

Extensiv begrünte Dächer in der Stadt Wien: Untersuchungen zu Struktur und Zusammensetzung der Diasporenbank und Vergleich mit der Oberflächenvegetation

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur (Dipl. -Ing.)

Eingereicht von

Thomas WULTSCH, BSc.

Matrikelnummer: 01141719

Betreut von: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Dipl. Geograph Karl-Georg BERNHARDT
Co-Betreuerin: Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Katharina LAPIN

Wien, März 2019

Eidesstaatliche Erklärung

Ich versichere eidesstaatlich, dass die vorliegende Arbeit mit dem Titel:

Extensiv begrünte Dächer in der Stadt Wien: Untersuchungen zu Struktur und Zusammensetzung der Diasporenbank und Vergleich mit der Oberflächenvegetation

von mir selbstständig, ohne Hilfe Dritter und ausschließlich unter Verwendung der angegebenen Quellen angefertigt wurde. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form, auch nicht in Teilen, keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Wien, im März 2019

Thomas Wultsch, BSc.

Zusammenfassung

Mit fortschreitender Urbanisierung und zunehmender Oberflächenversiegelung in den Städten wird wertvoller Raum für wildlebende Pflanzengemeinschaften immer knapper. Extensive begrünte Dächer (EBD) zählen zu den „neuen Ökosystemen“ im urbanen Raum und könnten diesem Effekt entgegen wirken, indem sie auf den Gebäudedächern neue Habitate für Wildpflanzen schaffen. In der vorliegenden Arbeit wurden sieben EBD in der Stadt Wien mit dem Fokus auf Zusammensetzung und Struktur der Diasporenbank (DSB) untersucht. Zusätzlich wurden die DSB und die Oberflächenvegetation auf deren Artenübereinstimmung überprüft. Insgesamt wurden 3.625 Diasporen von 86 Pflanzenarten aus 32 Familien beobachtet. 75 % dieser Arten sind heimischen Ursprungs. Nur 14% aller gefundenen Arten gehören zu den nicht heimischen, den Neophyten. Weitere 8% gehören den „alt Eingebürgerten“ Archaeophyten an. Die ermittelte Samendichte auf den Dächern liegt im Bereich von 1.510 Samen/m² bis 14.994 Diasporen/m². Hinsichtlich des Diasporenbanktyp sind kurzlebige (transiente) wie langlebige (persistente) Diasporen in ausgeglichenem Verhältnis vorhanden. 47% aller Arten bilden Diasporen beider Typen aus. Dominiert wird die DSB von annuellen und perennen Ruderalarten wie *Arenaria serpyllifolia*, *Microrrhinum minus*, *Medicago lupulina* und *Setaria viridis*. Samen von Gehölzen waren in den Substratproben nur in geringen Ausmaß vorzufinden. Diese stammen von Pionierbaumarten wie *Betula alba*, *Buddleja davidii*, *Paulownia tomentosa* und *Populus nigra*. Vergleiche zwischen Vegetation und DSB mittels Gemeinschaftskoeffizienten (\emptyset Sørensen Ccs= 47%) haben auf allen Dächern eine positiven Übereinstimmung bestätigt. Standortsspezifische Charakteristika (e.g. Gebäudehöhe) erweisen sich als einflussreicher Faktor, wenn es um die Artenzusammensetzung geht. Ein signifikanter Zusammenhang ($r = -0,745$; sig. $< 0,005$) konnte zwischen Gebäudehöhe und Artenanzahl festgestellt werden. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass EBD ungeachtet ihrer besonderen Lage durchaus im Stande sind, artenreiche Lebensräume mit vielen heimischen Arten zu schaffen, und so einen positiven Beitrag zur Biodiversität in Städten leisten.

Keywords:

Dachbegrünung, Samenbank, Vegetation, Ökosysteme, urbane Biodiversität

Abstract

With increasing urbanization and urban surface sealing, space for wild plant communities is becoming increasingly scarce. Extensive green roofs (EGRs) are among the so called „novel ecosystems“ in urban areas and can counteract this effect, as they create new habitats for wild plants on the roofs of buildings. In the present study, seven EGRs were examined in the City of Vienna, with a focus on the composition and structure of the soil seed bank (SB). In addition, SB were tested for species diversity and species richness and surface vegetation were tested for species conformity. A total of 3.625 seeds from 86 species and 32 families were discovered. 75% of these species are of native origin. Only 16% of all found species belong to the non-native species. Another 8% belong to the archaeophytes. This points out that EGRs are well able to create biodiverse habitats with many native species. The determined seed density ranged from 1.510 seeds/m² up to 14.994 seeds/m². Investigation of the soil seed bank type shows that transient as well as persistent seeds are present in almost equal proportion. 47% of all species develop both types. The SB is dominated by annual and perennial ruderal species such as *Arenaria serpyllifolia*, *Microrrhinum minus*, *Medicago lupulina* and *Setaria viridis*. Seeds of woody plants were found only to a minor extent in the substrate samples. All of them belong to pioneer tree species such as *Betula alba*, *Buddleja davidii*, *Paulownia tomentosa* and *Populus nigra*. Comparisons between vegetation and SB using community coefficients (\emptyset Sørensen CCs= 47%) affirmed a positive correlation on all roofs. Site-specific characteristics (building height) have influence on the species composition. A significant correlation ($r = -,745$; sig. ,005) was found between building height and the number of species. The results of this study show that, despite their unique location, EGRs are well able to create species rich habitats with many native species and make a positive contribution to urban biodiversity.

Keywords:

Green roofs, seed bank, vegetation, ecosystems, urban biodiversity

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Artenvielfalt und Biodiversität.....	1
1.2 Dachbegrünungen.....	3
1.3 Diasporenbank.....	4
2 Fragestellung und Hypothesen	6
2.1 Forschungsfragen.....	6
2.2 Hypothesen.....	6
3 Methodik	7
3.1 Standortbeschreibungen.....	7
3.1.1 G28, AKH Wien Hauptgebäude.....	8
3.1.2 G02, AKH Wien Nebengebäude.....	10
3.1.3 G36, BASE19 StudentInnenwohnheim.....	12
3.1.4 G48, BOKU Wien Muthgasse.....	14
3.1.5 G37, Schmelz GRG15.....	16
3.1.6 G21, Auhofcenter.....	18
3.1.7 G05, HBFLA Gartenbau Schönbrunn.....	20
3.2 Entnahme der Substratproben.....	22
3.3 Keimversuch im Gewächshaus.....	23
3.4 Spülverfahren zur Erfassung der Diasporenbank.....	25
3.5 Ermittlung der Keimfähigkeit im Klimaschrank.....	26
3.6 Ermittlung der Keimfähigkeit mittels Tetrazoliumchlorid Lösung.....	27
3.7 Quantifizierung der Biodiversität.....	28
3.8 Ermittlung des Gemeinschaftskoeffizienten (Sørensen CCs).....	28
3.9 Datenauswertung.....	28
4 Ergebnisse	29
4.1 Allgemeine floristische Zusammensetzung.....	29
4.1.1 Herkunft der Arten.....	31
4.1.2 Ermittlung der Diasporenbanktypen.....	34
4.1.3 Analyse der Lebensformen.....	35

4.1.4 Ermittlung des Diasporenvorrat pro m ²	36
4.2 Nachweis der Keimfähigkeit.....	37
4.3 Ergebnisse der Keimversuche im Gewächshaus.....	38
4.3.1 Diasporenbankanalyse der einzelnen Proben.....	38
4.3.2 Zusammensetzung der Diasporenbank.....	39
4.4 Ergebnisse des Spülversuchs (Waschlabor).....	40
4.4.1 Diasporenbankanalyse der einzelnen Proben.....	40
4.4.2 Zusammensetzung der Diasporenbank.....	41
4.5 Ergebnisse der Keimversuche von Klimaschrank/ TTC- Test.....	42
4.5.1 Floristische Zusammensetzung der einzelnen Proben.....	42
4.5.2 Zusammensetzung der Diasporenbank.....	44
4.6 Artenvergleich der DSB mit den Vegetationsaufnahmen.....	45
4.7 Einfluss der abiotischen Faktoren.....	47
4.8 Ermittlung der Biodiversitätindizes.....	51
5 Methodendiskussion.....	52
6 Diskussion der Ergebnisse.....	56
6.1 Zusammensetzung der Diasporenbank.....	56
6.2 Einfluss der abiotischen Faktoren.....	58
6.3 Vergleich der Diasporenbank mit den Vegetationsaufnahmen.....	59
7 Conclusio.....	60
8 Literaturverzeichnis.....	61
9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	65
10 Anhang.....	67

1 Einleitung

Die folgende Arbeit gliedert sich als Teilstück in die Arbeiten rund um das Projekt „wild roofs“ (Erfassung, Analyse und Bewertung der Artenvielfalt von extensiven Dachbegrünungen und Vergleich mit Flachdächern, mit spontanem Vegetationsaufkommen, in Wien (<https://www.wildroofs.at/>) unter der Leitung von Dipl.-Ing. Dr. Katharina Lapin mit ein. Laufzeit des Projekts ist von 01.03.2018 bis 30.06.2019. Gefördert wird das Projekt durch den Jubiläumsfonds der Stadt Wien für die ÖAW, Friedrich Schmidt Platz 5, 1080 Wien, Österreich. Beteiligt an den Untersuchungen ist das Institut für Botanik der BOKU Wien (Stand 01.03.2019). Im Rahmen des Projekts finden Untersuchungen zur biologischen Vielfalt (Biodiversität) extensiv begrünter Dächer in der Stadt Wien statt. Die Auswertungen dieser Untersuchungen geben einen Einblick in die biologische Vielfalt und Artenzusammensetzung der Diasporenbank und der bestehenden Vegetation auf ausgewählten Extensivdachbegrünungen in Wien.

1.1 Artenvielfalt und Biodiversität

Der Begriff Biodiversität hat in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen. Biodiversität bezeichnet die Vielfalt aller Organismen. Dazu zählen Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen sämtlicher Arten und Lebensräume, deren genetische Informationen sowie die Ökosysteme, die sie besiedeln (Wittig & Niekisch, 2014, S. 4f). Im Jahr 2002 verpflichteten sich Staatsoberhäupter mehrerer Länder im Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, o. J.), bis ins Jahr 2010 eine Reduktion der aktuellen Verlustrate biologischer Vielfalt zu erreichen. Einer Studie von Butchart, Stuart H. M., (2010) zu Folge scheint die Verlustrate von biologischer Vielfalt, trotz einiger Erfolge auf kleiner Ebene, jedoch nicht geringer zu werden. Erwähnenswert hierbei ist, dass vor allem externe Vorgänge, die multiple Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben können (e. g. Ressourcenverbrauch, invasive gebietsfremde Arten, intensive Landnutzung, Klimawandel relevante Auswirkungen, etc.) einen starken Anstieg verzeichnen (Butchart u. a., 2010). Entscheidend für eine artenreiche Zusammensetzung ist primär die Verfügbarkeit eines geeigneten Lebensraums. Qualität, Größe, Heterogenität der Vegetation und Art der Bewirtschaftung sind einige maßgebliche Faktoren, die für eine vielfältige Entwicklung ausschlaggebend sein können (Di Giulio, 2016, S. 23). Damit überhaupt neue Lebensräume besiedeln werden, ist auch deren Erreichbarkeit von großer Bedeutung. Hier gilt, je isolierter und schwerer zugänglich ein Ort ist, desto schwieriger ist dieser auch für neue Arten zu besiedeln (Obrist u. a., 2012).

Allgemein gilt die Urbane Entwicklung als ein maßgeblicher Faktor für die Veränderung von Artenvorkommen und deren Zusammensetzung (Zerbe u. a., 2003). Die Interaktion zwischen Mensch und Artenvielfalt stellt sich dabei als äußerst komplexe Thematik dar (Cilliers & Siebert, 2011, S. 148; Kotze u. a., 2011, S. 179). Die Frage, ob Stadtentwicklung gut oder schlecht für unsere Umwelt ist, muss in diesem Kontext noch ausführlicher erforscht werden (McDonald & Marcotullio, 2011, S. 193). Fest steht jedoch, dass der steigende Urbanisierungsgrad entscheidende Auswirkungen auf die natürliche Flora und Fauna hat.

Obwohl urbane Standorte auf Grund der ständigen Eingriffe einer wesentlich höheren Dynamik als rurale Räume unterliegen (Henninger, 2001, S. 17f), gibt es jedoch Arten, die davon profitieren. Besonders begünstigt vom städtischen Klima sind vor allem Pflanzen aus warmen und trockenen Regionen. Viele dieser Arten sind häufig im Umland von Städten, auf Äckern und entlang von Wegen anzutreffen. Wiens Flora gilt dabei sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene als eine der artenreichsten. Die Stadt bietet rund 2.400 unterschiedlichen Wildpflanzenarten Platz zum Leben. Verglichen mit Städten wie Berlin oder Zürich ist der Artenbestand in Wien nahezu doppelt so hoch (Sukopp, 2011). Rund 61% der 2.400 in Wien vorkommenden Arten gelten als heimisch, 6% als Neophyten und 33% als beabsichtigt oder unbeabsichtigt verbreitete Pflanzen. Die hohe biologische Vielfalt ist hauptsächlich auf die geographische Lage der Stadt, inmitten vier großer Florenreiche – Zentraleuropa, Alpin, Pontisch-Pannosich und Sub-Mediterran – zurückzuführen (Landlot, 2011; Mrkvicka, 2011; Sukopp, 2011).

Obwohl urbane Lebensräume sich selbst erhaltende Populationen seltener oder gefährdeter Arten beherbergen, können sie die vollständige Funktionalität natürlicher Lebensräume trotzdem nicht ersetzen. Deren Biodiversität übersteigt jedoch oftmals die von natürlichen Lebensräumen (Cilliers & Siebert, 2011, S. 148). Zu den artenreichsten Lebensräumen zählen Ruderal- und Brachflächen. Diese Extremstandorte sind von hohen Temperaturen, nährstoffarmen, trockenen, seichten Böden und fortwährenden Sukzessionsprozessen geprägt (Kotze u. a., 2011, S. 162). Pflanzengesellschaften solcher Habitats bestehen zum Großteil aus Pionier- und Trittvegetation, überwiegend in krautiger Form, und beinhalten oft eine hohe Anzahl an seltenen oder gefährdeten Arten (Rebele & Dettmar, 1996, S. 54).

Grundsätzlich bedeuten anthropogene Eingriffe einen Verlust an Grünflächen und damit auch den Verlust von Lebensräumen, Arten und damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen.

1.2 Dachbegrünungen

Will man also die Biodiversität in Städten erhalten oder fördern, bedarf dies einer Erhöhung des Grünflächenanteils. Vor allem braucht es Ersatzflächen, um den Verlust von Grünflächen zu kompensieren (Stadt Wien, 2005). In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob extensive Dachbegrünungen eine Möglichkeit sind, diesen Verlust an Grünflächen und Artenvielfalt auszugleichen, respektive zum Erhalt oder gar zu einer Steigerung der Biodiversität im urbanen Raum beitragen.

Es gibt bereits eine Vielzahl an wissenschaftlichen Arbeiten, die sich mit dem Thema Dachbegrünungen auseinandersetzen. Der Großteil dieser Arbeiten widmet sich den positiven Auswirkungen von Dachbegrünungen auf das Mikroklima in Städten (e.g. Staubbindung, Kühleffekt durch Transpiration) (Francis & Lorimer, 2011) und dem bautechnischen Einsatz (e. g. Wasserrückhalt, Dämmeigenschaften, Energieverbrauch) Obgleich Dunnett et al. (2008) in ihrer Arbeit auf einem einzigen Dach 35 unterschiedliche Pflanzenarten nachweisen konnten, sind Untersuchungen zur biologischen Vielfalt der Diasporenbank bis heute nur in unzureichendem Ausmaß vorhanden. Die größte Fülle und Vielfalt an Arten wurde bei Dunnett et al. (2008) auf extensiven Gründächern (Substrattiefe <15cm) festgestellt. Das Substrat extensiv begrünter Dächer (EBD) besteht i. d. R aus einem Gemisch mineralischer Komponenten (e. g. Sand, Ziegelsplitt, Blähton) und minimalem organischen Anteil. Die Aufbaustärke der Substratschicht beträgt 2-15cm. Für die Entwicklung einer intakten Pflanzengesellschaft sollte das Substrat so konzipiert sein, dass es die physikalischen, chemischen und biologischen Erfordernisse der Pflanzen erfüllt (e. g. effiziente Wasserspeicherung, drainagefähig, gut durchlüftet, geringes Gewicht, möglichst frei von Unkräutern, etc.) (Nagase & Dunnett, 2011).

Die Standortbedingungen gleichen sehr stark jenen der Ruderal- und Brachflächen. Die begrenzte Wasserverfügbarkeit, relativ große Temperaturschwankungen und eine hohe Belastung durch Wind und Sonneneinstrahlung machen EBD zu Extremstandorten und wirkt sich selektiv auf die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft aus (Dunnett & Kingsbury, 2008; Nagase & Dunnett, 2011). EBD werden in der Regel nicht für den Aufenthalt genutzt und bieten Pflanzen und Tieren einen von Menschen ungestörten Lebensraum (Dunnett & Kingsbury, 2008). Ihr hohes ökologisches Potential kommt vor allem in stark verbauten Gebieten zu tragen: Als Trittsteinbiotope könnten sie dabei helfen, die Vernetzung einzelner Biotope untereinander zu verbessern (Di Giulio, 2016, S. 87; Francis & Lorimer, 2011) und somit unter Einhaltung bestimmter Gestaltungskriterien Ersatzlebensräume für eine vielfältige Flora bereitstellen (Francis & Lorimer, 2011).

Eine weitere wichtige Rolle bei der Entstehung einer vielfältigen Lebensgesellschaft spielt der nährstoffarme Boden und dessen geringe Bodentiefe. Diese Faktoren begünstigen viele der konkurrenzschwachen Arten und verhindern das Aufkommen kräftiger konkurrenzstarker Pflanzen, da es diesen nicht möglich ist unter derartigen Bedingungen Fuß zu fassen. Zur Etablierung einer Vegetationsschicht bedarf es teilweise nicht einmal gezielter Bepflanzung. Ein gutes Beispiel dafür sind Dächer älterer Gebäude, die teilweise eine erstaunliche Vielfalt an Pflanzen- und Tierarten beheimaten (Dunnett & Kingsbury, 2008). Die Entwicklung von Spontanvegetation bleibt aufgrund der teils schwer erreichbaren Lage jedoch häufig den mobileren Arten vorbehalten. Die Besiedelung der Dächer durch Pflanzen, erfolgt i. d. R. durch gezielte Bepflanzung oder durch Anflug von Wildpflanzen durch Anemochorie (Windverbreitung) oder Zoochorie (Tierverbreitung e.g. durch Vögel). Ein Eintrag von Samen u. Ä. durch den Menschen (e. g. durch Anhaften an Kleidung und Schuhen, im Substratgemisch enthalten) ist natürlich auch nicht auszuschließen (Dunnett & Kingsbury, 2008). Speziell der Eintrag durch das Substrat, meist in Form von Humus-Mineralgemischen (Dunnett & Kingsbury, 2008, S. 37ff), spielt dabei eine entscheidende Rolle, da Substratgemische bereits vor ihrem Transport auf das Dach mit einer Vielzahl an Diasporen, also Ausbreitungseinheiten von Pflanzen, in einer sog. Diasporenbank (DSB) angereichert sind (Leck u. a., 1989, S. 3).

1.3 Diasporenbank

Als Diasporenbank werden grundsätzlich alle – in oder auf dem Erdboden oder in sonstigem Streu befindlichen – lebenden Samen bezeichnet (Leck u. a., 1989). Eine DSB setzt sich aus allen Ausbreitungseinheiten (Samen, Früchten, Sporen) von Pflanzen zusammen. Die Diasporenbank mehrerer Arten wird unter dem Begriff Diasporengesellschaft zusammengefasst (Urbanska, 1992, S. 53ff). In der Natur treten zwei mögliche Formen solcher DSB auf. Erstere sind sog. „temporäre Banken“, bei Thompson und Grime (1979), als „transient“ bezeichnet, innerhalb dieser der Diasporenvorrat maximal ein Jahr in keimfähigem Zustand erhalten bleibt. Zweitere sind sog. „dauerhafte Banken“, bei Thompson und Grime (1979), als „persistent“ bezeichnet. Bei dieser Form akkumulieren sich Samen u. Ä. und bleiben über mehrere Jahre bis Jahrzehnte in keimfähigem Zustand (Urbanska, 1992). Diasporenbanken vieler Ökosysteme enthalten sowohl temporäre als auch dauerhafte Komponenten. Die temporäre Komponente setzt sich aus kurzlebigen, nicht- dormanten Samen zusammen, die nicht länger als ein Jahr keimfähig bleiben (Baskin & Baskin, 1998; K Thompson & Grime, 1979).

Frisch gereifte Samen, die ihre Keimfähigkeit bis zu Beginn der neuen Vegetationsperiode aufrecht erhalten, sowie das in früheren Jahren verstreute und angesammelte lebende Saatgut bilden den dauerhaften Teil der Samenbank (Baskin & Baskin, 1998).

Für die Zusammensetzung und den Aufbau einer DSB spielen sowohl Ausbreitungstypen und -mechanismen der einzelnen Pflanzen als auch die Struktur der bestehenden Vegetation eine entscheidende Rolle (Urbanska, 1992). In Brach- und Ruderalflächen finden sich zudem häufig Diasporen von Therophyten und Hemikryptophyten. Beide Lebensformen zeichnen sich durch eine hohe Toleranz gegen Temperatur- und Trockenheitsstress aus. Diese beiden Lebensformen sorgen vor allem für den Eintrag langlebiger Diasporen in die DSB (Bresinsky u. a., 2008; Frey & Lösch, 2014, S. 362).

Ein direkter Zusammenhang zwischen Arten der DSB und den Arten der oberirdischen Vegetation besteht jedoch nicht immer. Besonders bei Ruderalgesellschaften treten oft ausgeprägte Unterschiede zwischen der aktuellen Vegetation und dem Samenspeicher hervor. Grund dafür sind die kontinuierlichen anthropogenen Einflüsse denen diese Standorte ausgesetzt sind (Bernhardt & Hurka, 1989). Die Anzahl an Diasporen, die in einer DSB vorrätig ist, hängt dabei stark von der jeweiligen Pflanzenart und dem Ökosystemtyp ab, in dem diese vorliegt. Saisonale Unterschiede haben ebenfalls einen Einfluss auf die Abundanz (Urbanska, 1992, S. 59ff). Fischer (1987) hat den Einfluss der Diasporenbank auf vegetationsdynamische Prozesse in Waldgesellschaften und Grünlandgesellschaften genauer untersucht. Er konnte nachweisen dass, auf kleinen angelegten Störfeldern eine Wiederbesiedelung bei vielen Arten nur durch die bereits vorhandene Diasporenbank erfolgt, obwohl die Flächen von dichter Vegetation umgeben waren. Kollman beschreibt in seiner Arbeit die DSB als eine Art „Pflanzengesellschaft in Reserve“ für den Fall, dass die bestehende Vegetation zerstört wird (Bönecke & Seiffert, 2000).

Der Schwerpunkt der folgenden Arbeit bilden konkrete Untersuchungen der Diasporenbank (DSB) des Dachsubstrats. Die Frage nach Struktur und Zusammensetzung der DSB extensiv begrünter Dächer steht dabei im Fokus. Es wird geklärt, wie hoch der Anteil spontan keimfähiger Diasporen ist, wie hoch der Anteil nicht heimischer Arten in der DSB ist und welchen Einfluss abiotische Faktoren auf die Arten- und Individuenzahl haben. Zur Klärung dieser Fragen werden Substratproben von sieben ausgewählten Dächern, im Wiener Stadtgebiet gesammelt und untersucht. Darüber hinaus wird die Artenübereinstimmung zwischen DSB und der bestehenden Vegetation anhand der DSB Ergebnisse und den Vegetationsaufnahmen von Besener (o. J.) aus der Vorstudie zum Projekt „wild roofs“ untersucht.

2 Fragestellung und Hypothesen

2.1 Forschungsfragen

F1: Welche artspezifischen Charakteristika weist die Diasporenbank von extensiv begrünten Dächern in Wien auf?

F2: Kommen spontan keimfähige Diasporen nicht heimischer und/oder invasiver Arten im Dachsubstrat von extensiv begrünten Dächern (EBD) vor?

F3: Haben abiotische Faktoren wie (1) Alter der Vegetationsschicht, (2) Gebäudehöhe, (3) Größe der Fläche und (4) Substrattiefe Einfluss auf die Artenanzahl und Anzahl der Diasporen im Substrat von extensive begrünten Dächern in Wien?

F4: Korreliert die Artenzusammensetzung der Diasporenbank auf den jeweiligen Standorten mit der Artenzusammensetzung der Oberflächenvegetation ?

2.2 Hypothesen

H1.1: In Diasporenbanken extensiv begrünter Dächer überwiegt der Anteil kurzlebiger (transienter) Diasporen.

H1.2: Die Diasporenbank extensiv begrünter Dächer setzt sich zum Großteil aus Diasporen von Therophyten zusammen.

H2.1: In der Diasporenbank extensiv begrünter Dächer kommen keimfähige Diasporen nicht heimischer Arten vor.

H2.2: In der Diasporenbank extensiv begrünter Dächer kommen keimfähige Diasporen invasiver Arten vor.

H3: Abiotische Faktoren wie (1) Alter der Vegetationsschicht, (2) Gebäudehöhe, (3) Größe der Fläche und (4) Substrattiefe korrelieren positiv mit der Artenanzahl und Anzahl der Diasporen EBD in Wien.

H4: Die Artenzusammensetzung der Diasporenbank korreliert positiv mit der Artenzusammensetzung der Oberflächenvegetation an den untersuchten Standorten.

