

Vegetationsentwicklung auf einem Flachdach in Abhängigkeit von Mikroklima und weiteren Standortfaktoren

Autor(en): **Matthys, Barbara / Capaul, Urs**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen**

Band (Jahr): **47 (2003)**

PDF erstellt am: **14.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-585528>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Vegetationsentwicklung auf einem Flachdach in Abhängigkeit von Mikroklima und weiteren Standortfaktoren

von

Barbara Matthys und Urs Capaul

Zusammenfassung: Vorliegende Untersuchung basiert auf einer Diplomarbeit und beschäftigt sich mit der Vegetationsentwicklung auf einem extensiv begrünten Flachdach in Abhängigkeit von verschiedenen Standortfaktoren (Mikroklima, Substratart und -mächtigkeit, Exposition). Die mikroklimatischen Untersuchungen (Messungen von Luft- und Bodentemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und des Niederschlags) erfolgten vom Dezember 1999 bis August 2000, die pflanzenökologischen Untersuchungen (systematische Vegetationserhebungen) zwischen Juli 1999 und August 2000. Die Ergebnisse wurden verschiedenen statistischen Tests unterworfen. Die Resultate belegen, dass Substratart und -mächtigkeit, Exposition und mikroklimatische Unterschiede die Pflanzenentwicklung und Artenzusammensetzung wesentlich beeinflussen. Die Substratmächtigkeit wirkt in sommerlichen Trockenphasen als begrenzender Faktor für die Wasserspeicherung. Es konnte sowohl beim Deckungsgrad als auch bei den externen Arten ein Gradient von Westen nach Osten nachgewiesen werden. Der südliche Dachteil war leicht artenreicher als der nördliche, die Individuendichte war fast doppelt so hoch wie im Nordteil. Hingegen wurde die Vegetation auf dem nördlichen Dachteil als üppiger eingeschätzt. Die Vegetation entwickelte sich auf Blähtonschiefer besser als auf Tonziegelsplitt, und die Wölbungen waren artenreicher als die Flächen mit geringer Substratmächtigkeit. Durch die Änderung der Artenzusammensetzung veränderte sich in der Folge auch das Mikroklima. Die Wölbungen, Normaufbauflächen und Kiesinseln liessen sich anhand von Zeigerwertspektren gegeneinander abgrenzen.

1 Einleitung

Dachbegrünungen sind seit langem bekannt; neuere Ausgrabungen scheinen zu bestätigen, dass es in Babylon bereits vor 2800 Jahren begrünte Dächer gab. Mit der Verbreitung von Flachdachbauten in den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts und gleichzeitig einer zunehmenden Versiegelung bzw. eines fortlaufenden Artenschwundes wurde erkannt, dass Dachbegrünungen nicht nur dem ökologischen Ausgleich

und zur Verbesserung des städtischen Klimas dienen, sondern auch zur ästhetischen Verschönerung von Städten beitragen (AEBERLE 1994, BEINS-FRANKE 1995).

Dachbegrünungen stabilisieren durch ein ausgewogenes Retentions- und Abflusspotenzial die Grundwasserressourcen und entlasten die Anlagen zur Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung. In sommerlichen Trockenperioden erreichen extensiv begrünte Dächer ein Retentionsvermögen von bis zu 60%, Kiesdächer etwa die Hälfte (KAUFMANN 1999). Im Bereich der Industriebegrünung stellen Dachbegrünungen einerseits ein grosses Marktpotenzial dar. Andererseits lassen sich durch den Schutz der Dachabdichtung vor Witterungseinflüssen Reparaturkosten einsparen. Dachflächen gehören zu den Trockenstandorten im Siedlungsbereich (THOMMEN 1990) und stellen anthropogen geschaffene Extremstandorte für Flora und Fauna dar. Im Gegensatz zu natürlichen Standorten ist laut KRUPKA (1992) «*das Fehlen eines durchwurzelbaren Bodenanschlusses in tiefere Schichten*» der wichtigste Standortfaktor für die Vegetation auf Dachflächen.

Eine Extensivbegrünung ist eine naturnah angelegte Vegetationsform mit einer Ruderalflora (bzw. mit einer Samenmischung), welche an die extremen Standortverhältnisse (Trockenheit, Hitze, Frost, Vernässung) auf einem Dach angepasst ist. Die Vegetation sollte sich auf einem nährstoffarmen Substrat mit geringer Schichtdicke flächendeckend entwickeln und sich selbst erhalten können. Aufwand für Pflege und Wartung bleiben in einem minimalen Rahmen.

Die Spontanbesiedlung auf Flachdächern (im Text als externe Arten bezeichnet) lässt sich mit Vegetationsformen von natürlichen Standorten (Felsbandgesellschaften, Trockenrasen) vergleichen und erlaubt grundlegende Erkenntnisse für die Artenzusammensetzung extensiver Dachbegrünungen (KRUPKA 1992).

Die vorliegende Arbeit will im Wesentlichen folgende Fragen beantworten:

- Wie entwickelt sich die Vegetation in Abhängigkeit des Mikroklimas und der Standortfaktoren Substratart, -mächtigkeit und Exposition?
- Sind bestimmte Arten häufiger miteinander vergesellschaftet als andere?
- Bestehen Wechselwirkungen zwischen dem «Ökosystem Dach» und der näheren Umgebung? Ist eine Dynamik in der Besiedlung zu erkennen? Bietet das Dach für bestimmte Tierarten eine mögliche Habitatsnische?

2 Untersuchungsobjekt und Versuchsanordnung

Die Untersuchungen wurden auf dem extensiv begrünten Flachdach der 1998 erbauten Heilpädagogischen Schule (HPS) Granatenbaumgut durchgeführt. Die HPS Granatenbaumgut ist das erste Gebäude der Stadt Schaffhausen, das konsequent nach den bauökologischen Richtlinien der Stadt realisiert wurde.

Tabelle 1: Substrat-, Wölbungstypen und Aufnahmeflächen

Substrat- und Wölbungstyp	Norm- aufbau	Kies- inseln	Wölbungen Typ 1	Wölbungen Typ 3	Wölbungen Typ 4
Anzahl Aufnahme­flächen	7	16	11	16	1
Flächengrösse [m ²]	4.5	4.5	4.5	4	9
Substratmächtigkeit total [mm]	100	100	140	140	220
Drainschicht – Blähton (Bt) – Misapor (Mis)	Bt	Bt	Mis	Bt / Mis	Bt
Vegetationsschicht – Blähtonschiefer (Bts) – Ziegeltonsplitt (Zie)	Bts	Zie	Bts	Bts	Bts

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Informationen über die 51 Aufnahme­flächen zusammengestellt. Die Gesamtfläche der Dachbegrünung umfasst knapp 1200 m², wobei der Normaufbau flächenmässig den grössten Anteil ausmacht. Zusätzlich wurden Kiesinseln und Wölbungen von drei unterschiedlichen Typen angelegt. Die ebenen Normaufbauflächen und Kiesinseln unterscheiden sich im Material der Vegetationsschicht, die Wölbungen in der Substratmächtigkeit und im Material der Drainschicht (s. Tabelle 1 und Abb. 4). Wegen der erhöhten Traglast konnte nur eine Wölbung des Typs 4 angelegt werden. Von den 16 Kiesinseln sind 9 eingesät und die restlichen Flächen brach gelassen worden.

