KOLB, 2016, 51).

Vegetationstragschicht aus Schüttstoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90 Vol. % Körnung 0/6 (Blähton und Bims)</li> <li>• 10 Vol. % Fertigkompost oder Einheitserde</li> </ul>
Vegetationstragschicht aus PUR-Schaumstoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetationstragschicht 3,5cm (Schaumstoffmatte)</li> <li>• 4cm Substrat</li> </ul>

*Tabelle 11: Beispiele für Substrate einer extensiven Dachbegrünung (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 51, eigene Bearbeitung)*

### 3.5.5 Substrate für die einschichtige Bauweise

Die Einschichtbauweise entstand aus den Beobachtungen der extensiven Dachbegrünung. Aufgrund der geringen Schichtdicken, die bei dieser Art der Begrünung eingesetzt werden, konnte beobachtet werden, dass die Pflanzenwurzeln bereits nach kürzester Zeit auch die Drainageschicht erobern, wenn diese aus geeigneten Materialien besteht. Daraus entwickelte sich die Einschichtbauweise und es wurden Substrate verwendet, die nahezu nur aus Drainagematerialien bestehen, da auf die Zugabe von organischem Material verzichtet wird. Dennoch lässt die FLL einen organischen Anteil an < 40 Gramm pro Liter zu. Außerdem sollte der Anteil an Kornfraktionen < 0,06 Millimeter zwischen fünf und zehn Prozent liegen. Dadurch wird eine ausreichende Wasserhaltekapazität gewährleistet (vgl. KOLB, 2016, 52).

Die Bandbreite an Substraten für unterschiedlichste Arten der Begrünung ist sehr groß. Erhältlich sind die Substratmischungen in verschiedenen Formen - angefangen von der Sackware, über Big-Bags bis hin zur losen Lieferung mittels Silo-Lkw. Wichtig beim Einbau ist auch den Verdichtungsfaktor nicht außer Acht zu lassen. Dieser schwankt zwischen 1,15 und 1,20, je nach Substratmischung (vgl. KOLB, 2016, 52).

Anschließend folgt noch eine tabellarische Darstellung der Lastannahmen für Vegetationstragschichten. Die Angaben beziehen sich dabei auf den eingebauten Zustand bei vollständiger Wassersättigung. Die Vegetation wurde nicht in die Berechnung miteinbezogen.

Substrate	Art der Begrünung	Gewicht (kg/m <sup>3</sup> )
Oberboden + mineralische und organische Zuschläge	Intensivbegrünung	1.500-2.000
Offenporige Schüttstoffgemische mit hoher Dichte (Lava, Ziegelsplitt) + organische Zuschläge	Intensivbegrünung	1.400-1.800
Offenporige Schüttstoffgemische mit geringer Dichte (Blähton, Bims) + organische Zuschläge	Extensivbegrünung	1.000-1.600
Stoffgemische für Einschichtaufbau ohne/mit geringen organischen Zuschlägen	Intensivbegrünung Extensivbegrünung	1.000-1.400
Schaumstoffmatte (3,5cm) mit 4 cm Substrat	Extensivbegrünung	600-900

Tabelle 12: Lastannahmen für Vegetationstragschichten (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 51, eigene Bearbeitung)

### 3.5.6 Substrate für Drainageschichten

Die Entscheidung für oder gegen einen bestimmten Schüttstoff und auch dessen Schütthöhe ist dabei oftmals sowohl von den bautechnischen Bestimmungen, als auch von den vegetationstechnischen Zielen abhängig. So können Vorgaben zur maximalen Aufbauhöhe

oder die Tragfähigkeit einer Dachkonstruktion die Stoffauswahl maßgebend beeinflussen. Hinsichtlich der Begrünung gibt es je nach Vegetationsart unterschiedliche Funktionen, die eine Drainageschicht übernehmen muss. Daher steht die geplante Vegetation in starker Wechselwirkung mit der Drainageschicht und umgekehrt. Wie bereits erwähnt kann eine Drainageschicht unterschiedliche Funktionen übernehmen. Dazu zählen beispielsweise die Vergrößerung des Wurzelraumes, die längere Verfügbarkeit von Niederschlagswasser durch Wasserspeicherung oder auch die Reduktion des Abflusses durch Wasseranstauung (vgl. ÖNORM L 1131, 22).

Generell wird zwischen natürlichen mineralischen Schüttstoffen, synthetischen mineralischen Schüttstoffen und Dränschichten aus Kunststoffen unterschieden. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Stoffe kurz beschrieben und anschließend tabellarisch mit einander verglichen.

### **Drainageschichten aus natürlichen mineralischen Schüttstoffen**

Stoffe, wie **Sand und Kies**, besitzen aufgrund ihrer glatten Oberflächen nur eine sehr geringe Kapazität, Wasser zu speichern. Sie zeichnen sich zwar durch eine gute Drainagewirkung aus und führen Niederschlagswasser schnell ab, aber die Funktion der Wasserbevorratung können sie nicht erfüllen. Dadurch kommen sie nur bedingt als Schüttstoff für die Drainageschicht einer Dachbegrünung in Frage. Meist werden diese Materialien im Straßen- und Wegebau verwendet. So auch am Dach. Sind Beläge am Dach geplant, können Sand und Kies sowohl die Funktionen einer Trag-, als auch einer Drainageschicht übernehmen. Positiv ist anzumerken, dass diese Materialien in den meisten Fällen in der nahen Umgebung zur Verfügung stehen und damit preisgünstig erhältlich sind (vgl. KOLB, 2016, 40).

Hinsichtlich ihrer Eigenschaften sind **Splitt und Schotter** ähnlich zu bewerten. Auch sie können aufgrund ihrer Geschlossenporigkeit nur sehr wenig Wasser speichern und sind daher eher als Tragschicht für Beläge zu empfehlen. In Bezug auf die Anschaffungskosten sind sie mit Sand und Kies gleichzusetzen. Wichtig bei der Verwendung von Splitt und Schotter als Drainageschicht oder auch als Tragschicht am Dach ist, dafür Sorge zu tragen, dass eine leistungsstarke Schutzlage verwendet wird (vgl. KOLB, 2016, 41).

Sowohl bei Sand und Kies, als auch bei Splitt und Schotte, sind ihr hohes Gewicht pro Quadratmeter zu beachten. Für einen genauen Vergleich siehe Tabelle 13.

Im Gegensatz dazu besitzen Natursteine, wie **Lava**, eine sehr raue und offenporige Oberfläche. Dadurch können sie Niederschlagswasser speichern und für die Vegetation verfügbar machen. Auch im Wegebau findet Lava oftmals Verwendung als umweltfreundliches Streugut. Gründe dafür sind ihre hohe Druckfestigkeit und ihre Kornform. Interessant ist auch das zu erwartende Gewicht im gesättigten Zustand. Selbst bei maximaler Wassersättigung erreicht Lava eine geringere Auflast, als die zuvor beschriebenen Schüttstoffe. Von der ökologischen Perspektive betrachtet, ist positiv anzumerken, dass bei der Herstellung von Lava nur sehr wenig Energieeinsatz erforderlich ist. Als Kritikpunkt können die erhöhten Transportkosten gesehen werden, da dieses Naturprodukt aufgrund ihres vulkanischen Ursprungs nur an wenigen Stellen verfügbar ist. Zu einem der größten Abbaugebieten in Mitteleuropa zählt die Eifel in Deutschland (vgl. KOLB, 2016, 41).

Als letzter natürlicher mineralischer Schüttstoff ist hier der **Bims** zu erwähnen. Dieser Stoff, vulkanischen Ursprungs, zeichnet sich durch eine hohen Schwankungsbreite hinsichtlich seiner Dichte aus. Daraus resultieren auch sehr unterschiedliche Eigenschaften in Bezug auf seine Wasserspeicherfähigkeit. Verwendung findet er als Drainagematerial nur, wenn er kein Feinkorn aufweist. Hingegen wird er oftmals in Vegetationstragschichten beigemischt (vgl. KOLB, 2016, 41).

## Drainageschichten aus synthetischen mineralischen Schüttstoffen

Im Gegensatz zu den natürlichen mineralischen Schüttstoffen kommen die nachfolgenden Stoffe, in dieser Form nicht in der Natur vor und müssen durch unterschiedliche Verfahrenstechniken erzeugt werden (vgl. KOLB, 2016, 42).

Den Anfang dabei macht **Blähton**. Dieser wird aus einem Gemisch aus Ton und organischem Material hergestellt. Genauer gesagt wird das Gemenge erhitzt, wobei die organischen Bestandteile verbrennen und das freigesetzte Kohlendioxid zur Blähung des Tons führt. Durch diesen Vorgang ist der Kern geschlossenporig und die Oberfläche gesintert. Vorteilhaft für die Verwendung als Drainagematerial ist sein geringes Gewicht. Jedoch birgt die runde Form auch einige Nachteile. So besitzt Blähton als Rundkorn nur eine geringe Wasserhaltekapazität und eine mangelhafte Scherfestigkeit. Durch die Verwendung von gebrochenem Korn können beide Eigenschaften erheblich verbessert werden (vgl. KOLB, 2016, 42).

Bei der Herstellung von **Blähschiefer** ist kein Zusatzstoff von Nöten. Durch das Erhitzen von Schiefer entstehen Gase, die in weitere Folge zur Aufblähung und im Zuge dessen auch zur Porenbildung des Ausgangsstoffes führen. Die dabei gewonnenen Erzeugnisse können je nach Belieben auf unterschiedliche Größen gebrochen werden. Im Vergleich zum Blähton ist die Oberfläche nicht gesintert. Dadurch wird sowohl die Wasserhaltekapazität, als auch die Lagerungsstabilität gesteigert (vgl. KOLB, 2016, 42).

Bei **Ziegelsplitt** gibt es oftmals große Qualitätsunterschiede. Bedingt ist dies durch das Gefüge des Ausgangsmaterials. Dabei sinkt die Eignung für Drainagematerial mit steigender Verunreinigung. So sind Splitte, die bei Gebäudeabtragungen entstehen, zumeist mit Beton oder Kalkmörtel verunreinigt und dadurch nur als gering geeignet einzustufen. Besser schneiden dabei Splitte aus Ziegelrecycling ab. Dennoch sind auch hier massive Qualitätsunterschiede zu verzeichnen. Denn je nach Ausgangsmaterial, beispielsweise Klinker oder schwach gebrannter Mauerziegel, weisen diese unterschiedlichen Materialeigenschaften auf, die sich wiederum auch auf das Endprodukt übertragen. Durch die Ausstellung eines Prüfzeugnisses nach den FLL Richtlinien können etwaige Qualitätsschwankungen ausgeschlossen werden (vgl. KOLB, 2016, 42).

Für die Herstellung eines qualitativ hochwertigen Ziegelsplittes mit weitestgehend konstanten Materialeigenschaften werden ausschließlich speziell gebrannte Ziegel verwendet. Diese eignen sich daher sehr gut als Drainagematerial. Oftmals finden sie auch Verwendung in Vegetationstragschichten (vgl. KOLB, 2016, 42).

Vor allem im Raum Wien ist Ziegelsplitt „das Produkt“ für Dachbegrünungen jeglicher Art. Wie bereits erwähnt, findet es nicht nur Verwendung als Drainagematerial, sondern auch als Zuschlagsstoff oder gerüstbildender Schüttstoff in Vegetationssubstraten. Durch Prüfzeugnisse der Hersteller kann eine annähernd gleichbleibende Qualität erwartet werden. Die Prüfzeugnisse beziehen sich dabei auf die Richtwerte aus den Regelwerten der ÖNORM L1131 beziehungsweise der FLL.

Nicht weniger interessant ist die Verwendung von **Schaumglas**. Diese wird beim Erhitzen von Recyclingflachglas unter Beifügen von Kohlenstoff hergestellt. Der zugegebene Kohlenstoff in Verbindung mit Wärme führt zum Aufschäumen des Rohstoffes. Es zeichnet sich vor allem durch seine geringe Dichte, seine geringe Wasserhaltekapazität und seine ausgezeichnete Drainagefunktion aus. Dadurch findet es zumeist bei Bauvorhaben, bei denen nur geringe Auflasten möglich sind, Verwendung. Auch bei Geländemodellierungen zur Gewichtminimierung oder als Tragschicht im Wegebau wird Schaumglas oftmals eingesetzt (vgl. KOLB, 2016, 42f).

	<b>Körnung</b>	<b>Lastannahmen</b>	<b>Wassergehalt</b>	<b>Wasserdurchlässigkeit</b>
	Korngrößen (mm)	Last pro m <sup>2</sup> und 10 cm Schichtdicke in kg bei Wassersättigung	Wasserspeicher (Vol.-%)	Durchflussmenge Mod. k <sub>r</sub> (mm/min)
Splitt und Schotter	2/8 2/12 4/16	160 bis 200	4 bis 8	>400
Sand und Kies	2/8 2/12 4/16	160 bis 200	8 bis 10	>400
Lava	2/8 2/12 4/16	115 bis 125	8 bis 15	>450
Bims	2/8 2/12 4/16	80 bis 120	30 bis 38	>450
Blähton gebrochen	2/8 2/12	60 bis 80	18 bis 21	>450
Blähschiefer gebrochen	2/4 4/8 8/16	80 bis 110	10 bis 20	>450
Ziegelsplitt	2/8 2/12 4/16	110 bis 130	16 bis 28	100 bis 400
Schaumglas	5/8 8/11 11/22	25 bis 35	8 bis 10	>450

*Tabelle 13: Körnung, Lastannahmen, Wassergehalt Und Wasserdurchlässigkeit mineralischer Drainagestoffe (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 42, eigene Bearbeitung)*

## **Drainageschichten aus Kunststoffen**

Ein grundlegender Unterschied zwischen Drainagematerialien aus Schüttstoffen und Drainagematerialien aus Kunststoffen ist die Fähigkeit, Unebenheiten der Unterkonstruktion auszugleichen. Schüttstoffe lassen aufgrund ihrer Kornverteilung eine variable Schichtdicke problemlos zu und können dadurch Unebenheiten einfach kaschieren. Im Gegensatz dazu ist die Schichtdicke bei Drainagematten,-platten aus Kunststoffen immer gleich (vgl. KOLB, 2016, 43).

Der große Vorteil einer Drainageschicht aus Kunststoffen ist ihr geringes Gewicht, ihre einfache Verlegung und ihre ausgezeichnete Drainagefunktion. Hinzu kommt, ihre Wasserspeicherfähigkeit. Werden offenporige Kunststoffe verwendet, so kann das Material selbst Wasser aufnehmen. Bei geschlossenporigen Kunststoffen ist dies nicht der Fall. Jedoch besitzen die meisten Drainagematten,-platten eine spezielle Form, die für eine zusätzliche Wasserbevorratung sorgt (vgl. KOLB, 2016, 43).

**Schaumstoffmatten aus recycelten PU** (Polyurethan) haben eine Einbaudicke von etwa drei Zentimeter und sind für eine Verlegung auf Unterkonstruktionen, ohne größere Unebenheiten, zu empfehlen. Als positiv anzumerken ist ihr einseitig integriertes Filtervlies, ihr geringes Gewicht, ihr hervorragender Schutz gegenüber der darunterliegenden Dachabdichtung oder etwaigen Schutzbahnen und ihr einfacher Einbau. Schaumstoffmatten können in Kombination mit einem geeigneten Filtervlies sowohl eine Drainage-, Filter-, als auch eine Schutzfunktion übernehmen (vgl. KOLB, 2016, 43f).

**Drainageelemente aus HDPE** (Polyethylen), auch Wasserspeicherplatten genannt, sind weitverbreitet und können aufgrund ihrer becherförmigen Ausformung Niederschlagswasser am Dach für längere Zeit speichern. Durch ein spezielles Kanalsystem an der Unterseite bieten diese Platten eine optimale Ableitung des Überschusswassers. Zusätzlich integrierte Lüftungslöcher ermöglichen eine ständige Diffusion und Sauerstoffzufuhr der Wurzeln (vgl. KOLB, 2016, 44).

Die Elemente gibt es in unterschiedlichen Dicken zwischen 25, 40 und 60 Millimeter. Je nach Aufbaudicke variiert auch dessen Wasserspeicherfähigkeit. So schwankt diese zwischen 10, 15 und 25 Liter pro Quadratmeter. Diese Werte beziehen sich auf den unverfüllten Zustand. In diesem Fall werden die Elemente mit einem Filtervlies abgedeckt. Auch ein Einbau ohne Filtervlies mit entsprechender Verfüllung aus mineralischen Drainageschüttstoffen ist möglich. Dabei ist anzumerken, dass sich die Wassermenge in den „Bechern“ um etwa die Hälfte reduziert. Maßgebend dafür ist das Porenvolumen des Schüttstoffes. Erhältlich sind Wasserspeicherplatten mit den Abmessungen 1,00 x 2,00 Meter. Die Verlegung ist einfach und schnell. Aufgrund ihres geringen Gewichtes von zwei bis vier Kilogramm pro Quadratmeter können sie die maximale Auflast einer Dachbegrünung wesentlich reduzieren (vgl. KOLB, 2016, 44).

**Drainageplatten aus EPS-Hartschaum** (expandierten Polystyrol) können wie die Wasserspeicherplatten Wasser in ihren Mulden speichern. Die Wasserbevorratung liegt im unverfüllten Zustand etwa bei 20 Liter pro Quadratmeter. Ihr Flächengewicht von einem Kilogramm pro Quadratmeter und ihre Druckfestigkeiten von 100 kN/m<sup>2</sup> lassen sie vor allem bei dünnschichtigen Tragschichten zum Einsatz kommen. Auch die Verwendung bei Steildächern bringt einen großen Vorteil mit sich. Durch ihre spezielle Oberfläche, dient die Drainageplatte gleichzeitig als Schubsicherung. Dies gilt aber nur, wenn kein Filtervlies verwendet wird. Außerdem ist anzumerken, dass, je steiler das Dach ist, desto geringer die Wasserspeicherfähigkeit ist (vgl. KOLB, 2016, 44).

	Schichtdicke	Wasserspeicherkapazität	Lastannahmen	
	Aufbaustärke (cm)	Wasserspeicher ohne Verfüllung (l/m <sup>2</sup> )	Flächen- gewicht (kg/m <sup>2</sup> ) ohne Verfüllung	Flächen- gewicht (kg/m <sup>2</sup> ) mit Verfüllung
Schaumstoff- matte aus recycelten PU	3,0	5,0	2,0	7,0
Drainage- elemente aus HDPE	2,5	10,0	1,0	11,0
	4,0	15,0	3,0	18,0
	6,0	25,0	4,0	29,0
	6,0	25,0	4,0	29,0
Drainageplatte aus EPS- Hartschaum	5,0	15,0	< 1,0	16,0
	7,5	20,0	1,0	21,0

Tabelle 14: Schichtdicken, Wasserspeicherkapazität und Lastannahmen von Drainageschichten aus Kunststoffen (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 44, eigene Bearbeitung)

### 3.6 Technische Regelwerke

Für die Errichtung von Dachbegrünungen sind zwei grundlegende Regelwerke maßgebend. Einerseits ist dies die deutsche Dachbegrünungsrichtlinie der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL). Nach der erstmaligen Erscheinung im Jahr 1982 und unzähligen Überarbeitungen später spiegelt sie bis heute den Stand der Technik und steht für Sicherheit, wenn es um die Thematik der Dachbegrünung geht. Andererseits gibt es in Österreich dafür eine Ö-Norm L1131 (Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken – Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung), die wichtige Grundlagen für die Planung und Errichtung von Gründächern liefert. Sie gibt dabei unter anderem Auskunft über das Saatgut, die Arten der Begrünung, die Standortqualität, Substratgemische, Funktionen und Richtwerte zur Drainage und einiges mehr (vgl. PENDL, 2009, 25)

Im Speziellen werden in der Bundesrepublik Österreich sowohl rechtliche als auch technische Details für die Errichtung und Instandhaltung von Dachbegrünungen in der ÖNORM-Regel ONR 121 131 (Qualitätssicherung im Grünraum, Gründach-Richtlinien für Planung, Ausführung und Erhaltung) gebündelt (vgl. PENDL, 2009, 26). Die ONR 121 131 liefert dabei wichtige Informationen zu den Grundsätzen und Anforderungen einer Begrünung von Gebäuden. Herangezogen wird sie sowohl für die Planung, die Ausführung, also auch für die Erhaltung und Pflege einer Dachbegrünung. Die ONR entspricht dem Stand der Technik und vermittelt dabei Wissen über unterschiedliche Bauweisen, Baustoffe und Bepflanzungen (vgl. ONR 121 131, 2002, 6).

Zusätzlich wurde 1998 die Europäische Föderation der Bauwerksbegrünungsverbände – EFB gegründet. Diese verfolgt folgende Ziele: Werbung für grüne Dächer und Fassaden, Beratung und Schulung, Normen und Richtlinien zu erarbeiten und die Öffentlichkeit von den positiven Effekten einer Bauwerksbegrünung zu überzeugen. Um in Österreich die Planungssicherheit sowohl für Bauherren/frauen und Ausschreibende zu steigern, wurde der Verband für Bauwerksbegrünung – V.f.B. im Jahr 1991 gegründet. Dieser besteht aus unterschiedlichen VertreterInnen. So zählen dazu Firmen, Architekten, Garten- und LandschaftsplanerInnen,

Universität und Behörden. Der Verband für Bauwerksbegrünung liefert wichtige Informationen sowohl für PlanerInnen, als auch für ausführende Betriebe hinsichtlich Richtlinien und bietet zusätzlich vorgefertigte Musterleistungsverzeichnisse gemäß ON-Regel 121 131 an. Als Grundlage dient dabei immer die „ONR 121 131“ (vgl. PENDL, 2009, 27f).

### 3.6.1 Qualitätssicherung von Gründächern

Hinsichtlich der Qualitätssicherung von Gründächern hat der Verband für Bauwerksbegrünungen drei Ebenen entwickelt:

- **Die ONR 121 131:** Wie bereits erwähnt bildet die ÖNORM-Regel ONR 121 131 das Grundgerüst. Sie gibt seit Juni 2002 in Österreich vor, welche Mindeststandards bei der Errichtung von Gründächern einzuhalten sind (vgl. PENDL, 2009, 28).
- **Ein Bewertungsmodell für Dachbegrünungen:** Dieses vom V.f.B. entwickelte Modell befindet sich im Anhang der ON Regel und bietet sowohl ArchitektInnen, als auch Bauherren/frauen die Möglichkeit, anhand eines Punktesystems verschiedenste Dachbegrünungssysteme, die derzeit am Markt angeboten werden, zu beurteilen. Dabei ist nicht die Bauweise von Wichtigkeit, sondern die Funktionalität und der ökologische Wert der Dachbegrünung. Zusätzlich soll dieses Modell für Behörden bei der Beurteilung von Dachbegrünungen als Ausgleichsmaßnahmen wichtige Hilfestellungen leisten (vgl. PENDL, 2009, 28).
- **Ein Gütesiegel des V.f.B.:** Dieses Siegel ist ein weiterer wichtiger Schritt hinsichtlich der Qualitätssicherung von Gründächern. Das Siegel kann dabei von ArchitektInnen Bauherren/frauen, aber auch KonsumentInnen herangezogen werden, um eine Entscheidung bei der Wahl des passenden Gründaches zu erleichtern.

Die Zertifizierung erfolgt in drei Kategorien:

- Zertifikat A gibt Aufschluss darüber, dass die Einzelkomponenten des Aufbaus entsprechend der ÖNORM-Regel ONR 121 131 ausgeführt wurden.
- Zertifikat B macht ersichtlich, dass der Gesamtaufbau im Bewertungsmodell eine gewisse Punktezahl erzielt hat.
- Zertifikat C zeigt, dass der Empfehlung des Verbandes für Bauwerksbegrünung nachgegangen wurde. So kann davon ausgegangen werden, dass für die Art der gewählten Begrünung ein passender zertifizierter Aufbau verwendet wurde (vgl. PENDL, 2009, 29).

### 3.7 Regelaufbau einer Extensivbegrünung

Der Aufbau einer extensiven Dachbegrünung folgt den im Kapitel „Prinzipien im Schichtaufbau“ beschriebenen Vorgaben. Hierbei ist anzumerken, dass jede normgerechte Form der Begrünung von Dachflächen diesem Schema zu Grunde liegt. Ihr Aufbau unterscheidet sich lediglich in der Dimensionierung der einzelnen Schichtstärken.

Da die Dicke der Filterschicht und des Durchwurzelungsschutzes so gering ist, werden in diesem Zusammenhang nur die Schichtdicken von Vegetationstragschicht und Dränschicht besprochen. Die Aufbaustärke der unterschiedlichen Schichten ist von verschiedensten Faktoren abhängig. Dazu zählen die Ansprüche der geplanten Vegetation, die Art der Vegetationstragschicht und Dränschicht, die verwendet wird, aber auch die Dachneigung und die Art und Anzahl der Dachabläufe, sowie die Exposition und die regionalen klimatischen Verhältnisse. Eine bedeutende Rolle spielen dabei auch die objektbezogenen Standortbedingungen und die baustofftechnischen Flächenlasten.

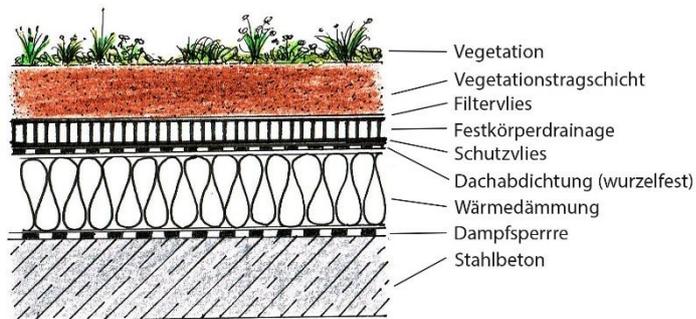


Abbildung 8: Regelaufbau extensive Dachbegrünung (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f)

Für eine extensive Dachbegrünung werden im Gegensatz zur Intensivbegrünung geringere Schichtdicken von acht bis 19 cm verwendet (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 20).

Die nebenstehende Grafik zeigt den Regelaufbau einer extensiven Dachbegrünung mit dem darunterliegenden Dachaufbau eines Warmdaches. Die verschiedenen

Dachtypen werden im Kapitel „Dachtypen“ näher beschrieben.

### 3.8 Regelaufbau einer Intensivbegrünung

Im Gegensatz zur extensiven Dachbegrünung sind Intensivbegrünungen mit Gärten zu vergleichen. Dementsprechend sollte die Traglast der Dachkonstruktion ab  $300\text{kg/m}^2$  (Rasen und Stauden) betragen. Je nach Aufbauhöhe und Vegetationsform (Pflanzung von Gehölzen) können schnell auch  $1500\text{kg/m}^2$  erreicht werden. Der Pflanzenvielfalt sind dabei kaum Grenzen gesetzt. Neben Stauden, Gräsern und Sträuchern können auch Kleinbäume auf einer intensiven Dachbegrünung mit ausreichender Verankerung gepflanzt werden (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

Die Aufbauhöhe einer Intensivbegrünung kann je nach Vegetationsform stark variieren, von 15 Zentimeter für einfache Rasenflächen bis hin zu 150 Zentimeter bei Gehölzpflanzungen. Unter dem eigentlichen Pflanzsubstrat folgt meist ein mineralisches Unterbodensubstrat, und diesem wiederum folgt die Drainageschicht, genauere Informationen zu unterschiedlichen Aufbauvarianten von Drainageschichten sind in Kapitel 3.5.6 zu finden (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

### 3.9 Technische Anforderungen für die Konstruktion einer Dachbegrünung

Die Art der Dachbegrünung ist stark abhängig von ihrem Untergrund, sprich der Dachkonstruktion und ihrer Tragfähigkeit. So muss bei Neubauprojekten schon früh entschieden werden, welche Begrünungsform schlussendlich eingebaut werden soll, um die Dachkonstruktion dementsprechend zu dimensionieren (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 459f). Hinsichtlich der zu erwartenden Mehrkosten für die Dimensionierung des statischen Unterbaus ist anzumerken, dass für eine extensive Dachbegrünung im Vergleich zu einem herkömmlichen Kiesdach keine Mehrkosten einzuplanen sind, da die Belastung gleichzusetzen ist. Im Vergleich dazu entstehen bei einer intensiven Dachbegrünung je nach Art der Gestaltung erhebliche Mehrkosten (vgl. ERLACH, 2012, 21).

Bei den Dachabdichtungen ist drauf zu achten, dass diese wurzelfest ausgestaltet sind. Dies gilt sowohl bei der intensiven, als auch bei der extensiven Dachbegrünung (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f). Einerseits kann dies bereits bei der Ausgestaltung der Dachabdichtung passieren, andererseits erst bei der Herstellung des Schichtaufbaus der Dachbegrünung. Dabei wird unterhalb der Schutzlage ein Durchwurzelungsschutz eingebaut und darunter, je nach Bedarf noch eine zusätzliche Trennlage eingearbeitet (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 11).

### 3.9.1 Dachtypen, Tragfähigkeit und jeweilige Besonderheiten für die Ausführung von Dachbegrünungen

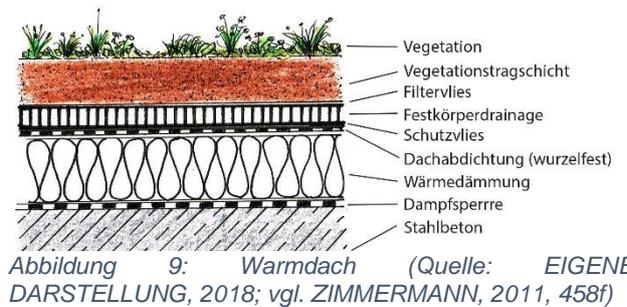
Informationen über Dachkonstruktion sind eine wichtige Grundlage für die spätere Begrünung. Hierbei wird unterschieden zwischen einem Warmdach, einem Kaltdach, einem einschaligen Dach ohne Wärmedämmung, einem Umkehrdach und einem WU-Betondach (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

Im Folgenden werden die verschiedenen Konstruktionstypen sowohl grafisch dargestellt, als auch textlich beschrieben.

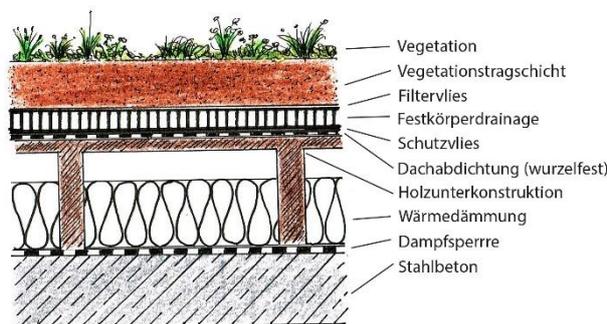
#### 3.9.1.1 Dachtyp A – diffusionsdichter Dachaufbau

Beim **Warmdach** bildet die Dachabdichtung die letzte Schicht. Sie liegt daher über der Wärmedämmung, wie Abbildung 9: Warmdach zeigt.

Hierbei ist es sehr wichtig zwischen der Wärmedämmung und der Dachhaut eine Dampfsperre einzubauen, da die Wasserdampfdiffusion durch die Abdichtung verhindert wird und Kondenswasser entsteht (vgl. ERLACH, 2012, 13). Bei fehlender Dampfsperre würde das entstehende Kondenswasser ins Haus eindringen und zu massiven Folgeschäden und damit einhergehenden Sanierungskosten führen (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).



Diese Art der Dachkonstruktion ist sehr gängig und wird auch als einschaliges, nicht belüftetes Dach bezeichnet (vgl. ERLACH, 2012, 13). Es stellt für eine Dachbegrünung keine Schwierigkeiten dar. Generell ist drauf zu achten, dass die Wärmedämmung den Druckkräften der Begrünung standhält (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).



Beim **Kaltdach** wird zwischen Dachabdichtung und Wärmedämmung eine weitere Schicht eingebaut. Diese sorgt für eine zusätzliche Belüftung und verhindert somit eine Kondensatbildung (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f). Dennoch wird auch beim Kaltdach, das auch zweischaliges belüftetes Dach genannt wird, eine Dampfsperre eingebaut (vgl. ERLACH, 2012, 13).

Für die Planung von Dachbegrünungen auf Kaltdächern ist wichtig zu erwähnen, dass die Tragfähigkeit der zusätzlichen Schicht, die zumeist aus einer filigranen Holzkonstruktion besteht, beschränkt ist. Daher ist diese Art der Dachkonstruktion fast ausschließlich für eine extensive Dachbegrünung geeignet (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

#### 3.9.1.2 Dachtyp B – Verzicht auf Wärmedämmung und Dampfsperre

Zum Unterschied zum Warmdach und auch Kaltdach wird beim **einschaligen Dach ohne Wärmedämmung**, wie der Name schon sagt, auf eine Dämmschicht und eine Dampfsperre verzichtet. Für eine Begrünung stellt dies kein Problem dar. Wichtig ist hierbei nur, dass bei

der Pflanzenwahl darauf geachtet wird, dass diese nicht kälteempfindlich sind, da ein Durchfrieren des Daches nicht ausgeschlossen werden kann. Oftmals werden einschalige Dächer für Tiefgaragen verwendet (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

### 3.9.1.3 Dachtypen C – diffusionsoffener Dachaufbau

Im Gegensatz zum Wärmedach und Kaltdach befindet sich beim **Umkehrdach** die Wärmedämmung über der Dachabdichtung. Dies hat zur Folge, dass ein Wasserfluss unter der Dämmschicht möglich sein muss (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f). Wichtig hierbei ist auch, dass das Wärmedämmungsmaterial kein Wasser aufnimmt und auf keinen Fall schrumpft (vgl. ERLACH, 2012, 14). Für die Planung der Dachbegrünung beim Umkehrdach bedeutet das also, dass alle Materialien diffusionsoffen sein müssen. Wird diesem Prinzip Folge geleistet, können alle Formen der Dachbegrünung verwendet werden (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).



Abbildung 11: Umkehrdach (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f)

Als positiver Folgeeffekt dieser Dachkonstruktion kann hervorgehoben werden, dass durch die direkte Auflage der Dachabdichtung auf einem massiven, fugenfreien Untergrund, entstehende Kräfte bei einer Belastung gut aufgefangen werden können. Als Nachteil eines Umkehrdaches kann angeführt werden, dass der Wasserfluss unter der Wärmedämmung zu einem Wärmeverlust der darunterliegenden Räume führen kann (vgl. ERLACH, 2012, 14). Genauere Informationen zum Umkehrdach sind in Abbildung 11: Umkehrdach dargestellt.

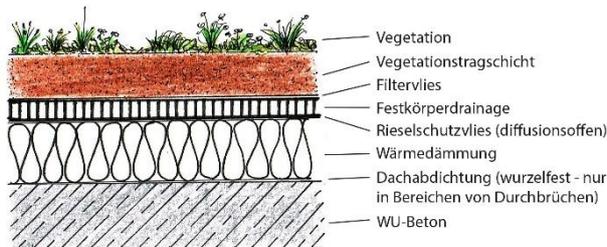


Abbildung 12: WU-Betondach (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f)

Das **WU-Betondach** ist ähnlich dem Umkehrdach aufgebaut. Hier liegt die Wärmedämmung auf einem wasserundurchlässigen Betondach oder ist gar nicht vorhanden, wie in Abbildung 12: WU-Betondach ersichtlich. Das Betondach bringt außerdem aufgrund seiner bautechnischen Eigenschaften einige Vorteile mit sich. So sind bei diesem Dachtyp

keine Dachabdichtung, keine Dampfsperren und auch kein Wurzelschutz mehr von Nöten. Einzig und allein ist bei Dach-Durchbrüchen und Fugen eine zusätzliche Dachabdichtung notwendig (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

### 3.9.2 Dachneigung- und Gefälle

Die Dachneigung spielt eine wichtige Rolle für die Auswahl der Dachbegrünung. So sind Dächer mit einem Gefälle von Null bis zwei Prozent für eine Intensivbegrünung mit Anstaubewässerung als sehr gut zu bezeichnen. Unabdingbar ist hier der Einbau einer speziellen Dachabdichtung und einer Drainageschicht. Dies ist sowohl bei einer Intensiv-, als auch bei Extensivbegrünungen zu beachten. Es ist nicht auszuschließen, dass bei Niederschlagsereignissen aufgrund von Unregelmäßigkeiten im Hochbau, Wasserlacken stehen bleiben (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

Bei Dächern mit einem Gefälle von zwei bis fünf Prozent ist eine Begrünung am Günstigsten. Auch der Wasserrückhalt ist hierbei noch ausreichend möglich. Falls mit einer

Anstauabewässerung gearbeitet wird, ist es in manchen Fällen notwendig sogenannte Anstauschwellen einzubauen (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

Eine erhöhte Dachneigung birgt zwar einige Vorteile für die Dauerhaftigkeit der Dachabdichtung mit sich, aber hinsichtlich der Wasserversorgung der Vegetation hat der erhöhte Abfluss der Niederschlagswässer negative Auswirkungen. In manchen Gebieten, die von extremer Trockenheit geprägt sind, werden auch Dächer mit einer Dachneigung von null Prozent gebaut. Diese werden dann aber als Sonderkonstruktionen ausgeführt und besitzen über der normalen Abdichtung eine weitere wurzelfeste Dichtung (vgl. KOLB, 2016, 34).

Ab einem Gefälle von fünf bis 58 Prozent ist der gesamte Dachaufbau außerdem gegen ein Abrutschen zu sichern und es müssen zusätzliche Installationen für die Wasserabfuhr- und Zufuhr mit eingeplant werden (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f). Der Verband für Bauwerksbegrünung gibt etwas andere Richtwerte an. So wird bei Gründächern, ab einem Gefälle von neun Prozent, ein Abrutschen des Wurzelschutzes und der Abdichtung durch jeweilige Maßnahmen empfohlen. Ab einer Neigung von 26 Prozent muss dann sichergestellt werden, dass der komplette Dachaufbau gegen ein Abrutschen gesichert ist (vgl. VFB - VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2016, 11). Als mögliche Maßnahmen wäre ein Einbau von Schubschwellen in der Drainageschicht oder auch ein Erosionsschutzgewebe in der Vegetationsschicht zu nennen (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).

Werden Dächer mit einer Neigung von über 58 Prozent begrünt, so fallen diese unter die Kategorie „Sonderkonstruktionen“ und sind in jedem Fall von Fachleuten zu errichten (vgl. VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2014, 11).

### **3.9.3 Entwässerung von begrünten Dachflächen**

Die ÖNORM L 1131 sieht vor, dass alle Dachflächen zu entwässern sind. Dies ist einerseits durch den Schichtaufbau selbst und andererseits durch dessen Oberflächen zu gewährleisten. Um eine ordnungsgemäße Entwässerung von schattigen Bereichen sicherzustellen, ist in manchen Fällen eine stärkere Drainageschicht einzubauen (vgl. ÖNORM L1131, 2010, 10).

Ein dauerhaftes Zurückbleiben von Niederschlagswässern auf Dachflächen kann zu Beschädigungen der Dachabdichtung führen und ist daher zu vermeiden. Durch ein Mindestgefälle von zwei Prozent wird ein ausreichender Abfluss ermöglicht. Dennoch können bis zu einer Neigung von fünf Prozent und aufgrund von Überlappungen der einzelnen Bahnen einige Restwässer auf der Dachabdichtung zurückbleiben. Diese verursachen aber keinen Schaden und werden daher toleriert. Ab einer Neigung von über fünf Prozent kann von einem vollständigen Abfluss der Niederschlagswässer ausgegangen werden (vgl. KOLB, 2016, 34).

Je nach Gefälle und Art der Begrünung sind verschiedene Entwässerungsanlagen notwendig. Die Anzahl und Art ist dabei sehr unterschiedlich. Zu Entwässerungseinrichtungen zählen Dachabläufe, Dachrinnen, Wasserspeicher und Notüberläufe. Durch spezielle Kontrollschächte sind Dachabläufe in der begrünter Fläche ersichtlicher. Diese müssen vor Verschlammung geschützt werden. Daher ist es unumgänglich eine gewisse Pufferfläche zwischen Vegetationstragschicht und Kontrollschacht herzustellen. In den meisten Fällen wird ein Kiesfang eingebaut. Dabei ist drauf zu achten, dass die Korngrößen des verwendeten Kieses so gewählt sind, dass das Schüttmaterial nicht in den Abfluss gelangt (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 460f).

### **3.9.4 Bewässerung von begrünter Dachflächen**

Wasser spielt eine wichtige Rolle in Bezug auf das Wachstum der Pflanzen. Durch eine sogenannte Wasserbevorratung können die Kosten für eine zusätzliche Bewässerung

verringert werden. Dies geschieht einerseits durch offenporige und wasserspeichernde Materialien in der Drainage- und Vegetationstragschicht. Andererseits durch den Einsatz von Wasserspeicherplatten aus Kunststoff, die das Wasser in kleinen „Bechern“ speichern. Oder auch durch Konstruktionen, wie Anstauschwellen, die einen schnellen Abfluss des Niederschlagswassers verhindern (vgl. ÖNORM L1131, 2010, 20f).

Dennoch ist für eine reduzierte Intensivbegrünung eine Zusatzbewässerung erforderlich und für intensive Dachbegrünungen eine regelmäßige Wassergabe ein Muss. Erfahren manche Bereiche aufgrund ihrer Lage (z.B. Überdachung) gar keine natürliche Bewässerung, so müssen diese zusätzlich bewässert werden. Dies gilt für alle Formen der Begrünung (vgl. ÖNORM L1131, 2010, 10).

Die Art der Bewässerung ist daher stark vom Begrünungstyp abhängig. Zum Einsatz kommen unterschiedlichste Systeme. In jedem Fall sind schon vorab für Wasser- und Steuerungsleitungen Leerrohre sowohl im Dach, als auch im Gebäude vorzusehen (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 462).

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die zumeist verwendeten Bewässerungssysteme auf begrünten Dächern:

Bewässerungssystem		Anwendungsbereich
Anstaubewässerung	Das Niederschlagswasser wird bei dieser Art der Bewässerung möglichst lange in der Drainageschicht gehalten. Meist passiert dies durch sogenannte Anstauschwellen. Damit wird die Wasserversorgung der Vegetation verbessert und ein Wachstum der Pflanzen gefördert. Die Vorrichtungen zum Anstauen können bereits im Dachaufbau integriert sein.  Bei dünnschichtiger Bauweise ist für niederschlagsarme Perioden eine Zusatzbewässerung vorzusehen.	Intensive Dachbegrünung
Tröpfchenbewässerung	Die Schläuche der Tröpfchenbewässerung können entweder unterirdisch oder auch oberirdisch geführt werden.	Intensive Dachbegrünung
Versenkregner	Hierbei sollten nur Mikrosprüher zum Einsatz kommen, da diese den geringsten Wasserverlust durch Windeinwirkung mit sich bringen. Von Regnern mit großer Wurfweite ist abzuraten, da aufgrund der exponierten Lage von Dachflächen eine erhöhte Luftbewegung herrscht und diese zu großem Wasserverlust führt.	Intensive Dachbegrünung
Einfacher Wasseranschluss	Ein handelsüblicher Wasseranschluss für die temporäre Bewässerung mit Gartenschlauch.	Extensive (fallweise in der Anwuchspflege notwendig) und Intensive Dachbegrünung

Tabelle 15: Bewässerungssysteme für Dachbegrünungen (Quelle: ZIMMERMANN, 2015, 462; KOLB, 2016, 35f; ÖNORM L 1131, 2010, 21; eigene Bearbeitung)

Um ein Auffrieren der Leitung in den kalten Monaten zu verhindern, ist drauf zu achten, dass alle Wasserleitungen entleerbar sind (vgl. KOLB, 2016, 35).

Hinsichtlich der Folgekosten einer Dachbegrünung ist die Verwendung eines geschlossenen Systems zu empfehlen. Durch den Einbau einer Zisterne wird Überschusswasser von den Dachflächen aufgefangen und dient als Wasserquelle für die nächste Bewässerung. So kann der Einsatz von externen Wasserquellen um ein Vielfaches reduziert werden.

Ist hingegen nur Leitungswasser verfügbar, so sollte drauf geachtet werden, den Wasserverbrauch möglichst gering zu halten. Wie bereits erwähnt, besteht auf den meisten Dachflächen eine erhöhte Windeinwirkung, wodurch ein geringer Wasserverbrauch nur durch eine bodennahe Bewässerung erzielt werden kann. Zu dieser Art der Bewässerung zählen die Tröpfchenbewässerung mit ihren unter- oder oberirdisch geführten Schläuchen und bedingt auch die Mikrosprüher (vgl. KOLB, 2016, 35f).

### 3.9.5 Randausbildung, Brandschutz und Windeinwirkung

Bei **Randausbildungen** wird zwischen Anschlüssen, dazu zählen Bauteile, die das Dach durchdringen, wie Schornsteine, und Abschlüssen, die sich an den seitlichen Dachrändern, auch Attika genannt, befinden, unterschieden. Bei Anschlüssen muss die Dachabdichtung und der Wurzelschutz bis zehn Zentimeter über die Oberkante des Belages oder der Begrünung gezogen werden. Bei einer erhöhten Dachneigung sind sogar 15 Zentimeter nötig. Bei den Abschlüssen müssen diese in Abhängigkeit der Dachneigung fünf bis zehn Zentimeter über der Schicht, die Wasser führt, gezogen werden. Zusätzlich ist ein rund 30 Zentimeter vegetationsfreier Streifen anzulegen. Dieser kann beispielweise in Form eines Kiesstreifens ausgestaltet sein (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 462f).

Hinsichtlich des **Brandschutzes** sind bei extensiven Dachbegrünungen für alle Anschlüsse vegetationsfreie Streifen mit einer Breite von 50 bis 100 Zentimeter anzulegen. Grund dafür ist die erhöhte Anfälligkeit gegen Flugfeuer, bedingt durch den geringen Aufbau und die seltenen Kontrollgänge (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 462f). Problematisch dabei ist allerdings, dass diese Streifen sehr gerne von Sukkulenteu angsiedelt werden (vgl. KRUPKA, 1992, f.).

Zusätzlich müssen Maßnahmen getroffen werden, um die Dachbegrünung vor etwaigen **Windeinwirkungen** zu schützen. So ist darauf zu achten, dass keine Verwehungen stattfinden. Dem wird entgegengewirkt durch einen vegetationsfreien Streifen am Rand der Dachflächen. Beispielsweise könnte ein Verwehen, durch Ausbringen von Kies oder durch Verlegen von Platten verhindert werden (vgl. ZIMMERMANN, 2011, 462f).

## 3.10 Pflegemaßnahmen

In Hinblick auf die Folgekosten einer Dachbegrünung sind Pflegemaßnahmen ein wichtiges Thema. Die ÖNORM 1131 empfiehlt daher ausdrücklich eine fachgerechte Erhaltungspflege mit den EigentümerInnen zu vereinbaren. Folgende Inhalte sind dabei Grundlage der Erhaltungspflege:

- Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Dachabläufe
- Entfernen eventuelle Verunreinigungen in Kontrollschächten und Dachabläufen
- Begutachtung der Standfestigkeit von verwendeten Ausstattungselemente wie beispielsweise Einfassungen, Oberflächenbefestigungen oder ähnlichen Bauteilen
- Einlagerungen in Kiesstreifen sind in regelmäßigen Abständen zu entfernen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 42).

### 3.10.1 Erhaltungspflege Extensive Dachbegrünung

Für die Erhaltungspflege einer extensiven Dachbegrünung sind laut ÖNORM-Regel ONR 121 131 zwei Kontrollgänge pro Jahr vorzusehen. Dabei können je nach Bedarf zusätzliche Pflegemaßnahmen festgelegt werden. Diese sind aber einzeln zu vergüten und nicht Bestandteil der generellen Erhaltungspflege einer extensiven Dachbegrünung (vgl. ÖNORM L 11331, 2010, 42).

Zu den zusätzlichen Einzelmaßnahmen können folgende Arbeiten gezählt werden:

- Zusätzlich Versorgung mit Nährstoffen
- Entfernen unerwünschte Fremdeinträge, wie beispielsweise Gehölze oder Unkräuter
- Rückschnitt der Flächen zur Abmagerung
- Nachsaat/Nachpflanzen offener Stellen
- Aufbringen von Substrat, falls Erosionsschäden vorzufinden sind
- Entfernen von Laub und Vegetation im Kiesstreifen und bei technischen Einrichtungen (vgl. ÖNORM L 11331, 2010, 42).

### 3.10.2 Erhaltungspflege Intensive Dachbegrünung

Die Erhaltungspflege bei einer intensiven Dachbegrünung ist etwa gleichzusetzen mit der eines ebenerdigen Gartens. So sind die Kosten für Pflegemaßnahmen auch höher, als jene einer extensiven Dachbegrünung. Laut ÖNORM L 1120 sind folgenden Maßnahmen in Abhängigkeit vom Standort der Begrünung und des Witterungsverlaufes vorzunehmen (vgl. ÖNORM L 11331, 2010, 40):

- Regelmäßige Wassergabe. Empfohlen wird bereits bei der Planung eine automatische Bewässerungsanlage mit einzuplanen.
- Regelmäßige Düngergaben mittels umhüllten NPK-Depotdüngers von 8g/m<sup>2</sup>
- Entfernen von Unkräutern oder anderem Fremdaufwuchs
- Flächenschnitt
- Gehölze je nach Art, ein bis mehrmals im Jahr zurückschneiden
- Nachsaat oder Nachpflanzung, falls notwendig
- Maßnahmen zum Pflanzenschutz treffen, falls nötig
- Regelmäßige Kontrolle der Entwässerungseinrichtungen, ob ein ungehinderter Abfluss möglich ist (vgl. ÖNORM L 11331, 2010, 40).

## 3.11 Vergleich Kosten Gründach vs. konventionelles Flachdach

Ein wichtiger Aspekt bei der Entscheidung für oder gegen eine Dachbegrünung sind sicherlich die Kosten. Dabei spielt nicht nur die finanzielle Aufwendung für die Herstellung eines Gründaches eine bedeutende Rolle, sondern auch die geplanten Folgekosten. Um einen Überblick in dieser Thematik zu schaffen, werden die unterschiedlichen Einflussfaktoren zuerst beschrieben und anschließend die Ergebnisse in einer Tabelle einander gegenübergestellt. Damit hat dieses Kapitel zum Ziel, ökonomische Vorbehalte abzubauen und Fakten zu liefern, die die Entscheidung für ein Gründach maßgebend beeinflussen.

### 3.11.1 Herstellungskosten

Absolute Angaben zu den Kosten sind schwierig zu definieren, da diese sehr stark schwanken. Gründe für diese hohen Schwankungsbreiten sind unter anderem, die Verfügbarkeit von

Materialien, die Transportwege und die Zugänglichkeit zu Grundstücken und Dachflächen, aber auch die Jahreszeit kann Kosten in die Höhe schießen lassen (vgl. MINKE, 2016, 86).

Eine gewisse Orientierungshilfe zu den Herstellungskosten liefert die Firma Optigrün. In ihrer Publikation „Kosten-Nutzen-Analyse, Rechnet sich ein Gründach?“ geben sie an, dass sich die Herstellungskosten für eine Extensivbegrünung bei einer Aufbauhöhe von acht Zentimetern auf etwa 12 Euro pro Quadratmeter belaufen. Im Vergleich dazu kostet ein Kiesdach laut Optigrün ungefähr sieben Euro pro Quadratmeter (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., 1).

Laut Kolb (2016) liegen die Herstellungskosten für eine Extensivbegrünung mit einer zehn Zentimeter dicken Vegetationsschicht zwischen acht und 22 Euro pro Quadratmeter (vgl. KOLB, 2016, 144).

Der Verband für Bauwerksbegrünungen spricht wiederum von Herstellungskosten von etwa 20 Euro pro Quadratmeter für eine Extensivbegrünung und 60 Euro pro Quadratmeter für eine Intensivbegrünung (vgl. VFB – VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2016, 12).

Nach SCHUSTER (2010) wiederum liegen die Herstellungskosten für eine Extensivbegrünung bei etwa 15 Euro pro Quadratmeter, ab einer Fläche von 1000 Quadratmeter (vgl. SCHUSTER in GRIMM, 2010, 35).

Hingegen spricht die Europäische Föderation für Bauwerksbegrünungen im Jahr 2004 noch von rund 17 Euro pro Quadratmeter bei einer Fläche von 1000 Quadratmetern mit elf Zentimetern Aufbauhöhe. Dem hinzu kommt ein statischer Mehraufwand gegenüber einer bituminösen Dacheindeckung, von etwa zehn Euro pro Quadratmeter (vgl. HÄMMERLE, 2004, 18).

Die unterschiedlichen Angaben in der Literatur zeigen, welchen großen Spielraum es hinsichtlich der Herstellungskosten gibt. Generell kann jedoch gesagt werden, dass je weniger Einbauten/Durchbrüche, damit sind Lichtkuppeln, Leitungen, Lüftungsanlagen und ähnliches gemeint, auf einem Dach vorhanden sind und je geringer die Dachneigung ist, desto einfacher und in Folge dessen auch billiger ist ein Gründach. Zumeist liegen die Mehrkosten zwischen Null und 25 Prozent gegenüber einer konventionellen Dachabdeckung. Bei einer reduzierten Extensiv-Begrünung belaufen sich die Kosten etwa auf die gleichen wie die eines bekiesten Flachdaches (vgl. MINKE, 2016, 86).

Klar ist in diesem Zusammenhang, dass die Herstellung eines Gründaches wesentlich teurer ist, als jene eines Flachdaches ohne Auflast. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um ein extensives oder intensives Gründach handelt. Gründe für die Mehrkosten sind unter anderem durch die Mehrbelastung und infolgedessen auch durch den aufwendigeren Schichtaufbau zu begründen. Im direkten Vergleich auf mehrere Jahre gesehen ist ein Gründach dennoch billiger. Bedingt ist dies durch die einzigartige Schutzfunktion, die eine Dachbegrünung für die Dachabdichtung bildet. Durch das Dachgrün ist die Dachabdichtung vor UV-Strahlung geschützt und verhindert somit eine vorzeitige Alterung. Auch der Schutz vor mechanischer Beschädigung führt zu einer Erhöhung der Lebensdauer (vgl. ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN DACHDECKERHANDWERKS, 2016, 4).

### 3.11.2 Pflegekosten

Die Pflegekosten einer extensiven Dachbegrünung belaufen sich laut Optigrün (2017) auf etwa 0,50 bis zwei Euro pro Quadratmeter pro Jahr. Für eine Intensivbegrünung ist mit vier bis zehn Euro pro Quadratmeter zu rechnen. Im Vergleich dazu sind für ein Kiesdach ungefähr 0,20 Euro pro Quadratmeter einzuplanen (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, 2017, 97).

Kolb (2016) spricht von Werten zwischen 0,20 und 0,80 Euro pro Quadratmeter für eine Extensivbegrünung und ein bis fünf Euro pro Quadratmeter für die Erhaltungspflege einer Intensivbegrünung (vgl. KOLB, 2016, 145).

Für die anfallenden Pflegekosten einer Extensivbegrünung mit elf Zentimeter Aufbauhöhe und einer Gesamtfläche von 1000 Quadratmetern sind laut der Europäischen Föderation für Bauwerksbegrünungen (2004) mit 0,425 Euro pro Quadratmeter pro Jahr zu rechnen. Bezogen auf eine Laufzeit von etwa 40 Jahren. (vgl. HÄMMERLE, 2004, 18).

Die Europäische Föderation von Bauwerksbegrünungen schätzt außerdem eine Einsparung von rund vier Euro pro Quadratmeter für sonstige anfallende Reparaturkosten, wie beispielsweise erneuern von Teilen der Dachabdichtung/-eindeckung (vgl. HÄMMERLE, 2004, 18).

### 3.11.3 Lebensdauer/Sanierungskosten

Vor allem in Bezug auf die Lebensdauer bietet ein Gründach einen immensen Vorteil. So wird Dachbegrünungen eine Lebensdauer von „doppelt so lange“ gegenüber einem Kiesdach, bis hin zu unendlich zugesagt.

Drefahl (1995) beschreibt in seiner Publikation, dass Bestandsaufnahmen aus Berlin zeigten, dass Flachdächer mit einer bituminösen Abdeckung bereits in manchen Fällen nach etwa acht Jahren vollständig saniert werden mussten. Außerdem wird davon ausgegangen, dass diese Dächer nur eine Lebensdauer von 18 Jahren aufweisen können (vgl. DREFAHL, 1995, 56).

Für konventionelle Flachdächer wird eine Gesamtlebensdauer von etwa 22,5 Jahren erwartet, wobei etwa alle sieben Jahre Reparaturen anfallen (vgl. SCHILD et. al., 1986, 10).

Für die Sanierung eines Kiesdaches oder eines ungeschützten Daches sind laut Optigrün mit rund 25-50 Euro pro Quadratmeter zu rechnen (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., 1).

