

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Neubau in Wädenswil 1 – Biodiversitätsförderung auf dem Dach

Semesterarbeit
4. Semester
(unveröffentlicht)

von

Nina Minder

Bachelorstudiengang 2019

Abgabedatum: 22.07.2021

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Fachkorrektur:

Erich Stutz

ZHAW Life Sciences und Facility Management

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Grüentalstrasse 14

8820 Wädenswil

Zusammenfassung

Grünräume erhalten aufgrund der zunehmenden Verstädterung und der damit einhergehenden Versiegelung der Böden eine immer bedeutendere Rolle. Zu diesen Grünräumen zählen unter anderem auch Gründächer, welche neben den bodengebundenen Grünflächen Ersatzhabitate für die Flora und mobile Fauna darstellen. Um eine hohe Qualität der Dachbegrünungen zu gewährleisten, damit eine hohe Biodiversität entstehen kann, müssen mehrere Aspekte berücksichtigt werden. In dieser Arbeit wurden fünf verschiedene Versionen einer biodiversen Dachbegrünung erstellt. Diese sollen als Planungsgrundlage für einen Neubau in Wädenswil im Kanton Zürich dienen. Bei der Erarbeitung der fünf Versionen wurden drei verschiedene Begrünungskonzepte angewendet. Das erste Konzept lehnt sich an das Werk *Lebensräume der Schweiz* von Delarze et al. Aus diesem Werk wurden Lebensräume mit Standortbedingungen gewählt, die ebenfalls auf dem Dach auftreten können. Durch das Nachstellen dieser Lebensräume auf dem Dach soll eine hohe Biodiversität erzielt werden, da in natürlichen Gegebenheiten eine hohe Artenvielfalt vorkommt. Das zweite Konzept basiert auf dem Werk *Lebensbereiche der Stauden* nach Prof. Dr. Sieber, wobei der Lebensbereich *Felsensteppe* umgesetzt wurde. Das dritte Konzept widerspiegelt eine konventionelle Begrünung, indem eine Saatmischung von *UFA Samen* verwendet wurde, welche explizit die Ansprüche eines Solar Gründaches erfüllt. Um die verschiedenen Versionen der Dachbegrünungen bezüglich der Biodiversität zu beurteilen, wurden sieben Auswahlkriterien definiert. Die Anwendung der sieben Auswahlkriterien hat gezeigt, dass der Mitteleuropäische Halbtrockenrasen (Mesobromion) die geeignetste Version für ein biodiverse Dachbegrünung in Wädenswil ist.

Abstract

Green spaces are taking on an increasingly important role due to increasing urbanisation and the associated sealing of soils. These green spaces include, among others, green roofs which represent substitute habitats for flora and mobile fauna in addition to soil-bound green spaces. In order to guarantee a high quality of green roofs several aspects must be taken into account so that a high biodiversity can develop. In this work five different versions of a biodiverse green roof were developed. These are to serve as a basis for the planning of a new building in Wädenswil in the canton of Zurich. Three different green roof concepts were used in the development of the five versions. The first concept is based on the work *Lebensräume der Schweiz* by Delarze et al. From this work, habitats with similar site conditions were selected as they also occur on the roof. By recreating these habitats, a high level of biodiversity is to be achieved as they exhibit a high level of species diversity in naturally occurring conditions. The second concept is based on the work *Lebensbereiche der Stauden* by Prof. Dr. Sieber whereby the rocky steppe habitat was implemented on the roof. The third concept reflects a conventional green roof by using a seed mixture of *UFA Samen* that explicitly meet the requirements of a solar green roof. In order to assess the different versions of green roofs in terms of biodiversity seven selection criteria were defined. The application of the seven selection criteria has showed that the *Mitteleuropäischer Halbtrockenrasen (Mesobromion)* is the most suitable version for a biodiverse green roof in Wädenswil.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Einleitung | 5 |
| 2 | Theorie zu Dachbegrünungen | 7 |
| 2.1. | Weshalb ist eine Dachbegrünung zielführend? | 7 |
| 2.2. | Synergie von Dachbegrünung und Photovoltaikanlagen | 7 |
| 2.3. | Bauliche Aspekte einer Dachbegrünung | 8 |
| 2.4. | Substratzusammensetzung | 9 |
| 2.5. | Bauobjektbeschreibung und Akteure | 11 |
| 2.6. | Standortbeschreibung Wädenswil | 13 |
| 3 | Material und Methode | 14 |
| 3.1. | Auswahlkriterien | 14 |
| 3.2. | Substratauswahl | 14 |
| 3.3. | Substrataufbau | 17 |
| 3.4. | Begrünungsstrategie | 20 |
| 3.5. | Begrünungskonzepte | 20 |
| 4 | Ergebnisse | 22 |
| 4.1. | Versionen nach Lebensräumen von Delarze et al. (2015) | 23 |
| 4.1.1. | Lebensraum: Mitteleuropäischer Halbtrockenrasen (Mesobromion) | 23 |
| 4.1.2. | Lebensraum: Mitteleuropäischer Trockenrasen (Xerobromion) | 27 |
| 4.1.3. | Lebensraum: Inneralpine Felsensteppe (Stipo-Poion) | 32 |
| 4.2. | Version Felsensteppe (Lebensbereiche der Stauden nach Prof. Dr. Sieber) | 36 |
| 4.3. | Version konventionelle Begrünung mit der UFA-Kräuter Saatmischung | 41 |
| 4.4. | Vergleich der fünf Versionen | 46 |
| 5 | Diskussion und Fazit | 47 |
| 6 | Literaturverzeichnis | 49 |
| | Abbildungsverzeichnis | 51 |
| | Tabellenverzeichnis | 53 |
| | Anhang | 54 |

1 Einleitung

Das Tagblatt der Stadt Zürich schrieb am 27. Juli 2020 «Es zeigte sich, dass begrünte Flachdächer relevante Lebensräume sind. 40 Prozent der in Zürich vorkommenden Pflanzenarten wachsen auf Dächern. Die artenreichsten Dächer umfassen sogar über 100 Pflanzen» (Hebel, 2020). In diesem Artikel wird das Potential von Dachbegrünungen für die Biodiversität hervorgehoben. Durch die zunehmende Versiegelung im urbanen Raum können auf begrünten Dächern wertvolle Ersatzhabitate für Flora und Fauna entstehen (Engel, 2017). Ausserdem können die Dachbegrünungen die Funktion eines Trittsteinbiotops übernehmen und die Vernetzung von bodengebundenen Lebensräumen im Stadtgebiet erhöhen (Stadt Zürich Tiefbau- und Entsorgungsdepartement, 2021). Denn der Zustand der Biodiversität in der Schweiz ist laut Bundesamt für Umwelt (2020) nicht erfreulich. Es konnte ein Rückgang der biologischen Vielfalt seit dem Jahr 1900 aufgezeigt werden. Die Hälfte der Lebensräume sowie ein Drittel der Arten sind bedroht. Es wird darauf hingewiesen, dass die bisher verwendeten Massnahmen und Instrumente teilweise zum Erfolg führten, jedoch nicht ausreichend sind (Bundesamt für Umwelt, 2020). Die Schweiz unterzeichnete 1992 bei der UN-Konferenz die Biodiversitätskonvention, wodurch sie angehalten ist mit nationalen Strategien die Biodiversität zu erhalten. Das internationale Abkommen fordert einen globalen, umfassenden und nachhaltigen Schutz der Arten, Ökosysteme und genetischen Ressourcen. Basierend auf diesen formulierten Zielen für die biologische Vielfalt verabschiedete der Bundesrat 2017 den Aktionsplan zur *Strategie Biodiversität Schweiz*. Darin wurden Massnahmen zur Schaffung von ökologischer Infrastruktur und Artenförderung erstellt. Unterschiedliche Politikbereiche wie Landwirtschaft, Raumplanung und Verkehr werden mit der Biodiversitätspolitik des Bundes zur Kooperation aufgefordert. Eine weitere Massnahme besteht darin, die Bevölkerung zu sensibilisieren und auf die Wichtigkeit der Biodiversität als unsere Lebensgrundlage aufmerksam zu machen (Bundesamt für Umwelt, 2021). Im Bundesgesetz über Natur- und Heimatschutz (NHG) wurde die Verantwortung des Naturschutzes den Kantonen zugewiesen, wobei der Bund die Kantone finanziell unterstützt. Im NHG wurde unter anderem festgelegt, dass dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten mittels genug grossen Lebensräumen entgegengewirkt werden soll. Auch besondere Standorte wie bspw. Trockenrasen sollen geschützt werden (Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz, 1966). Laut Hebel (2020) nimmt die Zahl der Dachbegrünungen zu. In Zürich wurden bereits 37 Prozent der gesamten Flachdachfläche begrünt. Die Begrünung von Dächern ist auch auf kommunaler Ebene rechtlich geregelt. Im Art.11 der Bau- und Zonenordnung ist festgelegt, dass neue Flachdächer, falls sie nicht als Terrasse genutzt werden, zu begrünen sind. Die Vorschrift zur Begrünung betrifft auch Flachdächer, welche saniert werden, sofern dies zweckmässig, technisch und wirtschaftlich zumutbar ist. Zudem bietet die Stadt Zürich Checklisten zur Dachbegrünung an und zeigt gelungene Beispiele zu unterschiedlichen Dachtypen (Stadt Zürich Tiefbau- und Entsorgungsdepartement, 2021). Eine weitere Strategie zur Förderung von Dachbegrünungen verfolgt die Stadt Lausanne. Um die Fläche der begrünten Dächer zu erhöhen, werden finanzielle Anreize geschaffen (Direction du logement, de l'environnement et de l'architecture, 2021). Trotz der Zunahme von begrünten Dächern bleibt ein grosses Potential hinsichtlich Begrünung bestehen. Nicht nur eine Zunahme der begrünten Fläche ist essenziell, sondern auch die Qualität der Begrünungen ist ausschlaggebend, damit ökologisch wertvolle Ausgleichsflächen entstehen können (Hebel, 2020).

In dieser Semesterarbeit wurden fünf Versionen einer Dachbegrünung für einen Neubau in Wädenswil konzipiert. Das Ziel ist es, die Biodiversität auf dem Dach optimal zu fördern. Folgende Frage soll im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden:

Wie kann eine ökologisch wertvolle Dachbegrünung gestaltet werden, welche die Biodiversität mittels

pflegeextensiver und langfristig stabiler Pflanzengesellschaften sowie belebter und unbelebter Strukturvielfalt fördert?

Mit *belebte und unbelebte Strukturvielfalt* sind verschiedenen Pflanzen mit unterschiedlicher Morphologie und Vermehrungsstrategie sowie Totholz, Steine und Nisthilfen gemeint. Am Rande fliessen auch die Bedürfnisse der Bauherrschaft sowie Aspekte der Ästhetik und Nutzung in die Beantwortung der Frage mit ein.

Es wird nun zuerst in einem theoretischen Teil die Hintergründe zu Dachbegrünungen erklärt. Danach werden im *Kapitel 3 Material und Methode* die Grundlagen zu den Auswahlkriterien, Substratauswahl, Substrataufbau, Begrünungsstrategie und Begrünungskonzepte hergeleitet. Basierend auf diesen Grundlagen wurden die Versionen für die Dachbegrünung des Neubaus in Wädenswil erarbeitet, welche im *Kapitel 4 Ergebnisse* dargestellt werden. Anschliessend werden die Ergebnisse im *Kapitel 5 Diskussion und Fazit* kommentiert und die Fragestellung beantwortet. Wenn Informationen in tabellarischer Form dargestellt sind, wurden die Quellen direkt mittels Nummern in der Tabelle angegeben. Falls eine Nummer lediglich zu Beginn einer Spalte oder Zeile steht, ist ihre Gültigkeit für alle Werte und Informationen innerhalb jener Spalte oder Zeile zu verstehen.

2 Theorie zu Dachbegrünungen

In diesem Kapitel werden zuerst die Vorteile einer Dachbegrünung erklärt und welches Potential die Synergie von Dachbegrünung und Photovoltaikanlage mit sich bringt. Anschliessend werden bauliche Aspekte einer Dachbegrünung erläutert und welche Unterschiede bezüglich einer Intensiv- sprich Extensivbegrünung bestehen. Allerdings wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter auf unterschiedliche Dachkonstruktionen eingegangen. In einem weiteren Unterkapitel werden verschiedenen Substratkomponenten vorgestellt und welche Eigenschaften und Funktionen sie in einem Substrat erfüllen. Abschliessend werden das Bauobjekt und die Akteure vorgestellt.

2.1. Weshalb ist eine Dachbegrünung zielführend?

Der Nutzen einer Dachbegrünung ist vielseitig. Es gibt Vorteile hinsichtlich wirtschaftlicher, ökologischer und raumplanerischer Aspekte. In der Tabelle 1 sind einige Punkte aufgelistet, welche insbesondere die ökologischen Vorteile herausheben, da in der Zielsetzung der Fokus auf die Biodiversität gerichtet wurde.

Tabelle 1 Vorteile einer Dachbegrünung

| Vorteile einer Dachbegrünung¹ |
|--|
| Verbesserung des Mikroklimas |
| Beitrag zum Hochwasserschutz |
| Lebensräume für Tiere und Pflanzen |
| Ausgleichsflächen können geschaffen werden |
| Regenwasserspeicherung/- abflussverzögerung |
| Mikroklimatischer Ausgleich: Temperaturextreme, Strahlungsbilanz, Verdunstung, Filterwirkung |
| Langfristige Kosteneinsparung |

¹ Stadt Zürich Tiefbau- und Entsorgungsdepartement (2021). Dachbegrünung. Abgerufen von <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/gsz/beratung-und-wissen/wohn-und-arbeitsumfeld/dachbegruenungen.html>

2.2. Synergie von Dachbegrünung und Photovoltaikanlagen

Es konnte nachgewiesen werden, dass sich die Effektivität und Funktionsfähigkeit der Solarmodulen erhöhen, wenn sie mit einer Dachbegrünung kombiniert werden (Chan & Hui, 2011). In der Tabelle 2 werden einige Vorteile der Kombination von begrünten Dächern und Photovoltaik aufgezeigt. Damit das Potential dieser Synergie von Gründach und Solaranlage bestmöglich ausgeschöpft werden kann, müssen einige Faktoren in der Planung berücksichtigt werden. Erstens darf die Pflanzenhöhe unmittelbar neben und unter dem Solarmodul nicht zu hoch sein, damit eine Beschattung der Module ausgeschlossen werden kann. Die Pflanzenhöhe kann auch mit der Substratdicke gesteuert werden. Zweitens müssen ausreichende Reihenabstände zwischen den Solarmodulen bestehen, damit eine fachgerechte Pflege und Wartung sichergestellt werden kann (Bundesverband GebäudeGrün e. V., 2021). Diese Erkenntnisse fliessen ebenfalls in die Planung der verschiedenen Versionen für die Dachbegrünung mit ein.

Tabelle 2: Vorteile einer Dachbegrünung in Kombination mit einer Photovoltaikanlage

Vorteile eines Solar-Gründaches

Durch die Solarmodule kann ein beschatteter Lebensraum auf der Dachfläche entstehen, welcher die Stressfaktoren Hitze und Verdunstung mindert. Dadurch kann an dieser Stelle eine erhöhte Pflanzenvielfalt entstehen.¹

Aufgrund einer erhöhten Pflanzenvielfalt kann der Kühlungseffekt intensiviert werden, da die Verdunstungsleistung durch die Pflanzen steigt. Dies verbessert wiederum die Funktion der Solarmodulen.¹

Die Verdunstungsleistung wird zudem auch aufgrund unterschiedlicher Lufttemperaturen unter dem Solarmodul erzielt.²

Da die Solarmodule hinsichtlich des Niederschlages für die darunterliegende Fläche eine abschirmende Funktion haben, entsteht ein mosaikartiges Habitat mit trockeneren und feuchteren Flächen.¹

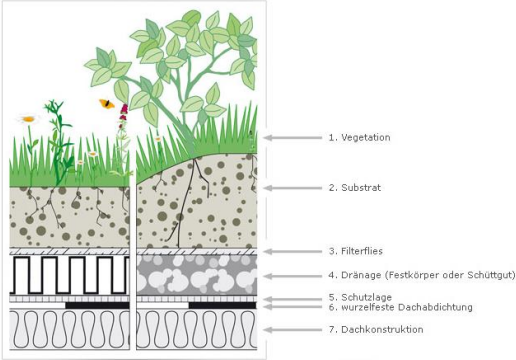
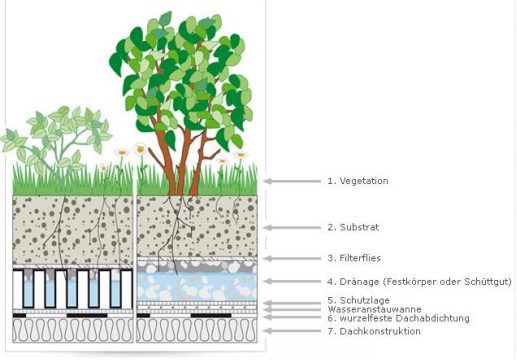
¹ Kessling, K.; Cohen, A. & Jasso, J. (2017). *Feasibility of Combining Solar Panels and Green Roofs on the Activities and Recreation Center*. Abgerufen von <https://icap.sustainability.illinois.edu/files/projectupdate/4207/Solar%20with%20Green%20Roof%20design.pdf>

² Baumann, N. & Catalano, C. (2017). *Biosolar Roofs: A Symbiosis between Biodiverse Green Roofs and Renewable Energy*. Abgerufen von https://www.researchgate.net/publication/321331555_Biosolar_Roofs_A_Symbiosis_between_Biodiverse_Green_Roofs_and_Renewable_Energy

2.3. Bauliche Aspekte einer Dachbegrünung

Für die Realisierung einer Dachbegrünung müssen einige bauliche Aspekte in der Planungsphase berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte dazu erwähnt. Vorab sei erwähnt, dass zwischen intensiver und extensiver Begrünung unterschieden wird. In der Tabelle 3 werden die wichtigsten Unterschiede dieser Begrünungstypen hervorgehoben. Die Machbarkeit des jeweiligen Begrünungstyps muss im Vorfeld unter Berücksichtigung der Statik abgeklärt werden. Besonders bei einer Intensivbegrünung sind die Traglastfähigkeiten des Daches von grosser Bedeutung, da aufgrund des Substratgewichtes und der Dachkonstruktion erhebliche Zusatzlast entstehen kann. Zu den baulichen Massnahmen, welche im Vorhinein angedacht werden müssen, zählen unter anderem die Absturzsicherung, der Zugang zum Dach, die Entwässerung und der Wurzelschutz. Ausserdem müssen die Brandschutzvorschriften sowie die Windsoglast in der Planung berücksichtigt werden. Bezüglich des Windsoges sind insbesondere windexponierte Gebäude betroffen (Bundesverband GebäudeGrün e. V., 2021).