Die Aufnahme­flächen wurden nach Substrat- und Wölbungstyp in vier verschiedene Dachbereiche unterteilt (Plan 1: Dachaufsicht HPS Granatenbaumgut Schaffhausen): In einen nördlichen und südlichen Dachteil, wobei der Abflusskanal in der Mitte des Daches die Grenze bildete, sowie in einen Ost- bzw. Westteil, wobei die Unterteilung auf der Höhe der Gebäudeabwinkelung erfolgte. Als Saatgutmischung wurde eine aus 16 Arten bestehende Samenmischung für Extensivbegrünungen eingesät. Zusätzlich zur Samenmischung wurden Sedumsprossen ausgestreut, um

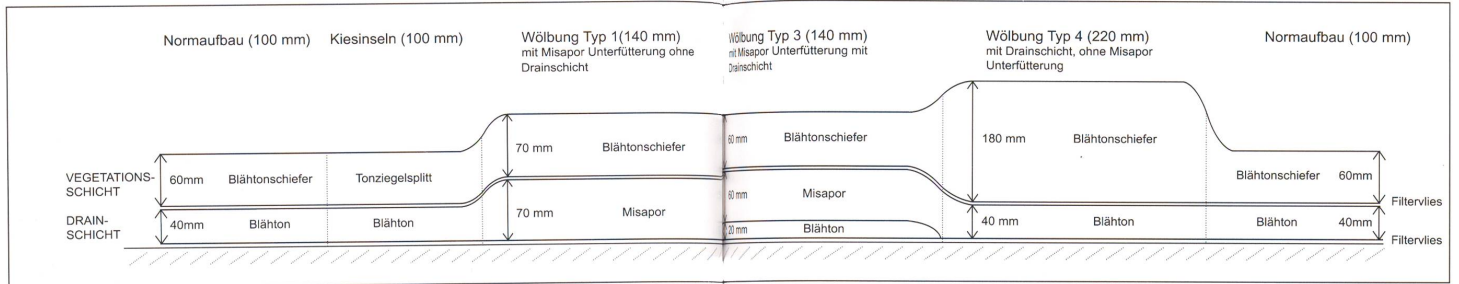


Abb. 1: Profil zum Aufbau der Substrat- und Wölbungstypen
(Quelle: HANGARTNER (1999), grünwerk.)

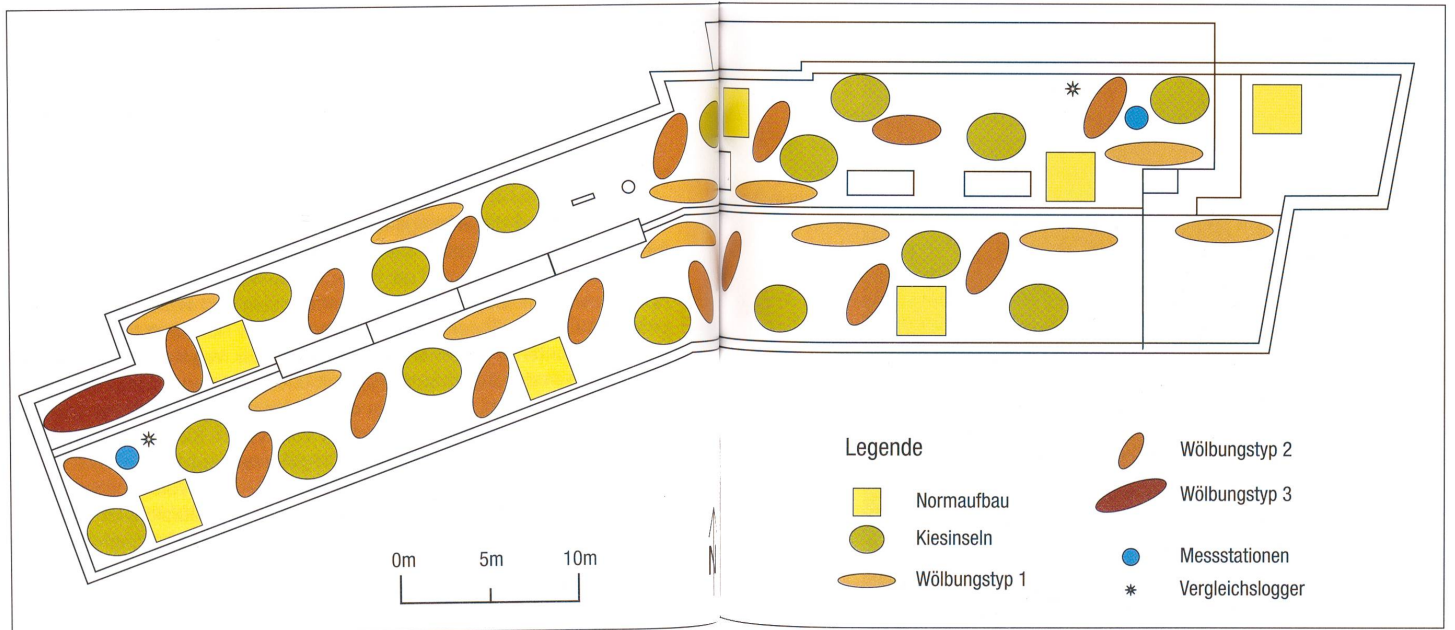


Abb. 2: Dachaufsicht HPS Granatenbaumgut Schaffhausen (Quelle: L. Hangartner, grünwerk Genossenschaft, Schaffhausen, Autorin: Barbara Matthys)

eine rasche Bedeckung zu erzielen. Ansaat und Einwässerung erfolgten Ende April 1999.