3 Methodik

Für die Analyse der Diasporenbank wurden auf sieben ausgewählten Gründächern innerhalb der Stadt Wien Substratproben entnommen. Die ausgewählten Gründächer liegen über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Es wurden nur solche Dächer ausgewählt, deren Zugang über das Gebäudeinnere und ohne Verwendung einer PSA (persönliche Schutzausrüstung) möglich war. Die Begehungen erfolgten dabei ausschließlich nach Absprache und in Begleitung einer für das Gebäude zuständigen Person.

3.1 Standortbeschreibungen

Im Rahmen des Projekts „wild Roofs“ (siehe Kapitel 1) wurden die Dächer mit einem Kürzel (G= Gründach) versehen und in chronologischer Reihenfolge durchnummeriert. In der vorliegenden Arbeit werden die sieben untersuchten Dächer und die darauf entnommenen Proben daher mit dem Kürzel „G“ und der jeweiligen Dachnummer genannt. Abbildung 1 zeigt die Lage der untersuchten Dächer in der Stadt. Genaue Beschreibungen der Standorte, Koordinaten und zugehörige Attribute der Dächer können dem folgenden Kapitel und Tabelle 19 aus dem Anhang entnommen werden.

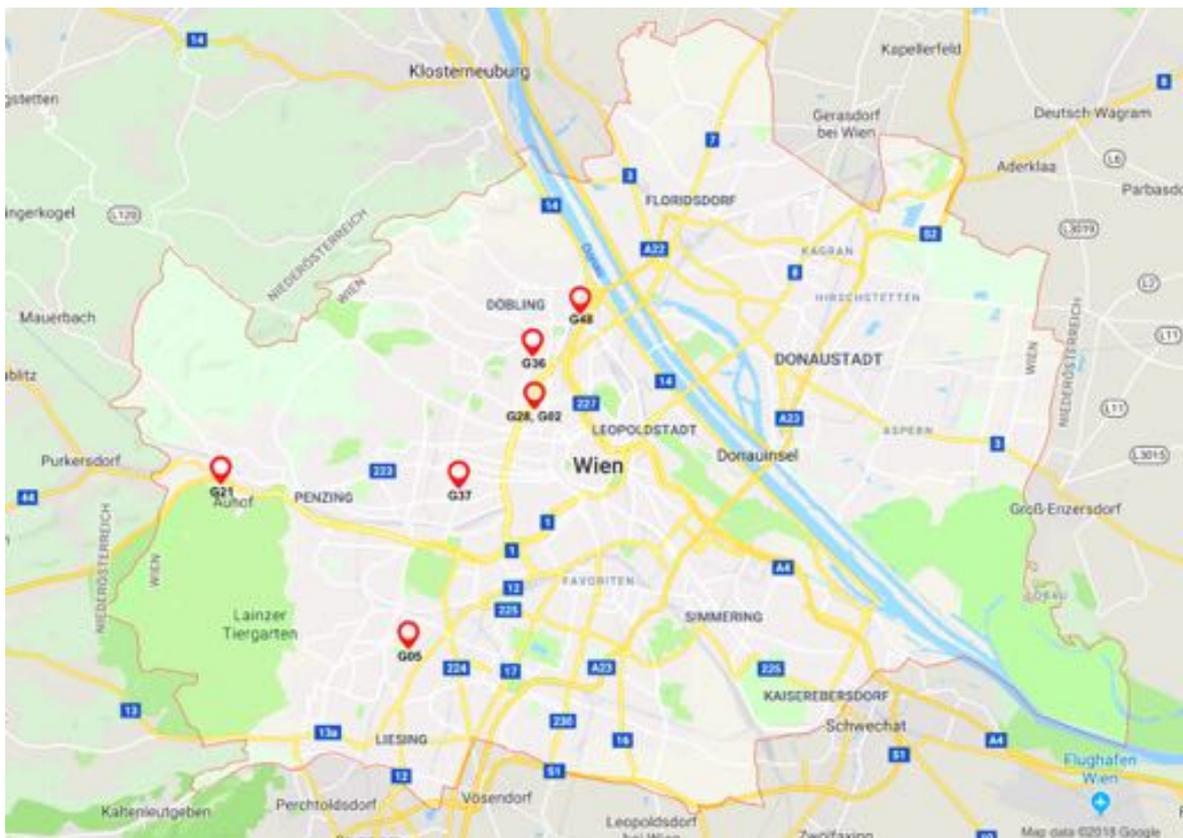


Abbildung 1: Lage der untersuchten Gründächer im Stadtgebiet Wien, eigene Bearbeitung 2018

3.1.1 G28, AKH Wien Hauptgebäude

Das bereits 1977 begrünte Dach befindet sich im 9. Bezirk im dicht bebauten Stadtgebiet, am Hauptgebäude des AKH Wien. Die Standort setzt sich aus drei Einzelflächen zusammen und liegt an der Südseite des grünen Bettenturms auf einer Gebäudehöhe von 21m. Die Größe der begrünten Fläche beträgt rund 500m². Der Zugang zum Dach erfolgt über das Stiegenhaus des Hauptgebäudes. Die Dachbegrünung selbst ist über einen Weg aus Betonplatten erreichbar und von allen Seiten zugänglich. Weitere begrünte Dachflächen befinden sich unmittelbar im Anschluss am nördlichen Ende des Gebäudekomplexes und zwei Ebenen tiefer. Die nächsten größeren städtischen Grünflächen befinden sich ebenerdig im unmittelbaren Umkreis um das Krankenhaus herum.



Abbildung 2: Gründach G28, AKH Wien Hauptgebäude, eigene Abbildung 2018

Zu den technischen Einbauten zählen Ablufthauben und Blitzschutzleitungen. Diese liegen quer über die Fläche in einer Reihe angeordnet. Das Gründach wird bis auf die gepflasterten Randbereiche am Stiegenhaus nicht als Aufenthaltsort genutzt. Betreten werden die Flächen allgemein nur im Rahmen von Wartungs-, Pflege-, und Instandhaltungsmaßnahmen, z. B. um aufkeimende Gehölze zu entfernen.

Der Aufbau des Daches ist in mehrschichtiger Bauweise ausgeführt, unterteilt in Vegetationstragschicht und einer darunter liegenden Drainageschicht. Die durchschnittliche Substrattiefe beträgt 14,6cm. Die Vegetationstragschicht besteht aus einem Substratgemisch aus Sand, Blähton und Bims. Der Feinanteil in dieser Schicht überwiegt, die maximale Korngröße liegt bei 5mm. Die Drainageschicht besteht aus einer Schicht Kies KG16/32 (siehe Abb.3). Die Versuchsfläche ist stark sonnen- und windexponiert. In der Vegetationsschicht waren diverse Arten *Sedum*, Gräser und Moose erkennbar.



Abbildung 3: Substratgemisch, G28 AKH Hauptgebäude, eigene Abbildung 2018

3.1.2 G02, AKH Wien Nebengebäude

Das Gründach befindet sich auf einem Nebengebäude östlich des AKH- Hauptgebäudes und ist über einen Ausgang im Stiegenhaus zugänglich. Die Gebäudehöhe beträgt 12m. Die Größe der begrünten Fläche beläuft sich, abzüglich des Kiesstreifen am Rand der Dachfläche und des Lichtschachts in der Dachmitte, auf etwa 1800m². Wie Dach G28 wurde auch dieses Dach erstmals 1977 begrünt. Im Jahr 2013 fanden allerdings Sanierungsmaßnahmen statt, wobei auch ein Teil des Dachsubstrats erneuert wurde. Wie groß die Menge an neu zugeführtem Substrat war konnte nicht geklärt werden. Die unterschiedlichen Substratgemische waren beim Probennehmen jedoch gut von einander zu unterscheiden.



Abbildung 4: Gründach G02, AKH Wien Nebengebäude, eigene Abbildung 2018

Das Dach hat mehrere technische Einbauten. Neben diversen Wartungsöffnungen befinden sich mehrere Dachabzugshauben und Lichtkuppeln auf der Fläche. Am Rand des Lichtschachts, der sich in der Dachmitte befindet, läuft die Führungsschiene für einen Wartungskran. Dieses Dach wird zu Pflege-, Reinigungs-, und Wartungsarbeiten besucht. Die Fläche ist sonnig exponiert und vor allem dem Wind aus nördlicher Richtung stark ausgesetzt.

Der Aufbau der Substratschicht ist in einschichtiger Bauweise ausgeführt. Anders als auf Dach G28 gibt es hier also nur eine bis zur Schutzvlieslage gut durchmischte Schicht. Im Substrat findet sich ein ähnlich hoher Anteil an Feinmaterial wie auf Dach 28. Das Substrat besteht hier jedoch zumeist aus Bims und Ziegelbruchmaterial (siehe Abb.5). Die durchschnittliche Substrattiefe liegt bei 11,4cm. Die Durchwurzelung der Vegetationstragschicht ist sehr stark ausgeprägt und reicht bis zur Schutzvlieslage. Die Vegetation wirkte sehr artenreich und war bereits wesentlich weiter entwickelt als dies bei den Probenentnahmen einen Monat davor auf Dach G28 der Fall war.



Abbildung 5: Substratgemisch, G02 AKH Nebengebäude, eigene Abbildung 2018

3.1.3 G36, BASE19 StudentInnenwohnheim

Das 2010 begrünte Dach befindet am nördlichen Gebäudetrakt des BASE 19 StudentInnenwohnheim im 19. Bezirk. Das begrünte Dach liegt auf 24m Höhe und hat eine Fläche von 570m². Der Zugang erfolgt per Leiter durch eine Lichtkuppel am obersten Stock. Das Gründach ist nicht als Aufenthaltsbereich konzipiert und wird ausschließlich zur Ausführung von Wartungs-, Pflege-, und Sanierungsarbeiten betreten. Als Absturzsicherung für das Wartungspersonal ist ein gespanntes Drahtseil in der Mitte des Dachs verbaut.



Abbildung 6: Gründach G36, BASE19 StudentInnenwohnheim, eigene Abbildung 2018

Bei den technischen Einbauten handelt sich um Gebäudeabluft- und Heizungsschächte sowie um Blitzschutz und Sicherungseinrichtungen für das Wartungspersonal. Die Schächte der Entlüftung sind zweireihig in der Dachmitte angeordnet. Im Vergleich zu den anderen Versuchsdächern ist der Flächenbedarf der Aufbauten hier wesentlich größer. Die Einbauten beanspruchen rund 70m² der Dachfläche.

Die Vegetationstragschicht ist in einschichtiger Bauweise ausgeführt. Die Substrattiefe liegt im Durchschnitt bei 11cm. Hauptbestandteil des Substrats ist Ziegelbruchmaterial mit hohem Feinanteil. Andere Bestandteile von üblichen Leichtsubstratgemischen (e. g. Lava, Bims, Blähton,..) wurden in den Bodenproben kaum gefunden (siehe Abb.7). Das Substrat ist bis zur Schutzvlieslage homogen durchmischt. Die Vegetationsschicht ist sehr dicht ausgeprägt und besteht überwiegend aus Sedumarten, wenigen Gräsern und einjährigen Pflanzen. Es gibt kaum kahle Stellen. Die Durchwurzelung der Vegetationstragschicht war bei der Probeentnahme deutlich sichtbar. Der Standort ist ebenfalls sehr stark sonnen- und windexponiert. Im Bereich der Fassade des Nebengebäudes gibt es allerdings einen schattigen Bereich. Der Schattenwurf wird durch das benachbarte Gebäude verursacht. Im schattigen Bereich an der Fassade haben sich einige Gehölze (*Populus nigra*) aus den letzten Vegetationsperioden zu kopfhohen Exemplaren entwickelt.



Abbildung 7: Substratgemisch, G36 BASE19 StudentInnenwohnheim, eigene Abbildung 2018

3.1.4 G48, BOKU Wien Muthgasse

Das 580m² große Gründach wurde 1992 fertiggestellt und liegt in 8m Höhe, am Dach des BOKU Standort Muthgasse 18, im 19. Bezirk. Die Besonderheit dieses Standorts ist die Innenhoflage. Die angrenzenden Gebäude umschliessen die Fläche an drei Seiten mehrere Stockwerke hoch, wodurch nur sehr wenig direktes Sonnenlicht auf die Fläche fällt. Vor allem in den Wintermonaten gibt es selten mehr als 2 Lichtstunden pro Tag (WIEN.GV.AT, 2018). Der Zugang erfolgt über eine Betonstiege von der Terrasse des 1. Stocks. Am Ende dieser Stiege versperrt ein kleines Tor den direkten Zugang zur Dachfläche. Das Gründach ist allgemein nicht als Aufenthaltsbereich konzipiert und wird nur zur Ausführung von Wartungs-, Pflege-, und Sanierungsarbeiten betreten.



Abbildung 8: Gründach G48, BOKU Wien Muthgasse, eigene Abbildung 2018

Zu den technischen Einbauten zählen Lichtkuppeln, Wartungsschächte und Klimaanlage. Die Dacheinbauten liegen auf der gesamten Fläche verteilt. Für Wartungs- oder Reparaturangelegenheiten können die Einbauten über ein Wegenetz aus Betonsteinplatten erreicht werden. Diese Platten bilden auch die Abgrenzung der Vegetationstragschicht zum Dachrand hin. Als Absturzsicherung wurden Geländerkonstruktionen aus Metall am Dachrand verbaut.

Der Dachaufbau ist in einschichtiger Bauweise ausgeführt. Die Vegetationstragschicht ist im Durchschnitt 11cm stark und besteht aus Ziegelbruch, Blähton, Blähschiefer, Bims und einem hohen Anteil an Feinmaterial (siehe Abb.9). Das Substratgemisch ist bis zur Schutzvlieslage gut durchmischt und vermittelt einen deutlich höheren Feuchtigkeitsgehalt als die Substrate der übrigen Dachflächen. Der Deckungsgrad der Vegetationsschicht variiert zum Zeitpunkt der Probenentnahme stark. Während die Bereiche in der Dachmitte eine dicht geschlossene Vegetation ausbilden, treten in den Randbereichen häufig kahle Stellen ohne Vegetation hervor. Die Vegetationsdecke ist eine Mischung aus Gräsern, Sedumarten, Moosen und Kräutern. Zu den niederwüchsigen Pflanzen gesellen sich einige bereits mehrjährige brusthohe Gehölze. Dies führt zur Annahme, dass hier keine regelmäßigen Pflegemaßnahmen der Vegetation stattfinden.



Abbildung 9: Substratgemisch G48, BOKU Wien Muthgasse, eigene Abbildung 2018

3.1.5 G37, Schmelz GRG15

Die Dachbegrünung des Gebäudes gehört mit einer Fläche von 320 m² zu den kleinsten Dächern. Der Zugang erfolgt über eine Fensteröffnung im Hauptgebäude. Die Begrünung wurde im Jahr 2000 erneuert. Ähnlich wie Dach G48 ist diese Fläche von Gebäudefassaden umschlossen, wodurch eine Innenhof-Situation (siehe Abb.10) entsteht. Allerdings reichen die Gebäudewände nur eine Etagenhöhe über die Begrünung, wodurch der Anteil an Sonnenstunden bzw. direktem Sonnenlicht auf der Fläche deutlich höher ist als auf Gründach G48. Die abgeschlossene Lage führt bei starker Sonneneinstrahlung zu Hitzestau.



Abbildung 10: Gründach G37, Schmelz GRG15, eigene Abbildung 2018

Die Vegetationsdecke gestaltet sich ähnlich wie auf Dach G48. Im Randbereich etwas spärlicher ausgeprägt, bildet sich im mittleren Bereich eine gut geschlossene Pflanzendecke aus. Mit Ausnahme der kahlen Stellen in den Randbereichen ist die Durchwurzelung der Vegetationsschicht durchaus stark ausgebildet. Den Hauptanteil machen unterschiedliche Sedumarten aus. Kräuter, Gräser und auch Gehölze (ein- bis zweijährige) gesellen sich zu den anderen in den schattigen Bereichen entlang der Glasfassade hinzu. Im sonnenexponierteren Bereich finden sich auch immer wieder Gruppen von vertrockneten Gräsern.

Beim Aufbau handelt es sich um einen einschichtigen Aufbau. Das Substrat ist ein Gemisch aus Ziegelbruch mit geringen Anteilen Bims und Lava (siehe Abb.11). Der Feinanteil am Substratgemisch ist eher gering. Die Substratstärke liegt im Durchschnitt bei 8cm. In den Randbereichen ist die Aufbauhöhe etwas geringer. Das Substrat ist bis zur Schutzvlieslage homogen durchmischt und wirkt auf der gesamten Fläche stark ausgetrocknet.



Abbildung 11: Substratgemisch G37, GRG auf der Schmelz, eigene Abbildung 2018

3.1.6 G21, Auhofcenter

Das Auhofcenter liegt an der Landesgrenze zu Niederösterreich im 14. Bezirk, in unmittelbarer Nähe zum Biosphärenpark Wienerwald. Man kann hier bereits vom Übergangsbereich zwischen urbanem und ruralem Raum sprechen. Die Bebauungsdichte der unmittelbaren Umgebung ist hier wesentlich geringer als bei den innerstädtischen Gründächern. Bei der Versuchsfläche handelt es sich um einen 1900m² großen Teilbereich der gesamten Dachfläche. Der untersuchte Bereich liegt in 10m Höhe am südöstlichen Ende des Gebäudekomplexes. Das Gründach liegt schließt an das nächste Stockwerk des Hauptgebäudes an. Dieser Umstand führt zu Schattenwurf entlang der Gebäudefassade. Der übrige Teil des Dachs ist stark sonnen- und windexponiert.



Abbildung 12: Gründach G21, Auhofcenter, eigene Abbildung 2018

Stellenweise sind dichte Ansammlungen von Gräsern erkennbar, hauptsächlich in den Bereichen um die Abflussschächte. Das verstärkte Auftreten von Vegetation hängt vermutlich mit Wasserakkumulation in diesen Bereichen zusammen. Die Durchwurzelung der Vegetationstragschicht reicht meist nur ein, zwei Zentimeter tief. Der Deckungsgrad der Vegetation wird zum Zeitpunkt der Probennahme als hoch eingestuft. Die technischen Einbauten liegen auf der gesamten Fläche verteilt. Dabei handelt es sich um Wartungs- und Abflussschächte, Blitzschutzinstallationen und Kabelschächte die quer über die Dachfläche verlaufen. Spezielle Pflege- und Bewässerungsmaßnahmen werden nicht durchgeführt.

Der Dachaufbau ist in einschichtiger Bauweise ausgeführt. Das Substratgemisch der Vegetationstragschicht besteht aus Ziegelbruchmaterial. Unter anderem wurden aber auch Rückstände von Fliesen und Mauerputz gefunden. Dies lässt darauf schließen, dass es sich beim Substrat um Baustoffrecyclingmaterial handelt (siehe Abb.13). Auffallend an diesem Substratgemisch ist der geringe Anteil an Feinmaterial. Die Aufbaustärke beträgt im Durchschnitt gemessen 8,4cm. Dieses Dach ist somit eines von drei untersuchten Dächern bei denen die Substrattiefe weniger als 10cm beträgt. Die Vegetationsdecke wird durch niederwüchsige Sedumarten dominiert.



Abbildung 13: Substratgemisch G21, Auhofcenter, eigene Abbildung 2018

3.1.7 G05, HBFLA Gartenbau Schönbrunn

Der Standort G05 ist ein Teil der begrünten Dachfläche einer Aussenstelle der HBLFA Gartenbau Schönbrunn, im 12. Bezirk. Das Gebiet rund um die Gartenanlage ist geprägt von Einfamilienhäusern. Auf der gegenüberliegenden Seite liegt der Friedhof Südwest. Die gesamte Dachfläche des Standorts ist begrünt und dient den MitarbeiterInnen und SchülerInnen der HBLFA als Versuchsfläche. Unmittelbar im Anschluss liegen mehrere Gründächer. Die Dachfläche ist 300m² groß und wurde im Jahr 2007 angelegt. Die Dachhöhe liegt bei 5m. Zugänglich ist die Versuchsfläche über eine Metallstiege die im vorderen Bereich des Gebäudes angebracht ist. Von dort führt ein Weg durch die angrenzenden Dachgärten auf die Versuchsfläche. Der Standort ist Wind und Wetter voll ausgesetzt.



Abbildung 14: Gründach G05, HBFLA Gartenbau Schönbrunn, eigene Abbildung 2018

Die technischen Einbauten sind vier in den Ecken platzierte Anseilhaken. Diese dienen der Sicherung bei Pflegemaßnahmen, die in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Dabei wird die Fläche gemäht und von auflaufenden Gehölzen befreit. Das Schnittgut wird von den GärtnerInnen im Anschluss von der Fläche abtransportiert und kompostiert. Dieser Bereich der Dachbegrünung wird weder bewässert noch gedüngt.

Die Vegetationstragschicht des einschichtigen Aufbaus ist im Durchschnitt 6,4cm tief. Auf keinem anderen Dach wurde eine geringere Aufbaustärke gemessen. Hauptbestandteil des Substrats ist Recyclingmaterial, zumeist Ziegelbruch, mit geringen Anteilen Blähton und Blähschiefer (siehe Abb.15). Hinzu kommt ein sehr hoher Anteil an Feinmaterial. Das Dach verfügt trotz der geringen Aufbaustärke über eine sehr dichte, aus Gräsern, Kräutern und Sedumarten zusammengesetzte Vegetationsschicht ohne nennenswerte bewuchsfreie Stellen. Das Substrat selbst ist zudem sehr stark durchwurzelt und macht einen frischen, gut wasserversorgten Eindruck. Ein 50cm breiter Kiesstreifen grenzt die Vegetation zum Dachrand hin ab.



Abbildung 15: Substratgemisch G05, HBFLA Gartenbau Schönbrunn, eigene Abbildung 2018

3.2 Entnahme der Substratproben

Die Proben wurden innerhalb eines vierwöchigen Zeitfensters ab Anfang April 2018 gesammelt. Auf jeder Versuchsfläche wurden an fünf Transekten je zehn Einzelproben (50 Einzelproben je Dachfläche) entnommen. Die Ausrichtung der Transekte erfolgte an allen Dächern entlang einer Nord-Süd Achse. Zusätzlich zu den Substratproben wurden die Gebäudehöhe, Substrattiefe, Flächengröße, Alter der Dachbegrünung und die Zusammensetzung des Dachsubstrats ermittelt. Die Entnahme erfolgte mit Hilfe eines Entnahmezylinders – ein Metallrohr mit den Abmessungen $\varnothing=5\text{cm}$, $h=15\text{cm}$ und dem Gesamtvolumen von 300ml ($0,0003\text{m}^3$) – und einer Pflanzschaufel. Entnommen wurde Material von der Oberfläche bis zum Beginn der Schutzvlieslage, wodurch ein guter Querschnitt über die vollständige Bodentiefe erreicht wird (siehe Abb.16). Die Vegetationsschicht an der Oberfläche wurde an den Probestellen vor der Entnahme eingekürzt und etwa 1 cm abgehoben. Eine Probenentnahme entspricht dabei genau der Menge an Substrat, die das zylindrische Behältnis (300ml) bis zum oberen Rand auffüllt. Bei zu geringer Substrattiefe wurde der Vorgang solange wiederholt, bis die entsprechende Menge entnommen war. Das entnommene Substrat wurde durch handelsübliches Dachsubstratgemisch aus Ziegelsplitt ersetzt.

Die 50 Einzelproben einer Versuchsfläche wurden anschließend nach K.-G. Bernhardt & Hurka (1989) zu je einer Mischprobe (MP) pro Dachfläche vermengt und in einen beschrifteten verschließbaren Plastikbeutel gepackt. Eine Mischprobe (50 Einzelproben á 300ml) umfasst somit 15.000ml ($0,015\text{m}^3$). Nach dem Sammeln wurde jede Mischprobe nach dem Zufallsprinzip in zwei gleich große Einheiten (MP1 7.500ml u. MP2 7.500ml) aufgeteilt und umgehend bis zum Start der Versuchsreihen Mitte Mai 2018, bei 4°C im Kühlraum, am Institut für Botanik, BOKU Wien, gelagert (siehe Abb.17). Die Lagerung unterhalb der natürlichen Keimtemperatur verhindert ein vorzeitiges Keimen der Diasporen (Roberts, 1974).



Abbildung 16: Proben, eigene Abbildung 2018



Abbildung 17: Lagerung, eigene Abbildung 2018

3.3 Keimversuch im Gewächshaus

Für den Emergenzversuch wurde die Mischproben MP1 (7 Stk. á 7500ml) Anfang Mai im Gewächshaus unter Freilandbedingungen zum Keimen gebracht (siehe Abb. 18). Der Standort der Proben im Gewächshaus wurde so gewählt, dass Tagesspezifische Licht- und Schattenverhältnisse gegeben waren.

Die sieben Mischproben wurden in Pikiertassen auf einer Schicht (~3cm) sterilem Quarzsand (KG 0-1mm) ausgestrichen. Je eine Mischprobe wurde in Form einer dünnen Schicht (max. 1cm) auf drei Pikiertassen aufgeteilt. Durch die dünne Schicht wird verhindert, dass lichtkeimende Arten durch eine zu dicke Substratschicht am Keimen gehindert werden. Zur Kontrolle von Anflugkontamination wurden vier mit Quarzsand gefüllte Kontrollschalen (Karlík & Poschlod, 2014) zwischen den Versuchsobjekten positioniert. Unter regelmäßigem Bewässern wurde die Proben zum Keimen gebracht.



Abbildung 18: Keimtassen im Gewächshaus, eigene Abbildung 2018

Während des Versuchs wurden die Proben zweimal wöchentlich auf Austriebe kontrolliert. Gekeimte Individuen wurden gezählt, wenn möglich gleich bestimmt und aus den Tassen entfernt. Zur Nachbestimmung und für anschließende Herbarbelege wurde je ein Exemplar pro Art vereinzelt und in einen kleinen Topf mit Blumenerde gepflanzt. Die Zuordnung der Pflanzen in Familie, Gattung und Art wurden mit Hilfe von Literatur (Eggenberg & Möhl, 2013; M. A. Fischer u. a., 2008; Hanf, 1983) durchgeführt. Mit einer letzten Kontrolle Anfang September wurde die Versuchsreihe, nach einer viermonatigen Laufzeit, beendet.