Tabelle 3: Vergleich von verschiedenen Parametern einer Extensiv- und Intensivbegrünung

| Parameter | Extensivbegrünung | Intensivbegrünung |
|------------------------------------|--|---|
| Aufbau ¹ |  <p>Abbildung 1: Aufbau extensive Dachbegrünung</p> |  <p>Abbildung 2: Aufbau intensive Dachbegrünung</p> |
| Substrathöhe ² | Mindestens 8 cm | 15-150 cm |
| Erscheinungsbild ² | Felsensteppe, Blumenwiese (mit Gräser), Moose, Wildkräuter, Wildstauden | Wiesen, Stauden, Gehölze |
| Wasserspeichervolumen ³ | Ca. 49 l/m ² | Ab 70 l/m ² |
| Traglast ¹ | 80- 170 kg/m ² 50 kg/m ² (Leichtdachbegrünung) | Ab 300 kg/m ² |
| Pflege ² | Wenig Pflege, 1-2 jährliche Kontrollgänge, mehrmals jährlich Funktionskontrolle der Dachentwässerungsanlagen | Pflegeaufwand grösser, vergleichbar mit konventioneller Gartenanlage bezüglich Pflege, Bewässerung notwendig |
| Kosten ⁴ | 25-50 Euro/m ² (bei 10-20 cm Höhe und 60-250 kg/m ² Gewicht) | 50-100 Euro/m ² (bei 15-200 cm Höhe und 200-3000 kg/m ² Gewicht) |

¹ Bundesverband GebäudeGrün e. V. (2021). *Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung*. Abgerufen von <https://www.gebaeudegruen.info/gruen/dachbegruenung/basis-wissen-planungsgrundlagen/planungsgrundlagen#c3150>

² Scholl, I. (2014). *Natur findet Stadt. Dachbegrünung Leitfaden St. Gallen*. Abgerufen von https://www.naturundwirtschaft.ch/de/assets/Dateien/Bilder/Publikationen/Leitfaden%20Dachbegr%C3%BCnung_StGallen.pdf

³ ZinCo AG (2019). *Extensive Dachbegrünung*. Abgerufen von <https://zinco.ch/extensive-dachbegr%C3%BCnung>

ZinCo AG (2019). *Intensive Dachbegrünung*. Abgerufen von <https://zinco.ch/intensive-dachbegr%C3%BCnung>

⁴ Kloth, P. (ohne Datum). *Arten und Kosten der Dachbegrünung beim Flachdach*. Abgerufen von <https://www.energieheld.de/dach/flachdach/begruenung>

2.4. Substratzusammensetzung

Da eine Dachbegrünung losgelöst vom natürlichen Boden gebaut wird, übernimmt das Substrat die Funktion des Bodens. Basierend auf den Substratkomponenten und der Substratdicke lässt sich auf die Pflanzenwahl schliessen. Denn je nach Eigenschaft der Substratzusammensetzung entstehen unterschiedlich Bodeneigenschaften. Das heisst, dass Parameter wie Wasserrückhaltevermögen, Anteil Fein- und Grobporen, Strukturstabilität usw. aufgrund der jeweiligen Substratzusammensetzungen variieren können (Brenneisen, 2021). Unter Berücksichtigung der Statik eines Gebäudes kann das maximale Gewicht des Substrates festgelegt werden, welches auf dem Dach ausgebracht werden kann. In der Tabelle 4 sind verschiedene

Substratkomponenten und deren Eigenschaften aufgeführt. Ein Substrat beinhaltet, je nach Begrünungsziel, unterschiedlich viel Anteil dieser Substratausgangsstoffen.

Tabelle 4: Ausgewählte Substratausgangsstoffe und ihre Eigenschaften

| Substratausgangsstoff | Eigenschaft |
|---|---|
| Bims ¹ | Geringes Gewicht, gute Drainagefunktion, Durchlüftung sowie gute Wasser- und Nährstoffaufnahme, niedriges Schüttgewicht und somit ideal für gutes Wurzelwachstum. |
| Blähschiefer ² | Struktur stabil, frostbeständig, luftdurchlässig, biologisch neutral, wurzelfreundlich, geringes Gewicht bei grosser Kornfestigkeit, grosse Wasserspeicherfähigkeit. |
| Blähton ³ | Chemisch und biologisch neutral, resistent gegen Schädlinge, Schimmel und Pilze, geringe Wasserspeicherfähigkeit, sehr leicht, struktur stabil. |
| Kies ⁴ | Schüttgut mit einer Korngrösse von 2 mm bis 63 mm, erhöht die Durchlässigkeit. |
| Kompost (Grünschnittkompost) ⁵ | Reich an Nährstoffen, zersetzt sich über die Zeit (Grünschnittkompost enthält im Vergleich zum Kompost ausschliesslich Garten und Parkabfälle sowie organische Stoffe aus Garten- und Landschaftsbau. Er ist strukturreich aufgrund des hohen Anteils an Holzigen Ausgangsstoffen). |
| Lava ¹ | Sehr struktur stabil, hohe Kornstabilität, verwittert oder zersetzt sich nicht, geruchsneutral, gute Wasser- und Nährstoffspeicherung, hohes Luftporenvolumen. |
| Rindenkompost ⁶ | Besteht aus Koniferenrinde und Rübenbestandteile, pH ca. 7.2, Volumengewicht ca. 525g/l. |
| Sand ⁴ | Schüttgut mit einer Korngrösse von 0.063 mm bis 2 mm, erhöht die Durchlässigkeit. |
| Tonschiefer (Porlith) ⁷ | Hohe Wasseraufnahmekapazität, dicht und feinkörnig. |
| Ziegelsplitt ⁸ | Schützt die Pflanze im Winter vor Kälte, speichert Wasser besonders gut und gibt es nur langsam wieder ab. Die Pflanze wird dadurch regelmässig und langfristig mit Wasser versorgt. |

¹ GalaProdukt (2021). *Vulkangesteine: Lava, Bims, Zeolith, Tuff*. Abgerufen von <http://de.galaprodukt.pl/steine-und-substrate/vulkangesteine-lava-bims-zeolith-tuff/>

² Link, P. (2021). *Datenblatt Blähschiefer*. Abgerufen von https://link-substrate.ch/wp-content/uploads/2020/04/Datenblatt_Bl%C3%A4hschiefer.pdf

³ Kaeding, A. (2021). *Blähton – Drainage mit Tongranulat*. Abgerufen von <https://www.vivanno.de/journal/ratgeber/blaehnton>

⁴ Grimm, R. (2018). *Grundstoffe des Bauens*. Abgerufen von <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoff-knowhow/grundstoffe-des-bauens/kies-und-sand-fuer-die-bauindustrie-abbau-einsatzbereiche-sandknappheit-sandimporte/>

⁵ Körver, J. & Kreysa, U. (2021). *Komposttypen und Reifegrade*. Abgerufen von <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/kompost/komposttypen-und-reifegrade/>

⁶ RICOTER Erdaufbereitung AG (2021). *Rindenkompost*. Abgerufen von <https://www.ricoter.ch/de/garten/rabatten/rindenkompost.php>

⁷ Seeland, J. & Seeland, K. (2021) *Porlith. Ein Rohstoff aus der Natur für die Natur*. Abgerufen von <http://gelsenrot.com/index.php?id=71>

⁸ Huemer Kompost GmbH (2020). *Ziegelsplitt*. Abgerufen von <https://www.huemerkompost.at/ziegelsplitt/>

2.5. Bauobjektbeschreibung und Akteure

Das Bauobjekt, für welches in dieser Semesterarbeit die Dachbegrünung geplant wurde, befindet sich in Wädenswil an der Burgstrasse 10 im Kanton Zürich. Es handelt sich um ein Einfamilienhaus auf einem Grundstück von etwa 780m². Auf dem Grundstück ist momentan eine grosse Gartenfläche mit Obstbäumen und vielen Sträuchern vorhanden. Dieses Einfamilienhaus wird durch ein Mehrfamilienhaus ersetzt. Aufgrund des grösseren Bauvolumens des Mehrfamilienhauses geht ein beträchtlicher Teil an ökologisch wertvoller Fläche verloren. Diesem Verlust möchte die Bauherrschaft mit Ausgleichsflächen gegensteuern. Neben der Balkon- und Fassadenbegrünung trägt die extensive Dachbegrünung ebenfalls zu diesen ökologischen Ausgleichsflächen bei (Gespräch mit Bauherrschaft vom 25.02.2021). Hinsichtlich des Aufbaus der Dachbegrünung wird von einer Stahlbetonfläche auf Weissputz ausgegangen. Die Dicke der Stahlbetonschicht variiert, je nachdem ob ein Gefälle von 0.5% oder 1.5% vorhanden ist. Darüber folgt eine 0.5 cm Dampfbremse und eine 16 cm dicke Wärmedämmung. Darauf kommt eine 1 cm dicke Bitumenbahn zu liegen, welche die Funktion der Abdichtung übernimmt. Das Substrat kann danach aufgeschüttet werden (neffArchitektur, 2021). Es sind zwei Abläufe in der Mitte des Hauptdaches vorgesehen, welche das angesammelte Regenwasser abführen. Um den Ablauf herum entstehen Wulste durch Bleche und mehrere Schichten Dachpappen. Diese stauen das Wasser effektiv ein und eine Staunässe kann verhindert werden (Mailverkehr mit Lucas Neff vom 03.06.2021). Weitere Informationen betreffend des aktuellen Einfamilienhauses und des geplanten Neubaus sind der Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Informationen zum jetzigen Einfamilienhaus und dem neuen Mehrfamilienhaus

| | Ist-Zustand (jetziges Gebäude) | Soll-Zustand (Neubau) |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---|
| Baujahr ¹ | 1960 | 2021 (vorgesehen) |
| Bauweise ¹ | Kein Minergie-Standard | Minergie-Standard |
| Fläche Gebäude ² | ca. 150 m ² | ca. 300 m ² (ohne Zufahrten) |
| Anzahl Stockwerke ³ | 3 | 4 (UG, EG, OG, Attika) |
| Anzahl Parkplätze ³ | 1 (in Garage) 2 (vor Garage) | 6 |
| Grünflächen Umgebung ¹ | Grosse Grünfläche mit Obstbäumen | Garten, Feuerstelle für Gemeinschaft, Fassadenbegrünung, Dachbegrünung |
| Dachform ⁴ | Giebeldach | Flachdach |
| Dachbegrünung ⁴ | keine | Extensive Dachbegrünung, einfach Aufbau mit zwei Abflussstellen und Photovoltaikanlage auf der einen Dachhälfte |

¹ Gespräch mit Bauherrschaft vom 25.02.2021

² Swisstopo (2021). *Karte der Schweiz*. Abgerufen von <https://map.geo.admin.ch> und neffArchitektur (2021). Werkpläne der Bugstrasse 10 8820 Wädenswil, unveröffentlicht.

³ Mailverkehr mit Brigitte Warth vom 15.06.2021

⁴ neffArchitektur (2021). Werkpläne der Bugstrasse 10 8820 Wädenswil, unveröffentlicht.

Die Abbildung 3 stellt die involvierten Akteure dar, welche einen Einfluss auf die Planung und Ausführung des Neubaus haben. Die Bauherrschaft ist durch Brigitte Warth-Rensch und Richi Krause vertreten. Das jetzige Einfamilienhaus müsste generalumgebaut werden. Die Bauherrschaft baut nun anstelle eines neuen Einfamilienhauses ein Mehrfamilienhaus aufgrund des wirtschaftlichen Aspekts. Mit dem Mehrfamilienhaus kann zusätzlich finanzielles Mittel erwirtschaftet werden, welches ebenfalls zur Altersvorsorge dient (Mailverkehr mit Brigitte Warth vom 15.06.2021). Brigitte Warth und Richi Krause ist es wichtig, dass im geplanten Mehrfamilienhaus eine Gemeinschaft von Menschen unterschiedlicher Generationen entsteht, welche sich in verschiedenen Lebenssituationen befinden. Es ist ihnen ausserdem ein Anliegen, dass eine offene Feuerstelle in die Planung integriert wird. Neben der sozialen Komponente ist für sie ebenfalls die ökologische Komponente essenziell. Im Garten um das aktuelle Einfamilienhaus ist eine hohe Artenvielfalt vorhanden. Die Bauherrschaft möchte aufgrund des Flächenverlusts durch den Neubau die Biodiversität bestmöglich erhalten und fördern. Daher ist es von grosser Bedeutung, dass die Balkone, Fassaden und das Dach begrünt werden. Hinsichtlich der Dachbegrünung sollte nach Wunsch der Bauherrschaft ein eher wildes, üppiges Bild der Vegetation entstehen, welches dennoch einen hohen ästhetischen und funktionalen Wert hat. Generell besteht auf Seiten der Bauherrschaft das Interesse die Grünflächen selbst zu pflegen. Sie möchten die Dachfläche allerdings nicht nur für Pflegemassnahmen begehen können, sondern auch sonst nutzen. Gerade der innere Bereich der Dachfläche ist sowohl für die Nutzung aufgrund geringer Absturzgefahr attraktiv als auch für die Biodiversität, da durch die hohe Substratdicke eine grosse Pflanzenvielfalt entstehen kann. Dieser Interessenskonflikt wird gelöst, indem ein kleiner Bereich als Sitzplatz geplant ist, jedoch der Rest der Dachfläche in der Mitte für die Bepflanzung vorgesehen ist. Der Sitzplatz könnte beispielsweise mit den Granitplatten, welche momentan im Garten vorhanden sind, ausgekleidet werden. Damit wird eine Weiterverwendung des jetzigen Materials gewährleistet. Der Architekt Lucas Neff hat einen grossen Einfluss, da er die Planung des Neubaus erstellt hat. Die Stadt Wädenswil und gewisse Nachbarn stellen insofern Akteure dar, da aufgrund deren Einsprache bezüglich der Baueingabe der Beginn des Baus verschoben werden musste. Die Mieter und Mieterinnen der Wohnungen im Mehrfamilienhaus wurden indirekt bereits erwähnt. Diese wurden zu den Akteuren gezählt, da sie ein Interesse am gemeinschaftlichen Wohnen haben müssen (Gespräch mit Bauherrschaft vom 25.02.2021).

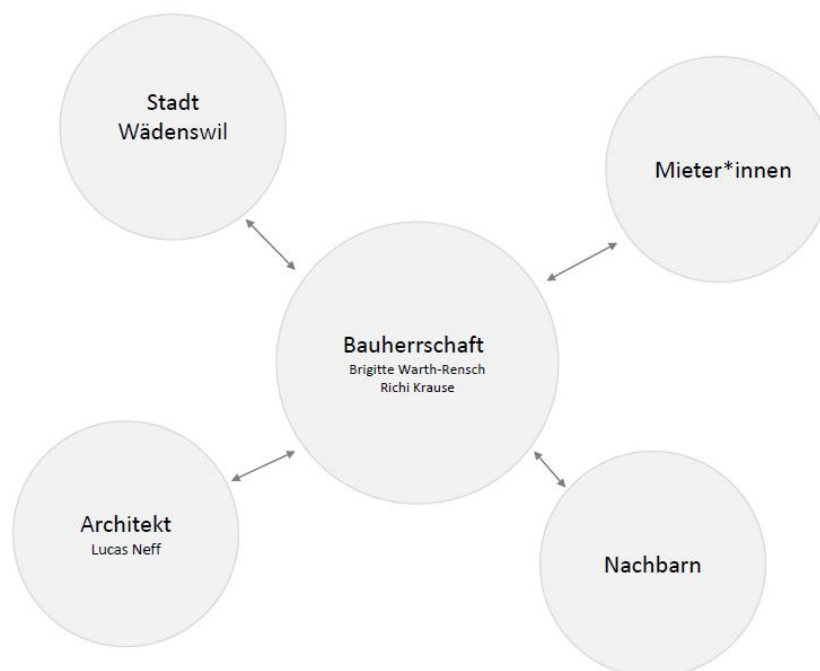


Abbildung 3: involvierte Akteure beim Neubau in Wädenswil (erstellt von N. Minder)

2.6. Standortbeschreibung Wädenswil

In der Tabelle 6 sind Informationen zum Standort Wädenswil angegeben. Die klimatischen Gegebenheiten können die Dachbegrünung beeinflussen und müssen daher in der Planung berücksichtigt werden. Nur wenn die Standortbedingungen und die Ansprüche der Pflanzen aufeinander abgestimmt sind, kann sich längerfristig eine stabile Vegetationsgesellschaft bilden (Bouillon, 2013).