Nach der Europäischen Föderation von Bauwerksbegrünungen (2004) verlängert sich die Lebensdauer einer Dachabdichtung durch ein Gründach von 25 Jahre auf 40 Jahre, also um etwa 60 Prozent. Dies hat auch maßgebende Folgen für die Sanierungskosten. So ist bei einem konventionellen Dach bereits nach 25 Jahren mit einer Erneuerung der Dachabdichtung zu rechnen und anfallenden Kosten von 55 Euro pro Quadratmeter. Im Gegensatz dazu fallen diese Arbeiten bei einem Gründach frühestens nach 40 Jahren an (vgl. HÄMMERLE, 2004, 18). Jedoch ist damit zu rechnen, dass die Sanierungskosten eines Gründaches, jenes des Kiesdaches übersteigen, da der Vegetationsaufbau neu hergestellt werden muss. Bei bekiesten Dachflächen, kann die Kiesabdeckung am sanierten Dach zu 100 Prozent wiederverwendet werden. Beim Gründach muss je nach Aufbau neues Material zugekauft werden.

### 3.11.4 Einsparpotenzial

#### **Kosten für die Entwässerung**

Wie bereits in Förderungen und gesetzliche Vorgaben für den Bau von Dachbegrünungen im europäischen und internationalen Vergleich! 1.5 beschrieben, orientieren sich in manchen Ländern, wie beispielsweise in Deutschland in einigen Städten und Gemeinden die Abwassergebühren an den in die Kanalisation eingeleiteten Oberflächenwassermengen. So führt eine Dachbegrünung zu einer Reduzierung dieser Gebühren. Genauere Information dazu sind in 3.11.4 „Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Störungen des Landschaftsbildes und des Naturhaushaltes“ zu finden (vgl. ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN DACHDECKERHANDWERKS, 2016, 4).

Für BauherrInnen in Hamburg sieht die Stadt ab einer Substratschichtdicke von fünf Zentimeter einer Reduzierung der Niederschlagswassergebühren von rund 50 Prozent vor (0,365 €/m<sup>2</sup> statt 0,73 €/m<sup>2</sup>) (vgl. BORNHOLDT, o.J.). Die Stadt Bonn erlässt ihren EinwohnerInnen eine jährliche Abgabe für Versiegelung von 1,03 Euro pro Quadratmeter begrünter Dachfläche (vgl. HÄMMERLE, 2004, 18).

Auch führen Dachbegrünungen zu Einsparungen am Boden. Durch ein Gründach können Kosten für teure Regenrückhalteeinrichtungen und die Verwendung von größeren Rohrquerschnitten für Entwässerungsanlagen eingespart werden (vgl. BORNHOLDT, o.J.). Die Kostenersparnis liegt dabei etwa bei 10-20 Euro pro Quadratmeter (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., 1).

#### **Energiekosten**

Hinsichtlich der Energiekosten führt ein Gründach zu einer Reduzierung der jährlichen Ausgaben. So kühlt die zusätzliche Wärmedämmung im Sommer die darunterliegenden Räume und spart im Winter Heizkosten (vgl. ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN DACHDECKERHANDWERKS, 2016, 4). Genauere Information dazu siehe Kapitel 1.1 Eine Einschätzung der Einsparungen ist auch hier nur sehr vage möglich. Dennoch schätzen ExpertInnen das Einsparpotential von Gründächern bei der Herstellung auf etwa 2,40 Euro pro Quadratmeter und bei der Nutzung pro Jahr auf ungefähr 0,25 Euro pro Quadratmeter (vgl. BORNHOLDT, o.J.).

Laut der Europäischen Föderation von Bauwerksbegrünungen (2004) kann von einem Einsparpotential von etwa 1,20 Euro pro Quadratmeter pro 2,5 Zentimeter Aufbau ausgegangen werden (vgl. HÄMMERLE, 2004, 18).

#### **Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Störungen des Landschaftsbildes und des Naturhaushaltes**

In manchen Fällen können Gründächer auch die Funktion einer Kompensationsfläche übernehmen. Genauer gesagt werden durch Dachbegrünung wieder Flächen hergestellt auf den Leben stattfindet und die einen Teil des Niederschlagswassers versickern können. Dadurch gelten sie im Angesicht der Bodenversiegelung durch Neubauprojekte als Ausgleichsflächen. Dadurch können Kosten für Ersatzmaßnahmen reduziert werden (vgl. BORNHOLDT, o.J.). So können Dachbegrünungen als Alternative zu neu anzulegenden Hecken fungieren. Laut Optigrün führt dies zu einer Einsparung von acht Euro pro Quadratmeter, umgelegt auf den Grundstückspreis (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., 1).

Nach Pustal (2004) ist die Ausgleichsleistung von extensiven Dachbegrünungen nur auf bestimmte Funktionen des Naturhaushaltes beschränkt. Ob und in welchem Ausmaß ein Gründach als Ausgleichsmaßnahme fungieren kann, ist dabei sehr stark von der vorliegenden

Situation abhängig. Dennoch spielen extensive Dachbegrünungen vor allem im Bereich des Wasserhaushaltes eine bedeutende Rolle, da sie hierbei die Rolle als Ausgleichskörper übernehmen können (vgl. PUSTAL, 2004, 33).

### 3.11.5 Finanzielle Zuschüsse

- Auch direkte und indirekte Zuschüsse in Form von Fördergeldern oder ähnlichem müssen in diesem Vergleich miteinbezogen werden. Da diese bereits umgehend im Kapitel 1.5 erläutert wurden, werden sie in diesen Zusammenhang nicht nochmals ausführlich erklärt. Generell kann zwischen direkten Förderungen (direkte finanzielle Unterstützung) und indirekten Förderungen (zum Beispiel Nachlass der Kanalgebühr aufgrund von Reduzierung der eingeleiteten Niederschlagswässer) unterschieden werden.
- **Direkte finanzielle Unterstützung:** Hierbei wird der Ausbau von Gründächern unter bestimmten Voraussetzungen durch finanzielle Mittel unterstützt (vgl. ERLACH, 2012, 7).
- **Indirekte Förderung durch „Vergünstigungen“:** Diese Art der Förderung bezieht sich auf die Niederschlagswasserbeseitigung. In Deutschland werden für die Berechnung der Kanalgebühr, sowohl Abwässer aus dem Haushalt, als auch Abwässer außerhalb des Hauses, die von versiegelten Flächen stammen, herangezogen. In diesem Zusammenhang führt eine Dachbegrünung, aufgrund ihres Wasserrückhaltevermögens, zu einer Vergünstigung der Kanalgebühren (vgl. ERLACH, 2012, 7). Das Prinzip ist sehr simpel. Je weniger Niederschlagswasser von versiegelten Flächen in die Kanalisation gelangt, desto geringer fallen die Kanalgebühren für die Eigentümer aus (vgl. TIEFENTHALER, 2015).
- **Gesetzliche Vorgaben:** Durch verbindliche Vorgaben in der Bauordnung kann der Bau eines Gründaches bei Neubauprojekten nur sehr selten umgangen werden. Dies führt zu einem konstanten und sicheren Anstieg an begrünten Dachflächen (vgl. ERLACH, 2012, 7).

### 3.11.6 Ergebnisse „Vergleich Kosten Gründach vs. konventionelles Flachdach“

	Gründach(extensiv)		Konventionelles Flachdach/Kiesdach
<b>Direkte Kosten</b>			
<b>Herstellungskosten</b>			
Quellen	Kosten pro m <sup>2</sup>	Aufbauhöhe	Kosten pro m <sup>2</sup>
<i>Optigrün International AG</i>	12 €/m <sup>2</sup>	8 cm	7€/m <sup>2</sup> Kiesdach
<i>Kolb</i>	8-22 €/m <sup>2</sup>	10 cm	k.A.
<i>Verband für Bauwerksbegrünung</i>	20 €/m <sup>2</sup>	k.A.	k.A.
<i>Hämmerle</i>	17 €/m <sup>2</sup> ab einer Fläche von 1000m <sup>2</sup> + 10 €/m <sup>2</sup> für statistischen Mehraufwand	11 cm	k.A.

<i>Minke</i>	0-25% teurer gegenüber einem konventionellen Dach	Gleiche Kosten einfach extensiv Begrünung und bekiesstes Flachdach
<i>Schuster in Grimm</i>	15 €/m <sup>2</sup> inkl. Bepflanzung, ab einer Fläche von 1000m <sup>2</sup>	2 €/m <sup>2</sup> weniger als extensive Dachbegrünung
<i>Pitha et. al.</i>	0,12 - 1,76 €/m <sup>2</sup> je nach Bruttogeschosßfläche	0,08 - 1,4 €/m <sup>2</sup> je nach Bruttogeschosßfläche
<b>Pflegekosten</b>		
Quellen	Kosten pro m <sup>2</sup>	Kosten pro m <sup>2</sup>
<i>Optigrün International AG</i>	0,50-2 €/m <sup>2</sup>	0,20 €/m <sup>2</sup>
<i>Kolb</i>	0,20-0,80 €/m <sup>2</sup>	k.A.
<i>Hämmerle</i>	0,42 €/m <sup>2</sup> bei einer Aufbauhöhe von 11 cm, einer Fläche von 1000m <sup>2</sup> und einer Laufzeit von 40 Jahren	k.A.
<i>Schuster in Grimm</i>	2 €/m <sup>2</sup>	k.A.
<i>Pitha et. al.</i>	0,07 - 1,3 €/m <sup>2</sup> je nach Bruttogeschosßfläche	0,04 - 0,7 €/m <sup>2</sup> je nach Bruttogeschosßfläche
<b>Lebensdauer/Sanierungskosten</b>		
Quellen		
<i>Drefahl</i>	k.A.	Lebensdauer Flachdach mit bituminöser Abdeckung 18 Jahre
<i>Schild</i>	k.A.	Gesamtlebensdauer konventionelles Dach 22,5 Jahre (alle 7 Jahre Reparaturen)
<i>Hämmerle</i>	Lebensdauer Dachabdichtung 40 Jahre (Verlängerung um 60%)	Lebensdauer Dachabdichtung 25 Jahre
	<b>Kosten Abdichtungsaufbau 55 €/m<sup>2</sup></b>	
	Erst nach 40 Jahren → Einsparung von 33 €/m <sup>2</sup> auf eine Lebensdauer von 40 Jahre gesehen	Bereits nach 25 Jahren
<i>Optigrün International AG</i>	k.A.	Sanierungskosten Kiesdach/ungeschütztem Dach 25-50 €/m <sup>2</sup>
<b>Indirekte Kosten/Einsparungen</b>		
<b>Kosten für Entwässerung</b>		
Quellen		
<i>Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks</i>	Reduzierung der Gebühren für Oberflächenabwässer durch Dachbegrünungen (Deutschland)	

<i>Bornholdt</i>	Einsparungen von Regenrückhalteeinrichtungen und größeren Rohrquerschnitte für Entwässerungsanlagen aufgrund von Dachbegrünungen.	
<i>Optigrün International AG</i>	Einsparung von 10-20 €/m <sup>2</sup>	
<i>Bornholdt</i>	<b>Beispiel Hamburg</b>	
	Reduzierung der Niederschlagswasser-gebühren um rund 50%, ab eine Substratschichtdicke von 5cm  0,36 €/m <sup>2</sup>	0,72 €/m <sup>2</sup>
<i>Hämmerle</i>	<b>Beispiel Bonn</b>	
	Erlassung einer jährlichen Versiegelungsgebühr von 1,03 €/m <sup>2</sup> für begrünte Dachflächen	
<b>Energiekosten</b>		
Quellen		
<i>Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks</i>	Zusätzliche Wärmedämmung im Winter + Kühlung im Sommer	k.A.
<i>Bornholt</i>	2,40 €/m <sup>2</sup> Einsparpotential bei der Herstellung anstelle von sonstigen Dämmmaterial 0,25 €/m <sup>2</sup> Einsparpotential bei der dauerhaften Nutzung	k.A.
<i>Hämmerle</i>	Einsparpotential von 1,20 €/m <sup>2</sup> pro 2,5cm	k.A.
<b>Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme für Störungen des Landschaftsbildes und des Naturhaushaltes</b>		
Quellen		
<i>Bornholt</i>	Dachbegrünungen können die Funktion von Ausgleichsflächen übernehmen	k.A.
<i>Pustal</i>	Nur im Bereich des Wasserhaushaltes als wirkliche Ausgleichsmaßnahme zu sehen	k.A.
<b>Finanzielle Zuschüsse</b>		
Quellen		
<i>Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22</i>	<b>Beispiel Wien</b>	
	1 €/m <sup>2</sup> und cm (Aufbauhöhe) Aufbaudicken zwischen 8-25 cm werden gefördert Maximal 2.200 €	
<i>Erlach</i>	<b>Beispiel Bremen</b>	
	Maximal 25 €/m <sup>2</sup> bis zu 5.000 €	

	Zuspruch nur, wenn keine gesetzliche Vorgabe zur Begrünung besteht
<i>Erlach</i>	<b>Stuttgart</b>
	Rund 50% der Baukosten werden gefördert, max. 17,90 €/m <sup>2</sup>

*Tabelle 16: Ergebnisse „Vergleich Kosten Gründach vs. konventionelles Flachdach“ (Quelle: DREFAHL, 1995, ff; ERLACH, 2012, ff; HÄMMERLE, 2004, ff; MINKE, 2016, 86, ff; OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., 1ff; PUSTAL, 2004, 33; SCHILD et.al., 1986, 10ff; SCHUSTER IN GRIMM, 2010, 35ff; VFB-VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNGEN, 2016, 12ff; WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG-MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, o.J; ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN DACHDECKERHANDWERKS, 2016, 4ff; PITHA et.al., o.J., 21ff; eigene Bearbeitung)*

Nach diesem umfassenden Vergleich der genannten Untersuchungskategorien hat sich gezeigt, dass sehr unterschiedlichen Angaben und Aussagen zu den Kosten von Dachbegrünung vorliegen. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass jegliche Angaben nur Richtwerte sind, und keinesfalls als Absolutwerte angesehen werden dürfen. Die Kosten können daher nicht pauschalisiert und auf jede Situation übertragen werden. Dies hat zur Folge, dass jedes Dach, jeder Standort, jedes Gebäude als individuell zu betrachten ist und demnach auch die Kosten sehr variieren.

Grundsätzlich hat sich jedoch gezeigt, dass ein extensives Gründach (1000m<sup>2</sup>) im Vergleich zu einem konventionellen Dach (Kiesdach) in der Herstellung zwar teurer ist, jedoch im Unterhalt und aufgrund des hohen Einsparungspotentials auf Dauer gesehen (Bemessungsgrundlage 40 Jahre) günstiger ist.

Wichtig zu erwähnen ist auch, dass einige Folgen einer Dachbegrünung, wie beispielsweise die Wertsteigerung der Immobilie oder auch die Mietmehrerträge durch den gesteigerten Wohnwert, in diesem Vergleich nicht berücksichtigt wurden. Selbiges gilt auch für die Kosten der Ausgleichsmaßnahmen. Obwohl diese hier kurz angeführt wurden, müssen sie für jedes Projekt individuell berechnet werden und können so nicht im direkten Vergleich berücksichtigt werden.

Nach OEBBEKE (2001) ist vor allem bei Großprojekten mit enormen Kosteneinsparungen zu rechnen. Insbesondere bezieht er sich dabei auf die Kosten, die für den Kauf, beziehungsweise auch die Umwandlung, und in weiterer Folge auch für die Pflege von Ausgleichsflächen, anfallen würden. Demnach sieht Oebbeke das Gründach hier als klaren Sieger und Kostensenker (vgl. OEBBEKE, 2001, o.S.).

Das „Ergebnis“ des hier aufgezeigten Vergleichs kann nur als exemplarisch betrachtet werden. Wichtig hierbei ist auch, dass diese Gegenüberstellung nicht die Aufgabe hatte, absolute Vergleichszahlen zu liefern und somit einen klaren Gewinner für jede Situation hervorzubringen, sondern aufzuzeigen, dass neben den Herstellungskosten auch die indirekten Kosten/Einsparungen, die Lebensdauer und finanziellen Zuschüsse eine wichtige Bemessungsgrundlage im direktem Vergleich „Gründach vs. konventionelles Dach“ bilden sollten.

*„Auch wenn in Wien das Einsparungspotential bei der Abwassergebühr nicht gegeben ist, so zeigt sich, dass bei einer Betrachtung der Lebenszykluskosten ein Gründach von den Kosten annähernd gleichwertig zu herkömmlichen Dächern ist“ (GRIMM, 2010, 34)*

## 4 Versuchsanlage und Forschungsdesign

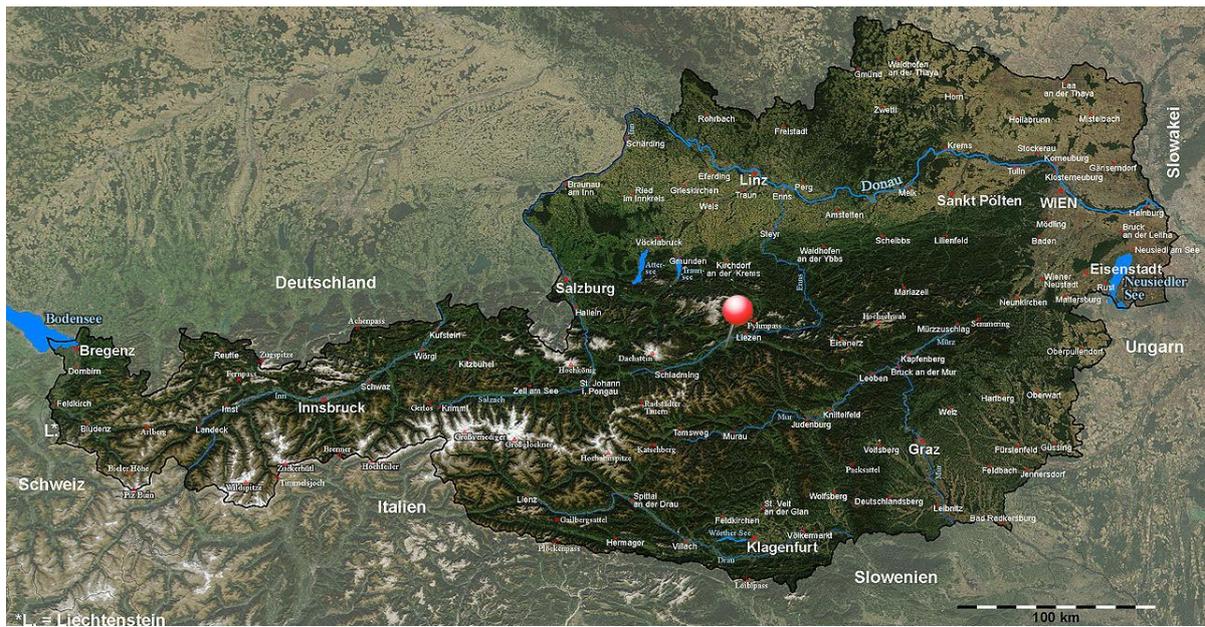


Abbildung 13: Verortung HBFLA Raumberg-Gumpenstein, (Quelle: TIESBOHNENKAMP 2016 und EIGENE BEARBEITUNG, 2017)

Die zu untersuchenden Versuchsfelder befinden sich am Gelände der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, die als größte Dienststelle des Lebensministeriums in der landwirtschaftlichen Forschung gilt (vgl. HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2017, o.S.). Insgesamt werden fünf Versuchsfelder näher betrachtet. Einerseits werden am Gelände drei Untersuchungsflächen zu jeweils 9m<sup>2</sup> aus dem Jahr 2014 untersucht. Andererseits zwei Dachbegrünungen am Internatsgebäude, die 2016 angelegt wurden. In der vorliegenden Arbeit werden die unterschiedlichen Versuchsfelder mit einer Codierung versehen. So besitzen die Untersuchungsflächen vom Jahr 2014 den Code ZU-860 und die des Internatsgebäudes den Code ZU-1017.

### 4.1 Lage der Versuchsfelder

Die Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein befindet sich in der Obersteiermark in der Marktgemeinde Irdning-Donnersbachtal, die im Bezirk Liezen liegt. Die HBLFA und somit auch alle Untersuchungsstandorte befinden sich etwa 3 km südwestlich des Ortes Irdning auf einer Erhebung im Ennstal in den Niederen Tauern (nördliche Rottenmanner Tauern) der Ostalpen.

Die Lage der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt gilt für die meisten Gebiete im Alpenraum als sehr repräsentativ. Sie ist gekennzeichnet durch den Kreuzungspunkt zwischen den Kalk- und Zentralalpen, einer Jahresmitteltemperatur von 7,2 Grad Celsius und einer durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge von rund 1000 Millimeter (vgl. HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2017, o.S.).

Im Detail konnte im Zeitraum 01.01.2017 bis 30.09.2017 eine durchschnittliche Tagestemperatur von 10,5 Grad Celsius mit einer mittleren maximalen Tagestemperatur von 16,3 Grad Celsius und einer mittleren minimalen Tagestemperatur von 4,6 Grad Celsius gemessen werden. Außerdem betrug die Sonnenscheindauer im Mittel etwa 5,7 Stunden pro Tag. Bei der Niederschlagsmessung wurden im Durchschnitt 3,5 Millimeter pro Tag gemessen (vgl. HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2017, o.S.).

Vor allem ist dies ein wichtiges Kriterium für die Umlegung der Forschungsergebnisse auf andere Gebiete im In- und Ausland (vgl. HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2017, o.S.).

## 4.2 Dachbegrünung 2014 – Gärtnerei

Die drei Flächen zu je neun Quadratmeter, mit einer Seitenlänge von drei Meter, wurden im Mai 2014 vorbereitet und im Juni 2014 fand dann der Einbau der Schichten entsprechend der ÖNORM L 1131 statt. Zusätzlich wurden Feuchte- und Temperaturfühler in 5 cm Tiefe eingelegt und eine Wetterstation mit Niederschlagsmessung eingebaut. Am unteren Hang befindet sich eine weitere Messanlage mit drei Auffangbecken, die durch unterirdische Rohre mit den drei Parzellen verbunden ist.



Abbildung 14: Versuchsflächen 2014 Gärtnerei ZU-860 (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)

Jede der drei Versuchsflächen ist in drei kleinere Parzellen unterteilt. Dadurch ergeben sich insgesamt neun Parzellen. Aufgrund der weiteren Unterteilung konnten die drei Saatgutmischungen in drei Wiederholungen eingesät werden. Unerwünschte Faktoren, wie beispielsweise Randlage, die die Auswertungen beeinflussen, wurden durch die Anordnung der Flächen ausgeschlossen.

Versuchsplan Dachbegrünung ZU-860

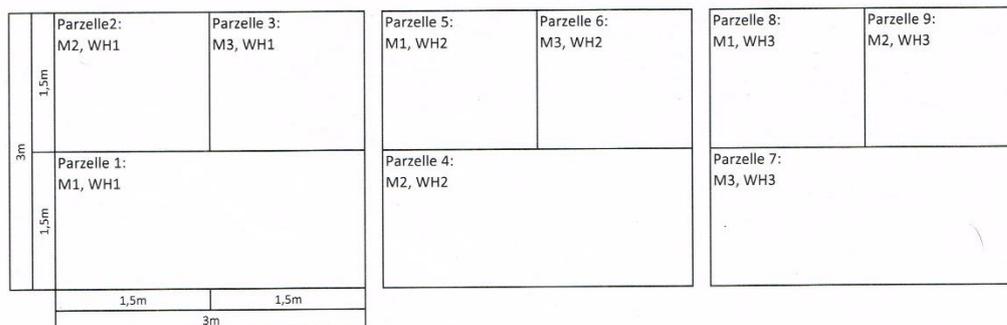


Abbildung 15: Versuchsplan Versuchsflächen Gärtnerei, (Quelle: HBFLA RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2017, o.S.)

Als Drainageschicht wurde eine 5cm Schicht Ziegelsplitt (0/4) aufgebracht. Darüber die 7cm dicke Vegetationstragschicht aus Dachsteinkalk (0/4) mit 10 Prozent Humusanteil (Blumenerde). Die einzelnen Schichten sind mit einem Filtervlies 105g voneinander getrennt, um ein Ausschlämmen der Feinteile der Vegetationstragschicht in die Dränschicht zu verhindern. Die Saatmenge betrug 4g/m<sup>2</sup>.

## Ursprünglich verwendete Saatgutmischungen für Versuch ZU-860:

Saatgutmischungen Versuch ZU-860		AUSTROSAAT	Gumpenst. Dachbegrünung		
		M1 Dachrasen	M2 Inneralpin Renatura S 9	M3 Inneralpin Renatura S11	
<b>Gräser</b>					
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Gew. Ruchgras	Daten nicht verfügbar	4	5	
<i>Briza media</i>	Zittergras		5	5	
<i>Carex flacca</i>	Blau-Segge		0,2	0	
<i>Cynosurus cristatus</i>	Wiesen-Kammgras		0	5	
<i>Festuca ovina s.str.</i>	Eigentl. Schaf-Schwingel		12	12	
<i>Festuca rupicola</i>	Furchen-Schwingel		22	19	
<i>Koeleria macrantha</i>	Steppen-Kammschmiele		2,2	0	
<i>Koeleria pyramidata</i>	Wiesen-Kammschmiele		13,6	6	
<i>Melica ciliata</i>	Wimper-Perlgras		1	0	
<i>Poa angustifolia</i>	Schmalblatt-Rispe		0	5	
<i>Puccinellia distans</i>	Gew. Salzschwaden		0	3	
<b>Gräser insges. in %</b>			<b>65</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
<b>Kräuter</b>					
<i>Achillea millefolium</i>	Echte Schafgarbe	x	1	1	
<i>Allium schoenoprasum</i>	Schnitt-Lauch	x	9	12	
<i>Anthemis tinctoria</i>	Färber-Hundskamille	x	1,5	0	
<i>Campanula rotundifolia</i>	Rundblättrige Glockenblume	x	0	0	
<i>Campanula persicifolia</i>	Wald-Glockenblume		0	0,1	
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Eigent. Karthäuser-Nelke	x	6,8	6,4	
<i>Dianthus deltoides</i>	Heide-Nelke	x	3	3,4	
<i>Dianthus superbus</i>	Pracht-Nelke		0,7	2	
<i>Hieracium murorum</i>	Wald-Habichtskraut		0	0,5	
<i>Hieracium pilosella</i>	Kleines Habichtskraut	x	0,1	0,1	
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Magerwiesen-Margerite	x	0	0	
<i>Origanum vulgare</i>	Dost		0,2	1	
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	Steinbrech-Felsennelke	x	0	0	
<i>Prunella grandiflora</i>	Großblütige Brunelle	x	2	0	
<i>Prunella vulgaris</i>	Gew. Brunelle		2	2	
<i>Sedum album</i>	Weiß-Mauerpfeffer		0,5	1	
<i>Silene nutans</i>	Nickendes Leimkraut		5,2	3	
<i>Silene vulgaris</i>	Aufgeblasenes Leimkraut		0	3,5	
<i>Thymus pulegioides</i>	Arznei-Quendel	x	5	2	
<i>Thymus serpyllum</i>	Sand-Thymian	x	0	0	
<i>Veronica teucrium</i>	Groß-Ehrenpreis		3	2	
<b>Kräuter insges. in %</b>		<b>35</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	
<b>Gesamtsumme</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

Tabelle 17: Ursprüngliche Zusammensetzung der Saatgutmischungen Versuch ZU-860 in Prozent (Quelle: HBFLA GUMPENSTEIN-RAUMBERG, 2014, o.S., eigene Bearbeitung)

Für die Versuchsflächen wurden drei unterschiedliche Saatgutmischungen verwendet:

- Saatgutmischung M1 „Austrosaat Dachrasen mit Blumen und Kräutern“
- Mischung M2 „S9 ReNatura Gumpensteiner Dachbegrünung trocken“
- „S11 ReNatura Gumpensteiner Dachbegrünung Inneralpin“

### 4.3 Dachbegrünung 2016 (ZU-1017) – Internatsgebäude

Für die im Jahr 2016 fertiggestellten Dachflächen wurden zwei unterschiedliche Dachaufbauten vorgenommen.

	Dachbegrünung Internatsgebäude	Dachbegrünung Turnsaal
6 cm Vegetationstragschicht	Bei beiden Flächen besteht die Vegetationstragschicht von 6 cm aus Claylith, welches von der Haldittbergbau Verwaltungs-GmbH unter der Bezeichnung „Claylith-Extensiv-Organ“ für extensive Dachbegrünung hergestellt wurde. Das beschriebene Produkt setzt sich einerseits aus Claylith (mineralisches Naturprodukt) 0/12 mm, 85 Vol-% und andererseits aus Humus 15 Vol-% zusammen (vgl. STRÖHE, 2014, 2).	
4 cm Wasserspeicher- und Drainageschicht 4 cm	Die darunterliegende Wasserspeicher- und Drainageschicht von 4cm besteht am Internatsgebäude aus einer Schicht aus 8/16 Liadrain der Firma Liapor. Dabei handelt es sich um gebrochenen Blähton. Das rein mineralische offenporige Material kann laut Hersteller mehr als 80 % seines Trockengewichts mit Wasser speichern (vgl. MACKEDANZ, 2017, o.S.).	Auf den Flächen des Turnsaales wurden hingegen Wasserspeicherplatten „Diadrain NP40“ verwendet. Diese kommen vor allem im Großraum Wien schon seit einigen Jahren zum Einsatz und sollen durch ihre spezielle Form, Wasser länger am Dach halten und dadurch für Pflanzen länger verfügbar machen.

Tabelle 18: Dachaufbau Dachbegrünung ZU-1017 (Quelle: STRÖHE, 2014, 2; MACKEDANZ, 2017, o.S.; eigene Darstellung)

Im folgendem sind beide Dächer fotografisch dargestellt. Abbildung 17 zeigt dabei das Internatsgebäude mit der Fotovoltaikanlage und Abbildung 16 zeigt die Dachbegrünung des Turnsaales.



Abbildung 17: Dachbegrünung Internatsgebäude, Aufbau Drainageschicht Liapdrain 8/16 (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)



Abbildung 16: Dachbegrünung Internatsgebäude, Aufbau Drainageschicht Speicherplatte „Diadrain NP40“ (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)

## Saatgutmischung:

Als Saatgut wurde bei dieser Dachbegrünung eine leicht adaptierte S11 ReNatura Mischung verwendet. Die nachfolgende Tabelle: „Saatgutmischung Versuch ZU-1017“ zeigt die genaue Zusammensetzung des verwendeten Saatgutes.

Bei den Versuchsflächen am Internatsgebäude wird seit Einbau im Jahr 2016 die Vegetationsentwicklung beobachtet und der Bereich zwischen den Photovoltaikanlagen näher untersucht.

Saatgutmischung Versuch ZU-1017		Inneralpin S11
<i>Anthoxanthum odoratum</i> **)	Ruchgras	5 %
<i>Briza media</i> *)	Zittergras	5 %
<i>Cynosurus cristatus</i>	Kammgras	5 %
<i>Festuca rupicola</i> *)	Furchenschwingel	19 %
<i>Festuca ovina</i> **)	Schafschwingel	12 %
<i>Koeleria pyramidata</i> **)	Pyramiden-Kammschmiele	6 %
<i>Poa angustifolia</i>	Schmalblättrige Rispe	5 %
<i>Puccinellia distans</i>	Salzschwaden	3 %
<b>Gräser %</b>		<b>60 %</b>
<i>Achillea millefolium</i> **)	Schafgarbe	1 %
<i>Allium schoenoprasum</i>	Schnittlauch	12 %
<i>Campanula persicifolia</i>	Pfirsichblättrige Glockenblume	0,1 %
<i>Dianthus deltoides</i> *)	Heidenelke	3,4 %
<i>Dianthus carthusianorum</i> **)	Karthäusernelke	6,4 %
<i>Dianthus superbus</i> **)	Prachtnelke	2 %
<i>Hieracium murorum</i>	Wald-Habichtskraut	0,5 %
<i>Hieraceum pilosella</i>	Kleines Habichtskraut	0,1 %
<i>Origanum vulgare</i>	Wilder Majoran	1 %
<i>Prunella vulgaris</i>	Gemeine Braunelle	2 %
<i>Silene nutans</i> **)	Nickendes Leimkraut	3 %
<i>Silene vulgaris</i> *)	Gewöhnliches Leimkraut	3,5 %
<i>Sedum album</i>	Weißer Mauerpfeffer	1 %
<i>Thymus pulegioides</i>	Gewöhnlicher Thymian	2 %
<i>Veronica teucrium</i> **)	Großer Ehrenpreis	2 %
<b>Kräuter %</b>		<b>40 %</b>

Tabelle 19: Saatgutmischung Versuch ZU-1017 (Quelle: HBFLA RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2016, o.S.; eigene Bearbeitung)

## 4.4 Untersuchungsmethoden

Um eine Vergleichbarkeit mit allen bisher erhobenen Daten zu gewährleisten, baut diese Masterarbeit auf die gleichen Methoden auf, die bereits in den letzten Jahren von der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein praktiziert wurden.

### 4.4.1 Methodische Ansätze/Grundlagen für das Vegetationsmonitoring

Im Laufe der letzten Jahrhunderte wurden verschiedenste Methoden für die Erhebung von Pflanzenbeständen im Grünland entwickelt (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff). Für die Beurteilung der Vegetation und deren Entwicklung werden zahlreiche Merkmale erhoben. Dazu zählen unter anderem der Biomasseertrag, der Deckungsgrad oder die Anzahl, beziehungsweise die Frequenz der vorkommenden Arten (vgl. TRAXLER, 1997, 96ff). Im Zuge des Entscheidungsprozesses bei der Wahl der passenden Methode für vegetationskundliche Aufnahmen wird oftmals diskutiert, welche denn die „Richtige Methode“ für den vorliegenden Untersuchungsrahmen sei. Hierbei stehen die objektiven den subjektiven Erhebungsmethoden gegenüber. Eine objektive Methode ist nicht zwingend die bessere Wahl, denn unter guten Umständen kommt eine subjektive Aufnahme, wie die Deckungsgradschätzung, den wahren Deckungswerten näher, als eine objektive Erhebung (vgl. TRAXLER, 1997, 96ff).

Die Genauigkeit von Schätzungen ist von verschiedensten Aspekten abhängig. Dazu zählen unter anderem:

1. Die **Flächengröße**: Je kleiner die Flächen, desto genauer kann geschätzt werden.
2. Das **Verteilungsmuster** der Arten: Dies bedeutet, wenn eine Art an Hotspots fleckig auftritt, so ist sie leichter zu schätzen, als wenn sie nur einzeln auftritt. Auch durchwachsene Bestände sind wesentlich schwerer zu schätzen.
3. Die **Wuchsform**: Sie spielt bei der Schätzgenauigkeit eine wesentliche Rolle. So sind beispielsweise Gräser wesentlich schwerer zu erfassen, als Pflanzen, die horst- oder rosettenartig wachsen.
4. Die **Unterscheidbarkeit** der Arten: Je besser sich die Arten voneinander unterscheiden, desto weniger Fehler treten auf und desto genauer wird die Schätzung.
5. Die **Schichtigkeit** des Bestandes: Dabei ist beispielsweise Grünland wesentlich schwieriger einzustufen, als eine extensive Dachbegrünung.
6. Nicht weniger Bedeutung hat der **Blühaspekt**: In Blüte stehende Pflanzen werden oftmals überschätzt.
7. Das **Betreten** der Versuchsflächen: Ist ein Begehen der Flächen nicht möglich, kann dies zu einer Verfälschung der Schätzung führen (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

Maßgebend für die Schätzgenauigkeit sind zusätzlich die subjektive Verfassung, der Ausbildungsgrad, aber auch die Erfahrung und Routine der BearbeiterInnen. So gehen PERATONER und PÖTSCH davon aus, dass Erhebungen am Morgen genauer sind, als jene, die nach einem langen Arbeitstag durchgeführt werden. Generell führen Vorkenntnisse hinsichtlich der anzutreffenden Arten dazu, dass die Schätzung schneller und genauer stattfindet. Es ist außerdem zu empfehlen, Schätzungen längerfristig von derselben Person durchführen zu lassen. Dadurch kann der subjektive Schätzfehler, als immer gleichwertig eingestuft werden und verlässliche Aussagen zwischen den unterschiedlichen Erhebungen können getroffen werden (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

Dennoch muss die Methode immer auf den Untersuchungsrahmen abgestimmt werden. Der große Vorteil einer subjektiven Methode wie der Deckungsgradschätzung ist sicherlich die Zeitersparnis und meist auch die Unabhängigkeit von Gerätschaften. Hingegen kann mit einer

objektiven Methode, wie der Frequenzanalyse ein geringerer Grad an Fehlern und eine bessere Vergleichbarkeit erzielt werden (vgl. TRAXLER, 1997, 96ff). Die Frequenzanalyse wird in Kapitel 4.4.2.1 näher beschrieben.

Wichtig bei vegetationskundlichen Erhebungen ist die Auswahl eines geeigneten Parameters für die Beschreibung der botanischen Zusammensetzung eines Pflanzenbestandes. In der Grünlandforschung ist es meist so, dass eine reine Auflistung der vorhandenen Arten in einem Pflanzenbestand nicht ausreichend ist, um daraus relevante Informationen zu gewinnen. Daher besitzen in diesem Zusammenhang quantitative Parameter, wie Dichte, Deckungsgrad, Frequenz und Ertragsanteil eine bedeutsamere Aussagekraft, als qualitative Parameter (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

#### 4.4.2 Aufnahmeparameter

Im Nachfolgenden werden die Parameter Dichte, Deckungsgrad, Frequenz und Ertragsanteil kurz erläutert. Die für diese Arbeit entscheidenden Parameter werden dabei etwas näher betrachtet.

Als **Dichte** wird die Anzahl von Einzelpflanzen auf einer bestimmten Fläche bezeichnet. Wichtig ist die Erfassung dieses Parameters für Bestandslenkungs- und Bekämpfungsmaßnahmen. In der Praxis ist dabei oftmals bei ausläuferbildender Vegetation oder auch mehrstängeligen Pflanzen das Problem, dass eine Unterscheidung der einzelnen Individuen nicht immer möglich ist (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

Der **Deckungsgrad** ist für die vorliegende Arbeit ein wichtiger Parameter, um Aussagen über die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes treffen zu können. Dabei versteht man unter einem Deckungsgrad, die Fläche die bei vertikaler Betrachtung von lebendem vegetativem Material bedeckt ist. Hierbei wird meist ersichtlich, dass der Bestand nicht vollkommen geschlossen ist, sondern auch vegetationsfreie Flächen vorhanden sind. Zur Errechnung der projektiven Deckung werden diese Flächen von der Gesamtaufnahmefläche abgezogen (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff). Wird von einer projektiven Deckung von 80% gesprochen, so sind 20% der Fläche nicht von lebender Vegetation bedeckt.

Unter einer projektiven Deckung wird daher verstanden, dass bei vertikaler Betrachtung und Überlappung mehrerer Pflanzenteile nur der oberste Pflanzenteil beachtet wird und eine Gesamtdeckung von 100% nicht überschritten werden kann (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff). In der englischen Literatur wird dies auch als „top cover“ bezeichnet (vgl. GREIG-SMITH, 1983, 360).

Nicht immer ist die Betrachtung der Vegetation von Relevanz, so wird in bestimmten Fällen die Lückigkeit des Bestandes zur Bewertungsgrundlage herangezogen. Eine weitere Möglichkeit ist, die Betrachtung aller Pflanzenteile, also auch jener, die von anderen überdeckt werden. Demzufolge kann der Gesamtdeckungsgrad 100% auch überschreiten (vgl. WHALLEY und HARDY, 2000; KRIMER, 2004, 447).

Die **Frequenz** wird als der Prozent des Ereignisses beschrieben, an denen eine explizite Art an einer bestimmten Menge von Untersuchungsstellen, diese können Punkte oder Flächen darstellen, vorkommt (vgl. MULLER-DOMBOIS und ELLENBERG, 1974; GREIG-SMITH, 1983 in: PERATONER und RÖTSCH, 2015, 547). Dies bedeutet also, dass die Frequenz ein künstlicher Parameter ist, der sich aus der Menge und der Verteilung ergibt (vgl. TRAXLER, 1997, 96ff).

Die Frequenz spielt eine bedeutende Rolle bei der Betrachtung von Vegetationsdynamikprozessen. Dabei werden Beobachtungsflächen über einen längeren Zeitrahmen immer wieder untersucht.

Als **Ertragsanteil** wird jener Teil beschrieben, der erntbare oberirdische Pflanzenteile einer Art oder auch Artengruppe beinhaltet. Dabei wird Bezug genommen auf den gesamten Trockenmasse-Ertrag (vgl. KLAPP, 1930 in VOIGTLÄNDER und VOSS, 1979, 197ff). Dieser Parameter wird vor allem verwendet, wenn Aussagen über die Futterproduktion oder auch die Futterqualität getroffen werden wollen (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff). Dieser Faktor ist bei der Untersuchung von extensiven Gründächern nicht von Bedeutung, da eine extensive Dachbegrünung so ausgelegt ist, dass der entstehende Anteil an Biomasse so gering ist, dass dieser von der Natur weitestgehend selbst verbraucht wird. Zusätzliche Pflegemaßnahmen sind nicht erwünscht und widerstreben dem Grundprinzip einer Extensivbegrünung.

Art	Dichte	Frequenz	Deckung	Ertragsanteil
	25	90(%)	80(%)	95(%)
	11	45(%)	10(%)	5(%)

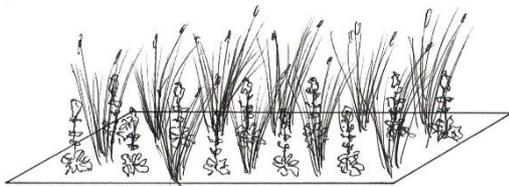


Abbildung 19: Ausprägung verschiedener Parameter in Abhängigkeit der Verteilung der Pflanzen im Bestand A, (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG 2018, vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff)

Art	Dichte	Frequenz	Deckung	Ertragsanteil
	25	90(%)	80(%)	95(%)
	11	10(%)	10(%)	5(%)

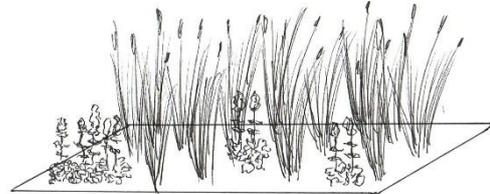


Abbildung 18: Ausprägung verschiedener Parameter in Abhängigkeit der Verteilung der Pflanzen im Bestand B, (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG 2018, vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff)

Die Bedeutung, aber auch die Aussagekraft der erstandenen Informationen stehen im engen Zusammenhang mit den verwendeten Parametern. Abbildung 18 zeigt eine Pflanzenart mit kleinen Individuen, die gleichmäßig auf der untersuchten Fläche verteilt sind. Demzufolge zeichnet sich dieser Bestand durch eine hohe Frequenz und Pflanzendichte aus, aber nur einem geringen Deckungsgrad und Ertragsanteil. Im Gegensatz dazu zeigt Abbildung 19 dieselbe Art, wenn sie nur an bestimmten Hotspots nesterweise auftritt. Daraus resultiert, dass die Frequenz bei gleichbleibender Pflanzendichte, abnimmt (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

Ist ein quantitatives Vorkommen von Arten als Ergebnis gewünscht so liefert der Deckungsgrad die notwendigen Informationen hierfür (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

#### 4.4.2.1 Frequenzanalyse

Die Frequenzanalyse ist eine objektive Aufnahmemethode, die wichtige Information zur Artmächtigkeit liefert (vgl. GRAISS und FLORINETH, 2005, 10ff).

Die nebenstehende Grafik zeigt einen Frequenzrahmen, der sowohl für die Ablotmethode, als auch für die Deckungsgradschätzung verwendet wird. Diese Methoden werden im nachstehenden Kapitel näher erläutert. Der Rahmen hat Abmessungen von 1 x 1 Meter. An den Seiten werden Löcher im Abstand von 10 Zentimeter in einer Linie gebohrt. Durch Einziehen von Schnüren entstehen in weiterer Folge 100 Teilflächen zu jeweils 10 x 10 Zentimeter. Zusätzlich entstehen 100 Schnittpunkte die für die Bestimmung des Deckungsgrades durch Abloten von Bedeutung sind (vgl. TRAXLER, 1997, 96ff).



Abbildung 20: Frequenzrahmen (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)

In manchen Fällen ist nicht klar feststellbar, ob eine Pflanze innerhalb der ausgewählten Fläche liegt oder nicht. Abhilfe schafft hier die Betrachtung der Bewurzelung (vgl. PREATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

#### Frequenzanalyse durch Abloten

Für diese Art der Vegetationsaufnahme wird, wie vorhin beschrieben, auch der Frequenzrahmen benötigt. Hierzu wird eine Eisenstange von fünf Millimeter Durchmesser an einer Schnur befestigt und an jedem der 100 Kreuzungspunkte im Frequenzrahmen abgesenkt. Dieser Vorgang wird auch als „Abloten“ bezeichnet. Beim Absenken des Eisenstabes werden verschiedene Parameter, wie lebende Pflanzen, abgestorbenes Material und Boden notiert. Dabei kann in weitere Unterkategorien unterteilt werden. Beispielsweise in Moose, Leguminosen, Kräuter, Gräser, abgestorbenes Material, Steine, offener Boden. Dadurch können Aussagen über die Häufigkeiten der verschiedenen Parameter getroffen werden (vgl. GRAISS und FLORINETH, 2005, 10ff).

Um eine wahrheitsgetreue Aussage über die Gesamtfläche treffen zu können, ist es unabdingbar, bei der Auswahl der Stellen für den Frequenzrahmen eine Homogenität zu schaffen. Zu einer Verfälschung der Daten würde ein Platzieren auf Flächen mit extrem hohem Deckungsgrad, beziehungsweise auch auf Flächen mit sehr geringem Bewuchs, führen. Es muss daher darauf geachtet werden, dass die ausgewählten Erhebungsstellen die Gesamtfläche bestmöglich widerspiegeln (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

Für die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten ist es außerdem wichtig, den Frequenzrahmen bei jeder Bonitur an derselben Stelle zu platzieren. Dies kann entweder durch genaues Einmessen geschehen, oder bei Flächen, die nicht betreten werden, durch Markierungspunkte, wie beispielweise Holz- oder Metallstäbe. Wichtig hierbei ist es, darauf zu achten, die Dachabdichtung nicht zu verletzen. Daher sind für das Arbeiten auf extensiven dünnschichtigen Dachbegrünungen Holzstäbchen zu empfehlen.

#### 4.4.2.2 Projektive Deckungsgradschätzung bzw. Flächenprozentschätzung (adaptierte Version)

Traxler (1997) bezeichnet die visuelle Deckungsgradschätzung als die häufigste Methode, die für vegetationsökologische Monitorings angewandt wird. Die Gründe dafür sind ihre Einfachheit, ihre Schnelligkeit, aber auch ihre Genauigkeit.

Die HBLFA Raumberg-Gumpenstein verwendet eine leicht adaptierte Form der Deckungsgradschätzung, hier auch Flächenprozentschätzung genannt. Als Grundlage für pflanzensoziologischen Aufnahmen von Pflanzbeständen im Grünland dient die Methode von Braun-Blanquet (1951). Schechtner (1958) hat diese wie folgt weiterentwickelt: Nach Schechtner werden nicht, wie in der Pflanzensoziologie und Botanik ordinale Skalen verwendet, sondern den Gruppen und Einzelarten Prozente zugeteilt (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

Bei der Bonitur, die für diese Arbeit angewendet wird, sieht die Aufteilung folgendermaßen aus:

1. **Deckung Vegetation:** Alle oberirdischen lebenden vegetativen Elemente. Weitere Unterteilung der Gesamtdeckung in Gräser, Kräuter und Leguminosen.
  - a. Deckung Gräser
  - b. Deckung Kräuter
  - c. Deckung Leguminosen
2. **Deckung Nicht-Vegetation:** Alle Bereiche, die nicht von lebender Vegetation bedeckt sind. Dazu zählen abgestorbenes Material, Moos, offener Boden und Steine.
  - a. Deckung abgestorbenes Material
  - b. Deckung Moos/Flechten
  - c. Deckung offener Boden
  - d. Deckung Stein

Alle Kategorien ergeben zusammen 100%. In weiterer Folge werden die Gruppen in Einzelarten unterteilt und die Prozente der Hauptgruppe auf die Einzelarten aufgeteilt. Dies bedeutet also, dass bei einem Gräseranteil von 25% diese auf die vorgefundenen Einzelarten prozentuell aufgeteilt werden müssen. Alle Gräser ergeben aufsummiert 25%. Wird bei einer Art nur ein Individuum vorgefunden, so wird dieses mit 0,1 bewertet. Um die Angabe zu kontrollieren, ist es sinnvoll, die Beobachtungsflächen mit einander zu vergleichen. Dadurch wird sichtbar, ob die Schätzung zu hoch oder zu niedrig angesetzt wurde (vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff).

#### Schätzrahmen (Frequenzrahmen)

Auch bei der Deckungsgradschätzung kann ein Frequenzrahmen, der auch oftmals Schätzrahmen genannt wird, verwendet werden. Hierbei ist, wie vorhin bereits erwähnt, oftmals nicht klar, ob eine Pflanze innerhalb oder außerhalb des Rahmens liegt. Obwohl die Bewurzelung Abhilfe schaffen kann, besteht noch immer eine gewisse Restsubjektivität. Damit ist festzuhalten, dass die Größe des Rahmens eine nicht unwesentliche Rolle bei Schätzgenauigkeit spielt. Je kleiner der Schätzrahmen, desto höher sind seine Randanteile in Bezug zu seiner Aufnahmefläche. Dadurch steigt auch die Häufigkeit, Entscheidungen zu treffen, ob eine Pflanze innerhalb des Rahmens liegt oder auch nicht (vgl. MÜLLER-DOMBOIS und ELLENBERG, 1974, 547), bzw. diese falsch zuzuordnen.

Wie auch schon bei der Frequenzanalyse durch Abloten muss auch hier für eine Vergleichbarkeit der erhobenen Daten der Schätzrahmen immer wieder an der gleichen Stelle positioniert werden.

## 4.5 Bodenphysikalische Untersuchungen

Im Zuge der Bearbeitung der Versuchsflächen wurden auch bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt, welche in dem nachfolgenden Unterkapitel erläutert werden.

Die Auswertung der Versuche fand Großteils am Gelände der HBFLA Raumberg Gumpenstein statt, da hier das entsprechende Equipment vorhanden war. Zusätzlich wurde, für eine genauere Untersuchung der Bodenparameter eine Bodenprobe der Versuchsflächen ZU-860 an die ARGES in Wien geschickt. Relevante Parameter werden in Kapitel 5.1.2 näher beschrieben. Alle weiteren untersuchten Parameter sind im Anhang 10 zu finden.

Wie bereits im Kapitel 3.5.2 erwähnt, ist das Zusammenspiel zwischen Luft- und Wassergehalt von äußerst wichtiger Bedeutung für eine dauerhafte Begrünung eines Daches. Verantwortlich dafür sind Standort- und Materialeigenschaften, wie die Lagerungsdichte, der Bodenwassergehalt, das Wasserrückhaltevermögen, die Korngrößenverteilung und die Zusammensetzung der Kornfraktionen.

Da im Zuge der Untersuchung des Wasserrückhaltevermögens ein Berechnungsversuch auf den Versuchsflächen ZU-860 durchgeführt wurde, fanden auch Erhebungen zur Lagerungsdichte und zum Bodenwassergehalt, jeweils vor und nach der künstlichen Beregnung, statt. Aufnahmezeitpunkt aller bodenphysikalischen Untersuchungen war jeweils der 9.8.2017 und der 26.9.2017.

### 4.5.1 Lagerungsdichte/Trockenraumdichte

Die Lagerungsdichte, die zumeist auch als scheinbare Dichte, Raumdichte oder Schüttdichte bezeichnet wird, ist ein Kennwert für die Angabe der Verdichtung eines Bodens (vgl. SLAWITSCH, 2014, 44). Sie ergibt sich aus dem Verhältnis der Masse der feuchten Probe ( $m_f$ ) zum Gesamtvolumen der Probe (vgl. DURNER u. IDEN, 2011, 15). Diese besteht neben den festen Bestandteilen auch aus Poren, die mit Gas oder Flüssigkeit gefüllt sind (vgl. HARTE u. HORN, 2009, 178).

*„In der Bodenkunde ist es üblich, die Masse des Wassers durch den sich oft wechselnden Wassergehalt auszuschließen und die Dichte des ofentrockenen Bodens, die Trockenraumdichte bei 105°C anzugeben, die die Festsubstanz in einer Volumeneinheit bestimmt.“ (SLAWITSCH, 2014, 44).*

Die Lagerungsdichte wird in  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  angegeben und berechnet sich wie folgt:

$$\rho_f = \frac{m_f}{v_g}$$

$\rho_f$  beschreibt dabei die Dichte des ofentrockenen Bodens [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] und  $m_f$  den Masseanteil der Festsubstanz [kg], der Bestandteil des Volumens  $V_g$  [ $\text{m}^3$ ] ist (vgl. SCHEFFER u. SCHACHTSCHABEL, 2010, 578).

**Versuchsdurchführung** (In Anlehnung an DIN 18127 Baugrund Proctorversuch und an die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18035 Sportplätze)

Für die Bestimmung der Dichte wurden auf den Versuchsflächen von Versuch ZU-860 an neun Stellen Stechzylinder mit einem Volumen von  $100 \text{ cm}^3$  entnommen und diese anschließend

für 16 Stunden bei 105 Grad getrocknet. Nach Ablauf der Trocknungsphase wurden die Proben aus dem Trockenschrank genommen und für etwa zwei Stunden zum Abkühlen in einen Exsikkator, der mit Kieselgel gefüllt ist, gestellt. Dadurch wird verhindert, dass die Proben in der Abkühlungsphase sofort wieder Luftfeuchtigkeit aufnehmen und somit die Ergebnisse verfälscht werden. Nach der Abkühlungsphase wurden die Proben gewogen und die Dichte nach der bereits beschriebenen Formel berechnet.



Werkzeug zur Entnahme von Bodenproben mithilfe von Steckzylindern



Steckzylinderentnahme mittels Hammer



Entnommene Bodenprobe im Steckzylinder



Trocknungsphase der Bodenproben im Trockenschrank



Befüllen des Exsikkators mit den getrockneten Bodenproben



Auskühlungsphase im Exsikkator (mit Kieselgel)

Abbildung 21: Ablauf Bodenprobenentnahme mittels Steckzylinder (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)

#### 4.5.2 Bodenwassergehalt

Eine möglichst lange Speicherung des Niederschlagswassers am Dach ist nicht nur für die Vegetation von großer Bedeutung, sondern findet auch in der Stadtverwaltung großen Anklang. Gründe dafür sind unter anderem die Minimierung der Kosten für den Kanalbau und dessen Instandsetzung durch Entlastung des Kanalnetzes durch den Wasserrückhalt, aber auch die Steigerung des Sicherheitsaspektes, da Folgeschäden von Starkregenereignissen deutlich reduziert werden können. (vgl. STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 8f.). Dies bedeutet, dass Gründächer einen wesentlichen Beitrag leisten, um das Kanalnetz zu entlasten und Überflutungen entgegenzuwirken (vgl. VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2014, 5).

Damit soll verdeutlicht werden, welchen wichtigen Stellenwert Wasser am Dach hat und warum im Zuge dieser Masterarbeit Untersuchungen hierzu gemacht wurden.

Für die Auswertung mittels Stechzylinder wird als Bodenwassergehalt jener Anteil bezeichnet, der nach einer Trocknungsphase von 16 Stunden bei 105 Grad aus der Probe entfernt wurde. Dieser Zustand wird in der Fachliteratur als ofentrocken bezeichnet (vgl. SCHEFFER u. SCHACHTSCHABEL, 2010, 578).

Neben der Bestimmung des Bodenwassergehalts mittels Entnahme von Stechzylindern wurden auch Messungen mithilfe eines Handmessgerätes (FP-TDR-GS3 mit Auslesegerät ProCheck- Decagon Devices) durchgeführt.



Abbildung 22: Messgerät zur Bestimmung des Bodenwassergehalts, des Salzgehalts und der Temperatur (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)

**Versuchsdurchführung Stechzylinder** (In Anlehnung an DIN 18127 Baugrund Proctorversuch und an die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18035 Sportplätze)

Wie bereits bei der Dichtebestimmung wurden Stechzylinder mit einem Volumen von 100 cm<sup>3</sup> an neuen Punkten der Versuchsflächen ZU-860 entnommen. Probenentnahmen fanden sowohl vor, als auch nach der künstlichen Beregnung statt. Genauere Information zum Beregnungsversuch siehe Folgekapitel.