3 Methodik und Auswertungen

3.1 Mikroklimatische Messungen

Die mikroklimatischen Messungen erfolgten von Anfang Dezember 1999 bis Ende August 2000 an zwei Messstationen am südwestlichen und am nordöstlichen Dachrand. Pro Station wurden für die Messungen der Lufttemperatur je drei Temperaturlogger in 1 m, 50 cm und 10 cm Höhe über Boden angebracht und für die Bodentemperaturmessungen je zwei Logger im Boden unterhalb und neben den Stationen vergraben. Die Logger im Boden ausserhalb der Messstationen waren im Gegensatz zu den Loggern unterhalb der Stationen der Witterung ausgesetzt. Die westliche

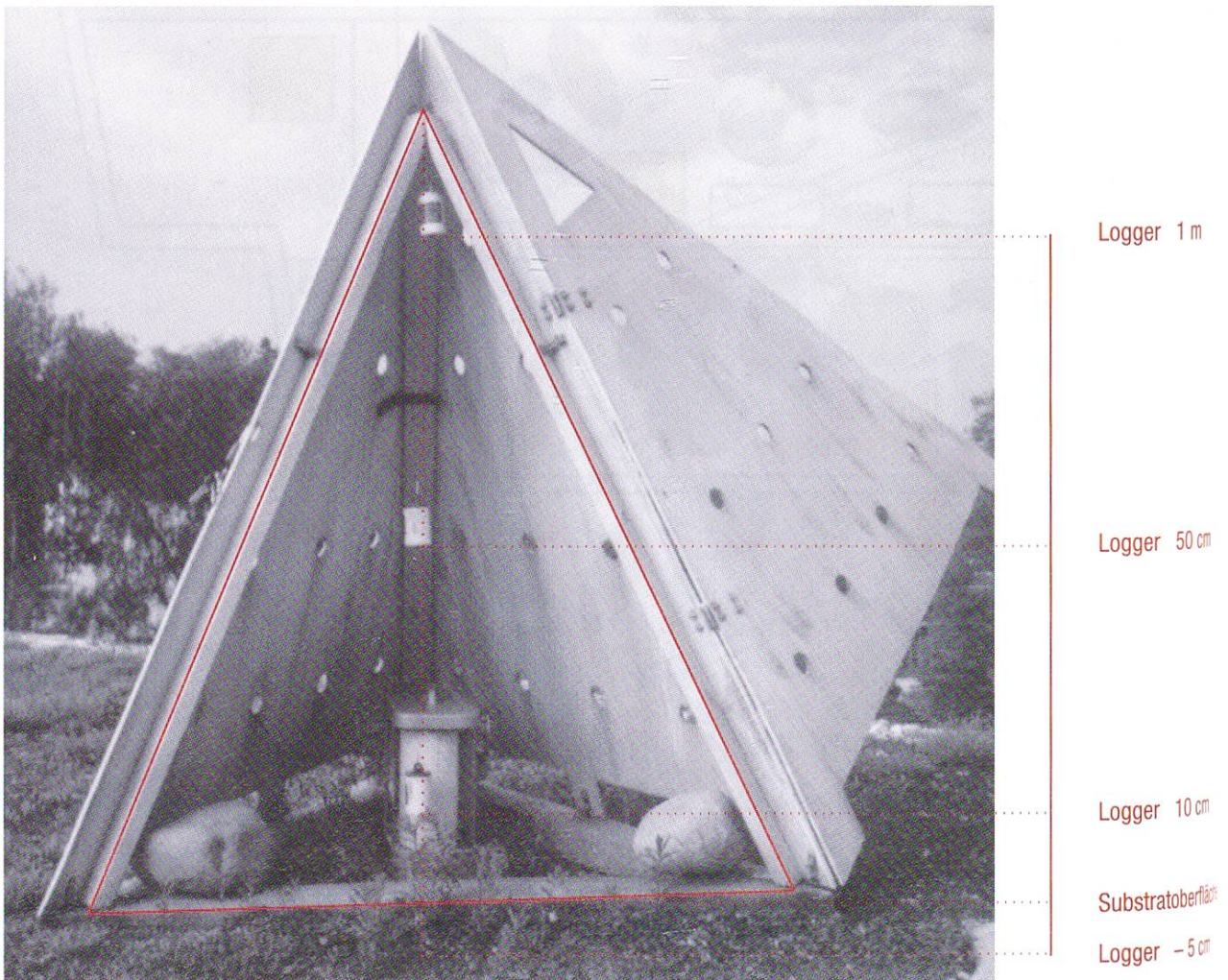


Abb. 3: Schematisches Profil der Messstationen

Station enthielt zusätzlich ein mechanisches Thermohygrometer für Messungen der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit, die östliche eine Niederschlagswippe.

Die auf dem Dach erhobenen Messungen wurden mit Daten der Meteo Schweiz der ANETZ-Station Charlottenfels Schaffhausen statistisch auf Zuverlässigkeit geprüft.

3.2 Pflanzenökologische Untersuchungen

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten im Juli/August und Oktober 1999 sowie im April und Juli/August 2000. Pro Aufnahme fläche wurden die Abundanz, der Deckungsgrad und die Vitalität erfasst und daraus weitere Indizes abgeleitet. Neben den Vegetationsaufnahmen auf dem Dach wurden auf dem gesamten Areal des Granatenbaumgutes fünf Vergleichsflächen ausgeschieden und darauf die Vegetation viermal erhoben, um allenfalls Aufschluss über die nähere Herkunft und Verbreitung der externen Arten zu erhalten.

Folgende statistische Analysen wurden durchgeführt:

- a) *Varianzanalysen*, um die Reaktion verschiedener Merkmale auf die Standortfaktoren Substratart und -mächtigkeit und Exposition zu prüfen.
- b) *Regressionsanalysen*, um zu testen, ob in Abundanz, Deckungsgrad und Vitalität ein expositionsbedingter Gradient besteht.
- c) *Korrelationsanalysen* von Standortfaktoren und Aufnahmeparametern, um eventuelle Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Vegetation und Standortfaktoren aufzuzeigen.
- d) Eine *Clusteranalyse*, um abzuklären ob bestimmte Arten häufiger zusammen vorkommen als andere. Die *Sedum*-Arten wurden bei dieser Analyse weggelassen, da die zusätzliche Ausbreitung von Sprossen und der daraus resultierende Entwicklungsvorsprung zu einer Verzerrung der Resultate geführt hätte.

4 Diskussion der Resultate

4.1 Mikroklimatische Untersuchungen

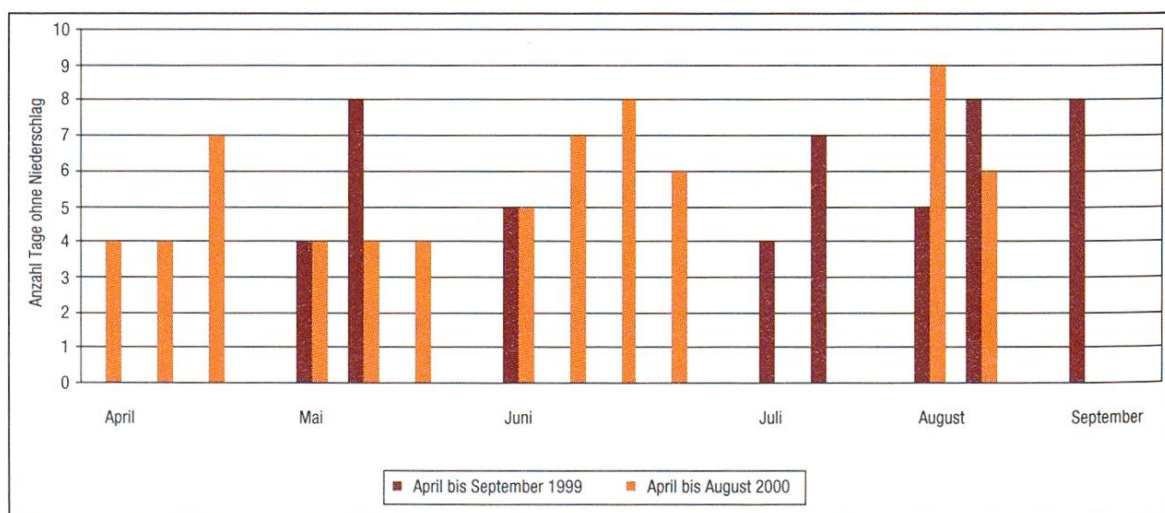
Die Daten der Lufttemperatur, des Niederschlags und der Luftfeuchtigkeit der eigenen Messungen und der MeteoSchweiz zeigen den Verlauf der Witterung während der beiden Vegetationsperioden und liefern Er-