Tabelle 6: Klimatische Gegebenheiten am Standort Wädenswil

| Parameter | Wert |
|----------------------------------|------------------------------|
| Temperatur ¹ | 11.1°C (Jahresmittel 2020) |
| Niederschlag ¹ | 1252.5 mm (Jahressumme 2020) |
| Sonnenscheindauer ¹ | 1'984 h (Jahressumme 2020) |
| Windgeschwindigkeit ¹ | 6.5 km/h (Jahreswert 2020) |
| Höhenlage ² | 408 m ü. M. |

¹ Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz (2021). *Messwerte*. Abgerufen von <https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/messwerte.html?param=messwerte-lufttemperatur-10min>

² N.N. (2021). *Wädenswil*. Abgerufen von <https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4denswil>

3 Material und Methode

In diesem Kapitel werden zuerst die Auswahlkriterien genannt, welche für die Planung der Dachbegrünung relevant sind. Basierend auf diesen Auswahlkriterien werden die verschiedenen Substratzusammensetzungen beschrieben und die Herleitung des Substrataufbaus erläutert. Daraus folgend werden die verwendeten Begrünungsstrategien vorgestellt. Ausgehend von der Substratwahl und der Begrünungsstrategie wurden drei Begrünungskonzepte erarbeitet. Für das erste Begrünungskonzept wurden drei Versionen erstellt, während für das zweite und dritte Begrünungskonzept je eine Version ausgearbeitet wurde. Die einzelnen Versionen verfolgen unterschiedliche Begrünungsziele und werden am Ende des Kapitels beschrieben.

3.1. Auswahlkriterien

Als Grundlage wurden für die Begrünungskonzepte sieben Auswahlkriterien, welche in der Tabelle 7 aufgelistet sind, definiert. Einige dieser Auswahlkriterien wurden bereits in der Einleitung erwähnt, denn sie sind ausschlaggebend, um die Fragestellung zu beantworten. Die Kriterien in Tabelle 7 wurden als relevant erachtet, um zu beurteilen, ob eine Dachbegrünung längerfristig bestehen kann und wie biodivers sie ist. Um die Versionen der verschiedenen Begrünungskonzepte vergleichen zu können, wird im *Kapitel 4. Ergebnisse* eine Tabelle mit einer integrierten Matrix aufgeführt, welche die Versionen basierend auf den Auswahlkriterien bewertet.

Tabelle 7: Definierte Auswahlkriterien für die Begrünungskonzepte

| Auswahlkriterien |
|---|
| Ökologie/ Biodiversität (gibt es eine hohe Variation an Pflanzenarten und fördern sie bestimmte Tierarten?) |
| Stabile Pflanzengesellschaft (gibt es Kenn- und/ oder Charakterarten? Sind die Pflanzen stress- und trockentolerant?) |
| Klima (stimmen die klimatischen Bedingungen mit den Anforderungen der Pflanzen überein?) |
| Substrat (werden unterschiedliche Substratzusammensetzungen verwendet und sind diese auf die Anforderungen der Pflanzen abgestimmt?) |
| Strukturvielfalt (wird das Dach durch unterschiedliche Kleinstrukturen und Pflanzenarten differenziert?) |
| Pflege (kann die Dachbegrünung extensiv gepflegt werden?) |
| Preis (dient nicht direkt als Kriterium für die Biodiversität, aber soll einen groben Überblick über die finanziellen Auslagen geben) |

3.2. Substratauswahl

Im Folgenden werden die Substratmischungen vorgestellt, welche für die Versionen der verschiedenen Begrünungskonzepte verwendet wurden. Da das Substrat neben den Standortfaktoren eine wichtige Rolle bezüglich des Wachstums der Pflanzen spielt, werden bei allen Versionen eine Kombination aus verschiedenen Substraten verwendet. Da jede Pflanze wieder leicht unterschiedliche Ansprüche an das Substrat hat, sollen diese durch die Substratkombination aufgefangen werden. Falls beispielsweise eine gewisse Pflanzenart auf einem Substrat eingeht, wird diese Fläche frei für Pflanzenarten, welche auf dieser Substratmischung besser gedeihen. Folglich kann dadurch Sukzession stattfinden. Idealerweise kann die Pflanzenart, welche auf der

einen Substratmischung eingeht, auf den anderen Substraten bestehen. Diese Ausweichmöglichkeit wird durch die Kombination von unterschiedlichen Substratmischungen möglich und soll eine Dynamik zulassen.

Tabelle 8: Informationen zur Substratmischung 1 bis 4

| Substratmischung 1: Extensiv Substrat von Ricoter¹ | |
|--|---|
| Zusammensetzung | Blähton gebrochen, Rindenkompost, Lava |
| pH-Wert | 7.0 |
| Max. Wasserkapazität (WK) ^{xx} ca. | 33.6% |
| Wasserdurchlässigkeit mod Kf ^{xx} ca. | 15.5 cm/min |
| Materialgewicht | 540 kg/m ³ |
| Preis | CHF 539.00 für 2000l (2m ³) |
| Liefereinheiten | Lose, Big-Bag |

¹ RICOTER Erdaufbereitung AG (2021). *Extensivsubstrat*. Abgerufen von https://www.ricoter.ch/media/docs/produktblaetter/132_Extensivsubstrat_D.pdf

Substratmischung 2: Extensiv-Einschichtsubstrat M-leicht von OPTIGRÜN

| | |
|------------------------------------|---|
| Zusammensetzung ¹ | Blähschiefer, Blähton, Lava, Bims, Ziegelsplitt, Porlith, Grünschnittkompost |
| pH-Wert ¹ | 6.0 bis 8.5 |
| Max. Wasserkapazität ¹ | >= 20 Vol.-% |
| Wasserdurchlässigkeit ¹ | >= 60 mm/min |
| Gewicht trocken ¹ | mind. 670 kg/m ³ (verdichtet mind. 920 kg/m ³) |
| Preis ² | 120Euro/m ³ ≈ 131CHF/m ³ |
| Liefereinheiten ¹ | Lose geschüttet mit offenem LKW, geblasen im Silo-LKW, im Big-Bag mit offenem LKW |

¹ Optigrün international AG (2017). *Produktdatenblatt OPTIGRÜN M Extensiv-Einschichtsubstrat*. Abgerufen von https://www.optigruen.de/fileadmin/Datenblaetter/Optigruen_Datenblaetter_NEUES_LAYOUT/04%20Substrate/Optigruen-Einschicht-Extensivsubstrat-M.pdf

² Die Preisangabe stammt aus dem Mailverkehr vom 28.06.2021 mit Thomas Gretschmann von Optigrün.

Der aktuelle Wechselkurs zeigt, dass 1 Euro gleich 1.0934 CHF ist. Finanzen.ch (2021). *Euro - Schweizer Franken*. Abgerufen von <https://www.finanzen.ch/devisen/eurokurs>

Substratmischung 3: Dachsubstrat «interroof-extensiv» von Interbims

| | |
|-----------------------------------|--|
| Zusammensetzung ¹ | Bims, Lava, Kompost |
| pH-Wert ¹ | 6.5 bis 7.5 |
| Max. Wasserkapazität ¹ | 35 bis 45 Vol.-% |
| Schüttdichte lose ¹ | 950 bis 1000 kg/m ³ |
| Preis ² | 2'972.50 Euro/ 141m ² ≈ 3'250 CHF/ m ² bei einer Substrathöhe von 15 cm. |
| Liefereinheiten ¹ | LKW lose geschüttet, Big-Bag à 1m ³ / 1.50 m ³ , Sack à 25 l/ 40 l, Silo ausgeblasen |

¹ INTERBIMS GmbH (2020). *Extensive Dachbegrünung | Gründach – Substrat. Dachsubstrat «interroof-extensiv» gemäss FLL-Richtlinien*. Abgerufen von <https://www.interbims.de/dachbegr%C3%BCnung/substrat/extensiv/>

Für die Berechnung des Preises mit höheren Substratdicken, wurde der m² Preis für 15 cm berechnet und dann mit der entsprechenden Substrathöhendifferenz multipliziert und gerundet.

² Die Preisangabe stammt aus der Offerte von Interbims GmbH, erstellt von Christian Grube, am 24.06.2021, unveröffentlicht. (siehe Anhang) Der aktuelle Wechselkurs zeigt, dass 1 Euro gleich 1.0934 CHF ist. Finanzen.ch (2021). *Euro - Schweizer Franken*. Abgerufen von <https://www.finanzen.ch/devisen/eurokurs>

Substratmischung 4: Gerber Extensiv Substrat mit SFG Label

| | |
|------------------------------------|--|
| Zusammensetzung ¹ | Ziegelsplitt 2-16mm, Tonschiefer (Porlith), Kompost 0-10mm, Lava, Kies 08-16mm |
| pH-Wert ² | 7.9 |
| Max. Wasserkapazität ² | 37 Vol.-% |
| Wasserdurchlässigkeit ² | 70 mm/min |
| Materialgewicht ² | 1.14 g/cm ³ = 1140 kg/m ³ |
| Preis ³ | 160 CHF/m ³ |
| Liefereinheiten ¹ | Abgeholt ab Lager, lose geliefert, Big Bag oder im Silo geblasen |

¹ Gerber, E. (2021). *Unsere Begrünungssubstrate. Substrate für extensive Begrünung*. Abgerufen von <https://www.gerber-ag.ch/dachbegruenung/begruenungssubstrate>

² Gerber, E. (2012). *Prüfbericht für das Vegetationssubstrat „Gerber Extensivsubstrat mit SFG Label“*. Abgerufen von https://00691d27-2d7f-4e0b-86e4-0d360d347105.filesusr.com/ugd/097991_a35dcc28526244109326fad7f8b2b673.pdf

³ Die Preisangabe stammt aus dem Telefongespräch mit Herr Gerber vom 07.07.2021.

3.3. Substrataufbau

Nicht nur die Substratzusammensetzung ist bedeutend, sondern auch die Substratdicke. Je dicker die Substratschicht, desto höher kann die Vegetation wachsen, da mehr Nährstoffe vorhanden sind (Bundesverband GebäudeGrün e. V., 2021). Aufgrund der Statik des Neubaus, können unterschiedliche Substratdicken geplant werden. Der innere Bereich der Dachfläche ist besonders tragfähig, da die stützenden Mauern aufgrund des Lifts durchgehend verlaufen. Die potenziellen Substratdicken werden in Abbildung 4 aufgezeigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass im Umkreis von etwa drei Metern, ausgehend von der Dachmitte, eine Substratdicke von einem Meter planbar wäre. Danach muss die Substratdicke entlang eines Gradienten alle drei Meter auf acht bis zwanzig cm abnehmen (Mailverkehr mit Lucas Neff vom 28.05.2021). In Abbildung 4 wurde der Gradient vereinfacht mittels drei farbiger Teilbereiche dargestellt, welche die Abnahme der Substratdicke zeigt. Es wurde jeweils die maximale Substratdicke angegeben. Ein weiterer Aspekt, welcher bei der Planung der Substratdicke beachtet werden muss, ist die bereits erwähnte Photovoltaikanlage auf der einen Dachhälfte. Aufgrund der Solarmodule müssen gewisse Bedingungen erfüllt werden. Beispielsweise darf die Substratdicke unter den Solarmodulen nicht über 15 cm betragen, damit eine Beschattung durch die Vegetation verhindert wird (Scholl, 2014). Die Fläche, auf welcher die Solarmodule platziert werden, wurde jedoch in die Berechnung der begrünbaren Gesamtfläche miteingerechnet, da davon ausgegangen wird, dass auch der Boden unter den Solarmodulen für die Bepflanzung genutzt wird. Somit kann die Synergie von Pflanzen und Solarmodulen optimal genutzt werden. Die Fläche der Schächte für die Entrauchung des Treppenhauses, der Sitzplatz (Nutzfläche), die Treppe und der Wintergarten wurden subtrahiert, da sie nicht begrünt werden, wodurch sich insgesamt eine Grünfläche von etwa 141 m² ergibt (neffArchitektur, 2021).

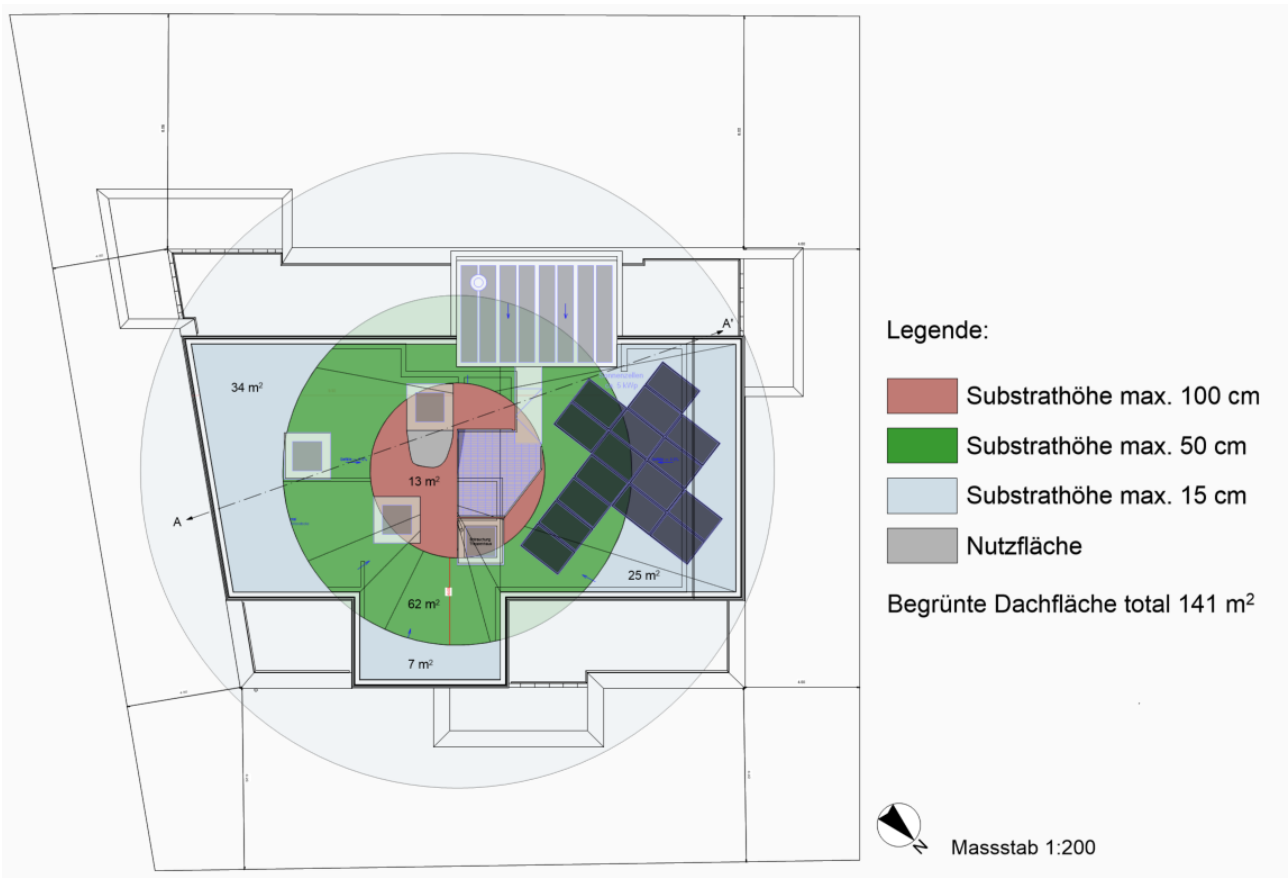


Abbildung 4: Aufsicht der Dachfläche mit Teilflächen und deren maximaler Substrathöhen. Die Angaben der Flächen sind gerundet. (Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder)



Abbildung 5: Schnitt AA' durch Substrataufbau mit maximalen und effektiven Substrathöhen sowie Strukturelementen (erstellt von N. Minder)

In der Abbildung 5 wird ein Schnitt AA' der Dachfläche dargestellt, welcher ebenfalls in Abbildung 4 eingezeichnet ist. Dieser Schnitt zeigt in den Farben rot, grün und blau die potenziellen Substrathöhen, wie bereits der Aufsicht in Abbildung 4 zu entnehmen ist. In brauner Farbe sind die effektiv geplanten Substrathöhen aufgezeigt, welche zwischen 15 cm und 30 cm variieren. Es wird ersichtlich, dass die maximalen Substrathöhen nicht mit den effektiv geplanten Substrathöhen übereinstimmen. Denn auf der Dachfläche gibt es noch anders genutzte Bereiche. Beispielsweise müssen die Entrauchungsschächte des Treppenhauses frei von Substrat und weiteren Materialien bleiben. Des Weiteren wurde, wie bereits im *Kapitel 2.5 Bauobjektbeschreibung und Akteure* erläutert, ein kleiner Sitzplatz auf dem Dach geplant. Denn die Bauherrschaft möchte das Dach nicht nur aufgrund pflegerischer Eingriffe betreten, sondern auch sonst nutzen können. Demzufolge darf an der Stelle des Sitzplatzes keine Aufschüttung erstellt werden. Es gibt noch weitere unbegrünte Bereiche, welche keine Substratschicht zulässt. Auf der einen Dachhälfte ist aufgrund der geplanten Solarmodulen die Substrathöhe ebenfalls eingeschränkt. In Folge der genannten Aspekte verkleinert sich die Gesamtfläche, welche mit hohen Substratdicken ausgestattet werden könnten. Das erhöht wiederum die Neigung zwischen der einen Substratschicht zur anderen. In Anbetracht der resultierenden Neigungen zwischen den unterschiedlichen Substrathöhen, wird die Substratmenge sanft modelliert, um starke Unterschiede zu vermeiden. Ansonsten könnte das Substratmaterial bei starken Niederschlägen verrutschen, vor allem wenn es noch nicht durch Wurzeln zusammengehalten wird. Falls an gewissen Stellen auf dem Dach durch Aufschüttungen die Neigung dennoch stark ausfällt, wird das Material mit stabilisierenden Strukturen wie Totholz oder grossen Steinen befestigt. Dies dient gleichzeitig auch zur Erhöhung der Strukturvielfalt (Mailverkehr mit Erich Stutz vom 05.07.2021). Für die Teilfläche rot beträgt die effektive Substrathöhe 0.3 m, für die Teilfläche grün 0.2 m und für die Teilfläche blau 0.15 m. Basierend auf diesen Werten werden auch die Volumina und Preise berechnet und die Modellierung des Terrains gebildet. Es wird also keine zusätzliche Substratmenge für die Aufschüttung verwendet. Durch die sanfte Modellierung der Substratschicht entstehen verschiedene Mikrohabitate und Mikroklimas, welche die Biodiversität erhöhen. Wie in der Zielsetzung im *Kapitel 1. Einleitung* festgelegt, wird im Rahmen dieser Arbeit eine extensive Dachbegrünung geplant. Folglich werden nur

Substrate verwendet, welche für eine extensive Begrünung konzipiert wurden. Trotz unterschiedlichen Substrathöhen wird die Dachbegrünung in allen Versionen extensiv angelegt. In der Tabelle 9 sind die maximalen Substrathöhen, die effektiv geplanten Substrathöhen sowie die Substratgewichte pro m³ aufgeführt. Basierend auf diesen Werten kann gezeigt werden, dass das Dach genug tragfähig ist, um die geplanten Substratmengen zu halten. Denn wie bereits erwähnt und die Tabelle 9 zeigt, überschreitet die effektiv geplante Substrathöhe die maximale Substrathöhe nie, wodurch keine Gewichtsüberlastung folgt.