Die entnommenen feldfeuchten Proben wurden sofort nach Entnahmen gewogen und anschließend bei 105 Grad für 16 Stunden getrocknet. Nach der Abkühlphase fand erneut eine Wiegung statt. Anschließend wurde der gravimetrische Bodenwassergehalt wie folgt berechnet:

$$\theta_G = \frac{(EW - AW)}{(EW)}$$

$\theta_G$  bezeichnet dabei den Bodenwassergehalt, auch Bodenfeuchte genannt in [Gew. %], EW das Gewicht der feldfeuchten Proben [g] und AW das Gewicht der getrockneten Probe [g] (vgl. HARTGE u. HORN, 2009, 178).

### Versuchsdurchführung Messgerät

Bei der Bodenfeuchtemessung mittels Messgeräte wurden die Messpunkte im gleichen Bereich der Stechzylinderentnahmestellen gewählt, um eine möglichst idente Ausgangssituation zu gewährleisten. Dabei wurde der Fühler vollständig in das Substrat eingestochen und die angezeigten Daten (Bodenwassergehalt, Temperatur und Salzgehalt) notiert. Dieser Vorgang wurde an allen neun Messpunkten, jeweils vor und nach der Beregnung, wiederholt.

Zusätzlich wurden auch Messungen auf den Dachflächen des Internatsgebäudes ZU-1017 vorgenommen. Die Messpunkte orientieren sich dabei an den Bereichen der Vegetationsaufnahmen. Insgesamt wurden auf diesen Versuchsflächen zwölf Messungen durchgeführt.

### 4.5.3 Salzgehalt

Der Salzgehalt in einem Dachsubstrat ist neben zuvor genannten Aspekten, wie dem Luft- und Wasserhaushalt und den Eigenschaften der Substratschüttstoffe, ein bestimmender Faktor für das Pflanzenwachstum. So führt ein zu hoher Salzgehalt zu einer Schädigung der Vegetation und zur dauerhaften Degradierung des Substrates (vgl. LENNTECH, 2017, o.S.). Für Intensivbegrünung wird ein Optimalwert von unter sechs Gramm pro Liter angegeben. Für Extensivbegrünungen sind es drei Gramm Liter. Dennoch wird empfohlen auf einen möglichst geringen Salzgehalt zu achten da einige Pflanzen schlecht damit zurechtkommen (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 31).

Der Salzgehalt in einem Substrat wird nach dem Anteil an gelösten Stoffen angegeben (mg/l). In der Literatur auch als TDS (total dissolved solids) bezeichnet. Die Salzkonzentration in einem Substrat kann außerdem über die elektrische Leitfähigkeit (EC) bestimmt werden. Dabei wird die Konzentration an Salzen, anhand der Ionenaktivität und deren elektrischer Leitfähigkeit, ermittelt. Sie wird in den meisten Fällen in microSiemens pro Centimeter ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) angegeben (vgl. LENNTECH, 2017, o.S.).

Die elektrische Leitfähigkeit (EC) und der TDS stehen dabei in einer nicht linearen Beziehung zueinander. Um dies auszugleichen, wird in diesem Fall folgende Näherungsgleichung angewandt (vgl. DIECKMANN, 2014, 9):

$$\text{TDS (mg/l)} = 0,64 * \text{EC } (\mu\text{S}/\text{cm})$$

#### **Versuchsdurchführung**

Wie bereits bei den Untersuchungen zum Bodenwassergehalt wurde hier ebenfalls das Handmessgerät (FP-TDR-GS3 mit Auslesegerät ProCheck- Decagon Devices) verwendet. Dieses sendet elektrischen Strom durch das Substrat und misst dabei den Widerstand des Materials gegen den zugeführten Strom. Eine Umstellung des Anzeigemodus war nicht notwendig und somit konnte die Werte direkt abgelesen werden.

Der Salzgehalt wurde wie folgt berechnet:

$$1 \text{ dS/m} = 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$$

$$\text{TDS (mg/l)} = 0,64 * \text{EC } (\mu\text{S}/\text{cm})$$

$$1000 \text{ mg} = 1 \text{ g}$$

Da die Einheiten des Messgerätes nicht denen der anzuwendenden Formel entsprechen haben, musste sie umgerechnet werden. Gleiches galt für die Einheiten der Ergebnisse, da dies nicht mit den Vorgaben aus der ÖNORM L1131 vergleichbar waren.

Neben der Bestimmung des Bodenwassergehalts und des Salzgehaltes konnten auch Daten zur Temperatur des Substrates erhoben werden.

### 4.5.4 Wasserrückhaltevermögen

Ein weiteres wichtiges Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war es, Daten zum Wasserrückhaltevermögen einer extensiven Dachbegrünung zu generieren. So wurden im Zuge der Vegetationsaufnahmen auch zwei Beregnungsversuche auf den Versuchsflächen der Gärtnerei (ZU 860) durchgeführt. Die vorgefundenen baulichen Gegebenheiten der Versuchsflächen spielten dabei eine wichtige Rolle. Aufgrund des künstlichen Dachaufbaus, der in eine Aluminiumwanne eingebettet ist, und dem integrierten Abfluss pro Dach/Versuchsfläche konnten Aussagen über die Wasserhaltekapazität, die

Wasserdurchlässigkeit, den genauen Zeitpunkt der Wassersättigung und die Durchflussmenge getroffen werden.

### Versuchsdurchführung



Abbildung 23: Beregnungsversuch Versuchsfläche ZU-860 (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)

Der erste der beiden Beregnungsversuche wurde am 9.8.2017 durchgeführt. Dabei wurden einige Tage vor Durchführung des Versuchs die Versuchsflächen mittels Holzkonstruktion und Planen in Form eines Schrägdaches abgedeckt. Der Grund dafür war die Schlechtwetterprognose, die einen Beregnungsversuch auf einem völlig gesättigten Boden sinnlos gemacht hätte. Bei der Überdachung der Flächen wurden einige wichtige Parameter beachtet:

- Die Dauer der Überdachung auf das Minimum der Niederschlagsphase(n) zu reduzieren;
- Einen raschen und gezielten Abfluss des Niederschlagswassers auf den Planen zu gewährleisten;
- Die Konstruktion gegen Abheben durch Windereignisse zu schützen;
- Genügend Abstand zur Vegetation einzuhalten, damit diese nicht maßgebend beeinflusst wird.

Anschließend fand eine Bewässerung der Versuchsflächen per Hand mittels einer Sprühdüse statt. Dabei wurden gleichmäßig 90 Liter mit einem Druck von zwei Bar innerhalb von fünf Minuten auf dem ersten Dach (vorne im Bild) aufgebracht. Nach Ablauf der fünf Minuten wurde auf Dach zwei (mittig im Bild) gewechselt, danach auf Dach drei (hinten im Bild). Im Anschluss an Dach drei wurde der Vorgang, wie gerade beschrieben auf allen drei Dachflächen wiederholt. Damit wurden insgesamt 20 Liter pro Quadratmeter innerhalb von 15 Minuten aufgebracht. Diese Werte orientieren sich an einem ortsüblichen Regenereignis.

Während der Bewässerung der Flächen wurden am unteren Ende der Anlage, wo sich die Messstation befindet, Kübel unterhalb der Abflussrohre aufgestellt. Außerdem wurde eine Waage positioniert, um die aufgefangene Wassermenge messen zu können. Die Kübel wurden zu Beginn ausgewogen und nummeriert, damit die Daten nicht verfälscht werden. Eine Ausleerung der Kübel fand immer bei fast vollständiger Füllung statt.



Abbildung 24: Messstation/Auffangbecken des Beregnungsversuchs ZU-860 (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)

Anschließend konnte unter anderem auch die Abflusskennzahl C wie folgt berechnet werden:

$$C = \frac{\text{Wasserabfluss in Liter in 15 Minuten}}{\text{Niederschlagsmenge in Liter in 15 Minuten}} \times \text{Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Fließlänge}$$

Je höher die Fließlänge, desto größer auch der Korrekturfaktor. Roth-Kleyer et al. (2004) gibt dazu folgenden Werte an:

- Bei zehn Meter Fließlänge ist ein Korrekturfaktor von 1,0 zu berücksichtigen
- Bei 5 Meter ist es ein Faktor von 0,72
- Bei 2,5 Meter nur noch 0,65 (vgl. ROTH-KLEYER et al., 2004, 37f).

Wie bereits erwähnt, wurden auch hier vor und nach dem Beregnungsversuch Stechzylinderproben mit 100 Kubikzentimeter entnommen, um wichtige Aussagen über den Bodenwassergehalt vor und nach dem künstlichen Niederschlag treffen zu können.

Die Ergebnisse dieser Messungen sind ein wichtiger Bestandteil der anschließenden Auswertung und Diskussion.

#### 4.5.5 Korngrößenverteilung

Die Bedeutung der Verteilung der einzelnen Fraktion wurde in Kapitel 3.5.2 schon umfassend beschrieben. Dennoch werden die wichtigsten Eigenschaften hier nochmals kurz erläutert. Besitzt ein Dachsubstrat einen hohen Anteil an Kleinstkorn, so führt dies zu einem schnelleren Verschlämmen des Dachaufbaus und in weiterer Folge auch zu einer höheren Wasserhaltekapazität. Im Gegensatz dazu führen hohe Anteile an großen Kornfraktionen dazu, dass Wasser nicht lange am Dach gehalten werden kann und so die Lebensbedingungen für viele Pflanzengesellschaften erschwert werden (vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 27).

Für die Korngrößenverteilung von Korngrößen über 0,063 Millimeter, dazu zählen Sand, Kies und Steine wird die Methode der Trockensiebung angewandt. So auch in diesem Fall (vgl. INGENIEURBÜRO FÜR MATERIALREPORTS UND UMWELTANALYTIK GMBH, 2017, o.S.).

## Versuchsdurchführung

Zur Ermittlung der Korngrößenverteilung des entnommenen Substrates wird eine Siebanalyse durchgeführt (vgl. INGENIEURBÜRO FÜR MATERIALREPORTS UND UMWELTANALYTIK GMBH, 2017, o.S.).

Als Ausgangsmaterial für den Versuch wurden getrocknete Stechzylinderproben der vorherigen Versuche verwendet und vorab gewogen. Die Proben kamen anschließend zur Trockensiebung. Dabei werden mehrere Siebe in unterschiedlichen Maschenweiten übereinandergelegt und auf eine Siebmaschine gespannt. Dadurch entsteht ein sogenannter Siebturm, wie Abbildung 25 zeigt. Für die Aufteilung der einzelnen Fraktionen wird die zu analysierende Probe für eine bestimmte Zeitspanne einer definierten Bewegung ausgesetzt (vgl. INGENIEURBÜROS FÜR MATERIALREPORTS UND UMWELTANALYTIK GMBH, 2017, o.S.).



Abbildung 25: Siebturm (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017)

Anschließend werden die einzelnen Rückstände der unterschiedlichen Siebe gewogen, in Prozent zur Gesamtmasse umgerechnet und aufsummiert als Sieblinie dargestellt (TECHNISCHE UNIVERSITÄT HAMBURG, 2017, o.S.). Durch die grafische Aufarbeitung der Daten können diese mit den Vorgaben aus der ÖNORM L1131 und der FLL verglichen werden.

Dieses Verfahren wurde nur für den Versuch ZU-860 durchgeführt. Für das verwendete Material am Internatsgebäude (ZU-1017) gibt es einen Prüfbericht vom Hersteller. Die Ergebnisse beider Untersuchungen werden im Kapitel 5 erläutert.

## 4.6 Methoden der statistischen Auswertung

Im folgenden Kapitel werden die Methoden zur statistischen Auswertung kurz vorgestellt und erläutert.

Eine statistische Auswertung dient in erster Linie dazu, Messwerte (Daten) in lesbare Information umzuwandeln und dadurch eine Basis für Interpretationen und Entscheidungen zu schaffen. Dabei werden die Daten soweit zusammengefasst, dass sich ein klares Bild herauskristallisiert. Sozusagen werden Besonderheiten/Auffälligkeiten hervorgehoben, die in weiterer Folge interpretiert werden können (vgl. BAUMANN, 2015, 11).

### 4.6.1 Deskriptive Statistik

Durch die deskriptive oder auch beschreibende Statistik werden Ergebnisse, also gesammelte Daten übersichtlich dargestellt (vgl. BAUMANN, 2015, 26). Dabei werden die erhobenen Daten eines Merkmals anhand von Kenngrößen, wie z.B. dem arithmetischen Mittel und der Standardabweichung zusammengefasst. Dadurch können Aussagen über die Grundgesamtheit getroffen werden (KURZHALS, 2015, 15).

## **Grundgesamtheit**

Als Grundgesamtheit wird jene Menge bezeichnet, für die Aussagen getroffen werden (vgl. KURZHALS, 2015, 24).

## **Stichprobe**

Da eine Vollerhebung der Grundgesamtheit in den meisten Fällen nicht möglich ist oder auch nicht sinnvoll erscheint, werden Stichproben verwendet. Sie sind als ausgewählte Teilmengen der Grundgesamtheit zu sehen und bilden dabei ein möglichst repräsentatives Abbild dieser (vgl. BAUMANN, 2015, 23).

## **Repräsentativität**

Eine absolut repräsentative Stichprobe ist in der Realität kaum möglich. Generell ist aber darauf zu achten, dass die Auswahl der Teilgesamtheit so gewählt wird, dass die Ergebnisse die Grundgesamtheit möglichst genau widerspiegeln (vgl. BAUMANN, 2015, 23f). Wird dies auf eine Dachbegrünung übertragen, die nicht komplett bonitiert werden kann, so ist drauf zu achten, dass die Versuchsflächen das Gesamtbild der Vegetation gut repräsentieren. Demnach sollten die Parzellen über das gesamte Dach verteilt werden. Zur Verfälschung des Ergebnisses würde eine Platzierung der Versuchsflächen auf Bereichen mit extrem hoher Deckung oder auf Bereichen mit extrem geringer Deckung führen. Wenn die Stichproben als repräsentativ einzustufen sind, dann besitzen sie Allgemeingültigkeit (vgl. BAUMANN, 2015, 23f).

## **Normalverteilung**

Da die Datensätze der einzelnen Varianten mit drei Wiederholungen gering sind, und somit eine grafische Überprüfung oder eine statistische Testung als nicht sinnvoll erscheint, wird im Zuge dieser Masterarbeit auf eine Prüfung der Daten auf Normalverteilung verzichtet. Die nachfolgenden Voraussetzungen wurden für die statistische Auswertung angenommen.

Die gemessenen Werte (Zählwerte) der Ablotmethode können als normalverteilt betrachtet werden und können damit varianzanalytisch statistisch analysiert werden. Die Werte, die über die Ablotmethode erhoben wurden, spiegeln sich auch in den vergleichbaren Werten der Deckungsgradschätzung wieder, deshalb kann auch für diese erhobenen Daten die Varianzanalyse verwendet werden (vgl. GRAISS, 2004, 101).

## **Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA)**

Aufgrund der angenommen normalverteilten Daten und der zu beantwortenden Forschungsfragen kommt für die Auswertung der Datensätze eine Varianzanalyse zum Einsatz. Sie überprüft ob zwischen den Mittelwerten von mehreren unabhängigen Stichproben Unterschiede vorliegen, die in Verbindung mit einer abhängigen Variable (Faktor) gebracht werden können (vgl. ENZLER u. SCHWARZ, 2018, o.S.).

## **SPSS**

Für das Weiterarbeiten mit den Daten aus den Aufnahmen wurden diese zuerst im Programm Excel Version 2016 entsprechend den Vorgaben aus SPSS sortiert. Danach konnten die Datensätze in SPSS Version 24 importiert werden. Nach dem Import wurden die Labels der unterschiedlichen Datensätze bearbeitet. Dies ist vergleichbar mit dem Schreiben eines Codebuchs. Danach folgte die eigentliche Analyse:

Unter der Rubrik Analyse ->Compare Means -> One-Way ANOVA wurde die einfaktorielle Varianzanalyse ausgewählt (One-Way ANOVA). Danach folgte die Auswahl der Variablen, die getestet werden sollten, wie beispielsweise Deckung der gesamten Vegetation, Deckung der

Kräuter, Deckung der Gräser und so weiter. Zusätzlich musste der Factor festgelegt werden, also welche Gruppen (Varianten) verglichen werden.

Als Ergebnis dieser statistischen Berechnung folgt eine Tabelle, die Auskunft über die Signifikanz der Vergleiche liefert. Zeigen die Ergebnisse der Tests eine Signifikanz von unter 0,05, so liegt ein statistisch bewiesener signifikanter Unterschied vor.

Neben den statistischen Berechnungen mittels SPSS wurden auch grafische Darstellungen über die Verteilung der Daten mittels Boxplots statt. Nähere Informationen zur Funktionsweise von Boxplots sind dem Vortext in Kapitel 5.3 zu entnehmen.

## 5 Auswertung und Ergebnisse

### 5.1 Bodenphysikalische Auswertungen

#### 5.1.1 Lagerungsdichte und Bodenfeuchte

Wie bereits im Methodenkapitel beschrieben, wurden im Zuge der Beregnungsversuche auch Stechzylinder mit 100 cm<sup>3</sup> vor und nach der Beregnung entnommen. Die nachfolgenden Tabellen liefern dabei wichtige Informationen zur Lagerungsdichte und zur Bodenfeuchte jeweils vor und nach der Beregnung.

Beregnungsversuch am 09.08.2017				
Dachfläche	1	2	3	Mittelwert
Lagerungsdichte VOR Beregnung	1,38 g/cm <sup>3</sup>	1,34 g/cm <sup>3</sup>	1,33 g/cm <sup>3</sup>	<b>1,35 g/cm<sup>3</sup></b>
Lagerungsdichte NACH Beregnung	1,44 g/cm <sup>3</sup>	1,44 g/cm <sup>3</sup>	1,49 g/cm <sup>3</sup>	<b>1,45 g/cm<sup>3</sup></b>
Bodenfeuchte VOR Beregnung	12,65 %	14,85 %	11,53 %	<b>12,98 %</b>
Bodenfeuchte NACH Beregnung	15,25 %	17,22 %	13,73 %	<b>15,4 %</b>

Tabelle 20: Bodenphysikalische Auswertung im Zuge des Beregnungsversuchs am 09.08.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

In Tabelle 20 sind die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen vom 09.08.2017 dargestellt. Vor der Beregnung konnten Lagerungsdichten zwischen 1,33 g/cm<sup>3</sup> und 1,38 g/cm<sup>3</sup> ermittelt werden. Die anschließende Beregnung von 20 l/m<sup>2</sup> in 15 Minuten führte zu einer Zunahme zwischen 0,06 und 0,16 g/cm<sup>3</sup>. Die Untersuchung hinsichtlich der Bodenfeuchte hat gezeigt, dass auf den Versuchsflächen die Bodenfeuchte vor der Beregnung zwischen 11,53 Prozent und 14,85 Prozent liegt. Nach dem Aufbringen von 20 l/m<sup>2</sup> lagen die Werte im Bereich von 13,73 Prozent und 17,22 Prozent.

Beregnungsversuch am 26.09.2017				
Dachfläche	1	2	3	Mittelwert
Lagerungsdichte VOR Beregnung	1,31 g/cm <sup>3</sup>	1,28 g/cm <sup>3</sup>	1,34 g/cm <sup>3</sup>	<b>1,31 g/cm<sup>3</sup></b>
Lagerungsdichte NACH Beregnung	1,38 g/cm <sup>3</sup>	1,41 g/cm <sup>3</sup>	1,39 g/cm <sup>3</sup>	<b>1,39 g/cm<sup>3</sup></b>
Bodenfeuchte VOR Beregnung	13,62 %	14,99 %	11,67 %	<b>13,42 %</b>
Bodenfeuchte NACH Beregnung	15,03 %	17,83 %	13,79 %	<b>15,55 %</b>

Tabelle 21: Bodenphysikalische Auswertung im Zuge des Beregnungsversuchs am 26.09.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Diese Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung über die Lagerungsdichte und die Bodenfeuchte, die im Zuge des Beregnungsversuches am 26.09.2017 durchgeführt wurden. Bei dieser Bodenprobenentnahme konnten vor der Beregnung für die Lagerungsdichte Werte zwischen 1,28 g/cm<sup>3</sup> und 1,34 g/cm<sup>3</sup> erzielt werden. Nach der Bewässerung fand eine Zunahme von 7 g/cm<sup>3</sup> auf Dach 1, von 13 g/cm<sup>3</sup> auf Dach 2 und von 5 g/cm<sup>3</sup> auf Dach 3 statt. Vor der Beregnung konnten für die Bodenfeuchte Werte zwischen 11,67 Prozent und 14,99 Prozent erreicht werden. Eine Beregnung mit 20 L/m<sup>2</sup> führt zu einer Zunahme der Lagerungsdichte. Die Untersuchungen zeigten Werten zwischen 13,79 und 17,83 Prozent.

#### 5.1.2 Salzgehalt

Die Ergebnisse der Messungen haben sowohl für die Versuchsflächen ZU-860 also auch für die Parzellen von ZU-1017 Salzgehaltswerte weit unter den anzustrebenden 0,1 Gramm pro Liter ergeben. Somit werden die Vorgaben aus der ÖNORM L1131 ( $\leq 3,0$  g/l) und der FLL ( $\leq 3,5$  g/l) auf allen Versuchsflächen erfüllt. Genauere Informationen zu den einzelnen

Ergebnissen sind den Tabellen im Anhang Seite 164 zu entnehmen. Eine weitere Bearbeitung ist für die vorliegende Arbeit nicht von Interesse.

### 5.1.3 Wasserhaltevermögen

Im nachstehenden Kapitel werden die Ergebnisse der beiden Beregnungsversuche vom 09.08.2017 und vom 26.09.2017 grafisch dargestellt und beschrieben. Die Versuchsdauer der beiden Beregnungsversuche ist aus witterungstechnischen Gründen nicht gleich. Im August konnte das Abflussverhalten der Dachflächen zwischen zehn und zwölf Stunden beobachtet. Hingegen im September mussten die Messungen nach zehn Stunden abgebrochen werden.

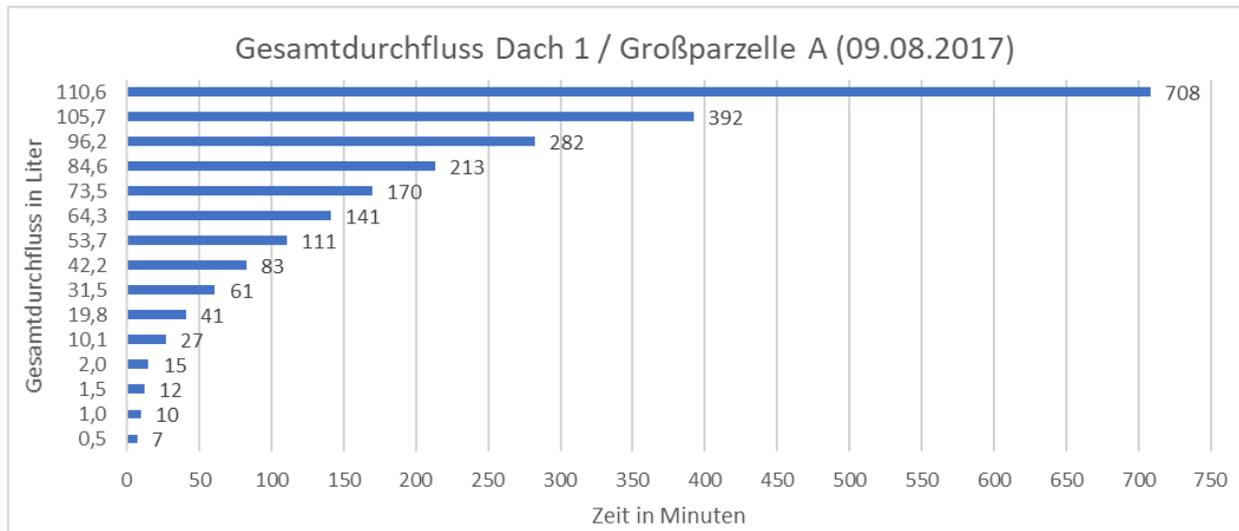


Abbildung 26: Gesamtdurchfluss Dach 1 / Großparzelle A am 09.08.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Dach 1 (Großparzelle A):** zeigt nach 15 Minuten einen Gesamtdurchfluss von zwei Litern. Zudem zeigt sich anhand der stetigen Zunahme der Balkenlänge, dass der Gesamtdurchfluss und die Durchflussintensität in enger Korrelation zueinanderstehen. Dies bedeutet, dass mit Zunahme des Gesamtdurchflusses eine Abnahme der Intensität des Durchflusses verzeichnet werden konnte. Das Durchflussverhalten dieser Versuchsfläche kann bis etwa drei Stunden nach Start des Versuches als relativ konstant betrachtet werden. Bis zu diesem Zeitpunkt sind zirka 100 Liter durchgeflossen. Danach nahm der Durchfluss rapide ab. Erst nach etwa sieben Stunden konnten weitere zwölf Liter gemessen werden.

Durchfluss nach 15 Minuten = 2 Liter  
Gesamtdurchfluss nach etwa 12 Stunden = 110,6 Liter

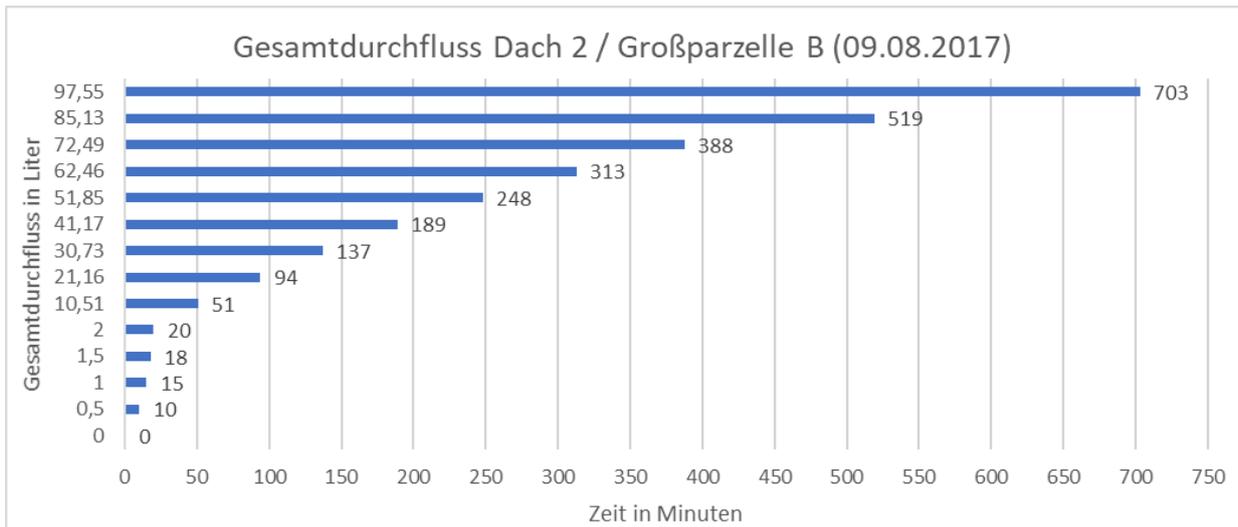


Abbildung 27: Gesamtdurchfluss Dach 2 / Großparzelle B am 09.08.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Dach 2 (Großparzelle B):** nach 15 Minuten ist bei dieser Versuchsfläche erst ein Liter durch den Dachaufbau durchgedrungen. Auffällig bei diesem Dach ist außerdem, dass das Abflussverhalten keine großen Veränderungen bis zum Ende aufzeigt. In diesem Fall kann der Abfluss als langsam und konstant betrachtet werden.

Durchfluss nach 15 Minuten = 1 Liter  
Gesamtdurchfluss nach etwa 12 Stunden = 97,55 Liter

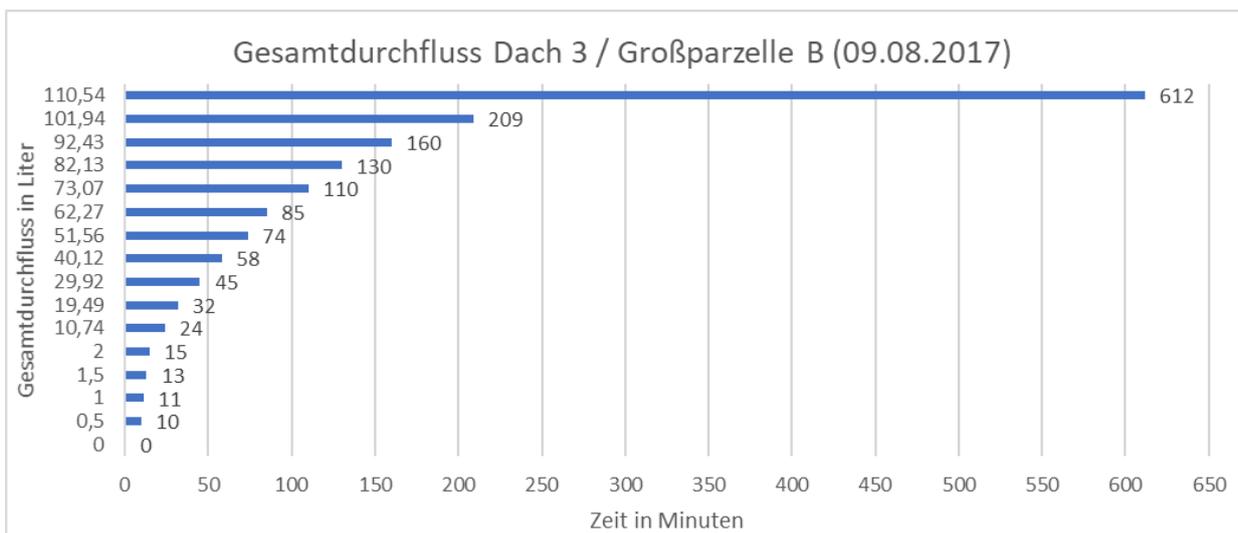


Abbildung 28: Gesamtdurchfluss Dach 3 / Großparzelle C am 09.08.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Dach 3 (Großparzelle C):** wie auf Dach 3 konnten hier nach 15 Minuten bereits zwei Liter Durchfluss gemessen werden. Hinsichtlich des Abflussverhaltens konnte beobachtet werden, dass bereits nach 3,5 Stunden über 100 Liter durch den Dachaufbau geflossen sind. In weiteren sieben Stunden wurden dann nur noch 8,5 Liter gemessen.

Durchfluss nach 15 Minuten = 2 Liter  
Gesamtdurchfluss nach etwa 10 Stunden = 110,54 Liter

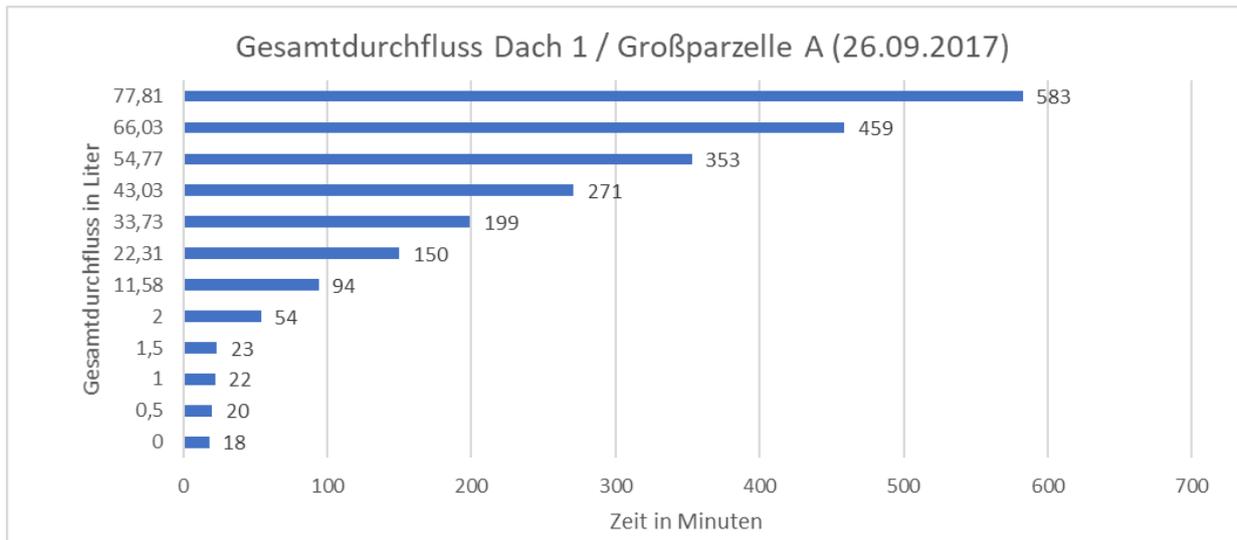


Abbildung 29: Gesamtdurchfluss Dach 1 / Großparzelle A am 26.09.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Dach 1 (Großparzelle A):** Im Vergleich zum Beregnungsversuch im August konnte im September bei dieser Versuchsfläche nach 15 Minuten noch kein Durchfluss beobachtet werden. Bei genauerer Betrachtung des Abflussverhaltens ist zu erkennen, dass während des gesamten Beobachtungszeitraumes ein relativ konstanter Durchfluss stattgefunden hat.

Durchfluss nach 15 Minuten = 0 Liter  
Gesamtdurchfluss nach etwa 10 Stunden = 77,81 Liter

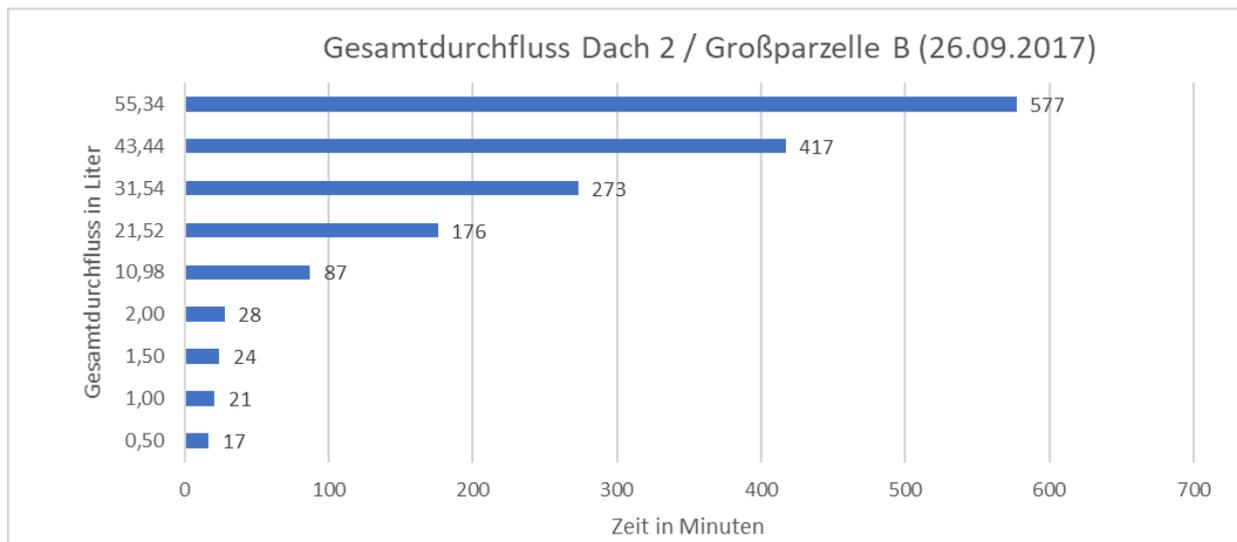


Abbildung 30: Gesamtdurchfluss Dach 2 / Großparzelle B am 26.09.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Dach 2 (Großparzelle B):** Der Beregnungsversuch vom 26.09.2018 zeigt für diese Dachfläche einen Gesamtdurchfluss nach 15 Minuten von unter 0,5 Litern. Zudem konnte beobachtet werden, dass das Wasser sehr langsam durch den Dachaufbau fließt und nach knapp zehn Stunden gerade einmal 55 Liter an Abflussmenge gemessen werden konnten.

Durchfluss nach 15 Minuten = unter 0,5 Liter  
Gesamtdurchfluss nach etwa 10 Stunden = 55,34 Liter

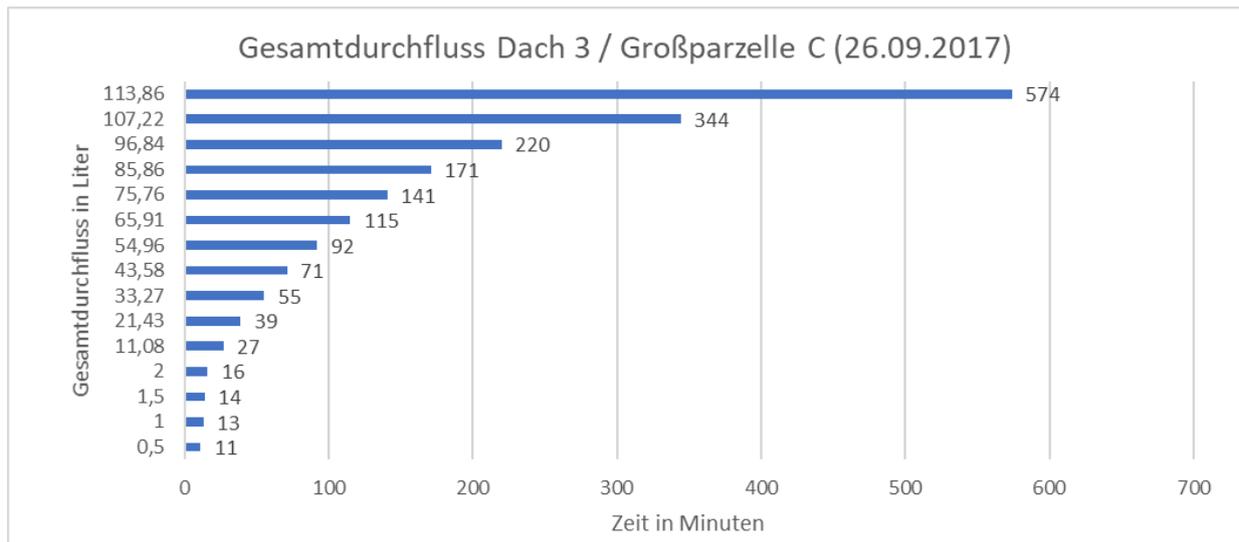


Abbildung 31: Gesamtdurchfluss Dach 3 / Großparzelle C am 26.09.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Dach 3 (Großparzelle C):** Bei Dach 3 konnten nach 15 Minuten bereits 1,5 Liter an durchgeflossenen Wasser gemessen werden. Hinsichtlich des Durchflussverhalten zeigte sich ein relativ rascher Durchfluss in den ersten vier Stunden mit fast 100 Liter. In den nächsten sechs Stunden konnten dann nur noch 17 Liter an Durchfluss beobachtet werden.

Durchfluss nach 15 Minuten = 1,5 Liter  
Gesamtdurchfluss nach etwa 10 Stunden = 113,86 Liter

## 5.1.4 Korngrößenverteilung

### Korngrößenverteilung 10.08.2018 | ZU-860

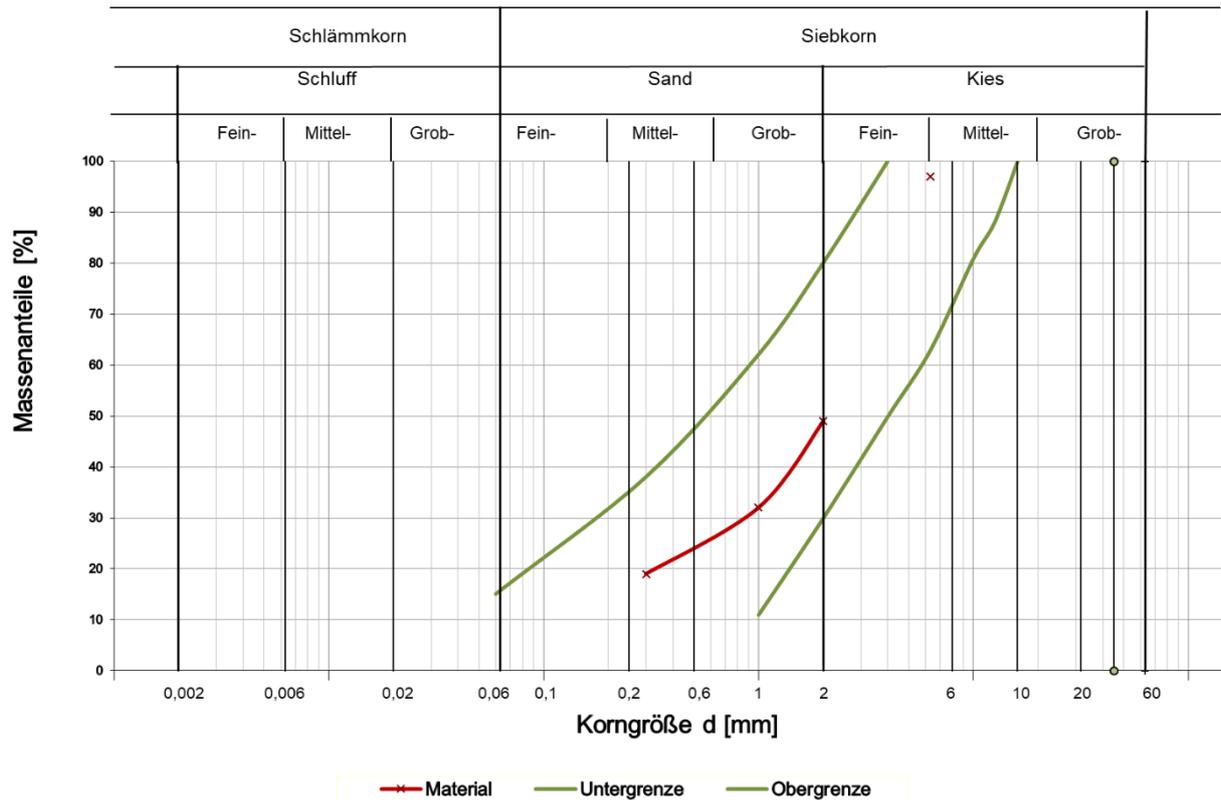


Abbildung 32: Korngrößenverteilung 10.08.2018 - ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, vgl. FLL, 2018)

Wie bereits erwähnt wurde im Zuge der Bodenprobenentnahmen auch eine Trockensiebung durchgeführt. Die Ergebnisse der Siebung sind in Abbildung 32 dargestellt. Die rote Linie stellt dabei die Korngrößenverteilung der Siebprobe dar. Die beiden grünen Linien markieren den Grenzbereich der laut FLL 2018 zulässigen Korngrößenverteilung für mehrschichtige Vegetationssubstrate extensiver Dachbegrünungen. Aufgrund von fehlenden Sieben im Maschenweitenbereich zwischen 2 und 6,3 Millimeter konnten bei der Durchführung der Trockensiebung für eben diese Korngrößen keine Daten erhoben werden. Demzufolge zeigt die rote Linie eine Unterbrechung. Dennoch ist ersichtlich, dass sich die Korngrößenverteilung des verwendeten Substrats im Normbereich befindet und somit als normgerecht bezeichnet werden kann.

## 5.2 Deskriptive Auswertung der Vegetationsaufnahmen mittels Excel

Im nachstehenden Kapitel werden die Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen der Versuchsflächen ZU-1017 (Internatsgebäude) und ZU-860 (Gärtnerei) grafisch und textlich dargestellt.

### 5.2.1 ZU-1017 Versuchsflächen Internat

In Tabelle 22 sind die unterschiedlichen Varianten der Versuchsflächen ZU-1017 kurz zusammengefasst. Zusätzlich liefert Tabelle 23 Informationen über die durchgeführten Erhebungen je Parzelle.

Variante	Parzelle	Aufbau Drainageschicht	Verortung	Saatgut
1	1,2,3	8/16 Liadrain, 4cm Aufbau	Wohntrakt (Internat)	Inneralpin S11
2	4,5,6	Wasserspeicherplatten „Diadrain NP40“	Turnsaal (Internat)	Inneralpin S11
3	7,8,9	8/16 Liadrain, 4cm Aufbau	Zwischen Photovoltaikanlage	nicht eingesät
4	10,11,12	8/16 Liadrain, 4cm Aufbau	Vor Photovoltaikanlage	Inneralpin S11

Tabelle 22: Zusammenfassung Varianten ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

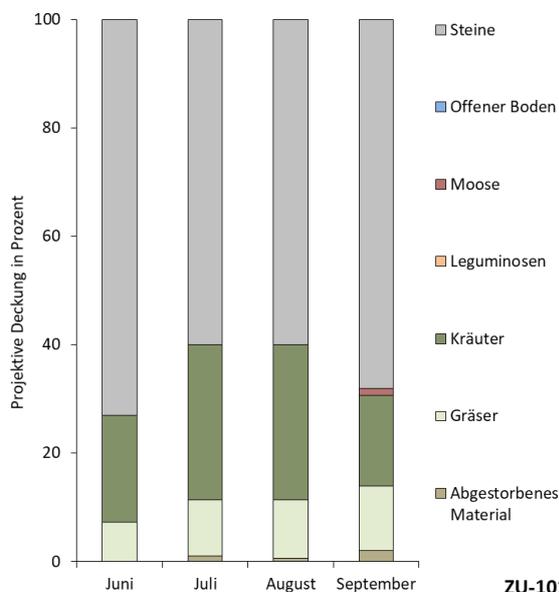
Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Abloten ZU-1017</b>												
Zeitpunkt der Erhebung	Juni	x	x	x	x	x	x					
	Juli	x	x	x	x	x	x					
	August	x	x	x	x	x	x					
	September	x	x	x	x	x	x					
<b>Deckungsgradschätzung ZU-1017</b>												
Zeitpunkt der Erhebung	Juni	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Juli	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	August	x	x	x	x	x	x					
	September	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>Deckungsgradschätzung Arten ZU-1017</b>												
Zeitpunkt der Erhebung	Juni	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Juli							x	x	x	x	x
	August											
	September	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>Mittlere Blatthöhe ZU-1017</b>												
Zeitpunkt der Erhebung	Juni											
	Juli	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	August	x	x	x	x	x	x					
	September	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>Bodenfeuchtemessung ZU-1017</b>												
Zeitpunkt der Erhebung	Juni											
	Juli											
	August	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	September	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

Tabelle 23: Zusammenfassende Darstellung zu Erhebungszeitpunkten ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

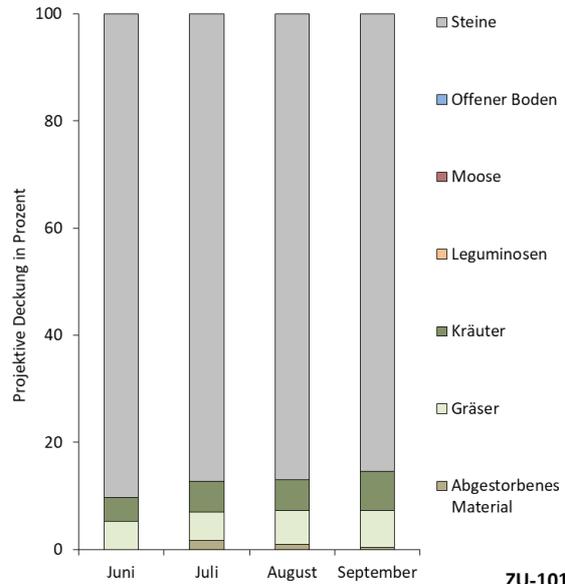
## 5.2.2 Frequenzanalyse durch Abloten

### Vegetationsentwicklung Variante 1 und 2 (Abloten)

**Abloten Variante 1**  
(Mittelwerte der Erhebungsmonate Juni bis September 2017)



**Abloten Variante 2**  
(Mittelwerte der Erhebungsmonate Juni bis September 2017)



Variante 1, 2017	Juni	Juli	August	September
Abgestorbenes Material	0,00	1,00	0,67	2,00
Gräser	7,33	10,33	10,67	12,00
Kräuter	19,67	28,67	28,67	16,67
Leguminosen	0,00	0,00	0,00	0,00
Moose	0,00	0,00	0,00	1,33
Offener Boden	0,00	0,00	0,00	0,00
Steine	73,00	60,00	60,00	68,00
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>27,00</b>	<b>39,00</b>	<b>39,33</b>	<b>28,67</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>73,00</b>	<b>61,00</b>	<b>60,67</b>	<b>71,33</b>

Abbildung 34: Vegetationsentwicklung ZU-1017, ABLOTEN, Variante 1 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Variante 2, 2017	Juni	Juli	August	September
Abgestorbenes Material	0,00	1,67	1,00	0,33
Gräser	5,33	5,33	6,33	7,00
Kräuter	4,33	5,67	5,67	7,33
Leguminosen	0,00	0,00	0,00	0,00
Moose	0,00	0,00	0,00	0,00
Offener Boden	0,00	0,00	0,00	0,00
Steine	90,33	87,33	87,00	85,33
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>9,67</b>	<b>11,00</b>	<b>12,00</b>	<b>14,33</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>90,33</b>	<b>89,00</b>	<b>88,00</b>	<b>85,67</b>

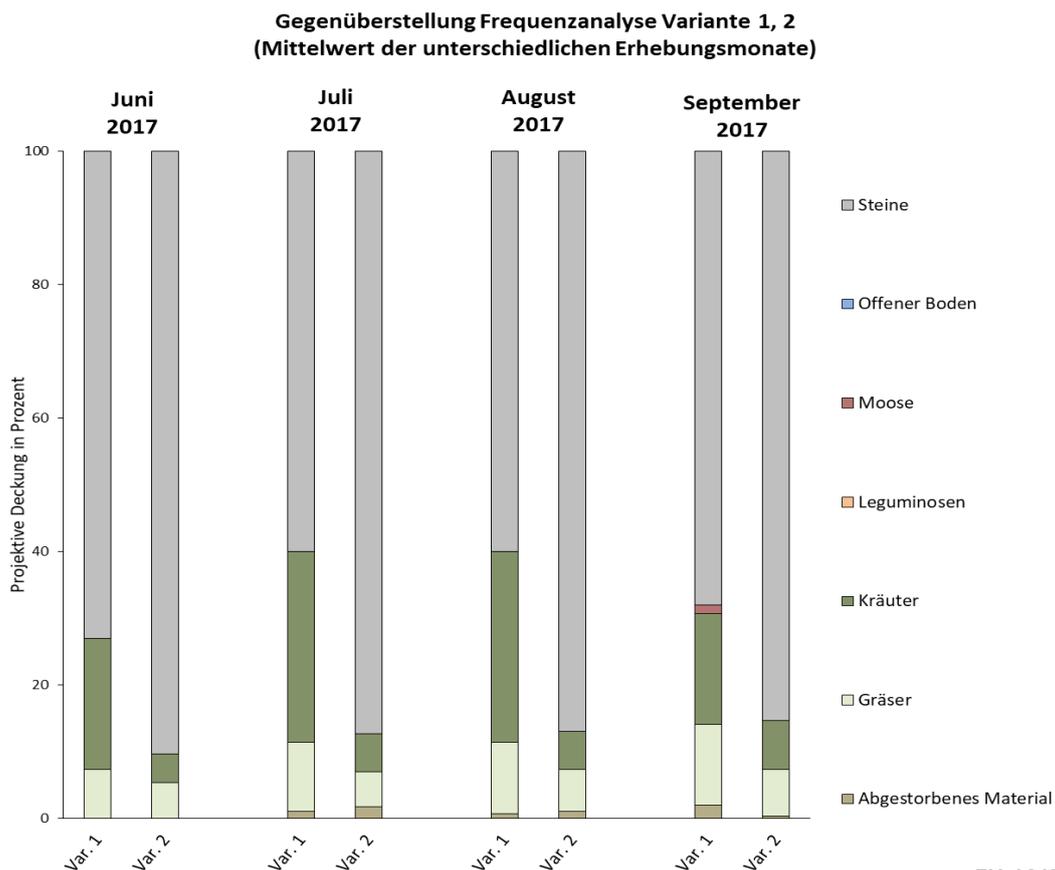
Abbildung 33: Vegetationsentwicklung ZU-1017, ABLOTEN, Variante 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Variante 1 (4 cm Drainageschicht aus 8/16 Liadrain):** Beim Blick auf Abbildung 34 ist bei Variante 1 ein deutlicher Anstieg der Vegetationsdeckung zwischen Juni und Juli und ein deutlicher Rückgang zwischen August und September zu erkennen. Zwischen Juli und August ist die Deckung annähernd gleich.

Interessant dabei ist, dass der Deckungsgrad an Kräutern zwischen Juni und Juli um neun Prozent angestiegen ist, zwischen Juli und August unverändert blieb und zwischen August und September um 12 Prozent gesunken ist. Bei den Gräsern hingegen konnte zwischen Juni und Juli ein Anstieg von drei Prozent, zwischen Juli und August ein Anstieg von 0,34 Prozent und zwischen August und September ein Anstieg von 1,30 Prozent verzeichnet werden.

**Variante 2 (Drainageschicht aus Wasserspeicherplatten):** Variante 2 hingegen zeigt einen fast stetigen Anstieg der Deckung an Gräsern und Kräutern. Auffallend ist außerdem, dass die Vegetationsdeckung nur sehr langsam zunimmt. So ist zwischen Juni 2017 und September 2017 lediglich ein Anstieg der Gräser von 1,67 Prozent und der Kräuter von drei Prozent zu verzeichnen.

## Gegenüberstellung Variante 1 und 2 (Abloten)



Variante	Juni		Juli		August		September	
	Var. 1	Var. 2						
Abgestorbenes Material	0,00	0,00	1,00	1,67	0,67	1,00	2,00	0,33
Gräser	7,33	5,33	10,33	5,33	10,67	6,33	12,00	7,00
Kräuter	19,67	4,33	28,67	5,67	28,67	5,67	16,67	7,33
Leguminosen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moose	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00
Offener Boden	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Steine	73,00	90,33	60,00	87,33	60,00	87,00	68,00	85,33
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>27,00</b>	<b>9,67</b>	<b>39,00</b>	<b>11,00</b>	<b>39,33</b>	<b>12,00</b>	<b>28,67</b>	<b>14,33</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>73,00</b>	<b>90,33</b>	<b>61,00</b>	<b>89,00</b>	<b>60,67</b>	<b>88,00</b>	<b>71,33</b>	<b>85,67</b>

Abbildung 35: Gegenüberstellung Variante 1 und 2, ZU-1017, ABLOTEN (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

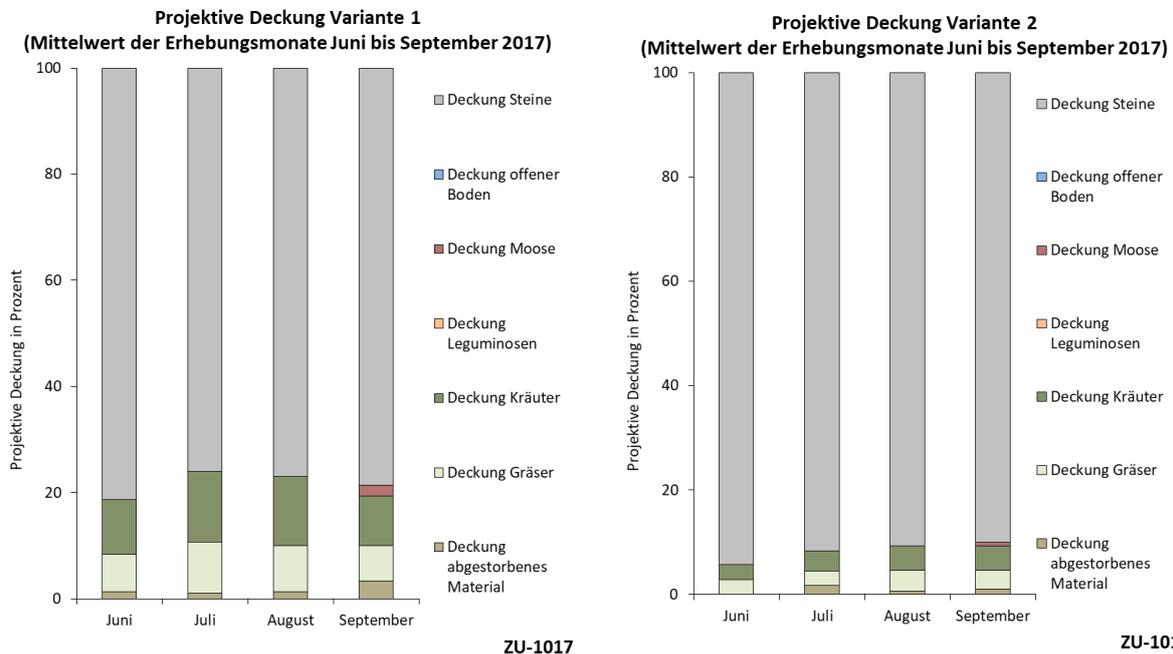
Im direkten Vergleich mit Variante 1 (4 cm Drainageschicht aus 8/16 Liadrain) ist zu erkennen, dass Variante 2 (Drainageschicht aus Wasserspeicherplatten) einen wesentlich geringeren Deckungsgrad von maximal 14,33 Prozent erreicht hat. Am stärksten zeigt sich dieser Unterschied bei der Erhebung im Juni. Für Variante 1 konnten hierbei eine Vegetationsdeckung von 39 Prozent erhoben werden. Bei Variante 2 hingegen wurden lediglich 11 Prozent gemessen. Hinsichtlich der Deckung an Gräsern hat sich zudem gezeigt, dass Variante 1 von Juni bis August fast einen viermal so hohen Deckungsgrad an Gräsern aufweist, als Variante 2.