klärungsansätze für aussergewöhnliche Entwicklungen (z. B. könnte das Verdorren vieler Pflanzen auf längere Trockenperioden zurückgeführt werden). Die Bodentemperaturen ausserhalb der Messstationen repräsentieren die Temperaturen im Bereich der Pflanzenteile über dem Boden und diejenigen unterhalb der Stationen die Temperaturen im Wurzel- und Wurzelspitzenraum, da sich in Pflanzenbeständen nach LARCHER (1994) ein eigenes Mikroklima bildet.

Die Messungen über dem Dach weichen nicht signifikant von den Messwerten der MeteoSchweiz ab. Da der Messbereich der Temperaturlogger mit einer Amplitude zwischen -15°C und $+39^{\circ}\text{C}$ an einzelnen schönen Sommertagen teilweise überschritten wurde, mussten die Temperaturwerte über $+39^{\circ}\text{C}$ extrapoliert werden. Während der acht Tage, an denen die Temperatur bei beiden Stationen 39°C überstieg, zeigte die mittlere stündliche Windgeschwindigkeit der ANETZ-Station Charlottenfels vom frühen Morgen bis zum Mittag eine geringe Windstärke der Stufe 1 oder 2 (Beaufort-Skala), was sich letztlich in den erhöhten Dachttemperaturen niederschlug.

4.1.1 Trockenphasen

Lange sommerliche Schönwetterphasen trocknen den Boden aus und können in der Hauptwachstumsphase dazu führen, dass die Arten vor der Fruchtreife vertrocknen, falls sie nicht trockenresistent sind (KÖHLER 1993). In der Vegetationsperiode 1999 fallen die längeren Trockenperioden tendenziell in die Sommer- und Spätsommermonate Juli, August und September, in der Vegetationsperiode 2000 sind sie verteilt.

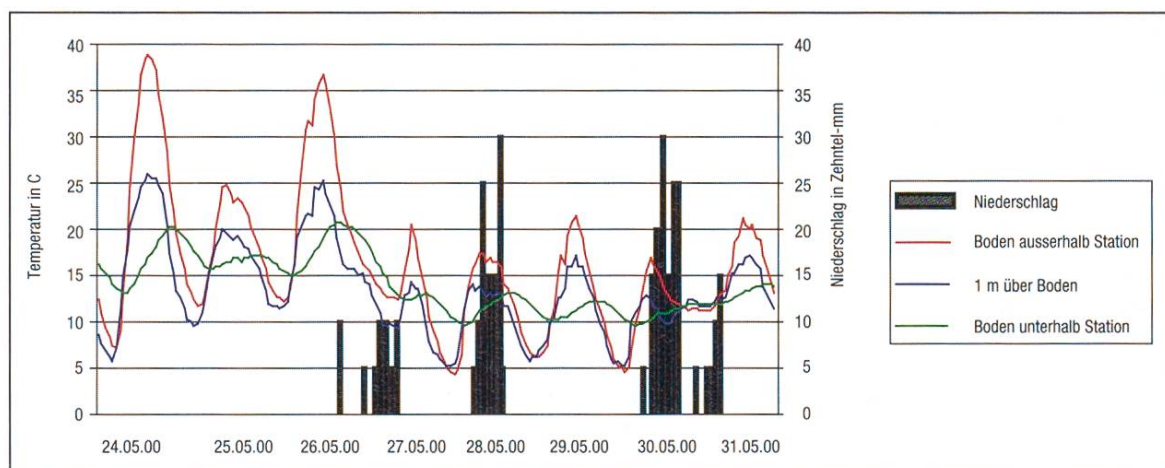


Grafik 1: Trockenphasen

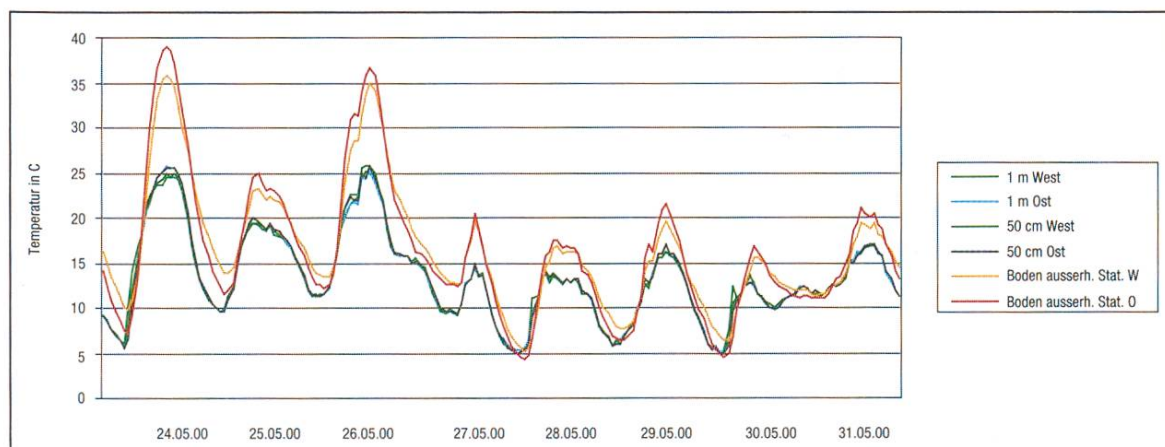
4.1.2 Vergleich der Temperatur-Messreihen der beiden Stationen

Die Temperaturreihen der beiden Stationen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Die *Lufttemperatur*-Messreihen verlaufen sehr ähnlich, die bodennahe Messreihe (10 cm) ist am ausgeglichensten.
- Die Messreihe der *Bodentemperatur unterhalb* der Station weist von allen Messreihen die geringsten Tagesschwankungen von höchstens 8° C auf. Die Reaktion auf Temperaturanstieg oder -abfall ist gegenüber den Bodentemperatur-Messreihen ausserhalb der Stationen deutlich verzögert.
- Die *Bodentemperatur-Messreihen ausserhalb der Stationen* zeigen ab Ende März die ausgeprägtesten Tagesamplituden. Anhand der berechneten Extremwerte kann sich das vegetationsfreie Substrat Blähton-schiefer an heissen Sommertagen auf über 45° C erhitzen und in der Nacht wieder auf 10 bis 15° C abkühlen.