Abbildung 19: gekeimte Pflanzen im Gewächshaus, eigene Abbildung 2018



Abbildung 20: Jungpflanze, eigene Abbildung 2018

3.4 Spülverfahren zur Erfassung der Diasporenbank

Alle Proben, die als MP2 (7 Stk. á 7500ml) gekennzeichnet waren wurden im Waschlabor mit einem weichen Wasserstrahl durch einen sechsteiligen Siebsatz mit den Maschenweiten 4mm, 3.15 mm, 2mm, 0.8mm, 0.5mm, 0.2mm, ausgewaschen (siehe Abb. 21). Dieser Vorgang dient der Abscheidung organischer und anorganischer Anteile von den Diasporen, wie auch bei Bernhardt & Hurka (1989) beschrieben. Pro Waschgang wurden etwa 250ml Substrat durch den Siebsatz gewaschen. Die Waschdauer pro Waschgang wurde auf 10 Minuten festgelegt.



Abbildung 21: Siebsatz, eigene Abbildung 2018



Abbildung 22: Gewaschene Probe zum trocken aufgelegt, eigene Abbildung 2018

Jene Fraktionen, die nach dem Waschen als Rückstand in den sechs Sieben zurückblieben, wurden zum Trocken auf Papier (Größe: A3) übertragen (siehe Abb. 22). Der Vorgang fand bei Raumtemperatur im Waschlabor statt und dauerte je nach Korngröße zwei bis sieben Tage. Anschließend wurden die trockenen Überreste unter der Lupe und dem Binokular nach Diasporen durchsucht. Die gefundenen Diasporen wurden aussortiert, gezählt und in Petrischalen gesammelt. Für die darauf folgenden Keimversuche wurden nur jene Diasporen ausgewählt, die sichtbar unbeschädigt – also als "apparently-viable" vermeintlich keimfähig – galten (Roberts, 1974). Die anschließende Bestimmung der Samen erfolgte mit Hilfe der Vergleichssammlung des Instituts für Botanik, BOKU Wien und des Digital Seed Atlas of the Netherlands. Zur Überprüfung der Keimfähigkeit wurden die gefundenen Exemplare einem Keimversuch im Klimaschrank unterzogen.

3.5 Ermittlung der Keimfähigkeit im Klimaschrank

Zur Bestimmung der Keimfähigkeit der Diasporen aus dem Spülversuch wurden diese Samen drei Wochen lang unterschiedlichen Temperatur- und Lichtverhältnisse ausgesetzt. Die stratifizierte Diasporen – sie wurden vor dem Versuch befeuchtet und mehrere Wochen im Kühlraum gelagert – wurden in ihren Petrischalen in den Klimaschrank (Panasonic MLR-352-PE) geschichtet und über drei Wochen einem 12h [Tag]/25°C und 12h [Nacht]/15°C Rhythmus ausgesetzt.

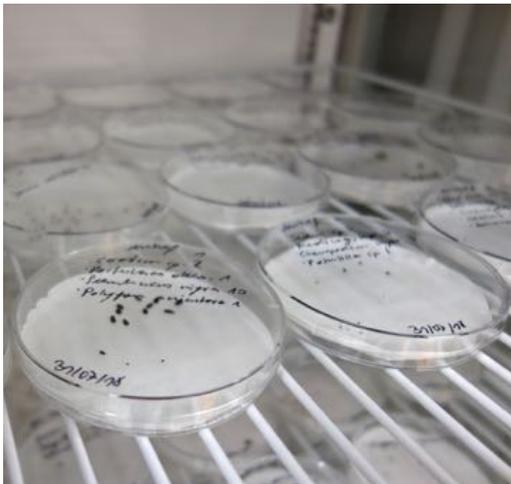


Abbildung 23: Klimaschrank, eigene Abbildung 2018



Abbildung 24: Keimkontrolle, eigene Abbildung 2018

Im Abstand von zwei Tagen wurden die Petrischalen dann aus dem Schrank genommen und auf positive Keimergebnisse hin kontrolliert (siehe Abb. 23 u. 24). Gekeimte Samen wurden mit einer Pinzette entfernt und gezählt. Als gekeimt galten jene Exemplare, deren Radikula bereits sichtbar war (Bernhardt u. a., 2008). Anschließend wurden die verbliebenen noch ungekeimten Samen mit de-ionisiertem Wasser erneut befeuchtet und zurück in den Klimaschrank gestellt. Jene Samen, bei denen die Keimreaktion ausblieb, wurden in einem weiteren Keimtest mit Tetrazoliumchlorid behandelt.

3.6 Ermittlung der Keimfähigkeit mittels Tetrazoliumchlorid Lösung

Dieser Test wurde bei jenen Samen angewandt, die im Klimaschrank keine Keimreaktion gezeigt haben. Es handelt sich hierbei um eine sogenannte invasive Methode, bei der die Keimfähigkeit noch ungekeimter Samen mittels einer Lösung aus Tetrazoliumchlorid (2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid) festgestellt werden kann. Tetrazoliumchlorid fungiert dabei als Indikator (Lang u. a., 2014).

Die Keimfähigkeit eines Samens gilt als nachgewiesen, wenn eine Rotfärbung des Samengewebes sichtbar ist (siehe Abb. 25 u. 26). Durch die Färbung der Samen ist es möglich, die rot gefärbten lebenden Gewebe von den farblosen toten zu unterscheiden und die Samen in lebensfähige und nicht lebensfähige Samenklassen einzuteilen (Cottrell, 1947). Für den Test wurde auf die Samen unmittelbar nach dem dreiwöchigen Keimversuch im Klimaschrank eine 1% Lösung aus 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid aufgetragen. Dann wurden Petrischalen mit Alufolien umwickelt und für weitere 24 Stunden in den Klimaschrank zurück gestellt. Nach Ablauf der 24 Stunden wurden die Petrischalen mit Proben aus dem Schrank geholt und auf positive Reaktion (Rotfärbung) überprüft.



Abbildung 26: Verfärbung an der Schale außen, eigene Abbildung 2018

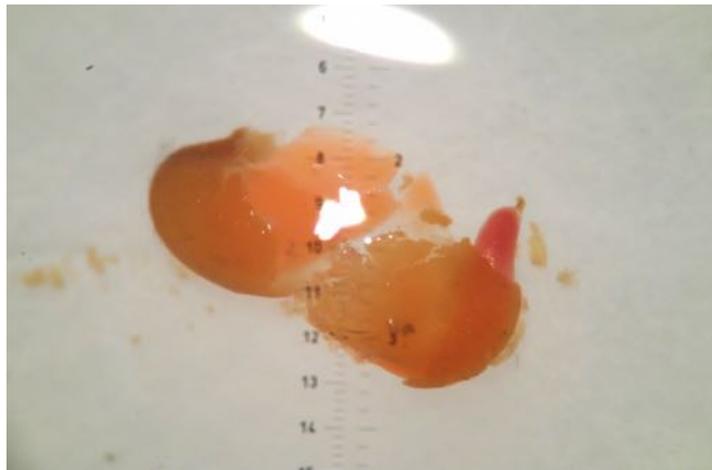


Abbildung 25: Verfärbung bei *Medicago lupulina*, eigene Abbildung 2018

3.7 Quantifizierung der Biodiversität

Zur Quantifizierung der Biodiversität der Diasporenbank der extensiv begrünten Dächer wurde der Diversitätsindex nach Shannon (species diversity H') herangezogen. Ein Diversitäts-Index ist ein quantitatives Maß, das angibt, wie viele verschiedene Typen (z. B. Arten) in einem Datensatz (einer Community) vorhanden sind. Gleichzeitig wird berücksichtigt, wie gleichmäßig die Basiseinheiten (e.g. Einzelindividuen) auf diese Typen verteilt sind (Smith & Smith, 2009).

$$H' = \sum_{i=1}^S - (P_i * \ln P_i)$$

H' = Shannon Diversitäts- Index

P_i = Anteil der jeweiligen Art i an der Gesamtzahl n

S = Anzahl vorhandener Arten

\sum = Summe von Art 1 bis Art S

3.8 Ermittlung des Gemeinschaftskoeffizienten (Sørensen CCs)

Als Maß für die Übereinstimmung der Arten in unterschiedlichen Lebensgemeinschaften werden sogenannte Gemeinschaftskoeffizienten (e. g. Sørensen- Index, Jaccard- Index) verwendet (Smith & Smith, 2009, S. 464f). Im Fall der vorliegenden Arbeit wurde dafür der Koeffizient nach Sørensen (CCs) herangezogen. Bei diesem Index werden für die Berechnung die gemeinsamen Arten und die Gesamtartenzahlen der beiden miteinander verglichenen Lebensgemeinschaften (Leyer & Wesche, 2007, S. 49) verwendet.

3.9 Datenauswertung

Zur Datenauswertung und Darstellung der Ergebnisse werden eine Reihe deskriptiver und statistischer Verfahren angewandt. Für die deskriptive Auswertung der Phytodiversität werden die erfassten Arten und Individuen in Form von Tabellen und Diagrammen dargestellt. Für die statistische Auswertung wurden R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. und LibreOffice Version 6.0.6.2 verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Allgemeine floristische Zusammensetzung

Als Grundlage für die floristische Zusammensetzung dienen die Ergebnisauswertungen der Versuchsreihen Gewächshaus und Waschlabor. In den gesammelten sieben Mischproben (350 Einzelproben) wurden insgesamt 3.625 Individuen gefunden. Gefunden heißt: Die Individuen sind entweder als gekeimte Pflanzen im Gewächshausversuch gezählt worden oder als Samen, im gereinigten Rückstand der Substratproben aus dem Waschlabor, identifiziert worden.

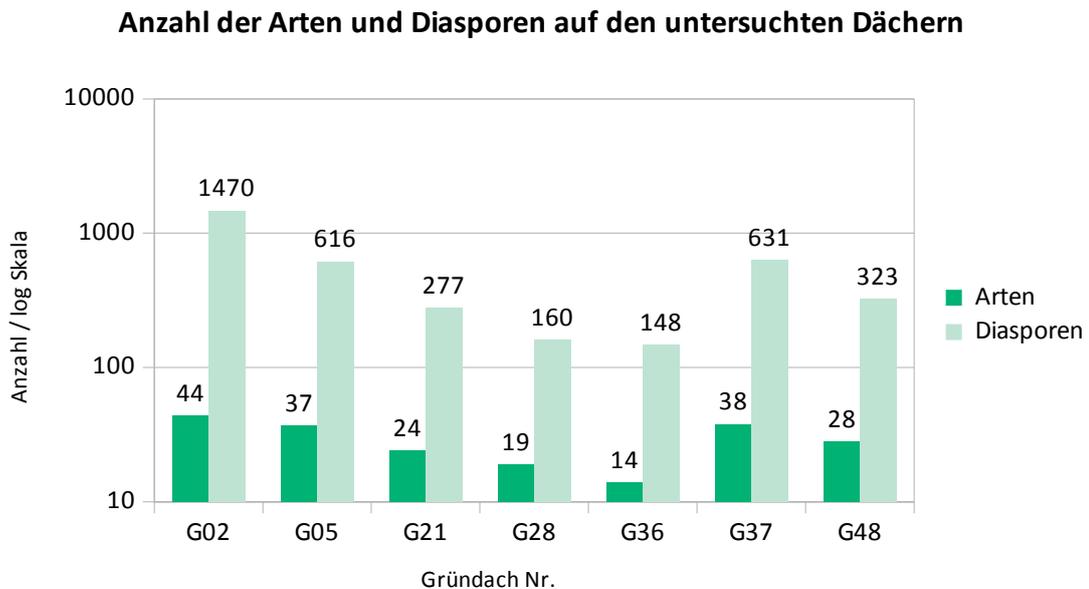


Abbildung 27: Zahlenmäßige Verteilung der gefundenen Arten (n=86) und Diasporen (n=3625)

Die Diasporenbank der sieben untersuchten Dächer setzt sich aus 32 Pflanzenfamilien mit 86 unterschiedlichen Arten zusammen von denen 99% (85 Arten) hinsichtlich ihrer Zugehörigkeit nach Familie, Gattung und Art bestimmt werden konnten. Eine Art konnte nur auf die Zugehörigkeit innerhalb der Gattung bestimmt werden. Abbildung 27 zeigt die absolute Verteilung der gefundenen Arten und Individuen auf den untersuchten Gründächern (n=7). Die durchschnittliche Anzahl der Arten pro Dach ist 29 ± 11 Arten und 518 ± 464 Diasporen.

Die zehn häufigsten Familien der DSB nach Anzahl der Arten

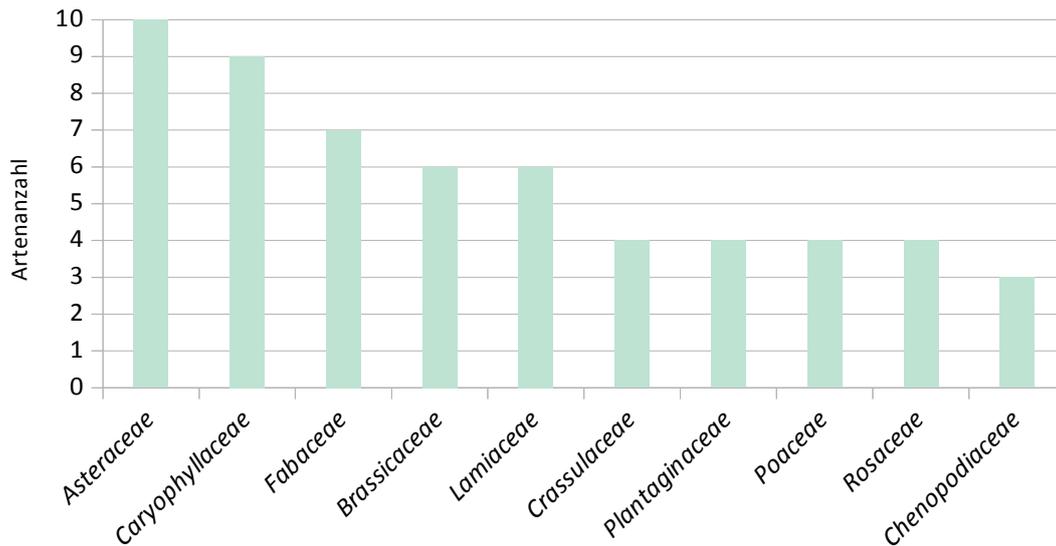


Abbildung 28: Die zehn häufigsten Familien gemessen an deren Artenanzahl

Die häufigsten Familien werden in Abb. 28 anhand des Anteils an verschiedenen Arten dargestellt. Die meisten Arten innerhalb einer Pflanzenfamilie stellen *Asteraceae* (n=10 Arten), *Caryophyllaceae* (n=9) und *Fabaceae* (n=7) dar. Die meisten Diasporen wurden von *Setaria viridis* (n=720 Diasporen, 20% aller gefundenen Diasporen), *Arenaria serpyllifolia* (n=549, 15%), *Medicago lupulina* (n=291, 8%) und *Microrrhinum minus* (n=275, 8%) gefunden (siehe Abbildung 29).

Die zehn häufigsten Arten der DSB aller Dächer

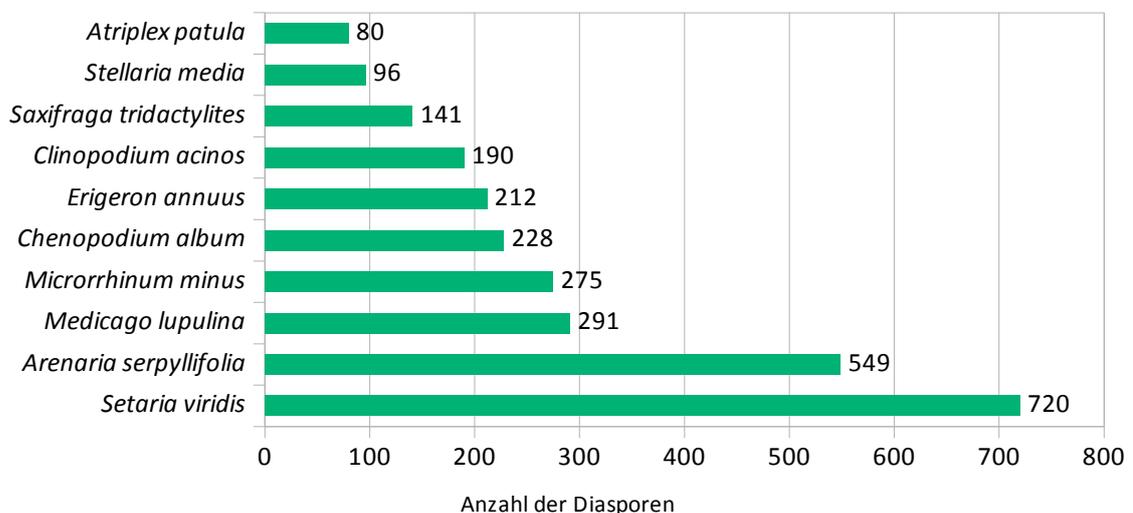


Abbildung 29: Die zehn häufigsten Arten gemessen an deren Individuenzahl (n=2782)

4.1.1 Herkunft der Arten

Es wurden heimische Arten, Archaeophyten und Neophyten gefunden. Der Artenbestand auf den Dächern besteht zu knapp Dreiviertel (73%) aus heimischen Arten. Unter den Neophyten wurden keine als „invasive Art“ geltende Pflanzen gefunden.

Wie in Abbildung 30 gezeigt wird, setzt sich das bestimmbare Arteninventar (n=85 Arten) in seiner Gesamtheit betrachtet aus 64 heimischen Arten (75%), 14 nicht heimischen Arten oder Neophyten (16%) und 7 Arten (8%), die zu den Archaeophyten zählen, zusammen. Eine Art (*Potentilla sp.*) konnte ihrer Herkunft nicht zugeordnet werden.

Weitere 112 im Gewächshaus gekeimte Individuen konnten keiner Art zugewiesen werden. Das frühe Stadium der Keimung erschwerte eine genauere Klassifizierung womit auch deren Herkunft nicht geklärt werden konnte. 108 der 112 Individuen waren aus der Klasse der Dikotylen, 4 Individuen aus der Klasse der Monokotylen Pflanzen. In Abb. 30 werden daher lediglich die bestimmbaren Arten nach ihrer Herkunft dargestellt

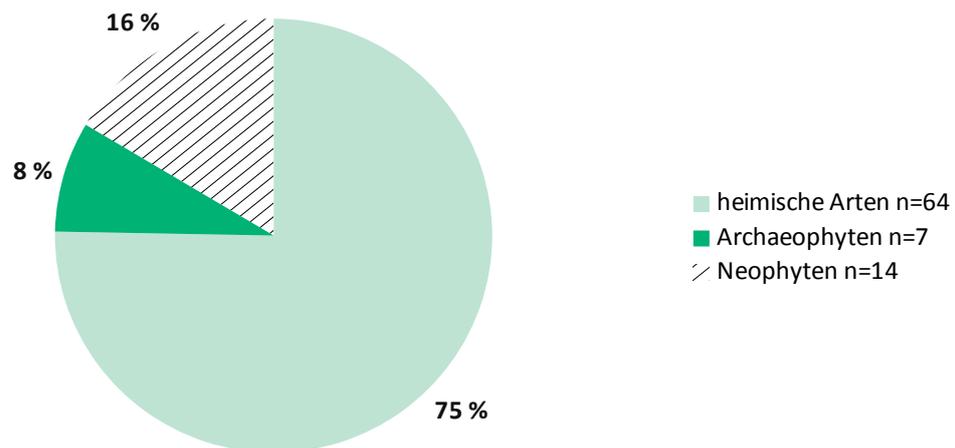


Abbildung 30: Unterscheidung nach Herkunft der bestimmbaren Arten (n=85)

Neophyten

Die meisten nicht heimischen Arten (n=9) und Individuen (n=210) wurden in den Proben von Dach G02 gefunden. Die bei weitem häufigste Art war *Erigeron annuus* (n=147 Individuen). Zudem fanden sich etwas häufiger zwei Vertreter der Gattung *Sedum*, *Sedum kamschatikum* (n=25) und *Sedum spurium* (n=15). Beinahe gleich viele Arten (n=8) aber deutlich weniger Individuen (n=52) nicht heimischer Arten wurden in den Proben von G37 nachgewiesen. Die bei weitem geringste Arten- und Individuenzahl an Neophyten wurde in den Proben von G28 ermittelt. Auf diesem Dach befinden sich nur drei Arten und neun Individuen nicht heimischer Herkunft, *Erigeron annuus* (n=5), *Sedum spurium* (n=3) und *Amaranthus retroflexus* (n=1).

Bei *Erigeron annuus* und *Amaranthus retroflexus* lässt sich erkennen, dass beide Arten zwar in unterschiedlicher Individuenzahl, aber auf allen sieben Dächern vertreten sind. Die übrigen 12 Arten kommen auf mindestens einem der sieben Dächer vor. *Datura stramonium*, *Helichrysum sp.*, *Hypericum androsaemum* und *Trifolium incana* konnten jeweils nur auf einem Dach gefunden werden (siehe Tabelle 1).

Gesamtes Vorkommen nicht heimischer Arten (Neophyten)							
Art	G02	G05	G21	G28	G36	G37	G48
<i>Erigeron annuus</i>	147	7	16	5	13	19	5
<i>Erigeron canadensis</i>	7	6	4	.	5	21	5
<i>Sedum spurium</i>	15	.	.	3	.	1	19
<i>Sedum kamschatikum</i>	25	.	1	.	.	.	10
<i>Amaranthus retroflexus</i>	11	4	1	1	2	5	4
<i>Allium schoenoprasum</i>	2	17	.	.	.	.	.
<i>Buddleja davidii</i>	1	.	.	.	.	.	14
<i>Oxalis corniculata</i>	.	2	2	.	.	3	.
<i>Paulownia tomentosa</i>	1	3	.	.	.	.	.
<i>Actinidia deliciosa</i>	.	1	.	.	.	1	.
<i>Hypericum androsaemum</i>	.	.	.	.	.	.	2
<i>Datura stramonium</i>	.	.	.	.	.	1	.
<i>Helichrysum sp.</i>	1	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium incana</i>	.	.	.	.	.	1	.
Gesamt	210	40	24	9	20	52	59

Tabelle 1: Neophyten und deren Individuenanzahl auf den sieben untersuchten Gründächern

In Abb.31 werden alle nicht heimischen Arten, die in allen Versuchsreihen gefunden wurden, nach der Individuenzahl dargestellt. Hier wird recht deutlich wie häufig *Erigeron annuus* (n=212 Individuen) im Verhältnis zu den übrigen 13 Arten vorkommt. *Erigeron annuus* hat bereits einen Anteil von 51% an den Neophyten. Der prozentuale Anteil von *Erigeron canadensis* (n=48), der zweithäufigsten Art, liegt bei 12%. Die beiden Sedumarten *S. spurium* (n=39) und *S. kamschatikum* (n=36) erreichen jeweils 9% Anteil an den Neophyten, *Allium schoenoprasum* (n=19) 5%, *Oxalis corniculata* (n=7) 2% und alle dahinter liegenden Arten kommen nur noch mit <1% vor.

Art und Diasporenanzahl der nicht heimischen Arten

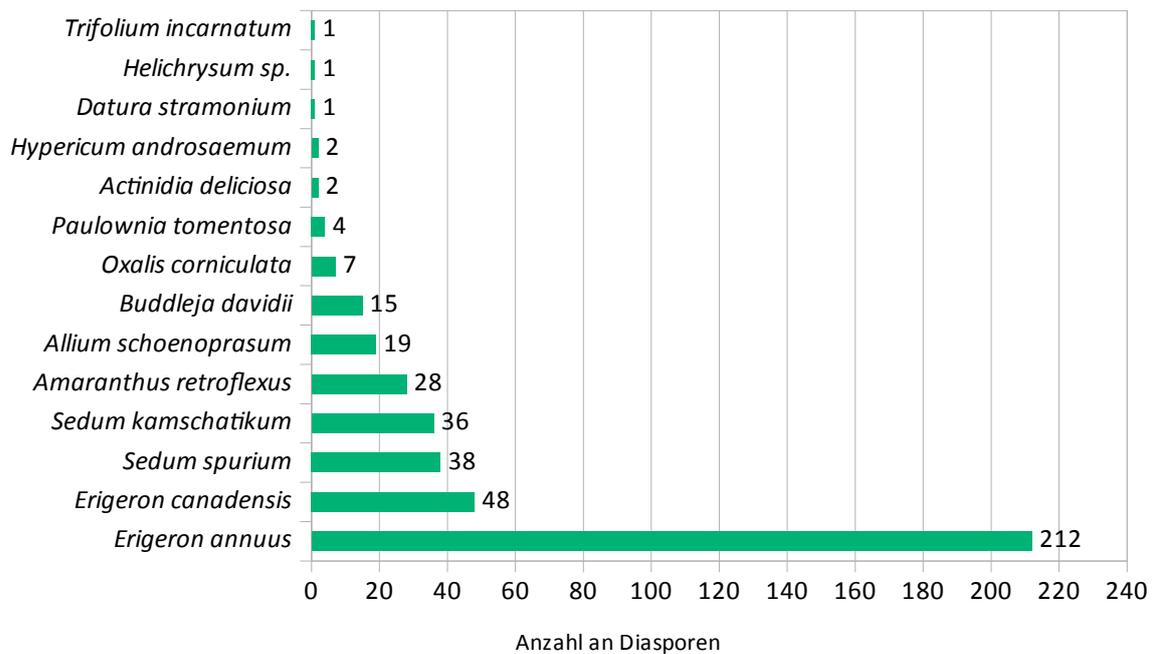


Abbildung 31: Anzahl der Diasporen (n=414) nicht heimischer Arten (n=14)

4.1.2 Ermittlung der Diasporenbanktypen

Die Auswertung hat ergeben, dass knapp die Hälfte aller Arten (n=40 Arten, 46% aller gefundenen Arten) Diasporen des Typ TP (transient/persistent) zugeordnet werden können. Das heißt, diese Arten bilden sowohl kurzlebige als auch langlebige Diasporen aus. Der Anteil an Arten, die ausschließlich langlebige Diasporen des Typ P (persistent) ausbilden, liegt mit 18 Arten bei 21%. 12 Arten (14%) bilden kurzlebige Diasporen des Typ T (transient) aus. Für weitere 16 Arten (19%) konnten keine Klassifizierungen gefunden werden. Diese werden unter der Bezeichnung „no attribute“ angeführt (siehe Abb. 32.)