Weitere Auffälligkeiten bei dieser Gegenüberstellung sind, dass im Juni bei beiden Varianten keine abgestorbenen Materialien vorgefunden wurden, sowie um Juni nur auf Variante 1 Moose bonitiert wurde.

### 5.2.3 Projektive Deckung – Gesamtdeckung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der projektiven Deckungsgradschätzung der Versuchsfelder des Internatsgebäudes (ZU-1017) vorgestellt. Genauere Informationen zu den einzelnen Varianten sind in Kapitel 5.2.1 zu finden.

#### Vegetationsentwicklung Variante 1,2,3,4 (Deckungsgradschätzung)



**ZU-1017**

Variante 1	Jun	Jul	Aug	Sep
Abgestorbenes Material	1,33	1,00	1,33	3,33
Gräser	7,00	9,67	8,67	6,67
Kräuter	10,33	13,33	13,00	9,33
Leguminosen	0,00	0,00	0,00	0,00
Moose	0,00	0,00	0,00	2,00
Offener Boden	0,00	0,00	0,00	0,00
Steine	81,33	76,00	77,00	78,67
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>17,33</b>	<b>23,00</b>	<b>21,67</b>	<b>16,00</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>82,67</b>	<b>77,00</b>	<b>78,33</b>	<b>84,00</b>

Abbildung 37: Vegetationsentwicklung ZU-1017, Deckungsgradschätzung, Variante 1 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**ZU-1017**

Variante 2	Jun	Jul	Aug	Sep
Abgestorbenes Material	0,00	1,67	0,67	1,00
Gräser	2,83	2,83	4,00	3,67
Kräuter	2,83	3,83	4,67	4,67
Leguminosen	0,00	0,00	0,00	0,00
Moose	0,00	0,00	0,00	0,67
Offener Boden	0,00	0,00	0,00	0,00
Steine	94,33	91,67	90,67	90,00
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>5,67</b>	<b>6,67</b>	<b>8,67</b>	<b>8,33</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>94,33</b>	<b>93,33</b>	<b>91,33</b>	<b>91,67</b>

Abbildung 36: Vegetationsentwicklung ZU-1017, Deckungsgradschätzung, Variante 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Variante 1 (4 cm Drainageschicht aus 8/16 Liadrain):** Diese Variante zeigt die höchste Vegetationsdeckung von 23 Prozent im Juli. Beim nächsten Erhebungszeitpunkt im August konnte bereits ein leichter Rückgang verzeichnet werden. Die niedrigste Deckung mit 16 Prozent wurde im September gemessen. Dabei konnte ein Rückgang an Gräsern und Kräutern, und eine Zunahme an Moosen und abgestorbenen Material, verzeichnet werden.

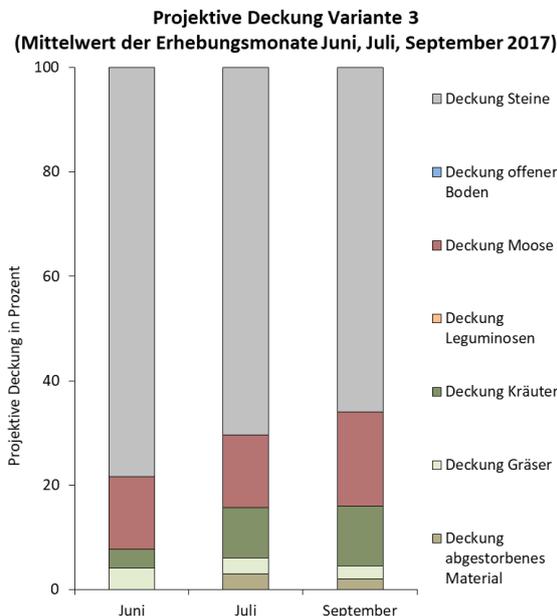
Das Verhältnis von Gräsern und Kräutern ist nicht ausgeglichen. Zu allen vier Aufnahmezeitpunkten konnte eine höhere Deckung an Kräutern als an Gräsern gemessen werden. Die Deckungsgrade an abgestorbenem Material liegen zwischen einem und 1,33 Prozent. Lediglich im September fand ein Anstieg auf etwa 3,33 Prozent statt. Moose wurden nur im September, mit einem Deckungsgrad von zwei Prozent, vorgefunden.

Die Parameter „Leguminosen“ und „offener Boden“ zeigten während des gesamten Untersuchungszeitraumes einen Deckungsgrad von null Prozent.

**Variante 2 (Drainageschicht aus Wasserspeicherplatten):** Wie bereits mehrfach erwähnt ist die Vegetationsdeckung von Variante 2 wesentlich geringer, als jene von Variante 1. Im

Gegensatz zu Variante 1 wird hier die höchste Deckung mit 8,67 Prozent erst im August erreicht und bis zum nächsten Erhebungszeitpunkt wurde nur ein minimaler Rückgang von 0,34 Prozent beobachtet.

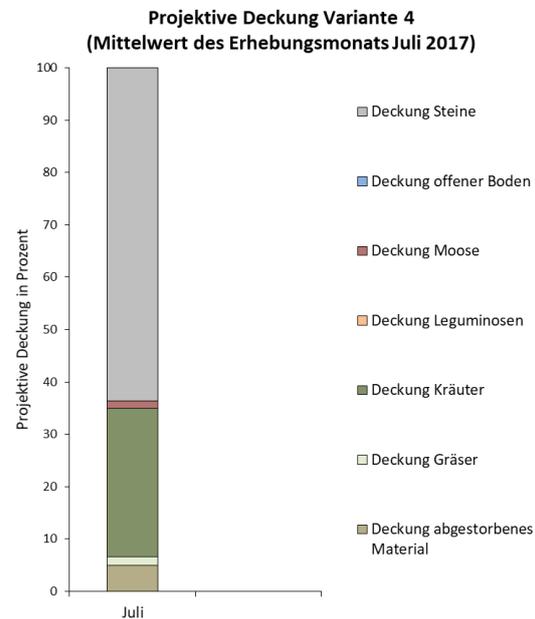
Im Juni ist der Anteil an Gräser und Kräuter ausgeglichen. Ab Juli und auch bei allen weiteren Durchgängen wurde immer ein höherer Deckungsgrad an Kräuter als an Gräser gemessen. Der größte Anteil an abgestorbenes Material konnte im Juli erhoben werden. Im Folgemonat (August) fand ein Rückgang statt und im September kam es zu einem erneuten Anstieg. Moose hingegen, konnten nur im September mit 0,67 Prozent bonitiert werden.



ZU-1017

Variante 3	Jun	Jul	Aug
Abgestorbenes Material	0,00	3,00	2,00
Gräser	4,07	3,10	2,50
Kräuter	3,60	9,57	11,50
Leguminosen	0,00	0,00	0,00
Moose	14,00	14,00	18,00
Offener Boden	0,00	0,00	0,00
Steine	78,33	70,33	66,00
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>7,67</b>	<b>12,67</b>	<b>14,00</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>92,33</b>	<b>87,33</b>	<b>86,00</b>

Abbildung 39: Vegetationsentwicklung ZU-1017, Deckungsgradschätzung, Variante 3 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)



ZU-1017

Variante 4	Jul
Abgestorbenes Material	5,00
Gräser	1,67
Kräuter	28,33
Leguminosen	0,00
Moose	1,33
Offener Boden	0,00
Steine	63,67
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>30,00</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>70,00</b>

Abbildung 38: Vegetationsentwicklung ZU-1017, Deckungsgradschätzung, Variante 4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Variante 3 (Liadrain ZWISCHEN Photovoltaikanlage):** Der Unterschied zu Variante 1 und 2 ist hierbei klar ersichtlich. Diese Variante zeichnet sich durch ihren hohen Deckungsgrad an Moosen aus. Im Juni und Juli konnte ein Deckungsgrad an Moosen von 14 Prozent verzeichnet werden und im September fand ein nochmaliger Anstieg auf 18 Prozent statt.

Bei genauerer Betrachtung der Gesamtdeckung zeigt sich ein starker Anstieg zwischen Juni und Juli und ein mäßiger zwischen Juli und September.

War das Verhältnis zwischen Gräsern und Kräutern im Juni mit 4,07 Prozent Gräser und 3,60 Prozent Kräuter noch relativ ausgeglichen, so kann davon im Juli und September nicht mehr die Rede sein, denn es wurde eine Deckung an Gräsern von 3,10 Prozent und für Kräuter von 9,57 Prozent gemessen. Im September fand ein erneuter Rückgang an Gräsern auf 2,50 Prozent und ein Anstieg an Kräuter auf 11,50 Prozent.

**Variante 4 (Liadrain VOR Photovoltaikanlage):** Obwohl schon mehrfach erwähnt hier nochmals zur Info: Diese Variante konnte aufgrund von unerwarteten Pflegemaßnahmen nur einmalig erhoben werden.

Im Vergleich zu allen anderen Varianten zeigte Variante 4 die höchste Deckung mit 30 Prozent. Im Detail sieht dies wie folgt aus: Für Gräser konnte ein Deckungsgrad von 1,67 Prozent und für Kräuter eine projektive Deckung von 28,33 Prozent gemessen werden. Die Deckung an Moosen hat zum Erhebungszeitpunkt 1,33 Prozent betragen.

Abgestorbenes Material hingegen, konnte mit fünf Prozent bonitiert werden. Damit weist diese Variante nicht nur den höchsten Deckungsgrad, sondern auch die höchste Deckung an abgestorbenem Material auf.

### Mittlere projektive Deckung der Varianten 1,2,3,4 (Deckungsgradschätzung)

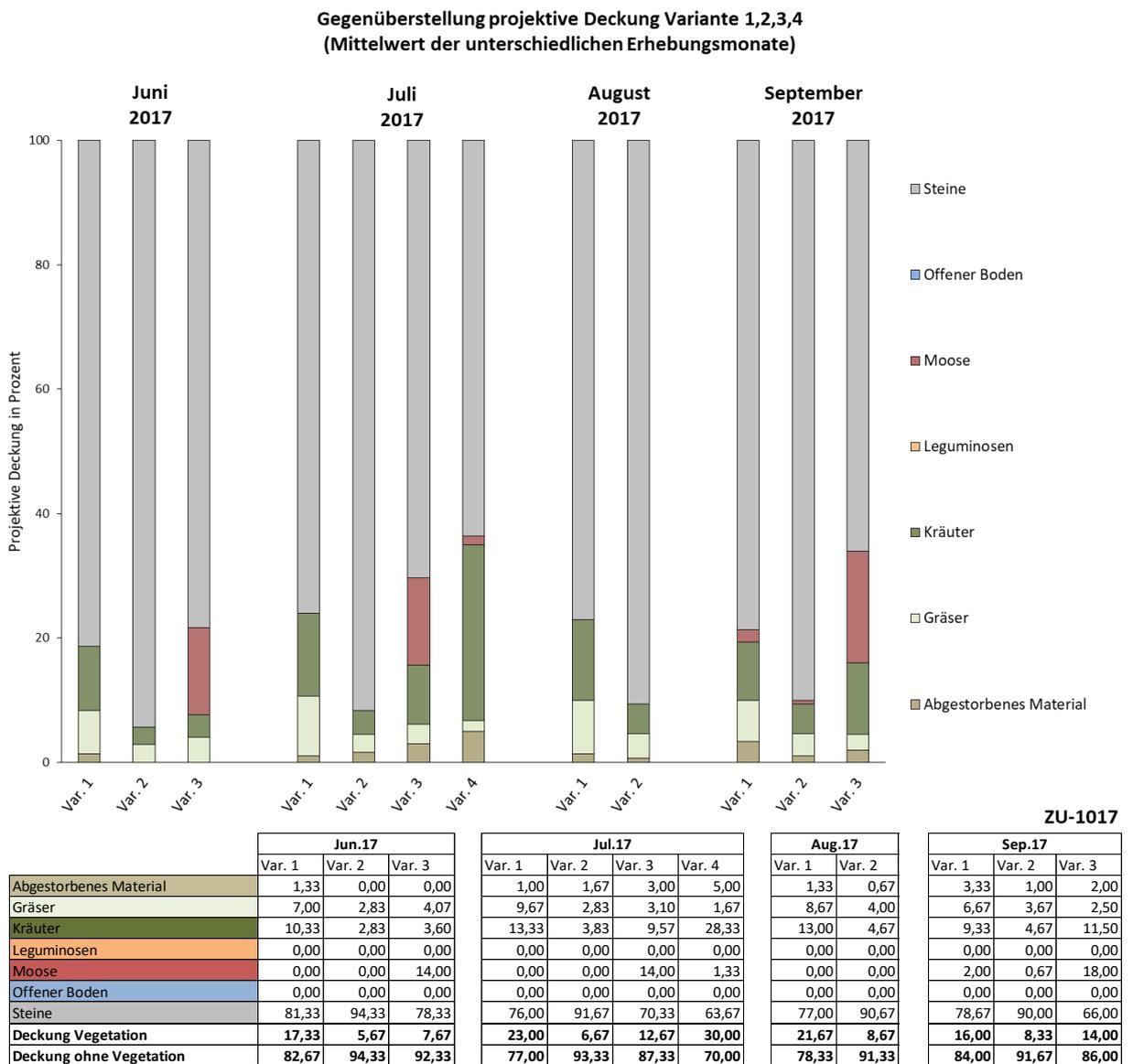


Abbildung 40: Gegenüberstellung Variante 1,2,3,4, ZU-1017, Deckungsgradschätzung (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Die obenstehende Grafik gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Varianten und zeigt dabei, wie sich die projektive Deckung innerhalb eines Erhebungsmonats und im Laufe der

einzelnen Aufnahmezeitpunkte unterscheidet. Auf den ersten Blick ist klar zu erkennen, dass die einzelnen Varianten während des gesamten Untersuchungszeitraumes Unterschiede aufweisen. Diese beziehen sich dabei nicht nur auf die Gesamtdeckung, sondern auch auf die Verteilung der einzelnen untersuchten Parameter.

**Variante 1 (4 cm Drainageschicht aus 8/16 Liadrain):** konnte bei drei von vier Erhebungszeitpunkten die höchste projektive Deckung von 17.33, 21.67 und 16 Prozent aufweisen. Lediglich im Juni 2017 zeigte Variante 4 eine höhere Vegetationsdeckung.

**Variante 2 (Drainageschicht aus Wasserspeicherplatten):** zeigt bei allen vier Erhebungen mit Abstand die niedrigste Deckung von 5.67, 6.67, 8.67 und 8.33 Prozent.

**Variante 3 (Liadrain ZWISCHEN Photovoltaikanlage):** weist bereits im Juni 2017 einen Deckungsgrad an Moosen von 14 Prozent auf. Im Gegensatz zu anderen Varianten wurden bei Variante 4 bei jeder Erhebung Moose bonitiert.

**Variante 4 (Liadrain VOR Photovoltaikanlage):** erzielt im Juni 2017 einen Deckungsgrad von 30 Prozent. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurden keine höhere vegetative Deckung gemessen. Auffällig hierbei war auch, dass das Verhältnis zwischen Kräutern und Gräser sehr unausgeglich war. So wurde eine projektive Deckung an Kräutern von 28,33 Prozent und für Gräser von 1,67 Prozent erhoben. Wie bereits erwähnt konnten aber aufgrund von unerwarteten Pflegemaßnahmen keine weiteren Erhebungen für Variante 4 durchgeführt werden.

## 5.2.4 Projektive Deckung – Einzelarten (Gräser)

### Mittlere projektive Deckung (Gräser) der Varianten 1,2,3,4

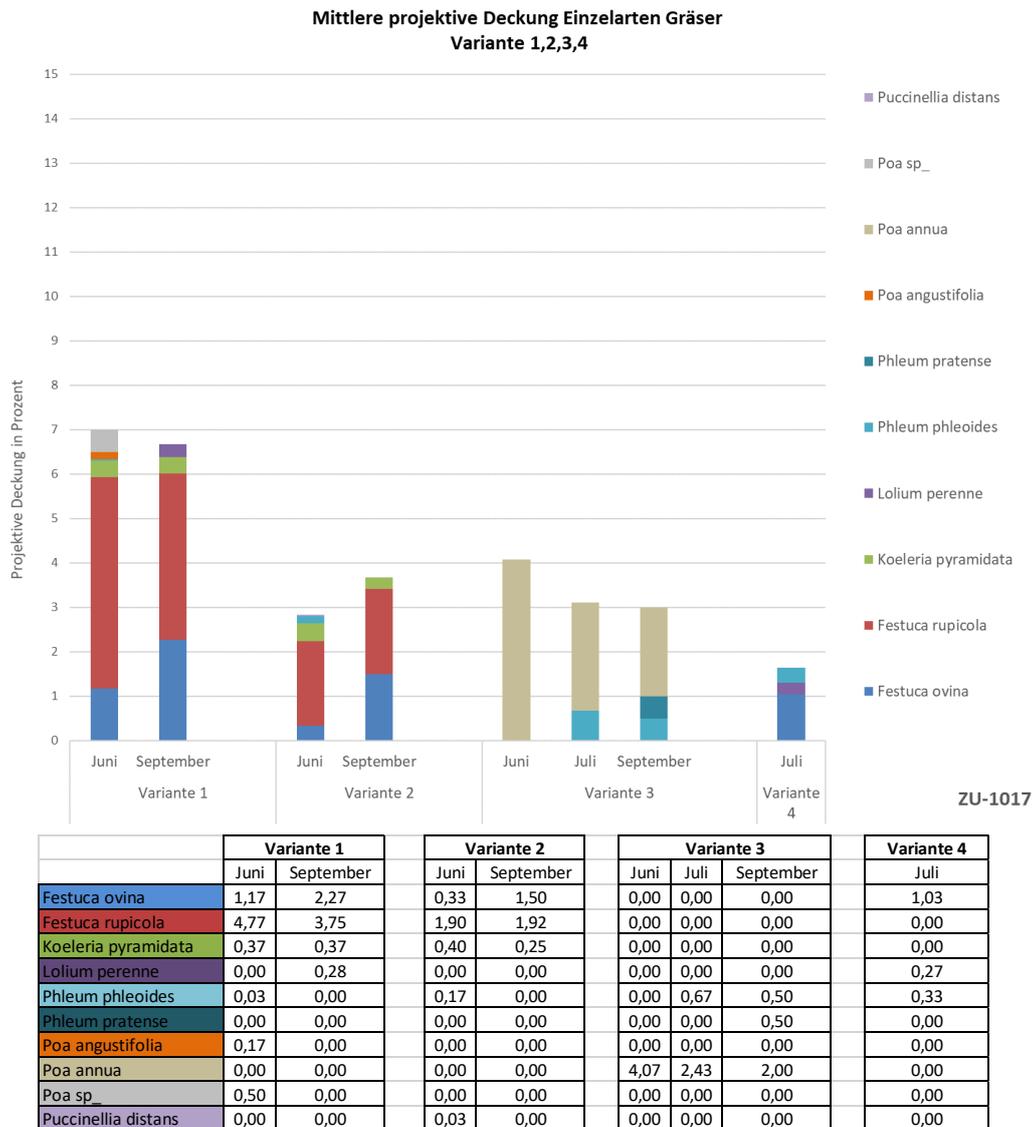


Abbildung 41: Deckungsgradschätzung Einzelarten Gräser, ZU-1017, Variante 1,2,3,4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

#### Mittlere projektive Deckung Gräser Variante 1 (4 cm Drainageschicht aus 8/16 Liadrain):

Bei genauere Betrachtung der Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen für Variante 1 ist zu sehen, dass *Festuca rupicola* sehr dominant ist. Sowohl im Juni mit 4,77 Prozent, als auch im September mit 3,75 Prozent konnte sie den höchsten Deckungsgrad aufweisen. Gleich dahinter liegt *Festuca ovina* mit 1,17 Prozent im Juni und 2,27 Prozent im September. Bei *Koeleria pyramidata*, *Lolium perenne*, *Phleum phleoides*, *Poa angustifolia* und *Poa sp.* wurde ein Deckungsgrad von unter einem Prozent gemessen.

Der direkte Vergleich der beiden Aufnahmezeitpunkte zeigt einen leichten Rückgang der Gesamtdeckung an Gräsern. Innerhalb der Artenverteilung konnte *Festuca ovina* eine Zunahme verzeichnen. Hingegen *Festuca rupicola*, *Poa angustifolia* und *Poa sp.* verloren an Deckung.

**Mittlere projektive Deckung Gräser Variante 2 (Drainageschicht aus Wasserspeicherplatten):** Bei Variante 2 zeigt sich ein etwas anderes Bild. Obwohl auch hier *Festuca rupicola* den höchsten Deckungsgrad und *Festuca ovina* den zweithöchsten Deckungsgrad zeigt, ist

der Deckungsgrad wesentlich geringer. So konnte für *Festuca rupicola* im Juni lediglich eine projektive Deckung von 1,90 Prozent und im September von 1,92 Prozent erhoben werden. Ähnliches zeigt sich bei *Festuca ovina*. Mit 0,33 Prozent im Juni und 1,50 Prozent im September ist auch hier die Deckung geringer, als bei Variante 1. *Koeleria pyramidata*, *Phleum phloides* und *Puccinellia distans* kommen mit einer projektiven Deckung von unter einem Prozent vor.

Bei dieser Variante zeigt sich der höchste Deckungsgrad im September. Dieser ist vor allem durch die starke Zunahme von *Festuca ovina* bedingt. So fand eine Steigerung von 0,33 auf 1,50 Prozent statt.

**Mittlere projektive Deckung Variante 3 (Liadrain ZWISCHEN Photovoltaikanlage):**

Variante 3, die nicht eingesät wurde, unterscheidet sich aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Artenvielfalt stark von den zuvor beschriebenen Varianten. Im Juni 2017 wurde eine Art erhoben, im Juli zwei Arten und im September drei unterschiedliche Arten. Obwohl im Juni nur *Poa annua* vorgefunden wurde, erreicht sie eine projektive Deckung von 4,07 Prozent und übersteigt somit jene von Variante 2.

Im Juli 2017 fand eine Abnahme der Deckung von 4,07 auf 2,1 Prozent statt. Im Detail sieht dies folgendermaßen aus: Bei *Poa annua* sank der Deckungsgrad von 4,07 auf 2,43 Prozent. Zusätzlich wurde *Phleum phloides* mit 0,67 Prozent bonitiert.

Die Ergebnisse der letzten Erhebung im September 2017 zeigen eine erneute Reduzierung des Deckungsgrades auf drei Prozent. *Poa annua* verlor dabei 0,43 Prozent an Deckung und *Phleum phloides* sank von 0,67 auf 0,5 Prozent. Außerdem wurde *Phleum pratense* mit 0,5 Prozent gemessen.

**Mittlere projektive Deckung Variante 4 (Liadrain VOR Photovoltaikanlage):** Beim direkten Vergleich mit Variante 1 und 2 zeigt sich, dass bei Variante 4 eine wesentlich geringere Deckung vorliegt. Bei Betrachtung der Artenzusammensetzung fällt zudem auf, dass die zuvor stark vertretene *Festuca rupicola* nicht vorkommt und somit *Festuca ovina* die dominierende Rolle übernimmt.

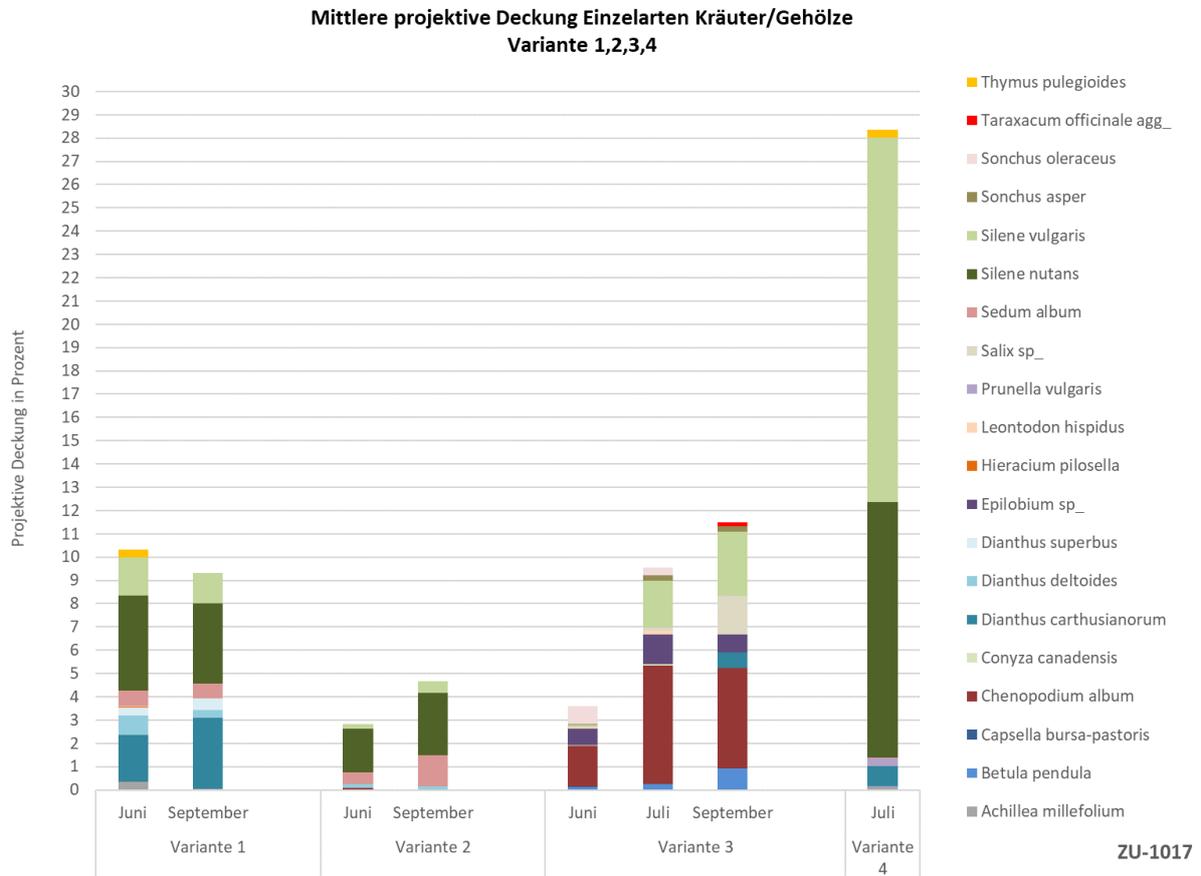
Insgesamt liegt zum Zeitpunkt der Erhebung im Juli 2017 eine Deckung an Gräsern von 1,63 Prozent vor. Davon nimmt *Festuca ovina* 1,03 ein, *Lolium perenne* 0,27 und *Phleum phloides* 0,33 Prozent.

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass Variante 1 sowohl in der Artenvielfalt an Gräsern, als auch beim Deckungsgrad der Gräser mit Abstand die höchsten Werte erzielen konnte.

## 5.2.5 Projektive Deckung - Einzelarten (Kräuter)

Im Zuge der Aufnahmen vorgefundene Gehölze werden zur Gruppe der Kräuter gezählt!

### Mittlere projektive Deckung (Kräuter) der Varianten 1,2,3,4



	Variante 1		Variante 2		Variante 3			Variante 4
	Juni	September	Juni	September	Juni	Juli	September	Juli
Achillea millefolium	0,37	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
Betula pendula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,25	0,92	0,03
Capsella bursa-pastoris	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Chenopodium album	0,00	0,00	0,10	0,00	1,73	5,08	4,33	0,00
Coryza canadensis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,08	0,00	0,00
Dianthus carthusianorum	2,00	3,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,83
Dianthus deltooides	0,83	0,33	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Dianthus superbus	0,33	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Epilobium sp_	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	1,25	0,75	0,00
Hieracium pilosella	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Leontodon hispidus	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,17	0,00	0,00
Prunella vulgaris	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
Salix sp_	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,15	1,67	0,00
Sedum album	0,67	0,67	0,50	1,33	0,00	0,00	0,00	0,03
Silene nutans	4,07	3,42	1,87	2,67	0,00	0,00	0,00	10,97
Silene vulgaris	1,67	1,33	0,20	0,50	0,07	2,00	2,75	15,67
Sonchus asper	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,25	0,25	0,00
Sonchus oleraceus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,33	0,00	0,00
Taraxacum officinale agg_	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
Thymus pulegioides	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33

Abbildung 42 Deckungsgradschätzung Einzelarten Kräuter, ZU-1017, Variante 1,2,3,4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Mittlere projektive Deckung Kräuter Variante 1 (4 cm Drainageschicht aus 8/16 Liadrain):**  
Die Abbildung 42 zeigt für Variante 1 eine leichte Abnahme von Juni zu September. Hinsichtlich der Artenzusammensetzung gab es aber nur geringfügige Veränderungen. Nur *Thymus pulegioides* und *Hieracium pilosella* wurden im September nicht mehr vorgefunden.

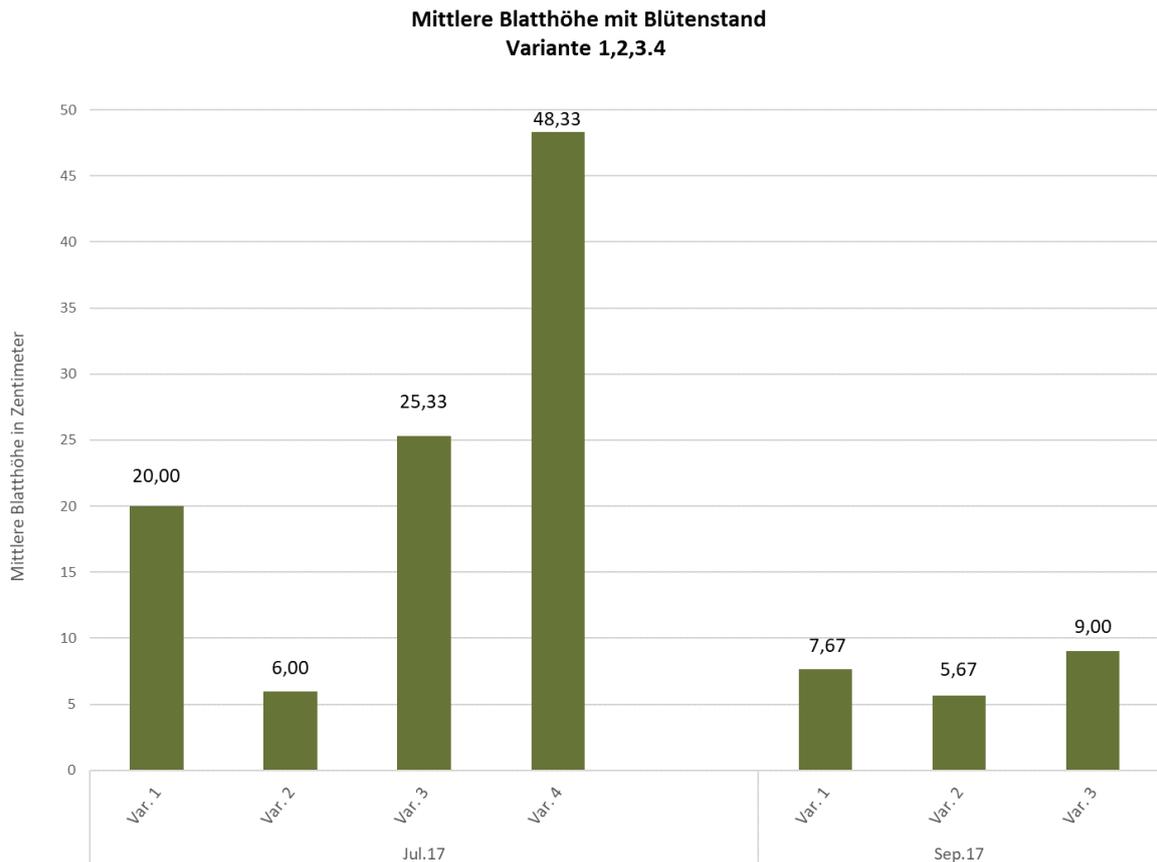
Alle anderen im Juni erhobenen Kräuter konnten im September erneut bonitiert werden. Jedoch ist auch zu erkennen, dass die Gesamtdeckung im September bereits wieder abgenommen hat. Stark vertretende Arten sind bei dieser Variante: *Dianthus carthusianorum*, *Silene nutans* und *Silene vulgaris*.

**Mittlere projektive Deckung Kräuter Variante 2 (Drainageschicht aus Wasserspeicherplatten):** Zuerst fällt auf, dass die Gesamtdeckung an Kräuter mit 2,83 und 4,67 Prozent wesentlich geringer ist, als jene der anderen 3 Varianten. Im Gegensatz zu Variante 1 zeigt Variante 2 eine Zunahme an Kräutern zwischen den beiden Aufnahmetermi-  
nen. Dominante Arten auf diesen Versuchsfeldern sind: *Silene nutans* und *Sedum album*.

**Mittlere projektive Deckung Kräuter Variante 3 (Liadrain ZWISCHEN Photovoltaikanlage):** Ins Auge sticht sofort der rasante Anstieg der Deckung zwischen Juni und Juli von rund 3,5 auf 9,5 Prozent. Im September wurde eine erneute Steigerung auf etwa 11,5 Prozent gemessen. Weiters zeigt diese Variante auch eine deutlich veränderte Artenzusammensetzung aufgrund von dem stark vertretenen *Chenopodium album*, aber auch durch das Aufkommen von Gehölzen wie *Betula pendula*, *Salix alba*.

**Mittlere projektive Deckung Kräuter Variante 4 (Liadrain ZWISCHEN Photovoltaikanlage):** Für Variante 4 liegen, wie bereits mehrfach erwähnt nur Daten aus einem Aufnahmedurchgang vor. Dennoch zeigen die erhobenen Daten deutlich, dass eine wesentlich höhere Deckung an Kräutern vorliegt, als bei den zuvor beschriebenen Varianten. Vor allem die hohe Deckung an *Silene nutans* und *Silene vulgaris* ist auffällig. Hinsichtlich der Artenzusammensetzung konnten ähnliche Werte, wie auf Variante 1 erhoben werden. Dennoch ist deutlich erkennbar, dass auf dieser Versuchsfeldern nicht *Silene nutans*, sondern *Silene vulgaris* die höchsten Deckungsgrade mit 15,67 Prozent erzielt.

## 5.2.6 Mittlere Blatthöhe der Varianten 1,2,3,4



ZU-1017

Abbildung 43: Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Die obenstehende Grafik zeigt eine Gegenüberstellung der untersuchten Varianten im Juli und September 2017.

**Juli 2017:** Wie bereits bei den Einzelparzellen zu erkennen war, sticht Variante 4 mit einer durchschnittlichen Blatthöhe von 48,33 cm im Juni 2017 deutlich hervor. Das andere Extrem bildet Variante 2 mit sechs cm. Im Mittelfeld liegen bei diesem Vergleich Variante 1 mit 20 cm und Variante 3 mit 25,33 cm durchschnittlicher Blatthöhe.

**September 2017:** Im Zuge der Aufnahme im September 2017 zeigt sich ein deutlich verändertes Bild. Variante 4 fällt aufgrund von Pflegemaßnahmen aus und kann in diesem Zusammenhang nicht mehr miteinbezogen werden. Demnach übernimmt Variante 3 mit neun cm die Führung. Variante 2 zeigt noch immer die niedrigsten Blatthöhen mit durchschnittlich 5,67 cm und Variante 1 liegt mit 7,67 cm im Mittelfeld. Klar ersichtlich ist jedoch, dass die Varianten sehr nahe zusammen liegen und keine starken Ausschwankungen mehr zu verzeichnen sind.

## 5.2.7 Artenvorkommen/Fremdaufwuchs (Gräser) ZU-1017

In diesem Kapitel findet zuerst eine grafische Darstellung des Artenvorkommens der unterschiedlichen Varianten statt. Dabei wird einerseits der Anteil an vorgefundenen und nicht vorgefundenen Arten in Hinblick auf die Ausgangsmischung aufgezeigt und andererseits die mittlere projektive Deckung der Einzelarten je Variante dargestellt, wobei auf die Höhe der Deckungsgrade der Einzelarten hier nicht nochmals näher eingegangen wird. Die Darstellung soll lediglich einen Überblick schaffen, welche Arten der Ursprungsmischung erhoben werden konnten und welche Fremdarten aufgekommen sind. Die Höhe des Deckungsgrades gibt dabei aber keine Auskunft über die Individuenzahl der einzelnen Arten. Neben der grafischen Darstellung findet auch eine textliche Beschreibung der einzelnen Grafiken statt.

### Aufgekommene Arten (Gräser) der Ausgangsmischung + Fremdarten

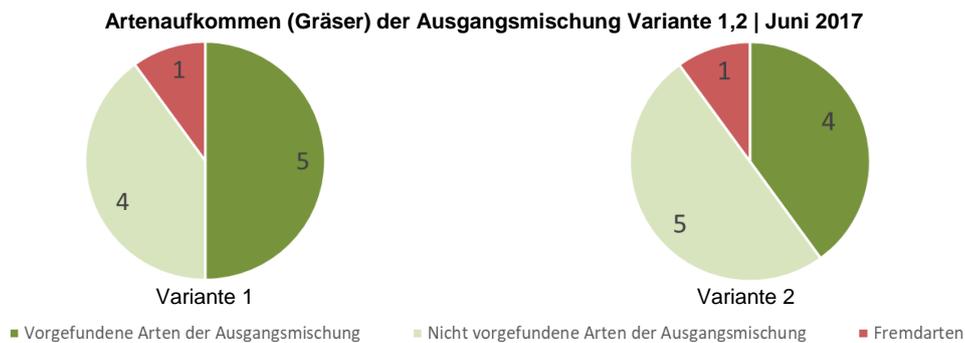


Abbildung 44: Artenaufkommen Gräser der Ausgangsmischung Variante 1,2, Juni 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

Im direkten Vergleich der beiden Grafiken ist zu erkennen, dass beide Varianten ähnliche Werte aufzeigen. Bei Variante 1 wurden fünf von neun Ursprungsarten vorgefunden und bei Variante 2 waren es vier Arten. Zusätzlich wurde auf beiden Versuchsfeldern jeweils eine Fremdart erhoben.

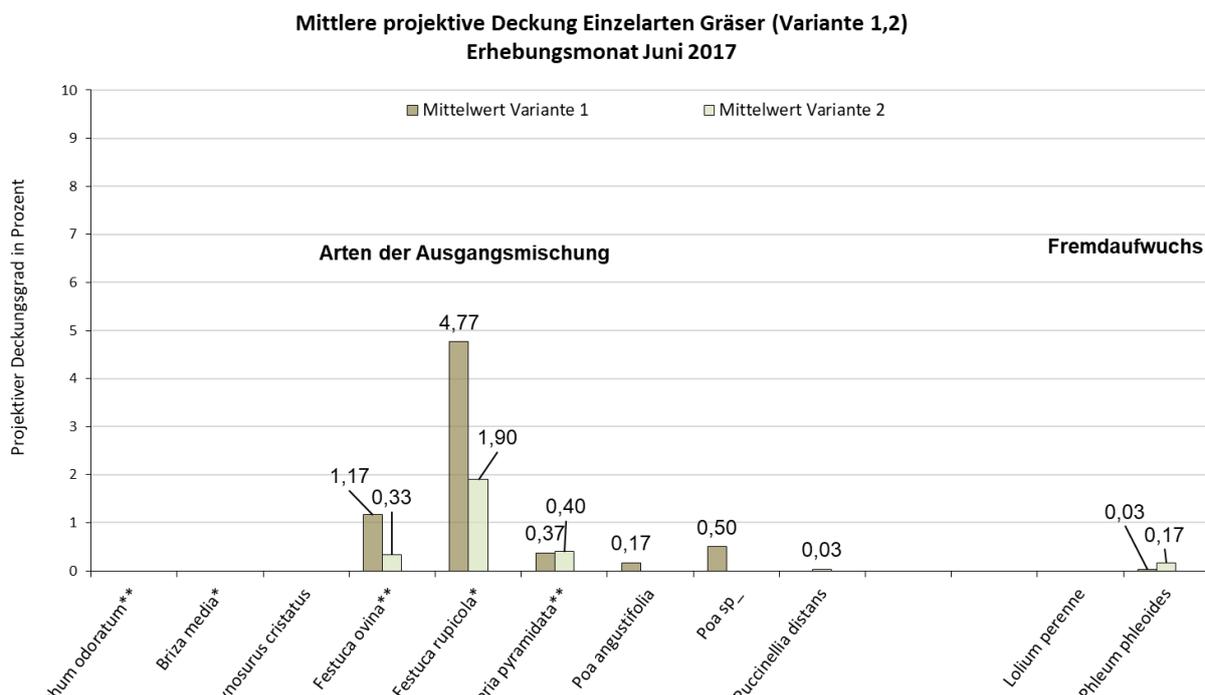


Abbildung 45: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 1,2, Juni 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

**Artenzusammensetzung Gräser (Juni 2017):** Die Abbildung 45 zeigt auf der linken Seite der x-Achse die Gräserarten der Ursprungsmischung. Auf der rechten Seite Arten, die erhoben wurden, aber nicht Teil der Ausgangsmischung sind und die y-Achse gibt den projektiven Deckungsgrad in Prozent an.

Bei genauerer Betrachtung der Ursprungsmischung ist erkennbar, dass *Festuca ovina*, *Festuca rupicola* und *Koeleria pyramidata* sowohl bei Variante 1, als auch bei Variante 2 vorgefunden wurden. *Poa angustifolia* und *Poa sp* konnten nur auf den Testflächen von Variante 1 erhoben werden und *Puccinellia distans* nur bei Variante 2. Im Gegensatz dazu wurden bei *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media* und *Cynosurus cristatus* keine Individuen lokalisiert.

Die obenstehende Grafik zeigt, welcher der erhobenen Gräser Teil der Ausgangsmischung waren und welche als „nicht ursprünglich“ kategorisiert werden. Bei Variante 2 ist eine von fünf Arten an Gräsern nicht ursprünglich und bei Variante 1 ist es ebenfalls eine Art, jedoch wurden hier insgesamt sechs Arten vorgefunden.

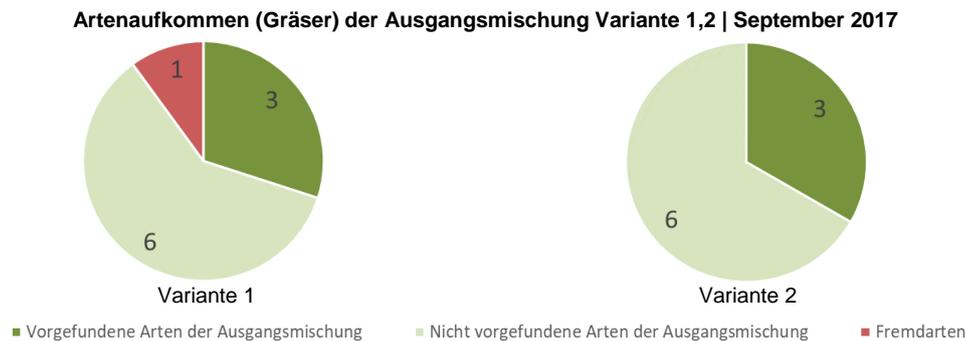
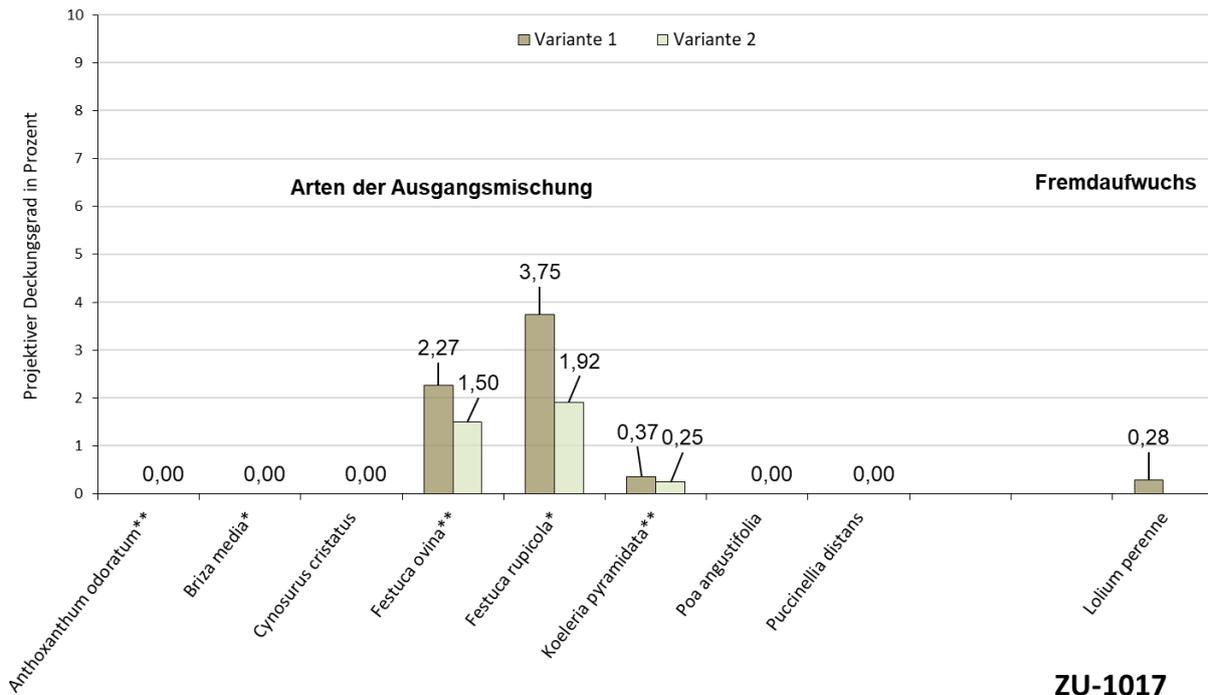


Abbildung 46: Artenaufkommen Gräser der Ausgangsmischung Variante 1,2, September 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

Wie bereits bei vorherigen Erhebungen, konnten auch bei dieser Untersuchung aufgrund der unerwarteten Pflegemaßnahmen für Variante 4 keine weiteren Daten erhoben werden. Für Variante 1 und 2 zwei hingegen war ein erneuter Aufnahmedurchgang möglich. Bei Betrachtung der beiden Kreisdiagramme ist deutlich erkennbar, dass bei beiden Varianten drei von ursprünglich neun eingesäten Arten auf den Versuchsflächen vorgefunden wurden. Auf den Versuchsflächen von Variante 1 konnte zusätzlich eine Fremdart erhoben werden.

Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser (Variante 1,2)  
Erhebungsmonat September 2017



ZU-1017

Abbildung 47: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 1,2, September 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

**Artenzusammensetzung Gräser (September 2017):** In Abbildung 47 ist zu sehen, dass bei beiden Varianten *Festuca ovina*, *Festuca rupicola* und *Koeleria pyramidata* als Arten, die Teil der Ausgangsmischung waren, gemessen werden konnten. Nur bei Variante 1 wurde zusätzlich *Lolium perenne* als Fremdart erhoben.

*Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Cynosurus cristatus*, *Poa angustifolia* und *Puccinellia distans* wurden im Zuge der Aufnahme im September 2017 nicht vorgefunden.

Im Vergleich zum Juni 2017 hat sich die Artenzusammensetzung etwas verändert. Die bei Variante 1 vorgefundenen Ursprungsarten haben sich von fünf auf drei reduziert. Hinsichtlich der im Juni erhobene Fremdart konnten keine Veränderungen festgestellt werden. Bei Variante 2 fand auch ein Rückgang der Ursprungsarten von vier auf drei statt und es wurde keine Fremdart auf den Versuchsflächen von Variante 2 vorgefunden.

## 5.2.8 Artenvorkommen/Fremdaufwuchs (Kräuter) ZU-1017

### Aufgekommene Arten (Kräuter) der Ausgangsmischung + Fremdarten

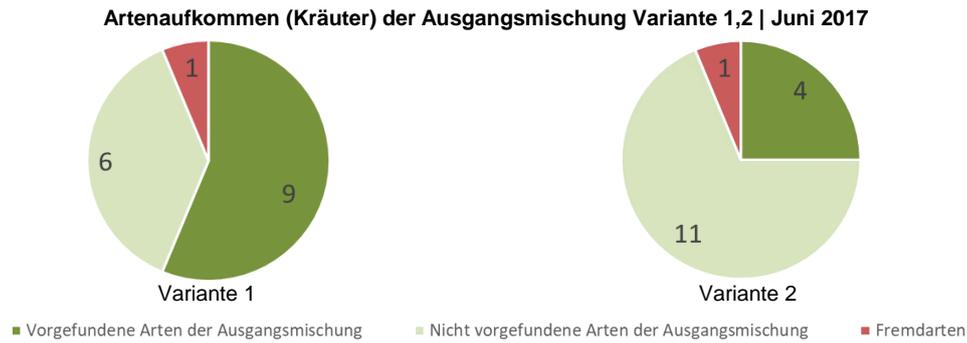


Abbildung 48: Artenaufkommen Kräuter der Ausgangsmischung Variante 1,2, Juni 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

Bei der Gegenüberstellung der beiden Varianten fällt auf, dass Variante 2 mit vier von 15 ursprünglich ausgebrachten Arten das geringste Artenaufkommen gemessen wurde. Bei Variante 1 wurden neun Kräuterarten der 15 Ursprungsarten vorgefunden.

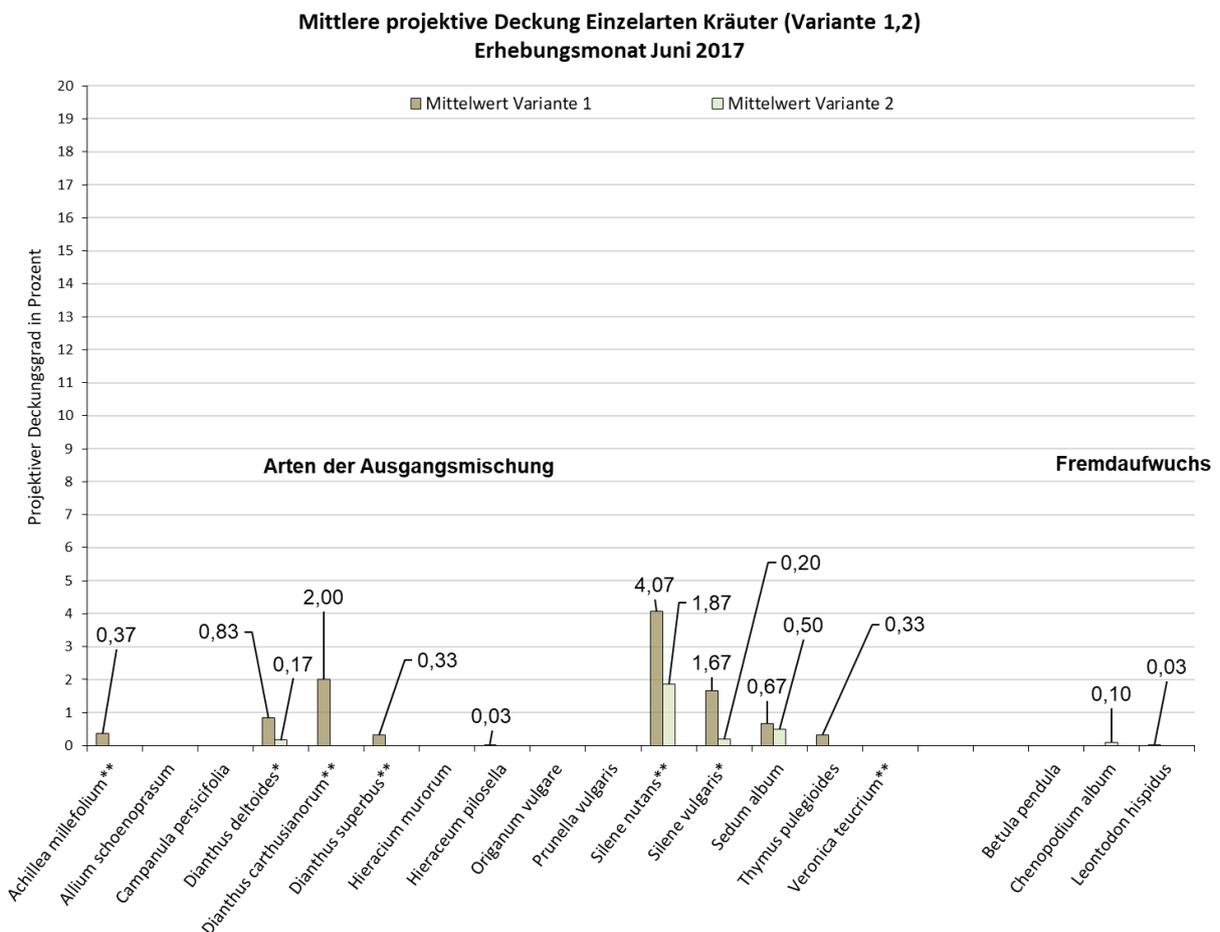


Abbildung 49: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 1,2, Juni 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

**Artenzusammensetzung Kräuter (Juni 2017):** Wie zuvor beschrieben konnte bei Variante 1 das höchste Artenvorkommen in Bezug auf die Arten der Ausgangsmischung gemessen werden. Die Darstellung zeigt dabei, welche Kräuterarten auf den Versuchsflächen der Variante 1 aufgekommen sind: *Achillea millefolium*, *Dianthus deltoides*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus superbus*, *Hieraceum pilosella*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris*, *Sedum album* und *Thymus pulegioides*. Für Variante 2 konnten folgende Arten erhoben werden: *Dianthus deltoides*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris*, *Sedum album*. Variante 4 zeigte hingegen ein Artenvorkommen von *Achillea millefolium*, *Dianthus carthusianorum*, *Prunella vulgaris*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris*, *Sedum album* und *Thymus pulegioides*.

*Allium schoenoprasum*, *Campanula persicifolia*, *Hieraceum pilosella*, *Origanum vulgare* und *Veronica teucrium* konnte auf keiner der beiden Varianten vorgefunden werden.

Als Fremdarten wurden außerdem noch *Chenopodium album* bei Variante 2 und *Leontodon hispidus* bei Variante 1.

Wie Abbildung 49 ersichtlich konnten bei Variante 1 neun Arten der Ausgangsmischung vorgefunden werden. Variante 2 hingegen zeigte ein Artenaufkommen von fünf Arten, wobei vier davon als „ursprünglich“ und eine, als „nicht ursprünglich“ gemessen wurden.