Grafik 2: Temperaturprofil und Niederschlagsperioden der östlichen Messstation

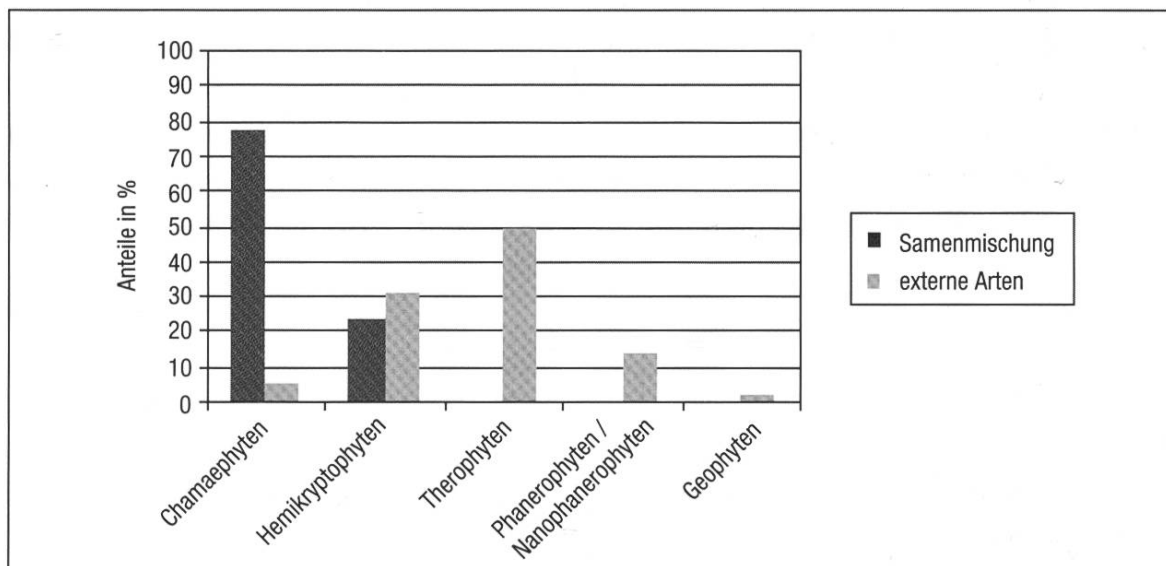


Grafik 3: Temperaturvergleich der Messstationen West und Ost

- Die Temperaturmaxima sind bei der östlichen Station am ausgeprägtesten, die Temperaturminima bei der westlichen. Diese Unterschiede zwischen West und Ost kommen durch den Abkühlungseffekt des Windes im Westen zustande.

4.2 Resultate der pflanzenökologischen Untersuchungen

4.2.1 Lebensformtypen, Standortansprüche und Dynamik der externen Arten



Grafik 4: Anteile an Lebensformtypen (nach Raunkiaer)

Grafik 4 zeigt die Anteile an Lebensformtypen nach RAUNKIAER (1934) am Artenspektrum des Flachdaches. Die Samenmischung besteht zu drei Viertel aus *Chamaephyten* und zu einem Viertel aus *Hemikryptophyten*, während die externen Arten zur Hälfte durch *Therophyten* und zu einem Drittel durch *Hemikryptophyten* vertreten sind. Ein grosser Teil der externen Arten wächst tendenziell auf trockenen, warmen und nährstoffreicheren Standorten. Elf gelten laut LAUBER & WAGNER (1996) und OBERDORFER (1994) als Stickstoffzeiger, je zwei als Nährstoff-, Trocken- und Magerkeitszeiger. Das Vorkommen zahlreicher Stickstoffzeiger könnte auf die angrenzende Landnutzung (Gärten und landwirtschaftlich genutzte Flächen) oder allenfalls auf Stickstoffeintrag über die Luft (CAPAUL 2001) zurückgeführt werden.

Die Einteilung nach Einwanderungstypen zeigt, dass sich während der ersten beiden Vegetationsperioden mehrheitlich wärmeliebende anthropore Arten, am häufigsten Annuelle, angesiedelt haben. Die grösste

Gruppe bilden mit 64% die *Anthropochoren* (*Archaeophyten*: 42%, *Neophyten*: 12%). Die jeweils höheren Artenzahlen in den beiden Sommeraufnahmen könnten auf die zahlreichen Wärmekeimer unter den externen Arten zurückgeführt werden.

Auf den Aufnahmeflächen kamen *Arenaria serpyllifolia*, *Poa annua* und das Moos *Funaria hygrometrica* am häufigsten vor. Insgesamt zwölf Arten wurden gleichzeitig auf dem Dach und auf den Vergleichsflächen im umliegenden Areal beobachtet. Vier Arten könnten möglicherweise aus Rabatten ums Gebäude stammen und vier weitere Arten, welche nach ELLENBERG (1996) häufig zusammen mit Blattfrüchten vorkommen, von einem nahegelegenen Maisfeld.

4.2.2 Beobachtete Fauna

Ab der zweiten Vegetationsperiode wurden Insekten, Bodentiere und auf den blühenden Pflanzen verschiedene Bienenarten, Hummeln, Käfer und Schmetterlinge beobachtet. Insbesondere die Normaufbauflächen enthielten filigrane bis handflächengrosse Spinnweben. Auf dem Dach gefundene Glasscherben, Glitzersteine, Metallplättchen, helle Knochenstückchen und Walnussschalen deuten auf Vögel (Krähen, Elstern) hin.

4.2.3 Einfluss der Substratart und -mächtigkeit auf die Vegetationsentwicklung

4.2.3.1 Entwicklung des Deckungsgrades

Der Deckungsgrad stieg zwischen Juli 1999 und August 2000 von rund 30% auf 60% an. Die Kiesinseln blieben jedoch während beiden Vegetationsperioden spärlich bedeckt. Die externen Arten machten insgesamt nur einen kleinen Anteil des Deckungsgrades aus. Dieser war im ersten Sommer am höchsten, was hauptsächlich auf die flächenmässig starke Präsenz von *Chenopodium album* zurückzuführen war.

Tunica saxifraga breitete sich verglichen mit den restlichen Arten der Samenmischung stark aus. Nach WEILENMANN (2001) bildet diese Art früh Blüten, sehr keimfähige Samen und verbreitet sich rasch in Lücken mit verfügbarem Wurzelraum. Zudem waren die beiden Vegetationsperioden 1999 und 2000 verglichen mit zurückliegenden Jahren eher feucht.