Tabelle 9: Auflistung der maximal möglichen und effektiven Substrathöhen sowie die Materialgewichte der verschiedenen Substrate

| Parameter | Teilflächen rot | Teilfläche grün | Teilflächen blau |
|------------------------------------|--|--|--|
| Fläche | 13 m ² | 62 m ² | 66 m ² |
| Substrathöhe (maximal) | 1.00 m | 0.5 m | 0.15 m |
| Substrathöhe (effektiv) | 0.3m | 0.2 m | 0.15 m |
| Volumen an Substrat (maximal) | 13 m ³ | 31 m ³ | 9.9 m ³ |
| Volumen an Substrat (effektiv) | 3.9 m ³ | 12.4 m ³ | 9.9 m ³ |
| Materialgewichte der Substrate 1-4 | Substrat 1 = 540kg/m ³ Substrat 2 = 670kg/m ³ Substrat 3 = 950-1000kg/m ³ Substrat 4 = 1140kg/m ³ | Substrat 1 = 540kg/m ³ Substrat 2 = 670kg/m ³ Substrat 3 = 950-1000kg/m ³ Substrat 4 = 1140kg/m ³ | Substrat 1 = 540kg/m ³ Substrat 2 = 670kg/m ³ Substrat 3 = 950-1000kg/m ³ Substrat 4 = 1140kg/m ³ |

Alle Angaben dieser Tabelle stammen entweder aus dem *Kapitel 3.2 Substratwahl* oder wurden mittels der Werkpläne von neffArchitektur (2021) ermittelt.

Tabelle 10: Kostenberechnung für die Teilflächen mit der jeweiligen Substratmischung

| Parameter | Teilfläche rot | Teilfläche grün | Teilfläche blau |
|---------------------------|---|--|--|
| Begrünte Dachfläche total | 141 m ² | 141 m ² | 141 m ² |
| Dachfläche (gerundet) | 13 m ² | 62 m ² | 66 m ² |
| Substrat Volumen | 13m ² * 0.3m = 3.9m ³ | 62m ² * 0.2m = 12.4m ³ | 66m ² * 0.15m = 9.9m ³ |
| Substrat 1 Preis | CHF 1'051.05 für 3.9m ³ | CHF 3'341.8 für 12.4m ³ | CHF 2'66.8.05 für 9.9m ³ |
| Substrat 2 Preis | CHF 510.9 für 3.9m ³ | CHF 1'624.4 für 12.4m ³ | CHF 1'296.9 für 9.9m ³ |
| Substrat 3 Preis | CHF 599 für 3.9m ³ | CHF 1'906 für 12.4m ³ | CHF 1'521 für 9.9m ³ |
| Substrat 4 Preis | CHF 624 für 3.9m ³ | CHF 1'984 für 12.4m ³ | CHF 1'584 für 9.9m ³ |

Alle Angaben dieser Tabelle stammen entweder aus dem *Kapitel 3.2 Substratwahl* oder wurden mittels der Werkpläne von neffArchitektur (2021) ermittelt.

3.4. Begrünungsstrategie

Für die Begrünung werden vier Begrünungsstrategien angewendet. Dabei handelt es sich um die Aussaat, die Mischpflanzung, die Mosaikpflanzung und die Aussaat mit Pflanzung. Die Aussaat mit Pflanzung ist eine Kombination der Strategien Aussaat und Mischpflanzung. Die Aussaat ist besonders geeignet für grossflächige Begrünungen, temporäre Blühereignisse oder malerische Blumenwiesen. Insbesondere für ökologisch wertvolle Ausgleichflächen, welche sich durch eine hohe Artenvielfalt und extensive Pflege auszeichnen, ist die Aussaat geeignet. Um schnelle Begrünungsergebnisse zu erzielen, können vorkultivierte Staudenmatten, sprich bei Dachbegrünungen Vegetationsmatten, verwendet werden. Die Mischpflanzung, auch Matrixpflanzung genannt, sollte sich längerfristig zu einem selbst regulierenden System entwickeln, welches einen Fremdbewuchs bis zu einem gewissen Grad toleriert. Um eine Mischpflanzung zu generieren, wird für jede Art einen Mengenanteil definiert. Mit dem Mengenanteil und der Pflanzendichte kann die Gesamtstückzahl berechnet werden. Durch Aspektbildnerpflanzen können bestimmte Blütenformen und Farben das Erscheinungsbild der Pflanzung prägen. Ausserdem muss längerfristig sehr wenig Pflegeaufwand in die Mischpflanzung investiert werden. Bei einer Mosaikbepflanzung wird die Fläche in fleckenartige Teilflächen unterteilt, die jeweils mit einer Art bepflanzt werden. Wenn bei der Pflanzenwahl auf ähnlich konkurrenzstarke Arten geachtet wird, fällt der Pflegeaufwand gering aus. Falls gewisse Arten von den konkurrenzstärksten Arten vertrieben werden, wird die freie Fläche von den konkurrenzstärksten Pflanzen eingenommen, wodurch eine Dynamik im Muster entstehen kann. Bei der Aussaat mit Pflanzung wird ebenfalls eine Matrix geplant. Innerhalb der Matrix wird ein Teil der Arten angesät, wohingegen ästhetisch wertvolle oder konkurrenzstarke Arten gepflanzt werden. Ebenfalls Blumenzwiebeln können gepflanzt werden. Das Verhältnis von gepflanzten und gesäten Arten kann variieren. Diese Strategie ist besonders geeignet, falls die Begrünung in kurzer Zeit funktionieren muss. Ausserdem ist sie im Vergleich zur Aussaat stabiler hinsichtlich Struktur und Gerüst aufgrund der gepflanzten Stauden. Es ist zu beachten, dass der Standort und die Ansprüche der Arten aufeinander abgestimmt werden müssen (Bouillon, 2013). Nachdem nun die verschiedenen Begrünungsstrategien vorgestellt wurden, welche in den Versionen für die Dachbegrünung verwendet werden, wird im nächsten Kapitel näher auf die Begrünungskonzepte eingegangen.

3.5. Begrünungskonzepte

Für die Dachbegrünung wurden unterschiedliche Versionen ausgearbeitet, welche im *Kapitel 4. Ergebnisse* aufgeführt werden. Es wurden drei Begrünungskonzepte festgelegt, zu welchen die insgesamt fünf Versionen zugeteilt werden können. Das erste Begrünungskonzept orientiert sich an den *Lebensräumen der Schweiz* von Delarze et al. Dies ist ein Referenzwerk, in welchem 225 Lebensraumtypen der Schweiz beschrieben werden. Bei der Beschreibung der Lebensräume wird auf das Aussehen, Ökologie, Biologische Werte und Klassifikation eingegangen. Ausserdem wird auch die Beziehung zum Menschen, die Abgrenzung zu anderen Lebensräumen und die potenzielle sowie aktuelle Verbreitung aufgezeigt. Nach dem Abgleichen der Lebensräume der Schweiz und der zuvor definierten Auswahlkriterien im *Kapitel 3.1 Auswahlkriterien* wurden drei Lebensräume ausgewählt. Zu jedem der drei Lebensräume wurde eine Version ausgearbeitet, welche auf dem Dach imitiert wird. Die drei ausgewählten Lebensräume zählen zu den wärmeliebenden Trockenrasen, namentlich der Mitteleuropäische Halbtrockenrasen (Mesobromion), der Mitteleuropäische Trockenrasen (Xerobromion) und die Inneralpine Felsensteppe (Stipo-Poion). Die Lebensräume Mesobromion und Stipo-Poion wurden ausserdem gewählt, da sie in zwei Versionen für die Balkonbegrünung ebenfalls ausgearbeitet wurden. Somit sollte ein fließender Übergang zwischen der Balkon- und Dachbegrünung entstehen, wodurch eine optische Einheit entstehen kann. Des Weiteren sind im Referenzwerk *Lebensräume der Schweiz* Charakterarten und Kennarten aufgelistet. Charakterarten dominieren den Lebensraum und spielen eine wichtige

Rolle bei deren Identifikation. Kennarten bilden einen Verbreitungsschwerpunkt im jeweiligen Lebensraum, jedoch sind sie weniger eng an einen Standort gebunden und können auch in anderen Biotoptypen vorkommen (Delarze et al., 2015). Da im *Kapitel 3.1 Auswahlkriterien* unter anderem das Kriterium *stabile Pflanzengesellschaft* definiert wurde, wurde bei der Pflanzenwahl darauf geachtet, dass möglichst viele Charakterarten in die Planung integriert wurden. Denn Charakterarten dominieren den Lebensraum und sind daher längerfristig beständig und konkurrenzfähig gegenüber anderen Arten. In diesem Standardwerk wird nicht nur auf die Flora eingegangen, sondern es wird auch das Vorkommen der typischen Fauna im jeweiligen Lebensraum thematisiert. Mit den Informationen zur Flora und Fauna und der Betrachtung von Referenzbildern wurde eine Beurteilung der Auswahlkriterien *Ökologie*, *Biodiversität* und *Strukturvielfalt* möglich. Natürlicherweise kommen die drei Lebensräume hauptsächlich auf 200 m ü. M. vor und können je nach Bedingungen teilweise auch auf 1000 bis 2000 m ü. M. auftreten. Sie vertragen trockene bis aride Verhältnisse und verbreiten sich auf neutral bis basische Böden (Delarze et al., 2015). Eine Dachbegrünung stellt einen exponierten Standort dar und ist daher ebenfalls geprägt von einer hohen Sonneneinstrahlung, starker Trockenheit und hohen Windgeschwindigkeit. Aufgrund der vergleichbaren Standortbedingungen kann das Auswahlkriterium *Klima* begründet werden. Neben dem im Buch genannten Angaben zur Bewirtschaftung der Lebensräume, wurden für die Auswahlkriterien *Pflege* und *Preis* weitere Literatur verwendet wie das *Praxishandbuch naturnahe Pflege* (Brack et al., 2019) oder Preislisten von Staudengärtnereien (Willi, 2021; Hilpert, 2021).

Das zweite Begrünungskonzept lehnt sich an das Werk *Die Lebensbereiche der Stauden* nach Prof. Dr. Sieber. Er definierte acht Lebensbereiche und beschrieb die Verwendung von Stauden in diesen Lebensbereichen. Zu den Lebensbereichen zählen Gehölz, Gehölzrand, Freiflächen, Beet, Steinanlagen, Alpinum, Wasserrand und Wasser. Mit den Zahlen 1, 2 und 3 wird der Boden noch in trocken, frisch und feucht unterteilt. Das Weiter können die Lebensbereiche aufgrund der Sonneneinstrahlung und Sonnenscheindauer am vorhandenen Standort den Kategorien sonnig, absonnig, Halbschatten und Schatten zugeteilt werden. Einige der genannten Lebensbereiche werden zudem noch in weitere Lebensbereiche unterteilt, wie beispielsweise die Steinanlagen. Diese bestehen aus den Unterkategorien Felsensteppen, Matten (Felsmatten), Steinfugen und Mauerkronen. Für die Version innerhalb des zweiten Begrünungskonzepts wurde der Lebensbereich der Felsensteppe als Vorbild verwendet. Die Felsensteppe zeichnet sich durch eine Vegetation aus, welche auf einem wasserdurchlässigen Boden gedeiht. Daher handelt es sich um eher nässeempfindliche Stauden, die auf steinreichem Boden wie Kies oder Schotter wachsen. Die Halbsträucher und Stauden bevorzugen nährstoffarme Verhältnisse und vertragen nur wenig Humus im Bodensubstrat. Sie sind gut an extreme Trockenheit angepasst. Folglich bilden sie nur wenig Laub und wachsen in einer Polsterform. Diese morphologischen Anpassungen dienen der Pflanze zum Verdunstungsschutz (Trachsel, 2021). Der Lebensbereich Felsensteppe wurde nicht nur hinsichtlich des geeigneten Klimas, sondern auch in Anbetracht der Biodiversität und Strukturvielfalt gewählt. Denn der Boden wird nicht durchgängig von Vegetation bedeckt, sodass offene Flächen bestehen, welche wertvoll für bodennistende Insekten sind (Werner, 2021) und eine gewisse Dynamik für Sukzessionsprozesse zulassen.

Das dritte Begrünungskonzept wird konventionelle Begrünung genannt. Dazu wurde die Dachkräutermischung *UFA-Kräuter Solardach CH* von UFA-Samen ausgewählt. Diese Version wurde explizit aufgrund der vorhandene Photovoltaikanlage erstellt. Die genannte Saatmischung eignet sich besonders in Kombination mit Solarpanels, da die Pflanzen eine Wuchshöhe von 15 bis 20 cm erreichen. Dadurch wird eine Beschattung der Solarmodule verhindert (UFA Samen, ohne Datum).

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die fünf Versionen für die Dachbegrünung vorgestellt, wobei sie in die drei Unterkapitel der Begrünungskonzepte gliedert sind. Zuerst werden die drei Versionen zu den Lebensräumen nach Delarze et al. aufgeführt. Danach folgt die Version, welche sich an die Lebensbereiche der Stauden nach Dr. Prof. Sieber lehnt, und abschliessend wird die Version der konventionellen Begrünung beschrieben. Zu jedem der fünf Versionen wurde ein Steckbrief mit den wichtigsten Informationen zur Ökologie, Biodiversität, Klima, Substrat, Pflanzenliste, Vegetationsprofil, Pflanzenskizze, Pflege und Kosten erstellt. In der Pflanzenliste ist jeweils die Blütezeit angegeben, wobei die Zahlen dem Monat entsprechen. Bei der Strukturvielfalt wurden nur die unbelebten Strukturen aufgeführt, die zusätzlich auf dem Dach angebracht werden. Die belebten Strukturen widerspiegeln sich in der Pflanzenwahl und dem modellierten Substrataufbau. Diese sind in allen Versionen vorhanden und werden daher hier einmalig erwähnt.

Hinsichtlich der Pflege werden die versionspezifischen Pflegemassnahmen angegeben. Da es sich in allen Versionen um eine Dachbegrünung handelt, gelten die grundlegenden Pflegemassnahmen für eine Dachbegrünung nach Brack et al. (2019). Diese werden nicht für jede Version wiederholt, sondern nun, für alle Versionen geltend, beschrieben. Es sollte mindestens einmal im Jahr eine Sichtkontrolle auf dem Dach durchgeführt werden. Dabei werden die Ränder, die Entwässerung, das Substrat und die Vegetation geprüft. Die Anlage und die Randzonen müssen gepflegt werden, indem die Vegetation in den Randbereichen entfernt wird. Zusätzlich müssen auch invasive Neophyten und unerwünschte Arten eliminiert werden und die Pflege der Strukturelemente sichergestellt werden. Falls Erosion auf dem Dach auftreten sollte, kann das Substrat nach Bedarf ergänzt werden (Brack et al., 2019). Am Ende dieses Kapitels wird eine Tabelle mit integrierter Matrix dargestellt, in welcher alle Versionen bewertet und verglichen werden.

4.1. Versionen nach Lebensräumen von Delarze et al. (2015)

Im Folgenden werden die Lebensräume Mitteleuropäischer Halbtrockenrasen (Mesobromion), Mitteleuropäischer Trockenrasen (Xerobromion) und die Inneralpine Felsensteppe (Stipo-Poion) vorgestellt.

4.1.1. Lebensraum: Mitteleuropäischer Halbtrockenrasen (Mesobromion)



Abbildung 6: Links: Mesobromion in Ausserberg; rechts: Mesobromion in Schaffhausen (Aufnahme N. Minder)

Ökologie: Der mitteleuropäische Halbtrockenrasen ist geprägt von geschlossenen bis leicht lückigen Grünlandgesellschaften mit eher geringer Wuchshöhe. Dabei dominieren trockenresistente Gräser und Leguminosen (Delarze et al., 2015).

Klima: Der Mitteleuropäische Halbtrockenrasen kommt an trockenen und warmen Standorten vor, hauptsächlich an steinigen Südhängen der Tieflage (Delarze et al., 2015).

Biodiversität: Die Pflanzenvielfalt ist bemerkenswert, denn es können bis zu 75 Arten pro Are auftreten. Zu den seltenen Pflanzen zählen geschützte Orchideen. Zudem bilden die Halbtrockenrasen einen wichtigen Lebensraum für Schmetterlinge (Delarze et al., 2015).

Strukturvielfalt: Der Mitteleuropäische Halbtrockenrasen deckt die Oberfläche wiesenartig und bildet eine homogene Struktur (Delarze et al., 2015). Um die Strukturvielfalt zu erhöhen, werden Totholzstrukturen und Nisthilfen angebracht.

Substrat: Natürlicherweise kommt der Mitteleuropäische Halbtrockenrasen auf mageren, eher basischen Böden vor (Delarze et al., 2015). Für die Substratzusammensetzung wurde eine Kombination aus dem Substrat 2 und Substrat 4 gewählt, wie auch in der Pflanzenskizze ersichtlich wird.