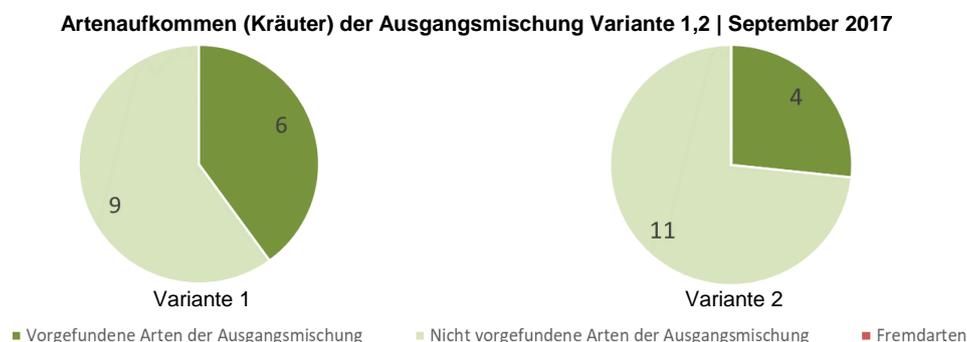
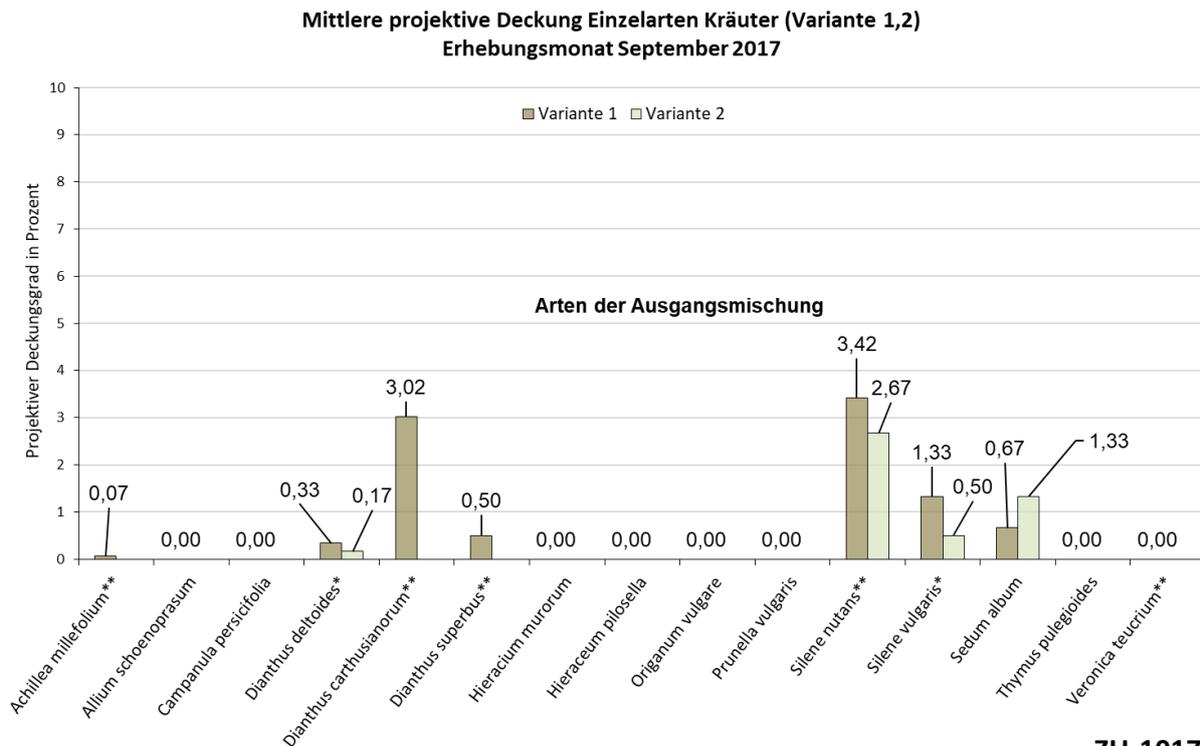


Abbildung 50: Artenaufkommen Kräuter der Ausgangsmischung Variante 1,2, September 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

Die Ergebnisse der Erhebung im September 2017 zeigen im Vergleich zur Aufnahme im Juni 2017 einen Rückgang des Artenvorkommens bei Variante 1. Von den neun vorgefundenen Arten der Ursprungsmischung wurden bei dieser Bonitur nur noch sechs Arten erneut vorgefunden. Bei Variante 2 hingegen konnte keinerlei Veränderung festgestellt werden und das Artenvorkommen der Ausgangsmischung liegt noch immer bei vier von 15 Arten.



**ZU-1017**

Abbildung 51: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 1,2, September 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

**Artenzusammensetzung Kräuter (September 2017):** Wie bereits die Kreisdiagramme in Abbildung 50 zeigten, fand bei Variante 1 ein Rückgang des Artenvorkommens im Untersuchungszeitraum statt. Die obenstehende Abbildung unterstreicht dieses Bild und gibt Aufschluss über die Artenzusammensetzung beider Varianten. Für Variante 1 konnten folgende Arten erhoben werden:

*Achillea millefolium*, *Dianthus deltoides*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus superbus*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris* und *Sedum album*.

Bei Variante 2 wurde neben *Dianthus deltoides*, *Silene nutans* und *Silene vulgaris* auch *Sedum album* gemessen. Alle weiteren Arten, also *Allium schoenoprasum*, *Campanula persicifolia*, *Hieracium murorum*, *Hieracium pilosella*, *Origanum vulgare*, *Prunella vulgaris*, *Thymus pulegioides* und *Veronica teucrium* konnten im September 2017 nicht vorgefunden werden.

Wie in den beiden Kreisdiagrammen ersichtlich, kann über Variante 1 und 2 im September 2017 folgende Aussage getroffen werden: Alle im September 2017 erhobenen Kräuterarten sind Teil der ursprünglich verwendeten Saatgutmischung.

## 5.2.9 ZU-860 Versuchsflächen Gärtnerei

Parzelle	Großparzelle	Saatgutmischung	Variante
1	A	AUSTROSAAT	1
2		Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	2
3		Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3
4	B	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	2
5		AUSTROSAAT	1
6		Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3
7	C	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3
8		AUSTROSAAT	1
9		Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	2

Tabelle 24: Zusammenfassung Varianten ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Parzelle/Großparzelle		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
<b>Abloten ZU-860</b>													
Aufnahmezeitpunkt	Juni	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	Juli	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	August	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	September	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
<b>Deckungsgradschätzung ZU-860</b>													
Aufnahmezeitpunkt	Juni										x	x	x
	Juli										x	x	x
	August										x	x	x
	September										x	x	x
<b>Deckungsgradschätzung Arten ZU-860</b>													
Aufnahmezeitpunkt	Juni	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	Juli												
	August												
	September												
<b>Beregnungsversuch ZU-860</b>													
Aufnahmezeitpunkt	Juni												
	Juli												
	August										x	x	x
	September										x	x	x
<b>Bodenfeuchtemessung</b>													
Aufnahmezeitpunkt	Juni												
	Juli												
	August	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	September	x	x	x	x	x	x	x	x	x			

x = 2017 x = 2016

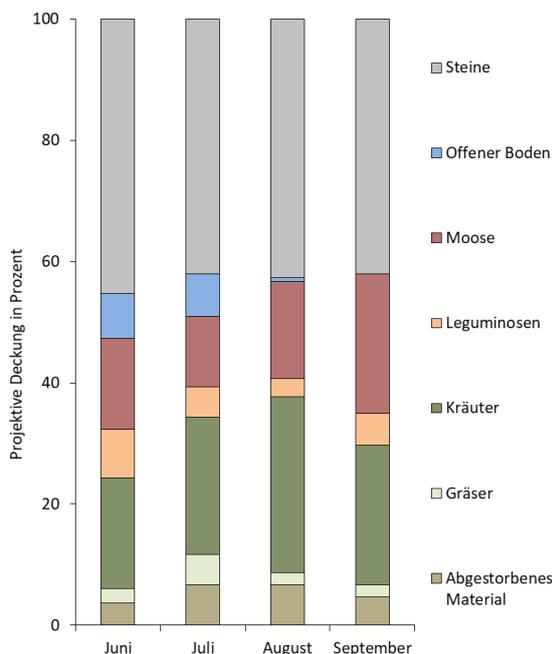
Tabelle 25: Zusammenfassende Darstellung zu Erhebungszeitpunkten ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

## 5.2.10 Frequenzanalyse durch Abloten

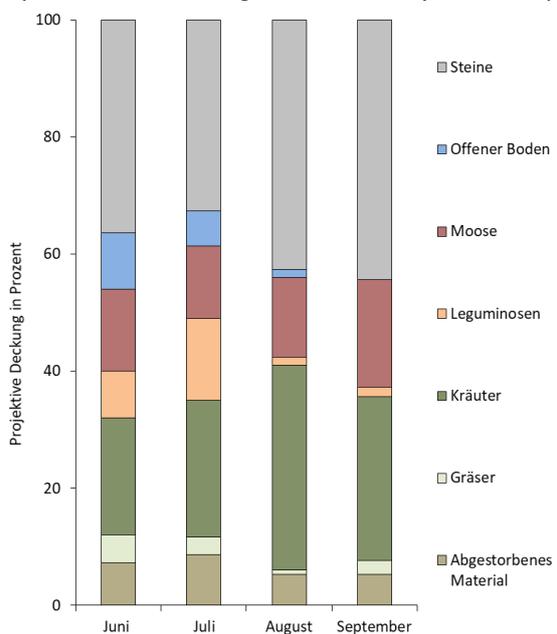
Im folgenden Kapitel wird die Vegetationsentwicklung der jeweiligen Varianten grafisch dargestellt und textlich beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse aller Varianten einander gegenübergestellt. Angaben zu den einzelnen Parzellen der unterschiedlichen Varianten sind im Anhang zu finden.

### Vegetationsentwicklung Frequenzanalyse - Variante 1, 2, 3

**Abloten Variante 1**  
(Mittelwerte der Erhebungsmonate Juni bis September 2017)



**Abloten Variante 2**  
(Mittelwerte der Erhebungsmonate Juni bis September 2017)



ZU-860

Variante 1	Juni	Juli	August	September
Abgestorbenes Material	3,67	6,67	6,67	4,67
Gräser	2,33	5,00	2,00	2,00
Kräuter	18,33	22,67	29,00	23,00
Leguminosen	8,00	5,00	3,00	5,33
Moose	15,00	11,67	16,00	23,00
Offener Boden	7,33	7,00	0,67	0,00
Steine	45,33	42,00	42,67	42,00
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>28,67</b>	<b>32,67</b>	<b>34,00</b>	<b>30,33</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>71,33</b>	<b>67,33</b>	<b>66,00</b>	<b>69,67</b>

Abbildung 53: Vegetationsentwicklung ZU-860, ABLOTEN, Variante 1 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

ZU-860

Variante 2	Juni	Juli	August	September
Abgestorbenes Material	7,33	8,67	5,33	5,33
Gräser	4,67	3,00	0,67	2,33
Kräuter	20,00	23,33	35,00	28,00
Leguminosen	8,00	14,00	1,33	1,67
Moose	14,00	12,33	13,67	18,33
Offener Boden	9,67	6,00	1,33	0,00
Steine	36,33	32,67	42,67	44,33
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>32,67</b>	<b>40,33</b>	<b>37,00</b>	<b>32,00</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>67,33</b>	<b>59,67</b>	<b>63,00</b>	<b>68,00</b>

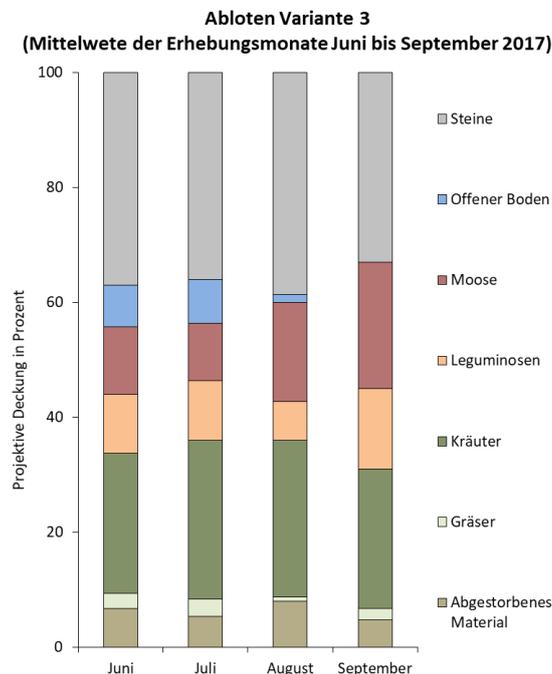
Abbildung 52: Vegetationsentwicklung ZU-860, ABLOTEN, Variante 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Variante 1 (AUSTOSAAT):** Beim Blick auf die Grafik zeigt sich ein leichter Anstieg der Vegetationsdeckung von Juni bis August. Im September konnte bereits wieder ein Rückgang der Vegetation beobachtet werden. Interessant dabei ist außerdem, dass die Deckung an Gräsern fast über den gesamten Untersuchungszeitraum bei rund zwei Prozent gelegen ist. Nur im Juli erreichte sie eine Deckung von fünf Prozent. Die Kräuter hingegen zeigten wie die Gesamtdeckung einen stetigen Anstieg bis August.

Auffällig ist zudem, dass der Anteil an Moosen von Juni bis Juli um rund drei Prozent zurückging und von Juli bis August wieder um vier Prozent gestiegen ist. Im September konnte dann ein weiterer Zuwachs von sieben Prozent ermittelt werden.

**Variante 2 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9):** Anders als bei Variante 1 zeigte Variante 2 einen deutlichen Anstieg der Gesamtdeckung zwischen Juni und Juli von etwa 7,5 Prozent. Ab August zeigte sich bereits ein Rückgang von rund drei Prozent und im Folgemonat ging der Deckungsgrad an Vegetation um weitere fünf Prozent zurück.

Hinsichtlich der Artengruppen zeigte sich folgendes Bild: Die Gräser hatten ihre höchste Deckung im Juni mit 4,67 Prozent und ihre niedrigste im August mit 0,67 Prozent. Auch der Anteil an Leguminosen zeigt ähnliche Werte. Im Juni lag der Anteil an Leguminosen bei acht Prozent im Juli bei 14 Prozent und im August gingen die Leguminosen auf 1,33 Prozent zurück. Bei den Kräutern zeigte sich ein umgekehrtes Bild. Bei ihnen wurde im Juni ein Deckungsgrad von 20 Prozent gemessen und im August sogar von 35 Prozent.



ZU-860

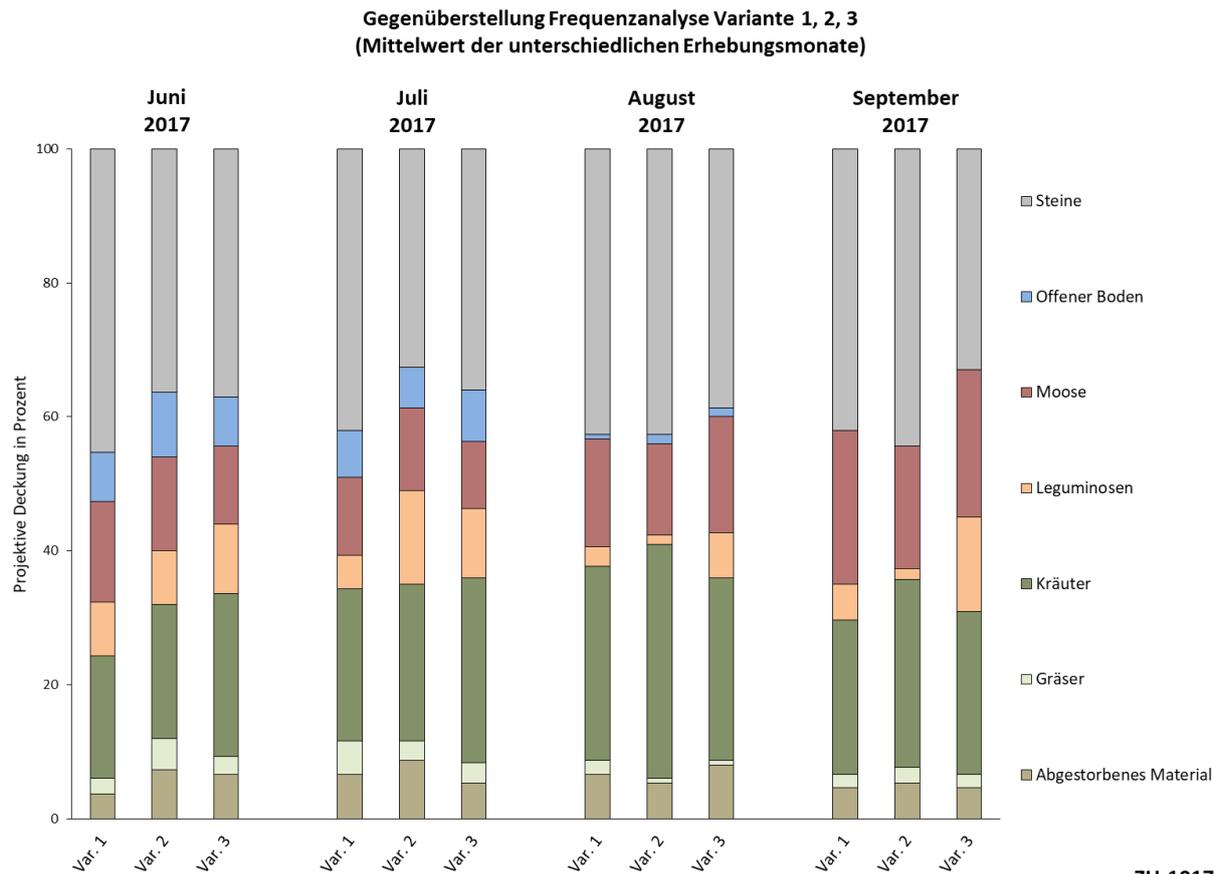
Variante 3	Juni	Juli	August	September
Abgestorbenes Material	6,67	5,33	8,00	4,67
Gräser	2,67	3,00	0,67	2,00
Kräuter	24,33	27,67	27,33	24,33
Leguminosen	10,33	10,33	6,67	14,00
Moose	11,67	10,00	17,33	22,00
Offener Boden	7,33	7,67	1,33	0,00
Steine	37,00	36,00	38,67	33,00
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>37,33</b>	<b>41,00</b>	<b>34,67</b>	<b>40,33</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>62,67</b>	<b>59,00</b>	<b>65,33</b>	<b>59,67</b>

Abbildung 54: Vegetationsentwicklung ZU-860, ABLOTEN, Variante 3 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

**Variante 2 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11):** Im Vergleich zu Variante 1 und 2 konnte hier ein Anstieg der Gesamtdeckung zwischen Juni und Juli und zwischen August und September festgestellt werden. Lediglich von Juli bis August fand ein Rückgang der Vegetationsdeckung von etwa sechs Prozent statt.

Bei Betrachtung der einzelnen Artengruppen fällt außerdem auf, dass der Anteil an Gräsern mit einem Deckungsgrad zwischen 0,67 und drei Prozent sehr gering ist. Leguminosen konnten mit einem Anteil zwischen 6,67 (August) und 14 Prozent (September) gemessen werden. Hinsichtlich der Kräuter zeigte sich folgendes Bild: Sie erreichten einen Deckungsgrad von 24,33 Prozent sowohl im Juni, als auch bei der letzten Erhebung im September. Im Juli und August konnte bei ihnen ein Deckungsgrad von rund 27 Prozent festgestellt werden.

## Gegenüberstellung Frequenzanalyse - Variante 1, 2, 3



ZU-1017

Variante	Jun.17			Jul.17			Aug.17			Sep.17		
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3
Abgestorbenes Material	3,67	7,33	6,67	6,67	8,67	5,33	6,67	5,33	8,00	4,67	5,33	4,67
Gräser	2,33	4,67	2,67	5,00	3,00	3,00	2,00	0,67	0,67	2,00	2,33	2,00
Kräuter	18,33	20,00	24,33	22,67	23,33	27,67	29,00	35,00	27,33	23,00	28,00	24,33
Leguminosen	8,00	8,00	10,33	5,00	14,00	10,33	3,00	1,33	6,67	5,33	1,67	14,00
Moose	15,00	14,00	11,67	11,67	12,33	10,00	16,00	13,67	17,33	23,00	18,33	22,00
Offener Boden	7,33	9,67	7,33	7,00	6,00	7,67	0,67	1,33	1,33	0,00	0,00	0,00
Steine	45,33	36,33	37,00	42,00	32,67	36,00	42,67	42,67	38,67	42,00	44,33	33,00
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>28,67</b>	<b>32,67</b>	<b>37,33</b>	<b>32,67</b>	<b>40,33</b>	<b>41,00</b>	<b>34,00</b>	<b>37,00</b>	<b>34,67</b>	<b>30,33</b>	<b>32,00</b>	<b>40,33</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>71,33</b>	<b>67,33</b>	<b>62,67</b>	<b>67,33</b>	<b>59,67</b>	<b>59,00</b>	<b>66,00</b>	<b>63,00</b>	<b>65,33</b>	<b>69,67</b>	<b>68,00</b>	<b>59,67</b>

Abbildung 55: Gegenüberstellung Variante 1,2,3, Abloten (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Die obenstehende Grafik gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Varianten und zeigt dabei, wie sich die projektive Deckung innerhalb eines Erhebungsmonats und im Laufe der einzelnen Aufnahmezeitpunkte unterscheidet.

**Variante 1 (AUSTROSAAT):** zeigte zu allen Erhebungszeitpunkten die geringste Gesamtdeckung. Auch der Anteil an Gräsern lag bei fast allen Erhebungen hinter den beiden anderen Varianten. Nur im August konnte bei Variante 3 eine noch geringere Deckung an Gräsern festgestellt werden.

**Variante 2 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9):** bei drei von vier Erhebungen liegt Variante 2 im Mittelfeld hinsichtlich ihrer Gesamtdeckung. Im August lag sie mit einer Gesamtdeckung von 37 Prozent sogar vor den beiden anderen Varianten.

**Variante 3 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11):** sowohl im Juni, als auch im Juli und September zeigte Variante 3 die höchste Deckung. Nur im August konnten bei Variante 2 eine um etwa 2,5 Prozent höhere Gesamtdeckung gemessen werden.

## 5.2.11 Artenvorkommen/Fremdaufwuchs (Gräser) ZU-860

In diesem Kapitel findet zuerst eine grafische Darstellung des Artenvorkommens der unterschiedlichen Varianten statt. Dabei wird einerseits der Anteil an vorgefundenen und nicht vorgefundenen Arten in Hinblick auf die Ausgangsmischung aufgezeigt und andererseits die mittlere projektive Deckung der Einzelarten je Variante dargestellt, wobei auf die Höhe des Deckungsgrades der Einzelarten hier nicht nochmals näher eingegangen wird. Die Darstellung soll lediglich einen Überblick schaffen, welche Arten der Ursprungsmischung erhoben werden konnten und welche Fremdarten aufgekommen sind. Die Höhe des Deckungsgrades gibt dabei aber keine Auskunft über die Individuenzahl der einzelnen Arten. Neben der grafischen Darstellung finden auch eine textliche Beschreibung der einzelnen Grafiken statt.

### Aufgekommene Arten (Gräser) der Ausgangsmischung + Fremdarten

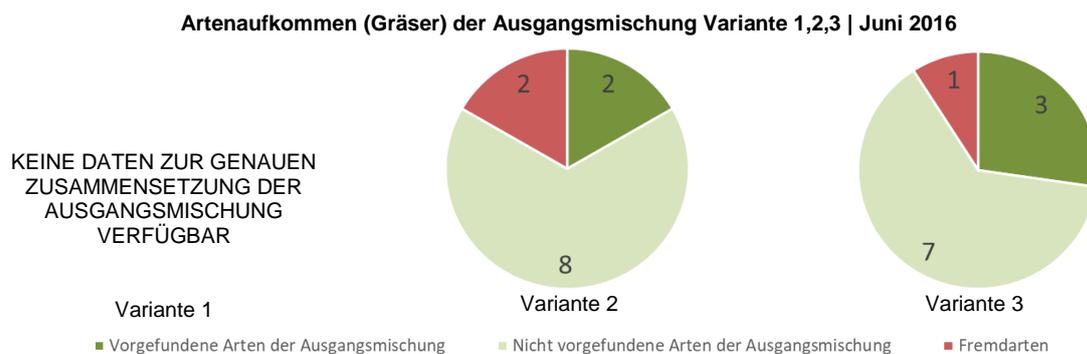
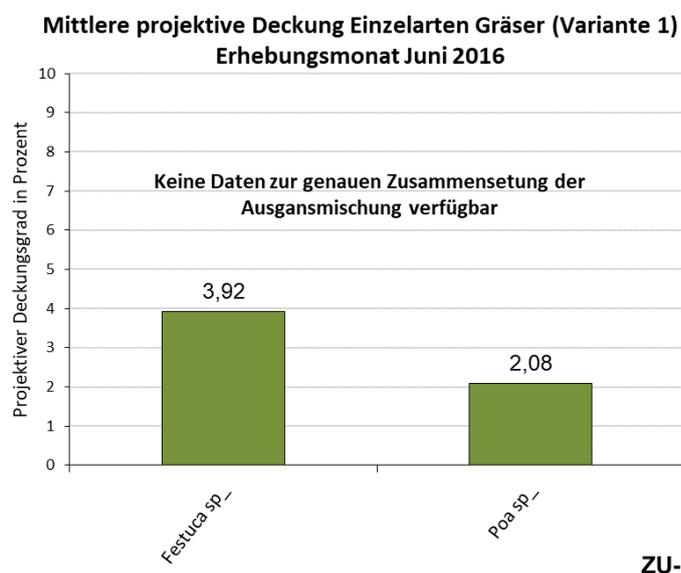


Abbildung 56: Artenaufkommen Gräser der Ausgangsmischung Variante 1,2,3 Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

Die obenstehende Grafik zeigt, dass zwischen Variante 2 und 3 nur geringfügige Unterschiede hinsichtlich ihres Artenaufkommens festgestellt werden konnten. Bei Variante 2 wurden von 10 Arten der Ausgangsmischung nur zwei Arten im Zuge der Bonituren vorgefunden. Bei Variante 3 waren es drei. Variante 2 zeigte außerdem einen Fremdaufwuchs von zwei Arten. Bei Variante 3 wurde dagegen nur eine Fremdart erhoben. Da für Variante 1 leider keine Daten zur genauen Zusammensetzung vorliegen, konnten keine Untersuchungen zum Artenaufkommen der ursprünglich verwenden Arten durchgeführt werden.

### Artenzusammensetzung Gräser (Juni 2016):



**ZU-860**

Abbildung 57: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 1, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)



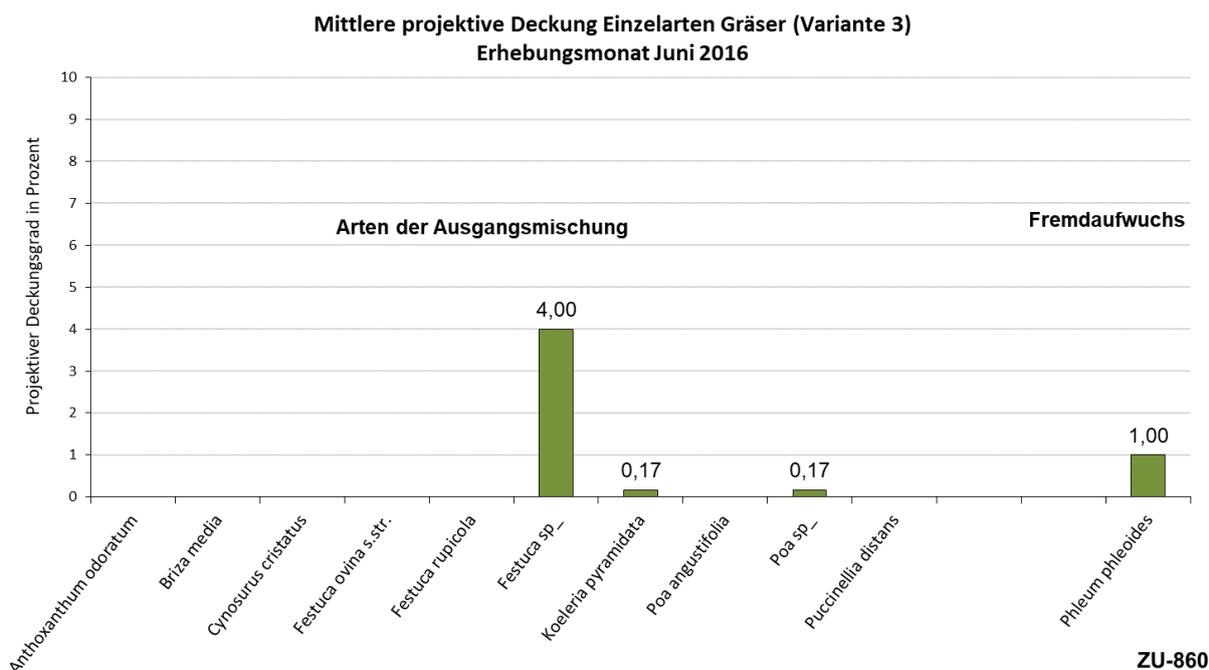


Abbildung 59: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 3, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

**Artenzusammensetzung Gräser (Variante 3, Juni 2016):** bei Variante 3 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11) zeigt sich ein etwas anderes Bild. Im Zuge der Erhebung wurden drei Arten der Ausgangsmischung vorgefunden, Festuca sp\_, Koeleria pyramidata und Poa sp\_. Zudem wurde eine Fremdart, Phleum phleoides erhoben.

### Aufgekommene Arten (Kräuter) der Ausgangsmischung + Fremdarten

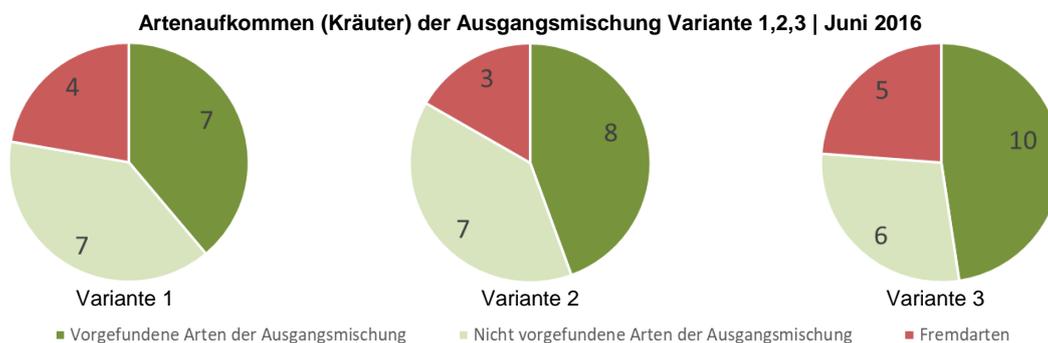
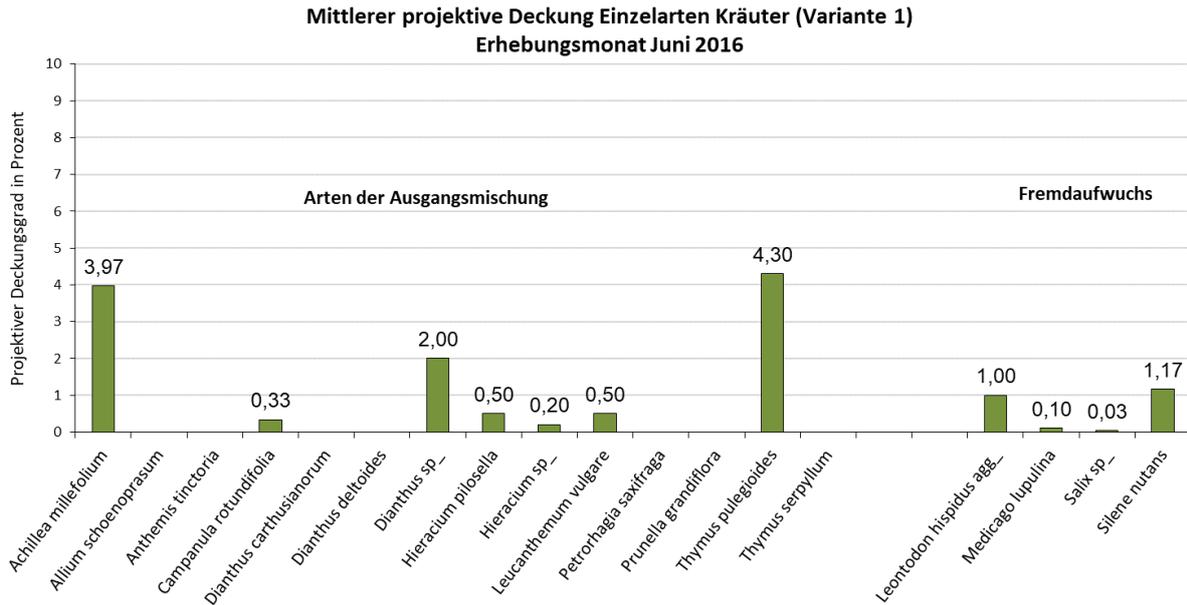


Abbildung 60: Artenaufkommen Kräuter der Ausgangsmischung Variante 1,2,3 Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

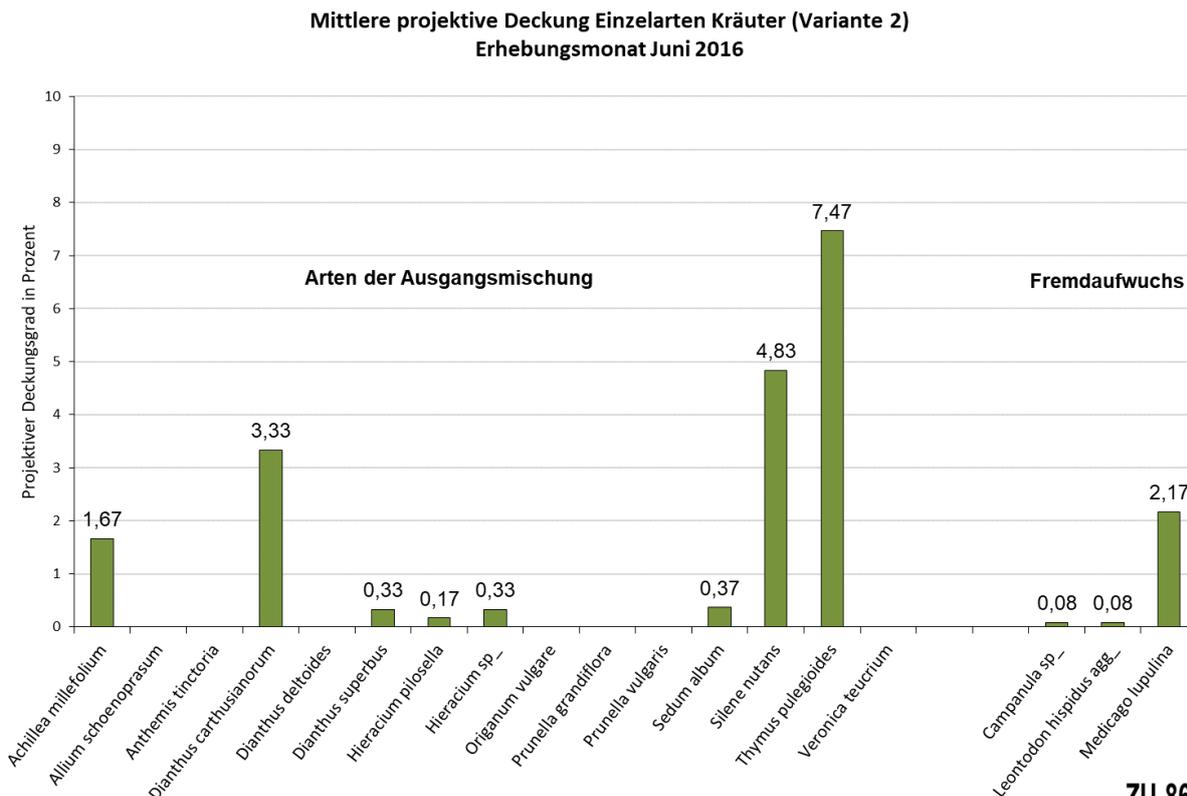
Die drei Kreisdiagramme zeigen deutlich, dass es einen Unterschied hinsichtlich des Artenaufkommens der Kräuter gibt. Bei Variante 1 konnten 50 Prozent der ursprünglichen Kräuterrarten der Ausgangsmischung vorgefunden werden. Für Variante 2 zeigte sich ein Artenvorkommen der Ursprungsmischung von acht Arten (= 53,3 %). Variante 3 hat mit 16 Arten die höchsten Artenanzahl in der urpünglichen Mischung, wobei aber zehn Kräuterarten, also 62,5 Prozent der Ursprungsarten bei der Bonitur im Juni erhoben werden konnten. Bei Betrachtung der Fremdarten zeigt sich folgendes Bild: Auf den Versuchsflächen von Variante 1 konnte vier Fremdarten erhoben werden. Variante 2 zeigte ein Artenaufkommen von drei Arten, die nicht Teil der Ursprungsmischung waren und bei Variante 3 waren es 5 Arten.



ZU-860

Abbildung 62: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 1, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

**Artenzusammensetzung Kräuter (Variante 1, Juni 2016):** bei Variante 1 (AUSTROSAAT) wurden, wie bereits erwähnt, sieben Arten der Ursprungsmischung vorgefunden. Dazu zählen *Achillea millefolium*, *Campanula rotundifolia*, *Dianthus sp.*, *Hieracium pilosella*, *Hieracium sp.*, *Leucanthemum vulgare* und *Thymus pulegioides*. Zusätzlich konnten weitere vier Fremdarten erhoben werden: *Leontodon hispidus agg.*, *Medicago lupulina*, *Salix sp.* und *Silene nutans*.



ZU-860

Abbildung 61: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 2, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

**Artenzusammensetzung Kräuter (Variante 2, Juni 2016):** bei dieser Variante (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9) konnten acht verschiedene Kräuterarten der

ursprünglich eingesäten 15 Arten erhoben werden. Neben *Achillea millefolium*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus superbus*, *Hieracium pilosella* und *Hieracium sp.* wurden außerdem noch *Sedum album*, *Silene nutans* und *Thymus pulegioides* vorgefunden. Neben diesen acht Ursprungsarten wurden im Zuge dieser Erhebung auch noch drei Fremdarten boniert: *Campanula sp.*, *Leontodon hispidus agg.* und *Medicago lupulina*.

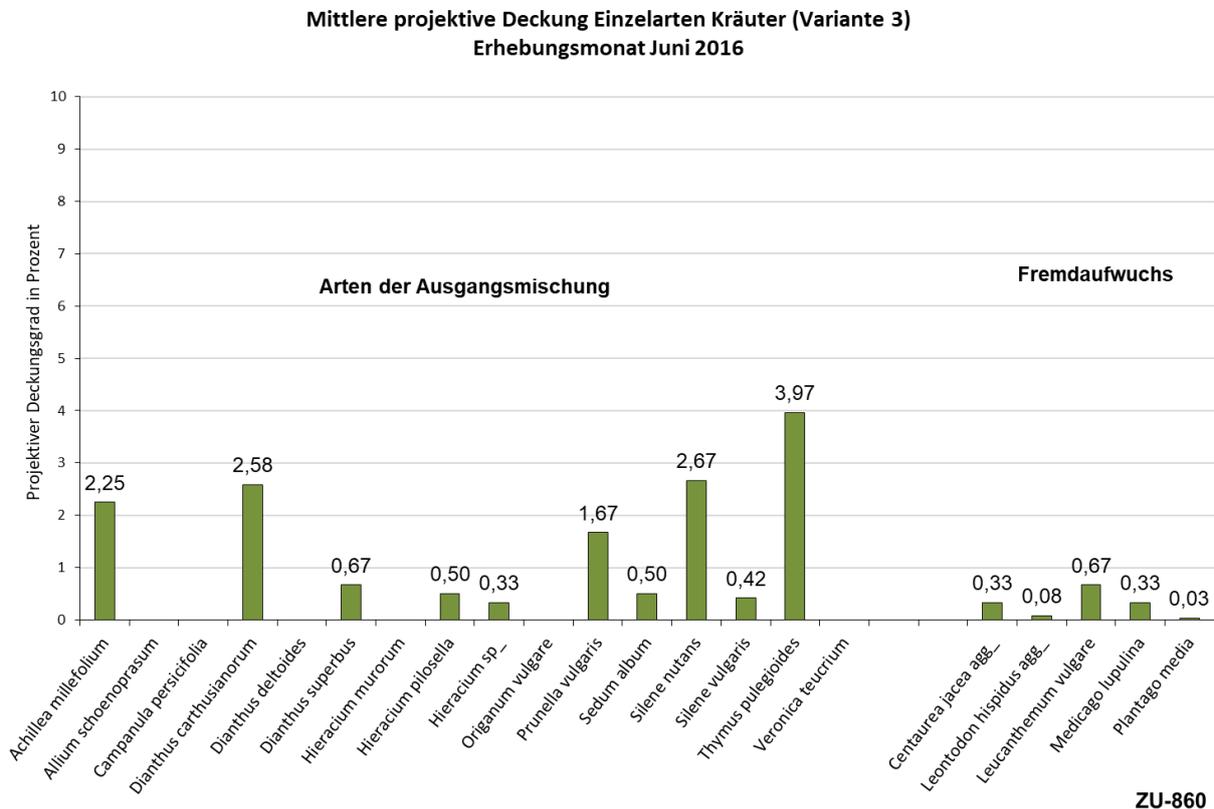


Abbildung 63: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 3, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017)

**Artenzusammensetzung Kräuter (Variante 3, Juni 2016):** im Zuge der Erhebung wurden für Variante 3 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11) zehn von 16 Ursprungsarten vorgefunden. Dazu zählen: *Achillea millefolium*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus sperbus*, *Hieracium pilosella*, *Hieracium sp.*, *Prunella viulgaris*, *Sedum album*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris* und *Thymus pulegioides*. Neben diesen zehn Arten konnten auf den Versuchsflächen von Variante 3 auch noch fünf Fremdarten erhoben werden. Neben *Centaurea jacea agg.*, *Leontodon hispidus agg.* und *Leucanthemum vulgare* zeigten sich auch noch *Medicago lupulina* und *Plantago media*.

### 5.3 Statistische Auswertung der Ergebnisse mittels SPSS (Vers. 24)

Im folgenden Kapitel werden repräsentative Ergebnisse der statistischen Auswertung der Vegetationsaufnahmen sowohl grafisch dargestellt, als auch textlich beschrieben. Alle weiteren Ergebnisse der statistischen Auswertung sind im Anhang ab Seite 164 zu finden.

Zur Darstellung der Ergebnisse werden Boxplots verwendet. Sie ermöglichen es, die gewonnenen Daten der Untersuchungen grafisch aufzuzeigen. Bei dieser Art der Visualisierung werden die Daten durch Quantile in vier Abschnitte/Klassen eingeteilt:

- Das erste Quantil bildet die Obergrenze der untersten 25 Prozent der geordneten Daten. Zusätzlich markiert es die Untergrenze der Box.
- Das zweite Quantil (Median) bildet den mittelsten Wert der Datenreihe, also das arithmetische Mittel der beiden mittelsten Werte.
- Das dritte Quantil markiert die Untergrenze der obersten 25 Prozent der Werte.
- Die „Box“ ist begrenzt zwischen dem ersten und dritten Quantil. Dies bedeutet, dass etwa 50 Prozent der Daten innerhalb dieser Box liegen (vgl. BETTERMARKS GMBH, 2017, o.S.).

Der Boxplot selbst ist eine Zusammenstellung folgender fünf Lageparameter:

- dem kleinsten Wert (unterster Querstrich)
- dem ersten Quantil (Anfang der Box)
- dem Median (Mittelster Wert)
- dem dritten Quantil (Ende Box)
- dem größten Wert (oberster Querstrich)

Durch die Verwendung von Boxplots kann demnach die Verteilung der Daten um den Median dargestellt werden (vgl. BETTERMARKS GMBH, 2017, o.S.).

### 5.3.1 ZU-1017 Internatsgebäude

Auf den Versuchsflächen ZU-1017 wurden bei Variante 1 und 2 jeweils zwei Aufnahmemethoden, die Deckungsgradschätzung und das Abloten angewandt. Da beide Aufnahmemethode ähnliche Ergebnisse lieferten, wird zur Vereinfachung und zur besseren Lesbarkeit der Arbeit auf die textliche Beschreibung der statistischen Auswertung der Ablotmethode in diesem Unterkapitel verzichtet. Die Ergebnisse beider Methoden sind im Anhang zu finden.

#### Gesamtdeckung ZU-1017

Gesamtdeckung Juni bis September ZU-1017			
	Variante	Stichprobenumfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Gesamtdeckung Juni in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche (V1)	3	0,03
	WSP, freie Dachfläche (V2)	3	
Gesamtdeckung Juli in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche (V1)	3	0,02
	WSP, freie Dachfläche (V2)	3	
Gesamtdeckung August in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche (V1)	3	0,04
	WSP, freie Dachfläche (V2)	3	
Gesamtdeckung September in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche (V1)	3	0,03
	WSP, freie Dachfläche (V2)	3	

Tabelle 26: Ergebnisse Varianzanalyse, Gesamtdeckung Juni bis September ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Tabelle 26 zeigt die Ergebnisse der Varianzanalyse bei der Gegenüberstellung der Deckungsgrade zwischen Juni und September. Verglichen wurden dabei nur Variante 1 (Liadrain 8/16, freie Dachfläche) und Variante 2 (WSP, freie Dachfläche). Wie bereits bei der grafischen Darstellung mittels Excel-Diagramme untermauert die varianzanalytische Auswertung die Ergebnisse. Laut Statistik konnten zu jedem Erhebungszeitpunkt (Juni-September) signifikante Unterschiede bei der Gesamtdeckung festgestellt werden. Deutlicher sichtbar wird dies auch bei der Darstellung (Abbildung 65) der Ergebnisse mittels Boxplots.

Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand Juli ZU-1017 (Variante 1 und 2)			
	Variante	Stichprobenumfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Blatthöhe mit Blütenstand	Liadrain 8/16, freie Dachfläche (V1)	3	0,01
	WSP, freie Dachfläche (V2)	3	

Tabelle 27: Ergebnisse Varianzanalyse, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Um die Unterschiede der beiden Varianten (1 und 2) weiter zu verdeutlichen wurden im Zuge der Erhebungen auch die mittleren Blatthöhen gemessen. Wie aus Tabelle 27: Ergebnisse Varianzanalyse, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) ersichtlich zeigt die varianzanalytische Auswertung, dass

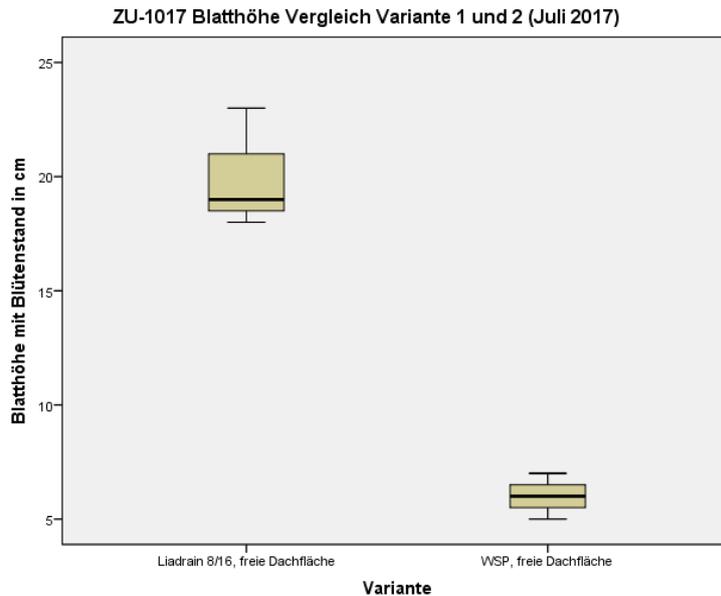


Abbildung 64: Boxplotdarstellung, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1: Liadrain 8/16 frei Dachfläche und Variante 2: WSP, freie Dachfläche (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

signifikante Unterschiede zwischen den beiden Varianten bestehen. Verdeutlicht wird dies durch die nachfolgende Grafik.

Abbildung 64 unterstreicht die genannten Ergebnisse der statistischen Auswertung. Wie aus der Grafik zu entnehmen, liegen 100 Prozent der erhobenen Daten von Variante 1 über dem höchsten Wert von Variante 2. Es zeigt sich auch, dass die Daten bei Variante 2 wesentlich

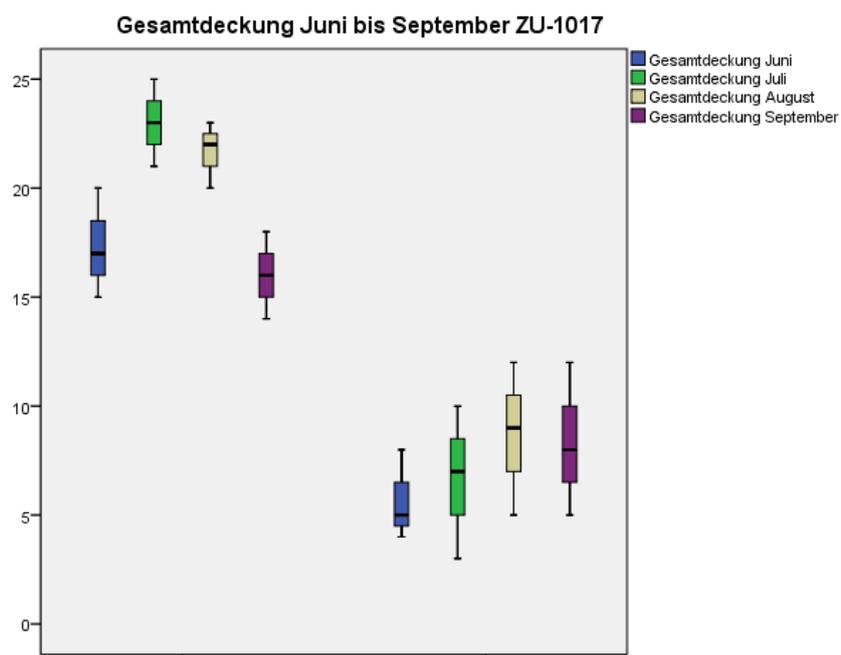


Abbildung 65: Boxplotdarstellung Gesamtdeckung Juni bis September, ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

weniger verstreut sind, als jene bei Variante 1. Zudem kann festgestellt werden, dass Variante 1 Blatthöhen zwischen 17 und 23 Zentimeter erreicht hat und Variante 2 Blatthöhen zwischen fünf und sieben Zentimeter.

Die obenstehende Grafik zeigt die Ergebnisse über die Gesamtdeckung von Variante 1 (Drainageschicht aus Liadrain 8/16) und Variante 2 (Drainageschicht bestehend aus einer Wasserspeicherplatte) zwischen Juni und September 2017.

Im Zuge der Erhebung im Juni 2017 zeigten sich durch die Lage der Boxplots zueinander deutliche Unterschiede zwischen den beiden Varianten. Werden die Boxen einander gegenübergestellt, so zeigt sich, dass Variante 2 weit unter den Deckungsgraden von Variante 1 liegt. Es gibt hier keinerlei Überschneidungen, auch nicht zwischen dem geringsten Wert von Variante 1 und dem höchsten Wert von Variante 2.

Hinsichtlich der Datenverteilung ist zu erkennen, dass bei Variante 1 die Daten wesentlich näher zusammenliegen. Dies bedeutet, dass ähnliche Deckungsgrade pro Parzelle vorgefunden wurden. Im Vergleich dazu zeigen die Boxplots bei Variante 2, dass die erhobenen Deckungsgrade deutlich höhere Unterschiede aufzeigen.

Zudem zeigt die Grafik bei Variante 1 einen deutlichen Anstieg der Deckungsgrade zwischen Juni und Juli und einen starken Rückgang zwischen August und September. Variante 2 hingegen zeigt von Juni bis September einen kontinuierlichen Anstieg.

Gesamtdeckung Juli ZU-1017 (Variante 1 und 4)			
	Variante	Stichproben - umfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Gesamtdeckung Juli	Liadrain 8/16, freie Dachfläche (V1)	3	0,30
	Liadrain 8/16, vor Photovoltaikanlage (V4)	3	

Tabelle 28: Ergebnisse Varianzanalyse, Gesamtdeckung Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Da nur im Juli Daten zu Variante 4 (Liadrain 8/16, vor der Photovoltaikanlage) vorliegen, kann nur zu diesem Zeitpunkt eine Gegenüberstellung und demnach ein direkter Vergleich durchgeführt werden. Hier zeigt die obenstehende Tabelle laut Statistik keinen signifikanten Unterschied zwischen Variante 1 und 4, da die Signifikanz über 0,05 liegt. Auch bei Betrachtung der Mittelwerte zeichnet sich dieses Bild schon ab.

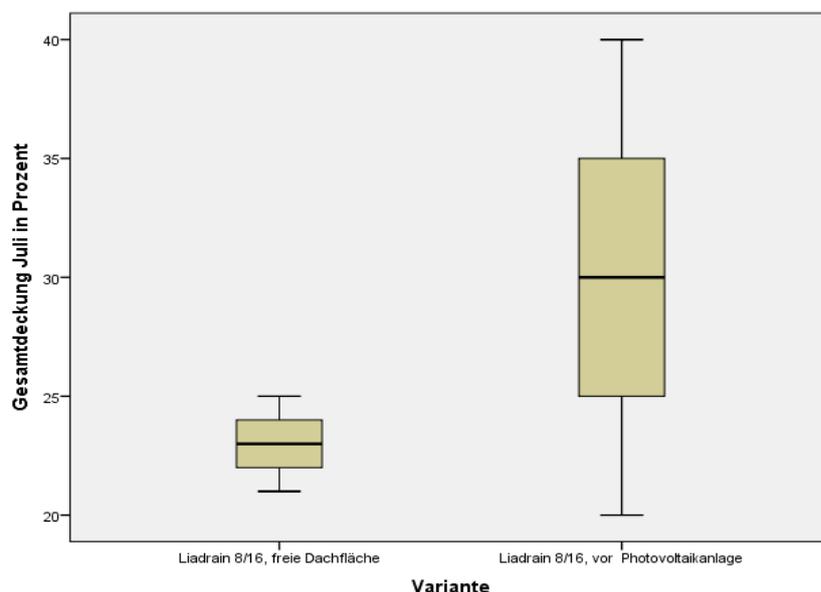


Abbildung 66 zeigt die Verteilung der erhobenen Daten. Auffallend bei dieser Darstellung ist, dass bei Variante 1 die Daten wesentlich weniger verstreut sind als bei Variante 4. Die Schwankungsbreite der Daten liegt bei Variante 1 bei etwa drei Prozent, dem gegenüber steht Variante 4 mit einer Schwankungsbreite von 20 Prozent. Generell zeigt sich, dass beide Varianten eine Mindestdeckung von etwa 20 Prozent erreicht haben. Hinsichtlich der Maximaldeckung konnte Variante 1 eine Gesamtdeckung von 25 Prozent erzielen und Variante 4 sogar 40 Prozent. Zudem zeigt sich, dass 100 Prozent der erhobenen Daten der Deckungsgrade von Variante 1 zwischen dem niedrigsten Werte und dem ersten Quantil von Variante 4 liegen. Dies bedeutet, dass 75 Prozent der Deckungsgrade von Variante 4 über dem höchsten Deckungsgrad von Variante 1 liegen.

Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand Juli ZU-1017 (Variante 1 und 4)			
	Variante	Stichproben- umfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Blatthöhe mit Blütenstand	Liadrain 8/16, freie Dachfläche (V1)	3	0,02
	Liadrain 8/16, vor Photovoltaikanlage (V4)	3	

Tabelle 29: Ergebnisse Varianzanalyse, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Obwohl bei der Gegenüberstellung der Gesamtdeckung der beiden Varianten 1 und 4 laut der Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten ( $p > 0,05$ ), zeigt die varianzanalytische Auswertung der mittleren Blatthöhen mit Blütenstand Tabelle 29 sehr wohl signifikante Unterschiede zwischen den beiden Varianten ( $p < 0,05$ ). Bei Betrachtung der nachfolgenden Grafik wird dies auch deutlich sichtbar.

Abbildung 67 zeigt die Verteilung der erhobenen Blatthöhen zu beiden Varianten. Es ist zu erkennen, dass bei Variante 1 wesentlich geringere Blatthöhen gemessen werden konnten, als bei Variante 4. Im Detail sieht dies wie folgt aus: Bei Variante zeigten sich Blatthöhen von

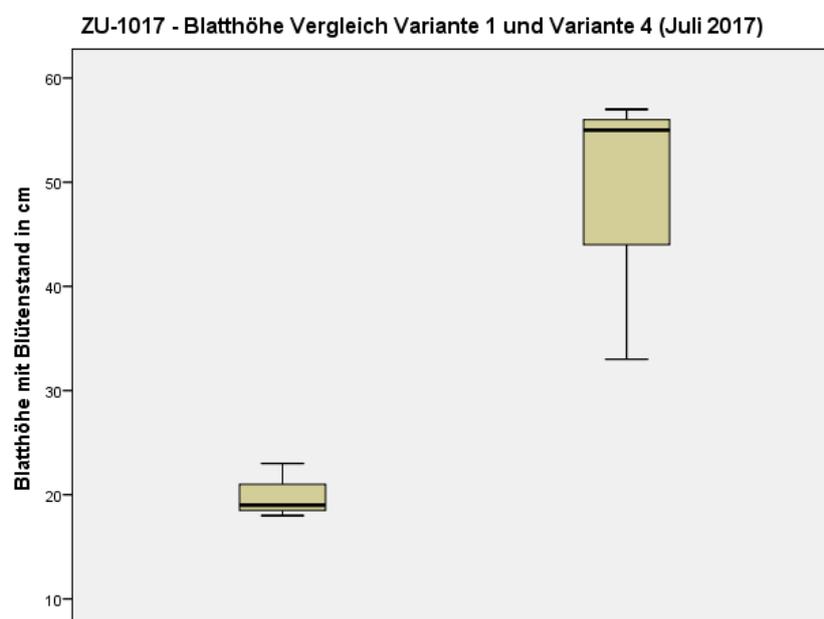


Abbildung 67: Boxplotdarstellung, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

18 bis 24 Zentimeter. Bei Variante 4 hingegen konnten Blatthöhen zwischen 32 und 57 Zentimeter gemessen werden. Wie schon bei der Gesamtdeckung fällt hier auf, dass die erhobenen Daten von Variante 1 wesentlich näher zusammenliegen, als jene von Variante 4. Zudem zeigt sich bei dieser Darstellung, dass 100 Prozent aller Daten von Variante 1 unter dem niedrigsten Wert von Variante 4 liegen.