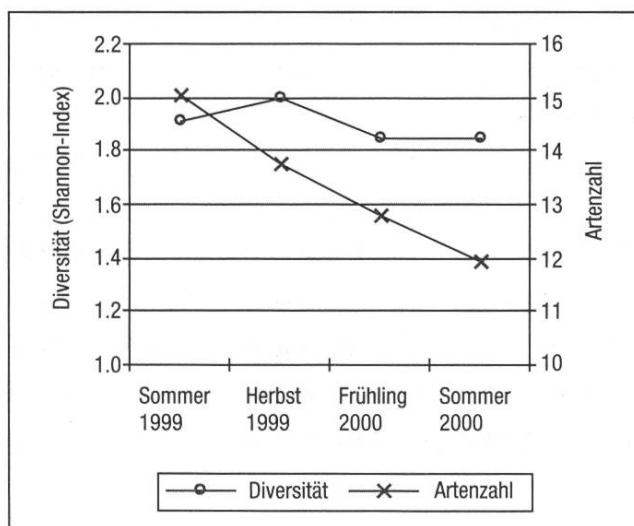
4.2.3.2 Substratart, -mächtigkeit und Vitalität

Substratart und -mächtigkeit bestimmen die Vitalität und Entwicklung der Arten wesentlich mit:

- Auf dem Vegetationssubstrat Tonziegelsplitt der Kiesinseln hat sich die Vegetation deutlich weniger üppig entwickelt als auf dem Vegetationssubstrat Blähtonschiefer der restlichen Aufbautypen. Einige Arten gedeihen im Grenzbereich zwischen diesen beiden Substraten besonders üppig.
- Die Substratmächtigkeit der ebenen Normaufbauflächen und Kiesinseln kann in sommerlichen Trockenphasen zum begrenzenden Faktor für die Wasserspeicherung werden (längere niederschlagsfreie Phasen bis zu neun Tagen waren während des Untersuchungszeitraumes vor allem von Mai bis August zu verzeichnen).
- Die *Sedum*-Arten entwickelten sich auf den Normaufbauflächen üppiger als auf den Wölbungen. Die Wölbungen bieten aufbaubedingt mikroklimatisch bezüglich Feuchtigkeit und Beschattung differenziertere Standortbedingungen als die Normaufbauflächen, wodurch sich auf den Wölbungen die intra- und interspezifische Konkurrenz erhöht. Die *Sedum*-Arten konnten sich hingegen auf den extrem trockenen Standorten behaupten. Am Rand der Wölbungen waren in den ersten Sommeraufnahmen zudem viele verdorrte Individuen einzelner Arten der Samenmischung, vor allem von *Linaria vulgaris*, zu beobachten.

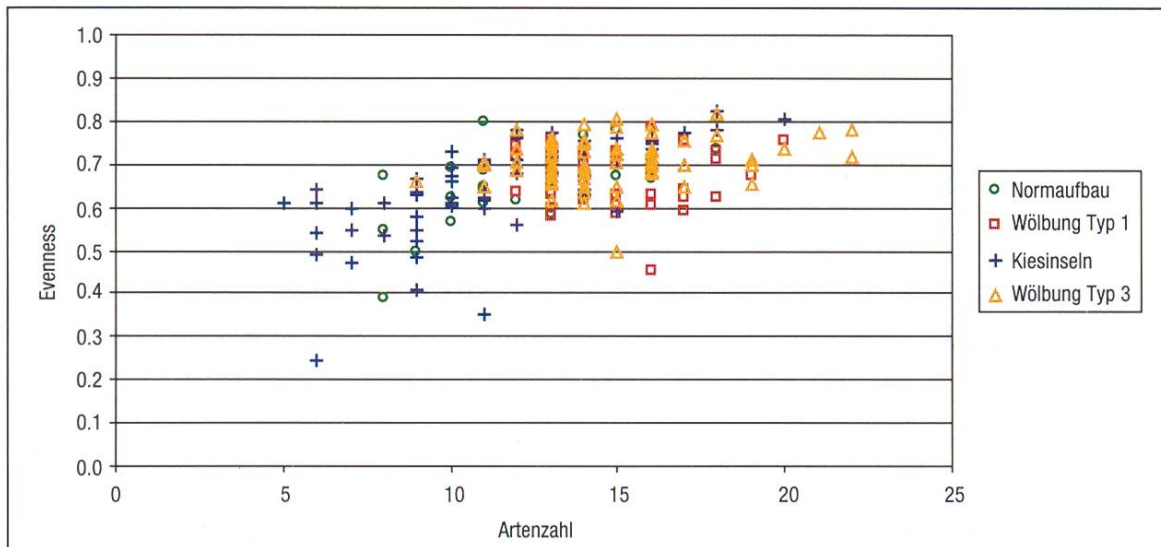
4.2.3.3 Artenzahl und Diversität

Die Artenzahl, welche wesentlich durch die Dynamik der externen Arten gesteuert wird, nimmt auf allen Substrat- und Wölbungstypen geringfügig ab, die Diversität hingegen variiert minim. Die Beobachtungsdauer war zu kurz, um eine Entwicklungsänderung herauslesen zu können.



Grafik 5: Entwicklung von Artenzahl und Diversität (Shannon-Index)

Aus Grafik 5 ist ersichtlich, dass die Artenzahl-Spektren der Wölbungen Typ 1 und 3 nahe beieinander liegen und leicht höher sind als bei den Normaufbauflächen und Kiesinseln. Die Arten sind folglich auf den Wölbungen gleichmässiger verteilt als auf den ebenen Flächen. Zudem enthalten die Wölbungen durchschnittlich drei bis vier Arten mehr als die ebenen Aufnahmeflächen (Grafik 6).



Grafik 6: Evenness und Artenzahl: Spektren nach Substrat- und Wölbungstyp

Auf den Wölbungen und den nicht eingesäten Kiesinseln haben sich ausserdem mehr externe Arten angesiedelt als auf den eingesäten Kiesinseln und den Normaufbauflächen. Eine Korrelationsanalyse ergibt vor allem einen Zusammenhang zwischen Feuchte und Diversität: Steigt die durchschnittliche Feuchtezahl, nimmt auch die Diversität zu.

4.2.3.4 Zeigerwerte und Moose

Mit dem Wandel der Artenzusammensetzung geht eine Veränderung des Mikroklimas einher. Das Erscheinen von Moosen im zweiten Jahr dürfte diese Veränderung fördern, da Moospolster nach KRUPKA (1992) Wasser rasch aufnehmen und festhalten. Laut KRUPKA (1992) «*spiegeln Extensivbegrünungen im Erscheinungsbild den jahreszeitlichen oder witterungsbedingten Wechsel unmittelbarer und schneller als eine vergleichbare bodengebundene Vegetation*».

Die Artenzusammensetzung wird durch die Substratart und -mächtigkeit direkt beeinflusst. Anhand der Zeigerwertspektren der Licht-, Kontinentalitäts-, Feuchte-, Nährstoff- und Dispersionszahl lassen sich die Wölbungen, Normaufbauflächen und Kiesinseln klar gegeneinander abgrenzen: Auf den Normaufbauflächen und den Wölbungen haben sich kontinentalere Arten mit höheren Lichtansprüchen und geringeren Nährstoff- und Feuchtigkeitsansprüchen angesiedelt als auf den Kiesinseln. Die Zeigerwertspektren auf den Kiesinseln sind breit gestreut, da dort zahlreiche externe Arten wachsen.