Tabelle 11: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten

| Lateinischer Name ¹ | Deutscher Name ¹ | Charakterart (C)/ Kennart (K) ² | Blütezeit ¹ | Höhe ¹ | Besonderheit ¹ | Einheimisch (h)/ Neophyt (N) ³ |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|------------------------|-------------------|---|---|
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | Saat-Esparsette | C | 5-8 | 50-80 cm | Mehrjährig Boden humos, kiesig | N |
| <i>Euphorbia verrucosa</i> | Warzige Wolfsmilch | C | 4-9 | 20-40 cm | Mehrjährig, sehr nährstoffarm bis mässig nährstoffreich, giftig | h |
| <i>Ononis repens</i> | Kriechende Hauhechel | C | 6-8 | 30-50 cm | Mehrjährig | h |
| <i>Sanguisorba minor s. str.</i> | Kleiner Wiesenknopf | K | 4-8 | 30-50 cm | CSR-Strategie mässig wüchsig, nicht verdrängend | h |
| <i>Ajuga genevensis</i> | Genfer Günsel | K | 4-5 | 10-30 cm | Rosettenförmige Wuchsform | h |
| <i>Anthyllis vulneraria s. str.</i> | Gewöhnlicher Wundklee | K | 4-9 | 15-30 cm | Mehrjährig, wintergrün | N |
| <i>Bromus erectus</i> | Aufrechte Tresse | K | 6-7 | 30-100 cm | In Horsten wachsend | h |
| <i>Festuca ovina aggr.</i> | Schaf-Schwingel | K | 5-8 | 10-60 cm | Mehrjähriger Hemikryptophyt, wächst in Breite | h |

¹ Willi, P. (2021). *Die Wildstaudengärtnerei Patricia Willi*. Abgerufen von https://www.wildstauden.ch/shop_pflanzen.php

² Delarze, R.; Gonseth, Y.; Eggenberg, S. & Vust, M. (2015). *Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten* (3., vollständig überarbeitete Auflage). Bern: hep verlag ag.

³ Info Flora (2004). *Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora*. Abgerufen von <https://www.infoflora.ch/de/flora/art-abfragen.html?isfs>

Vegetationsprofil:



Abbildung 7: Vegetationsprofil des Mesobromions (erstellt von N. Minder)

Pflanzenskizze: In dieser Version wird die Begrünungsstrategie Aussaat mit Pflanzung angewendet. Der Anteil an gesäten Pflanzen beträgt ein Drittel, wohingegen zwei Drittel der Pflanzen direkt gepflanzt werden. Es wird von einem Richtwert von fünf Stückzahl pro m² für die Berechnung der Gesamtstückzahl ausgegangen (Gespräch mit Erich Stutz vom 02.06.2021). Bei der Ansaat wird von 10g/m² ausgegangen (UFA Samen, ohne Datum).

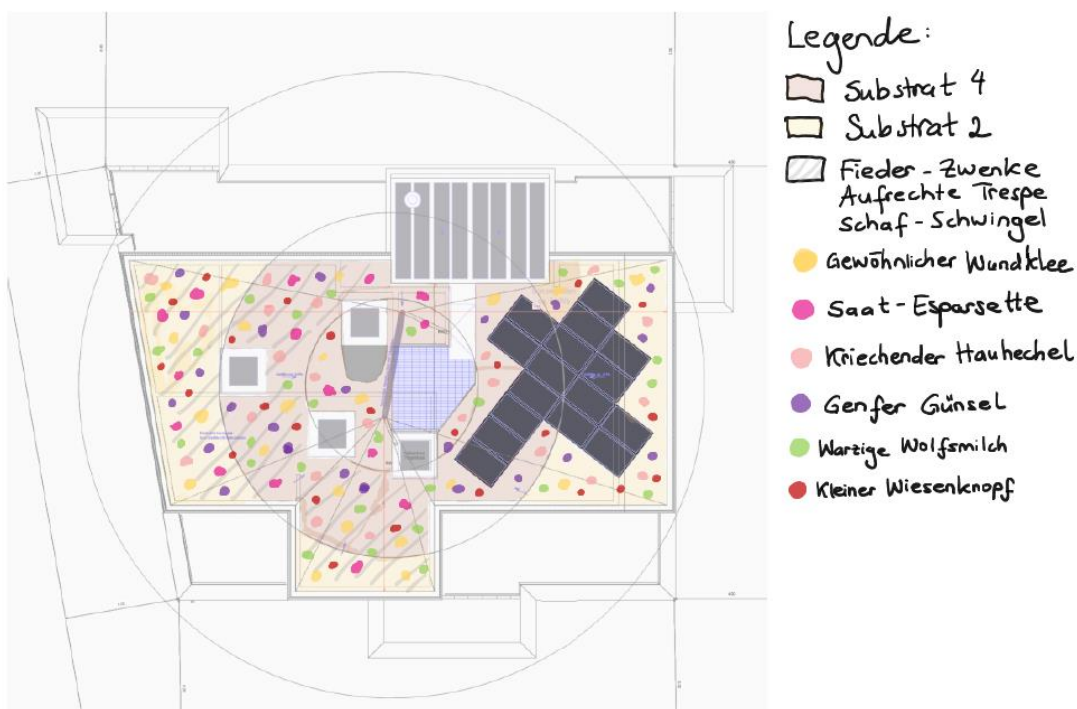


Abbildung 8: Pflanzenskizze Mesobromion (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder)

Pflege: Hinsichtlich der Pflege wird der Mitteleuropäische Halbtrockenrasen nur 1-mal pro Jahr geschnitten. Der Schnitt erfolgt ab Juli. Die Fläche wird extensiv gepflegt und nicht oder kaum gedüngt (Delarze et al., 2015).

Kosten: 141 m² (begrünte Fläche) * 5 (Stückzahl) = 705 Stk. pro 141 m²

705 Stk. / 8 Pflanzenarten ≈ 88 Stk. von jeder Pflanzenart

Für die Fläche, welche mit der Strategie Aussaat begrünt wird, wird eine Annahme getroffen, und zwar wird von jeweils 3 m² für jede Art ausgegangen.

Tabelle 12: Grobe Kostenplanung für die verwendeten Substrate und Bepflanzung vom Mesobromion

| Substratname | Fläche | Volumen | Preis |
|--------------|-------------------|---------------------|-------------|
| Substrat 2 | 66 m ² | 9.9 m ³ | CHF 1'296.9 |
| Substrat 4 | 75 m ² | 16.3 m ³ | CHF 2'608 |

Die Werte der Tabellen stammen aus dem *Kapitel 3.2 Substratauswahl* und *Kapitel 3.3 Substrataufbau*

| Botanischer Name | Deutscher Name | Stückzahlpreis | Preis ¹ |
|------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|
| <i>Ajuga genevensis</i> | Genfer Günsel | 88 Stk. à CHF 6.90 | CHF 607.2 (gepflanzt) |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> | Gewöhnlicher Wund- klee | 88 Stk. à CHF 5.90 | CHF 519.2 (gepflanzt) |
| <i>Bromus erectus</i> | Aufrechte Trespe | CHF 1.50/g | CHF 45 (gesät) |
| <i>Euphorbia verrucosa</i> | Warzige Wolfsmilch | 88 Stk. à CHF 6.90 | CHF 607.2 (gepflanzt) |
| <i>Festuca ovina aggr.</i> | Schaf-Schwingel | CHF 3.50/g | CHF 105 (gesät) |
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | Saat-Esparssette | CHF 1.50/g | CHF 45 (gesät) |
| <i>Ononis repens</i> | Kriechende Hauhechel | 88 Stk. à CHF 7.90 | CHF 695.2 (gepflanzt) |
| <i>Sanguisorba minor</i> | Kleiner Wiesenknopf | 88 Stk. à CHF 5.90 | CHF 519.2 (gepflanzt) |

Total gerundet (Substrat & Bepflanzung) = **CHF 7'050**

¹ Willi, P. (2021) *Die Wildstaudengärtnerei Patricia Willi*. Abgerufen von https://www.wildstauden.ch/shop_einzelsamen.php und https://www.wildstauden.ch/shop_pflanzen.php

4.1.2. Lebensraum: Mitteleuropäischer Trockenrasen (Xerobromion)



Abbildung 9: Links und Rechts: Xerobromion in Le Landeron (NE)

Ökologie: Der Mitteleuropäische Trockenrasen (Xerobromion) wird durch einen lückenartigen Grasbewuchs geprägt, welcher durch lichtliebende und niederwüchsige Arten ergänzt wird. Besonders typisch für diesen Lebensraum sind die wintergrünen Zwergsträucher (Delarze et al., 2015).

Klima: Das Klima, in welchem der Mitteleuropäische Trockenrasen natürlicherweise vorkommt ist subatlantisch und geprägt von Trockenheit und Temperaturschwankungen. Insbesondere an kalkhaltigen und sonnigen Abhängen in tieferen Lagen mit hoher Verdunstung ist dieser Trockenrasen anzutreffen (Delarze et al., 2015).

Biodiversität: Dieser Lebensraum hat eine äusserst vielfältige Fauna und dient als wichtiges Refugium für lichtliebende Arten mit Ursprung im mediterranen Raum. (Delarze et al., 2015). Da der Mitteleuropäische Trockenrasen eine lückenhafte Vegetation aufweist, können die weniger stark bewachsenen Flächen oder kahlen Stellen eine wertvolle Bedeutung für bodennistende Insekten haben (Werner, 2021). Die unterschiedlich stark bewachsenen Vegetationsflächen können sich aufgrund sukzessiver Prozesse dynamisch verändern, wodurch eine hohe Strukturvielfalt gegeben ist.

Strukturvielfalt: In der Natur bildet der Mitteleuropäische Trockenrasen mit kleinen Vegetationsstrukturen, Steinen und Felsen eine heterogene Oberfläche. Um dieses Bild auf der Dachbegrünung zu imitieren, werden Strukturelemente wie grössere Steine oder Steinhaufen angebracht. Zusätzlich werden Nistkästen montiert.

Substrat: Natürlicherweise kommt der Mitteleuropäische Trockenrasen auf flachgründigen Böden vor, welche in der Nähe von Felsplatten liegen oder auf steinig und trockenen Auenböden (Delarze et al., 2015). Für die Substratzusammensetzung wurde eine Kombination aus dem Substrat 2 und Substrat 4 gewählt, wie auch in der Pflanzenskizze ersichtlich wird.

Tabelle 13: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten

| Lateinischer Name ¹ | Deutscher Name ¹ | Charakterart (C)/ Kennart (K) ² | Blütezeit ¹ | Höhe ¹ | Besonderheit ¹ | Einheimisch (h)/ Neophyt (N) ³ |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------|-------------------|--|---|
| <i>Allium carinatum</i>) | Gekielter Lauch | C | 7-8 | 39-60 cm | Mehrjährig | h |
| <i>Bromus erectus</i> | Aufrechte Trespe | K | 5-6 | 40-100 cm | Mehrjährig | h |
| <i>Globularia bisnagarica</i> | Gemeine Kugelblume | K | 4-9 | 10-20 cm | Mehrjährig, Pollenpflanze für Wildbiene | h |
| <i>Hippocrepis comosa</i> | Schopfiger Hufeisenklee | K | 5-6 | 10-20 cm | Mehrjährig | h |
| <i>Pulsatilla vulgaris</i> | Gemeine Kuhschelle, Küchenschelle | C | 3-4 | 10-20 cm | Mehrjährig, Standort: vollsonnig bis sonnig | h |
| <i>Salvia sclarea</i> | Muskateller-Salbei | C | 6-7 | 60-100 cm | üppig und lange blühend, herbharzig-würzig duftend, geeignet für Wildbienen & Schmetterlinge | N |
| <i>Trinia glauca</i> | Faserschirm | C | 4-6 | 10-50 cm | 2-jährig, mehrjährig | h |
| <i>Anthericum liliago</i> | Astlose Graslilie | K | 5-6 | 40-60 cm | Mehrjährig | h |
| <i>Artemisia campestris</i> | Feld-Beifuss | K | 8-9 | 30-60 cm | niederliegend, horstig, verholzend, Futterpflanze für Schmetterlingsraupe, Tiefwurzler | h |
| <i>Pseudolysimachion spicatum</i> | Ähriger Ehrenpreis | K | 6-10 | 20-40cm | Wuchsform: rosettenförmig, aufrecht, auf einheimische Wildform achten | h |

| | | | | | | |
|----------------------------|------------------|---|------|----------|--|---|
| <i>Stachys recta</i> | Aufrechter Ziest | K | 5-10 | 30-60 cm | Mehrjährig | h |
| <i>Teucrium chamaedrys</i> | Edel-Gamander | K | 6-8 | 15-25 cm | polsterförmig, Ausläufer bildend, Blätter aromatisch duftend; Boden humos kiesig | h |

¹ Willi, P. (2021). *Die Wildstaudengärtnerei Patricia Willi*. Abgerufen von https://www.wildstauden.ch/shop_pflanzen.php

² Delarze, R.; Gonseth, Y.; Eggenberg, S. & Vust, M. (2015). *Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten* (3., vollständig überarbeitete Auflage). Bern: hep verlag ag.

³ Info Flora (2004). *Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora*. Abgerufen von <https://www.infoflora.ch/de/flora/art-abfragen.html?isfs>

Vegetationsprofil:



Abbildung 10: Vegetationsprofil des Xerobromions (erstellt von N. Minder)

Pflanzenskizze: Hinsichtlich der Begrünungsstrategie wird eine Aussaat mit Pflanzung angestrebt, wobei zwei Drittel gepflanzt wird und ein Drittel gesät. Es wird von einem Richtwert von fünf Stückzahl pro m² für die Berechnung der Gesamtstückzahl ausgegangen (Gespräch mit Erich Stutz vom 02.06.2021). Bei der Ansaat wird von 10g/m² ausgegangen (UFA Samen, ohne Datum).

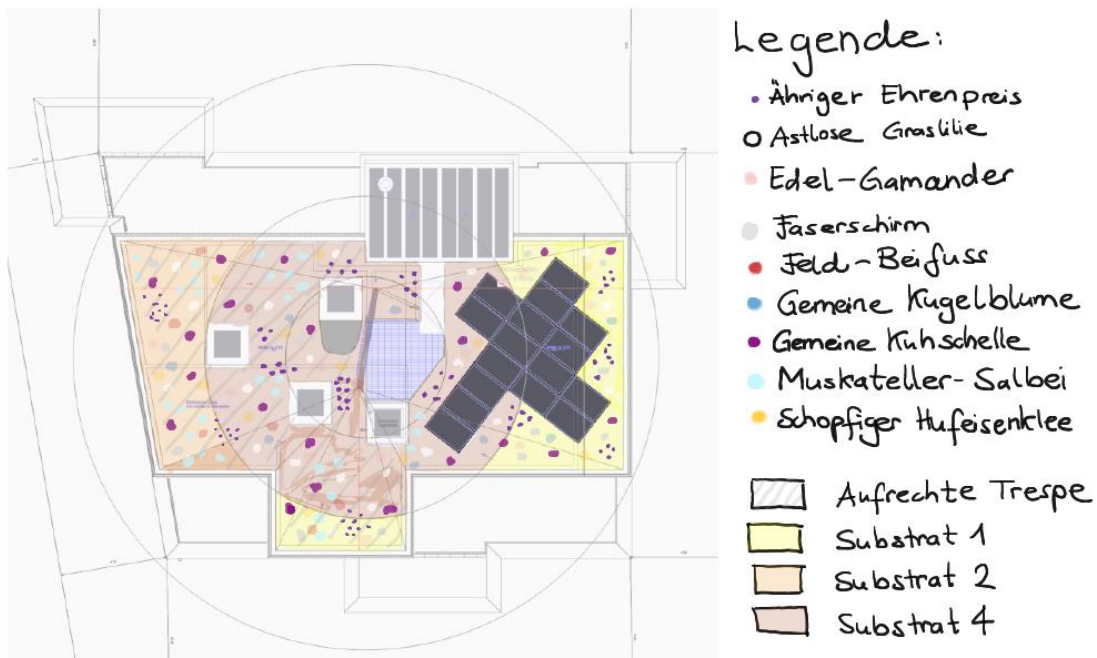


Abbildung 11: Pflanzenskizze Xerobromion (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder)

Pflege: Die Ausdehnung des Mitteleuropäischen Trockenrasens wird durch Bodenerosion und Trittbelastung durch übermässige Viehbeweidung begünstigt (Delarze et al., 2015). Durch explizit anthropogen verursachte Eingriffe und Störungen, kann der Erhalt des mitteleuropäischen Trockenrasens gewährleistet werden.

Kosten: 141 m² (begrünte Fläche) * 5 (Stückzahl) = 705 Stk. pro 141 m²

705 Stk. / 8 Pflanzenarten ≈ 88 Stk. von jeder Pflanzenart.

Für die Fläche, welche mit der Strategie Aussaat begrünt wird, wird eine Annahme getroffen, und zwar wird jeweils von 3 m² für jede Art ausgegangen.