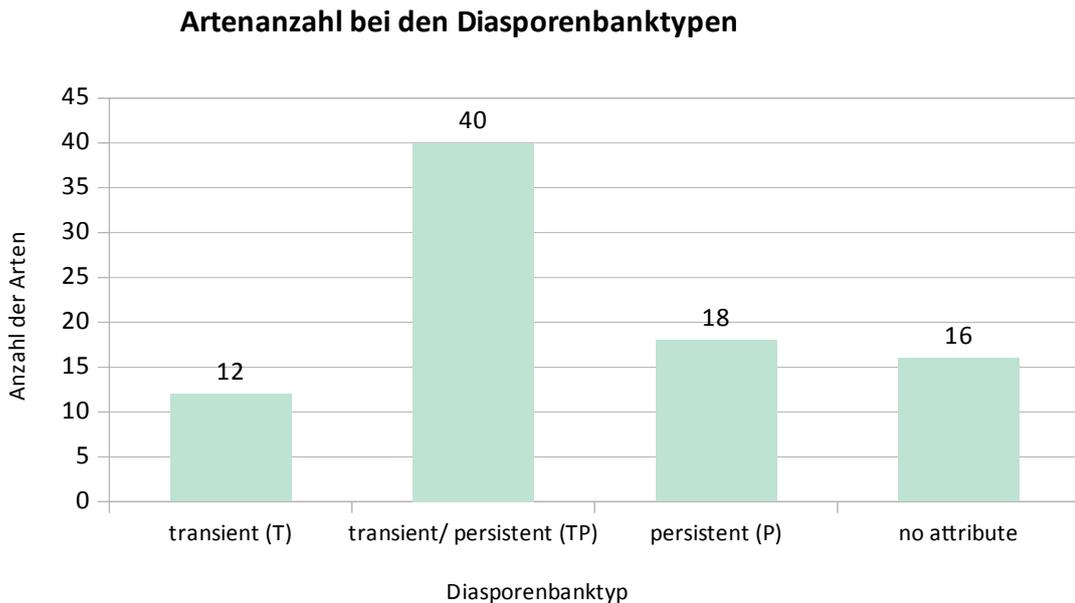


Abbildung 32: Artenanzahl (n=86) bei den ermittelten Diasporenbanktypen

Durchschnittlich kommen 14 ± 4 Arten des Typs TP pro Dach vor. Am häufigsten finden sich Arten des Typ TP auf den Dächern G37 (n=21 Arten), G02 (n=17) und G05 (n=16). Arten des Typ P kommen am häufigsten auf Dach G05 (n=11) und G02 (n=10) vor. Die meisten Diasporen des Typ T finden sich auf Dach G02 und G48 (n=6). Keine einzige Art des Typ T war in den Proben von Dach G36 zu finden (siehe Tabelle 2).

Angeführt wird die Anzahl an gefundenen Arten. T (transient/ kurzlebige) die Pflanze produziert Samen, die im Boden <1 Jahr überdauern; P (persistent/ ausdauernd) der Samen überdauert im Boden min. 1 Jahr oft mehrere Jahre bis Jahrzehnte; TP (transient-persistent) Pflanzen, die Diasporen beider Formen ausbilden

Typ	G02	G05	G21	G28	G36	G37	G48	Mittelwert
T	6	5	1	3	.	4	6	4 ± 2
TP	17	16	14	10	9	21	13	14 ± 4
P	10	11	6	5	3	9	6	7 ± 3

Tabelle 2: Artenanzahl nach Diasporenbanktypen auf den Gründächern

4.1.3 Analyse der Lebensformen

Bei den Untersuchungen der Substratproben wurden Diasporen fünf unterschiedlicher botanischer Lebensformen gefunden: Therophyten (Th), Hemikryptohyten (He), Phanerophyten (Ph), Chamaephyten (Ch) und Geophyten (Ge). Unter den 86 vorkommenden Arten gehören die meisten Arten den Lebensformen der Therophyten (n=21 Arten, 24% aller Arten) und Hemikryptophyten (n=18, 21%) an (siehe Abb. 33). Die Mehrzahl aller vorkommenden Arten tritt aber in einer kombinierten Form Therophyt/Hemikryptophyt (Th/He) (n=23, 27%) auf. Neun Arten gehören zur Klasse der Phanerohyten, sechs Arten zu den Chamaephyten (n=6) und jeweils drei Arten finden sich bei den Geophyten bzw. der Kombination aus Hemikryptophyten/ Chamaephyten (He/Ch). Eine Art konnte keiner Lebensform zugewiesen werden.

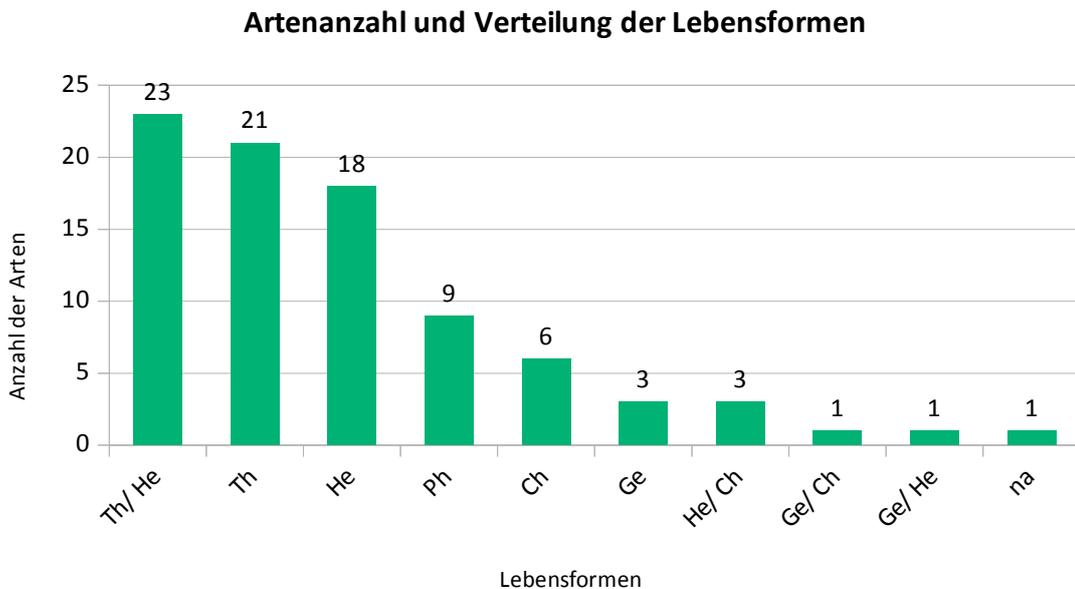


Abbildung 33: Artenanzahl (n=86) nach Lebensformen in der Diasporenbank

Lebensformen								
	G02	G05	G21	G28	G36	G37	G48	Mittelwert
Th/ He	12	8	10	7	5	13	9	9±3
Th	13	8	7	6	4	10	3	7±3
He	7	6	1	4	2	5	6	5±2
Ph	3	6	2	1	2	5	3	4±2
Ch	4	4	3	1	1	2	4	3±1
Ge	1	2	.	.	.	.	2	<1
He/ Ch	3	2	.	.	.	1	1	1±1
Ge/ Ch	1	.	.	.	.	.	.	<1
Ge/ He	.	.	.	.	.	1	.	<1

Tabelle 3: Artenanzahl nach Lebensformen auf den Gründächern

4.1.4 Ermittlung des Diasporenvorrats pro m²

Die Angaben des Diasporenvorrats in Böden beziehen sich in den meisten Fällen auf eine Fläche von 1m². Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser Arbeit mit anderen Forschungsarbeiten zu ermöglichen, wurde der Diasporenvorrat pro m² ermittelt. Dafür werden die gefundenen Samen mit einem Faktor multipliziert, der sich wie folgt berechnet:

Pro Dachfläche wurden 50 Einzelproben (EP) entnommen (10 Proben * 5 Transekten).

Radius (r) Probenzylinder: $r = 2,5\text{cm}$

Fläche (A) Probenzylinder: $A = r^2 * \pi = 2,5^2 * \pi$
 $= 19,6\text{cm}^2$
 $= 0,00196\text{m}^2$

Fläche gesamt: $A_{\text{ges}} = 0,00196\text{m}^2 * 50 \text{ EP} = 0,098$

Faktor: $F = 1\text{m}^2 / 0,098 = 10,2 = \text{Faktor } 10,2$

Anzahl der Diasporen/m² = Anzahl aller Diasporen * 10,2

	Dachflächen							
	G02	G05	G21	G28	G36	G37	G48	Mittelwert
Diasporen	1.470	616	277	160	148	631	323	518±464
Diasporen/m ²	14.994	6.283	2.825	1.632	1.510	6.436	3.295	5.284±4.733

Tabelle 4: Ermittlung des Diasporenvorrats/m² auf den untersuchten Gründächern

In Tabelle 4 werden die Berechnungen der Samendichten angeführt. Die durchschnittliche Samendichte pro Dach liegt bei 5.284±4.733 Diasporen/m².

4.2 Nachweis der Keimfähigkeit

Insgesamt konnte bei 2.036 Diasporen aus 71 Arten eine spontane Keimreaktion nachgewiesen werden. Als spontan keimfähig gelten alle im Gewächshaus gekeimten Pflanzen und alle Samen, deren Keimfähigkeit im Klimaschrank und mit dem Tetrazoilumchlorid Test (TTC-Test) nachgewiesen werden konnte. In der Probe von Dach G02 wurden die meisten keimfähigen Diasporen (n=763) gefunden. Bei G05 waren es n=460 Diasporen und bei G37 wurden n=378 Diasporen gefunden. Die geringste Anzahl keimfähiger Diasporen wurden bei G28 (n=93) und G36 (n=76) gefunden (siehe Tabelle 6).

Arten- und Individuenanzahl spontan keimfähiger Diasporen								
	G02	G05	G21	G28	G36	G37	G48	Mittelwert
Arten	27	20	10	9	7	18	21	16±7
Diasporen	763	460	141	93	76	378	125	291±256

Tabelle 5: Anzahl der gekeimten Arten und gekeimten Diasporen in den untersuchten Substratproben

Die größte Anzahl spontan keimfähiger Diasporen wurden von *Setaria viridis* (n=597 Individuen) gezählt. Außerdem waren die Arten *Medicago lupulina* (n=247), *Erigeron annuus* (n=209) und *Chaenomorrhinum minus* (n=208) mit mehr als 200 gekeimten Individuen stark vertreten. *Arenaria serpyllifolia* (n=131) kommt auch noch mit mehr als einhundert gekeimte Individuen vor. Abbildung 34 zeigt die zehn häufigsten Arten, die eine positive Keimreaktion gezeigt haben.

Die zehn individuenreichsten spontan keimfähigen Arten

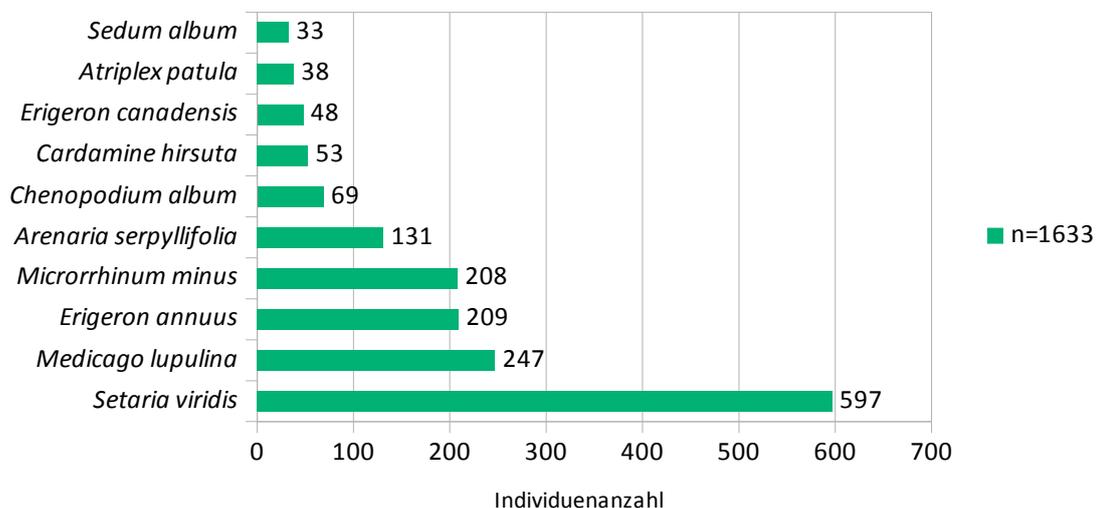


Abbildung 34: Die zehn individuenreichsten spontan keimfähigen Arten aus Gewächshaus u. Klimaschrank/ TTC- Test

4.3 Ergebnisse der Keimversuche im Gewächshaus

Beim Keimversuch im Gewächshaus wurden insgesamt 1.476 Individuen gezählt. Bestimmt werden konnten 1.364 Individuen aus 25 Familien und 53 Arten. 108 gekeimte Exemplare konnten nur der Klasse der Dikotylen zugeteilt werden und vier Keimlinge der Klasse der Monokotylen. Eine Art (*Potentilla sp.*) konnte nur bis auf die Zugehörigkeit innerhalb der Gattung bestimmt werden. Da mit diesem Versuch keine dormanten oder toten Individuen ermittelt werden können, ist die tatsächliche Keimrate bei dieser Versuchsreihe unbekannt.

4.3.1 Disporenbankanalyse der einzelnen Proben

Abbildung 35 zeigt die Gesamtanzahl an Arten und gekeimten Diasporen der untersuchten Gründächer. Die meisten Arten wurden bei G02 (n=24 Arten), G05 (n=19), G37 (n=19) und G48 (n=18) gefunden. Halb so viele Arten kommen auf den Dächern G21 (n=11), G28 (n=10) und G36 (n=9) vor.

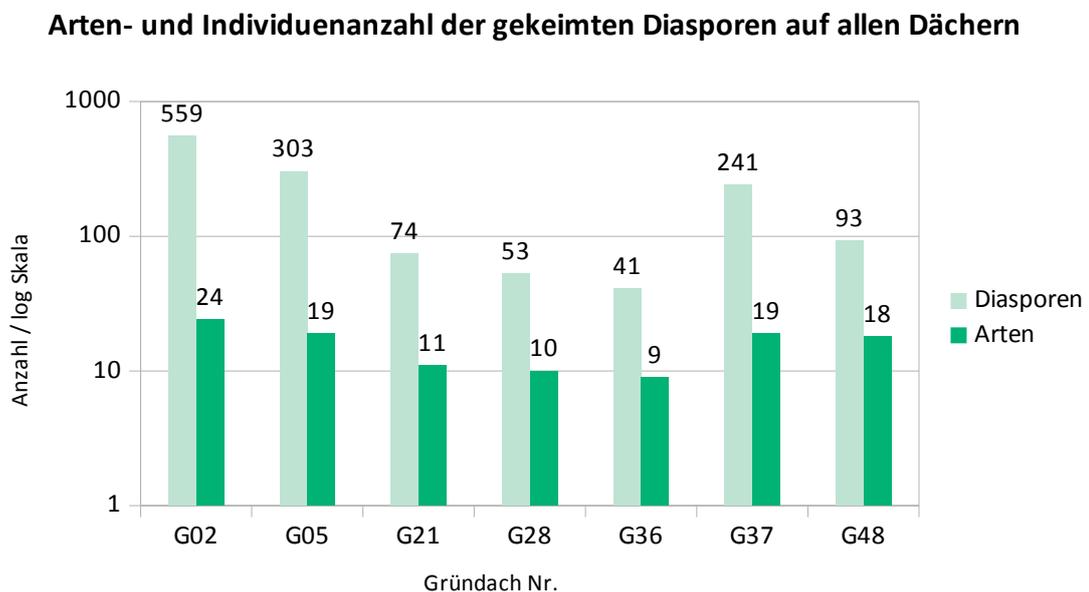


Abbildung 35: Zahlenmäßige Verteilung der Arten (n=53) und gekeimten Diasporen (n=1.476) auf allen Dächern

Probe G02 (n=559 Individuen) zählt die meisten gekeimten Individuen. Es dominieren die beiden Arten *Setaria viridis* (n=295 Individuen) und *Erigeron annuus* (n=146). Keine weitere Art kommt hier mit mehr als 100 Exemplaren vor. In der Probe von G28 (n=53) ist *Setaria viridis* (n=34) mit mehr als 50% aller gekeimten Individuen die dominierende Art.

Auch in Probe G05 zählt *Setaria viridis* (n=116) die meisten gekeimten Diasporen vor *Medicago lupulina* (n=114). In der Probe G36 (n=41) wurden von *Setaria viridis* (n=13) und *Erigeron annuus* (n=12, 29%) die meisten gekeimten Individuen bestimmt. In der Probe G21 (n=74) haben *Microrrhinum minus* (n=33, 38%) und *Erigeron annuus* (n=16, 18%) am häufigsten gekeimt. Ausgeglichenere ist die Verteilung der gekeimten Exemplare bei G37 (n=241) und G48 (n=93). Bei G37 haben die meisten Samen von *Microrrhinum minus* (n=50, 21%), *Cardamine hirsuta* (n=46, 20%), *Setaria viridis* (n=37, 15%) und *Arenaria serpyllifolia* (n=32, 13%) gekeimt. Bei G48 sind *Sedum spurium* (n=19) und *Buddleja davidii* (n=14) die häufigsten Arten. Beide Arten zählen zu den Neophyten.

4.3.2 Zusammensetzung der Diasporenbank

Unter den gekeimten Diasporen finden sich am häufigsten Arten aus der Familie *Asteraceae* (n=9 Arten). Fünf Arten finden sich von den *Lamiaceae*, je vier Arten der *Caryophyllaceae*, *Crassulaceae* und *Poaceae*. Bei den meisten Pflanzenfamilien kommen nur eine Art vor.

In Abbildung 36 werden die zehn häufigsten Arten, gemessen an Anzahl gekeimter Diasporen im Gewächshaus, dargestellt. Aus der Familie der *Asteraceae* ist *Erigeron annuus* (n=209) die häufigste Art. Die meisten Diasporen (n=497 Individuen) haben von *Setaria viridis* aus der Familie der *Poaceae* gekeimt. Diese Art ist die klar dominierende Art dieser Versuchsreihe. Mehr als 100 gekeimte Diasporen wurden nur noch von *Medicago lupulina* (n=119) und *Chenorrhinum minus* (n=115) gezählt.

Art und Anzahl der zehn häufigsten gekeimten Arten im Gewächshaus

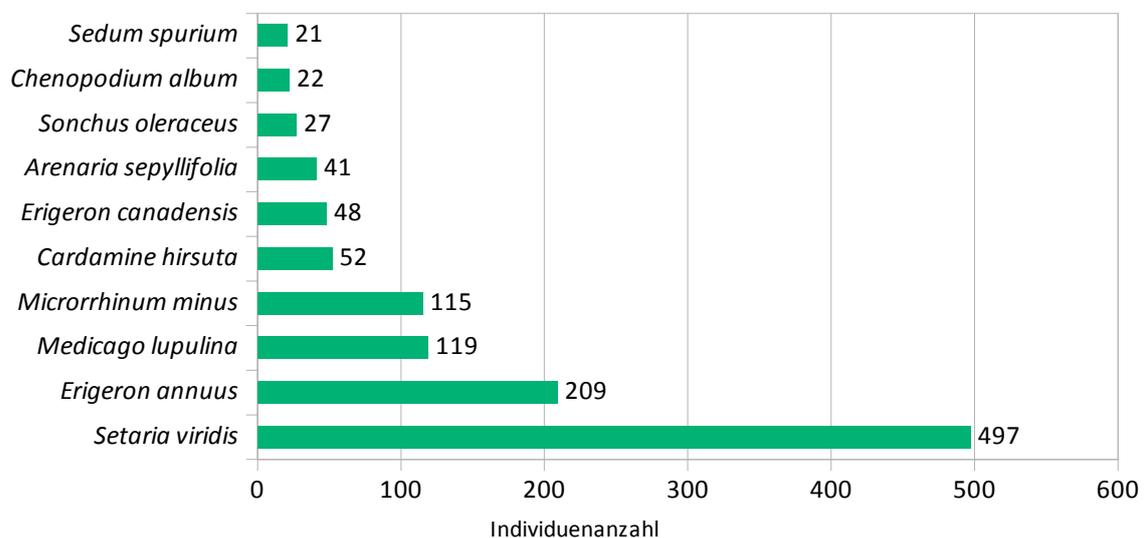


Abbildung 36: Die zehn häufigsten Arten gemessen an der Zahl keimfähiger Diasporen (n=1.151) im Gewächshaus

4.4 Ergebnisse des Spülversuchs (Waschlabor)

Beim Auswaschen der sieben Mischproben im Waschlabor wurden 2.261 Samen aus 25 Familien und 63 Arten gefunden. Die Keimfähigkeit der gefundenen Samen wurde in der Versuchsreihe Klimaschrank/TTC-Test ermittelt.

4.4.1 Diasporenbankanalyse der einzelnen Proben

In der Substartprobe von Gründach G02 (n=911 Individuen) wurden bereits 40% aller Diasporen gefunden. In den Substartproben der Dächer G48 (n= 390) und G05 (n=313) nur rund ein Drittel so viel gefundene Individuen gezählt. Die geringste Anzahl an Diasporen wurde in den Proben G28 (n=107) und G36 (n=107) ermittelt. In Abbildung 37 wird die Anzahl der beim Spülversuch gefundenen Samen dargestellt.

In der Probe G02 (n=911) zählen zu den individuenreichsten Arten *Clinopodium acinos* (n=172), *Arenaria serpyllifolia* (n=158), *Chenopodium album* (n=155) und *Saxifraga tridactyllis* (n=141). Bei G28 (n=107) ist eine klare Dominanz von *Setaria viridis* (n=65) erkennbar. Diese Art kommt hier fünfmal häufiger vor als *Clinopodium acinos* (n=12) und *Chenopodium album* (n=12) und zehnmal so häufig wie *Arenaria serpyllifolia* (n=6). Bei der Probe G36 wurden von *Arenaria serpyllifolia* (n=64) die meisten Exemplare gezählt. Es kommen nur noch zwei weitere Arten, *Setaria viridis* (n=17) und *Chenopodium album* (n=14), mit mehr als zehn Exemplaren vor.

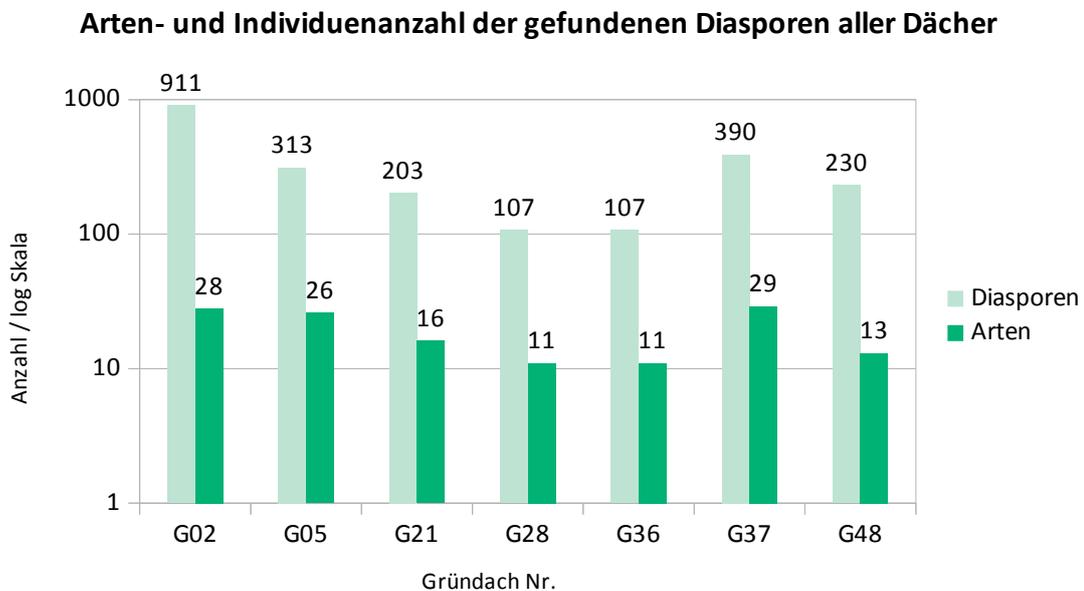


Abbildung 37: Zahlenmäßige Verteilung der Arten (n=63) und gekeimten Diasporen (n=2.261) auf allen Dächern

In der Probe G37 wurden 390 Samen gefunden. *Stellaria media* (n=86), *Atriplex patula* (n=80), *Microrrhinum munis* (n=67), *Betula pendula* (n=46) und *Setaria viridis* (n=32) sind die individuenreichsten Arten. Weitere Dominanzen einzelner Arten sind bei den Proben G05 (n=313 Individuen) und G48 (n= 230) erkennbar. In der Probe G05 kommt *Medicago lupulina* (n=150) dreimal so oft vor wie die zweithäufigste Art *Setaria viridis* (n=44). Bei G48 besteht das Arteninventar zu zwei Drittel aus Samen von *Arenaria serpyllifolia* (n=170). Die übrigen Arten, *Cerastium glomeratum* (n=12), *Linaria vulgaris* (n=11) und *Moehringia trinervia* (n=10) reichen nur bis an die fünf Prozent Marke heran. In Probe G21 (n=203 Individuen) wurden mit *Arenaria serpyllifolia* (n=89) und *Chenorrhinum minus* (n=51) zwei Arten gefunden, die in einer wesentlich höheren Individuenzahl vorliegen als die übrigen Arten. Die Proben mit dem höchsten Artenanteil sind G37 (n=29 Arten), G02 (n=28) und G05 (n=26). Weniger Arten finden sich in den Proben G21 (n=16) und G48 (n=13). Die geringste Artenvielfalt findet sich in den Proben der Dächer G28 (n=11) und G36 (n=11) (siehe Abbildung 37).