### Deckung Gräser ZU-1017

Deckung Gräser Juni bis September ZU-1017			
	Variante	Stichproben- umfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Deckung Gräser Juni	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	0,07
	WSP, freie Dachfläche	3	
Deckung Gräser Juli	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	0,06
	WSP, freie Dachfläche	3	
Deckung Gräser August	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	0,025
	WSP, freie Dachfläche	3	
Deckung Gräser September	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	0,074
	WSP, freie Dachfläche	3	

Tabelle 30: Ergebnisse Varianzanalyse, Deckung Gräser Juni bis September ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Anders als bei den zuvor beschriebenen Ergebnissen zur Gesamtdeckung der Varianzanalyse zeigt diese Übersichtstabelle, dass laut Statistik nur im August signifikante Unterschiede bei den Deckungsgraden der Gräser festgestellt werden konnten. Zu allen anderen Erhebungszeitpunkten konnten laut Statistik keine signifikanten Unterschiede erzielt werden. Dennoch zeigt die nachfolgende Grafik gut, dass durchaus Unterschiede bei allen Erhebungen bestehen, diese aber statistisch nicht nachweisbar waren. Weitere Informationen dazu sind der textlichen Beschreibung der Abbildung auf der Folgeseite zu entnehmen.

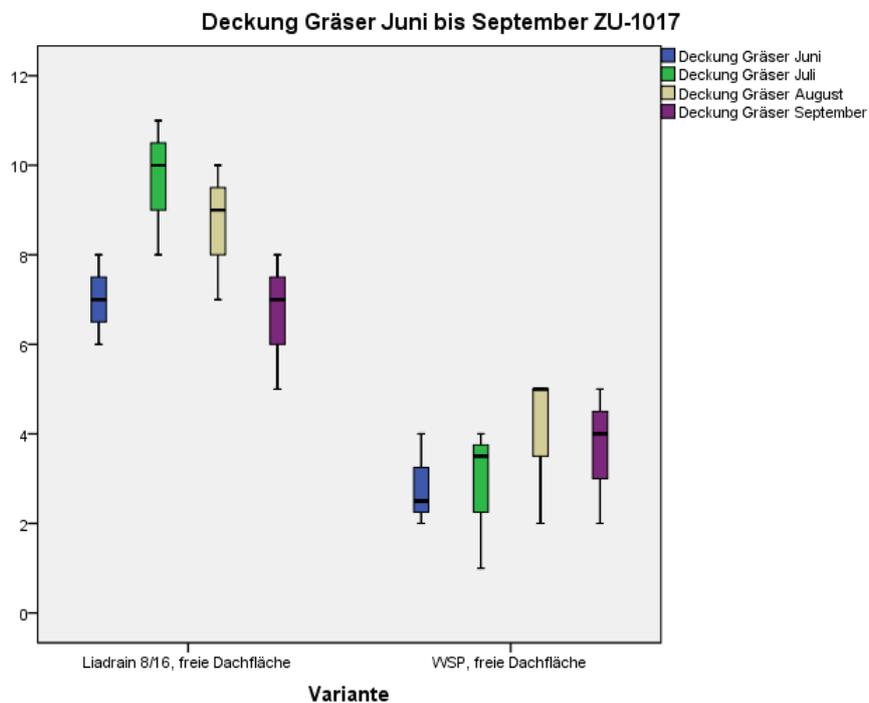


Abbildung 68: Boxplotdarstellung Deckung Gräser Juni bis September, ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Die obenstehende Grafik zeigt die erhobenen Deckungsgrade der Gräser zwischen Juni und Juli. Dabei wurden die Variante 1 (Liadrain 8/16, freie Dachfläche) und Variante 2 (WSP, freie Dachfläche) einander gegenübergestellt. Deutlich erkennbar ist, dass Unterschiede zu allen Erhebungszeitpunkten verzeichnet werden konnten. Im Juni, Juli und August lagen sogar 100 Prozent der Daten von Variante 1 über dem höchsten gemessenen Wert von Variante 2. Nur im September gab es zwischen den beiden Varianten eine leichte Überschneidung - der niedrigste Deckungsgrad von Variante 1 war gleich hoch, wie die höchste gemessene Deckung auf den Versuchsfeldern von Variante 2. Zudem zeigt die Darstellung bei Betrachtung der Boxen, dass bei Variante 1 eine Zunahme der Deckung durch Gräser zwischen Juni und Juli stattfand. Im August fand bereits wieder eine Abnahme statt. Auch interessant zu beobachten war, dass bei Betrachtung der Mediane im Juni und September gleiche Werte gemessen wurden. Im Vergleich dazu fand bei Variante 2 eine Zunahme zwischen Juni, Juli und August statt. Im September fand nur eine kleine Abnahme statt. Zudem lag auch der Median im September wesentlich höher als im Juni.

Hinsichtlich der Verteilung der Daten innerhalb der einzelnen Erhebungen konnte festgestellt werden, dass die Werte nahe zusammen liegen. Ein Unterschied von etwa drei Prozent konnte verzeichnet werden.

### Deckung Kräuter ZU-1017

Deckung Kräuter Juni bis September ZU-1017			
	Variante	Stichproben - umfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Deckung Kräuter Juni	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	0,03
	WSP, freie Dachfläche	3	
Deckung Kräuter Juli	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	0,02
	WSP, freie Dachfläche	3	
Deckung Kräuter August	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	0,03
	WSP, freie Dachfläche	3	
Deckung Kräuter September	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	0,05
	WSP, freie Dachfläche	3	

Tabelle 31: Ergebnisse Varianzanalyse, Deckung Kräuter Juni bis September ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Tabelle 31 zeigt Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung. Im Gegensatz zu den Gräsern liegt die Signifikanz bei drei von vier Erhebungen unter 0,05 und demnach konnten bei diesen Aufnahmen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Varianten (V1=Liadrain 8/16 und V2=Wasserspeicherplatte) festgestellt werden. Nur im September zeigt die statistische Auswertung keine signifikanten Unterschiede.

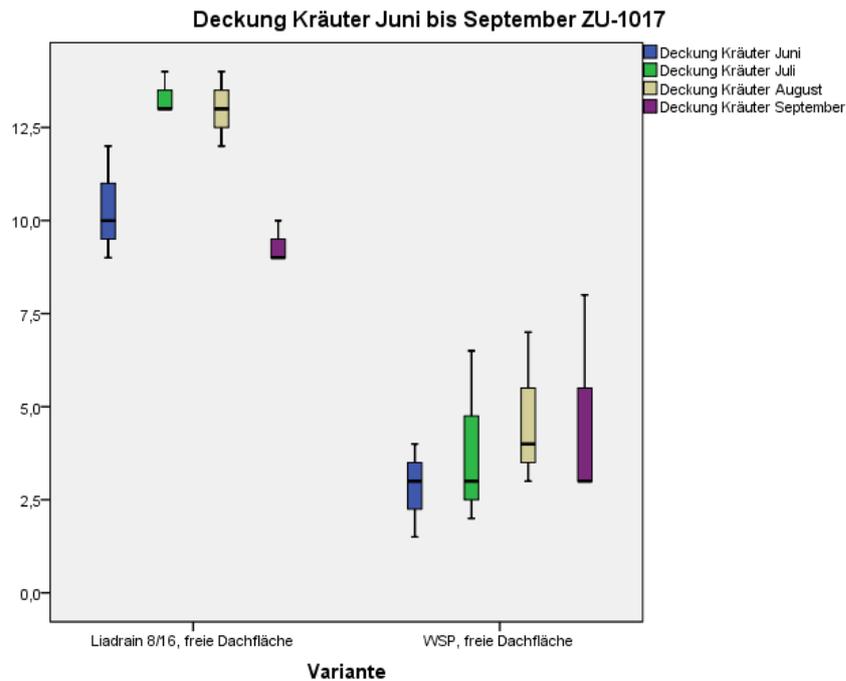


Abbildung 69: Boxplotdarstellung Deckung Kräuter Juni bis September, ZU-1017  
(Quelle: eigene Darstellung, 2018)

In der obenstehenden Grafik sind die Ergebnisse der Aufnahmen mittels Boxplots dargestellt. Sie spiegeln dabei die Ergebnisse der Varianzanalyse wieder. Aufgrund der Lage der Boxplots der beiden Varianten ist ganz deutlich zu erkennen, dass es keinerlei Überschneidungen gibt. Dies bedeutet, dass 100 Prozent der erhobenen Daten von Variante 1 (Liadrain 8/16, freie Dachfläche) über jenen Deckungsgraden von Variante 2 (WSP, freie Dachfläche) liegen. Außerdem zeigt sich, vor allem im Juli und September, dass die Deckungsgrade innerhalb der Erhebungszeitpunkte wesentlich näher zusammen liegen, als bei Variante 2. Dabei konnte bei einer Schwankungsbreite von etwa einem Prozent zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert gemessen werden. Im Vergleich dazu lag die Streuung bei Variante 2 zu diesem Zeitpunkt bei etwa fünf Prozent.

### 5.3.2 ZU-860 Gärtnerei

Im Zuge der Erhebungen der Versuchsflächen ZU-860 wurde nur die Ablotmethode angewandt.

#### Gesamtdeckung ZU-860

Wie bereits die grafische Darstellung (Abbildung 55) in der deskriptiven Analyse vermuten lässt, zeigt die varianzanalytische Auswertung (Tabelle 32) keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei verwendeten Saatgutmischungen.

Gesamtdeckung Juni bis September ZU-860			
	Variante	Stichproben -umfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Gesamtdeckung Juni	AUSTROSAAT	3	0,760
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Gesamtdeckung Juli	AUSTROSAAT	3	0,698
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Gesamtdeckung August	AUSTROSAAT	3	0,864
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Gesamtdeckung September	AUSTROSAAT	3	0,322
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	

Tabelle 32: Ergebnisse Varianzanalyse, Gesamtdeckung Juni bis September ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Abbildung 70 auf der Folgeseite zeigt ein komplett anderes Bild als die zuvor beschriebenen Darstellungen von ZU-1017. Deutlich erkennbar ist, dass die Deckungsgrade der untersuchten Mischungen Ähnlichkeiten aufweisen. Einerseits aufgrund der Verteilung der Daten innerhalb der verschiedenen Mischungen und andererseits aber auch, weil sehr ähnliche Deckungswerte erhoben werden konnten.

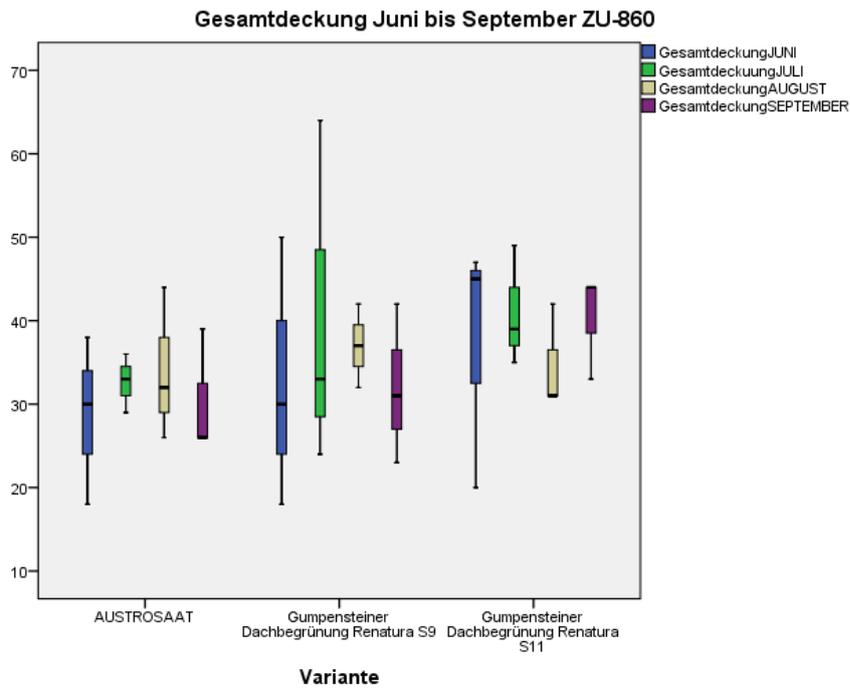


Abbildung 70: Boxplotdarstellung Gesamtdeckung, Juni bis September, ZU-860  
(Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Vor allem Variante 2 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9) zeigt sehr stark verstreute Daten. Ganz besonders zeigt sich dies im Juni und Juli. Im Detail bedeutet dies, dass die gleiche Mischung auf unterschiedlichen Parzellen sehr unterschiedliche Deckungsgrade zeigte.

Im Gegensatz dazu zeigen Variante 1 (AUSTROSAAT) und Variante 3 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11) sehr ähnliche Verteilungsmuster. Auffällig ist bei beiden Varianten jedoch, dass die Schwankungsbreiten der erhobenen Deckungsgrade im Juni stark erhöht war.

### Deckung Gräser ZU-860

Deckung Gräser Juni bis September ZU-860			
	Variante	Stichproben- umfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Deckung Gräser Juni	AUSTROSAAT	3	0,493
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Deckung Gräser Juli	AUSTROSAAT	3	0,679
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Deckung Gräser August	AUSTROSAAT	3	0,441
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Deckung Gräser September	AUSTROSAAT	3	0,940
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	

Tabelle 33: Ergebnisse Varianzanalyse, Deckung Gräser, Juni bis September ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Die obenstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertung der Deckungsgrade durch Gräser anhand der Varianzanalyse. Wie bereits bei der Gesamtdeckung wurden auch hier jeweils drei Daten pro Variante und Erhebungszeitpunkt generiert. Die Ergebnisse der Gegenüberstellung der drei Saatgutmischungen (AUSTROSAAT, Gumpensteiner Dachbegrünung S9 und Gumpensteiner Dachbegrünung S11) zeigen zu allen Erhebungszeitpunkten keine statistisch signifikanten Unterschiede.

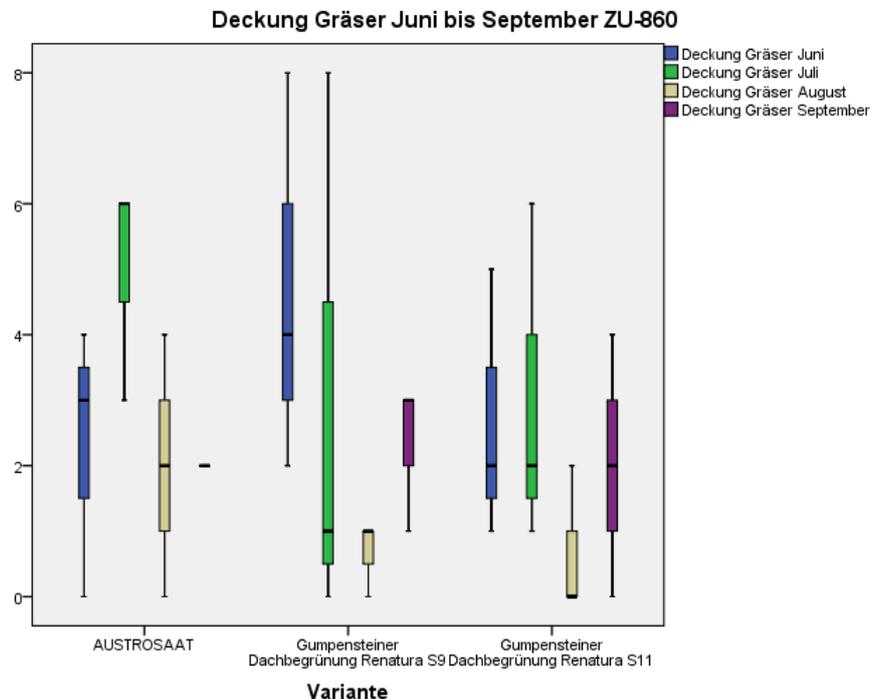


Abbildung 71: Boxplotdarstellung Deckung Gräser Juni bis September, ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Beim ersten Blick auf Abbildung 71 fällt auf, dass die Daten der einzelnen Varianten stark verstreut sind. Vor allem im Juni und Juli sind deutliche Schwankungsbreiten zu verzeichnen, wie die Streckung der Boxen zeigt. August und September hingegen zeigen eine wesentlich geringere Verteilung der Daten. Es ist klar zu erkennen, dass die Deckungsgrade der Gräser der drei verwendeten Saatgutmischungen nahe zusammen liegen und somit keine signifikanten Unterschiede erhoben werden konnten. Zudem zeigt die Darstellung, dass bei den Aufnahmen oftmals Null als Wert erhoben wurde.

## Deckung Kräuter ZU-860

Deckung Kräuter Juni bis September ZU-860			
	Variante	Stichproben- umfang	Signifikanz (Signifikanzniveau p 0,05)
Deckung Kräuter Juni	AUSTROSAAT	3	0,578
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Deckung Kräuter Juli	AUSTROSAAT	3	0,477
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Deckung Kräuter August	AUSTROSAAT	3	0,056
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	
Deckung Kräuter September	AUSTROSAAT	3	0,589
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	

Tabelle 34: Ergebnisse Varianzanalyse, Deckung Kräuter, Juni bis September ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Auch die Deckung der Kräuter der Versuchsfelder ZU-860 wurden mittels Varianzanalyse statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse dazu sind in Tabelle 34 zusammengefasst. Bei Betrachtung der Signifikanzen fällt wieder auf, dass keine statistisch nachweisbaren signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Deckung durch Kräuter ermittelt werden konnte.

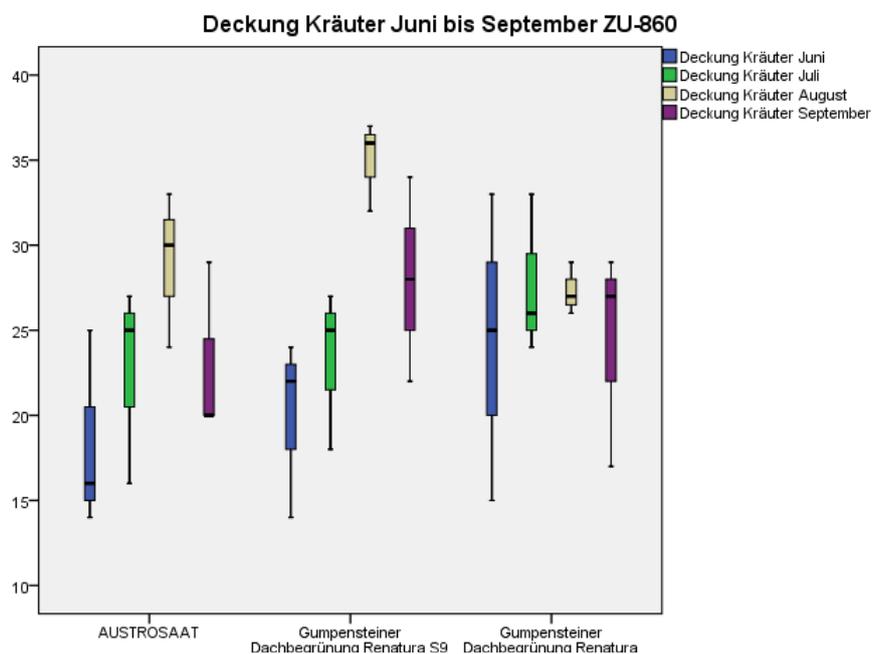


Abbildung 72: Boxplotdarstellung Deckung Kräuter Juni bis September, ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

Abbildung 72 zeigt die Ergebnisse der Deckungsgrade der Kräuter auf den Versuchsfeldern ZU-860 anhand einer Boxplotdarstellung. Die Boxen zeigen, wie bereits bei den Gräsern eine starke Streuung. Dennoch ist hervorzuheben, dass diese aber wesentlich geringer ausgeprägt ist. Zudem fällt auf, dass alle Varianten zu jedem Zeitpunkt Deckungsgrade aufweisen, die über 15 Prozent liegen.

Außerdem ist im direkten Vergleich der drei Varianten bei Saatgutmischung „Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9“ im August die höchste Deckung an Kräutern 37 Prozent gemessen worden. Hinsichtlich der Streuung zeigt Variante 3 (Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11) im Juni die höchste, aber gleichzeitig im August auch die niedrigste.

Generell zeigt die Grafik gut, dass die Daten starke Schwankungen aufweisen und Unterschiede zwischen den drei verwendeten Mischungen nur schwer abzulesen sind.

## 6 Abschließende Diskussion und Empfehlungen

Im nachstehenden Kapitel werden die Ergebnisse zusammenfassend beschrieben, bewertet und Besonderheiten hervorgehoben. Zudem werden sie mit früheren Berichten und anderen Projekten verglichen und der Bogen zur Theorie gespannt. Als weiterer wichtiger Punkt wird der Frage nachgegangen, ob die Ergebnisse den theoretischen Erwartungen, aber auch den eigenen Erwartungen entsprechen. Anschließend wird versucht, die Erkenntnisse auf zukünftige Projekte zu übertragen und Empfehlungen dafür abzuleiten.

### 6.1 Dachbegrünung 2016 – Internatsgebäude (ZU-1017)

In diesem Abschnitt werden die Forschungsfragen zu den Versuchsflächen des Internatsgebäudes (ZU-1017) nochmals aufgelistet und einzeln beantwortet.

#### 1. Wie hat sich die Vegetation der Dachbegrünung am Internatsgebäude der HBLA Raumberg Gumpenstein seit dem Einbau im Jahr 2016 entwickelt?

Zuerst einmal haben die Untersuchungen gezeigt, dass ein starker Unterschied bei den Deckungsgraden zwischen den zwei verwendeten Aufbauvarianten besteht. Vor allem auf jener Dachfläche, auf der Wasserspeicherplatten eingebaut wurden, sind die Ergebnisse der Aufnahmen nach einem Jahr wenig erfreulich. Mit einer maximalen Deckung von 14,33 Prozent liegt diese Extensivbegrünung (Variante 2) weit entfernt von den vorgegebenen 65-70 Prozent Deckungsgrad, die eine extensive Dachbegrünung bei Abnahme laut ÖNORM L 1131 und FLL 2018 erreichen soll. Etwas besser sieht es bei Variante 1 (Drainageschicht aus Liadrain 8/16) aus. Für diese Versuchsflächen konnte eine maximale Deckung von 39,33 Prozent erhoben werden.

Neben dem geringen Deckungsgrad konnte auch festgestellt werden, dass sich vier von acht Gräsern und neun von 15 Kräutern aus dem ursprünglich aufgebrachten Saatgut etablieren konnten. Die nebenstehende Tabelle gibt dazu einen guten Überblick. Alle rot markierten Arten wurden auf keiner der Versuchsflächen vorgefunden. Die grün markierten Felder zeigen, dass diese Arten mindestens einmal bonitiert werden konnten. Die Prozentangaben geben dabei den prozentuellen Anteil pro Art in der Ausgangsmischung an.

Staatgutmischung Versuch ZU-1017	Inneralpin S11
<i>Anthoxanthum odoratum</i> **)	5 %
<i>Briza media</i> *)	5 %
<i>Cynosurus cristatus</i>	5 %
<i>Festuca rupicola</i> *)	19 %
<i>Festuca ovina</i> **)	12 %
<i>Koeleria pyramidata</i> **)	6 %
<i>Poa angustifolia</i>	5 %
<i>Puccinellia distans</i>	3 %
<b>Gräser %</b>	<b>60 %</b>
<i>Achillea millefolium</i> **)	1 %
<i>Allium schoenoprasum</i>	12 %
<i>Campanula persicifolia</i>	0,1 %
<i>Dianthus deltoides</i> *)	3,4 %
<i>Dianthus carthusianorum</i> **)	6,4 %
<i>Dianthus superbus</i> **)	2 %
<i>Hieracium murorum</i>	0,5 %
<i>Hieraceum pilosella</i>	0,1 %
<i>Origanum vulgare</i>	1 %
<i>Prunella vulgaris</i>	2 %
<i>Silene nutans</i> **)	3 %
<i>Silene vulgaris</i> *)	3,5 %
<i>Sedum album</i>	1 %
<i>Thymus pulegioides</i>	2 %
<i>Veronica teucrium</i> **)	2 %
<b>Kräuter %</b>	<b>40 %</b>
<b>Summe</b>	<b>100 %</b>

Tabelle 35: Übersicht Artenaufkommen ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

## **OUTPUT:**

Die Saatgutmischung wurde so zusammengestellt, dass sie Inneralpin für unterschiedliche Bedingungen und Substrate verwendet werden kann und sich trotzdem eine „artenreiche“ Vegetation etablieren kann. Demnach beinhaltet sie ein erweitertes Artenspektrum des extensiven Grünlandes. Da jeder Standort und jedes Substrat unterschiedliche Bedingungen aufweisen, führt dies in Folge dessen zu einer selektiven Etablierung der Arten. Da für die Mischung nur kontrolliertes Saatgut der Firma Kärntner Saatbau verwendet wurde, kann davon ausgegangen werden, dass ein nicht Aufkommen von Arten auf andere Ansprüche an Standort und Substrat zurückzuführen ist und nicht auf eine reduzierte Keimfähigkeit. Bei den Gräsern konnten folgende Arten nicht vorgefunden werden: *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Cynosurus cristatus* und *Puccinella distans*. Hier zeigt sich ganz klar, dass Gräser, die ein wasserspeicherndes Substrat und ein höheres Nährstoffniveau brauchen, sich auf diesem extremen Standort nicht etablieren können. Auch bei den Kräutern zeigte sich ein ähnliches Bild, so konnten sich *Allium schoenoprasum*, *Campanula persicifolia*, *Hieracium murorum*, *Origanum vulgare*, *Prunella vulgaris* und *Veronica teucrium* nicht etablieren.

## **EMPFEHLUNG:**

Für eine extensive Dachbegrünung unter Verwendung des selbigen oder einem ähnlichem Substrat (85% Liadrain mit 15% Humus, für genauere Informationen siehe Tabelle 18: Dachaufbau Dachbegrünung ZU-1017 (Quelle: STRÖHE, 2014, 2; MACKEDANZ, 2017, o.S.; eigene Darstellung)Tabelle 18) und den selben oder ähnlichen klimatischen Gegebenheiten kann eine Mischung mit folgenden Arten empfohlen werden:

**Gräser:** *Festuca rupicola*, *Festuca ovina*, *Koeleria pyramidata*, *Poa angustifolia*

**Kräuter:** *Achillea millefolium*, *Dianthus deltoides*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus superbus*, *Hieracium pilosella*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris*, *Sedum album*, *Thymus*

### **I. Sind Unterschiede hinsichtlich des Deckungsgrades der Vegetation und den verwendeten Dachaufbauten zu verzeichnen?**

Entgegen den Erwartungen haben die Untersuchungen gezeigt, dass unter der Verwendung einer 4 Zentimeter hohen Drainageschicht aus 8/16 Liadrain wesentlich höhere Deckungsgrade erzielt wurden als durch den Einsatz einer Wasserspeicherplatte. Dieser Unterschied machte sich zu allen Erhebungszeitpunkten bemerkbar. Die Ergebnisse der Auswertungen zeigten für Variante 1 (Drainageschicht aus 8/16 Liadrain) Gesamtdeckungsgrade zwischen 27 und 39,33 Prozent. Bei Variante 2 (Wasserspeicherplatte) konnte eine Gesamtdeckung zwischen nur 9,67 und 14,33 Prozent erhoben werden, was weit unter der geforderten Abnahmedeckung liegt. Sowohl bei der deskriptiven Analyse als auch bei der varianzanalytischen Auswertung zeigten sich die Unterschiede der beiden Varianten sehr deutlich. Es konnten laut Statistik signifikante Unterschiede zwischen den beiden Varianten festgestellt werden (siehe Tabelle 26).

Es hat sich aber herausgestellt, dass die vorhandene Vegetation bei Variante 2 (Wasserspeicherplatte) deutlich kräftiger entwickelt war, als jene vom Dachaufbau mit einer Drainageschicht aus Liadrain 8/16. Jedoch konnten auf keiner Parzelle, die mit Wasserspeicherplatten ausgestattet war, Blütenstände vorgefunden werden. Ganz im Gegensatz zu Variante 1 (8/16 Liadrain), wo vor allem im Juli und August durch *Silene vulgaris*, *Silene nutans*, *Dianthus carthusianorum* und *Dianthus deltoides* ein regelrechtes Blütenmeer entstand. Bei der Gegenüberstellung der beiden Varianten hinsichtlich ihrer mittleren

Blatthöhen mit Blütenständen zeigt die Statistik, dass es auch hier signifikante Unterschiede gibt. Dies wird auch durch die Darstellung der Verteilung der Daten in Abbildung 64 bestätigt.

### **OUTPUT:**

Der wesentlich geringere Deckungsgrad bei Variante 2 ist alleine durch die Verwendung der Wasserspeicherplatten bedingt, da ansonsten gleiche Bedingungen (gleiches Substrat, gleiches Saatgut, gleiches Dach) vorgelegen sind. Erklären lässt sich dieser Unterschied folgendermaßen: Die Konstruktion der Platten führt zu einem Rückstau des Wassers, also ist es in der unteren Schicht fast dauerhaft verfügbar. Aufgrund der besseren Wasserversorgung konnten sich sowohl Gräser als auch Kräuter besser etablieren, sobald sie mit ihren Wurzeln diese Schicht erreicht haben. Andererseits sind die Pflanzen aber bei längerer Trockenheit und den damit verbundenen Verbrauch des Wassers schlechter an den Extremstandort (Trockenstandort) angepasst. Dem gegenüber stehen die Arten auf Variante 1 (Drainageschicht aus 8/16 Liadrain). Sie sind womöglich besser an den Standort angepasst, weil die Drainageschicht sie zwingt, in höhere Wurzelmasse und geringere oberirdische Biomasse zu investieren. Dadurch überdauern sie Trockenperioden wesentlich einfacher.

### **EMPFEHLUNG:**

Die Vegetationsaufnahmen haben gezeigt, dass Wasserspeicherplatten in Kombination mit Filtervlies den durchwurzelbaren Raum für die Vegetation stark einschränken und zudem die Anpassungsfähigkeit der Pflanzen an Trockenperioden minimieren. Demnach wird für diesen Standort die Verwendung einer Drainageschicht aus Schüttmaterial empfohlen. Dennoch ist zu empfehlen, weitere Untersuchungen hinsichtlich des Wurzelwachstums (Wurzeltiefe) durchzuführen, um genauere Informationen zu generieren.

## **II. In wie weit stellt der Diasporeneintrag durch Samenflug oder durch die Verunreinigung des organischen Materials ein Problem dar?**

Auf den Versuchflächen am Internatsgebäude konnte unter allen Bonituren nur ein geringer Diasporeneintrag verzeichnet werden. Die meisten Fremdart wurden in den Bereichen zwischen den Photovoltaikanlagen vorgefunden. Dabei muss aber beachtet werden, dass diese Bereiche nicht eingesät wurden. Da auf diesen Flächen kein Konkurrenzdruck durch eingesäte Art vorhanden ist, muss mit einem gewissen Fremdarteneintrag gerechnet werden. Zusätzlich zeigte sich, dass Gehölze wie *beispielsweise Betula pendula* und *Salix sp* nur auf jenen Flächen vorgefunden wurden, die nicht eingesät wurden. Gründe für das Aufkommen der Gehölze auf jenen Versuchflächen ohne Ansaat ist sicherlich die nicht vorhandene Konkurrenz und damit die Möglichkeit sich zu etablieren.

**OUTPUT:** Unerwünschter Fremdaufwuchs findet vor allem dort statt, wo kein Konkurrenzdruck besteht. Das sind einerseits Bereiche, die noch nicht von Arten des ausgebrachten Saatguts besetzt sind. Andererseits aber auch Bereiche, die nicht eingesät wurden. Besonders geschützte Bereiche, wie in diesem Fall zwischen den Photovoltaikanlagen, bieten gute Voraussetzungen zur Ansiedelung von Fremdart. Diese erfolgt meist sehr rasch und verhindert eine Ausbreitung der gewünschten Arten. Laut Dr. Wilhelm Graiss (Stv. Abteilungsleiter der Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein führen auch Verwirbelungen innerhalb der PV-Anlage dazu, dass die durch den Wind verfrachteten Samen der Bäume und Kräuter genau in diesen Bereichen zu liegen kommen. Dabei muss aber unterschieden werden zwischen Fremdaufwuchs, der zur Schädigung der Dachhaut führt, wie Gehölze und Fremdaufwuchs, der als natürliche Sukzession betrachtet werden kann und keinerlei negativen Folgewirkung hat. Vor allem Gehölze wie zum Beispiel *Betula pendula* und *Salix sp* bilden aufgrund ihrer starken Wurzelbildung längerfristig eine

Gefahr für die Dachabdichtung und sollten in jedem Fall entfernt werden, besser noch am Ansiedeln gehindert werden. Für genauere Informationen siehe 3.10. Zudem sind extensive Dächer für eine niedrigwachsende Vegetation ausgelegt und bieten Gehölzen längerfristig nicht genügend Wurzelraum und Halt. Außerdem verbrauchen sie kostbares Wasser und können vor allem im Bereich von Photovoltaikanlagen aufgrund ihres Schattenwurfs zu massiven Energieverlusten führen.

#### **EMPFEHLUNG:**

Je schneller eine möglichst hohe Deckung erreicht wird, desto größer ist der Konkurrenzdruck für Fremdaufwuchs. Demnach sollte dies auch ein Ziel bei der Auswahl des Saatgutes sein. Eine Aussaat im zeitigen Frühjahr oder Frühsommer reduziert das Vorhandensein von Flugkörpern von Fremdarten, und zudem können sich die eingesäten Arten in Ruhe etablieren.

Außerdem ist zu empfehlen, Pflegedurchgänge bis eine durchschnittliche Deckung von 65-70 Prozent (Abnahmefähiger Zustand laut ÖNORM L1131 und FLL) erreicht ist, zu intensivieren, um eine dauerhafte artenreiche Vegetationsdeckung zu erreichen. Dadurch wird den verwendeten Arten des Saatgutes der Start in der Anfangszeit erleichtert und hohe Kosten für Pflegemaßnahmen für die Entfernung von Fremdarten in den Folgejahren gespart. In besonders trockenen Gebieten ist eine Zusatzbewässerung zu empfehlen wie beispielsweise die Systemlösung „Klima-Dach“ der Firma Zinco. Genauere Informationen siehe Kap . 1.4.3.

#### **1. Hat die Photovoltaikanlage einen Einfluss auf die eingesäten Bereiche, die direkt vor der Anlage liegen?**

Bei der Erhebung im Juli 2017 konnten laut der deskriptiven Analyse und der statistischen Auswertung deutliche Unterschiede zwischen den Parzellen, die direkt vor der Photovoltaikanlage liegen und jenen, die auf offener Dachfläche liegen, verzeichnet werden. Es zeigt sich, dass durch die Photovoltaikanlage die Pflanzen vor der Anlage wesentlich kräftiger und höher entwickelt waren. Wegen unerwarteten Pflegemaßnahmen konnten leider keine weiteren Bonituren durchgeführt werden. Dem „Schadbild“ zu Folge wurden die Pflanzen ausgerissen, wodurch der Boden geöffnet wird und sich Fremdarten umso schneller etablieren können. Dies ist ein wichtiger Punkt für zukünftige Gründächer mit Photovoltaikanlagen und sollte unbedingt bei der Planung berücksichtigt werden besser sogar vermieden werden.

Im Folgenden werden Gründe für das erhöhte Wachstum angeführt. Ein möglicher Grund für das erhöhte Wachstum der Pflanzen vor der Anlage ist einerseits die Schräglage der Paneele, die dazu führt, dass Regenwasser konzentriert entlang der Unterkante abfließt und somit ein gesammelter Niederschlagswassereintrag in das Substrat stattfindet. Andererseits bietet die Anlage Schutz vor Wind und Sonne. Dies führt in Kombination zu wesentlich besseren Lebensbedingungen in der näheren Umgebung der Photovoltaikanlage. Dadurch können sich auch Arten mit höheren Ansprüchen etablieren.

Selbige Problematik präsentierte auch die Firma Tecton bei einer Tagung des Verbandes für unabhängige Energieerzeuger (VESE). Im Zuge des Vortrags „Pflegeintensive PV-Dächer“ wurden einige Problemdächer vorgestellt und analysiert. Dabei spielte bei allen genannten Beispielen vor allem der erhöhte Wassereintrag an der Vorderkante der PV-Anlagen eine entscheidende Rolle für das erhöhte Pflanzenwachstum. Im Zuge dessen wurden auch einige Lösungsvorschläge genannt, die bei den nachfolgenden Empfehlungen miteingeflossen sind (vgl. TECTON MANAGEMENT AG, 2015, o.S.).

## **OUTPUT:**

Dass sich eine Dachbegrünung positiv auf die Leistungsfähigkeit einer Photovoltaikanlage auswirkt, wird in verschiedenen Fachbeiträgen erörtert, wie auch in jenem von der Firma ZinCo „Dachbegrünung erhöht Erträge der Photovoltaik“ (vgl. ZINCO GMBH, 2018, o.S.). Dabei konnten anhand eines Versuchs eine Steigerung von 4 Prozent gegenüber Photovoltaikanlagen auf nicht begrünten Dächern festgestellt werden (vgl. ZINCO GMBH, 2018, o.S.). Auch die Wiener Umweltschutzabteilung erläutert im Strategieplan der Stadt Wien „Urban Heat Islands“, dass Dachbegrünungen aufgrund ihrer Kühlwirkung Photovoltaikanlagen positiv beeinflussen (vgl. WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, 64). Weiters spricht die Firma Optigrün in ihrem Fachbeitrag „SolarGrünDach 15 - für effektive Kombination Photovoltaik und Dachbegrünung“ von einer Leistungssteigerung der Photovoltaikanlage durch die Verdunstungs- und Kühlleistung der umliegenden Dachbegrünung. Zudem bietet Sie unzählige Kombinationsvarianten an, bei denen bei der Installation der PV-Anlage ein Durchdringen der Dachhaut nicht mehr notwendig ist (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., o.S.).

Dies bedeutet, dass sich durch die Kombination von Gründach und Photovoltaikanlage multifunktionale Wirkungen und Nutzen erzielen lassen, und demnach der Ausbau gefördert werden sollte. Die Untersuchungen am Standort der Höheren Bundeslehr und Forschungsanstalt Raumberg Gumpenstein haben dabei aber auch gezeigt, dass Verbesserungsbedarf bei der Umsetzung besteht, vor allem Nahbereiche der PV-Anlagen bieten vergünstigte Lebensbedingungen und müssen unbedingt gesondert betrachtet werden. Siehe dazu „Empfehlung“ auf der Folgeseite. Wie bereits bei Abbildung 43 beschrieben, konnte beobachtet werden, dass die Vegetation direkt vor der Anlage sehr stark gewachsen ist und teilweise die Paneele beschattet hat. Eigene Erfahrungen aus anderen Projekten haben außerdem gezeigt, dass Pflegemaßnahmen zwischen den Panelreihen sehr schwierig und zeitaufwendig sind und demnach möglichst geringgehalten werden sollten. Auf der Folgeseite sind dazu drei Möglichkeiten angeführt.

## **EMPFEHLUNG:**

### **1. Einsatz von niedrigwachsender Vegetation im Bereich der Paneele:**

Eine Möglichkeit besteht darin vor und zwischen den Photovoltaikanlagen nur niedrigwachsende Vegetation zu verwenden und somit eine Beschattung der Anlage in jedem Fall zu vermeiden.

### **2. Ausbildung eines Kiesrandstreifens:**

Alternativ kann auch ein Kiesrandstreifen vor den Paneelen ausgeführt werden. Vor allem für niedrigliegende PV-Anlagen (wie auch auf den Versuchsflächen ZU-1017 verwendet wurden) ist dies eine gute Möglichkeit, um Schattenwurf durch angrenzende Vegetation zu vermeiden. Diese Variante kommt auch bei der Systemlösung „SolarGrünDach30“ von der Firma Optigrün zum Einsatz. Dabei wird vor der Anlage ein vegetationsfreier Streifen mithilfe von Kies freigehalten, damit das abfließende Regenwasser der Photovoltaikanlage nicht auf die Vegetation trifft und somit zu einem erhöhten Wachstum führt (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., o.S.). Erfahrungsberichte haben gezeigt, dass diese Streifen sehr gerne von Sukkulenten angesiedelt werden (vgl. KRUPKA, 1992, 10f). Obwohl das Ansiedeln von Sukkulenten oftmals geduldet wird, kann es auch negative Folgewirkungen mit sich ziehen. Denn laut ZIMMERMAN (2011) müssen alle Einbauteile und Anschlüsse mit einem vegetationsfreien Streifen von 50 bis 100 Zentimeter gegen Flugfeuer geschützt werden (vgl. ZIMMERMAN, 2011, 35f.). Um dies zu gewährleisten, aber keine zusätzlichen Pflegemaßnahmen durchführen zu müssen, empfiehlt es sich einerseits eine Anspritzbegrünung auf der Vegetationstragschicht anzuwenden, aber auch erhöhte Kiesrandleisten zwischen Kiesrandstreifen und Substrat einzusetzen. Sowohl das Aufbringen des Saatguts mit einem Kleber (Anspritzverfahren), als auch der Einsatz von Kiesfangleisten zwischen Kiesrandstreifen und Vegetationstragschicht verhindern, dass das Saatgut durch Wind in die Kiesrandstreifen getragen wird.

### **3. Aufbocken der Photovoltaikanlage:**

Eine weitere Möglichkeit, um Schattenwurf durch angrenzende Vegetation zu vermeiden, wäre die Paneele aufzubocken. Dabei werden die einzelnen Paneele auf einer erhöhten Unterkonstruktion angebracht. Die Firma Optigrün bietet dazu zum Beispiel die Systemlösung „SolarGrünDach15“ an. Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen „SolarGrünDach30“ liegen hier die Module weit über der Vegetation (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., o.S.). Der große Vorteil dabei ist, dass die Vegetation bis an die Photovoltaikanlage reichen kann und kein zusätzlicher Kiesrandstreifen oder abgeändertes Saatgut verwendet werden muss.

Jedenfalls sollte darauf geachtet werden, die Bereiche rund um die Anlage so auszuführen, dass die Leistungsfähigkeit der Photovoltaikanlage nicht eingeschränkt (Schattenwurf durch angrenzende Vegetation), sondern gesteigert wird (Kühlung der Anlage durch Verdunstungsleistung der angrenzenden Vegetation) und keine zusätzlichen Pflegemaßnahmen durchgeführt werden müssen. Vor allem durch die Variante „Aufbocken der Paneele“ können diese beiden Ziele erreicht werden. Einerseits da gehölzfreie Vegetation bis unter die Anlage herangeführt werden kann und andererseits, weil nicht extra darauf geachtet werden muss, dass im Bereich rund um die Paneele nur niedrigwachsende Arten vorkommen beziehungsweise die Kiesrandstreifen freigehalten werden müssen.

Für die untersuchte Dachfläche wird empfohlen direkt vor der Photovoltaikanlage die Vegetation zu entfernen und niedrigwachsende Arten in hoher Stückzahl einzubringen (z.B. *Sedum album*). Dadurch werden andere Arten unterdrückt und längerfristig Kosten für zusätzliche Pflegedurchgänge reduziert.

## 2. Welche Arten haben sich im Bereich zwischen den Photovoltaikanlagen angesiedelt, der nicht eingesät wurde?

Im Zuge der Erhebungen wurden auf den Versuchsflächen zwischen den Photovoltaikanlagen, die nicht eingesät wurden, drei verschiedene Gräserarten vorgefunden. Alle drei Arten waren nicht Teil der Ausgangsmischung, die auf den benachbarten Flächen verwendet wurde. Registriert wurden: *Poa annua*, *Phleum phloides* und *Phleum pratense*. Dabei ist jedoch hervorzuheben, dass *Poa annua* hinsichtlich ihres Deckungsgrades deutlich stärker vertreten war als *Phleum phloides* und *Phleum pratense*.

Bei Betrachtung des Kräutervorkommens konnte eine wesentlich höhere Artenvielfalt festgestellt werden. Insgesamt konnten im Zuge aller Erhebungen auf den nicht eingesäten Bereichen zwischen den Photovoltaikanlagen 12 Arten (inklusive Gehölze) vorgefunden werden, wobei manche Arten nur sehr geringe Deckungsgrade (<1 Prozent) erreicht haben. Zu den erhobenen Arten zählen: *Betula pendula* (Gehölz), *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album*, *Conyza canadensis*, *Dianthus carthusianorum*, *Epilobium sp.*, *Leontodon hispidus*, *Salix sp.* (Gehölz), *Silene vulgaris*, *Sonchus asper*, *Sonchus oleraceus* und *Taraxacum officinale agg.* Interessant dabei ist, dass nur zwei der eben genannten Arten (*Dianthus carthusianorum* und *Silene vulgaris*) im Saatgut der benachbarten begrünten Dachfläche enthalten waren.

### **OUTPUT:**

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Bereiche die nicht eingesät wurden, sehr rasch besiedelt werden. Nach etwa einem Jahr konnte ein Deckungsgrad von acht bis zwölf Prozent gemessen werden. Dabei konnte außerdem festgestellt werden, dass weniger das benachbarte Saatgut für den Aufwuchs verantwortlich ist, sondern vielmehr der Diasporeneintrag durch Samenflug oder durch die Verunreinigung des eingebrachten organischen Materials. Vor allem die benachbarten Wiesen könnten ein Grund für das große Artenaufkommen auf den nicht eingesäten Bereichen sein.

Die hohe Artenvielfalt vor allem im Bereich der Kräuter ist durchaus positiv zu betrachten. Auch der Anteil an Gräser ist erfreulich. Nur der Aufwuchs an Gehölzen ist kritisch zu sehen, da diese längerfristig den Dachaufbau schädigen können und zusätzliche Pflegemaßnahmen nötig sind. Wichtig ist hierbei darauf zu achten, den Aufwuchs an Gehölzen durch regelmäßige Pflegemaßnahmen zu unterdrücken.

### **EMPFEHLUNG:**

Auf nicht eingesäten Bereichen besteht kein Konkurrenzdruck für Fremdaufwuchs. Kombiniert durch die „verbesserten“ Lebensbedingungen zwischen den Photovoltaikpaneelen führt dies zu einem schnellen Aufkommen von Fremdarten, die einerseits zur Beschattung der Anlage führen können und andererseits die Dachhaut längerfristig schädigen können. Dies muss unbedingt bei der Planung beachtet werden. Es ist daher zu empfehlen, alle mit Substrat bedeckten Flächen einzusäen oder die Unterkonstruktion/umliegenden Bereiche so auszuführen, dass kein Aufwuchs stattfinden kann. Mögliche Bauweisen wurden bereits bei der vorherigen Fragestellung im Kapitel „Empfehlung“ angeführt.

## 6.2 Dachbegrünung 2014 – Gärtnerei (ZU-860)

### 2. Hat sich bei der Dachbegrünung 2014 auf den Versuchsfeldern der Gärtnerei der HBLA Raumberg Gumpenstein die Artenzusammensetzung im Lauf von drei Vegetationsperioden verschoben?

Die Vegetationsaufnahmen haben gezeigt, dass auf den Versuchsfeldern der Gärtnerei vor allem Leguminosen und Moose stark vertreten waren. Zudem sind noch einige andere Fremdartarten, wie *Leontodon hispidus* agg., *Medicago lupulina*, *Cenaturea jaceu* agg., *Leucanthemum vulgare* und *Plantago media* vorgefunden worden. Generell muss bei der Beurteilung von mehrjährigen Vegetationsbeständen von Dachbegrünungen beachtet werden, dass die Vegetation einer natürlichen Sukzession unterliegt. Dies bedeutet, dass Arten, die Teil der Ausgangsmischung waren, nach einigen Jahren verschwunden sein können und sich zudem andere Arten ansiedeln oder vermehrt durchsetzen. Einen wichtigen Stellenwert in diesem Bereich spielt Wasser. Vor allem Dachflächen, die deutlich feuchtere Gegebenheiten durch Beschattung, schlechte Drainage oder unzureichendem Gefälle aufweisen, führen häufig zu einer unerwünschten und auch „unkontrollierten“ Vegetationsentwicklung (vgl. MANN, 2018, o.S.).

#### **OUTPUT:**

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Dachbegrünungen einer natürlichen Sukzession unterliegen und somit in ständigem Wandel sind. Es hat sich jedoch auch gezeigt, dass Wasser die Artenzusammensetzung sehr stark beeinflusst. Ständig feuchte Bereiche führen beispielsweise zu einem vermehrten Auftreten von Leguminosen und Moosen. Vor allem Leguminosen können zu einem Problem werden, da sie oftmals andere Arten überwuchern und viel Biomasse erzeugen. Dies führt in weiterer Folge zu erhöhten Pflegekosten.

#### **EMPFEHLUNG:**

Um die gewünschte Zielvegetation, unter Beachtung der natürlichen Sukzession möglichst lange zu erhalten, ist es unabdingbar regelmäßige Pflegedurchgänge durchzuführen. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass die Bedingungen am Dach den Arten in der Saatgutmischung gerecht werden. Liegen beispielsweise feuchtere Bedingungen vor, als für die Ursprungsvegetation von Nöten, so kann es zu einer Bestandsumbildung kommen und in Folge dessen auch zu Mehrkosten.

#### **I. Welche Arten konnten sich über mehrere Vegetationsperioden etablieren?**

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass nach etwa zwei Jahren bei Variante 2 (Inneralpin Renatura S9) von acht ursprünglich eingesäten Gräsern drei Arten vorgefunden wurden und zusätzlich zwei Fremdartarten erhoben werden konnten. Bei Variante 3 (Renatura S11) waren es ebenfalls drei von acht Ursprungsarten und eine Fremdart. Bei den Kräutern sieht dies wie folgt aus: Für Variante 1 (AUSTROSAAT) konnten sechs von 12 Arten bonitiert werden und vier Fremdartarten wurden vorgefunden. Bei Variante 2 (Inneralpin Renatura S9) waren es sieben von 14 Arten mit zusätzlichen drei Fremdartarten und bei Variante 3 (Inneralpin Renatura S11) konnten zehn von 15 Arten der Ursprungsmischung bonitiert werden und weitere fünf Fremdartarten. Wie bereits am Dach des Internatsgebäudes (ZU-1017) konnten auch auf diesen Versuchsfeldern *Phleum phloides* (Gras) und *Leontodon hispidus* (Kraut) bonitiert werden. Zusätzlich zeigten sich folgende Fremdartarten: *Poa* sp (Gras), *Medicago Lupulina* (Kraut), *Silene nutans* (Kraut) und *Salix* sp (Gehölz). Die untenstehende Grafik gibt dabei einen Überblick, welche Arten vorgefunden wurden und welche Arten auf keiner Versuchsfeldern mit entsprechendem Saatgut vorgekommen sind. Rot signalisiert „kein Vorkommen“, Grün bedeutet „diese Art wurde mindestens einmal bonitiert“ und Weiß zeigt an, dass diese Art nicht Teil dieser Ausgangsmischung war.

	AUSTROSAAT	Gumpenst. Dachbegrünung	
	M1 Dachrasen	M2 Inneralpin Renatura S 9	M3 Inneralpin Renatura S11
<b>Gräser</b>			
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Daten nicht verfügbar	4	5
<i>Briza media</i>		5	5
<i>Carex flacca</i>		0,2	
<i>Cynosurus cristatus</i>			5
<i>Festuca ovina s.str.</i>		12	12
<i>Festuca rupicola</i>		22	19
<i>Koeleria macrantha</i>		2,2	
<i>Koeleria pyramidata</i>		13,6	6
<i>Melica ciliata</i>		1	
<i>Poa angustifolia</i>			5
<i>Puccinellia distans</i>			3
<b>Gräser insges. in %</b>		<b>65</b>	<b>60</b>
<b>Kräuter</b>			
<i>Achillea millefolium</i>	x	1	1
<i>Allium schoenoprasum</i>	x	9	12
<i>Anthemis tinctoria</i>	x	1,5	
<i>Campanula rotundifolia</i>	x		
<i>Campanula persicifolia</i>			0,1
<i>Dianthus carthusianorum</i>	x	6,8	6,4
<i>Dianthus deltoides</i>	x	3	3,4
<i>Dianthus superbus</i>		0,7	2
<i>Hieracium murorum</i>			0,5
<i>Hieracium pilosella</i>	x	0,1	0,1
<i>Leucanthemum vulgare</i>	x		
<i>Origanum vulgare</i>		0,2	1
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	x		
<i>Prunella grandiflora</i>	x	2	
<i>Prunella vulgaris</i>		2	2
<i>Sedum album</i>		0,5	1
<i>Silene nutans</i>		5,2	3
<i>Silene vulgaris</i>			3,5
<i>Thymus pulegioides</i>	x	5	2
<i>Thymus serpyllum</i>	x		
<i>Veronica teucrium</i>		3	2
<b>Kräuter insges. in %</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>Gesamtsumme</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabelle 36: Übersicht prozentueller Anteil Artenaufkommen der Ursprungsmischungen ZU-860, Rot = nicht vorgefunden, Grün = vorgefunden, weiß = diese Art war nicht Teil der Ursprungsmischung (Quelle: eigene Darstellung, 2018)

## OUTPUT:

**Gräser:** Es hat sich gezeigt, dass *Festuca ovina s.str.* und *Festuca rupicola*, sowie *Koeleria macrantha* und *Koeleria pyramidata* als etabliert betrachtet werden können, da sie nach drei Vegetationsperioden vorgefunden wurden. Hingegen alle anderen Arten, wie *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Carex flacca*, *Cynosurus cristatus*, *Melica ciliata*, *Poa angustifolia* und *Puccinella distans* zeigten kein Vorkommen. Dies zeigt, wie bereits bei 6.1, dass nährstoffliebende Arten, wie beispielsweise *Cynosurus cristatus* nicht ausdauernd sind und sich eher Arten von Trockenstandorten längerfristig etablieren können.

Bei den Kräutern können *Achillea millefolium*, *Campanula rotundifolia*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus deltoides*, *Dianthus superbus*, *Hieracium murorum*, *Hieracium pilosella*, *Leucanthemum vulgare*, *Prunella vulgaris*, *Sedum album*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris* und *Thymus pulegioides* als etabliert bezeichnet werden. Das nicht Aufkommen von *Allium schoenoprasum* (Feuchtezeiger) trotz seines hohen Anteils in allen Ausgangsmischungen zeigt gut, dass keine dauerhaften feuchten Gegebenheiten

vorherrschen, obwohl im Zuge der durchgeführten Beregnungsversuche auf allen Versuchsflächen ein temporärer Wasseranstau festgestellt wurde.

#### **EMPFEHLUNG:**

Für zukünftige Saatgutmischungen von extensiven Dachbegrünungen mit einem ähnlichen Aufbau (siehe 4.3) und unter Verwendung eines Substrats mit annähernd gleichen Eigenschaften können folgende Arten empfohlen werden:

**Gräser:** *Festuca ovina s.str.*, *Festuca rupicola*, sowie *Koeleria macrantha* und *Koeleria pyramidata*.

**Kräuter:** *Achillea millefolium*, *Campanula rotundifolia*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus deltoides*, *Dianthus superbus*, *Hieracium murorum*, *Hieracium pilosella*, *Leucanthemum vulgare*, *Prunella vulgaris*, *Sedum album*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris* und *Thymus pulegioides*.

Dennoch muss dabei beachtet werden, dass aufgrund der Lage der Versuchsflächen (künstlicher Dachaufbau nur weniger Zentimeter über dem gewachsenen) die Vegetation anderen Bedingungen ausgesetzt war. Vor allem der geringe Abstand zu den umliegenden Wiesen könnte feuchtere Bedingungen geschaffen haben demnach auch tägliche Erwärmung der Flächen reduziert haben. Demnach ist die vorliegende Versuchsfläche nur schwer auf „begrünte Dachflächen“ im urbanen Raum umzulegen.