Tabelle 14: Grobe Kostenplanung für die verwendeten Substrate und Bepflanzung vom Xerobromion

| Substratnummer | Fläche | Volumen | Preis |
|----------------|-------------------|---|------------|
| Substrat 1 | 41 m ² | 41m ² * 0.15m ≈ 6 m ³ | CHF 1'617 |
| Substrat 2 | 25 m ² | 25m ² * 0.15m ≈ 3.75 m ³ | CHF 491.25 |
| Substrat 4 | 75 m ² | (13m ² * 0.3m) + (62m ² * 0.2m) = 16.3 m ³ | CHF 2'608 |

Die Werte der Tabellen stammen aus dem Kapitel 3.2 Substratauswahl und Kapitel 3.3 Substrataufbau

| Botanischer Name | Deutscher Name | Stückanzahl | Preis ¹ |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| <i>Allium carinatum</i> | Gekielter Lauch | 88 Stk. à CHF 5.90 | CHF 519.2 (gepflanzt) |
| <i>Anthericum liliago</i> | Astlose Graslilie | 88 Stk. à CHF 9.90 | CHF 871.2 (gepflanzt) |
| <i>Artemisia campestris</i> | Feld-Beifuss | 88 Stk. à CHF 5.90 | CHF 519.2 (gepflanzt) |
| <i>Bromus erectus</i> | Aufrechte Trespe | CHF 1.10/g | CHF 33 (gesät) |
| <i>Globularia bisnagarica</i> | Gemeine Kugelblume | CHF 7.50/g | CHF 225 (gesät) |
| <i>Hippocrepis comosa</i> | Schopfiger Hufeisenklee | CHF 9.50/g | CHF 285 (gesät) |
| <i>Pseudolysimachion spicatum</i> | Ähriger Ehrenpreis | 88 Stk. à CHF 5.90 | CHF 519.2 (gepflanzt) |
| <i>Pulsatilla vulgaris</i> | Gemeine Kuhschelle, Küchenschelle | 88 Stk. à 7.90 | CHF 695.2 (gepflanzt) |
| <i>Salvia sclarea</i> | Muskateller-Salbei | CHF 3.50/g | CHF 105 (gesät) |
| <i>Stachys recta</i> | Aufrechter Ziest | 88 Stk. à CHF 6.90 | CHF 607.2 (gepflanzt) |
| <i>Teucrium chamaedrys</i> | Edel-Gamander | 88 Stk. à CHF 6.90 | CHF 607.2 (gepflanzt) |
| <i>Trinia glauca</i> | Faserschirm | 88 Stk. à CHF 7.90 | CHF 695.2 (gepflanzt) |

Total gerundet (Substrat & Bepflanzung) = **CHF 10'400**

¹ Willi, P. (2021) *Die Wildstaudengärtnerei Patricia Willi*. Abgerufen von https://www.wildstauden.ch/shop_einzelsamen.php und https://www.wildstauden.ch/shop_pflanzen.php

4.1.3. Lebensraum: Inneralpine Felsensteppe (Stipo-Poion)



Abbildung 12: Links: Inneralpine Felsensteppe in Ausserberg; rechts: Inneralpine Felsensteppe in Leuk VS.

Ökologie: Dieser Lebensraum ist dominiert von locker verstreuten, schmalblättrigen Grasbüscheln mit häufigen Zwischenräumen, welche nur minim von Vegetation bewachsen sind. Zwischen den Grashorsten der steppenartigen Trockenrasen verbreiten sich im Frühling einjährige Pflanzen und Zwiebelpflanzen (Delarze et al., 2015).

Klima: Das Klima, in welchem die Inneralpine Felsensteppe natürlicherweise vorkommt ist kontinental und geprägt von Sommertrockenheit sowie starken Temperaturschwankungen (Delarze et al., 2015).

Biodiversität: Der biologische Wert der Felsensteppe ist sehr hoch. In diesem Lebensraum sind seltene und europaweit gefährdete Arten beheimatet, ausserdem ist er von einer aussergewöhnlichen biologischen Vielfalt geprägt (Delarze et al., 2015).

Strukturvielfalt: Die Inneralpine Felsensteppe hat ein eher heterogenes Erscheinungsbild aufgrund des lockeren Bestandes der Vegetation und den offenen Bodenstellen durch Felsen und Steine. Um die Strukturvielfalt auf dem Dach zu erhöhen, werden daher grosse Steine oder Steinhäufen sowie Nisthilfen angebracht.

Substrat: Natürlicherweise kommt die Inneralpine Felsensteppe auf wasserdurchlässigen, lehmig-sandigen Böden vor (Delarze et al., 2015). Für die Substratzusammensetzung wurde eine Kombination aus dem Substrat 2 und Substrat 4 gewählt, wie auch in der Pflanzenskizze ersichtlich wird.

Tabelle 15: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten

| Lateinischer Name ¹ | Deutscher Name ¹ | Charakterart (C)/ Kennart (K) ² | Blütezeit ¹ | Höhe ¹ | Besonderheit ¹ | Einheimisch (h)/ Neophyt (N) ¹ |
|--------------------------------|-----------------------------|--|------------------------|-------------------|---|---|
| <i>Centaurea valesiaca</i> | Walliser Flockenblume | C | 6-8 | 40-60 cm | Geeignet für Bienen und Schmetterlinge, winterhart, | h |

| | | | | | | |
|---|---|---|-----|-----------|---|---|
| <i>Festuca vallisica</i> | Walliser Schwingel | C | 5-7 | 10 cm | Bilden Silberblaue Polster | h |
| <i>Stipa capillata</i> | Pfriemen-Federgras | C | 7-8 | 40-100 cm | straff/ aufrecht, in dichten Horsten wachsend, winterhart | h |
| <i>Koeleria valesiana</i> | Walliser Kammschmiele | K | 5-7 | 15-20 cm | Winterhart, Insekten, Ruderal, trocken, mager | h |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> | Wundklee | K | 4-8 | 20 cm | | h |
| <i>Armeria arenaria</i> | Wegerich-Grasnelke | K | 7-9 | 30-50 cm | Geeignet für Bienen, Insekten, Schmetterlinge, winterhart | h |
| <i>Euphorbia seguieriana</i> (Wildform) | Steppen Wolfsmilch | K | 5-7 | 30 cm | Geeignet für Insekten, winterhart | h |
| <i>Iris lutescens</i> (Wildform) | Gelbliche Schwertlilie (Zwerg-Schwertlilie) | K | 4-5 | 20-30 cm | winterhart | N |
| <i>Thymus pulegioides</i> | Arznei-Thymian | K | | 10-15 cm | Polsterpflanze, geeignet für Bienen, Insekten, Schmetterlinge, winterhart | h |

¹ Hilpert, K. (2021). *Eulenhof Staudengärtnerei Sortiments- und Preisliste 2021*. Abgerufen von <https://eulenhof-stauden.ch/PDF/Gesamtsortiment.pdf>

² Delarze, R.; Gonseth, Y.; Eggenberg, S. & Vust, M. (2015). *Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten* (3., vollständig überarbeitete Auflage). Bern: hep verlag ag.

Vegetationsprofil:



Abbildung 13: Vegetationsprofil des Stipo-Poions (erstellt von N. Minder)

Pflanzenskizze: In dieser Version wird die Begrünungsstrategie Mischpflanzung angewendet, wodurch folglich alle Pflanzen gepflanzt werden (Bouillon, 2013). Da weitere Strukturelemente wie Steine geplant werden, wird hier mit einer Stückzahl von 3 Pflanzen pro m² gerechnet (Gespräch mit Erich Stutz vom 02.06.2021). Durch eventuell offenbleibende Bereiche, vor allem zu Beginn der Begrünung, soll eine Sukzession ermöglicht werden.



Abbildung 14: Pflanzenskizze Stipo-Poion (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder)

Pflege: Im natürlichen Kontext dehnt sich die Inneralpine Felsensteppe aus, wenn Störung wie Brände oder Beweidung mit Schafen und Ziegen auftreten (Delarze et al., 2015). Für das Pflegeregime der Dachbegrünung kann eine anthropogen verursachte Störung mittels beispielsweise kompletter Rückschnitt dieselben Auswirkungen bezwecken.

Kosten: 141 m^2 (begrünte Fläche) * 3 (Stückzahl) = 423 Stk. pro 141 m^2

423 Stk. / 9 Pflanzenarten = 47 Stk.

Tabelle 16: Grobe Kostenplanung für die verwendeten Substrate und Bepflanzung vom Stipo-Poion

| Substratname | Fläche | Volumen | Preis |
|--------------|--------------------|--|-----------|
| Substrat 2 | 32 m ² | $32 \text{ m}^2 * 0.15 \text{ m} = 4.8 \text{ m}^3$ | CHF 628.8 |
| Substrat 4 | 109 m ² | $(13 \text{ m}^2 * 0.3 \text{ m}) + (62 \text{ m}^2 * 0.2 \text{ m}) + (34 \text{ m}^2 * 0.15 \text{ m}) = 21.4 \text{ m}^3$ | CHF 3'424 |

Die Werte der Tabellen stammen aus dem Kapitel 3.2 Substratauswahl und Kapitel 3.3 Substrataufbau

| Botanischer Name | Deutscher Name | Stückzahl | Preis ¹ |
|--|--|----------------|--------------------|
| <i>Anthyllis vulneraria</i> | Wundklee | 47 Stk. à 5.90 | CHF 277.3 |
| <i>Armeria arenaria</i> | Wegerich-Grasnelke | 47 Stk. à 5.90 | CHF 277.3 |
| <i>Centaurea valesiaca</i> | Walliser Flockenblume | 47 Stk. à 6.90 | CHF 324.3 |
| <i>Festuca vallesiaca</i> | Walliser Schwingel | 47 Stk. à 5.90 | CHF 277.3 |
| <i>Euphorbia seguieriana</i> (Wildform) | Steppen Wolfsmilch | 47 Stk. à 7.90 | CHF 371.3 |
| <i>Iris lutescens</i> (Wildform) | Gelbliche Schwertlilie (Zwerg-Schwertlilie) | 47 Stk. à 7.90 | CHF 371.3 |
| <i>Koeleria vallesiana</i> | Walliser Kammschmiele | 47 Stk. à 5.90 | CHF 277.3 |
| <i>Stipa capillata</i> | Pfriemen-Federgras | 47 Stk. à 7.90 | CHF 371.3 |
| <i>Thymus pulegioides</i> | Arznei-Thymian | 47 Stk. à 5.90 | CHF 277.3 |

Total gerundet (Substrat & Bepflanzung) = **CHF 6'880**

¹ Willi, P. (2021) *Die Wildstaudengärtnerei Patricia Willi*. Abgerufen von https://www.wildstauden.ch/shop_pflanzen.php
Hilpert, K. (2021). *Eulenhof Staudengärtnerei einheimische Wildstauden 2021*. Abgerufen von <https://eulenhof-stauden.ch/PDF/Wildstauden.pdf>

4.2. Version Felsensteppe (Lebensbereiche der Stauden nach Prof. Dr. Sieber)



Abbildung 15: Links & rechts: Lebensbereich Felsensteppe. Botanischer Garten, Würzburg

Ökologie: Felsensteppen sind geprägt von lockerem Pflanzenbewuchs durch Zwergsträucher, Halbsträucher, Duft- und Gewürzkräuter sowie Geophyten. Insbesondere nässeempfindliche Stauden gedeihen gut (Bouillon, 2013).

Klima: Die Pflanzen dieses Lebensbereiches sind an extreme Trockenheit angepasst (Trachsel, 2020).

Biodiversität: Es sind viele Pflanzen vorhanden, welche als Nahrungspflanze für Bienen, Wildbienen und Schmetterlingsraupen dienen (Gaissmayer, 2021).

Strukturvielfalt: Aufgrund des lockeren Pflanzenbewuchs im natürlichen Kontext, bildet die Felsensteppe eine eher heterogene Fläche mit unterschiedlichen Strukturen. Dadurch wird auf dem Dach ebenfalls Steinhäufen und grössere Steine platziert.

Substrat: Felsensteppen kommen auf tiefgründigen, nährstoffreichen, aber humusarmen Gesteins- und Geröllfluren vor (Bouillon, 2013). Für die Dachbegrünung wird daher das Substrat 1 und Substrat 2 verwendet, wie auch in der Pflanzenskizze ersichtlich wird.

Tabelle 17: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten

| Lateinischer Name ¹ | Deutscher Name ¹ | Blütezeit ¹ | Höhe ¹ | Besonderheit ¹ | Einheimisch (h)/ Neophyt (N) ² |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|--|---|
| <i>Teucrium chamaedrys</i> | Edel-Gamander | 6-8 | 10-25 cm | polsterförmig, Ausläufer bildend, Blätter aromatisch duftend; Boden humos kiesig | h |
| <i>Festuca ovina</i> | Schaf-Schwingel | 5-6 | 20-50 cm | Aufrecht, horstig, wintergrün, mehrjährig, Boden humos, kiesig, Futterpflanze | h |

| | | | | | |
|---|---------------------------------|-----------|-----------|---|---------|
| | | | | für Schmetterlingsraupen | |
| <i>Sanguisorba minor</i> | Kleiner Wiesenknopf | 4-8 | 30-50 cm | Boden humos & kiesig, aufrecht, wintergrün, Pollen & Nektarpflanze für (Wild-)Bienen Futterpflanze für Schmetterlingsraupen | h |
| <i>Anaphalis triplinervis</i> 'Silberregen' | Perlkörbchen, Silberimmortelle | 8-10 | 30 cm | horstig wachsend | nicht h |
| <i>Euphorbia myrsinites</i> | Walzen-Wolfsmilch | 5-6 | 15-25 cm | Trockene, kalkhaltige Böden, Selbstausaat, ohne lästig zu werden | N |
| <i>Euphorbia seguieriana</i> ssp. <i>niciana</i> | Steppen-Wolfsmilch | 6-10 | 40-60 cm | Geeignet als Insektenweide, leicht giftig, durchlässiger/ kiesiger Boden | nicht h |
| <i>Helictotrichon sempervirens</i> 'Saphirsprudel' | Blaustrahlhafer | 7-8 | 40-100 cm | Magerer, durchlässiger, kalkreicher Boden | nicht h |
| <i>Nepeta racemosa</i> 'Superba' | Katzenminze | 4-7 und 9 | 30-40 cm | Breit polsterartig, üppige Nachblüte, neigt zu Selbstausaat, toleriert karge Böden, wertvolle Bienen- & Hummelweide | nicht h |
| <i>Origanum laevigatum</i> -Hybride 'Herrenhausen' | Blumen-Dost, Heidegünsel | 7-9 | 40-60 cm | Bienenfreundlich, schnittgeeignet, Insektenweide | nicht h |
| <i>Stipa calamagrostis</i> 'Algäu' | Silberährengras, Silber-Raugras | 6-10 | 50-80 cm | Schnittgeeignet, schottrige Böden, horstiger Wuchs | nicht h |

¹ Willi, P. (2021). *Die Wildstaudengärtnerei Patricia Willi*. Abgerufen von https://www.wildstauden.ch/shop_pflanzen.php
 Staudengärtnerei Gaissmayer (2021). *Pflanzensuche*. Abgerufen von <https://www.gaissmayer.de/web/gaertnerei/>

² Info Flora (2004). *Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora*. Abgerufen von <https://www.inflora.ch/de/flora/art-abfragen.html?isfs>

Vegetationsprofil:



Abbildung 16: Vegetationsprofil des Lebensbereiches Felsensteppe (erstellt von N. Minder)

Pflanzenskizze: In dieser Version wird die Begrünungsstrategie Mosaikpflanzung verwendet. Dafür werden die fleckenartigen Teilflächen jeweils mit einer Pflanzenart ausgestattet (Bouillon, 2013). Diese Anordnung lässt die Bepflanzung strukturierter und gärtnerischer erscheinen im Vergleich zu den restlichen Versionen. Alle Pflanzen werden gepflanzt. Es wird mit einer Stückanzahl von 5 Stk. pro m² gerechnet.

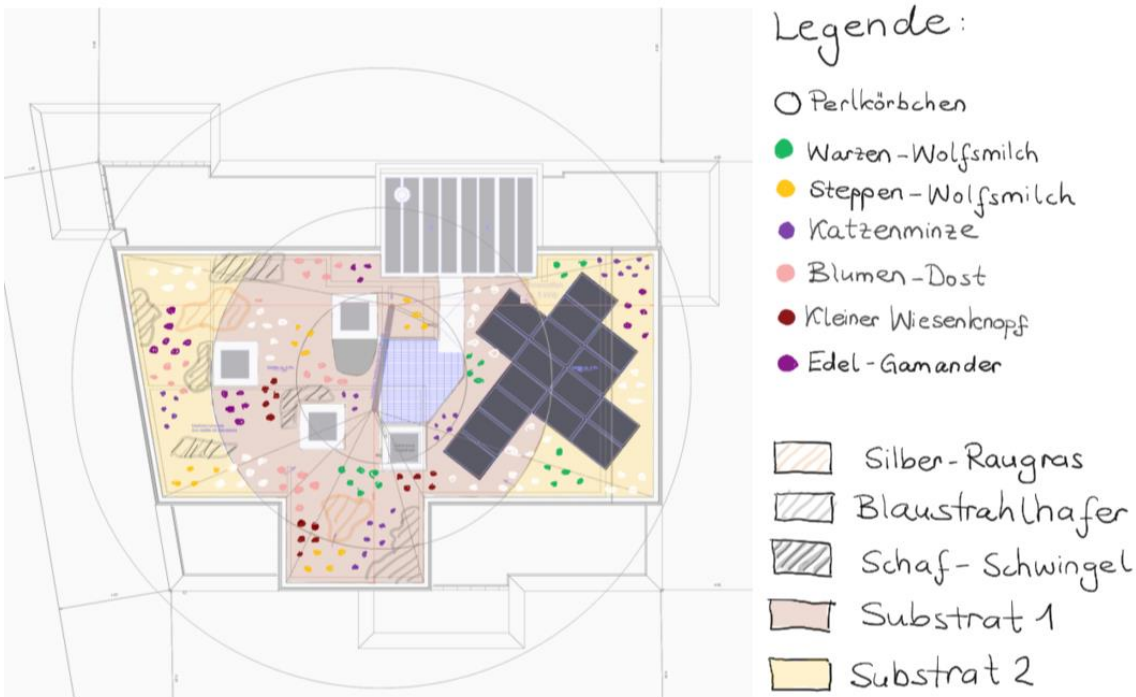


Abbildung 17: Pflanzenskizze Lebensbereich Felsensteppe nach Prof. Dr. Sieber (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder)

Pflege: Eine Mosaikbepflanzung braucht mehr Pflegeaufwand wie eine Aussaat. Es kann eine gewisse Dynamik entstehen, jedoch nicht so stark wie bei der Aussaat (Bouillon, 2013). Ausserdem sollte die Pflege der Felsensteppe den Extremstandort fördern und erhalten, indem beispielsweise das Schnittgut abgetragen wird, um den Eintrag von weiteren Nährstoffen zu vermindern (Trachsel, 2021).