4.4.2 Zusammensetzung der Diasporenbank

Die Familien mit den meisten Arten sind *Caryophyllaceae* (n=9 Arten), *Fabaceae* (n=6), *Brassicaceae* (n=5) sowie *Asteraceae* und *Crassulaceae* (n=4) Die meisten Individuen wurden von den Arten *Arenaria serpyllifolia* (n=508 Individuen), *Setaria viridis* (n= 223), *Chenopodium album* (n=206), *Clinopodium acinos* (n=187), *Medicago lupulina* (n=172) entdeckt (siehe Abbildung 38).

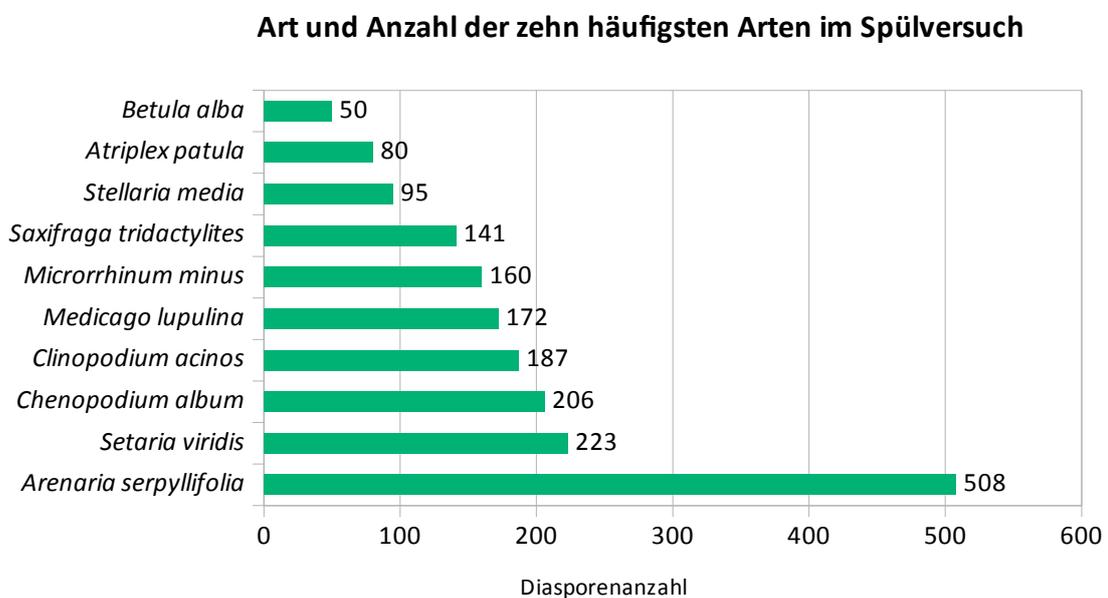


Abbildung 38: Die zehn individuenreichsten Arten beim Spülversuch, Diasporen (n=1.822)

4.5 Ergebnisse der Keimversuche von Klimaschrank/ TTC- Test

Von den 2.261 Samen die im Waschlabor gefunden wurden, waren 671 Individuen, aus 22 Pflanzenfamilien und 42 Arten, keimfähig. Die durchschnittliche Keimrate dieser Versuchsreihe liegt bei $32\pm 11\%$. Bei 506 Samen konnte die Keimfähigkeit beim Keimversuch im Klimaschrank nachgewiesen. Bei weiteren 165 Samen wurde die Keimfähigkeit erst durch die Behandlung mit Tetrazoliumchlorid nachgewiesen. Die Ergebnisse beider Versuche (Klimaschrank und Tetrazoliumchlorid- Test) werden als einheitlicher Teil behandelt.

4.5.1 Floristische Zusammensetzung der einzelnen Proben

Die Probe G02 (n=204 Individuen) weist den stärksten Anteil spontan keimfähiger Diasporen auf. Am häufigsten konnte hier eine Keimreaktion von *Arenaria serpyllifolia* (n=40 Individuen), *Setaria viridis* (n=30) und *Chenopodium album* (n=23) festgestellt werden. Die Keimrate in dieser Probe liegt bei 23%. Über 100 gekeimte Samen wurden in den Proben G05 (n=157) und G37 (n=137) gezählt. In Probe G05 (n=157) dominiert die Art *Medicago lupulina* (n=108). Mit *Setaria viridis* (n=11) kommt nur noch eine Art in dieser Probe mit mehr als zehn gekeimten Diasporen vor.

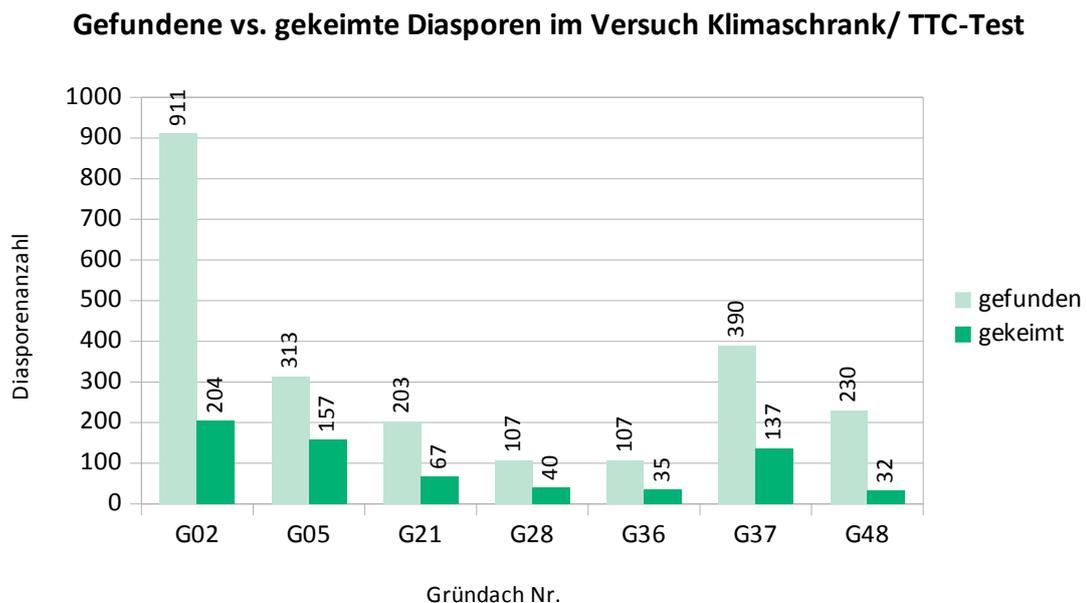


Abbildung 39: Gegenüberstellung gefundener (n=2.261) und gekeimter (n=671) Samen der Keimversuche Klimaschrank und TTC- Test

Die geringste Anzahl gekeimter Samen wurde in den Proben G36 (n=35) und G48 (n=32) gezählt (siehe Abb.39). Die höchste Keimrate wurde bei G05 (50%) gemessen. Die niedrigste Keimrate wurde in der Substartprobe G48 (14%) errechnet. In den Proben von G21 und G36 liegt die Keimrate bei 33%. Etwas höher liegen die Keimraten der Proben von G37 (35%) und G28 (37%).

In Probe G21 (n=67) und G28 (n=40) haben je sechs verschiedene Arten gekeimt. Bei G21 wurden von *Microrrhinum minus* (n=37), *Chenopodium album* (n=14) und *Arenaria serpyllifolia* (n=13) die meisten Individuen gezählt. Bei G28 ist *Setaria viridis* (n=32) mit Abstand die häufigste Art. In der Probe G36 wurden nur drei keimfähige Arten gefunden. *Arenaria serpyllifolia* (n=18) zählt dabei gut doppelt so viele Individuen wie *Chenopodium album* (n=8) und *Setaria viridis* (n=8).

G37 (n=137) zählt zu den individuenreicheren Proben. Am häufigsten wurden keimfähige Samen der Arten *Microrrhinum minus* (n=42) und *Atriplex patula* (n=38) gefunden. In der Probe G48 (n=32) wurde die meisten keimfähigen Samen bei *Moehringia trinervia* (n=9), *Arenaria serpyllifolia* (n=6) und *Linaria vulgaris* (n=4) gezählt.

4.5.2 Zusammensetzung der Diasporenbank

Unter den gekeimten Diasporen finden sich am häufigsten Arten der Familien *Caryophyllaceae* (n=7 Arten), *Brassicaceae* (n=5), *Crassulacea* (n=4) und *Chenopodiaceae* (n=3).

Keimzahlen der zehn häufigsten Arten der Versuche Klimaschrank/ TTC-Test

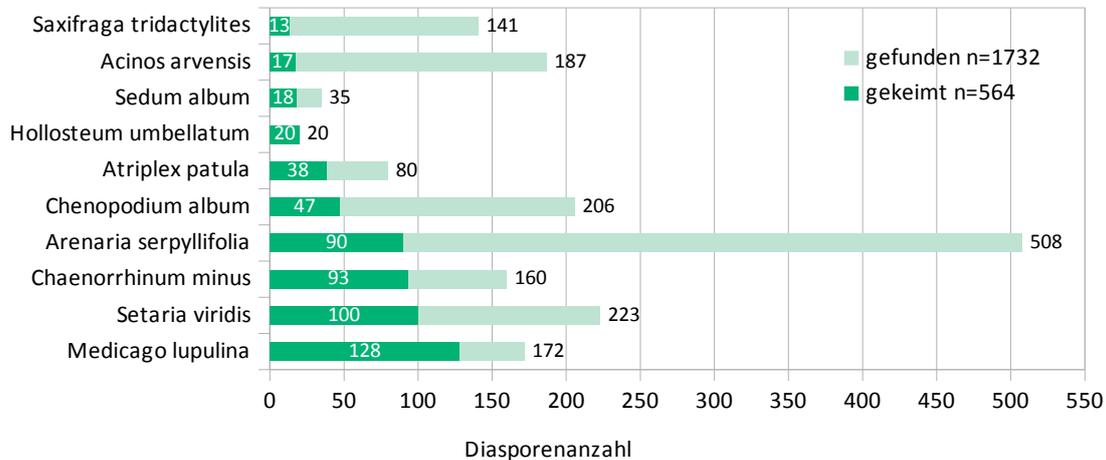


Abbildung 40: Die zehn häufigsten Arten Klimaschrank/ TTC-Test

Abbildung 40 zeigt die zehn häufigsten gekeimten Arten (n=1.732) gemessen an deren Individuenzahl. Die meisten Individuen haben von den Arten *Medicago lupulina* (n=128 Individuen), *Setaria viridis* (n=100), *Microrrhinum minus* (n=93) und *Arenaria serpyllifolia* (n=90) gekeimt. Die höchste Keimrate konnte bei *Hollosteum umbellatum* (100%, 20 von 20 Diasporen) festgestellt werden. *Saxifraga tridactylites* (9%, 13 von 141) und *Clinopodium acinos* (9%, 17 von 187) weisen die niedrigsten Keimraten auf. Von *Arenaria serpyllifolia* wurden mit Abstand die meisten Diasporen gefunden, die hier ermittelte Keimrate liegt allerdings nur bei 18% (90 von 508 Diasporen).

4.6 Artenvergleich der DSB mit den Vegetationsaufnahmen

Bei den Vegetationsaufnahmen, die im Rahmen des Projekts „wild Roofs“ von Besener (o. J.) durchgeführt wurden, konnten in der Vegetation der sieben untersuchten Gründächer insgesamt 193 verschiedene Arten nachgewiesen werden. Durchschnittlich kommen 58 ± 17 Arten in der Vegetation der sieben Dächer vor. In der Diasporenbank wurden im Zuge der vorliegenden Arbeit 86 Arten gefunden. Die durchschnittliche Artenanzahl in der DSB liegt bei 29 ± 11 Arten. Neun der zehn häufigsten Arten der DSB kommen auch in den Vegetationsaufnahmen vor (siehe Tabelle 18, im Anhang). Abbildung 41 zeigt die jeweilige Artenanzahl pro Dach der DSB und der Vegetation.

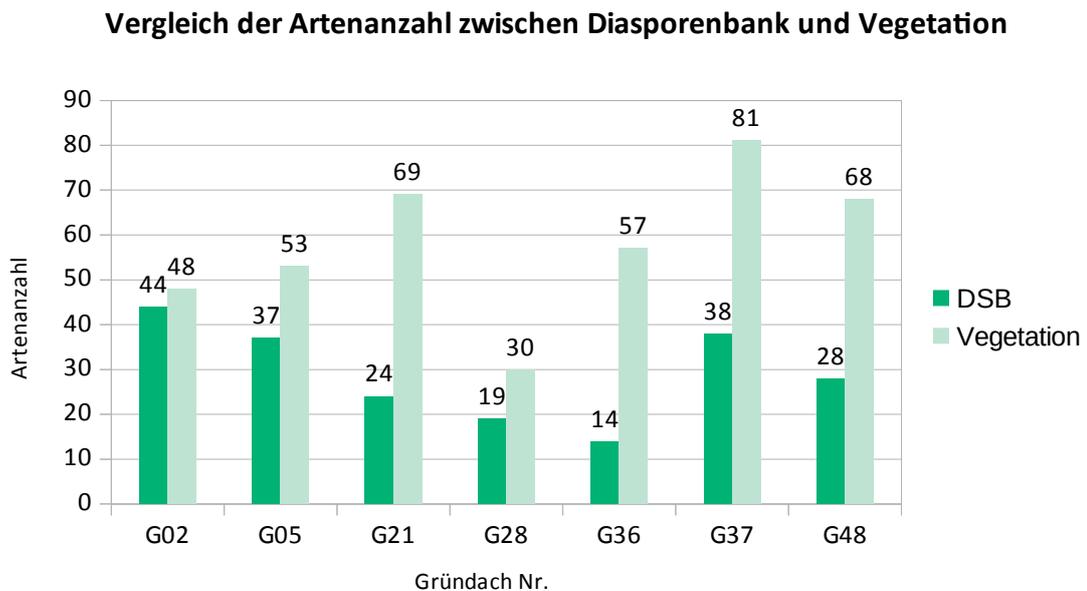


Abbildung 41: Vergleich der Artenanzahl zwischen Diasporenbank (n=86) und Vegetation (n=193)

Durchschnittlich liegt die Artenübereinstimmung zwischen DSB und Vegetation bei 14 ± 3 Arten. Ausschließlich in der Diasporenbank kommen 16 ± 8 Arten vor, in der Vegetation sind es im Durchschnitt 44 ± 14 Arten (siehe Tabelle 6). Die artenreichste Vegetation findet sich auf Dach G37 ($n=81$ Arten). Ebenfalls zu den artenreichen Dächern gehören G21 ($n=69$) und G48 ($n=48$). Deutlich weniger Arten wurden auf Gründach G28 ($n=30$) gefunden (siehe Abbildung 41).

Gründach	Arten			Sørensen- Koeff. (CCs)
	Ausschließlich in der DSB	Ausschließlich in der Vegetation	in DSB und VEG übereinstimmend	
G02	27	31	17	0,59 (59%)
G05	23	40	14	0,44 (44%)
G21	11	55	13	0,39 (39%)
G28	12	22	8	0,47 (47%)
G36	4	45	11	0,45 (45%)
G37	22	64	17	0,40 (40%)
G48	12	50	16	0,52 (52%)
Mittelwert	16 ± 8	44 ± 14	14 ± 3	$0,47 \pm 0,07$ ($47 \pm 7\%$)

Tabelle 6: Artenübereinstimmung zwischen Diasporenbank und Vegetation der Gründächer

Die floristische Ähnlichkeit zwischen der Vegetation und DSB aller Proben liegt nach Berechnung des Sørensen- Koeffizient (CCs) bei $47 \pm 7\%$. Die höchste Übereinstimmung wurde bei den Dächern G02 (CCs= 0,59/ 59%) und G48 (CCs= 0,52/ 52%) ermittelt. Die Anzahl der übereinstimmenden Arten liegt auf Dach G02 bei 17 Arten bzw. 16 Arten auf Dach G48. Die geringste Anzahl an gemeinsamen Arten wurde auf Dach G28 ($n=8$ Arten, CCs= 0,47/ 47%) festgestellt. Trotzdem liegt der errechnete Gemeinschaftskoeffizient höher als bei den Dächern G21 (0,39/ 39%) und G37 (0,40/ 40%) die die niedrigsten Werte abbilden. Allerdings finden sich auf beiden Dächern G21 ($n=13$) und G37 ($n=17$) mehr übereinstimmende Pflanzenarten aus DSB und Vegetation (siehe Tabelle 6).

4.7 Einfluss der abiotischen Faktoren

Der Großteil der untersuchten Gründächer hat eine Fläche $<1.000\text{m}^2$ (durchschnittliche Dachfläche $667\pm 555\text{m}^2$) und eine mittlere Substrattiefe von 10 ± 3 Zentimeter. Die Gebäudehöhe beträgt im Durchschnitt 12 ± 7 Meter. Das durchschnittliche Alter der Gründächer liegt bei 23 ± 14 Jahren. Die Artenanzahl auf den untersuchten Dächern liegt im Durchschnitt bei 29 ± 11 Arten (siehe Tabelle 7).

Korrelationsanalyse

Deskriptive Statistiken		
	Mittelwert	Standard- abweichung
Arten	29,14	10,961
Gebäudehöhe	12,29	7,088
Dachfläche	667,14	555
Substarttiefe	10	2,94

Tabelle 7: Deskriptive Statistiken der Variablen

Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen zwischen den abiotischen Faktoren und der Artenanzahl der Dächer zeigen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen Gebäudehöhe und Artenanzahl ($r = -,745$) vorliegt (siehe Tabelle 8). Bei der Korrelation handelt es sich um einen negativ linearen Zusammenhang d.h., eine Abnahme der Gebäudehöhe hat eine Zunahme der Artenanzahl zufolge (siehe Abb. 42).

Korrelation			
		Arten	Gebäudehöhe
Arten	Korrelation nach Pearson	1	-,745
	Signifikanz (2-seitig)		,055
	N	7	7
Gebäudehöhe	Korrelation nach Pearson	-,745	1
	Signifikanz (2-seitig)	,055	
	N	7	7

Tabelle 8: Korrelation zwischen Artenanzahl und Gebäudehöhe

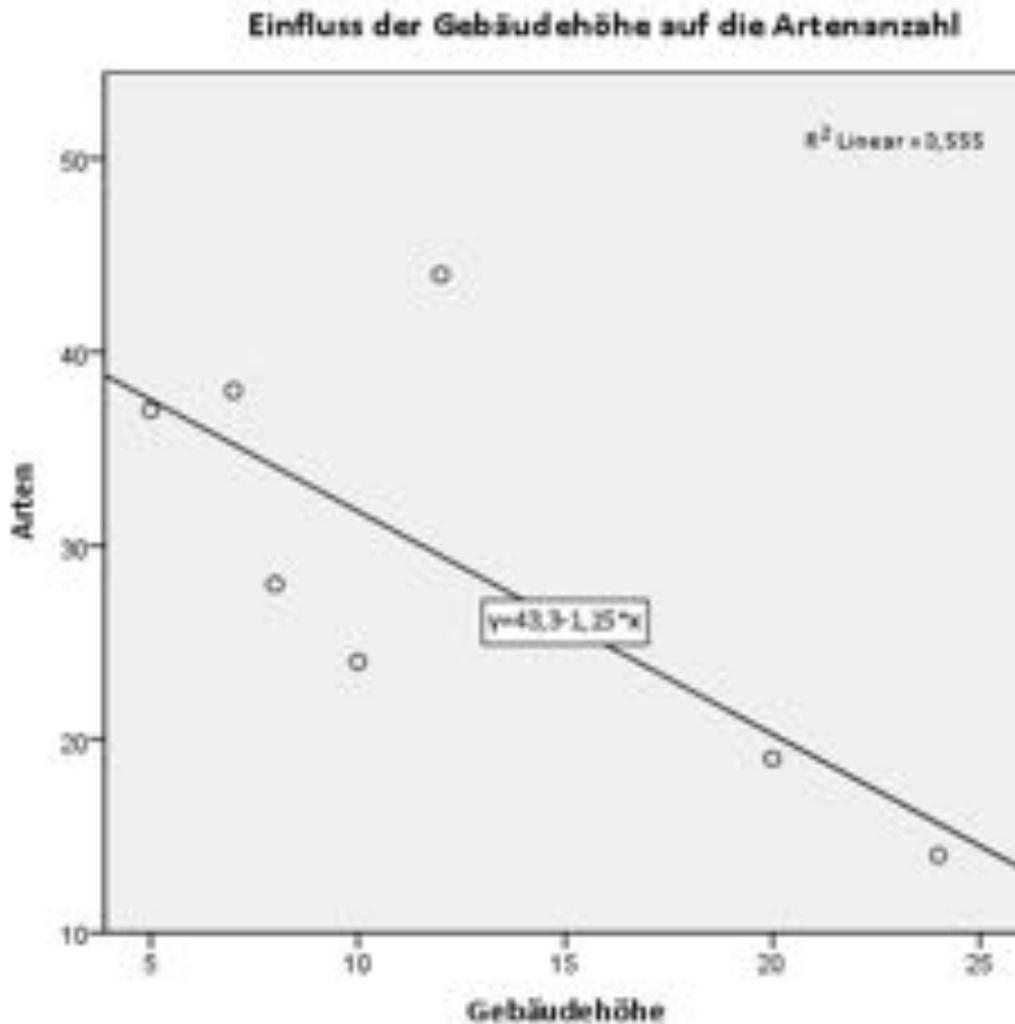


Abbildung 42: Streudiagramm der Regressionsanalyse Gebäudehöhe (in Meter) und Artenanzahl

Die größte Artenanzahl findet sich auf den EBD mit einer Gebäudehöhe <15m. Die Diasporenbank von Gründach G02 (Gebäudehöhe 12m, n= 46 Arten) ist die artenreichste der untersuchten Dächer. Die beiden höchst gelegenen Dächer G36 (24m, n= 16) und G26 (20m, n=21), haben den kleinsten Arteninventar der untersuchten Flächen. Die Werte der Korrelationen Fläche/Artenanzahl ($r = -0,17$), Substrattiefe/Artenanzahl ($r = -0,47$) und Alter/Artenanzahl ($r = 0,24$) zeigen keinen signifikanten Zusammenhang (Tabellen 9-11).

		Korrelation	
		Arten	Substrattiefe
Arten	Korrelation nach Pearson	1	-,470
	Signifikanz (2-seitig)		,287
	N	7	7
Substrattiefe	Korrelation nach Pearson	-,470	1
	Signifikanz (2-seitig)	,287	
	N	7	7

Tabelle 9: Korrelation zwischen Artenanzahl und Substrattiefe

		Korrelation	
		Arten	Alter
Arten	Korrelation nach Pearson	1	,239
	Signifikanz (2-seitig)		,605
	N	7	7
Alter	Korrelation nach Pearson	,239	1
	Signifikanz (2-seitig)	,605	
	N	7	7

Tabelle 10: Korrelation zwischen Artenanzahl und Alter

		Korrelation	
		Arten	Fläche
Arten	Korrelation nach Pearson	1	-,071
	Signifikanz (2-seitig)		,879
	N	7	7
Fläche	Korrelation nach Pearson	-,071	1
	Signifikanz (2-seitig)	,879	
	N	7	7

Tabelle 11: Korrelation zwischen Artenanzahl und Fläche

Neben der Anzahl an Arten unterscheidet sich auch die Anzahl an Diasporen auf den Dächern. Im Durchschnitt wurden 518 ± 464 Diasporen pro Dach gefunden. Die Auswertungen der Korrelationsanalysen zwischen den abiotischen Faktoren und der Diasporenanzahl zeigen jedoch bei keiner Korrelation einen signifikanten Zusammenhang (siehe Tabellen 12-15).

Korrelation			Diasporen	Fläche
Spearman-Rho	Individuen	Korrelationskoeffizient	1,000	-,071
		Sig. (2-seitig)	.	,879
		N	7	7
	Fläche	Korrelationskoeffizient	-,071	1,000
		Sig. (2-seitig)	,879	.
		N	7	7

Tabelle 12: Korrelation zwischen Diasporenanzahl und Flächengröße

Korrelation			Diasporen	Fläche
Spearman-Rho	Individuen	Korrelationskoeffizient	1,000	-,607
		Sig. (2-seitig)	.	,148
		N	7	7
	Gebäude- höhe	Korrelationskoeffizient	-,607	1,000
		Sig. (2-seitig)	,148	.
		N	7	7

Tabelle 13: Korrelation zwischen Diasporenanzahl und Flächengröße

Korrelation			Diasporen	Fläche
Spearman-Rho	Individuen	Korrelationskoeffizient	1,000	,378
		Sig. (2-seitig)	.	,403
		N	7	7
	Alter	Korrelationskoeffizient	,378	1,000
		Sig. (2-seitig)	,403	.
		N	7	7

Tabelle 14: Korrelation zwischen Diasporenanzahl und Flächengröße

Korrelation			Diasporen	Fläche
Spearman-Rho	Individuen	Korrelationskoeffizient	1,000	-,393
		Sig. (2-seitig)	.	,383
		N	7	7
	Substrat- tiefe	Korrelationskoeffizient	-,393	1,000
		Sig. (2-seitig)	,383	.
		N	7	7

Tabelle 15: Korrelation zwischen Diasporenanzahl und Flächengröße

4.8 Ermittlung der Biodiversitätsindizes

In den Substratproben der untersuchten Gründächer wurden im Durchschnitt 29 ± 11 Arten und 518 ± 464 Individuen gefunden. Der berechnete Shannon diversity Wert (H') liegt gemittelt bei $2,14 \pm 0,5$. Der höchste H' -Wert wurde für die Gründächer G37 ($H'=3,05$) und G02 ($H'=2,52$) ermittelt. Die niedrigsten H' -Werte wurden für die Dächer G36 ($H'=1,79$) und G28 ($H'=1,61$) errechnet siehe Tabelle 16.