4.2.4 Einfluss der Exposition auf die Vegetationsentwicklung

Zwischen dem *nördlichen* und dem *südlichen* Dachteil herrschen offenbar unterschiedliche Standortbedingungen:

- Auf dem Südteil des Daches wachsen pro m² rund 1.75 Mal mehr Individuen als auf dem Nordteil und der Deckungsgrad liegt um rund 5% höher als auf der nördlichen Dachhälfte.
- Der Südteil ist mit durchschnittlich 15 Arten pro Aufnahme­fläche um eine Art reicher als der Nordteil.
- Hingegen wurde die Vitalität im Nordteil generell üppiger eingeschätzt als im Südteil.

Die Regressions- und Varianzanalyse bestätigen für die Sommeraufnahmen ein signifikantes West-Ost-Gefälle in der Vegetationsbedeckung für die Bautypen mit geringer Substratmächtigkeit: Der Deckungsgrad nimmt von Westen nach Osten ab. Dieser Gradient deutet darauf hin, dass die Exposition im Sommer mikroräumliche Differenzen zwischen den verschiedenen Substrataufbauten verstärken kann und diese sich bereits kleinräumig auf das Pflanzenwachstum auswirken:

- Die täglichen Temperaturamplituden sind bei der östlichen Messstation stärker ausgeprägt als bei der westlichen. Der östliche Dachteil befindet sich auf der windabgewandten Seite und ist durch verschiedene Dachaufbauten geschützt.
- Die im Nordwestteil des Daches installierten Sonnenkollektoren werfen Schatten. Dadurch kann in den beschatteten Zonen die Feuchtigkeit länger gespeichert werden.

Die Anzahl der externen Arten nimmt im Westen zu, da viele Arten durch den (West-)Wind verbreitet werden. Darüber hinaus trägt die flächenmäsig grösste und höchste Wölbung (Typ 4) am nordwestlichen Dachrand wesentlich zum West-Ost-Gefälle bei.

4.2.5 Verteilung der Arten der Samenmischung

Die Arten der Samenmischung liessen sich anhand einer Clusteranalyse in Bezug auf Vorkommen, Lebensformtyp und Standortansprüche in zwei Gruppen unterteilen. Die erste Gruppe besteht aus Arten, welche häufig vorkamen und ausschliesslich dem Lebensformtyp der *Chamaephyten* angehören. Sie kommen in der Natur auf trockenen und nährstoffarmen Standorten vor. Die Arten der zweiten Gruppe waren deutlich seltener und bestehen mehrheitlich aus *Hemikryptophyten*. Die beiden Gruppen unterscheiden sich in den gewichteten mittleren Zeigerwerten Feuchte-, Nährstoff-, Humus- und Dispersitätszahl.

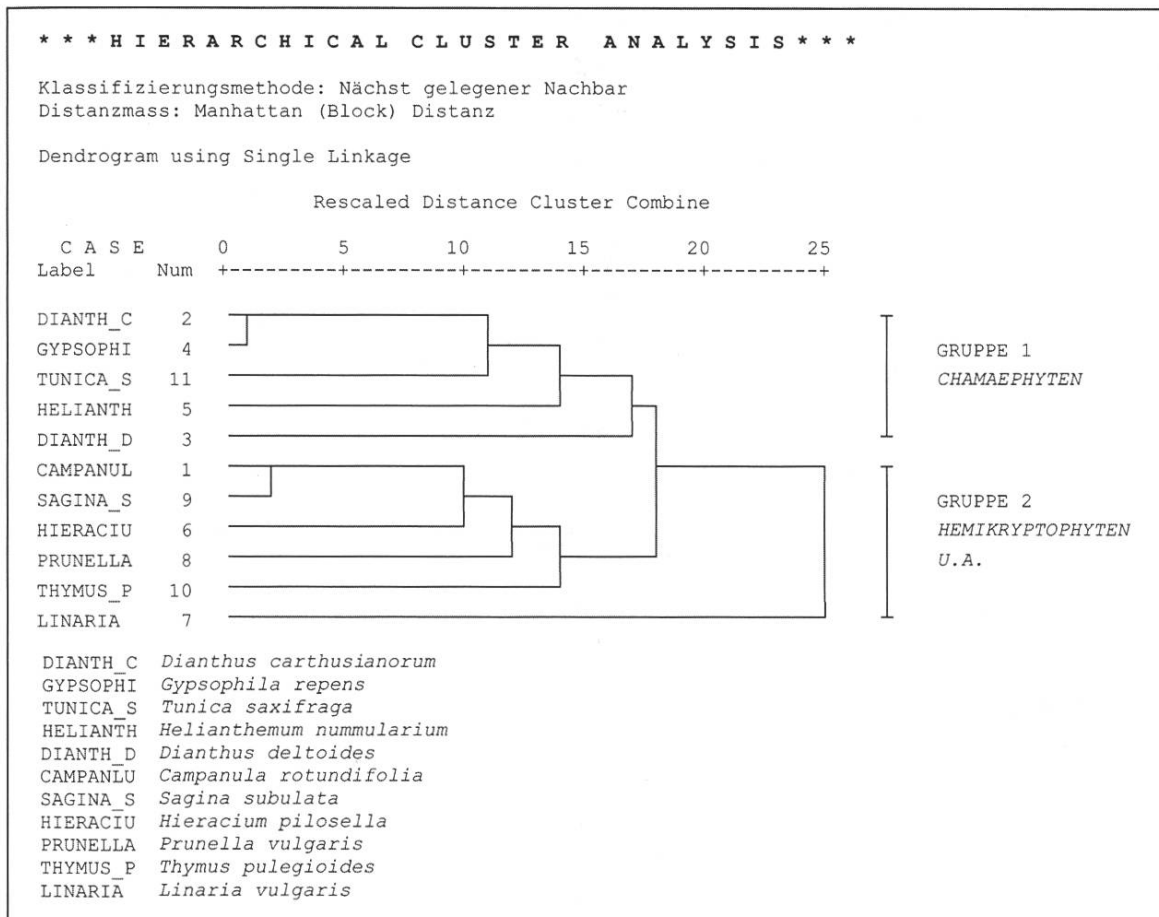


Abb. 4: Ergebnisse der Clusteranalyse (Dendrogramm): Anhand der Clusteranalyse werden Gruppen von Arten mit möglichst ähnlichem Verhalten gebildet und deren Ähnlichkeitsbeziehung in einem Dendrogramm dargestellt. Die Ähnlichkeit nimmt von links nach rechts ab. Die Balken bedeuten das Ähnlichkeitsniveau zwischen zwei Artengemeinschaften

5 Folgerungen

Die Untersuchungen haben ergeben, dass Substratart und -mächtigkeit für die Entwicklung der Arten entscheidend sind. Dabei erweist sich das Substrat Tonziegelsplitt für die Entwicklung der Arten offensichtlich ungünstiger als Blähtonschiefer.