## **II. Sind Unterschiede der projektiven Deckung zwischen den verwendeten Saatgutmischungen zu beobachten?**

Im Zuge der Erhebungen konnte eine Schwankungsbreite der Deckungsgrade zwischen den drei verwendeten Saatgutmischungen von etwa zehn Prozent gemessen werden. Im Detail sieht dies folgendermaßen aus:

- Variante 1 (Austro Saat) erreichte eine durchschnittliche Gesamtdeckung im Zeitraum von Juni bis September von 31,42 Prozent. Der Anteil an Leguminosen lag dabei bei 5,33 Prozent.
- Variante 2 (Inneralpin Renatura S9) zeigte im selben Zeitraum eine durchschnittliche Gesamtdeckung von 35,5 Prozent mit einem Anteil an Leguminosen von 9,25 Prozent.
- Variante 3 (Inneralpin Renatura S11) mit einer durchschnittlichen Gesamtdeckung von 38,33 Prozent und einem Anteil an Leguminosen von 10,33 Prozent erzielte in diesem Vergleich die höchsten Ergebnisse.

Sowohl die deskriptive Analyse siehe Abbildung 55, als auch die statistischen Ergebnisse (Abbildung 70) zeigen, dass die erhobenen Daten zu den Deckungsgraden nahe zusammenliegen. Demnach konnte anhand der statistischen Auswertung der Eindruck aus der deskriptiven Analyse bestätigt werden. Es liegen hier keine signifikanten Unterschiede vor.

#### **OUTPUT:**

Alle drei Saatgutmischungen erzielten ähnlich hohe Deckungsgrade und zeigen keine signifikanten Unterschiede. Auffällig ist nur der hohe Anteil von Leguminosen, der laut MANN (2018) dann eintritt, wenn ein Nährstoffmangel vorliegt oder wenn eine überdurchschnittliche Feuchtigkeit vorherrscht (vgl. MANN, 2018, o.S.). Es zeigt sich also, wenn es am Dach zu einer Änderung der Standortbedingungen kommt, kann dies zu einem verringerten Pflanzenwachstum der ausgebrachten Arten führen, wie auch in Kapitel Anforderungen an Vegetationssubstrate 3.5.2 umfassend beschrieben wurde, oder auch dazu, dass nicht eingesäte Arten bessere Wachstumschancen haben. Hier zeigte sich dies vor allem durch das vermehrte Aufkommen von Leguminosen.

### **EMPFEHLUNG:**

In diesem Fall kann keine Empfehlung für ein bestimmtes Saatgut ausgesprochen werden, da alle drei Mischungen ähnliche Deckungsgrade aufzeigten. Lediglich der hohe Anteil an Leguminosen ist kritisch zu sehen, da diese andere gewünschte Arten verdrängen können und zusätzliche Pflegemaßnahmen notwendig sind.

Für zukünftige Planungen ist also zu empfehlen, möglichst ideale Wachstumsbedingungen durch ein gutes Zusammenspiel zwischen dem Luft- und Wasserhaushalt für die eingesäten Arten zu gewährleisten (Materialeigenschaften, Korngrößenverteilung, Anteil an organischem Material, Aufbauhöhe).

### **III. In wie weit stellt der Diasporeneintrag durch Samenflug oder durch die Verunreinigung des organischen Materials ein Problem dar?**

Wie bereits zuvor erwähnt, konnte ein hoher Grad an Leguminosen, die nicht Teil der Ausgangsmischung waren, bonitiert werden. Die Vor- und Nachteile dieses Aufkommens wurden in Kapitel 6.2 I und II behandelt. Weiters zeigten die Auswertungen der Aufnahmen einen erhöhten Anteil an Moosen. Für Variante 1 konnte eine durchschnittliche Deckung an Moosen von 16,42 Prozent erzielt werden. Bei Variante 2 waren es 14,58 Prozent und bei Variante 3 waren es 15,25 Prozent.

Moose gelten nicht wirklich als „unerwünscht“, trotzdem zeigt ein vermehrtes Auftreten von einer schlechten Nährstoffversorgung, feuchteren Gegebenheiten oder einem niedrigem pH-Wert. Wichtig ist jedenfalls bei der Beurteilung des Zustands einer Vegetationsdeckung, dass das vermehrte Auftreten von Moosen auch jahreszeitlich bedingt sein kann (vgl. MANN, 2018, o.S.).

Dem gegenüber stehen die positiven Wirkungen, die durch Moose erzielt werden können:

- Sie gelten als extrem widerstandsfähig gegenüber Temperaturschwankungen und Schädlingen
- Sie binden wie alle anderen Pflanzen Kohlendioxid und geben Sauerstoff ab
- Sie besitzen ein ausgezeichnetes Wasserspeichervermögen (26-faches ihres Trockengewichtes) und eine sehr langsame Verdunstungsrate, was wiederum auch zu einer statischen Mehrbelastung führen kann (vgl. NES GmbH, 2018, o.S.)

**OUTPUT:** Neben Leguminosen und Moosen konnte noch folgenden Fremdarten erhoben werden: *Leontodon hispidus agg.*, *Medicago lupulina*, *Cenaturea jaceu agg.*, *Leucanthemum vulgare*, *Plantago media* und *Salix sp.*

Bei Fremdaufwuchs muss stets drauf geachtet werden, ob dieser einerseits zur Unterdrückung bestimmter Arten im Ausgangssaatgut führt, aber auch ob ein Aufwuchs zur Schädigung der Dachhaut führen kann.

### **EMPFEHLUNG:**

Wie bereits mehrfach angesprochen ist Fremdaufwuchs nicht immer als negativ zu beurteilen. Dennoch ist drauf zu achten, dass dieser nicht überhandnimmt und die ursprüngliche Vegetation verdrängt. Vor allem ein starkes Aufkommen von Leguminosen kann einerseits die Ursprungsvegetation verdrängen, aber andererseits auch zu einer massiven Zunahme an Biomasse führen, die wiederum in weiterer Folge zu einem erhöhten finanziellen Aufwand für Pflegemaßnahmen führt.

Regelmäßige Pflegedurchgänge (Entfernen von Fremdaufwuchs, eventuelle Düngung und Nachsaat) vor allem aber die Fertigstellungspflege (ersten 12 Monate nach Ausbringen des Saatguts) einer Dachbegrünung sind unabdingbar für eine dauerhafte Pflegeextensive Begrünung (vgl. MANN, 2018, o.S.).

#### **IV. Welche Retentionsleistung kann eine extensive Dachbegrünung unter Verwendung einer Vegetationstragschicht (7cm) aus Kalksteinschotter und einer Drainageschicht (4cm) aus Ziegelsplitt erzielen?**

Die beiden durchgeführten Beregnungsversuche haben gezeigt, dass bereits extensive Dachbegrünungen mit einer geringen Aufbauhöhe von zwölf Zentimeter beachtliche Mengen an Wasser rückhalten können. Beim ersten Beregnungsversuch konnte für Dach 1 und 3 (siehe 5.1.3) nach zwölf Stunden ein Gesamtdurchfluss von etwa 110 Liter gemessen werden. Bei Dach 2 sind zur gleichen Zeit sogar nur 97 Liter durch den Dachaufbau geflossen. Beim zweiten Versuch im September zeigte sich ähnliche Werte. Die höchste Durchflussmenge nach zehn Stunden erzielte Dach 3 mit 113 Liter, dann folgt Dach 1 mit 77 Liter und dann Dach 2 mit 55 Liter. Wie aus der Literatur bekannt ist, ist die Retentionsleistung einer Dachbegrünung stark von dessen Aufbauhöhe, den Materialeigenschaften der verwendeten Stoffe, sowie dessen Korngrößenverteilung abhängig. Genauere Informationen dazu sind in Kapitel 3.5.2 angeführt. Worauf nun aber die vorliegenden Unterschiede wirklich zurückzuführen sind, ist schwierig zu beurteilen. Dies müsste im Zuge weiterer Bodenproben ermittelt werden. Während der Aufnahmen wurden zwar Proben entnommen und untersucht, es wurde aber nur ein Mischprobe aus allen Dachflächen für die Trockensiebung herangezogen. Die Ergebnisse der Mischprobe haben gezeigt, dass das verwendete Substrat im vorgeschriebenen Bereich für Vegetationssubstrate liegt (siehe Kapitel 5.1.4).

Bei der Bewertung des Wasserhaltevermögens der drei Dachflächen muss zudem beachtet werden, dass auf den Versuchsflächen ein Moosanteil von 16 bis 30 Prozent vorgefunden wurde. Dieser wirkt sich, wie bereits mehrfach erwähnt auch positiv auf das Wasserhaltevermögen einer Dachbegrünung aus.

### **OUTPUT:**

Eine extensive Dachbegrünung unter Verwendung einer Vegetationstragschicht (7cm) aus Kalksteinschotter und einer Drainageschicht (4cm) aus Ziegelsplitt zeigte durchaus positive Retentionsleistungen. So konnten beim ersten Beregnungsversuch im Durchschnitt nach etwa zwölf Stunden noch immer 41,6 Prozent der aufgebrauchten 180 Liter am Dach gehalten werden. Beim zweiten Versuch waren es sogar noch 45,3 Prozent der 180 Liter. Im Durchschnitt zeigte der hier verwendete Dachaufbau also einen Wasserrückhalt von 10,5 L/m<sup>2</sup> bei einer Versuchsdauer von 12 Stunden.

### **EMPFEHLUNG:**

Die Untersuchungen haben gezeigt, welche bemerkenswerte Retentionsleistung extensiv begrünte Dächer bereits mit einem geringen Schichtaufbau leisten können. Demnach ist zu empfehlen Dachbegrünung, als wichtiges und auch fixes Element im Regenwassermanagement zu verankern. Die aus der Literatur (Kapitel 1.1) bekannten positiven Folgewirkungen von Dachbegrünung hinsichtlich Verringerung der Abflussspitzen bei Starkregenereignissen, Reduzierung der Kosten für Kanalausbau und der passiver Hochwasserschutz können aufgrund der vorliegenden Ergebnisse bestätigt werden.

Wie Kapitel 1.4 zu entnehmen können Dachbegrünungen zudem auch wichtige Elemente im integrativen Regenwassermanagement bilden und sollten unbedingt auch in diesem Bereich vorangetrieben werden. Vor allem die Speicherung von Regenwasser und die Nutzung von selbigem zur temporären Bewässerung von extensiven Dachbegrünungen scheint für zukünftige Planungen einen wichtigen Stellenwert einzunehmen. Durch die veränderten Gegebenheiten am Dach könnte das Saatgut dementsprechend adaptiert werden.

## Resümee

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, dass Dachbegrünung nicht erst „gestern“ erfunden wurde und bereits sehr umfassend und intensiv erforscht wurden. Zudem haben die Untersuchungen bewiesen, dass viele Themenbereiche miteinander stark vernetzt sind und es sich oftmals schwierig gestaltet, auftretende Probleme (z.B. geringer Deckungsgrad) bestimmten Faktoren zuzuordnen.

Auf den Versuchsflächen ZU-1017 haben die Untersuchungen gezeigt, dass unter Verwendung einer Drainageschicht aus Liadrain 8/16 signifikant höhere Deckungsgrade erzielt werden konnten, als auf jenen Flächen bei denen Wasserspeicherplatten eingebaut wurden. Da gleiche Bedingungen auf den unterschiedlichen Dachflächen vorherrschten, kann davon ausgegangen werden, dass die Wasserspeicherplatten in Kombination mit dem Filtervlies zu einer geringeren Deckung geführt haben. Laut den Herstellern Optigrün und Bauder führen Wasserspeicherplatten dazu, dass Pflanzen leichter Wasser ziehen können und somit an eine ausreichende Wasserversorgung gewöhnt sind (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., o.S. und PAUL BAUDER GMBH & Co. KG, o.J., o.S.). Sie investieren dadurch mehr in oberirdische Biomasse als in Wurzelmasse. Kommt es nun aber zur Austrocknung der Wasserreserven, so sind diese Arten aufgrund der geringen Wurzelmassen nur sehr schlecht daran angepasst. Hingegen jene Pflanzen, die über einer Drainageschicht aus Schüttstoffen sitzen, werden dazu gezwungen in höhere Wurzelmasse zu investieren und weniger in oberirdische Biomasse. Demnach sind diese Pflanzen besser an den Trockenstandort Dach angepasst. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann für diesen Standort eine klare Empfehlung für Variante 1 (Drainageschicht aus 8/16 Liadrain) ausgesprochen werden.

Obwohl die durchschnittliche Deckung von 39 Prozent auf Variante 1 und von 13 Prozent auf Variante 2 die von Normen geforderte Abnahmedeckung weit unterschreitet, muss hervorgehoben werden, dass bei einer erfreulichen Artenvielfalt wenig Biomasse erzeugt wurden und demnach auch kaum Pflege notwendig war. Um den Deckungsgrad für extensive Dachbegrünung mit ähnlichen Gegebenheiten (Substrat, Aufbau, Klima) zu erhöhen, können nach den Auswertungen der Vegetationsanalysen folgenden Arten empfohlen werden:

**Gräser:** *Festuca rupicola*, *Festuca ovina*, *Koeleria pyramidata*, *Poa angustifolia*

**Kräuter:** *Achillea millefolium*, *Dianthus deltoides*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus superbus*, *Hieracium pilosella*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris*, *Sedum album*, *Thymus pulegioides*.

Ein weiterer wichtiger Faktor am Dach ist Fremdaufwuchs. Die Untersuchungen haben vor allem auf unbesäten Flächen zwischen der Photovoltaikanlage gezeigt, dass diese relativ schnell (innerhalb von 1 Jahr) von Vegetation besiedelt werden. Neben *Poa annua*, *Phleum pratense* und *Phleum phleoides* wurden auch *Chenopodium album* und *Epiolobium sp* vermehrt vorgefunden. Entgegen den Erwartungen konnten auch nur dort Gehölze vorgefunden werden. Dies zeigt, dass Fremdaufwuchs zu meist nur dort vorkommt, wo wenig Konkurrenzdruck besteht. Es ist also zu empfehlen, auf alle Flächen, die von Vegetation besiedelt werden kann (Substrat) Saatgut auszubringen, um den Konkurrenzdruck für Fremdarten möglichst hoch zu halten.

Zudem konnte hinsichtlich extensiv begrünter Dächer in Kombination mit Photovoltaikanalgen festgestellt werden, dass Photovoltaikanalgen einen signifikanten Einfluss auf die angrenzende Vegetation haben. Vor allem Bereiche, die direkt vor der Anlage liegen, werden stark von der Anlage beeinflusst. Dies zeigt sich sowohl in der Gesamtdeckung siehe Abbildung 66, aber vor allem auch bei der Höhe der Pflanzen siehe Abbildung 67. Bedingt ist

dies durch die Schräglage der Paneele, die dazu führt, dass Niederschlagswasser gebündelt an der Vorderkante an den Untergrund abgegeben wird und dadurch feuchtere Gegebenheiten bestehen. Zusätzlich bietet die Anlage Schutz vor Wind und Sonne wodurch verbesserte Lebensbedingungen geschaffen werden. Dies muss unbedingt bei zukünftigen Planungen berücksichtigt werden, da durch die verbesserten Lebensbedingungen mit einem erhöhten Wachstum gerechnet werden muss, und ein Beschatten der Paneele auf jeden Fall vermieden werden muss. Unterschiedliche Möglichkeiten, eine Beschattung zu verhindern, sind den Empfehlungen auf Seite 139 zu entnehmen. Generell ist jedoch ein Aufbocken der Anlage zu empfehlen, da dadurch auf der kompletten Fläche das gleiche Saatgut verwendet werden kann und keine zusätzliche Pflegemaßnahmen notwendig sind.

Auf den Versuchsflächen ZU-860 zeigten die drei Saatgutmischungen „Dachrasen“ (AUSTROSAAT), „Inneralpin Renatura S9“ (Gumpensteiner Saatgutmischung) und „Inneralpin Renatura S11“ (Gumpensteiner Saatgutmischung) seit dem Einbau im Jahr 2014 keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich ihrer Gesamtdeckung. In Bezug auf die Artenvielfalt und die regionale Herkunft sind aber auf jeden Fall die standortgerechten Mischungen, dem Standardsaatgut vorzuziehen. Deutlich zu erkennen war außerdem der hohe Anteil an Leguminosen und Moosen der auf geänderte Standortbedingungen zurückzuführen ist (höhere Feuchtigkeit, schlechtere Nährstoffversorgung). Moose stellen dabei keine wirkliche Gefahr für andere Arten dar und sind zudem gute Wasserspeicher. Ihr Vorkommen ist also nicht unbedingt als negativ einzustufen. Ein vermehrtes Auftreten von Leguminosen hingegen kann zu einem Verdrängen von gewünschten Arten führen und muss durch gezielte Pflegemaßnahmen verhindert werden. Besser ist jedoch, dass für das ausgebrachte Saatgut ideale Standortbedingungen bestehen und somit ein Aufkommen von Fremdvegetation verhindert wird. Wie bereits auf den freien Dachflächen von ZU-1017 wurden auch hier keine Gehölze vorgefunden.

Aufgrund der Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen können für eine Dachbegrünung mit ähnlichen Gegebenheiten (Substrat, Aufbau, Klima) folgende Arten empfohlen werden:

**Gräser:** *Festuca ovina s.str.*, *Festuca rupicola*, sowie *Koeleria macrantha* und *Koeleria pyramidata*.

**Kräuter:** *Achillea millefolium*, *Campanula rotundifolia*, *Dianthus carthusianorum*, *Dianthus deltoides*, *Dianthus superbus*, *Hieracium murorum*, *Hieracium pilosella*, *Leucanthemum vulgare*, *Prunella vulgaris*, *Sedum album*, *Silene nutans*, *Silene vulgaris* und *Thymus pulegioides*.

Neben der Erhebung der Deckungsgrade war auch die Retentionsleistung, die eine extensive Dachbegrünung unter Verwendung einer Vegetationstragschicht (7cm) aus Kalksteinschotter und einer Drainageschicht (4cm) aus Ziegelsplitt erzielen kann, eine wichtige Thematik der vorliegenden Arbeit. Die Beregnungsversuche zeigten ein starkes Wasserrückhaltevermögen des Dachaufbaus. Nach einer künstlichen Beregnung von 20l/m<sup>2</sup> in 15 Minuten und einer Versuchsdauer von zwölf Stunden konnten die Versuchsflächen durchschnittlich 43 Prozent der aufgetragenen Regenmenge zurückhalten. Diese Ergebnisse zeigen gut, welche wichtige Rolle Dachbegrünungen hinsichtlich des passiven Hochwasserschutzes spielen und in welchem Ausmaß sie auch die Kanalisation entlasten. Es ist also unbedingt zu empfehlen, Dachbegrünungen als fixen Bestandteil in ein integratives Regewassermanagement einzubinden. Dadurch kann das Risiko an Überschwemmungen eingedämmt und zudem Kosten für den Ausbau des Kanalnetzes eingespart werden.

Zusammenfassend zeigte sich, dass das Aufkommen von bestimmten Arten sehr stark von vorherrschenden Gegebenheiten abhängig ist. Diese sind zurückzuführen auf das verwendete Substrat, den Anteil an organischem Material, den Aufbau, den klimatischen Einflüssen, sowie

der Situation am Dach (Beschattung vs. Sonne). Hinsichtlich des Drainagematerials zeigten sich Schüttstoffe wie Ziegelsplitt und Liadrain als gut geeignet. Die Angaben aus der Literatur auf Seite 51 (KOLB, 2016), dass diese Stoffe aufgrund ihrer Offenporigkeit Niederschlagswasser gut halten können und gleichzeitig eine ausreichende Drainagefunktion erfüllen, konnte bestätigt werden. Beide Drainagematerialien brachten sowohl zufriedenstellende Deckungen und erfreuliche Blühleistungen hervor, als auch tolle Ergebnisse hinsichtlich der Retentionsleistung. In Bezug auf Fremdaufwuchs stellten interessanterweise die oft zitierten und „gefährlichen“ Gehölze auf den hier untersuchten Dachflächen kein Problem dar, da sie nur in sehr geringer Anzahl vorgefunden wurden. Vielmehr zeigten die Untersuchung, dass andere Fremdarten wie Leguminosen pflfegetechnisch ein größeres Problem ergeben können. Auch hinsichtlich der Kombination von begrünten Dächern und Photovoltaikanlagen bestätigten sich interessante Synergieeffekte, die unbedingt weiter ausgebaut werden sollten. Wichtig dabei ist allerdings eine korrekte und fachgerechte Bauweise, um ein Beschatten der Anlage auf jeden Fall zu vermeiden.

## 7 Literaturverzeichnis

- APPL, R. (2017): Neue Dimension für die Zukunft der Städte, Dachbegrünung 4.0 ermöglicht bewussten Umgang mit Regenwasser. In: ERNST & SOHN SPECIAL (2017): Regenwassermanagement, Dezentrale Regenwassernaßnahmen für Gebäude Grundstücke und Verkehrsflächen. Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin.
- BAUMANN, A. (2015): Einstieg in die Statistik. Grundlagen für die anwendungsorientierte Datenverarbeitung, GRIN Verlag, Open Publishing GmbH, Norderstedt.
- BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT GMBH (2018): Rechtschreibung „Retention“, Berlin. Online unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Retention> Aufgerufen am 12.02.2018.
- BETTERMARKS GMBH (2017): Quartile und Boxplots, Berlin. Online unter: <https://de.bettermarks.com/mathe/quartile-und-boxplots/> Aufgerufen am 18.08.2018.
- BOHNER, A. (2014): Faktoren der Nährstoffverfügbarkeit im Boden des Dauergrünlandes. Fachtagung für biologische Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein. Online unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Retention> [http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/jdownloads/FODOK/sonstige/fodok\\_2\\_14827\\_biotagung\\_2014.pdf](http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/jdownloads/FODOK/sonstige/fodok_2_14827_biotagung_2014.pdf) Aufgerufen am 17.01.2018
- BORNHOLDT, H. (o.J): Hat ein Gründach auch finanzielle Vorteile gegenüber einem konventionellen Dach? Behörde für Umwelt und Energie, Hamburg. Online unter: [www.hamburg.de/gruendach/4419492/finanzielle-vorteile/](http://www.hamburg.de/gruendach/4419492/finanzielle-vorteile/) Aufgerufen am 07.01.2018
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologische Grundzüge der Vegetationskunde. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage, Springer-Verlag, Wien.
- DIECKMANN, T. (2014): Charakterisierung technogener Substrate und Mischungen als potentielle Pflanzsubstrate, Bachelorarbeit im Studiengang: Technischer Umweltschutz. Technische Universität Berlin, Berlin. Online unter [https://www.boden.tu-berlin.de/fileadmin/fg77/\\_pdf/Bachelor/Bachelorarbeit\\_final.pdf](https://www.boden.tu-berlin.de/fileadmin/fg77/_pdf/Bachelor/Bachelorarbeit_final.pdf) Aufgerufen am 27.12.2017
- DIE UMWELTBERATUNG WIEN (2009): Logisch gedacht ist ökologisch bedacht, ein Leitfaden für die Dachbegrünung. Die Wiener Volkshochschulen GmbH (Hrsg.), Wien, 6. Online unter [http://images.umweltberatung.at/htm/leitfaden\\_dachbegruenung.pdf](http://images.umweltberatung.at/htm/leitfaden_dachbegruenung.pdf). Aufgerufen am 10.05.2017.
- DURNER, W.; IDEN, S. C. (2011): Skript zu den Geoökologischen Labormethoden: Bodenphysikalische Versuche. Technische Universität Braunschweig (Hrsg.), Braunschweig. Online unter <http://www.soil.tu-bs.de/lehre/Bachelor-Labormethoden/2011/2011.Skript.Bodenphysik.pdf> Aufgerufen am 25.12.2017
- ENZLER, H. B.; SCHWARZ J. (2018): Methodenberatung. Universität Zürich – UZH (Hrsg), Zürich. Online unter <http://www.methodenberatung.uzh.ch> Aufgerufen am 19.07.2018
- ERLACH, N. (2012): Dachgrün: Studie im Auftrag der MA 22. Atelier Erlach (Hrsg.), Wien. Online unter <https://www.wien.gv.at/kontakte/ma22/studien/pdf/dachgruen.pdf>. Aufgerufen am 30.8.2017.
- GRAISS, W. (2004): Rekultivierung nach Waldweidetrennung unter Berücksichtigung produktionstechnischer, vegetationsökologischer und landschaftsplanerischer Aspekte. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.

GRAISS, W.; FLORINETH, F. (2005): Endbericht über wissenschaftliche Untersuchungen auf begrünten Flächen im Gebiet Meran 2000. Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Wien.

GRAISS, W.; KRAUTZER, B.; JÄGER, M. (2014): Dachbegrünung Inneralpin, Extensive Dachbegrünung mit Saatgut inneralpiner Herkunft, Abschlussbericht. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Gumpenstein.

GREIG-SMITH, P. (1983): Quantitative plant ecology. Thrd edition, University of California Press, Berkely, Los Angeles.

GRIMM, K. (2010): Integratives Regenwassermanagement - Motivenbericht, Vortrag von Dr. Schuster bei der Tagung "GRÜN beDACHt" (2007) organisiert von der Wiener Umweltschutzabteilung. Online unter: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/motivenbericht-textteil.pdf> Aufgerufen am 22.01.2018

GRIMM, K. (2010): Integratives Regenwassermanagement – Motivenbericht: Schlussbericht. Online unter: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/motivenbericht-textteil.pdf> Aufgerufen am 25.01.2018

HARTGE, K.H. und HORN, R. (2009): Die physikalische Untersuchung von Böden, Schweizerbart.

HÄMMERLE, F. (2004): Die Wirtschaftlichkeit von Gründächern aus der Sicht des Bauherrn - eine Kosten-Nutzen-Analyse In: EFB - Europäische Föderation der Bauwerksbegrünungsverbände; FBB - Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., (2004): 2. EFB-FBB-Gründachsymposium 2004, Podiumsdiskussion zu aktuellen Themen der Dachbegrünung in Europa, Ditzingen. Online unter [http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-symposien/Gruendachsymposium/2\\_FBB-Gruendachsymposium\\_2004.pdf](http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-symposien/Gruendachsymposium/2_FBB-Gruendachsymposium_2004.pdf) Aufgerufen am 19.01.2018

HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN (2017): Wir sind.... Online unter: <http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/service/ueber-uns/wir-sind.html>, Aufgerufen am 12.06.2017

INGENIEURBÜRO FÜR MATERIALREPORTS UND UMWELTANALYTIK GMBH (2018): Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Boden, Begriff und Bereiche, München. Online unter: <https://www.ifmu.de/baugrund/bestimmung-der-wasserdurchlaessigkeit-von-boden/> Aufgerufen am 25.01.2018

INGENIEURBÜRO FÜR MATERIALREPORTS UND UMWELTANALYTIK GMBH (2017): Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebanalyse, München. Online unter: <https://www.ifmu.de/baugrund/laborversuche/siebanalyse-kornverteilung/> Aufgerufen am 29.12.2017

KLAPP, E. (1930): Zum Ausbau der Graslandbestandsaufnahme zu wissenschaftlichen Zwecken. Pflanzenbau 6.

KOLB, W. (2016): Dachbegrünung – Planung, Ausführung, Pflege. Ulmer, Stuttgart.

KOLB, W.; SCHWARZ, T.; (1999): Dachbegrünung - intensiv und extensiv. Ulmer, Stuttgart.

KÖNIG, K. (2004): Grundlagen und Beachtenswertes zur Kombination Gründach mit Regenwassernutzung. In: EFB - Europäische Föderation der Bauwerksbegrünungsverbände; FBB - Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., (2004): 2. EFB-FBB-Gründachsymposium 2004, Podiumsdiskussion zu aktuellen Themen der Dachbegrünung in Europa, Ditzingen.

Online unter [http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-symposien/Gruendachsymposium/2\\_FBB-Gruendachsymposium\\_2004.pdf](http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-symposien/Gruendachsymposium/2_FBB-Gruendachsymposium_2004.pdf) Aufgerufen am 26.01.2018

KRIMER, A. (2004): Methodische Grundlagen und Ergebnisse initiiertes Vegetationsentwicklung auf xerothermen Extremstandorten des ehemaligen Braunkohletagebaus in Sachsen-Anhalt. Dissertationes Botanicae, 385. Cramer, Berlin, Stuttgart.

KRUPKA, B. (1992): Dachbegrünung, Pflanzenanwendung und Vegetationsanwendung an Bauwerken. Stuttgart: Ulmer.

KURZHALS, R. (2015): Wiley-Schnellkurs, Statistik. 1. Auflage, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

KUTTLER, W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich. Teil2, Maßnahmen. Environmental Sciences Europe, Vol. 23, Issue 21.

LENNTECH (2017): Schädliche Wirkung von zu hohem Salzgehalt im Beregnungswasser, Online unter: <https://www.lenntech.de/anwendungen/bewaesserung/salzgehalt/schadliche-wirkung-der-salzhaltigkeit-des-bewasserungswassers.htm> Aufgerufen am 27.12.2017

LIESECKE, H. (2006): Jährliche Wasserrückhaltung durch extensive Dachbegrünungen, Teil1: Begriffsbestimmung, Entwicklungsstand, Kennzeichnung der Bauweise. In: Neue Landschaft 8/06 (2006)

MA 21 B STADTTEILPLANUNG UND FLÄCHENNUTZUNG SÜD-NORDOST (2007): Plandokument 7788, Festsetzung des Flächenwidmungsplanes und des Bebauungsplanes, Wien. Online unter <https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/> Aufgerufen am 25.12.2017

MA 21 B STADTTEILPLANUNG UND FLÄCHENNUTZUNG (2016): Plandokument 8177, Festsetzung des Flächenwidmungsplanes und des Bebauungsplanes, Wien. Online unter <https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/> Aufgerufen am 25.12.2017

MACKEDANZ, J.; FUCHS, W. (2017): Dachbegrünung, Blähton für Dachbegrünung. Liapor GmbH & Co. KG (Hrsg.), Hallendorf-Pautzfeld. Online unter <http://www.bau-docu.at/5/company/08/52/28/www.liapor.com/de/gaertner.php@n=0101> Aufgerufen am 16.09.2017.

MANN, G. (2018): Pflege und Wartung von extensiven Dachbegrünungen. In: Stadt + Grün 01/2018. PATZER VERLAG GmbH & Co. KG (Hrsg.), Berlin. Online unter: <https://stadtundgruen.de/artikel/pflege-und-wartung-von-extensiven-dachbegruenungen-8009.html> Aufgerufen am 19.08.2018

MANN, G. (2017): Hochwasserschutz und Hitzevorsorge durch begrünte Dächer, Dachbegrünung als wichtiger Bestandteil der Regenwasserbewirtschaftung heute und morgen. In: ERNST & SOHN SPECIAL (2017): Regenwassermanagement, Dezentrale Regenwassermaßnahmen für Gebäude Grundstücke und Verkehrsflächen. Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin.

MANN, G.; KLINGER, T. (2015): Regenwasserbewirtschaftung mit Dachbegrünung, Rückhalt, Abflussverzögerung, Speicherung. In: Fachverlag Schiele & Schön GmbH (Hrsg) Green Building, nachhaltig planen, bauen und betreiben, Ausgabe 06/2015. Online unter: [http://www.optigruen.at/fileadmin/contents/Prospekte/4\\_Sonstige\\_Broschueren/Optigruen%20Greenbuilding%2006-2015%20Regenwassermanagement.pdf](http://www.optigruen.at/fileadmin/contents/Prospekte/4_Sonstige_Broschueren/Optigruen%20Greenbuilding%2006-2015%20Regenwassermanagement.pdf) Aufgerufen am 27.01.2018

MINKE, G. (2016): Dächer begrünen - Planung, Ausführung, Praxistipps. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg.

MSD GMBH (2018): Erddämpfgeräte für Gärtnereien und Baumschulen - Natürliche Bodendesinfektion mit Dampf, Durchbach. Online unter: <http://www.moeschle.de/de/gartenbau-gaertnerei-gaertnereien-dampf-daempfen> Aufgerufen am 10.01.2018

MÜLLER-DOMBOIS D.; ELLENBERG H. (1974): Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, New York, Sydney, London, Toronto.

NES GMBH (2018): Dachbegrünung mit Moos – natürlich und praktisch, Mühlheim an der Ruhr, Deutschland. Online unter: <https://www.gartenxxl.de/ratgeber/dachbegruenung-mit-moos-natuerlich-und-praktisch/> Aufgerufen am 30.09.2018

ÖAG, BAL (2000): Richtlinie für standortgerechte Begrünungen. Ein Regelwerk im Interesse der Natur. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG) und Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft (BAL) Gumpenstein, Irdning.

OEBBEKE A. (2001): ARCHmatic - Grün auf das Dach - Kosten in den Keller? Eine beispielhafte Kosten-Nutzen-Analyse liefert Argumente, Neustadt (D). Online unter <https://www.baulinks.de/webplugin/2001/0667.php4> Aufgerufen am 23.01.2018

OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG (2017): Planungsunterlagen. Dachbegrünung und Fassadenbegrünung, Krauchenwies-Göggingen. Online unter [https://www.optigruen.de/fileadmin/contents/Prospekte/1\\_Planungsunterlage/Planungsunterlage%20Dachbegrünung%202017.pdf?utm\\_source=baulinks&utm\\_campaign=baulinks](https://www.optigruen.de/fileadmin/contents/Prospekte/1_Planungsunterlage/Planungsunterlage%20Dachbegrünung%202017.pdf?utm_source=baulinks&utm_campaign=baulinks) Aufgerufen am 08.01.2018

OPTIGRÜN INTERNATINAL AG (2015): Systemlösung Solargründach – Das Dach mehrfach nutzen und profitieren! Krauchenwies-Göggingen. Online unter: <https://docplayer.org/18001631-Vorteilhafte-kombination-gruendach-photovoltaik-das-dach-mehrfach-nutzen-und-profitieren.html> Aufgerufen am 18.08.2018

OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG (o.J.): Kosten-Nutzen-Analyse, rechnet sich ein Gründach?, Krauchenwies-Göggingen. Online unter: [https://www.optigruen.de/fileadmin/contents/Prospekte/2\\_Fachthemen/Optigruen-Kosten-Nutzen-Analyse.pdf](https://www.optigruen.de/fileadmin/contents/Prospekte/2_Fachthemen/Optigruen-Kosten-Nutzen-Analyse.pdf) Aufgerufen am 08.01.2018

OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG (o.J.): Optigrün-Dränageplatten, Krauchenwies-Göggingen. Online unter: [www.optigruen.at/produkte/draenageplatten/produktdetails/](http://www.optigruen.at/produkte/draenageplatten/produktdetails/) Aufgerufen am 18.01.2018

OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG (o.J.): „SolarGrünDach 15“ für effektive Kombination Photovoltaik und Dachbegrünung, Krauchenwies. Online unter: <https://www.optigruen.de/aktuelles/download-presse/27052015-solargruendach/> Aufgerufen am 06.10.2018

ÖNORM L1131 (2010): Gartengestaltung und Landschaftsbau, Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken. Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. Ausgabe: 2010-06-01.

ONR 121 131 (2002): ON Österreichisches Normungsinstitut in: Gartengestaltung und Landschaftsbau, ÖNORMEN und ON-Regeln für Ausschreibung, Vergabe, Planung, Durchführung, Erhaltung & Pflege und Qualitätssicherunge. 2. überarbeitete Auflage, 2005, Wien.

- PAUL BAUDER GMBH & CO. KG (o.J.): Bauder Drän- und Speicherelement DSE 40 Produktdatenblatt. Stuttgart. Online unter: [https://www.bauder.de/fileadmin/data/downloads/gruendach/gd-produktdatenblaetter/Bauder\\_Draen-\\_und\\_Speicherelement\\_DSE\\_40\\_Produktdatenblatt\\_0416.pdf](https://www.bauder.de/fileadmin/data/downloads/gruendach/gd-produktdatenblaetter/Bauder_Draen-_und_Speicherelement_DSE_40_Produktdatenblatt_0416.pdf) Aufgerufen am 10.10.2018
- PENDL, M. (2009): Logisch gedacht ist ökologisch bedacht, Leitfaden für die Dachbegrünung in Wien. Die Umweltberatung Wien (Hrsg.). Online unter: [http://www.umweltberatung.at/downloads/leitfaden\\_dachbegruenung.pdf](http://www.umweltberatung.at/downloads/leitfaden_dachbegruenung.pdf) Aufgerufen am 19.07.2017
- PERATONER, G.; PÖTSCH, E. (2015): Erhebungsmethoden des Pflanzenbestandes im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 16-20.
- PITHA, U. et.al. (unveröffentlicht): Leitfaden Dachbegrünungen. Universität für Bodenkultur, Wien. Aufgerufen am 27.09.2018
- PUSTAL, W. (2004): Extensive Dachbegrünung als ökologische Ausgleichsfläche? In: EFB - Europäische Föderation der Bauwerksbegrünungsverbände; FBB - Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V., (2004): 2. EFB-FBB-Gründachsymposium 2004, Podiumsdiskussion zu aktuellen Themen der Dachbegrünung in Europa, Ditzingen. Online unter [http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-symposien/Gruendachsymposium/2\\_FBB-Gruendachsymposium\\_2004.pdf](http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-symposien/Gruendachsymposium/2_FBB-Gruendachsymposium_2004.pdf) Aufgerufen am 26.01.2018
- RIEDER, M. (2014): Dachbegrünung, Grünoasen in luftiger Höhe. Die Wiener Volkshochschulen GmbH (Hrsg.), Wien, 1-3. Online unter: <http://www.umweltberatung.at/downloads/dachbegruenung-infobl-garten.pdf>. Aufgerufen am 02.05.2017.
- ROTH-KLEYER, S; KÖNIG, K; MARX, I (2004): Expertengespräch 3, übergreifendes Regenwassermanagement (Abflussbeiwert, Kombination Gründach mit Zisterne, Wasserqualität. Fachvereinigung für Bauwerksbegrünungen (Hrsg.), Ditzingen. Online unter: [http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-symposien/Gruendachsymposium/2\\_FBB-Gruendachsymposium\\_2004.pdf](http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-symposien/Gruendachsymposium/2_FBB-Gruendachsymposium_2004.pdf) Aufgerufen am 25.01.2018
- SCHECHTNER, G. (1958): Grünlandsoziologische Bestandsaufnahme mittels „Flächenprozenschätzung“. Z. Acker- und Pflanzenbau 105: 33-43.
- SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (2010): Lehrbuch der Bodenkunde, Spektrum. Heidelberg
- SCHILD, E.; OSWALD, R. (1986): Genutzte Dächer und Terrassen – Konstruktion und Nachbesserung begangener, bepflanztter und befahrener Flächen. Bauverlag Wiesbaden und Berlin, Berlin.
- SCHMIDT S.; KÖNINGER A.; MURER E. (2009): Extensive Dachbegrünung mit Substraten aus regionalen Bodenmaterialien und Pflanzen pannonischer Trockenrasen. Zwischenbericht. LFZ Schönbrunn Abteilung für Gartenbau und Landschaftsbau, Wien.
- SLAWITSCH, V. (2014): Bodenphysikalische Untersuchungen und Bodenwasserhaushalt von Schotterrasenflächen an einem inneralpinen Standort. Masterarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.

STADTENTWICKLUNG WIEN MAGISTRATSABTEILUNG 18 – STADTENTWICKLUNG UND STADTPLANUNG (2014): Stadtentwicklungsplan STEP 2015, Wien. Online unter <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379a.pdf> Aufgerufen am 11.07.2017

STADTRECHNUNGSHOF WIEN (2009): MA 42, Prüfung der Dachbegrünung der Stadt Wien, Wien. Online unter <http://www.stadtrechnungshof.wien.at/berichte/2009/lang/04-08-KA-III-42-1-10.pdf>. Aufgerufen am 11.07.2017

TECHNISCHE UNIVERSITÄT HAMBURG (2017): Institut für Geotechnik und Baubetrieb (B-5), Hamburg. Online unter: <https://www.tuhh.de/gbt/dienstleistungen/labor/klassifizierungsversuche/korngroessenverteilung.html> Aufgerufen am 29.12.2017

TECTON MANAGEMENT AG (2015): Pflegeintensive PV-Dächer. VESE – Verband unabhängiger Energieerzeuger (Hrsg.), Bern. Online unter: <http://www.vese.ch/wp-content/uploads/Tecton20150418.pdf>. Aufgerufen am 28.10.2018

TIEFENTHALER, D. (2015): Rettung vor Hitze. Österreichischer Rundfunk (Hrsg.), Wien. Online unter <http://orf.at/stories/2290906/2290901/>. Aufgerufen am 09.05.2017.

TIESBOHNENKAMP, W. (2016): Satellitenaufnahme von Österreich. Lexas (Hrsg.), Deutschland. Online unter <http://www.laenderservice.de/satellitenaufnahmen/europa/oesterreich.aspx> Aufgerufen am 26.8.2017.

TRAXLER, A. (1997): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Methoden, Praxis, angewandte Projekte. Teil A: Methoden. Monographien Band 89A, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2017): Siedlungs- und Verkehrsflächen. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#textpart-1> Aufgerufen am 30.04.2018

UMWELTBUNDESAMT GMBH (2018): Flächeninanspruchnahme. Online unter: [http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/rp\\_flaecheninanspruchnahme/](http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/rp_flaecheninanspruchnahme/) Aufgerufen am 30.04.2018

VFB – VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNGEN (2016): Grundlagen der Dachbegrünung, Wien. Online unter [http://gruendach.at/wp-content/uploads/2016/10/Grundlagen\\_Dachbegrueung.pdf](http://gruendach.at/wp-content/uploads/2016/10/Grundlagen_Dachbegrueung.pdf) Aufgerufen am 19.01.2018

VOIGTLÄNDER, G.; VOSS, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und –bewertung. Grünland – Feldfutter – Rassen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

WHALLEY, R.D.B.; HARDY, M.B. (2000): Measuring botanical composition of grasslands. In: Field laboratory methods for grassland and animal production research, edited by L. t Mannetje and R.M. Jones, CABI Publishing, ISBN 0851993516.

WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MAGISTRATSABTEILUNG 22 (2015): Urban Heat Islands, Strategieplan Wien. Wien. Online unter <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf> Aufgerufen am 02.07.2017.

ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN DACHDECKERHANDWERKS (2016): Dachbegrünung: klimafreundlich und kostensparend, Köln. Online unter: [http://dachdecker.org/download/C75b710f7X157227497f3XY6811/Faktenblatt\\_Dachbegru\\_776\\_nung\\_9\\_16\\_Final.pdf](http://dachdecker.org/download/C75b710f7X157227497f3XY6811/Faktenblatt_Dachbegru_776_nung_9_16_Final.pdf) Aufgerufen am 29.12.2017

ZIMMERMANN, A. (2011): Landschaft konstruieren, Materialien, Techniken, Bauelemente, 2. Auflage. Birkhäuser, Basel.

ZINCO GMBH (2018): Dachbegrünung erhöht Erträge der Photovoltaik. Nürtingen. Online unter <https://www.zinco.de/dachbegrünung-erhöht-erträge-der-photovoltaik> Aufgerufen am 06.08.2018

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassender Vergleich extensive- und intensive Dachbegrünung (Quelle: VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNG, 2017; WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG - MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015; STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009 und ÖNORM L 1131, 2010; RATSCH, 2013, eigene Bearbeitung) .....	15
Tabelle 2: Zusammenfassende Ergebnisse zu Abflusskennzahl C (Quelle: vgl. GRIMM, 2010, 19; ROTH-KLEYER ET. AL., 2004, 36; FLL, 2018, 58f; eigene Bearbeitung) .....	20
Tabelle 3: Zusammenfassende Ergebnisse "Versuch Wasserhaltevermögen 43 Bauweisen" (Quelle: vgl. LIESECKE, 2006, 39ff, eigene Bearbeitung) .....	22
Tabelle 4: Produktpalette Drainageplatten Firma Optigrün (vgl. OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., eigene Bearbeitung) .....	24
Tabelle 5: Anzahl und Höhe der gewährten Förderungen für Dach- und Innenhofbegrünung im Zeitraum 2003-2008 in Wien (Quelle: STADTRECHNUNGSHOF WIEN, 2009, 10, eigene Bearbeitung, aktuellste Zahlen zum derzeitigen Zeitpunkt, 15.8.17) .....	30
Tabelle 6: Empfohlener Humusanteil Vegetationstragschicht (Quelle: Zimmermann, 2011, 465; eigene Erstellung).....	38
Tabelle 7: Vorgaben ÖNORM L 1131 – Stoffgruppen und ihre Funktionen im Schichtaufbau (Quelle: vgl. ÖNORM L 1131, 2010, 19, eigene Bearbeitung) .....	41
Tabelle 8: Übersicht - Anforderungen an Vegetationssubstrate, (Quelle: vgl. FLL, 2018, 73ff, ÖNORM L1131, 2010, 48ff und KOLB, 2016, 49, eigene Bearbeitung) .....	46
Tabelle 9: Verteilung der Anteil eines Substrats für mehrschichtige Intensivbegrünung auf Grundlage von Oberboden (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 50, eigene Bearbeitung) .....	47
Tabelle 10: Mischungsverhältnis für Vegetationstragschicht auf Grundlage von Schüttstoffen (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 51, eigene Bearbeitung) .....	49
Tabelle 11: Beispiele für Substrate einer extensiven Dachbegrünung (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 51, eigene Bearbeitung) .....	49
Tabelle 12: Lastannahmen für Vegetationstragschichten (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 51, eigene Bearbeitung).....	50
Tabelle 13: Körnung, Lastannahmen, Wassergehalt Und Wasserdurchlässigkeit mineralischer Drainagestoffe (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 42, eigene Bearbeitung) .....	53
Tabelle 14: Schichtdicken, Wasserspeicherkapazität und Lastannahmen von Drainageschichten aus Kunststoffen (Quelle: vgl. KOLB, 2016, 44, eigene Bearbeitung).....	55
Tabelle 15: Bewässerungssysteme für Dachbegrünungen (Quelle: ZIMMERMANN, 2015, 462; KOLB, 2016, 35f; ÖNORM L 1131, 2010, 21; eigene Bearbeitung) .....	61
Tabelle 16: Ergebnisse „Vergleich Kosten Gründach vs. konventionelles Flachdach“ (Quelle: DREFAHL, 1995, ff; ERLACH, 2012, ff; HÄMMERLE, 2004, ff; MINKE, 2016, 86, ff; OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, o.J., 1ff; PUSTAL, 2004, 33; SCHILD et.al., 1986, 10ff; SCHUSTER IN GRIMM, 2010, 35ff; VFB-VERBAND FÜR BAUWERKSBEGRÜNUNGEN, 2016, 12ff; WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG-MAGISTRATSABTEILUNG 22, 2015, o.J; ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN DACHDECKERHANDWERKS, 2016, 4ff; PITHA et.al., o.J., 21ff; eigene Bearbeitung).....	70
Tabelle 17: Ursprüngliche Zusammensetzung der Saatgutmischungen Versuch ZU-860 in Prozent (Quelle: HBFLA GUMPENSTEIN-RAUMBERG, 2014, o.S., eigene Bearbeitung) ...	73
Tabelle 18: Dachaufbau Dachbegrünung ZU-1017 (Quelle: STRÖHE, 2014, 2; MACKEDANZ, 2017, o.S.; eigene Darstellung) .....	74
Tabelle 19: Saatgutmischung Versuch ZU-1017 (Quelle: HBFLA RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2016, o.S.; eigene Bearbeitung) .....	75
Tabelle 20: Bodenphysikalische Auswertung im Zuge des Beregnungsversuchs am 09.08.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	90

Tabelle 21: Bodenphysikalische Auswertung im Zuge des Beregnungsversuchs am 26.09.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	90
Tabelle 22: Zusammenfassung Varianten ZU-1017(Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	96
Tabelle 23: Zusammenfassende Darstellung zu Erhebungszeitpunkten ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	96
Tabelle 24: Zusammenfassung Varianten ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	114
Tabelle 25: Zusammenfassende Darstellung zu Erhebungszeitpunkten ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	114
Tabelle 26: Ergebnisse Varianzanalyse, Gesamtdeckung Juni bis September ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	124
Tabelle 27: Ergebnisse Varianzanalyse, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	124
Tabelle 28: Ergebnisse Varianzanalyse, Gesamtdeckung Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	126
Tabelle 29: Ergebnisse Varianzanalyse, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	127
Tabelle 30: Ergebnisse Varianzanalyse, Deckung Gräser Juni bis September ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	128
Tabelle 31: Ergebnisse Varianzanalyse, Deckung Kräuter Juni bis September ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	129
Tabelle 32: Ergebnisse Varianzanalyse, Gesamtdeckung Juni bis September ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	131
Tabelle 33: Ergebnisse Varianzanalyse, Deckung Gräser, Juni bis September ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	132
Tabelle 34: Ergebnisse Varianzanalyse, Deckung Kräuter, Juni bis September ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	134
Tabelle 35: Übersicht Artenaufkommen ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	136
Tabelle 36: Übersicht prozentueller Anteil Artenaufkommen der Ursprungsmischungen ZU-860, Rot = nicht vorgefunden, Grün = vorgefunden, weiß = diese Art war nicht Teil der Ursprungsmischung (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	144

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wasserretentionsbox WRB Optigrün (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018, vgl. MANN, 2017, 35) .....	25
Abbildung 2: Funktionsskizze Drossel 4.0 Smart Flow Control Optigrün (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. MANN, 2017, 36) .....	25
Abbildung 3: Systemaufbau "Retentions-Gründach ZinCO (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018, vgl. APPL, 2017, 44).....	26
Abbildung 4: Schichtaufbau Versuch LFZ Raumberg-Gumpenstein, (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018, vgl. GRAISS et al., 2014,2).....	34
Abbildung 5: Korngrößenverteilung für Vegetationssubstrate, Intensivbegrünung, (Quelle: ÖNORM L1131, 2010, 29).....	42
Abbildung 6: Korngrößenverteilung für Vegetationssubstrate, Extensivbegrünung (mehrschichtiger Aufbau), (Quelle: ÖNORM L1131, 2010, 29) .....	43
Abbildung 7: Korngrößenverteilung für Vegetationssubstrate, Extensivbegrünung (einschichtiger Aufbau), (Quelle: ÖNORM L1131, 2010, 30) .....	43
Abbildung 8: Regelaufbau extensive Dachbegrünung (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f) .....	57
Abbildung 9: Warmdach (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).....	58
Abbildung 10: Kaltdach (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).....	58
Abbildung 11: Umkehrdach (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f).....	59
Abbildung 12: WU-Betondach (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG, 2018; vgl. ZIMMERMANN, 2011, 458f) .....	59
Abbildung 13: Verortung HBFLA Raumberg-Gumpenstein, (Quelle: TIESBOHNENKAMP 2016 und EIGENE BEARBEITUNG, 2017) .....	71
Abbildung 14: Versuchsflächen 2014 Gärtnerei ZU-860 (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017) .....	72
Abbildung 15: Versuchsplan Versuchsflächen Gärtnerei, (Quelle: HBFLA RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2017, o.S.).....	72
Abbildung 16: Dachbegrünung Internatsgebäude, Aufbau Drainageschicht Speicherplatte „Diadrain NP40“ (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017) .....	74
Abbildung 17: Dachbegrünung Internatsgebäude, Aufbau Drainageschicht Liapdrain 8/16 (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017) .....	74
Abbildung 19: Ausprägung verschiedener Parameter in Abhängigkeit der Verteilung der Pflanzen im Bestand B, (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG 2018, vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff) .....	78
Abbildung 18: Ausprägung verschiedener Parameter in Abhängigkeit der Verteilung der Pflanzen im Bestand A, (Quelle: EIGENE DARSTELLUNG 2018, vgl. PERATONER und PÖTSCH, 2015, 16ff) .....	78
Abbildung 20: Frequenzrahmen (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017) .....	79
Abbildung 21: Ablauf Bodenprobenentnahme mittels Stechzylinder (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017) .....	82
Abbildung 22: Messgerät zur Bestimmung des Bodenwassergehalts, des Salzgehalts und der Temperatur (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017) .....	83
Abbildung 23: Beregnungsversuch Versuchsfläche ZU-860 (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017).....	85

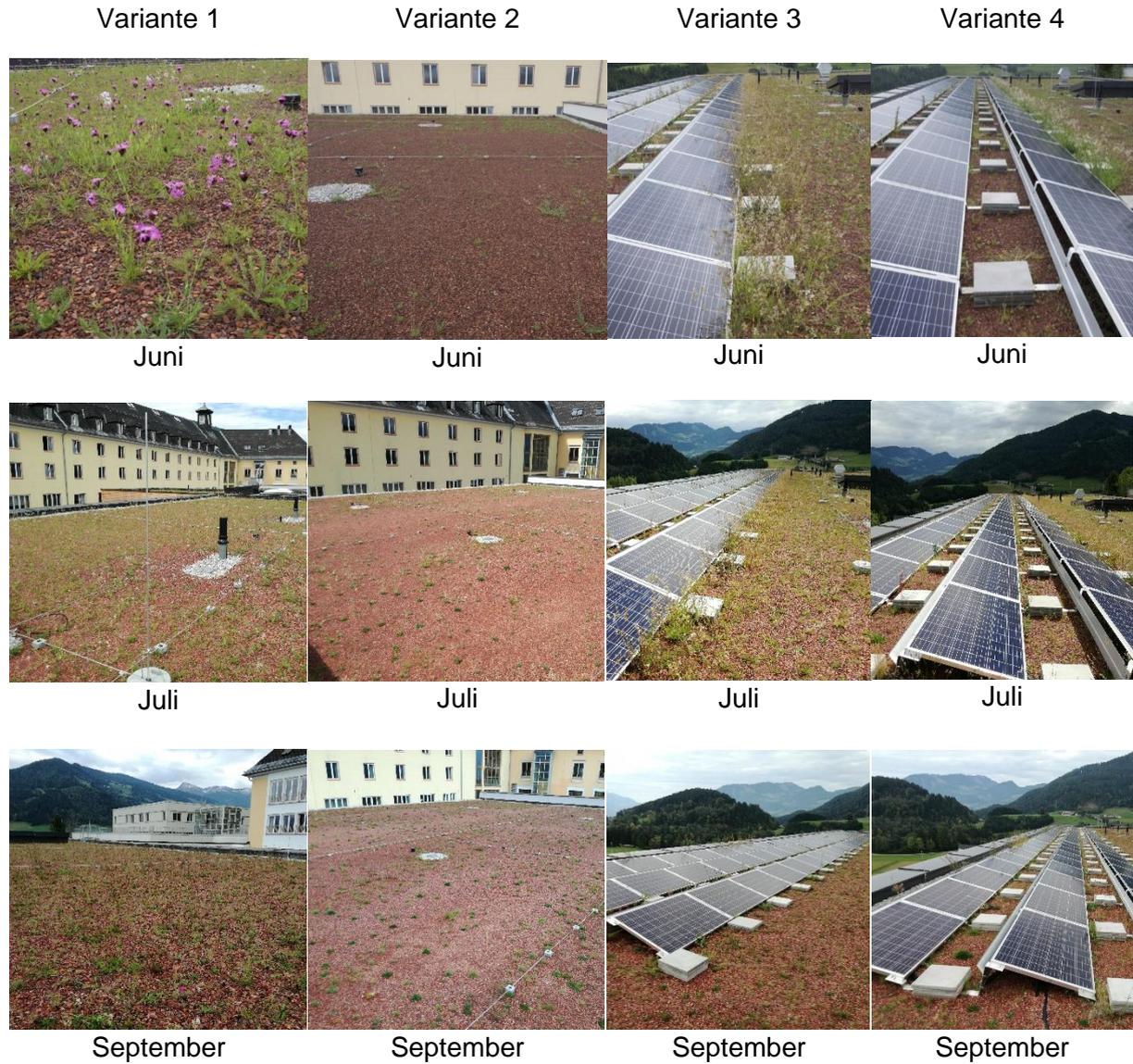
Abbildung 24: Messtation/Auffangbecken des Beregnungsversuchs ZU-860 (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017) .....	86
Abbildung 25: Siebturm (Quelle: EIGENE AUFNAHME, 2017).....	87
Abbildung 26: Gesamtdurchfluss Dach 1 / Großparzelle A am 09.08.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	91
Abbildung 27: Gesamtdurchfluss Dach 2 / Großparzelle B am 09.08.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	92
Abbildung 28: Gesamtdurchfluss Dach 3 / Großparzelle C am 09.08.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	92
Abbildung 29: Gesamtdurchfluss Dach 1 / Großparzelle A am 26.09.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	93
Abbildung 30: Gesamtdurchfluss Dach 2 / Großparzelle B am 26.09.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	93
Abbildung 31: Gesamtdurchfluss Dach 3 / Großparzelle C am 26.09.2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	94
Abbildung 32: Korngrößenverteilung 10.08.2018 - ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, vgl. FLL, 2018).....	95
Abbildung 33: Vegetationsentwicklung ZU-1017, ABLOTEN, Variante 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	97
Abbildung 34: Vegetationsentwicklung ZU-1017, ABLOTEN, Variante 1 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	97
Abbildung 35: Gegenüberstellung Variante 1 und 2, ZU-1017, ABLOTEN (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	98
Abbildung 36: Vegetationsentwicklung ZU-1017, Deckungsgradschätzung, Variante 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	99
Abbildung 37: Vegetationsentwicklung ZU-1017, Deckungsgradschätzung, Variante 1 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	99
Abbildung 38: Vegetationsentwicklung ZU-1017, Deckungsgradschätzung, Variante 4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	100
Abbildung 39: Vegetationsentwicklung ZU-1017, Deckungsgradschätzung, Variante 3 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	100
Abbildung 40: Gegenüberstellung Variante 1,2,3,4, ZU-1017, Deckungsgradschätzung (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	101
Abbildung 41: Deckungsgradschätzung Einzelarten Gräser, ZU-1017, Variante 1,2,3,4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	103
Abbildung 42: Deckungsgradschätzung Einzelarten Kräuter, ZU-1017, Variante 1,2,3,4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018).....	105
Abbildung 43: Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	107
Abbildung 44: Artenaufkommen Gräser der Ausgangsmischung Variante 1,2, Juni 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	108
Abbildung 45: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 1,2, Juni 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	108
Abbildung 46: Artenaufkommen Gräser der Ausgangsmischung Variante 1,2, September 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	109
Abbildung 47: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 1,2, September 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	110
Abbildung 48: Artenaufkommen Kräuter der Ausgangsmischung Variante 1,2, Juni 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	111