Der Mittelwert für die errechnete Species evenness (J') liegt bei $0,65 \pm 1$. Der höchste errechnete Wert wurde für Dach G37 ($J'=0,84$) ermittelt. Der niedrigste Wert wurde bei den Dächern G05 ($J'=0,55$) und G28 ($J'=0,55$) berechnet. In Bereich des Mittelwerts liegen die Gründächer G21 ($J'=0,65$), G02 ($J'=0,67$) und G36 ($J'=0,68$) siehe Tabelle 16.

Species richness (D) Werte liegen durchschnittlich bei $5,25 \pm 2,9$. Am höchsten ist der Wert bei G37 ($D=10,27$) und G02 ($D=8,30$). Den niedrigsten Wert verzeichnet Dach G28 ($D=2,53$) (siehe Tabelle 16).

Species richness (D): Anzahl der verschiedenen Arten, die in einer ökologischen Gemeinschaft, Landschaft oder Region vertreten sind; Shannon diversity (H'): Anzahl an Arten unter Berücksichtigung ihrer Abundanz in einem bestimmten Lebensraum; Species evenness (J'): Maß für die Homogenität von Unstimmigkeiten (zB. Abundanzen zweier verschiedener Arten) in einer Stichprobe oder Gemeinschaft (Colwell, 2009). H' max definiert den maximal erreichbaren Wert der auf einer einzelnen Fläche erreicht werden kann.

Dachfläche	Artenanzahl	Individuen	H'	H' max	J'	D
G02	44	1470	2,52	3,78	0,67	8,30
G05	37	616	2,00	3,61	0,55	3,87
G21	24	277	2,06	3,18	0,65	4,79
G28	19	160	1,61	2,94	0,55	2,53
G36	14	148	1,79	2,64	0,68	4,04
G37	38	631	3,05	3,64	0,84	10,27
G48	28	323	1,98	3,33	0,60	3,15
Mittelwert	29 ± 11	518 ± 464	$2,14 \pm 0,5$	$3,30 \pm 0,4$	$0,65 \pm 0,1$	$5,28 \pm 2,9$

Tabelle 16: Ermittelte Biodiversitätsindizes der sieben untersuchten Gründächer

5 Methodendiskussion

Zunächst stellt sich die Frage, wie groß der Stichprobenumfang einer Untersuchung sein muss, um als repräsentativ zu gelten und mit welcher Methode die Proben entnommen werden. Die Vorschläge zum Stichprobenumfang gehen in der Literatur teilweise weit auseinander und hängen von drei Faktoren ab: 1. der Zielstellung der Untersuchung, 2. der Größe des untersuchten Gebietes, und 3. der jeweiligen Vegetationsform und Vegetationsgesellschaft. Einer Vielzahl an kleineren Proben wird aber grundsätzlich eine höhere Präzision attestiert als einer geringen Anzahl größerer Proben (Bigwood & Inouye, 1988; Gross, 1990; Ken Thompson u. a., 1997, S. 26ff). Bei der Wahl des Probenvolumens musste auch die spezielle Situation der Standorte, vor allem deren limitierte Substratmenge, berücksichtigt werden. Es galt dabei einen Kompromiss zwischen größtmöglicher Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse und kleinstmöglicher Beeinträchtigung des Standortes und der Pflanzengesellschaft (Ken Thompson u. a., 1997, S. 26) zu finden.

Eine gängige Methode zur Substratprobenentnahme, die auch für die vorliegende Arbeit ausgewählt wurde, ist das Sammeln entlang von Transekten (Carter & Gregorich, 2008). Die Auswahl der Transekte erfolgte vor Ort und richtete sich nach lokalen Gegebenheiten (e. g. technischen Einbauten, Form der Dächer, Durchgängigkeit, Mikroreliefs). Mit Ausnahme der Abstände zu technischen Einbauten (0,5m) und dem Brandschutzstreifen (0,5m) waren einheitliche Abstände von Transekten und Entnahmepunkten auf Grund der unterschiedlichen Form und Ausprägung der einzelnen Dachflächen nicht möglich. Die Transekte mussten für jedes Dach individuell angepasst werden.

Zur Erfassung des Diasporenvorrats und der Diasporentypen bieten sich grundsätzlich zwei Methoden an: Die Emergenzmethode und die Spülmethode. Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile. Für die vorliegende Arbeit wurden beide Methoden aus der Überlegung heraus durchgeführt, dass die Kombination beider Methode die jeweiligen Nachteile ausgleichen kann. Die Emergenzmethode (siehe Abb. 18-20) ist vergleichsweise einfach, erfordert allerdings eine regelmäßige Betreuung der Pflanzen – Bewässern, Zählen, Entfernen und Bestimmen. Bei einigen Arten ist erforderlich, dass die Pflanzen bis zur Blüte weiter kultiviert werden, da anders eine exakte Zuordnung nicht möglich ist.

Der große Nachteil der Emergenzmethode ist, dass bei begrenzter Versuchsdauer die Gefahr besteht, in Keimruhe (Dormanz) befindlichen Diasporen zu übersehen. Darüber hinaus kann auch der Anteil nicht keimfähiger Samen in den Proben nicht erfasst werden. Dies erschwert genaue Prognosen über den Diasporenvorrat, das Arteninventar und die Keimfähigkeit der Diasporen.

Bei der Spülmethode (siehe Abb. 21 u. 22) werden die Diasporen durch Ausspülen mit einem Wasserstrahl durch unterschiedlich große Siebe von den unerwünschten organischen und anorganischen Bestandteilen getrennt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass der gesamte Diasporenbestand erfasst werden kann. Der Nachteil ist der relativ hohe Arbeits- und Zeitaufwand (Frey & Lösch, 2010). Das Auswaschen einer Mischprobe dauerte wegen des hohen Anteils an Feinmaterial oft mehrere Stunden. Wenn zu viel Material auf einmal gewaschen wird, kann es zur Verstopfung der Siebe kommen. In diesem Fall muss der Versuch abgebrochen werden, der Siebsatz geöffnet und gereinigt werden.

Ein weiterer Nachteil der Spülmethode ist die Reibung durch mineralische Bestandteile während des Spülvorgangs. Diasporen die keine harte Schale besitzen können dadurch beschädigt werden. Vor allem Samen der *Asteraceae*, die eine sehr weiche Schale besitzen, sind potentiell gefährdet. Dies könnte eine Erklärung für die starken Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Anzahl spontan keimfähiger Diasporen zwischen den beiden Keimversuchen sein (siehe Tabelle 17).

Besonders auffällig ist dies bei Arten der *Asteraceae*. Während von *Erigeron annuus* im Gewächshaus (GH) 209 gekeimte Individuen gezählt wurden, konnte kein einziges Individuum dieser Art beim Spülversuch nachgewiesen werden. Dasselbe Phänomen wurde bei *Erigeron canadensis* (n=48 Individuen im GH), *Sonchus oleraceus* (n=27) oder *Senecio vulgaris* (n=9) beobachtet. Aber auch *Allium schoenoprasum* (n=19) zeigt dieses Phänomen. Für Arten wie *Atriplex patula* (n=38), *Holosteum umbellatum* (n=21) oder *Saxifraga tridactylis* (n=13) gilt der umgekehrte Fall, hier wurden spontan keimfähige Samen ausschließlich in der Versuchsreihe Keimschrank nachgewiesen (siehe Tab. 17).

Art	Gewächshaus	Klimaschrank/ TTC- Test	Individuen gesamt
<i>Setaria viridis</i>	497	100	597
<i>Medicago lupulina</i>	119	128	247
<i>Erigeron annuus</i>	209	.	209
<i>Microrrhinum minus</i>	115	93	208
<i>Aerenaria serpyllifolia</i>	41	90	131
<i>Chenopodium album</i>	22	47	69
<i>Cardamine hirsuta</i>	52	1	53
<i>Erigeron canadensis</i>	48	.	48
<i>Atriplex patula</i>	.	38	38
<i>Sedum album</i>	15	18	33
<i>Sedum kamchatikum</i>	20	10	30
<i>Sedum spurium</i>	21	7	28
<i>Sonchus oleraceus</i>	27	.	27
<i>Holosteum umbellatum</i>	.	20	20
<i>Clinopodium acinos</i>	3	17	20
<i>Allium schoenoprasum</i>	19	.	19
<i>Anagallis arvensis</i>	16	1	17
<i>Buddleja davidii</i>	15	.	15

Tabelle 17: Vergleich der Keimzahlen beider Keimversuche

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei dieser Arbeit die Anzahl von spontan keimfähigen Diasporen bei der Emergenzmethode höher liegt als bei der Spülmethode.

Zur Bestimmung der Keimfähigkeit wurden die gefundenen Diasporen einem Keimtest im Klimaschrank unterzogen. Zur Verbesserung der Keimresultate (Gross, 1990) wurden die Samen auf befeuchtetes Filterpapier in Petrischalen gelegt (Bello u. a., 1998). Das feuchte Milieu während der Stratifizierungsphase hat jedoch nach wenigen Tagen zu Schimmelbildung geführt und so musste das Filterpapier aller Petrischalen vor Beginn des Keimversuchs erneuert werden. Besonders die stark vom Schimmel befallenen Samen könnten dadurch bereits so sehr beschädigt worden sein, dass ihre Keimfähigkeit beeinträchtigt wurde, wenn nicht ganz verloren ging.

Nach der Stratifizierung wurden die Samen in ihren Petrischalen in den Klimaschrank (Panasonic MLR-352-PE) geschichtet (siehe Abb. 23 u. 24) und über drei Wochen einem 12h [Tag]/25°C und 12h [Nacht]/15°C Rhythmus ausgesetzt. Die optimalen Licht- und Temperaturverhältnisse für die Keimung können zwar von Art zu Art variieren, es hat sich in anderen Versuchen jedoch bereits gezeigt, dass mit dem oben genannten Temperatur- und Lichtregime gute Resultate erzielt werden können (Baskin & Baskin, 1998, S. 18f).

Innerhalb der ersten zehn Tage waren bereits 504 Samen gekeimt. In den übrigen 20 Tagen zeigten nur mehr rund zwanzig Samen eine Keimreaktion. Dies liegt neben dem oben genannten Schimmelproblem wahrscheinlich auch an den unterschiedlichen Anforderungen der Arten an die Keimbedingungen.

Nach Ende der Versuchsreihe Klimaschrank wurden alle Samen die keine Keimreaktion gezeigt haben, mit einer 1% Lösung aus Tetrazoliumchlorid (TTC- Test) behandelt. Bei einigen Samen (e. g. *Medicago lupulina*, *Setaria viridis*, *Stellaria media*), die im vorigen Versuch keine Reaktion gezeigt hatten, konnte die Keimfähigkeit erst durch die Behandlung mit Tetrazoliumchlorid nachgewiesen werden. Diese war durch die Rotfärbung des Samengewebes (siehe Abb. 25 u. 26) deutlich sichtbar. Bei anderen Arten wie *Chenopodium album* oder *Arenaria serpyllifolia* war keine oder nur eine schwache Färbung erkennbar. Dafür könnte z. B. die dunkle Färbung der Samenschale der Grund sein. Bei sehr kleinen Samen wie *Saxifraga tridactelytes* musste die Verfärbung wiederum mit Hilfe des Binokular überprüft werden. Zur Kontrolle wurden alle übrigen Samen mit einer Präpariernadel geöffnet. Dabei hat sich gezeigt, dass bei vielen Samen bereits eine Keimung eingesetzt hat, obwohl der TTC-Test negativ war. Die Keimung war allerdings erst in einem sehr frühen Stadium und dadurch von Außen nicht sichtbar. Ein deutlicher Keimansatz war vor allem bei *Arenaria serpyllifolia* und *Medicago lupulina* erkennbar. Der TTC-Test hat jedenfalls gezeigt, dass nicht alle Arten unter gleichen Temperatur- und Lichtverhältnissen zum Keimen gebracht werden können oder eben deutlich längere Keimphasen haben.

6 Diskussion der Ergebnisse

6.1 Zusammensetzung der Diasporenbank

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zur Diasporenbankanalyse zeigen, dass extensiv begrünte Dächer durchaus artenreiche DSB ausbilden können. Insgesamt wurden 3.625 Diasporen von 86 Arten gefunden und eine Samendichte von 5.284 ± 4.733 Diasporen/m² ermittelt. Verglichen mit anderen Ökosystemen, die ebenfalls anthropogenen Störungen unterliegen wie Acker- oder Weideflächen (Baskin & Baskin, 1998; Bernhardt & Hurka, 1989) oder natürlichen Ökosystemen (Bönecke & Seiffert, 2000), scheint die Zahl an Diasporen gering. Auch die Samendichte liegt in diesen Lebensräumen oft deutlich höher (Baskin & Baskin, 1998).

Die wenigen Studien zum Thema DSB, die bereits für städtische Ökosysteme durchgeführt wurden, kommen zu ähnlichen Ergebnissen wie die vorliegende Arbeit. In den Untersuchungen von Vanstockem et al. (2018) über extensive Gründächer in Belgien wurde eine Samendichte von 4.814 ± 6.048 Samen/m² berechnet. Auch Albrecht et al. (2011) zeigen in ihrer Studie über städtisches Ödland in München, ähnliche Ergebnisse.

Auffallend bei den Untersuchungen war auch die Ausprägung von Dominanzen einiger weniger Arten. Vor allem Arten der heimische Ruderalflora wie *Setaria viridis*, *Arenaria serpyllifolia*, *Chenopodium album* und *Microrrhinum minus* (siehe Tab.1) waren in den Proben sehr häufig zu finden. Nicht heimische Arten (Neophyten) wurden zwar auch auf jedem Dach gefunden, allerdings in geringen Anteilen. Nur 14% aller gefundenen Arten wurden als nicht heimisch identifiziert. Dies bestätigt jedoch die Hypothese H2.1, dass keimfähige Diasporen nicht heimischer Arten in der DSB vorliegen. Hingegen kann die Hypothese H2.2, dass keimfähige Diasporen invasiver Arten in der DSB vorkommen, im Rahmen dieser Arbeit nicht bestätigt werden.

Wie die Ergebnisse zur Untersuchung der Diasporentypen zeigen, liegen Arten mit kurzlebigen (T) und Arten mit langlebigen (P) Diasporen in fast ausgeglichenem Verhältnis vor. Dominant sind Arten, die eine Kombination aus beiden Typen (TP) ausbilden (siehe Abb. 32). Die Hypothese H1.1, die von einer Dominanz kurzlebiger Diasporen ausgeht, kann damit nicht bestätigt werden. Aus der Studie von Thompson und Grime (1979) sowie den hier vorgestellten Ergebnissen ist ersichtlich, dass die Samenbank von Habitaten, die wiederholten Störungen unterliegen, eine große transiente Komponente aufweist. Der hohe Bestand an kurzlebigen Diasporen ist typisch für die kurzlebigen Ruderalarten (Leck u. a., 1989), die sich auch in der DSB und Vegetation der Dächer wiederfinden. Genauere Untersuchungen dazu waren im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht umsetzbar.

Bei den Phanerophyten handelt es sich bei dieser Untersuchung vorwiegend um Gehölze der Spontanvegetation (*Betula alba.*, *Buddleja davidii*, *Polpulus sp.*). Obwohl diese Pioniergehölze enorme Mengen an kurzlebigen (transienten) Diasporen produzieren (Matussek u. a., 2010) und problemlos mit den erschwerten Bedingungen auf EBD zurecht kommen, wurde in der vorliegenden Arbeit nur eine geringe Anzahl Diasporen dieser Lebensform gefunden. Zurückzuführen ist das mitunter auf die Kurzlebigkeit der Diasporen (Ken Thompson u. a., 1997).

Das Arteninventar der Chamaephyten setzt sich aus Arten zusammen, die nicht der Spontanvegetation angehören, sondern oft Teil der Initialbepflanzung (*Sedum*, *Thymus*, *Origanum*) (Dunnett & Kingsbury, 2008) extensiver Dachbegrünungen sind. Dies führt zur Schlussfolgerung, dass sich auch auf EBD durch fortschreitende Sukzession eine standorttypische Flora entwickelt, die in ihrer Zusammensetzung der von städtischen Ruderalflächen (Dunnett u. a., 2008) sehr ähnlich ist.

Unter den Lebensformen sind Therophyten und Hemikryptophyten am stärksten vertreten (siehe Abbildung 32). Dieses Ergebnis kommt nicht unerwartet, da beide Lebensformen eine hohe Stresstoleranz gegenüber thermisch und hygriisch ungünstigen Vegetationsperioden haben und diese entweder als generative Diasporen im Boden (Frey & Lösch, 2014, S. 362) oder als Blattrosette nahe an der Erdoberfläche überdauern. Beide Lebensformen sind auch häufig in der Vegetation und DSB von Brachflächen (Bresinsky u. a., 2008) anzutreffen und sorgen dort für den Eintrag langlebiger (persistenter) Diasporen in den Samenspeicher. Die Hypothese H1.2 bestätigt sich aufgrund des starken Vorkommens von Hemikryptophyten nicht.

6.2 Einfluss der abiotischen Faktoren

Auf Basis des nachgewiesenen Einfluss abiotischer Faktoren, e.g. Substrattiefe Gebäudehöhe, Fläche und Alter der Dachbegrünung (Dunnett u. a., 2008) auf die Zusammensetzung und Struktur (Madre u. a., 2014) der Oberflächenvegetation EBD, leitete sich die Hypothese H3 ab, dass abiotische Faktoren ebenso die Entwicklung und Zusammensetzung der DSB extensiv begrünter Dächer beeinflussen.

Aus den berechneten Korrelationen geht hervor, dass die Höhe der Gebäude nachweislich Einfluss auf den Artenbestand der Diasporenbank nimmt (siehe Tab.8). Dies wird insofern deutlich, als mit abnehmender Gebäudehöhe ein Anstieg der Artenanzahl zu verzeichnen ist (siehe Abb.42). Dies bestätigt Punkt 2 der Hypothese H3. Im Umkehrschluss lässt sich daraus folgern, dass hohe Gebäude eine Art Barriere für die Samenausbreitung darstellen. Interessant ist an dieser Stelle die Frage, wie die unterschiedlichen Arten auf die Dächer kommen. Obwohl nicht klar, ist aus welchen Arten die Initialbepflanzung der Dächer zusammengesetzt war, lässt der hohe Anteil an Wildpflanzen darauf schließen, dass der Großteil erst im Lauf der Jahre auf die Dächer gelangt ist. Bei der Besiedelung EBD durch neue Arten spielt die Methode der Ausbreitung eine erhebliche Rolle. Der Windausbreitung (Anemochorie) wird hinsichtlich der Ausbreitungsdistanz das größte Potential zugeschrieben (Bonn & Poschlod, 1998, S. 44). Genauere Untersuchungen zum Thema Anflug und Verbreitung von Pflanzensamen auf Flachdächern in Wien wurden von Bredl (2019) in seiner Diplomarbeit durchgeführt. Einige Arten, die in den Substratproben der DSB gefunden wurden, wie *Betula alba*, *Senecio vulgaris*, *Taraxacum officinale*, überwinden bei der Besiedelung neuer Lebensräume erhebliche Distanzen. Oft sogar über mehrere Kilometer hinweg (Bonn & Poschlod, 1998; Erbar & Leins, 2018). Aber auch die Ausbreitung durch Tiere (Zoochorie), wie von Deng & Jim (2017) in einem zweijährigen Versuch erforscht wurde, kann zur Kolonisierung neuer Arten beitragen.

Die Korrelationen mit anderen Faktoren wie Alter, Substrattiefe und Flächengröße lieferten keine signifikanten Ergebnisse (siehe Tab. 9-11). Diese Punkte der Hypothese H3 können im Gegensatz zu Punkt 2 (Faktor Gebäudehöhe) daher nicht bestätigt werden. Der Korrelationskoeffizient ist aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht ausreichend aussagekräftig. Eine mögliche kann jedoch genau aus diesem Grund auch nicht unbedingt ausgeschlossen werden. Ein Zusammenhang zwischen den abiotischen Faktoren und der Individuenanzahl, sprich Samendichte, konnte bei der vorliegenden Untersuchung ebenfalls nicht bestätigt werden. Es ist auch hier nicht auszuschließen, dass der bereits oben erwähnte geringe Stichprobenumfang eine Rolle spielt.

6.3 Vergleich der Diasporenbank mit den Vegetationsaufnahmen

In der vorliegenden Arbeit wurde für die untersuchten Gründächer ein durchschnittlicher Sørensen-Koeffizient $CCs = 0,47 \pm 0,07$ ermittelt. Dieses Ergebnis bestätigt die Hypothese H4, dass ein positiver Zusammenhang zwischen den Arten der Vegetation und den Arten der Diasporenbank besteht. Vanstockem et al. (2018) haben im Rahmen einer ähnlichen Untersuchung einen Wert von $CCs = 0,22 \pm 0,09$ errechnet. Der Sørensen-Koeffizient der vorliegenden Untersuchung liegt also doppelt so hoch und weist auf eine höhere Übereinstimmung der Arten hin.

Für populations- und vegetationsdynamische Prozesse spielen DSB vor allem nach Störungen der Ökosysteme eine große Rolle. Diese Störungen, e. g. mechanische Störungen der Böden, sind meist sogar die Voraussetzung für eine Aktivierung der bestehenden Diasporenbank (Schmid & Stöcklin, 1991, S. 30). Dies könnte eine mögliche Begründung für die höhere Artenübereinstimmung zwischen DSB und Vegetation auf den Gründächern erklären. Durch diverse Pflege- und Maintencemaßnahmen (e. g. Entfernen von Gehölzen, Mahd, Reparaturen an der Dachabdichtung) kommt es auf den untersuchten Gründächern immer wieder zu Störungen. Dadurch könnte einerseits der Eintrag neuer Diasporen aus der Vegetation in den geöffneten Boden erfolgen. Andererseits könnten durch die Störungen verbesserte Keimbedingung (erhöhte Wasser- und Lichtverfügbarkeit) den Austrieb der Diasporen aus dem Samenspeicher begünstigen. Genauere Untersuchungen zum Einfluss der Pflegemaßnahmen auf die Oberflächenvegetation EBD werden von Besener (o. J.) in ihrer Diplomarbeit herausgearbeitet. Womöglich begünstigt auch ein Ausfall der etablierten Vegetation durch extreme Umweltbedingungen (e. g. steigende Temperaturen, geringerer Niederschlag, erhöhte Strahlung) und dadurch entstandene Lücken den Austrieb der eingelagerten Diasporen. Auf diesen Umstand verweist auch Kollman (Bönecke & Seiffert, 2000) der die DSB als eine Art „Pflanzengesellschaft in Reserve“ für den Fall, dass der existierende Vegetationsbestand zerstört wird, beschreibt. Ob eine höhere Gesamtdeckung der Vegetation auch zu einem höheren Arten- und Individuenbestand in der DSB führt, wurde in dieser Arbeit nicht untersucht. Albrecht et al. (2011) gelangen jedoch zu der Erkenntnis, dass ein dichter Vegetationsschluss durch die höhere Samenproduktion zu einer individuenreicheren Diasporenbank führt. Diese Erkenntnis kann für zukünftige Planungsprozesse (e.g. Wahl des Substrats, Aufbaustärke der Substratschicht, Bepflanzungskonzept, Bewässerung, Düngung) von Interesse sein. Anwendungen, die vom Management bis zur Restaurierung reichen, profitieren von diesen Erkenntnissen über Artenvielfalt und Dynamik der Diasporenbank auf EBD.

7 Conclusio

Die Zusammensetzung der Diasporenbank städtischer Ökosysteme und im Speziellen die von extensiven Dachbegrünungen ist bis heute nur unzureichend erforscht. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen jedoch, dass sich auf EBD durchaus artenreiche DSB entwickeln können die vergleichbar mit anderen anthropogen geprägten Ökosystemen (Brach- und Ruderalflächen, Ackerland, Grünland) sind. Der Gesamtanteil von 75% heimischen Arten zeigt weiters sehr gut die Bedeutung begrünter Dächer als Lebensraum für heimische Pflanzen im urbanen Raum. In der DSB wurden zwar auch spontan keimfähige Diasporen nicht heimischer Arten (Neophyten) gefunden, entgegen der aufgestellten Hypothese wurden aber keine Diasporen invasiver Arten in den untersuchten Proben gefunden.

Abgesehen vom hohen Artenreichtum konnte in der Untersuchung das Potential der Diasporenbank in Bezug auf die Regenerationsfähigkeit für die Vegetationsschicht der Dächer gezeigt werden. Die 2.036 gekeimten Diasporen zeigen, dass in der DSB extensiv begrünter Dächer durchaus ein hoher Anteil spontan keimfähiger Diasporen vorliegt. Eine Dominanz kurzlebiger Diasporen in der DSB konnte entgegen der Hypothese nicht bestätigt werden. Dieser Umstand liegt vor allem darin begründet, dass die Mehrheit der vorkommenden Arten in der Regel mehr als einen Diasporenbanktypen für die Vermehrung ausbildet. Ebenso verhält es sich mit den Lebensformen: Diasporen von Therophyten treten in den untersuchten Substratproben zwar am häufigsten auf, es finden sich aber auch Diasporen von Hemikryptophyten in etwa dem selben Ausmaß vor. Ähnlich wie bei den Diasporenbanktypen werden von Pflanzen oft mehrere Lebensformen ausgebildet.