Tunica saxifraga hat sich im Vergleich zu den andern Arten stark ausgebreitet. Die weitere Entwicklung dieser Art sollte im Verlauf der nächsten Jahre beobachtet werden, da sie andere Arten verdrängen könnte. *Prunella vulgaris* wurde ab der zweiten Vegetationsperiode auf den Kiesinseln nicht mehr beobachtet. Generell bevorzugt diese Art nach LAUBER & WAGNER (1996) nährstoffreiche und feuchte Standorte. Sie eignet sich daher nicht für Samenmischungen extensiver Dachbegrünungen, welche hinsichtlich Feuchtigkeit Extremstandorte darstellen.

6 Ausblick

Folgende Fragen könnten eingehender untersucht werden:

- Wie wirkt sich der Faktor «Mikroklima» in der weiteren Entwicklung auf die Artenzusammensetzung aus? Wird sich die bestehende Struktur verstärken oder werden im Laufe der Sukzession neue Artenkombinationen gebildet? Wäre anhand der natürlichen sukzessiven Ansiedlung externer Arten ein Aufbau und die Erhaltung einer flächendeckenden Vegetation möglich (Aspekt der Kostenreduzierung)? Könnten extensiv begrünte Flachdächer anthropogen geschaffene Refugien für Xerothermrelikte bilden?
- Einzelne Arten gedeihen im Grenzbereich zwischen den beiden Vegetationssubstraten Tonziegelsplitt und Blähtonschiefer besonders üppig. Wie kann dieses Phänomen erklärt werden?
- Lassen sich die Randbereiche der Wölbungen in der Artenzusammensetzung von den Wölbungen und den ebenen Flächen abgrenzen? Herrschen im Randbereich der Wölbungen andere Standortbedingungen als auf den Wölbungen und den ebenen Flächen?

Mikroklimatische Untersuchungen:

- Spezifische Analysen der beiden Vegetationssubstrate Blähtonschiefer und Tonziegelsplitt in Bezug auf ihr Erhitzungsverhalten und ihre Feuchtigkeitsspeicherung

Pflanzenökologische Untersuchungen:

- Wiederholungen der Vegetationsaufnahmen, um Aufschluss zu erhalten über die längerfristige Entwicklung der Arten der Samenmischung und über Sukzession und Dynamik der externen Arten im Hinblick auf eine Optimierung von Samenmischungen nach Vegetationssubstrattyp

7 Literatur/Quellen

AEBERLE, W. (1994): Gute Chancen für Dachbegrünungen. Extensive Dachbegrünungen – ein expandierender Markt. In: Der Gartenbau 1994, Nr. 9.

AMREIN, H. (1998): Dächer extensiv begrünen. Eine Fachinformation der SFG. In: Der Gartenbau, 1998 Nr. 11.

BEINS-FRANKE (1995): Begrünte Dächer. Ökologische Nischen und Ausgleichsflächen im Siedlungsraum unter besonderer Berücksichtigung der Extensivbegrünung. Bundesamt für Umwelt, Land und Landschaft (BUWAL). Schriftenreihe Umwelt Nr. 216 (Gewässerschutz und Landschaftsschutz). Bern, 57 S.

BRENNEISEN, S. (1999): Das bessere Flachdach. Ökologische Erfolgskontrolle der Dachbegrünungs-Aktion in Basel. In: Der Gartenbau, 1999 Nr. 43.

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Auflage. Ulmer Verlag Stuttgart, 1095 S.

FORSTER, A. (1998): Neue Gründachnorm für Extensivbegrünungen. In: Der Gartenbau 1998 Nr. 11.

KAUFMANN, P. (1999): Extensiv begrünte Dächer – ein Gewinn für die Siedlungsentwässerung. Bericht über die Versuche 1996–1999. Berner Fachhochschule, Hochschule für Technik und Architektur Burgdorf, Abteilung Bauingenieurwesen. Burgdorf, 89 S.

KISTLER, R. H. (1998: 101): Gründächer: Beitrag zum ökologischen Bauen. In: Die schweizerische Kommunal-Revue 1998, Nr. 2.

KÖHLER, M. (1993): Fassaden- und Dachbegrünung. Verlag Ulmer. Stuttgart, 329 S.

KRUPKA, B. (1992): Dachbegrünung: Pflanzen und Vegetationsanwendung an Bauwerken. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 508 S.

LARCHER (1994): Ökophysiologie der Pflanzen: Leben, Leistung und Stressbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt. Ulmer Verlag Stuttgart, 394 S.

LAUBER, K. & G. WAGNER (1996): Flora Helvetica. Verlag Paul Haupt Bern Stuttgart Wien, 1613 S.

MASCIADRI, P. (2000:27): Die Natur auf dem Dach. Dachbegrünung belebt das Ortsbild. In: Der Schweizerische Hauseigentümer. Nr. 8 (27. 4. 2000).

MÜLLER, M. (1994): Vom Graudach zum Gründach. Bau extensivbegrünter Dächer: Anlage, Pflanzenwahl, Unterhalt. In: Der Gartenbau 1994, Nr. 9.

OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Auflage. Verlag Ulmer. Stuttgart, 1050 S.

ODERMATT, S. (1998): Substrat- und Pflanzenwahl für Extensivbegrünungen. Qualitätskriterien für extensiv begrünte Dächer. In: Der Gartenbau 1998, Nr. 11.

Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA) (1994): Empfehlung 271 / 2: Flachdächer zur Begrünung, 11 S.

SCHMITT, H. M. (1998): Extensive Dachbegrünung. Eine interessante Möglichkeit der Sanierung von Industrieflächen. In: Garten- und Grünplanung.

SCHOLL & ZAHNER (1996): Bauen mit Natur: Dachbegrünung. Umweltschutzamt der Stadt St. Gallen. Gartenbauamt der Stadt St. Gallen (Broschüre).

SUKOPP, H. & R. WITTIG (1998): Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. 2. Auflage. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 474 S.

THOMMEN, M. S. (1990): Extensive Dachbegrünungen. Planung und Gestaltung nach ökologischen und ökonomischen Grundsätzen. In: Der Gartenbau 1990 Nr. 35.

Persönliche Mitteilungen

CAPPAUL, U. (Stadtökologe Stadt Schaffhausen)

HANGARTNER, L. (Mitarbeiter grünwerk Stadt Schaffhausen)

WEILENMANN, O. (Agro-Ing. HTL, Otto Hauenstein Samen AG Rafz)

Weitere Quellen

MeteoSchweiz Kundendienst: Daten Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag

Adresse der Autorin und des Autors:

Barbara Matthys
Forchstr. 130
8032 Zürich

Dr. Urs Capaul
Spendtrottengut 10
8203 Schaffhausen