Kosten: 141 m^2 (begrünte Fläche) * 5 (Stückzahl) = 705 Stk. pro 141 m^2

705 Stk. / 10 Pflanzenarten \approx 70 Stk. von jeder Pflanzenart

Tabelle 18: Grobe Kostenplanung der verwendeten Substrate und Bepflanzung von der Felsensteppe

| Substratnummer | Fläche | Volumen | Preis |
|----------------|-------------------|--|--------------|
| Substrat 1 | 82 m ² | $(13\text{m}^2 * 0.3\text{m}) + (62\text{m}^2 * 0.2\text{m}) + (7\text{m}^2 * 0.15\text{m}) = 17.35 \text{ m}^3$ | CHF 4'675.85 |
| Substrat 2 | 59 m ² | $59\text{m}^2 * 0.15\text{m} = 8.85\text{m}^3$ | CHF 1'159.35 |

Die Werte der Tabellen stammen aus dem Kapitel 3.2 Substratauswahl und Kapitel 3.3 Substrataufbau

| Botanischer Name | Deutscher Name | Stückanzahl ¹ | Preis |
|---|-------------------------------------|--------------------------|----------|
| <i>Anaphalis triplinervis</i> 'Silberregen' | Perlkörbchen, Silberim- mortelle | 70 Stk. à 3.10 Euro | 217 Euro |
| <i>Euphorbia myrsinites</i> | Walzen-Wolfsmilch | 70 Stk. à 3.10 Euro | 217 Euro |
| <i>Euphorbia seguieriana</i> <i>ssp. niciciana</i> | Steppen-Wolfsmilch | 70 Stk. à 4.20 Euro | 294 Euro |
| <i>Festuca ovina</i> | Schaf-Schwingel | 70 Stk. à 3.10 Euro | 217 Euro |
| <i>Helictotrichon sempervi- rens</i> 'Saphirsprudel' | Blaustrahlhafer | 70 Stk. à 3.10 Euro | 217 Euro |
| <i>Nepeta racemosa</i> 'Su- perba' | Katzenminze | 70 Stk. à 2.80 Euro | 196 Euro |
| <i>Origanum laevigatum</i> - <i>Hybride</i> 'Herrenhausen' | Blumen-Dost, Heide- günsel | 70 Stk. à 3.30 Euro | 231 Euro |
| <i>Sanguisorba minor</i> | Kleiner Wiesenknopf | 70 Stk. à 2.80 Euro | 196 Euro |

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------|----------|
| <i>Stipa calamagrostis</i> 'Al-gäu' | Silberährengras, Silber-Raugras | 70 Stk. à 4.80 Euro | 336 Euro |
| <i>Teucrium chamaedrys</i> | Edel-Gamander | 70 Stk. à 2.80 Euro | 196 Euro |

Bepflanzung gesamt in CHF: 2'533.40²

Total gerundet (Substrat & Bepflanzung) = **CHF 8'370**

¹ Staudengärtnerei Gaissmayer (2021). *Pflanzensuche*. Abgerufen von <https://www.gaissmayer.de/web/shop/suche/produkte/>
Es gibt jeweils einen Mengenrabatt ab 5 und 10 Stück, hier wurde mit dem Mengenrabatt ab 10 Stk. gerechnet

² Der aktuelle Wechselkurs zeigt, dass 1 Euro gleich 1.0934 CHF ist. Finanzen.ch (2021). *Euro - Schweizer Franken*. Abgerufen von <https://www.finanzen.ch/devisen/eurokurs>

4.3. Version konventionelle Begrünung mit der UFA-Kräuter Saatmischung



Abbildung 18: Kombination von Begrünung und Solarmodulen (diese Bilder dienen lediglich als Impressionen und zeigen nicht die UFA-Kräuter Saatmischung)

Ökologie: Diese Dachkräutermischung wurde explizit für extensive Begrünungen unter Solarmodulen entwickelt. Die Wuchshöhe der Pflanzen beträgt 15 cm bis 20 cm. Die Mischung enthält ausschliesslich kleinwüchsige Schweizer Wildkräuter, die karge Bedingungen ertragen und genügsam sind (UFA Samen, ohne Datum).

Klima: Die Pflanzen sind an sonnige bis halbschattige Verhältnisse angepasst und können Trockenperioden gut überstehen (UFA Samen, ohne Datum).

Biodiversität: Die Pflanzen der UFA-Kräutermischung sind besonders für Bienen, Wildbienen, Schmetterlinge, Schmetterlingsraupen und Hummeln geeignet (Hilpert, 2021).

Strukturvielfalt: Durch die Aussaat der UFA Samen-Mischung wird sich eine niederwüchsige, homogene Vegetationsfläche entwickeln. Damit die Strukturvielfalt erhöht wird, werden weitere Kleinstrukturen wie Steine, Nistkästen und Totholz angebracht.

Substrat: Die Arten der UFA-Kräutermischung brauchen eine Substrathöhe von mindestens 8 cm. Einige Pflanzen dieser Mischung bevorzugen schottrigen Boden oder sind kalkliebend (UFA Samen, ohne Datum). Für diese Version wird Substrat 1, Substrat 2 sowie Substrat 3 verwendet, wie auch in der Pflanzenskizze ersichtlich wird.

Tabelle 19: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten

| Lateinischer Name ¹ | Deutscher Name ¹ | Blütezeit ² | Höhe ² | Besonderheit ² | Einheimisch (h)/ Neophyt (N) ³ |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|---|---|
| <i>Alyssum alyssoides</i> | Kelch-Steinkraut | 4-5 | 5-20 cm | Einjährig, Windverbreitung | h |
| <i>Campanula cochlearifolia</i> | Niedliche Glockenblume | 6-8 | 5-15 cm | polsterartig, Ausläufer bildend, wintergrün, mehrjährig, Pollenpflanze für Wildbienen, Bienen, Futterpflanze für Schmetterlingsraupen, Boden kiesig | h |
| <i>Campanula rotundifolia</i> | Rundblättrige Glockenblume | 5-10 | 10-30 cm | Mehrjährig, wintergrün, lockere Rosette, sehr lange blühend, Pollenpflanze für Wildbienen & Hummeln, Futterpflanze für Schmetterlingsraupen | h |
| <i>Filago vulgaris</i> | Deutsches Filzkraut | 7-9 | 10-35 cm | Standort: sandig-kiesige Ruderalstellen | h |
| <i>Globularia bisnagaria</i> | Gemeine Kugelblume | 4-9 | 10-20cm | Mehrjährig, giftig | h |
| <i>Helianthemum nummularium</i> | Gemeines Sonnenröschen | 5-10 | 20-40 cm | Mehrjährig | h |
| <i>Hippocrepis comosa</i> | Schopfiger Hufeisenklee | 5-6 | 10-20 cm | Mehrjährig, Boden kiesig, Ausläufer bildend stark, trittfeste Polster, wintergrün, kalkliebend | h |

| | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|------|----------|---|---|
| <i>Petrorhagia saxifraga</i> | Steinbrech-Felsen- nelke | 6-10 | 10-25 cm | Mehrjährig | h |
| <i>Pseudolysimachion spicatum</i> | Ährigen Ehren- preis | 6-10 | 20-40 cm | Mehrjährig, Wuchs- form: rosettenför- mig, aufrecht, win- tergrün, Pollen- pflanze für Wildbie- nen & Bienen, Fut- terpflanze für Schmetterlings- raupe, lange Blüte- zeit, auf einheimi- sche Wildform ach- ten | h |
| <i>Sedum acre</i> | Scharfer Mauer- pfeffer | 6-7 | 5-15 cm | Mehrjährig, Boden kiesig, polsterartig, flächig, bodende- ckend immergrün, leicht giftig, Pollen- und Nektarpflanze für Wildbiene & Schmetterlinge, auf einheimische Wildart achten, ve- getative Vermeh- rung | h |

¹ UFA Samen (ohne Datum). *Mischungszusammensetzung. UFA-Kräuter Solardach CH*. Abgerufen von <https://www.ufasamen.ch/files/ufa-product-document/Kraeuter-Solardach-CH.pdf>

² Hilpert, K. (2021). *Eulenhof Staudengärtnerei Sortiments- und Preisliste 2021*. Abgerufen von <https://eulenhof-stauden.ch/PDF/Gesamtsortiment.pdf>

Staudengärtnerei Gaissmayer (2021). *Pflanzensuche*. Abgerufen von <https://www.gaissmayer.de/web/gaertnerei/>

Willi, P. (2021). *Die Wildstaudengärtnerei Patricia Willi*. Abgerufen von https://www.wildstauden.ch/shop_pflanzen.php

³ Info Flora (2004). *Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora*. Abgerufen von <https://www.infoflora.ch/de/flora/art-abfragen.html?isfs>

Vegetationsprofil:



Abbildung 19: Vegetationsprofil der UFA-Kräuter Saatmischung (erstellt von N. Minder)

Pflanzenskizze: In dieser Version wird die Begrünungsstrategie Aussaat verwendet. Es wird mit 10 g/m² gerechnet (UFA Samen, ohne Datum).



Abbildung 20: Pflanzenskizze UFA-Kräuter Saatmischung (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder)

Pflege: Die Aussaat erfolgt am besten ab März bis Anfangs Juni und dann wieder ab Mitte August bis Ende September, wobei das Saatgut nicht zugedeckt werden sollte. Für ein optimales Gedeihen der Pflanzen sollten Problemkräuter entfernt werden (UFA-Samen, ohne Datum).

Kosten: Aussaat 10g / m² → begrünte Fläche 141m² → 1410g Saatmischung notwendig

Tabelle 20: Grobe Kostenplanung der verwendeten Substrate und Bepflanzung von der UFA-Kräuter Saatmischung

| Substratnummer | Fläche | Volumen | Preis |
|----------------|-------------------|--|--------------|
| Substrat 1 | 13 m ² | 13m ² * 0.3 m = 3.9 m ³ | CHF 1'051.05 |
| Substrat 2 | 66 m ² | 66 m ² * 0.15m = 9.9 m ³ | CHF 1'296.9 |
| Substrat 3 | 62 m ² | 62 m ² * 0.2m = 12.4m ³ | CHF 1'906 |

Die Werte der Tabellen stammen aus dem *Kapitel 3.2 Substratauswahl* und *Kapitel 3.3 Substrataufbau*

| Name Mischung | Fläche | Kg-Preis ¹ | Preis |
|-----------------------------|--------------------|---|------------|
| UFA-Kräuter Solardach CH | 141 m ² | CHF 110.80/kg exkl. Mehrwertsteuern (Dies ist ein gärtnerischer Preis) | CHF 156.25 |

Total gerundet (Substrat & Saatmischung) = **CHF 4'410**

¹ Diese Angabe stammt aus dem Telefongespräch vom 02.07.2021 mit einer Mitarbeiterin von UFA Samen, Abteilung Wildblumen.

4.4. Vergleich der fünf Versionen

In der Tabelle 21 werden die fünf Versionen basierend auf den Ergebnissen aus den vorherigen Kapiteln miteinander verglichen und bewertet. Zuunterst in der Tabelle 21 wird jeweils für jedes Auswahlkriterium näher definiert, was die einzelnen Bewertungsmöglichkeiten bedeuten. NS bedeutet Niederschlag, sprich Niederschlagsmenge, und Temp. ist die Abkürzung für Temperatur. Beim Auswahlkriterium *stabile Pflanzengesellschaft* wurden zwei Aspekte definiert, und zwar Anzahl Charakterarten und Anzahl stress- und trockenresistente Strategen. Denn Charakterarten werden spezifisch im Zusammenhang mit den Lebensräumen nach Delarze et al. (2015) verwendet. Für die weiteren Versionen wird daher geschaut, wie gut die Pflanzenarten an die Bedingungen auf dem Dach angepasst sind, sprich wie gut sie mit Stress und Trockenheit umgehen können. Die Symbole + und – können als positiven und negativen Punkt verstanden werden, wobei mit 0 weder eine Punktzahl addiert noch substrahiert wird. Folglich ergibt sich in der Spalte *Total* eine Summe aller Punkte. Die höchste Punktzahl zeigt die optimale Version für die Dachbegrünung.

Tabelle 21: Vergleich der fünf Versionen mit Matrix

| | Ökologie/ Biodiversität ¹ | Stabile Pflanzenge- sellschaft ² | Klima ³ | Substrat ⁴ | Struktur- vielfalt ⁵ | Pflege ⁶ | Preis ⁷ | Total |
|--|---|---|--------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------|-------|
| Mesobromion | ++ | + | + | + | ++ | 0 | 0 | 7 |
| Xerobromion | ++ | ++ | 0 | 0 | + | 0 | -- | 3 |
| Stipo-Poion | ++ | + | 0 | – | + | 0 | + | 4 |
| Felsensteppe nach den Le- bensbereichen der Stauden | 0 | + | 0 | – | 0 | – | – | -2 |
| UFA-Kräuter Saatmischung | 0 | + | – | ++ | ++ | 0 | ++ | 6 |

¹ ++ sehr hohe Artenvielfalt; + hohe Artenvielfalt; 0 bestimmte Arten vorhanden; - geringe Artenvielfalt; -- keine Artenvielfalt

² ++ 4 Charakterarten od. sehr stress- und trockentolerant; + 3 Charakterarten od. stress- und trockentolerant; 0 2 Charakterarten od. eher stress- und trockentolerant; - 1 Charakterart od. wenig stress- und trockentolerant; -- 0 Charakterarten od. nicht stress- und trockentolerant

³ ++ NS & Temp. stimmen optimal mit Ansprüchen der Pflanzen überein; + NS & Temp. stimmen mit Ansprüchen der Pflanzen überein; 0 NS & Temp. stimmen eher mit Ansprüchen der Pflanzen überein; - NS & Temp. stimmen wenig mit Ansprüchen der Pflanzen überein; -- NS & Temp. stimmen nicht mit Ansprüchen der Pflanzen überein

⁴ ++ Substrat stimmt optimal mit Ansprüchen der Pflanzen überein; + Substrat stimmt mit Ansprüchen der Pflanzen überein; 0 Substrat stimmt eher mit Ansprüchen der Pflanzen überein; - Substrat stimmt eher wenig mit Ansprüchen der Pflanzen überein; -- Substrat stimmt wenig mit Ansprüchen der Pflanzen überein

⁵ ++ sehr viele Strukturelemente; + viele Strukturelemente; 0 einige Strukturelemente; - vereinzelte Strukturelemente; -- keine Strukturelemente

⁶ ++ sehr geringer Pflegeaufwand; + geringer Pflegeaufwand; 0 etwas Pflegeaufwand; - eher grosser Pflegeaufwand; -- grosser Pflegeaufwand

⁷ ++ kostengünstig; + eher kostengünstig; 0 weder günstig noch teuer; - eher teuer; -- teuer

5 Diskussion und Fazit

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des vorherigen Kapitels diskutiert. Zudem wird die anfangs formulierte Fragestellung beantwortet.

Vorab sei erwähnt, dass bei allen Versionen die Pflanzenliste lediglich eine Auswahl an möglichen Pflanzen darstellt, und nicht als abschliessend verstanden werden sollte. Des Weiteren wurden hinsichtlich der Substratkosten teilweise von Referenzwerten ausgegangen und zum Teil wurden die Setzungskosten bereits mit eingerechnet. Dadurch sind die Preise nicht gänzlich vergleichbar und sollten eher zur groben Kostenschätzung dienen. Zudem können auch Abweichungen bei den Bepflanzungskosten entstehen, da teilweise Mengenrabatte erhältlich sind. Falls eine Preisreduktion ab gewisser Stückanzahl angegeben war, wurde sie in die Berechnung integriert. Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass Preisangaben von Fremdwährung in Schweizer Franken ungerechnet wurden. Aufgrund des schwankenden Wechselkurses kann die Kostenberechnung daher ebenfalls Unterschiede aufweisen. Hinsichtlich der Statik sollten die Substratmengen und deren Gewicht von Fachpersonen überprüft werden und bevor die Ausführungsphase beginnt allenfalls angepasst werden (Mailverkehr mit Lucas Neff vom 28.05.2021).