Darüber hinaus konnte mit der Arbeit auch der Einfluss, den die Gebäudehöhe auf die Struktur und Zusammensetzung der DSB hat, gezeigt werden. Mit zunehmender Gebäudehöhe verringert sich der Artenbestand auf den Dächern. Hohe Gebäude stellen für die Besiedlung durch Wildpflanzen eine Barriere dar und beeinflussen somit die Artenvielfalt der DSB. Ein Zusammenhang zwischen dem Artenbestand und anderen abiotischen Faktoren (e. g. Alter, Substrattiefe, Fläche) konnte nicht bestätigt werden. Zur Abklärung möglicher Zusammenhänge bedarf es weiterer Untersuchungen.

Der ermittelte Sørensen-Koeffizient (CCs= 47%) bestätigt die Annahme eines positiven Zusammenhangs zwischen der DSB und der Vegetation an den untersuchten Standorten. Dieses Ergebnis liefert auch Einblicke in die Sukzessionsprozesse auf EBD und zeigt, dass die Diskrepanz zwischen DSB und Vegetationsschicht, die in natürlichen und anderen Ökosystemen häufig beobachtet wird, auch Teil von EBD ist.

8 Literaturverzeichnis

- Adler, W., & Mrkvicka, A. C. (2003). Die Flora Wiens gestern und heute. *Verlag des Naturhistorischen Museums Wien*.
- Albrecht, H. ... Tschiersch, C. (2011). The soil seed bank and its relationship to the established vegetation in urban wastelands. *Landscape and Urban Planning*, 100(1–2), 87–97.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (1998). *Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination*. Elsevier.
- Bello, I. A. ... Owen, M. D. K. (1998). Effects of stratification, temperature, and oxygen on woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) seed dormancy. *Weed science*, 46(5), 526–529.
- Bernhardt, K.-G., & Hurka, H. (1989). Dynamik des Samenspeichers in einigen mediterranen Kulturböden. *Weed Research*, 29, 247–254.
- Bernhardt, K.-G. ... Webhofer, J. (2008). Comparison of two methods characterising the seed bank of amphibious plants in submerged sediments. *Aquatic Botany*, 88(2), 171–177.
- Besener, I. M. (o. J.). *Assessment and analysis of the species composition, plant communities, species richness and plant diversity of extensive green roofs in Vienna*. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- Bigwood, D. W., & Inouye, D. W. (1988). Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. *Ecology*, 69(2), 497–507.
- Bönecke, G., & Seiffert, P. (2000). *Spontane Vegetationsentwicklung und Rekultivierung von Culterra - die Schriftenreihe der Professur für Landespflege*. Freiburg.
- Bonn, S., & Poschlod, P. (1998). *Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas: Grundlagen und kulturhistorische Aspekte*. Quelle & Meyer.
- Bredl, A. (2019). *Untersuchungen zur Windausbreitung von Diasporen auf ausgewählten Flachdächern in Wien*. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- Bresinsky, A. ... Sonnewald, U. (2008). *Strasburger - Lehrbuch der Botanik*. Spektrum Akademischer Verlag. Abgerufen von <https://books.google.at/books?id=baAARAAACAAJ>
- Butchart, S. H. M. ... Almond, R. E. A. (2010). Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, (328), 1164–1168.

- Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (2008). Soil sampling and methods of analysis.
- Cilliers, S. S., & Siebert, S. J. (2011). Urban Flora and Vegetation: Patterns and Processes. In *Urban Ecology, patterns, processes and applications* (S. 374). New York, USA: Oxford University Press, Inc.
- Cottrell, H. J. (1947). *Tetrazolium salt as a seed germination indicator*. Dagenham, Essex, UK.
- Deng, H., & Jim, C. Y. (2017). Spontaneous plant colonization and bird visits of tropical extensive green roof. *Urban ecosystems*, 20(2), 337–352.
- Di Giulio, M. (2016). *Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet*. Bern: Bristol-Stiftung.
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2008). *Planting green roofs and living walls*. Timber press Portland, OR.
- Dunnett, N. ... Hallam, A. (2008). The dynamics of planted and colonising species on a green roof over six growing seasons 2001–2006: influence of substrate depth. *Urban Ecosystems*, 11(4), 373–384.
- Eggenberg, S., & Möhl, A. (2013). *Flora Vegetativa: Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand*. Bern: Haupt.
- Erbar, C., & Leins, P. (2018). Wie mobil sind Pflanzen? *Heidelberger Jahrbücher Online*, 3, 21–52.
- Fischer, A. (1987). Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen.
- Fischer, M. A. ... Adler, W. (2008). *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol* (3. Aufl.). Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen.
- Francis, R. A., & Lorimer, J. (2011). Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. *Journal of Environmental Management*, (92), 1429–1437.
- Frey, W., & Lössch, R. (2010). Grundlagen der Ökologie von Populationen und Pflanzengesellschaften. In *Geobotanik* (S. 321–357). Springer.
- Frey, W., & Lössch, R. (2014). *Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit*. Springer-Verlag.
- Gross, K. L. (1990). A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *The Journal of Ecology*, 1079–1093.

- Hanf, M. (1983). The arable weeds of Europe with their seedlings and seeds. *The arable weeds of Europe with their seedlings and seeds*.
- Henninger, S. (2001). *Stadtökologie*. Paderborn, DE: Verlag Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG.
- Karlík, P., & Poschlod, P. (2014). Soil seed-bank composition reveals the land-use history of calcareous grasslands. *Acta oecologica*, 58, 22–34.
- Kotze, J. ... Spence, J. (2011). Effects of Urbanisation on the Ecology and Evolution of Arthropods. In *Urban Ecology, patterns, processes and applications* (S. 374). New York, USA: Oxford University Press, Inc.
- Landlot, E. (2011). Zürich. In *Plants and Habitats of European Cities* (S. 547–577). New York, USA: Springer Science+Business Media, LLC.
- Lang, J. ... Poschlod, P. (2014). Qualität und Keimungseigenschaften von Saatgut in der Genbank WEL, 99–132.
- Leck, M. A. ... Simpson, R. L. (1989). *Ecology of soil seed banks*. San Diego, Clifornia 92101, USA: Academic Press, Inc.
- Leyer, I., & Wesche, K. (2007). *Multivariate Statistik in der Ökologie: Eine Einführung*. Springer Berlin Heidelberg. Abgerufen von <https://books.google.at/books?id=I6cfBAAAQBAJ>
- Madre, F. ... Clergeau, P. (2014). Green roofs as habitats for wild plant species in urban landscapes: first insights from a large-scale sampling. *Landscape and urban Planning*, 122, 100–107.
- Matyssek, R. ... Roloff, A. (2010). *Biologie der Bäume: von der Zelle zur globalen Ebene* (Bd. 8450). UTB.
- McDonald, R., & Marcotullio, P. (2011). Global Effects of Urbanisation on Ecosystem Services. In *Urban Ecology, patterns, processes and applications* (S. 374). New York, USA: Oxford University Press, Inc.
- Mrkvicka, A. (2011). Vienna. In *Plants and Habitats of European Cities* (S. 477–499). New York, USA: Springer Science+Business Media, LLC.
- Nagase, A., & Dunnett, N. (2011). The relationship between percentage of organic matter in substrate and plant growth in extensive green roofs. *Landscape and Urban Planning*, 103, 230–236.
- Obrist, M. K. ... Della Bruna, P. (2012). *Biodiversität in der Stadt-für Mensch und Natur*. Eid. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- Rebele, F., & Dettmar, J. (1996). *Industriebrachen. Ökologie und Management*. Stuttgart, DE: Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Roberts, E. (1974). *Viability of seeds*. London, UK: Chapman and Hall Ltd.
- Schmid, B., & Stöcklin, J. (1991). *Populationsbiologie der Pflanzen*. Springer.

- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (o. J.). Convention on Biological Diversity.
- Smith, T. M., & Smith, R. L. (2009). *Ökologie*. Pearson Deutschland GmbH.
- Stadt Wien. (2005). *Vienna environmental report 2004/2005*. Wien.
- Sukopp, H. (2011). Berlin. In *Plants and Habitats of European Cities* (S. 53–78). New York, USA: Springer Science+Business Media, LLC.
- Thompson, K. ... Bekker, R. M. (1997). *The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity* (Bd. 1). Cambridge university press.
- Thompson, K., & Grime, J. P. (1979). Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *The Journal of Ecology*, 893–921.
- Urbanska, K. M. (1992). Populationsbiologie der Pflanzen (S. 374). Stuttgart, Jena, DE: Gustav Fischer Verlag.
- Vandvik, V. ... Töpper, J. (2016). Seed banks are biodiversity reservoirs: species–area relationships above versus below ground. *Oikos*, 125(2), 218–228.
- Vanstockem, J. ... Hermy, M. (2018). Is there more than meets the eye? Seed bank analysis of a typical novel ecosystem, the extensive green roof. *Applied Vegetation Science*, 21(3), 419–430.
- Wittig, R., & Niekisch, M. (2014). *Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz*. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- Zerbe, S. ... Sukopp, H. (2003). Biodiversity in Berlin and its potential for nature conservation. *Landscape and Urban Planning*, 62, 139–148.

9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Lage der untersuchten Gründächer im Stadtgebiet Wien, eigene Bearbeitung 2018.....	7
Abbildung 2: Gründach G28, AKH Wien Hauptgebäude, eigene Abbildung 2018.....	8
Abbildung 3: Substratgemisch, G28 AKH Hauptgebäude, eigene Abbildung 2018.....	9
Abbildung 4: Gründach G02, AKH Wien Nebengebäude, eigene Abbildung 2018.....	10
Abbildung 5: Substratgemisch, G02 AKH Nebengebäude, eigene Abbildung 2018.....	11
Abbildung 6: Gründach G36, BASE19 StudentInnenwohnheim, eigene Abbildung 2018.	12
Abbildung 7: Substratgemisch, G36 BASE19 StudentInnenwohnheim, eigene Abbildung 2018.....	13
Abbildung 8: Gründach G48, BOKU Wien Muthgasse, eigene Abbildung 2018.....	14
Abbildung 9: Substratgemisch G48, BOKU Wien Muthgasse, eigene Abbildung 2018....	15
Abbildung 10: Gründach G37, Schmelz GRG15, eigene Abbildung 2018.....	16
Abbildung 11: Substratgemisch G37, GRG auf der Schmelz, eigene Abbildung 2018.....	17
Abbildung 12: Gründach G21, Auhofcenter, eigene Abbildung 2018.....	18
Abbildung 13: Substratgemisch G21, Auhofcenter, eigene Abbildung 2018.....	19
Abbildung 14: Gründach G05, HBFLA Gartenbau Schönbrunn, eigene Abbildung 2018.	20
Abbildung 15: Substratgemisch G05, HBFLA Gartenbau Schönbrunn, eigene Abbildung 2018.....	21
Abbildung 16: Proben, eigene Abbildung 2018.....	22
Abbildung 17: Lagerung, eigene Abbildung 2018.....	22
Abbildung 18: Keimtassen im Gewächshaus, eigene Abbildung 2018.....	23
Abbildung 19: gekeimte Pflanzen im Gewächshaus, eigene Abbildung 2018.....	24
Abbildung 20: Jungpflanze, eigene Abbildung 2018.....	24
Abbildung 21: Siebsatz, eigene Abbildung 2018.....	25
Abbildung 22: Gewaschene Probe zum trocknen aufgelegt, eigene Abbildung 2018.....	25
Abbildung 23: Klimaschrank, eigene Abbildung 2018.....	26

Abbildung 24: Keimkontrolle, eigene Abbildung 2018.....	26
Abbildung 25: Verfärbung bei <i>Medicago lupulina</i> , eigene Abbildung 2018.....	27
Abbildung 26: Verfärbung an der Schale außen, eigene Abbildung 2018.....	27
Abbildung 27: Zahlenmäßige Verteilung der gefundenen Arten (n=86) und Diasporen (n=3625).....	29
Abbildung 28: Die zehn häufigsten Familien gemessen an deren Artenanzahl.....	30
Abbildung 29: Die zehn häufigsten Arten gemessen an deren Individuenzahl (n=2782).....	30
Abbildung 30: Unterscheidung nach Herkunft der bestimmaren Arten (n=85).....	31
Abbildung 31: Anzahl der Diasporen (n=414) nicht heimischer Arten (n=14).....	33
Abbildung 32: Artenanzahl (n=86) bei den ermittelten Diasporenbanktypen.....	34
Abbildung 33: Artenanzahl (n=86) nach Lebensformen in der Diasporenbank.....	35
Abbildung 34: Die zehn individuenreichsten spontan keimfähigen Arten aus Gewächshaus u. Klimaschrank/ TTC- Test.....	37
Abbildung 35: Zahlenmäßige Verteilung der Arten (n=53) und gekeimten Diasporen (n=1.476) auf allen Dächern.....	38
Abbildung 36: Die zehn häufigsten Arten gemessen an der Zahl keimfähiger Diasporen (n=1.151) im Gewächshaus.....	39
Abbildung 37: Zahlenmäßige Verteilung der Arten (n=63) und gekeimten Diasporen (n=2.261) auf allen Dächern.....	40
Abbildung 38: Die zehn individuenreichsten Arten beim Spülversuch, Diasporen (n=1.822)	41
Abbildung 39: Gegenüberstellung gefundener (n=2.261) und gekeimter (n=671) Samen der Keimversuche Klimaschrank und TTC- Test.....	42
Abbildung 40: Die zehn individuenreichsten Arten Klimaschrank/ TTC-Test.....	44
Abbildung 41: Vergleich der Artenanzahl zwischen Diasporenbank (n=86) und Vegetation (n=193).....	45
Abbildung 42: Streudiagramm der Regressionsanalyse Gebäudehöhe (in Meter) und Artenanzahl.....	48

Tabelle 1: Neophyten und deren Individuenanzahl auf den sieben untersuchten Gründächern.....	32
Tabelle 2: Artenanzahl nach Diasporenbanktypen auf den Gründächern.....	34
Tabelle 3: Artenanzahl nach Lebensformen auf den Gründächern.....	35
Tabelle 4: Ermittlung des Diasporenvorrats/m ² auf den untersuchten Gründächern.....	36
Tabelle 5: Anzahl der gekeimten Arten und gekeimten Diasporen in den untersuchten Substratproben.....	37
Tabelle 6: Artenübereinstimmung zwischen Diasporenbank und Vegetation der Gründächer.....	46
Tabelle 7: Deskriptive Statistiken der Variablen.....	47
Tabelle 8: Korrelation zwischen Artenanzahl und Gebäudehöhe.....	47
Tabelle 9: Korrelation zwischen Artenanzahl und Substrattiefe.....	49
Tabelle 10: Korrelation zwischen Artenanzahl und Alter.....	49
Tabelle 11: Korrelation zwischen Artenanzahl und Fläche.....	49
Tabelle 12: Korrelation zwischen Diasporenanzahl und Flächengröße.....	50
Tabelle 13: Korrelation zwischen Diasporenanzahl und Flächengröße.....	50
Tabelle 14: Korrelation zwischen Diasporenanzahl und Flächengröße.....	50
Tabelle 15: Korrelation zwischen Diasporenanzahl und Flächengröße.....	50
Tabelle 16: Ermittelte Biodiversitätsindizes der sieben untersuchten Gründächer.....	51
Tabelle 17: Vergleich der Keimzahlen beider Keimversuche.....	54

10 Anhang

Tabelle 18: Pflanzenarten der Diasporenbank (DSB)

Tabelle 19: Standortbeschreibung der Versuchsdächer

Tabelle 20: Artenliste der Diasporenbank und der Vegetationsaufnahmen

Tabelle 18: Lebensform: Th (Therophyt), He (Hemicryptophyt), Ge (Geophyt), Ph (Phanerophyt); DSB (Diasporenbank) Typ: T (transient), P (persistent), TP (transient and persistent); Lebensdauer: a (annuell), b (bienn), p (plurienn); Reproduktion: S (durch Samen), VS (vegetativ und Samen), VVS (vorwiegend vegetativ); Verbreitung: An (Anemochorie), Au (Autochorie), Z (Zoochorie); Strategie: c (Konkurrenzstrategie), s (Stressstrategie), r (Ruderalstrategie); Urbanität: + (urbanophil, bevorzugt Standorte im Stadtgebiet), n (neutral), – (bevorzugt Standorte ausserhalb des urbanen Raums); 1000 SW/g: Tausendsamengewicht in Gramm; na= no attribute (keine Daten gefunden); VEG: Arten der DSB die auch in der Vegetation der Dächer vorkomme; Daten zu den Pflanzenattributen aus der LEDA traitbase (Kleyer et al., 2008) und Bioflor database (Klotz et al., 2002) übernommen. Einteilung der „Urbanität“ nach Flora Wiens (Adler & Mrkwicka, 2003)

Arten der Diasporenbank	Herkunft	Lebensform	DSB Typ	Lebensdauer	Reproduktion	Verbreitung	Strategie	Urbanität	1000 SW/g	VEG
Actinidiaceae										
<i>Actinidia deliciosa</i> (A. Chev.)	Neophyt	Ph	na	a,b,p	S	An	na	na	1,6	✓
Adoxaceae										
<i>Sambucus nigra</i> L.	heimisch	Ph	TP	p	S	Z/Au	c	n	12	✓
<i>Sambucus racemosa</i> L.	heimisch	Ph	TP	p	S	Z/Au	c	+	2,4	
Amaranthaceae										
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Neophyt	Th	TP	a	S	An	cr	n	0,4	✓
Amaryllidaceae										
<i>Allium schoenoprasum</i> L.	Neophyt	Ge	P	p	SV	An/Au	csr	n	0,99	✓
Apiaceae										
<i>Daucus carota</i> L.	heimisch	He	TP	b	S	An/Z	cr	n	1	✓
Asteraceae										
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	heimisch	Ge	TP	p	SV	An	c	n	1,3	
<i>Crepis biennis</i> L.	heimisch	He	TP	b	S	An/Z	cr	n	0,9	✓
<i>Crepis foetida</i> L.	heimisch	Th/ He	na	a	S	An/Z	cr	+	0,6	✓
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	Neophyt	He	P	b,p	S	An/Z	cr	n	0,03	✓
<i>Erigeron canadensis</i> (L.) Cronquist	Neophyt	Th/ He	TP	a	S	An	cr	n	0,07	✓
<i>Helichrysum</i> sp.	Neophyt	He	na	p	SV	An/Z	csr	+	0,06	
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Archaeophyt	Th/ He	TP	a,b	S	An/Z	r	n	0,22	✓
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	heimisch	Th/ He	TP	a	S	An	cr	n	0,3	✓
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	heimisch	He	TP	p	S	An	csr	n	0,7	✓
<i>Tripleurospermum perforatum</i> (Merat) Lainz	heimisch	Th/ He	P	a	S	An	cr	n	0,37	
Betulaceae										
<i>Betula alba</i>	heimisch	Ph	TP	p	S	An	c	n	0,5	✓
Boraginaceae										
<i>Echium vulgare</i> L.	heimisch	He	TP	b	S	An/Z/Au	cr	n	3,09	✓
<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill.	heimisch	Th/ He	TP	a,b	SV	Z	sr	n	0,5	
Brassicaceae										
<i>Capsella bursa-pastoris</i> L. Med.	heimisch	Th/ He	TP	a,b	S	An/Z	r	n	0,1	✓
<i>Cardamine hirsuta</i> L.	heimisch	Th/ He	TP	a	SV	Au	csr	+	0,12	✓
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb x Prantl	heimisch	Th	na	a	S	An	cr	n	0,1	
<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.	Archaeophyt	Ge/ Ch	P	p	S	An/Z	cr	+	0,32	
<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	heimisch	Th/ He	na	a,b	S	An/Au	cr	n	0,14	

Arten der Diasporenbank	Herkunft	Lebensform	DSB Typ	Lebensdauer	Reproduktion	Verbreitung	Strategie	Urbanität	1000 SW/g	VEG
Buddlejaceae										
<i>Buddleja davidii</i> Franch.	Neophyt	Ph	na	p	S	An	c	–	0,1	✓
Caryophyllaceae										
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	heimisch	Th/ He	P	a,b	S	An/Au	r	+	0,07	✓
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	heimisch	Th/ He	TP	a	S	An	r	+	0,05	✓
<i>Dianthus carthusianorum</i> L.	heimisch	He	T	p	SV	An	csr	+	1,02	✓
<i>Holosteum umbellatum</i> L.	heimisch	Th/ He	T	a	S	An	sr	+	0,17	✓
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	heimisch	Th/ He	TP	a,b	S	Z	csr	–	0,25	
<i>Petrorhagia saxifraga</i> (L.) Link	heimisch	Ch	P	p	S	An/Z	cs	+	0,14	✓
<i>Saponaria officinalis</i> L.	heimisch	He	T	p	VVS	An/Z/Au	c	–	1,7	✓
<i>Silene cf. vulgaris</i> (Moench) Garcke s.l.	heimisch	He/ Ch	na	p	S	An/Z/Au	csr	–	1,3	✓
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. s. str.	heimisch	Th/ He	TP	a	S	An/Z	cr	n	0,4	✓
Chenopodiaceae										
<i>Atriplex patula</i> L.	heimisch	Th	TP	a	S	An	cr	n	1,39	
<i>Chenopodium album</i> L.	heimisch	Th	TP	a	S	An/Z	cr	n	0,67	✓
<i>Chenopodium hybridum</i> L.	heimisch	Th	P	a	S	An/Z	cr	n	1,69	
Crassulaceae										
<i>Sedum album</i> L.	heimisch	Ch	na	p	VVS	An	s	+	0,04	✓
<i>Sedum kamtschaticum</i> Fisch.	Neophyt	Ch	na	p	VVS	An	s		0,08	✓
<i>Sedum sexangulare</i> L.	heimisch	Ch	TP	p	VVS	An	s	+	0,04	✓
<i>Sedum spurium</i> M.Bieb.	Neophyt	Ch	T	p	VVS	An	s	–	0,07	✓
Euphorbiaceae										
<i>Chamaesyce maculata</i> (L.) Small	heimisch	Th	na	a	S	Au	r	–	0,33	
Fabaceae										
<i>Medicago lupulina</i> L.	heimisch	Th/ He	T	a,b,p	SV	An/Z/Au	csr	n	1,6	✓
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	heimisch	Th/ He	TP	a,b,p	S	Au	csr	n	2,5	✓
<i>Securigera varia</i> (L.) Lassen	heimisch	He	T	p	SV	An/Au	c	+	3,5	✓
<i>Trifolium arvense</i> L.	heimisch	Th/ He	P	a	S	An/Z	na	+	0,4	✓
<i>Trifolium incarnatum</i> L.	Neophyt	Th/ He	P	a	S	An/Z	cr	n	3,2	
<i>Vicia cracca</i> L. s. Str.	heimisch	He	T	p	SV	Z/Au	c	+	13,7	
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	heimisch	Th	TP	a	SV	Z/Au	cr	+	5,2	✓
Geraniaceae										
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her s. Str.	heimisch	Th/ He	na	a	S	Z/Au	r	n	12,7	✓

Arten der Diasporenbank	Herkunft	Lebensform	DSB Typ	Lebensdauer	Reproduktion	Verbreitung	Strategie	Urbanität	1000 SW/g	VEG
Hyperaceae										
<i>Hypericum androsaemum</i> (L.)	Neophyt	Ph	P	p	SV	An	na	+	0,06	
<i>Hypericum perforatum</i> L.	heimisch	He	T	p	SV	An	c	n	0,2	✓
Lamiaceae										
<i>Clinopodium acinos</i> (Lam.) Dandy	heimisch	Th/ He	TP	a,b,p	S	An	csr	+	0,26	✓
<i>Clinopodium nepeta</i> (L.) Kuntze	heimisch	He	na	p	SV	An	c	-	0,2	
<i>Lamium amplexicaule</i>	Archaeophyt	Th/ He	T	a	S	An/Z	r	n	0,6	
<i>Origanum vulgare</i> L.	heimisch	He/ Ch	TP	p	S	An/Au	csr	+	0,1	✓
<i>Stachys annua</i> L.	heimisch	Th	na	a	S	An	r	+	1,07	
<i>Thymus praecox</i> Opiz s. l.	heimisch	Ch	na	p	SV	An/Z	csr	+	0,17	
Onagraceae										
<i>Epilobium tetragonum</i> L. s. Str.	heimisch	He	TP	p	SV	An	csr	n	0,1	✓
<i>Oenothera biennis</i> L. s. str.	heimisch	He	P	b	na	An/Au	csr	n	0,4	✓
Oxalidaceae										
<i>Oxalis corniculata</i>	Neophyt	Th/ He	P	a,b,p	VVS	Au	r	+	0,2	✓
Papaveraceae										
<i>Papaver cf dubium</i> (L.)	heimisch	Th	TP	a	S	An/Au	sr	-	0,1	
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Archaeophyt	Th	TP	a	S	An/Au	csr	n	0,1	
Paulowniaceae										
<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud.	Neophyt	Ph	na	p	S	An	r	+	0,2	
Plantaginaceae										
<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	heimisch	Ge	T	p	SV	An/Au	csr	n	0,2	✓
<i>Plantago major</i> agg.	heimisch	He	TP	p	S	An/Z	csr	n	0,2	✓
<i>Veronica arvensis</i> L.	heimisch	Th/ He	TP	a	S	An	r	n	0,12	✓
<i>Veronica cf serpyllifolia</i> L.	heimisch	He	TP	p	S	An/Au	csr	-	0,06	
Poaceae										
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Archaeophyt	Th	P	a	S	An	r	n	0,49	✓
<i>Poa compressa</i> L.	heimisch	He	T	p	VVS	An/Z	csr	n	0,2	✓
<i>Poa trivialis</i> L.	heimisch	He/ Ch	TP	p	VVS	An/Z	csr	n	0,2	✓
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	heimisch	Th	P	a	S	An	cr	n	1	✓
Polygonaceae										
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A.Löve	heimisch	Th	P	a	S	An	cr	n	5,84	✓
<i>Polygonum aviculare</i> agg.	heimisch	Th	TP	a	VVS	An/Z	r	n	1,3	
<i>Rumex acetosella</i> L. s. l.	heimisch	Ge/ He	TP	p	SV	An/Z	csr	+	0,7	