Abbildung 49: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 1,2, Juni 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	111
Abbildung 50: Artenaufkommen Kräuter der Ausgangsmischung Variante 1,2, September 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	112
Abbildung 51: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 1,2, September 2017 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	113
Abbildung 52: Vegetationsentwicklung ZU-860, ABLOTEN, Variante 2 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	115
Abbildung 53: Vegetationsentwicklung ZU-860, ABLOTEN, Variante 1 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	115
Abbildung 54: Vegetationsentwicklung ZU-860, ABLOTEN, Variante 3 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	116
Abbildung 55: Gegenüberstellung Variante 1,2,3, Abloten (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	117
Abbildung 56: Artenaufkommen Gräser der Ausgangsmischung Variante 1,2,3 Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	118
Abbildung 57: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 1, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	118
Abbildung 58: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 2, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	119
Abbildung 59: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Gräser, Variante 3, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	120
Abbildung 60: Artenaufkommen Kräuter der Ausgangsmischung Variante 1,2,3 Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	120
Abbildung 61: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 2, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	121
Abbildung 62: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 1, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	121
Abbildung 63: Mittlere projektive Deckung Einzelarten Kräuter, Variante 3, Juni 2016 (Quelle: eigene Darstellung, 2017) .....	122
Abbildung 64: Boxplotdarstellung, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1: Liadrain 8/16 frei Dachfläche und Variante 2: WSP, freie Dachfläche (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	125
Abbildung 65: Boxplotdarstellung Gesamtdeckung Juni bis September, ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	125
Abbildung 66: Boxplotdarstellung Gesamtdeckung Juli, ZU-1017, Variante 1 Liadrain 8/16 frei Dachflächen und Variante 4 Liadrain 8/16 vor Photovoltaikanlage (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	126
Abbildung 67: Boxplotdarstellung, Mittlere Blatthöhe mit Blütenstand, Juli 2017, ZU-1017, Variante 1 und 4 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	127
Abbildung 68: Boxplotdarstellung Deckung Gräser Juni bis September, ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	128
Abbildung 69: Boxplotdarstellung Deckung Kräuter Juni bis September, ZU-1017 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	130
Abbildung 70: Boxplotdarstellung Gesamtdeckung, Juni bis September, ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	132
Abbildung 71: Boxplotdarstellung Deckung Gräser Juni bis September, ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) .....	133

Abbildung 72: Boxplotdarstellung Deckung Kräuter Juni bis September, ZU-860 (Quelle: eigene Darstellung, 2018) ..... 134

## 10 Anhang

### Fotos Vegetationsaufnahmen ZU-1017



# Vegetationsaufnahmen ZU-860

Großparzelle A | Dach 1

Großparzelle B | Dach 2

Großparzelle C | Dach 3



Juni

Juni

Juni



Juli

Juli

Juli



August

August

August



September

September

September

## Beregnungsversuch ZU-860

Großparzelle A | Dach 1

Großparzelle B | Dach 2

Großparzelle C | Dach 3

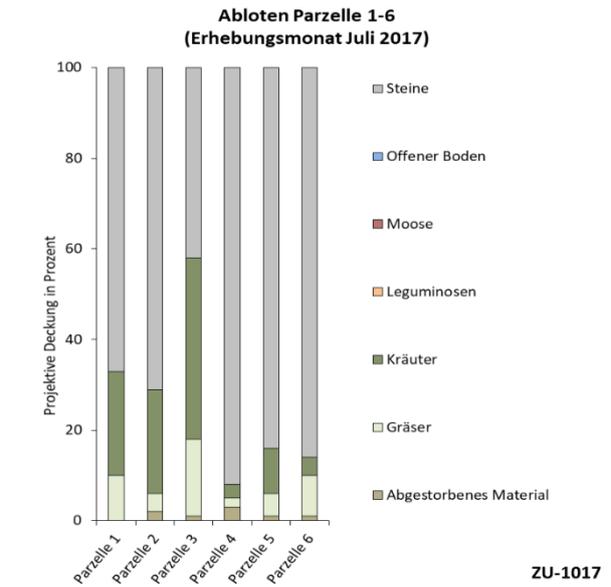
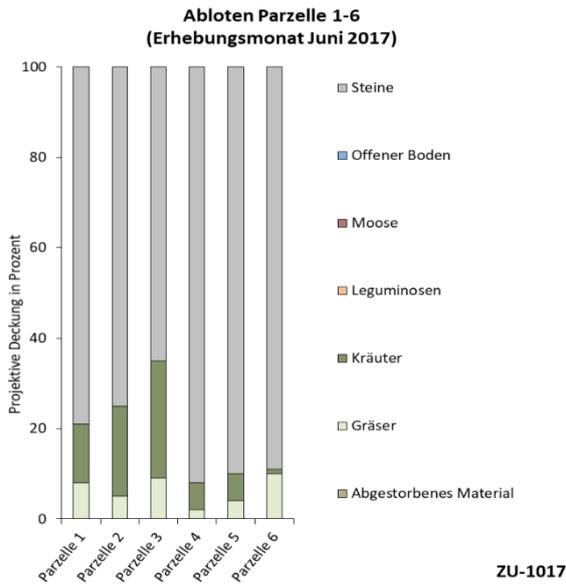


### Ergebnisse Bodenphysikalische Untersuchungen (ARGES- Österreichische Agentur für Ernährungssicherheit)

Probentiefe	pH-Wert	Phosphor	Kalium	Magnesium	TOC	Humus	Stickstoff gesamt
	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%
0-10 cm	7,03	12	43	196	3,11	5,3	0,083

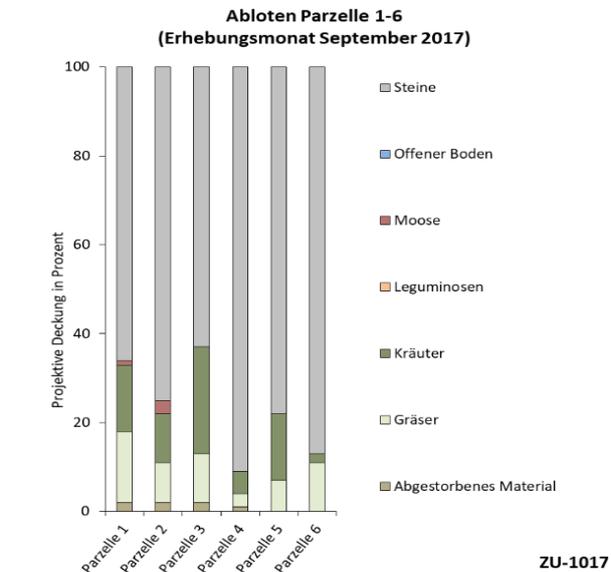
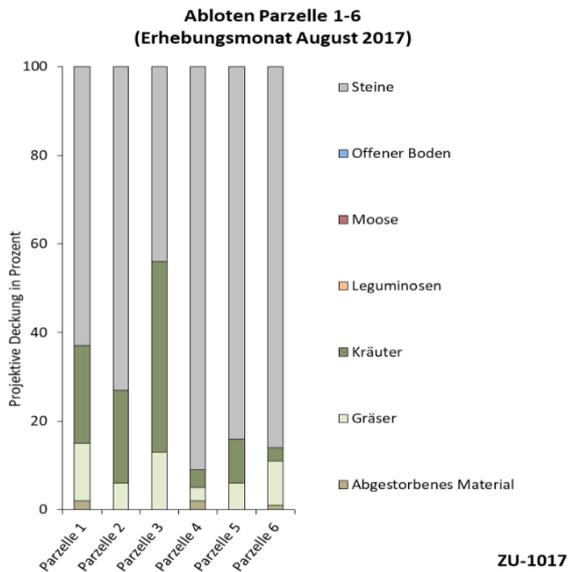
- pH-Wert in CaCl<sub>2</sub> (ÖNorm L 1083)
- Phosphor (P) [mg/1000 g] (CAL Methode)
- Kalium (K) [mg/1000 g] (CAL Methode)
- Magnesium (Mg) in CaCl<sub>2</sub> in 1000 mg (ÖNorm L 1093)
- Kohlenstoff (C) Gesamt [%]
- Humusgehalt, trockene Verbrennung [%] (ÖNorm L 1080)
- Gesamt-Stickstoff [%] (Trockenverbrennung)

# Vegetationsentwicklung der jeweiligen Parzellen mittels Frequenzanalyse



Jun.17	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4	Parz. 5	Parz. 6
Abgestorbenes Material	0	0	0	0	0	0
Gräser	8	5	9	2	4	10
Kräuter	13	20	26	6	6	1
Leguminosen	0	0	0	0	0	0
Moose	0	0	0	0	0	0
Offener Boden	0	0	0	0	0	0
Steine	79	75	65	92	90	89

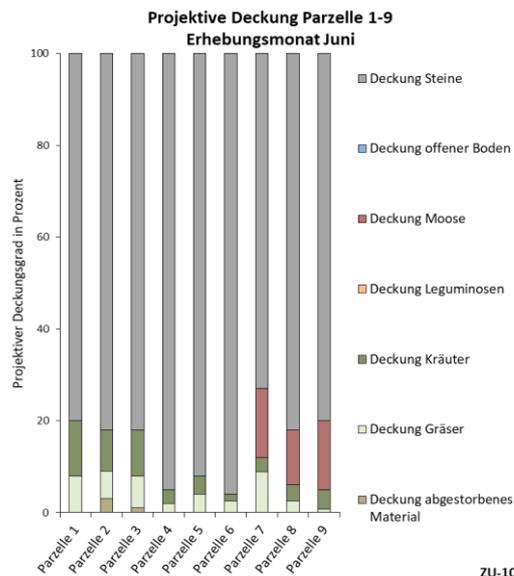
Jul.17	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4	Parz. 5	Parz. 6
Abgestorbenes Material	0	2	1	3	1	1
Gräser	10	4	17	2	5	9
Kräuter	23	23	40	3	10	4
Leguminosen	0	0	0	0	0	0
Moose	0	0	0	0	0	0
Offener Boden	0	0	0	0	0	0
Steine	67	71	42	92	84	86



Aug.17	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4	Parz. 5	Parz. 6
Abgestorbenes Material	2	0	0	2	0	1
Gräser	13	6	13	3	6	10
Kräuter	22	21	43	4	10	3
Leguminosen	0	0	0	0	0	0
Moose	0	0	0	0	0	0
Offener Boden	0	0	0	0	0	0
Steine	63	73	44	91	84	86

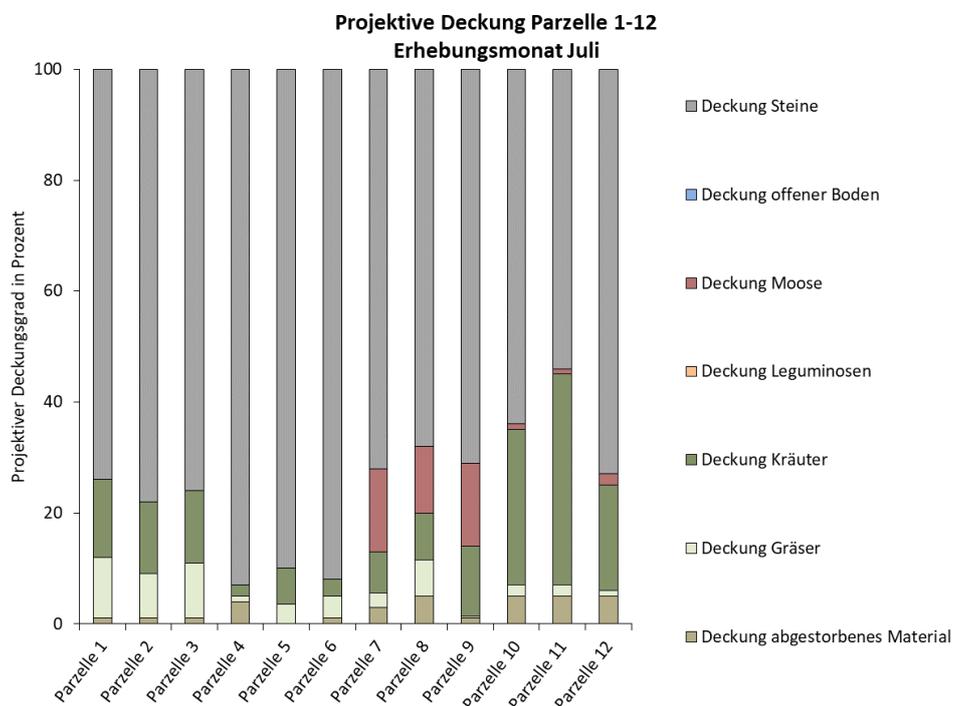
Sep.17	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4	Parz. 5	Parz. 6
Abgestorbenes Material	2	2	2	1	0	0
Gräser	16	9	11	3	7	11
Kräuter	15	11	24	5	15	2
Leguminosen	0	0	0	0	0	0
Moose	1	3	0	0	0	0
Offener Boden	0	0	0	0	0	0
Steine	66	75	63	91	78	87

# Projektive Deckung der jeweiligen Parzellen mittels Deckungsgradschätzung



**ZU-1017**

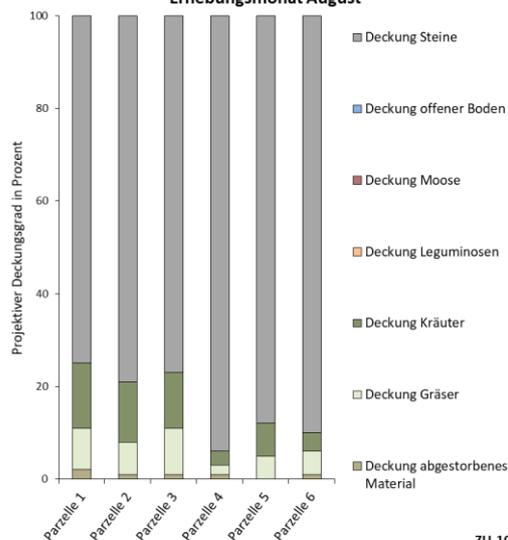
Jun.17	Parz.1	Parz.2	Parz.3	Parz.4	Parz.5	Parz.6	Parz.7	Parz.8	Parz.9
Abgestorbenes Material	0	3	1	0	0	0	0	0	0
Gräser	8	6	7	2	4	2,5	8,9	2,5	0,8
Kräuter	12	9	10	3	4	1,5	3,1	3,5	4,2
Leguminosen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moose	0	0	0	0	0	0	15	12	15
Offener Boden	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steine	80	82	82	95	92	96	73	82	80
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	<b>83</b>	<b>95</b>	<b>92</b>	<b>96</b>	<b>88</b>	<b>94</b>	<b>95</b>



**ZU-1017**

Jul.17	Parz.1	Parz.2	Parz.3	Parz.4	Parz.5	Parz.6	Parz.7	Parz.8	Parz.9	Parz.10	Parz.11	Parz.12
Abgestorbenes Material	1	1	1	4	0	1	3	5	1	5	5	5
Gräser	11	8	10	1	3,5	4	2,5	6,5	0,3	2	2	1
Kräuter	14	13	13	2	6,5	3	7,5	8,5	12,7	28	38	19
Leguminosen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moose	0	0	0	0	0	0	15	12	15	1	1	2
Offener Boden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steine	74	78	76	93	90	92	72	68	71	64	54	73
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>20</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>75</b>	<b>79</b>	<b>77</b>	<b>97</b>	<b>90</b>	<b>93</b>	<b>90</b>	<b>85</b>	<b>87</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>80</b>

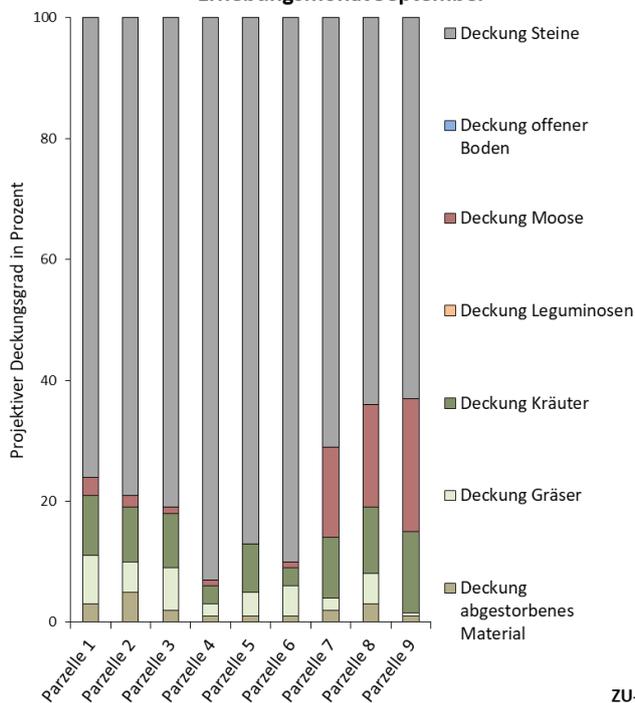
**Projektive Deckung Parzelle 1-6  
Erhebungsmonat August**



ZU-1017

Aug.17	Parz.1	Parz.2	Parz.3	Parz.4	Parz.5	Parz.6
Abgestorbenes Material	2	1	1	1	0	1
Gräser	9	7	10	2	5	5
Kräuter	14	13	12	3	7	4
Leguminosen	0	0	0	0	0	0
Moose	0	0	0	0	0	0
Offener Boden	0	0	0	0	0	0
Steine	75	79	77	94	88	90
Deckung Vegetation	23	20	22	5	12	9
Deckung ohne Vegetation	77	80	78	95	88	91

**Projektive Deckung Parzelle 1-9  
Erhebungsmonat September**

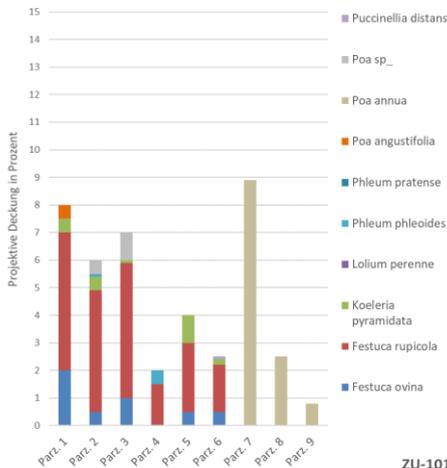


ZU-1017

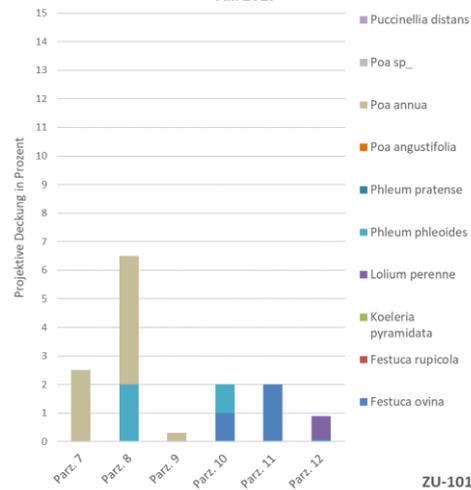
Sep.17	Parz.1	Parz.2	Parz.3	Parz.4	Parz.5	Parz.6	Parz.7	Parz.8	Parz.9
Abgestorbenes Material	3	5	2	1	1	1	2	3	1
Gräser	8	5	7	2	4	5	2	5	0,5
Kräuter	10	9	9	3	8	3	10	11	13,5
Leguminosen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moose	3	2	1	1	0	1	15	17	22
Offener Boden	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steine	76	79	81	93	87	90	71	64	63
Deckung Vegetation	18	14	16	5	12	8	12	16	14
Deckung ohne Vegetation	82	86	84	95	88	92	88	84	86

# Projektive Deckung (Gräser) der jeweiligen Parzellen

Projektive Deckung Gräser Parzelle 1-9  
Juni 2017



Projektive Deckung Gräser Parzelle 7-12  
Juli 2017



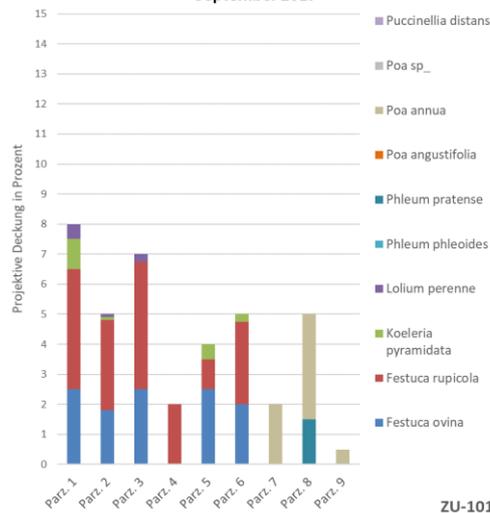
ZU-1017

ZU-1017

Jun.17	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4	Parz. 5	Parz. 6	Parz. 7	Parz. 8	Parz. 9
Festuca ovina	2	0,5	1	0	0,5	0,5	0	0	0
Festuca rupicola	5	4,4	4,9	1,5	2,5	1,7	0	0	0
Koeleria pyramidata	0,5	0,5	0,1	0	1	0,2	0	0	0
Lolium perenne	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Phleum phleoides	0	0,1	0	0,5	0	0	0	0	0
Phleum pratense	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poa angustifolia	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Poa annua	0	0	0	0	0	0	8,9	2,5	0,8
Poa sp.	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0
Puccinellia distans	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0

Jul.17	Parz. 7	Parz. 8	Parz. 9	Parz. 10	Parz. 11	Parz. 12
Festuca ovina	0	0	0	1	2	0,1
Festuca rupicola	0	0	0	0	0	0
Koeleria pyramidata	0	0	0	0	0	0
Lolium perenne	0	0	0	0	0	0,8
Phleum phleoides	0	2	0	1	0	0
Phleum pratense	0	0	0	0	0	0
Poa angustifolia	0	0	0	0	0	0
Poa annua	2,5	4,5	0,3	0	0	0
Poa sp.	0	0	0	0	0	0
Puccinellia distans	0	0	0	0	0	0

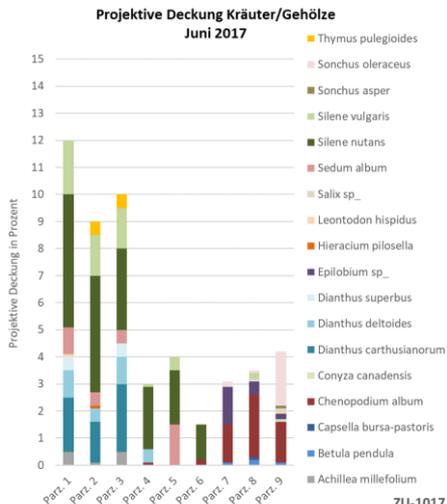
Projektive Deckung Gräser Parzelle 1-9  
September 2017



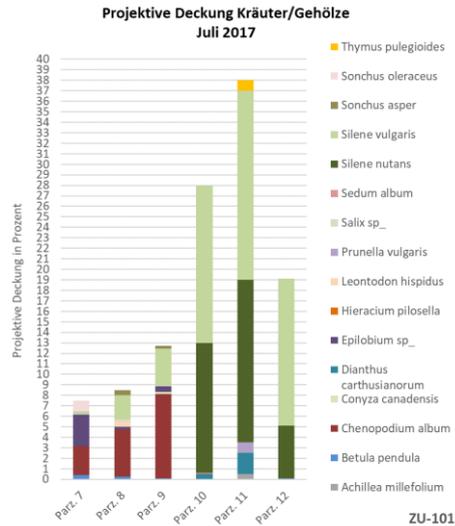
ZU-1017

Sep.17	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4	Parz. 5	Parz. 6	Parz. 7	Parz. 8	Parz. 9
Festuca ovina	2,5	1,8	2,5	0	2,5	2	0	0	0
Festuca rupicola	4	3	4,25	2	1	2,75	0	0	0
Koeleria pyramidata	1	0,1	0	0	0,5	0,25	0	0	0
Lolium perenne	0,5	0,1	0,25	0	0	0	0	0	0
Phleum phleoides	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Phleum pratense	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0
Poa angustifolia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poa annua	0	0	0	0	0	0	2	3,5	0,5
Poa sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puccinellia distans	0	0	0	0	0	0	0	0	0

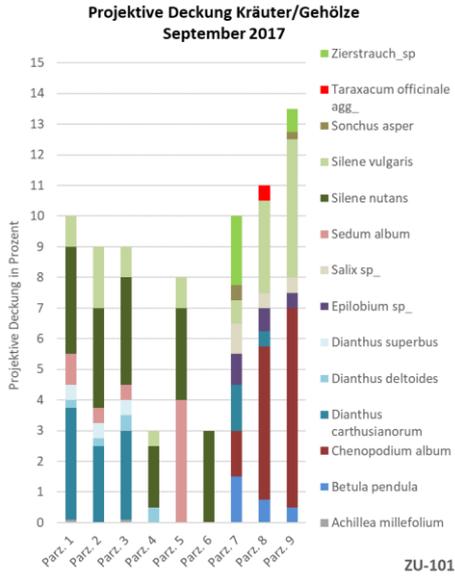
# Projektive Deckung (Kräuter) der jeweiligen Parzellen



Jun.17	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4	Parz. 5	Parz. 6	Parz. 7	Parz. 8	Parz. 9
Achillea millefolium	0,5	0,1	0,5	0	0	0	0	0	0
Betula pendula	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1
Capsella bursa-pastoris	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0
Chenopodium album	0	0	0	0,1	0	0,2	1,4	2,3	1,5
Conyza canadensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Dianthus carthusianorum	2	1,5	2,5	0	0	0	0	0	0
Dianthus deltooides	1	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0
Dianthus superbus	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0
Epilobium sp.	0	0	0	0	0	0	1,4	0,5	0,2
Hieracium pilosella	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Leontodon hispidus	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Salix sp.	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Sedum album	1	0,5	0,5	0	1,5	0	0	0	0
Silene nutans	4,9	4,3	3	2,3	2	1,3	0	0	0
Silene vulgaris	2	1,5	1,5	0,1	0,5	0	0	0,2	0
Sonchus asper	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Sonchus oleraceus	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	2
Thymus pulegioides	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0

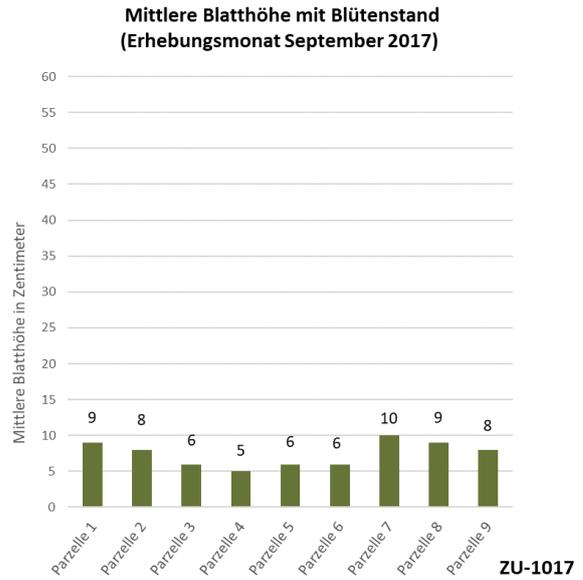
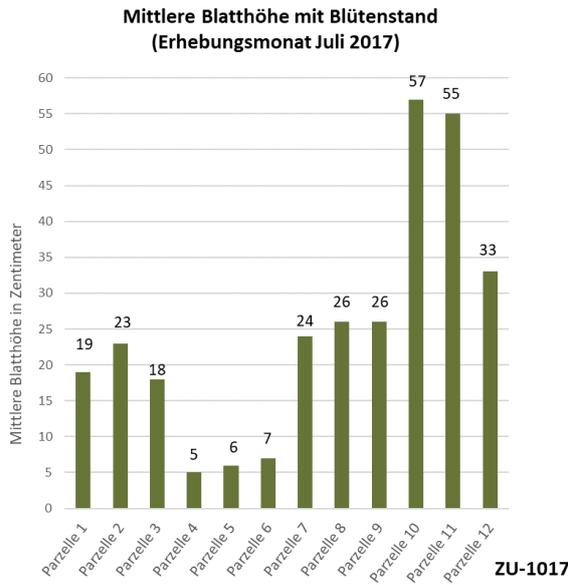


Jul.17	Parz. 7	Parz. 8	Parz. 9	Parz. 10	Parz. 11	Parz. 12
Achillea millefolium	0	0	0	0	0,5	0
Betula pendula	0,4	0,25	0,1	0	0	0,1
Chenopodium album	2,75	4,5	8	0	0	0
Conyza canadensis	0	0	0,25	0	0	0
Dianthus carthusianorum	0	0	0	0,5	2	0
Epilobium sp.	3	0,25	0,5	0	0	0
Hieracium pilosella	0	0	0	0	0	0
Leontodon hispidus	0	0,5	0	0	0	0
Prunella vulgaris	0	0	0	0	1	0
Salix sp.	0,1	0,25	0,1	0	0	0
Sedum album	0	0	0	0,1	0	0
Silene nutans	0	0	0	12,4	15,5	5
Silene vulgaris	0,25	2,25	3,5	15	18	14
Sonchus asper	0	0,5	0,25	0	0	0
Sonchus oleraceus	1	0	0	0	0	0
Thymus pulegioides	0	0	0	0	1	0



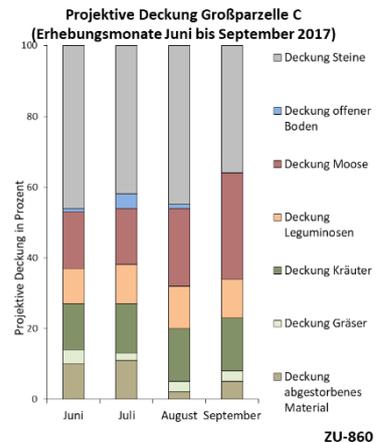
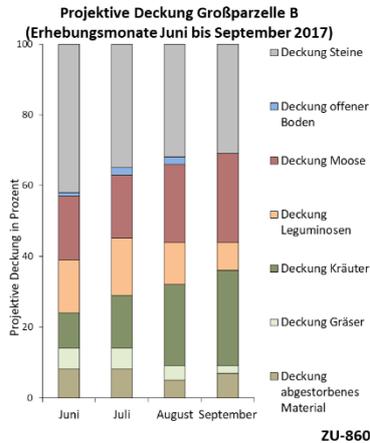
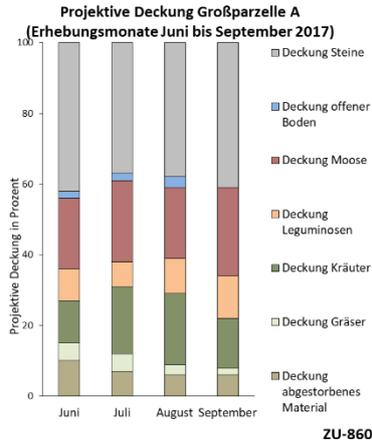
Sep.17	Parz. 1	Parz. 2	Parz. 3	Parz. 4	Parz. 5	Parz. 6	Parz. 7	Parz. 8	Parz. 9
Achillea millefolium	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0
Betula pendula	0	0	0	0	0	0	1,5	0,75	0,5
Chenopodium album	0	0	0	0	0	0	1,5	5	6,5
Dianthus carthusianorum	3,65	2,5	2,9	0	0	1,5	0,5	0	0
Dianthus deltooides	0,25	0,25	0,5	0,5	0	0	0	0	0
Dianthus superbus	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0
Epilobium sp.	0	0	0	0	0	0	1	0,75	0,5
Salix sp.	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0,5
Sedum album	1	0,5	0,5	0	4	0	0	0	0
Silene nutans	3,5	3,25	3,5	2	3	3	0	0	0
Silene vulgaris	1	2	1	0,5	1	0	0,75	3	4,5
Sonchus asper	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,25
Taraxacum officinale agg.	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0
Zierstrauch_sp	0	0	0	0	0	0	2,25	0	0,75

## Mittlere Blatthöhe der jeweiligen Parzellen



## Gesamtdeckung – projektive Deckung

### Vegetationsentwicklung projektive Deckung - Großparzelle A, B, C



Großparzelle A	Jun	Jul	Aug	Sep
Abgestorbenes Material	10	7	6	6
Gräser	5	5	3	2
Kräuter	12	19	20	14
Leguminosen	9	7	10	12
Moose	20	23	20	25
Offener Boden	2	2	3	0
Steine	42	37	38	41
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>28</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>74</b>	<b>69</b>	<b>67</b>	<b>72</b>

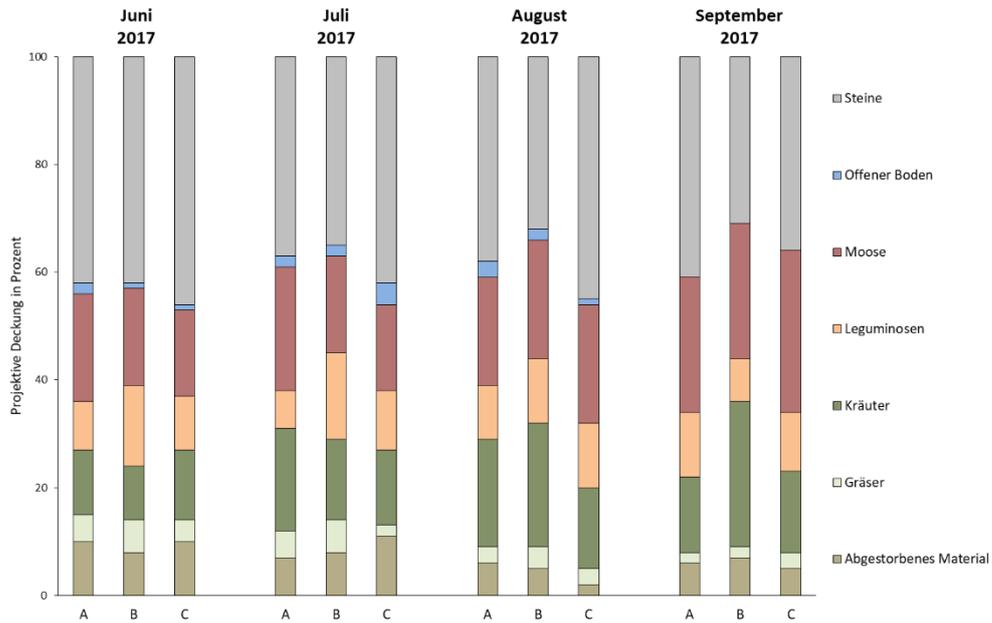
  

Großparzelle B	Jun	Jul	Aug	Sep
Abgestorbenes Material	8	8	5	7
Gräser	6	6	4	2
Kräuter	10	15	23	27
Leguminosen	15	16	12	8
Moose	18	18	22	25
Offener Boden	1	2	2	0
Steine	42	35	32	31
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	<b>39</b>	<b>37</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>69</b>	<b>63</b>	<b>61</b>	<b>63</b>

Großparzelle C	Jun	Jul	Aug	Sep
Abgestorbenes Material	10	11	2	5
Gräser	4	2	3	3
Kräuter	13	14	15	15
Leguminosen	10	11	12	11
Moose	16	16	22	30
Offener Boden	1	4	1	0
Steine	46	42	45	36
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>29</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>73</b>	<b>73</b>	<b>70</b>	<b>71</b>

# Gegenüberstellung projektive Deckung – Großparzelle A, B, C

Gegenüberstellung projektive Deckung Großparzelle A,B,C  
(Mittelwert der unterschiedlichen Erhebungsmonate)



ZU-1017

Großparzelle	Jun.17			Jul.17			Aug.17			Sep.17		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Abgestorbenes Material	10	8	10	7	8	11	6	5	2	6	7	5
Gräser	5	6	4	5	6	2	3	4	3	2	2	3
Kräuter	12	10	13	19	15	14	20	23	15	14	27	15
Leguminosen	9	15	10	7	16	11	10	12	12	12	8	11
Moose	20	18	16	23	18	16	20	22	22	25	25	30
Offener Boden	2	1	1	2	2	4	3	2	1	0	0	0
Steine	42	42	46	37	35	42	38	32	45	41	31	36
<b>Deckung Vegetation</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>33</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>29</b>
<b>Deckung ohne Vegetation</b>	<b>74</b>	<b>69</b>	<b>73</b>	<b>69</b>	<b>63</b>	<b>73</b>	<b>67</b>	<b>61</b>	<b>70</b>	<b>72</b>	<b>63</b>	<b>71</b>

## ZU-1017 Deckungsgradschätzung statistische Auswertung

### Deckungsgradschätzung Gesamtdeckung (Variante 1 und 2) ZU-1017

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Gesamtdeckung Juni in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	17,33	2,517	1,453	11,08	23,58	15	20
	WSP, freie Dachfläche	3	5,67	2,082	1,202	,50	10,84	4	8
	Total	6	11,50	6,716	2,742	4,45	18,55	4	20
Gesamtdeckung Juli in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	23,00	2,000	1,155	18,03	27,97	21	25
	WSP, freie Dachfläche	3	6,67	3,512	2,028	-2,06	15,39	3	10
	Total	6	14,83	9,304	3,798	5,07	24,60	3	25
Gesamtdeckung August in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	21,67	1,528	,882	17,87	25,46	20	23
	WSP, freie Dachfläche	3	8,67	3,512	2,028	-,06	17,39	5	12
	Total	6	15,17	7,521	3,070	7,27	23,06	5	23
Gesamtdeckung September in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	16,00	2,000	1,155	11,03	20,97	14	18
	WSP, freie Dachfläche	3	8,33	3,512	2,028	-,39	17,06	5	12
	Total	6	12,17	4,916	2,007	7,01	17,33	5	18

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Gesamtdeckung Juni in Prozent	Between Groups	204,167	1	204,167	38,281	,003
	Within Groups	21,333	4	5,333		
	Total	225,500	5			
Gesamtdeckung Juli in Prozent	Between Groups	400,167	1	400,167	49,000	,002
	Within Groups	32,667	4	8,167		
	Total	432,833	5			
Gesamtdeckung August in Prozent	Between Groups	253,500	1	253,500	34,568	,004
	Within Groups	29,333	4	7,333		
	Total	282,833	5			
Gesamtdeckung September in Prozent	Between Groups	88,167	1	88,167	10,796	,030
	Within Groups	32,667	4	8,167		
	Total	120,833	5			

### Deckungsgradschätzung Gesamtdeckung (Variante 1 und 4) ZU-1017, Juli 2017

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	23,00	2,000	1,155	18,03	27,97	21	25
Liadrain 8/16, vor Photovoltaikanlage	3	30,00	10,000	5,774	5,16	54,84	20	40
Total	6	26,50	7,503	3,063	18,63	34,37	20	40

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	73,500	1	73,500	1,413	,300
Within Groups	208,000	4	52,000		
Total	281,500	5			

### Blatthöhe mit Blütenstand (Variante 1 und 4) ZU-1017, Juli 2017

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	20,00	2,646	1,528	13,43	26,57	18	23
Liadrain 8/16, vor Photovoltaikanlage	3	48,33	13,317	7,688	15,25	81,41	33	57
Total	6	34,17	17,736	7,241	15,55	52,78	18	57

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1204,167	1	1204,167	13,065	,022
Within Groups	368,667	4	92,167		
Total	1572,833	5			

### Blatthöhe mit Blütenstand (Variante 1 und 2) ZU-1017, Juli 2017

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	20,00	2,646	1,528	13,43	26,57	18	23
WSP, freie Dachfläche	3	6,00	1,000	,577	3,52	8,48	5	7
Total	6	13,00	7,874	3,215	4,74	21,26	5	23

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	294,000	1	294,000	73,500	,001
Within Groups	16,000	4	4,000		
Total	310,000	5			

### Deckungsgradschätzung Gräser (Variante 1 und 2) ZU-1017

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Deckung Gräser Juni	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	7,000	1,0000	,5774	4,516	9,484	6,0	8,0
	WSP, freie Dachfläche	3	2,833	1,0408	,6009	,248	5,419	2,0	4,0
	Total	6	4,917	2,4580	1,0035	2,337	7,496	2,0	8,0
Deckung Gräser Juli	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	9,667	1,5275	,8819	5,872	13,461	8,0	11,0
	WSP, freie Dachfläche	3	2,833	1,6073	,9280	-1,159	6,826	1,0	4,0
	Total	6	6,250	3,9969	1,6317	2,056	10,444	1,0	11,0
Deckung Gräser August	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	8,67	1,528	,882	4,87	12,46	7	10
	WSP, freie Dachfläche	3	4,00	1,732	1,000	-,30	8,30	2	5
	Total	6	6,33	2,944	1,202	3,24	9,42	2	10
Deckung Gräser September	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	6,667	1,5275	,8819	2,872	10,461	5,0	8,0
	WSP, freie Dachfläche	3	3,667	1,5275	,8819	-,128	7,461	2,0	5,0
	Total	6	5,167	2,1370	,8724	2,924	7,409	2,0	8,0

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Deckung Gräser Juni	Between Groups	26,042	1	26,042	25,000	,007
	Within Groups	4,167	4	1,042		
	Total	30,208	5			
Deckung Gräser Juli	Between Groups	70,042	1	70,042	28,492	,006
	Within Groups	9,833	4	2,458		
	Total	79,875	5			
Deckung Gräser August	Between Groups	32,667	1	32,667	12,250	,025
	Within Groups	10,667	4	2,667		
	Total	43,333	5			
Deckung Gräser September	Between Groups	13,500	1	13,500	5,786	,074
	Within Groups	9,333	4	2,333		
	Total	22,833	5			

### Deckungsgradschätzung Kräuter (Variante 1 und 2) ZU-1017

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Deckung Kräuter Juni	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	10,333	1,5275	,8819	6,539	14,128	9,0	12,0
	WSP, freie Dachfläche	3	2,833	1,2583	,7265	-,292	5,959	1,5	4,0
	Total	6	6,583	4,2944	1,7532	2,077	11,090	1,5	12,0
Deckung Kräuter Juli	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	13,333	,5774	,3333	11,899	14,768	13,0	14,0
	WSP, freie Dachfläche	3	3,833	2,3629	1,3642	-2,036	9,703	2,0	6,5
	Total	6	8,583	5,4260	2,2152	2,889	14,278	2,0	14,0
Deckung Kräuter August	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	13,00	1,000	,577	10,52	15,48	12	14
	WSP, freie Dachfläche	3	4,67	2,082	1,202	-,50	9,84	3	7
	Total	6	8,83	4,792	1,956	3,80	13,86	3	14
Deckung Kräuter September	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	9,333	,5774	,3333	7,899	10,768	9,0	10,0
	WSP, freie Dachfläche	3	4,667	2,8868	1,6667	-2,504	11,838	3,0	8,0
	Total	6	7,000	3,1623	1,2910	3,681	10,319	3,0	10,0

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Deckung Kräuter Juni	Between Groups	84,375	1	84,375	43,085	,003
	Within Groups	7,833	4	1,958		
	Total	92,208	5			
Deckung Kräuter Juli	Between Groups	135,375	1	135,375	45,761	,002
	Within Groups	11,833	4	2,958		
	Total	147,208	5			
Deckung Kräuter August	Between Groups	104,167	1	104,167	39,063	,003
	Within Groups	10,667	4	2,667		
	Total	114,833	5			
Deckung Kräuter September	Between Groups	32,667	1	32,667	7,538	,052
	Within Groups	17,333	4	4,333		
	Total	50,000	5			

## ZU-1017 Abloten statistische Auswertung

### Abloten Gesamtdeckung (Variante 1 und 2) ZU-1017

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Gesamtdeckung Juni in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	27,00	7,211	4,163	9,09	44,91	21	35
	WSP, freie Dachfläche	3	9,67	1,528	,882	5,87	13,46	8	11
	Total	6	18,33	10,577	4,318	7,23	29,43	8	35
Gesamtdeckung Juli in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	39,00	15,875	9,165	-,43	78,43	27	57
	WSP, freie Dachfläche	3	11,00	5,292	3,055	-2,14	24,14	5	15
	Total	6	25,00	18,633	7,607	5,45	44,55	5	57
Gesamtdeckung August in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	39,33	14,978	8,647	2,13	76,54	27	56
	WSP, freie Dachfläche	3	12,00	4,583	2,646	,62	23,38	7	16
	Total	6	25,67	17,952	7,329	6,83	44,51	7	56
Gesamtdeckung September in Prozent	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	28,67	7,767	4,485	9,37	47,96	20	35
	WSP, freie Dachfläche	3	14,33	7,095	4,096	-3,29	31,96	8	22
	Total	6	21,50	10,291	4,201	10,70	32,30	8	35

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Gesamtdeckung Juni in Prozent	Between Groups	450,667	1	450,667	16,589	,015
	Within Groups	108,667	4	27,167		
	Total	559,333	5			
Gesamtdeckung Juli in Prozent	Between Groups	1176,000	1	1176,000	8,400	,044
	Within Groups	560,000	4	140,000		
	Total	1736,000	5			
Gesamtdeckung August in Prozent	Between Groups	1120,667	1	1120,667	9,136	,039
	Within Groups	490,667	4	122,667		
	Total	1611,333	5			
Gesamtdeckung September in Prozent	Between Groups	308,167	1	308,167	5,569	,078
	Within Groups	221,333	4	55,333		
	Total	529,500	5			

### Abloten Deckung Gräser (Variante 1 und 2) ZU-1017

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Deckung Gräser Juni	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	7,333	2,0817	1,2019	2,162	12,504	5,0	9,0
	WSP, freie Dachfläche	3	5,333	4,1633	2,4037	-5,009	15,676	2,0	10,0
	Total	6	6,333	3,1411	1,2824	3,037	9,630	2,0	10,0
Deckung Gräser Juli	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	10,333	6,5064	3,7565	-5,829	26,496	4,0	17,0
	WSP, freie Dachfläche	3	5,333	3,5119	2,0276	-3,391	14,057	2,0	9,0
	Total	6	7,833	5,4191	2,2123	2,146	13,520	2,0	17,0
Deckung Gräser August	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	10,67	4,041	2,333	,63	20,71	6	13
	WSP, freie Dachfläche	3	6,33	3,512	2,028	-2,39	15,06	3	10
	Total	6	8,50	4,135	1,688	4,16	12,84	3	13
Deckung Gräser September	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	12,00	3,6056	2,0817	3,043	20,957	9,0	16,0
	WSP, freie Dachfläche	3	7,000	4,0000	2,3094	-2,937	16,937	3,0	11,0
	Total	6	9,500	4,3704	1,7842	4,914	14,086	3,0	16,0

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Deckung Gräser Juni	Between Groups	6,000	1	6,000	,554	,498
	Within Groups	43,333	4	10,833		
	Total	49,333	5			
Deckung Gräser Juli	Between Groups	37,500	1	37,500	1,372	,306
	Within Groups	109,333	4	27,333		
	Total	146,833	5			
Deckung Gräser August	Between Groups	28,167	1	28,167	1,965	,234
	Within Groups	57,333	4	14,333		
	Total	85,500	5			
Deckung Gräser September	Between Groups	37,500	1	37,500	2,586	,183
	Within Groups	58,000	4	14,500		
	Total	95,500	5			

### Abloten Deckung Kräuter (Variante 1 und 2) ZU-1017

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Deckung Kräuter Juni	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	19,667	6,5064	3,7565	3,504	35,829	13,0	26,0
	WSP, freie Dachfläche	3	4,333	2,8868	1,6667	-2,838	11,504	1,0	6,0
	Total	6	12,000	9,5289	3,8902	2,000	22,000	1,0	26,0
Deckung Kräuter Juli	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	28,667	9,8150	5,6667	4,285	53,048	23,0	40,0
	WSP, freie Dachfläche	3	5,667	3,7859	2,1858	-3,738	15,071	3,0	10,0
	Total	6	17,167	14,2466	5,8162	2,216	32,118	3,0	40,0
Deckung Kräuter August	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	28,67	12,423	7,172	-2,19	59,53	21	43
	WSP, freie Dachfläche	3	5,67	3,786	2,186	-3,74	15,07	3	10
	Total	6	17,17	15,039	6,140	1,38	32,95	3	43
Deckung Kräuter September	Liadrain 8/16, freie Dachfläche	3	16,667	6,6583	3,8442	,126	33,207	11,0	24,0
	WSP, freie Dachfläche	3	7,333	6,8069	3,9299	-9,576	24,243	2,0	15,0
	Total	6	12,000	7,8994	3,2249	3,710	20,290	2,0	24,0

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Deckung Kräuter Juni	Between Groups	352,667	1	352,667	13,921	,020
	Within Groups	101,333	4	25,333		
	Total	454,000	5			
Deckung Kräuter Juli	Between Groups	793,500	1	793,500	14,340	,019
	Within Groups	221,333	4	55,333		
	Total	1014,833	5			
Deckung Kräuter August	Between Groups	793,500	1	793,500	9,409	,037
	Within Groups	337,333	4	84,333		
	Total	1130,833	5			
Deckung Kräuter September	Between Groups	130,667	1	130,667	2,882	,165
	Within Groups	181,333	4	45,333		
	Total	312,000	5			

## ZU-860 Abloten statistische Auswertung

### Abloten Gesamtdeckung (Variante 1,2,3) ZU-860

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Gesamtdeckung JUNI	AUSTROSAAT	3	28,67	10,066	5,812	3,66	53,67	18	38
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	32,67	16,166	9,333	-7,49	72,82	18	50
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	37,33	15,044	8,686	-,04	74,71	20	47
	Total	9	32,89	12,703	4,234	23,12	42,65	18	50
Gesamtdeckung JULI	AUSTROSAAT	3	32,67	3,512	2,028	23,94	41,39	29	36
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	40,33	20,984	12,115	-11,79	92,46	24	64
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	41,00	7,211	4,163	23,09	58,91	35	49
	Total	9	38,00	11,927	3,976	28,83	47,17	24	64
Gesamtdeckung AUGUST	AUSTROSAAT	3	34,00	9,165	5,292	11,23	56,77	26	44
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	37,00	5,000	2,887	24,58	49,42	32	42
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	34,67	6,351	3,667	18,89	50,44	31	42
	Total	9	35,22	6,261	2,087	30,41	40,03	26	44
Gesamtdeckung SEPTEMBER	AUSTROSAAT	3	30,33	7,506	4,333	11,69	48,98	26	39
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	32,00	9,539	5,508	8,30	55,70	23	42
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	40,33	6,351	3,667	24,56	56,11	33	44
	Total	9	34,22	8,273	2,758	27,86	40,58	23	44

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
GesamtdeckungJUNI	Between Groups	112,889	2	56,444	,287	,760
	Within Groups	1178,000	6	196,333		
	Total	1290,889	8			
GesamtdeckuungJULI	Between Groups	128,667	2	64,333	,382	,698
	Within Groups	1009,333	6	168,222		
	Total	1138,000	8			
GesamtdeckungAUGUST	Between Groups	14,889	2	7,444	,150	,864
	Within Groups	298,667	6	49,778		
	Total	313,556	8			
GesamtdeckungSEPTEMBER	Between Groups	172,222	2	86,111	1,377	,322
	Within Groups	375,333	6	62,556		
	Total	547,556	8			

### Abloten Deckung Gräser (Variante 1,2,3) ZU-860

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Deckung Gräser JUNI	AUSTROSAAT	3	2,33	2,082	1,202	-2,84	7,50	0	4
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	4,67	3,055	1,764	-2,92	12,26	2	8
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	2,67	2,082	1,202	-2,50	7,84	1	5
	Total	9	3,22	2,386	,795	1,39	5,06	0	8
	Deckung Gräser JULI	AUSTROSAAT	3	5,00	1,732	1,000	,70	9,30	3
Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	3,00	4,359	2,517	-7,83	13,83	0	8
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	3,00	2,646	1,528	-3,57	9,57	1	6
	Total	9	3,67	2,872	,957	1,46	5,87	0	8
Deckung Gräser AUGUST	AUSTROSAAT	3	2,00	2,000	1,155	-2,97	6,97	0	4
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	,67	,577	,333	-,77	2,10	0	1
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	,67	1,155	,667	-2,20	3,54	0	2
	Total	9	1,11	1,364	,455	,06	2,16	0	4
	Deckung Gräser SEPTEMBER	AUSTROSAAT	3	2,00	,000	,000	2,00	2,00	2
Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9		3	2,33	1,155	,667	-,54	5,20	1	3
Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11		3	2,00	2,000	1,155	-2,97	6,97	0	4
Total		9	2,11	1,167	,389	1,21	3,01	0	4

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Deckung Gräser JUNI	Between Groups	9,556	2	4,778	,796	,493
	Within Groups	36,000	6	6,000		
	Total	45,556	8			
Deckung Gräser JULI	Between Groups	8,000	2	4,000	,414	,679
	Within Groups	58,000	6	9,667		
	Total	66,000	8			
Deckung Gräser AUGUST	Between Groups	3,556	2	1,778	,941	,441
	Within Groups	11,333	6	1,889		
	Total	14,889	8			
Deckung Gräser SEPTEMBER	Between Groups	,222	2	,111	,063	,940
	Within Groups	10,667	6	1,778		
	Total	10,889	8			

### Abloten Deckung Kräuter (Variante 1,2,3) ZU-860

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Deckung Kräuter JUNI	AUSTROSAAT	3	18,33	5,859	3,383	3,78	32,89	14	25
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	20,00	5,292	3,055	6,86	33,14	14	24
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	24,33	9,018	5,207	1,93	46,74	15	33
	Total	9	20,89	6,566	2,189	15,84	25,94	14	33
	Deckung Kräuter JULI	AUSTROSAAT	3	22,67	5,859	3,383	8,11	37,22	16
JULI	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	23,33	4,726	2,728	11,59	35,07	18	27
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	27,67	4,726	2,728	15,93	39,41	24	33
	Total	9	24,56	5,028	1,676	20,69	28,42	16	33
	Deckung Kräuter AUGUST	AUSTROSAAT	3	29,00	4,583	2,646	17,62	40,38	24
AUGUST	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	35,00	2,646	1,528	28,43	41,57	32	37
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	27,33	1,528	,882	23,54	31,13	26	29
	Total	9	30,44	4,447	1,482	27,03	33,86	24	37
	Deckung Kräuter SEPTEMBER	AUSTROSAAT	3	23,00	5,196	3,000	10,09	35,91	20
SEPTEMBER	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S9	3	28,00	6,000	3,464	13,10	42,90	22	34
	Gumpensteiner Dachbegrünung Renatura S11	3	24,33	6,429	3,712	8,36	40,30	17	29
	Total	9	25,11	5,578	1,859	20,82	29,40	17	34

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Deckung Kräuter JUNI	Between Groups	57,556	2	28,778	,601	,578
	Within Groups	287,333	6	47,889		
	Total	344,889	8			
Deckung Kräuter JULI	Between Groups	44,222	2	22,111	,840	,477
	Within Groups	158,000	6	26,333		
	Total	202,222	8			
Deckung Kräuter AUGUST	Between Groups	97,556	2	48,778	4,824	,056
	Within Groups	60,667	6	10,111		
	Total	158,222	8			
Deckung Kräuter SEPTEMBER	Between Groups	40,222	2	20,111	,578	,589
	Within Groups	208,667	6	34,778		
	Total	248,889	8			