Aus der Tabelle 21 im *Kapitel 4.4 Vergleich der fünf Versionen* ist zu entnehmen, dass die Version Mitteleuropäischer Halbtrockenrasen (Mesobromion) am besten für eine biodiverse Dachbegrünung geeignet ist. Sobald eine stabile Pflanzengesellschaft bestehen kann, was aufgrund vorhandener Charakterarten möglich wäre, kann eine artenreiche Grünfläche entstehen. Zudem wird in der Pflanzenliste des Mesobromions ersichtlich, dass ausschliesslich einheimische Pflanzen verwendet wurden, hingegen beispielsweise in der Version der Felsensteppe kaum einheimische Pflanzen geplant sind. Die Böden, auf welchen ein Mitteleuropäischer Halbtrockenrasen vorkommt, sind eher basisch. Die verwendeten Substrate 2 und 4 weisen einen pH-Wert zwischen 6 und 8.5 auf, was wiederum die Entwicklung eines Mesobromions begünstigen würde. Im Vergleich zur Inneralpinen Felsensteppe (Stipo-Poion) und dem Mitteleuropäischen Trockenrasen (Xerobromion) benötigt der Mitteleuropäische Halbtrockenrasen (Mesobromion) weniger sandig-lehmige und steinige Komponenten im Substrat. Daher ist die Substratwahl beim Mesobromion besser an die natürlichen Bodengegebenheiten angepasst. Für die Versionen des Stipo-Poion und Xerobromion könnten die aufgeführten Substratmischungen noch mit Sand oder lehmigen Substanzteilen ergänzt werden, um noch besser auf die Anforderung der Pflanzen abgestimmt zu sein. Substrathersteller wie Gerber AG mischen Substrate in ihrem Werkhof in Roggwil, wobei sie explizit auf Kundenwünsche eingehen (Gerber, 2021). Dadurch kann die Substratmischung noch optimaler auf den Standort angepasst werden. Der Parameter *Klima* in der Tabelle 21 wurde beim Mesobromion mit einem «+» bewertet, was bedeutet, dass die Niederschlagsmenge und Temperatur mit den Ansprüchen der Pflanzen übereinstimmen. Denn wie im *Kapitel 2.6 Standortbeschreibung Wädenswil* ersichtlich wurde, ist die Niederschlagssumme fürs Jahr 2020 in Wädenswil mit etwa 1253 mm eher hoch. Dennoch ist eine Dachbegrünung ein exponierter Standort bezüglich Sonneneinstrahlung, was zu hohen Temperaturen führen kann. Das Mesobromion wächst unter trockenen Bedingungen und trägt etwas mehr Niederschlag als die anderen beiden Lebensräume nach Delarze et al., welche in ariden Gebieten vorkommen. Die Version mit der UFA-Kräuter Saatmischung enthält Pflanzen, die sogar im Halbschatten gedeihen. Halbschatten wird jedoch an exponierten Stellen wie auf dem Dach wenig vorhanden sein. Eine Ausnahme bilden die Flächen unter den Solarmodulen oder unter Kleinstrukturen. Auch hinsichtlich der Strukturvielfalt schneidet das Mesobromion im Vergleich zu den anderen Versionen gut ab, obwohl es ein homogenes und wiesenartiges Erscheinungsbild aufweist. Aufgrund dessen Erscheinungsbild wird zusätzlich Abwechslung mit Totholzstrukturen und Nisthilfen geschaffen. In Anbetracht der Pflege sollte generell festgehalten werden, dass es zu Beginn immer einen gewissen Pflegeaufwand bedarf, dieser aber mit der

Zeit abnimmt. Gerade bei den Versionen der Lebensräume der Schweiz sollte sich über die Zeit ein selbstregulierendes stabiles Ökosystem entwickeln, wodurch nur noch vereinzelt Pflegeeingriffe nötig sind. Die Version der Felsensteppe benötigt im Vergleich zu den anderen Versionen mehr Pflege, da aufgrund der Begrünungsstrategie mehr Aufwand für die Strukturhaltung der Begrünung besteht. Ausserdem muss die Qualifikation der Pflegekräfte eher hoch sein und die Individualität der Pflege nimmt zu. Sobald Gräser in die Bepflanzung integriert wurden, wurde darauf geachtet, dass sie nicht auf der Seite mit den Solarmodulen gepflanzt werden, damit keine Beschattung entsteht. In einem weiteren Schritt müsste jedoch abgeklärt werden, inwiefern die Gräserversamung eine Problematik darstellen könnte. Der Preis sollte, wie bereits erwähnt, einen Anhaltspunkt bezüglich der finanziellen Auslagen geben und die Beurteilung der Versionen nicht zu sehr beeinflussen. Die Tabelle 21 zeigt, dass die Version der UFA-Kräuter Saatmischung am günstigsten wäre, allerdings wären die Grünflächen in Anbetracht der Biodiversität nicht ausreichend zufriedenstellend. Um die Fragestellung in *Kapitel 1 Einleitung* zu beantworten, kann basierend auf der Beurteilung der Auswahlkriterien in Tabelle 21 folgendes festgehalten werden:

Der Mitteleuropäische Halbtrockenrasen (Mesobromion) ist die geeignetste Version für eine ökologisch wertvolle Dachbegrünung, welche die Biodiversität mittels pflegeextensiver und langfristig stabiler Pflanzengesellschaften sowie belebter und unbelebter Strukturvielfalt fördert.

Die Bauherrschaft äusserte den Wunsch einer wilden, üppigen und artenreichen Dachbegrünung. Unter Berücksichtigung deren Vorstellungen und Wünsche könnte in einem nächsten Schritt überlegt werden, einzelne Versionen zu kombinieren. Die Dachfläche könnte nicht nur in Teilflächen mit unterschiedlichen Substrathöhen unterteilt werden, sondern auch in Teilflächen mit verschiedenen Begrünungszielen. Durch die weitere Differenzierung der Fläche könnte die Begrünung noch stärker auf die Standortbedingungen innerhalb der Dachfläche angepasst werden. Beispielsweise könnte auf der Dachhälfte mit den Solarpanels die UFA-Kräuter Saatmischung gesät werden, wohingegen die restliche Dachfläche mit den Pflanzenarten des Mesobromions oder Stipo-Poions begrünt würden. Die Substrate müssten entsprechend des Begrünungsziels angepasst werden. In dieser Arbeit wurden Substratmischungen aus der Schweiz und aus dem Ausland verwendet. Um Emissionen zu verringern und Transportkosten zu sparen, wäre eine Verwendung von ausschliesslich Schweizer Substraten anzudenken. Ausserdem könnten nur Substrate mit rezyklierten Materialien gefördert werden, damit der Ressourcenkreislauf noch stärker geschlossen werden kann. Dies ist beispielsweise bei den Substraten von Gerber AG der Fall. Mit einzelnen Zwerg- und Halbsträuchern könnte neben den Gräsern und Kräutern eine weitere Vegetationsschicht geschaffen werden, die noch mehr zur Arten- und Strukturvielfalt beiträgt.

6 Literaturverzeichnis

- Bouillon, J. (2013). *Handbuch der Staudenverwendung. Aus dem Arbeitskreis Pflanzenverwendung im Bund deutscher Staudengärtner*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Brack, F., Hagenbuch, R., Wildhaber, T., Henle, C., & Sadlo, F. (2019). *Mehr als Grün Praxishandbuch naturnahe Pflege*. Wädenswil: ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, IUNR Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen, Forschungsgruppe Freiraummanagement.
- Brenneisen, S. (2021). Artenvielfalt auf Gründächern!? – aber bitte mit Planung. In *Unterrichtsmaterialien ZHAW, Modul Planungs- und Bauprozesse*, unveröffentlicht.
- Bundesamt für Umwelt (2020). *Zustand der Biodiversität in der Schweiz*. Abgerufen von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/zustand-der-biodiversitaet-in-der-schweiz.html>
- Bundesamt für Umwelt (2021). *Strategie Biodiversität Schweiz und Aktionsplan*. Abgerufen von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/massnahmen-zur-erhaltung-und-foerderung-der-biodiversitaet/strategie-biodiversitaet-schweiz-und-aktionsplan.html>
- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG). (1. Juli 1966). *SR 451* (Stand am 1. April 2020).
- Bundesverband GebäudeGrün e. V. (BuGG) (2021). *Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung*. Abgerufen von <https://www.gebaeudegruen.info/gruen/dachbegruenung/basis-wissenplanungsgrundgen/planungsgrundlagen>
- Chan, S. & Hui, S. (2011). Integration of green roof and solar photovoltaic systems. In *Proceedings of Joint Symposium: Integrated Building Design in the New Era of Sustainability*. Hong Kong.
- Delarze, R.; Gonseth, Y.; Eggenberg, S. & Vust, M. (2015). *Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten* (3., vollständig überarbeitete Auflage). Bern: hep verlag ag.
- Direction du logement, de l'environnement et de l'architecture (2021). *Politique municipale: une ville verte jusqu'au bout des toits*. Abgerufen von <https://www.lausanne.ch/vie-pratique/nature/la-nature-et-vous/je-m-informe/toitures-vegetalisees/politique-municipale.html>
- Engel, S. (2017). *Artenvielfalt fördern auf dem Gründach*. In Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. Kreisgruppe München (Hrsg.). Abgerufen von https://www.lbv-muenchen.de/fileadmin/user_upload/Unsere_Themen_Master/Biodiversitaet_und_Klimawandel/documents/artenreiches_Gruendach.pdf
- Gerber, E. (2021). *Unsere Begrünungssubstrate. Substrate für extensive Begrünung*. Abgerufen von <https://www.gerber-ag.ch/dachbegruenung/begruenungssubstrate>
- Hebel, G. (2020). Grüne Dächer fürs Klima. *Tagblatt der Stadt Zürich, E-Paper*. Abgerufen von <https://www.tagblattzuerich.ch/aktuell/news/news-detail/article/gruene-daecher-fuers-klima.html>

- Hilpert, K. (2021). *Eulenhof Staudengärtnerei*. Abgerufen von <https://eulenhof-stauden.ch/>
- neffArchitektur (2021). Werkpläne der Bugstrasse 10 8820 Wädenswil, unveröffentlicht.
- Scholl, I. (2014). *Natur findet Stadt. Dachbegrünung Leitfaden St. Gallen*. Abgerufen von https://www.naturundwirtschaft.ch/de/assets/Dateien/Bilder/Publikationen/Leitfaden%20Dachbegr%C3%BCnung_StGallen.pdf
- Stadt Zürich Tiefbau- und Entsorgungsdepartement (2021). *Dachbegrünung*. Abgerufen von <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/gsz/beratung-und-wissen/wohn-und-arbeitsumfeld/dachbegruenungen.html>
- Stalder, H. (2021). Informationen zum Lebensraum der Schmetterlings-Fundstellen von der Felsensteppe VS. Abgerufen von <https://www.natur-schmetterlinge.ch/naturr%C3%A4ume/kanton-wallis/felsensteppe/>
- Staudengärtnerei Gaissmayer (2021). *Staudengärtnerei Gaissmayer*. Abgerufen von <https://www.gaissmayer.de/web/gaertnerei/>
- Trachsel, E. (2020). Urbane Flora einheimische Stauden und Gräser. In *Unterrichtsmaterialien ZHAW, Modul Grundlage Urbane Ökosysteme 2*, unveröffentlicht.
- Trachsel, E. (2021). Staudenpflege: Pflegestrategien & Pflegekonzepte. In *Unterrichtsmaterialien ZHAW, Modul Grundlage Urbane Ökosysteme 3*, unveröffentlicht.
- UFA Samen (ohne Datum). *Mischzusammensetzung. UFA-Kräuter Solardach CH*. Abgerufen von <https://www.ufasamen.ch/de/dachkraeuter-mischungen/product/dachkraeuter-mischungen/ufa-kraeuter-solardach-ch>
- Werner, D. (2021). *Hilfe für Bodennister*. Abgerufen von <https://www.naturgartenfreude.de/wildbien/nisthilfen/bodennister-1/>

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Aufbau extensive Dachbegrünung | 9 |
| Abbildung 2: Aufbau intensive Dachbegrünung | 9 |
| Abbildung 3: involvierte Akteure beim Neubau in Wädenswil (erstellt von N. Minder) | 12 |
| Abbildung 4: Aufsicht der Dachfläche mit Teilflächen und deren maximaler Substrathöhen. Die Angaben der Flächen sind gerundet. (Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder) | 17 |
| Abbildung 5: Schnitt AA' durch Substrataufbau mit maximalen und effektiven Substrathöhen sowie Strukturelementen (erstellt von N. Minder) | 18 |
| Abbildung 6: Links: Bolliger, P. (2009). Ausserberg. Abgerufen von https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/typoch/4.2.4-mitteuropischer-halbtrockenrasen.html ; rechts: Mesobromion in Schaffhausen (Aufnahme N. Minder) | 23 |
| Abbildung 7: Vegetationsprofil des Mesobromions (erstellt von N. Minder) | 25 |
| Abbildung 8: Pflanzenskizze Mesobromion (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder) | 25 |
| Abbildung 9: Links und Rechts: Eggenberg, S. (2013). Xerobromion in Le Landeron NE. Abgerufen von https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/typoch/4.2.2-mitteuropischer-trockenrasen.html | 27 |
| Abbildung 10: Vegetationsprofil des Xerobromions (erstellt von N. Minder) | 29 |
| Abbildung 11: Pflanzenskizze Xerobromion (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder) | 30 |
| Abbildung 12: Links: Bolliger, P. (2010). Inneralpine Felsensteppe in Ausserberg. Abgerufen von https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/typoch/4.2.1.1-inneralpine-felsensteppe.html ; rechts: Eggenberg, S. (2013). Inneralpine Felsensteppe Leuk VS. Abgerufen von https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/typoch/4.2.1.1-inneralpine-felsensteppe.html | 32 |
| Abbildung 13: Vegetationsprofil des Stipo-Poions (erstellt von N. Minder) | 34 |
| Abbildung 14: Pflanzenskizze Stipo-Poion (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder) | 34 |
| Abbildung 15: Links & rechts: Schönfeld, P. (ohne Datum). Lebensbereich Felsensteppe. Botanischer Garten, Würzburg. Abgerufen von https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/gartenakademie/dateien/kiesgarten_dr_schoenfeld.pdf | 36 |
| Abbildung 16: Vegetationsprofil des Lebensbereiches Felsensteppe (erstellt von N. Minder) | 38 |
| Abbildung 17: Pflanzenskizze Lebensbereich Felsensteppe nach Prof. Dr. Sieber (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder) | 38 |
| Abbildung 18: Links: Gyger, J. (ohne Datum). <i>Begrünung</i> . Abgerufen von https://www.contec.ch/de/Referenzen/Contec1 ; rechts: Bauder (2021). <i>Bauder Photovoltaik-Systeme für Flach- und Gründach</i> . Abgerufen von https://www.bauder.pl/pl/o-nas/aktualnosc/details/archive/2019//backto/aktualnosc/article/bauder-photovoltaik-systeme-fuer-flach-und-gruendach-2.html?no_cache=1 | 41 |

- Abbildung 19: Vegetationsprofil der UFA-Kräuter Saatmischung (erstellt von N. Minder) 44
- Abbildung 20: Pflanzenskizze UFA-Kräuter Saatmischung (Grundlage Dachaufsicht aus Werkplänen von neffArchitektur, abgeändert von N. Minder) 44

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1 Vorteile einer Dachbegrünung | 7 |
| Tabelle 2: Vorteile einer Dachbegrünung in Kombination mit einer Photovoltaikanlage | 8 |
| Tabelle 3: Vergleich von verschiedenen Parametern einer Extensiv- und Intensivbegrünung | 9 |
| Tabelle 4: Ausgewählte Substratausgangsstoffe und ihre Eigenschaften | 10 |
| Tabelle 5: Informationen zum jetzigen Einfamilienhaus und dem neuen Mehrfamilienhaus | 11 |
| Tabelle 6: Klimatische Gegebenheiten am Standort Wädenswil | 13 |
| Tabelle 7: Definierte Auswahlkriterien für die Begrünungskonzepte | 14 |
| Tabelle 8: Informationen zur Substratmischung 1 bis 4 | 15 |
| Tabelle 9: Auflistung der maximal möglichen und effektiven Substrathöhen sowie die Materialgewichte der verschiedenen Substrate | 19 |
| Tabelle 10: Kostenberechnung für die Teilflächen mit der jeweiligen Substratmischung | 19 |
| Tabelle 11: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten | 24 |
| Tabelle 12: Grobe Kostenplanung für die verwendeten Substrate und Bepflanzung vom Mesobromion | 26 |
| Tabelle 13: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten | 28 |
| Tabelle 14: Grobe Kostenplanung für die verwendeten Substrate und Bepflanzung vom Xerobromion | 30 |
| Tabelle 15: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten | 32 |
| Tabelle 16: Grobe Kostenplanung für die verwendeten Substrate und Bepflanzung vom Stipo-Poion | 35 |
| Tabelle 17: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten | 36 |
| Tabelle 18: Grobe Kostenplanung der verwendeten Substrate und Bepflanzung von der Felsensteppe | 39 |
| Tabelle 19: Pflanzenliste mit Informationen zu den ausgewählten Pflanzenarten | 42 |
| Tabelle 20: Grobe Kostenplanung der verwendeten Substrate und Bepflanzung von der UFA-Kräuter Saatmischung | 45 |
| Tabelle 21: Vergleich der fünf Versionen mit Matrix | 46 |

Anhang



INTERBIMS GmbH - Alliger Weg 40 - 56642 Kruft

Nina Minder
8804 WÄDENSWILL
SCHWEIZ

Angebot

Kunden-Nr. / Beleg-Nr.: 42101 / 10211485
 Vorg.-Nr. / Proj.-Nr.: 45134 / 10211485
 Datum: 24.06.2021
 Ihr Ansprechpartner: Christian Grube
 Email: c.grube@interbims.de
 Telefon-Nr.: 02652 929212
 Fax-Nr.: 02652 929292

Bei Rückfragen bitte angeben

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir freuen uns, dass Sie auf die Qualitätsprodukte der INTERBIMS GmbH setzen. Hiermit erhalten Sie die gewünschten Preisangebote, die wir gemäß unserer Allgemeinen Geschäftsbedingungen (www.interbims.de) für Sie freibleibend kalkuliert haben:

| Artikel | Artikelbezeichnung | Menge | Einheit | Preis € | Betrag € |
|---------|-----------------------------------|-------|---------|---------|----------|
| 2007130 | interroof-extensiv im Silo-LKW | 25,00 | cbm | 118,90 | 2.972,50 |

| | Nettowert € | MwSt. % | MwSt. € | Gesamt € |
|--|-------------|---------|---------|----------|
| | 2.972,50 | 0,00 | 0,00 | 2.972,50 |

Zahlbar innerhalb 10 Tagen mit 2,00% Skonto auf den Warenwert
 Zahlbar innerhalb 30 Tagen netto

Versandart: per Silo
 Lieferbedingung: frei Baustelle, im Silo-LKW

Bindefrist: 31.12.2021
 Projekt: 10211485

Es handelt sich um eine Ausfuhr in ein Drittland oder Drittgebiet.

Bankverbindung
 Kreissparkasse Mayen
 IBAN DE83 5765 0010 0090 0070 06
 SWIFT (BIC) MALADE51MYN

Gerichtsstand
 Amtsgericht Andernach HRB 11235
Steuernummer
 Finanzamt Mayen 29/678/0639/9
 USt.-Id.Nr. DE 149263344

Geschäftsführer
 Guido Fink (Industr. Betriebsw.)





Angebot 10211485 vom 24.06.2021, Seite 2/2

| <u>Artikel</u> | <u>Artikelbezeichnung</u> | <u>Menge</u> | <u>Einheit</u> | <u>Preis €</u> | <u>Betrag €</u> |
|----------------|---------------------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
|----------------|---------------------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|

Wir hoffen, dass Ihnen unser Angebot zusagt und freuen uns Ihren Auftrag zu erhalten. Gerne stehen wir für weitere Fragen zur Verfügung und verbleiben.

Mit freundlichen Grüßen

iNTERBiMS GmbH

Christian Grube

Bankverbindung
Kreissparkasse Mayen
IBAN DE83 5765 0010 0090 0070 06
SWIFT (BIC) MALADE51MYN

Gerichtsstand
Amtsgericht Andernach HRB 11235
Steuernummer
Finanzamt Mayen 29/678/0639/9
USt.-Id.Nr. DE 149263344

Geschäftsführer
Guido Fink (Industr. Betriebsw.)