Arten der Diasporenbank	Herkunft	Lebensform	DSB Typ	Lebensdauer	Reproduktion	Verbreitung	Strategie	Urbanität	1000 SW/g	VEG
Portulacaceae										
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Archaeophyt	Th	TP	p	S	Au	r	–	0,1	
Primulaceae										
<i>Anagallis arvensis</i> L.	heimisch	Th	P	a	S	An	r	n	0,5	✓
Rosaceae										
<i>Potentilla argentea</i> L. s. Str.	heimisch	He	P	p	S	An	cr	+	0,09	✓
<i>Potentilla</i> sp.	na	na	na	na	S	An/Z	na	na	na	
<i>Rubus idaeus</i> L.	heimisch	Ph	TP	p	VVS	Z/Au	c	+	1,7	
Salicaceae										
<i>Populus nigra</i> L.	heimisch	Ph	T	p	VVS	An	s	+	1,12	✓
Saxifragaceae										
<i>Saxifraga tridactylites</i> L.	heimisch	Th	TP	a	S	An/Au	cr	+	0,01	✓
Scrophulariaceae										
<i>Microrrhinum minus</i> (L.) Lange	Archaeophyt	Th	P	a,b	S	An	r	n	0,67	✓
Solanaceae										
<i>Datura stramonium</i> L.	Neophyt	Th	TP	a	S	An	cr	n	8	
<i>Solanum nigrum</i> L.	heimisch	Th	TP	a	S	Au	r	n	0,8	✓
Violaceae										
<i>Viola arvensis</i> Murray	heimisch	Th	TP	a	S	Au	r	–	0,55	✓

Tabelle 19: Aufbauartyp: 1-schichtig (Pflanzsubstrat und Drainageschicht vermischt), 2-schichtig (Pflanzsubstrat und Drainageschicht als eigene Layer); Substrat-Typ: Bestandteile der untersuchten Substratproben BI (Bims), BT (Blähton), P (Perlit), S (Sand), ZB Ziegelbruch; Substrattiefe: gemittelte Substrattiefe; Korngröße: größter gemessener Korndurchmesser der Proben; Durchwurzelung: gering (loses Substrat, nur die obersten 1-2cm durchwurzelt), mittel (Substratschicht <5cm tief durchwurzelt), stark (Durchwurzelung der Vegetation bis zur Schutzvlieslage >5cm); Pflege (ms/mn/mc - mechanisch selektiv, mechanisch nicht selektiv, mechanisch+chemisch), Intensität Management (rar/spor/reg - selten, sporadisch, regelmäßig, * Schnittgut verbleibt am Dach)

	Attribute der untersuchten Gründächer							Mittelwerte
	G02	G05	G21	G28	G36	G37	G48	
Lage								
GPS Koordinaten	N48°13'13.9" E16°20'57.4"	N48°09'41.2" E16°18'18.5"	N48°12'27.1" E16°13'13.7"	N48°13'11.4" E16°20'48.4"	N48°14'12.3" 16°20'54.5"	N48°12'09.4" E16°19'08.5"	N48°14'49.2" E16°22'05.1"	
Bezirk	1090	1120	1140	1090	1190	1150	1190	
Gebäudehöhe (m)	12	5	10	21	24	7	8	12±7
Beschattung	sonnig	sonnig	sonnig	sonnig	sonnig	halbschattig	halbschattig	
Dachfläche								
Alter	1977	2007	2004	1977	2010	2000	1992	
Fläche (m ²)	500	300	1900	500	570	320	580	667±555
Aufbauartyp	1-schichtig	1-schichtig	1-schichtig	2-schichtig	1-schichtig	1-schichtig	1-schichtig	
Substrat								
Typ ¹	S, ZB	S, ZB	ZB	S, BT, BI	ZB	S, ZB,	S, ZB, BT, P	
Substrattiefe (cm)	11	6	8	15	11	8	11	10±3
Korngröße (mm)	<20	<15	<15	<35	<20	<30	<20	
Durchwurzelung	mittel	stark	gering	gering	mittel	stark	mittel	
Management								
Bewässerung	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	
Pflege	mn	mn	ms	mn	ms	ms	mc	
Intensität	reg	reg	reg	reg	spor	spor	spor	
Diasporenbank (DSB)¹								
Arten	44	37	24	19	14	38	28	29±11
Individuen	1470	616	277	160	148	631	323	518±464
Dichte (Samen/m ²)	14994	6283	2825	1632	1510	6436	3295	8284±4733
Shannon index H'	2,52	2	2,06	1,61	1,79	3,05	1,98	2,14±0,5
Species richness D	8,30	3,87	4,79	2,53	4,04	10,27	3,15	5,28±2,9
Vegetationsschicht²								
Arten gefunden	48	53	69	30	57	81	68	58±17
Sørensen Koeffizient	0,59	0,44	0,38	0,4	0,43	0,37	0,5	0,44±0,08

¹ Ergebnisse aus den Untersuchungen der DSB, Wulsch, T., 2018

² Vegetationsaufnahmen, Besener, I., 2017

Tabelle 20: DSB: alle Arten die ausschließlich in der Diasporenbank gefunden wurden; DSB und Vegetation: Arten die in der DSB und der Oberflächenvegetation der untersuchten Dächer vorkommen; Vegetation: alle Arten die ausschließlich in der Vegetation der Dächer vorkommen; DSB¹ Ergebnisse der DSB Analyse: WULTSCH, T. (2018); Vegetation² Vegetationsaufnahmen: BESENER, I. M. (in. Bearb.)

Artenliste: G02, AKH Nebengebäude

Artenanzahl	ausschließlich in der DSB ¹	DSB und Vegetation	ausschließlich in der Vegetation ²
1	<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Allium schoenoprasum</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
2	<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Arenaria sepyllifolia</i>	<i>Achillea millefolium</i> agg.
3	<i>Buddleja davidii</i>	<i>Clinopodium acinos</i>	<i>Ailanthus altissima</i>
4	<i>Cardamine hirsuta</i>	<i>Erigeron annuus</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>
5	<i>Cerastium glomeratum</i>	<i>Erigeron canadensis</i>	<i>Bromus tectorum</i>
6	<i>Chenopodium album</i>	<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>
7	<i>Chenopodium hybridum</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Carduus nutans</i>
8	<i>Clinopodium nepeta</i>	<i>Poa compressa</i>	<i>Cerastium cf. pumilum</i>
9	<i>Crepis biennis</i>	<i>Saxifraga tridactylites</i>	<i>Cerastium glutinosum</i>
10	<i>Descurainia sophia</i>	<i>Securigera varia</i>	<i>Cirsium vulgare</i>
11	<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	<i>Sedum album</i>	<i>Crepis foetida</i> subsp. <i>rhoeadifolia</i>
12	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Sedum kamschaticum</i>	<i>Crepis tectorum</i>
13	<i>Helichrysum sp.</i>	<i>Sedum sexangulare</i>	<i>Draba boerhaavii</i>
14	<i>Hollostium umbellatum</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Festuca ovina</i> agg.
15	<i>Lamium amplexicaule</i>	<i>Setaria viridis</i>	<i>Koeleruteria paniculata</i>
16	<i>Microrrhinum minus</i>	<i>Solanum nigrum</i>	<i>Leontodon hispidus</i>
17	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Sonchus oleraceus</i>	<i>Linaria vulgaris</i>
18	<i>Papaver rhoeas</i>		<i>Microrrhinum minus</i>
19	<i>Paulownia tomentosa</i>		<i>Parthenocissus quinquefolia</i>
20	<i>Plantago major</i>		<i>Petrorhagia saxifraga</i>
21	<i>Poa trivialis</i>		<i>Potentilla argentea</i>
22	<i>Sambucus nigra</i>		<i>Reseda lutea</i>
23	<i>Silene vulgaris</i>		<i>Sedum floriferum</i>
24	<i>Sisymbrium loeselii</i>		<i>Sedum hybridum</i>
25	<i>Stachys annua</i>		<i>Sedum reflexum</i>
26	<i>Tripleurospermum perforatum</i>		<i>Solanum dulcamara</i>
27	<i>Viola arvensis</i>		<i>Taraxacum officinale</i> agg.
28			<i>Tragopogon dubius</i>
29			<i>Trifolium campestre</i>
30			<i>Tripleurospermum inodorum</i>
31			<i>Vicia hirsuta</i>

Artenliste: G05, HBFLA Gartenbau Schönbrunn

Artenanzahl	ausschließlich in der DSB ¹	DSB und Vegetation	ausschließlich in der Vegetation ²
1	<i>Actinidia deliciosa</i>	<i>Allium schoenoprasum</i>	<i>Acer sp.</i>
2	<i>Amranthus retroflexus</i>	<i>Dianthus carthusianorum L.</i>	<i>Anthyllis vulneraria</i>
3	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>Erigeron annuus</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>
4	<i>Betula alba</i>	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>
5	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Linaria vulgaris</i>	<i>Bromus sterilis</i>
6	<i>Chenopodium album</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Cerastium cf. pumilum</i>
7	<i>Chenopodium hybridum</i>	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	<i>Cerastium sp.</i>
8	<i>Erigeron canadensis</i>	<i>Potentilla argentea</i>	<i>Dianthus sp.</i>
9	<i>Microrrhinum minus</i>	<i>Saponaria officinalis</i>	<i>Draba verna</i>
10	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Sedum album</i>	<i>Erigeron annuus</i>
11	<i>Oxalis corniculata</i>	<i>Sedum sexangulare</i>	<i>Festuca glauca agg.</i>
12	<i>Paulownia tomentosa</i>	<i>Senecio vulgaris</i>	<i>Festuca ovina agg.</i>
13	<i>Plantago major</i>	<i>Setaria viridis</i>	<i>Festuca valesiaca agg.</i>
14	<i>Poa trivialis</i>	<i>Trifolium arvense</i>	<i>Holosteum umbellatum</i>
15	<i>Portulaca oleracea</i>		<i>Lactuca serriola</i>
16	<i>Potentilla sp.</i>		<i>Leucanthemum vulgare (s. str.)</i>
17	<i>Rubus idaeus</i>		<i>Linum austriacum</i>
18	<i>Sambucus nigra</i>		<i>Mellilotus officinalis</i>
19	<i>Sambucus racemosa</i>		<i>Microrrhinum minus</i>
20	<i>Solanum nigrum</i>		<i>Picris hieracioides</i>
21	<i>Sonchus oleraceus</i>		<i>Poa compressa</i>
22	<i>Thymus praecox</i>		<i>Saponaria ocymoides</i>
23	<i>Vicia cracca</i>		<i>Scabiosa ochroleuca</i>
24			<i>Sedum acre</i>
25			<i>Sedum floriferum</i>
26			<i>Sedum kamtschaticum</i>
27			<i>Sedum reflexum</i>
28			<i>Sedum spurium</i>
29			<i>Senecio vernalis</i>
30			<i>Sesleria albicans</i>
31			<i>Silene nutans</i>
32			<i>Stellaria media</i>
33			<i>Taraxacum officinale agg.</i>
34			<i>Thymus pulegioides</i>
35			<i>Tragopogon dubius</i>
36			<i>Tragopogon sp.</i>
37			<i>Verbascum thapsus</i>
38			<i>Vicia hirsuta</i>
39			<i>Vicia sp.</i>
40			<i>Vulpia myuros</i>

Artenliste: G21, Auhofcenter

Artenanzahl	ausschließlich in der DSB ¹	DSB und Vegetation	ausschließlich in der Vegetation ²
1	<i>Cardamine hirsuta</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Acer negundo</i>
2	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>Acer platanoides</i>
3	<i>Chenopodium hybridum</i>	<i>Betula alba</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
4	<i>Clinopodium acinos</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Achillea millefolium</i> agg.
5	<i>Microrrhinum minus</i>	<i>Erigeron annuus</i>	<i>Ambrosia artemisifolia</i>
6	<i>Oxalis corniculata</i>	<i>Erigeron canadensis</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>
7	<i>Polygonum aviculare</i> agg.	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Aster cf. lanceolatum</i>
8	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Sedum album</i>	<i>Betula pendula</i>
9	<i>Potentilla</i> sp.	<i>Sedum kamschaticum</i>	<i>Betula pubescens</i>
10	<i>Sambucus nigra</i>	<i>Sedum sexangulare</i>	<i>Bromus tectorum</i>
11	<i>Stellaria media</i>	<i>Senecio vulgaris</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>
12		<i>Setaria viridis</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
13		<i>Sonchus oleraceus</i>	<i>Chenopodium</i> sp.
14			<i>Clematis vitalba</i>
15			<i>Cornus sanguinea</i>
16			<i>Crepis biennis</i>
17			<i>Crepis foetida</i>
18			<i>Crepis</i> sp.
19			<i>Crepis tectorum</i>
20			<i>Epilobium cf teragonum</i>
21			<i>Epilobium</i> sp.
22			<i>Erigeron acris</i>
23			<i>Eupatorium cannabinum</i>
24			<i>Festuca</i> sp.
25			<i>Hieracium pilosella</i>
26			<i>Hieracium piloselloides</i>
27			<i>Hieracium</i> sp.
28			<i>Humulus lupulus</i>
29			<i>Lactuca serriola</i>
30			<i>Linaria vulgaris</i>
31			<i>Medicago sativa</i>
32			<i>Microrrhinum minus</i>
33			<i>Oenothera</i> sp.
34			<i>Picris hieracioides</i>
35			<i>Plantago major</i>
36			<i>Poa compressa</i>
37			<i>Populus alba</i>
38			<i>Populus nigra</i>
39			<i>Populus tremula</i>
40			<i>Prunus padus</i>
41			<i>Rosa</i> sp.
42			<i>Salix caprea</i>
43			<i>Salix x Bastard</i>
44			<i>Sedum acre</i>
45			<i>Sedum floriferum</i>
46			<i>Sedum hybridum</i>
47			<i>Sedum reflexum</i>
48			<i>Sedum spurium</i>
49			<i>Solidago canadensis</i>
50			<i>Solidago gigantea</i>
51			<i>Stellaria media</i>
52			<i>Taraxacum officinale</i> agg.
53			<i>Tragopogon dubius</i>
54			<i>Trifolium arvense</i>
55			<i>Viola arvensis</i>

Artenliste: G28, AKH Hauptgebäude

Artenanzahl	ausschließlich in der DSB ¹	DSB und Vegetation	ausschließlich in der Vegetation ²
1	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
2	<i>Betula alba</i>	<i>Clinopodium acinos</i>	<i>Bromus hordeaceus</i>
3	<i>Cerastium glomeratum Thuill.</i>	<i>Echium vulgare</i>	<i>Caryopteris x clandonensis</i>
4	<i>Chenopodium album</i>	<i>Erigeron annuus</i>	<i>Cerastium cf. pumilum</i>
5	<i>Microrrhinum minus</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Crepis foetida</i>
6	<i>Poa compressa</i>	<i>Melilotus officinalis</i>	<i>Erigeron acris</i>
7	<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Erigeron canadensis</i>
8	<i>Senecio vulgaris</i>	<i>Setaria viridis</i>	<i>Erodium cicutarium</i>
9	<i>Sisymbrium loeselii L.</i>		<i>Euphorbia maculata</i>
10	<i>Sonchus oleraceus</i>		<i>Festuca ovina agg</i>
11			<i>Fraxinus ornus</i>
12			<i>Hieracium pilosella</i>
13			<i>Hieracium piloselloides</i>
14			<i>Hieracium sp.</i>
15			<i>Leontodon hispidus</i>
16			<i>Plantago lanceolata</i>
17			<i>Sedum hybridum</i>
18			<i>Sedum kamtschaticum</i>
19			<i>Sedum reflexum</i>
20			<i>Taraxacum officinale agg.</i>
21			<i>Tragopogon dubius</i>
22			<i>Viola arvensis</i>

Artenliste: G36, BASE19 StudentInnenwohnheim

Artenanzahl	ausschließlich in der DSB ¹	DSB und Vegetation	ausschließlich in der Vegetation ²
1	<i>Betula alba</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Acer campestre</i>
2	<i>Crepis biennis</i>	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>Acer negundo</i>
3	<i>Papaver dubidium</i>	<i>Betula pendula</i>	<i>Acer platanoides</i>
4	<i>Sambucus nigra</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
5		<i>Crepis foetida</i>	<i>Achillea millefolium</i> agg.
6		<i>Erigeron annuus</i>	<i>Ailanthus altissima</i>
7		<i>Erigeron canadensis</i>	<i>Aster novi belgii</i>
8		<i>Sedum album</i>	<i>Betula pendula</i>
9		<i>Setaria viridis</i>	<i>Bromus tectorum</i>
10		<i>Sonchus oleraceus</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>
11		<i>Stellaria media</i>	<i>Cerastium glutinosum</i>
12			<i>Cirsium vulgare</i>
13			<i>Crepis tectorum</i>
14			<i>Epilobium angustifolium</i>
15			<i>Epilobium roseum</i>
16			<i>Epilobium</i> sp.
17			<i>Erigeron acris</i>
18			<i>Festuca</i> sp.
19			<i>Helianthus annuus</i>
20			<i>Hieracium pilosella</i>
21			<i>Holosteum umbellatum</i>
22			<i>Lactuca serriola</i>
23			<i>Leontodon hispidus</i>
24			<i>Lolium perenne</i>
25			<i>Medicago lupulina</i>
26			<i>Mycelis muralis</i>
27			<i>Poa annua</i>
28			<i>Poa</i> cf. <i>angustifolia</i>
29			<i>Poa compressa</i>
30			<i>Populus alba</i>
31			<i>Populus nigra</i>
32			<i>Populus tremula</i>
33			<i>Robinia pseudoacacia</i>
34			<i>Salix cinerea</i>
35			<i>Sedum acre</i>
36			<i>Sedum floriferum</i>
37			<i>Sedum hybridum</i>
38			<i>Sedum reflexum</i>
39			<i>Sedum sexangulare</i>
40			<i>Sedum spurium</i>
41			<i>Senecio inaequidens</i>
42			<i>Senecio vulgaris</i>
43			<i>Solanum nigrum</i>
44			<i>Taraxacum officinale</i> agg.
45			<i>Tilia</i> sp.

Artenliste: G37, GRG Schmelz

Artenanzahl	ausschließlich in der DSB ¹	DSB und Vegetation	ausschließlich in der Vegetation ²
1	<i>Actinidia deliciosa</i>	<i>Betula pendula</i>	<i>Acer campestre</i>
2	<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Cardamine hirsuta</i>	<i>Acer negundo</i>
3	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>Cerastium cf. Glomeratum</i>	<i>Acer platanoides</i>
4	<i>Atriplex patula</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
5	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Digitaria sanguinalis (.L.) Scop.</i>	<i>Betula pubescens</i>
6	<i>Chamaesyce maculata (L.) Small</i>	<i>Erigeron annuus</i>	<i>Bromus sterilis</i>
7	<i>Chenopodium hybridum</i>	<i>Erigeron canadensis</i>	<i>Bromus tectorum</i>
8	<i>Datura stramonium L.</i>	<i>Holosteum umbellatum</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>
9	<i>Epilobium tetragonum L. s. Str.</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Carduus acanthoides</i>
10	<i>Microrrhinum minus</i>	<i>Poa trivialis</i>	<i>Cerastium glutinosum</i>
11	<i>Myosotis arvensis (L.) Hill.</i>	<i>Sedum album</i>	<i>Cerastium holoteoides</i>
12	<i>Oxalis corniculata</i>	<i>Sedum spurium</i>	<i>Cirsium vulgare</i>
13	<i>Populus nigra L.</i>	<i>Setaria viridis</i>	<i>Clematis vitalba</i>
14	<i>Potentilla argentea</i>	<i>Setellaria media</i>	<i>Cotoneaster dammeri</i>
15	<i>Potentilla sp.</i>	<i>Taraxacum officinale agg.</i>	<i>Crepis foetida</i>
16	<i>Rubus idaeus</i>	<i>Veronica arvensis</i>	<i>Crepis sp.</i>
17	<i>Rumex acetosella</i>	<i>Viccia hirsuta</i>	<i>Crepis taraxaifolia</i>
18	<i>Sambucus nigra</i>		<i>Draba verna</i>
19	<i>Sonchus oleraceus</i>		<i>Dryopteris sp.</i>
20	<i>Trifolium incarnatum</i>		<i>Duchesnea indica</i>
21	<i>Veronica cf serpyllifolia L.</i>		<i>Epilobium angustifolium</i>
22			<i>Epilobium parviflorum hybrid</i>
23			<i>Epilobium roseum</i>
24			<i>Epilobium sp.</i>
25			<i>Erigeron acris</i>
26			<i>Fraxinus ornus</i>
27			<i>Geranium molle</i>
28			<i>Geranium sp.</i>
29			<i>Gleditsia triacanthos</i>
30			<i>Hedera helix</i>
31			<i>Helianthus annuus</i>
32			<i>Hieracium piloselloides</i>
33			<i>Humulus lupulus</i>
34			<i>Hypochaeris radicata</i>
35			<i>Lactuca serriola</i>
36			<i>Linaria vulgaris</i>
37			<i>Microrrhinum minus</i>
38			<i>Oxalis sp.</i>
39			<i>Picris hieracioides</i>
40			<i>Pinus nigra</i>
41			<i>Plantago lanceolata</i>
42			<i>Plantago major</i>
43			<i>Poa compressa</i>
44			<i>Populus alba</i>
45			<i>Potentilla indica</i>
46			<i>Sedum acre</i>
47			<i>Sedum floriferum</i>
48			<i>Sedum kamtschaticum</i>
49			<i>Sedum reflexum</i>
50			<i>Sedum sexangulare</i>
51			<i>Senecio vernalis</i>
52			<i>Senecio vulgaris</i>
53			<i>Silene vulgaris</i>
54			<i>Solidago canadensis</i>
55			<i>Solidago sp.</i>
56			<i>Syringa vulgaris</i>
57			<i>Tilia sp.</i>
58			<i>Tragopogon dubius</i>
59			<i>Trifolium pratense</i>
60			<i>Trifolium repens</i>
61			<i>Tussilago farfara</i>
62			<i>Veronica sublobata</i>
63			<i>Vicia sp.</i>
64			<i>Vulpia myuros</i>

Artenliste: G48, BOKU Wien Muthgasse

Artenanzahl	ausschließlich in der DSB ¹	DSB und Vegetation	ausschließlich in der Vegetation ²
1	<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
2	<i>Cardamine hirsuta</i>	<i>Buddleja davidii</i>	<i>Achillea millefolium</i> agg.
3	<i>Cerastium glomeratum</i>	<i>Daucus carota</i>	<i>Ailanthus altissima</i>
4	<i>Cirsium arvense</i>	<i>Erigeron annuus</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>
5	<i>Crepis biennis</i>	<i>Fallopia convolvulus</i>	<i>Artemisia absinthium</i>
6	<i>Erigeron canadensis</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>
7	<i>Hypericum androsaemum</i> (L.)	<i>Linaria vulgaris</i>	<i>Betula pendula</i>
8	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Oenothera biennis</i>	<i>Bromus tectorum</i>
9	<i>Microrrhinum minus</i>	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>
10	<i>Moehringia trinervia</i> (L.)	<i>Poa compressa</i>	<i>Campanula rotundifolia</i>
11	<i>Senecio vulgaris</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Cerastium glutinosum</i>
12	<i>Stellaria media</i>	<i>Sedum album</i>	<i>Cirsium vulgare</i>
13		<i>Sedum kamschaticum</i>	<i>Clematis vitalba</i>
14		<i>Sedum sexangulare</i>	<i>Clinopodium vulgare</i>
15		<i>Sedum spurium</i>	<i>Crepis</i> sp.
16		<i>Sonchus oleraceus</i>	<i>Dianthus carthusianorum</i>
17			<i>Draba boerhaavii</i>
18			<i>Elymus repens</i>
19			<i>Erigeron acris</i>
20			<i>Festuca ovina</i> agg.
21			<i>Gypsophila paniculata</i>
22			<i>Hieracium pilosella</i>
23			<i>Hieracium piloselloides</i>
24			<i>Juglans regia</i>
25			<i>Lotus corniculatus</i>
26			<i>Medicago sativa</i>
27			<i>Melilotus</i> cf. <i>officinalis</i>
28			<i>Microrrhinum minus</i>
29			<i>Mycelis muralis</i>
30			<i>Oenothera parviflora</i>
31			<i>Onobrychis viciifolia</i>
32			<i>Pastinaca sativa</i>
33			<i>Picris hieracioides</i>
34			<i>Poa pratensis</i> agg.
35			<i>Populus alba</i>
36			<i>Rosa</i> sp.
37			<i>Rubus</i> sp.
38			<i>Sambucus nigra</i>
39			<i>Sanguisorba minor</i>
40			<i>Saxifraga tridactylites</i>
41			<i>Sedum acre</i>
42			<i>Sedum floriferum</i>
43			<i>Sedum hybridum</i>
44			<i>Sedum reflexum</i>
45			<i>Senecio inaequidens</i>
46			<i>Solidago</i> cf. <i>canadensis</i>
47			<i>Taraxacum officinale</i> agg.
48			<i>Tilia</i> sp.
49			<i>Verbascum</i> sp.
50			<i>Verbascum thapsus</i>