

Moose und Flechten in Gärten – Resultate eines Projekts der Bryolich

Ariel Bergamini^{1a}, Silvia Stofer^{1b}, Christian Vonarburg², Elise Finsterwald³, Julie Steffen⁴, Susanne Amann⁵, Sarah Beuvier⁶ †, Steffen Boch^{1c}, Katrin Eichhorn⁷, Hansruedi Felix⁸, Silvia Feusi^{9a}, Christine Keller^{1d}, Loïc Liberati¹⁰, Michael Lüth¹¹, Markus Meier¹², Tobias Moser^{1d}, Maggie Nägeli¹³, Frauke Roloff¹⁴, Norbert Schnyder¹⁵, Ursula Tinner¹⁶, Edwin Urmi¹⁷, Mathias Vust¹⁸, Erich Zimmermann^{9b}
Meylania 74 (2024): 15-28

Zusammenfassung

Im Rahmen des Bryolich-Projektes 'Flechten und Moose in Gärten' wurden in 28 Gärten die Moos- und/oder Flechtenarten erfasst sowie Informationen über die Umweltfaktoren gesammelt, um datenbasierte Empfehlungen für moos- und flechtenfreundliche Gärten machen zu können. Insgesamt wurden 138 Moosarten und 164 Flechtenarten erfasst, darunter auch gefährdete und potenziell gefährdete Arten. Am wichtigsten für einen hohen Artenreichtum in einem Garten ist eine grosse Anzahl verschiedener Lebensräume.

Abstract

As part of the Bryolich project 'Lichens and Bryophytes in Gardens', bryophyte and/or lichen species were recorded in 28 gardens and information on environmental factors was collected in order to make data-based recommendations for bryophyte- and lichen-friendly gardens. A total of 138 bryophyte and 164 lichen species were recorded, including vulnerable and near threatened species. Most important for a high species richness in a garden is to have a high number of different habitats.

¹Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf; ^{1a}ariel.bergamini@wsl.ch; ^{1b}silvia.stofer@wsl.ch; ^{1c}steffen.boch@wsl.ch; ^{1d}christine.keller@wsl.ch; ^{1e}tobias.moser@wsl.ch – ²Else-Züblin-Strasse 101, CH-8404 Winterthur; cvonarburg@gmail.com – ³11 rue jean Jaurès, F-74100 Ville-la-Grand; finsterwaldelise@gmail.com – ⁴Haute école du paysage d'ingénierie et d'architecture de Genève HEPIA – Route de Presinge 150, CH-1254 Jussy; julie.steffen@hesge.ch – ⁵Weinbergstrasse 12a, D-79249 Merzhausen; susanne.amann@posteo.de – ⁶Avenue de Cour, CH-1007 Lausanne; sarahbeuvier@hotmail.com – ⁷Wertherstrasse 64, D-33790 Halle (Westf.); k.eichhorn@onlinehome.de – ⁸Moosbrunnenweg 6, CH-4419 Lupsingen; hr.felix@bluewin.ch – ⁹Scheunenberg 46, CH-3251 Wengi; ^{9a}silvia.feusi@bluewin.ch; ^{9b}lichen.candelaris@bluewin.ch – ¹⁰Route de Vuarrens 7, CH-1044 Fey; liberati@envirobois.ch – ¹¹Büro Umweltplanung, Emmendinger Strasse 32, D-79106 Freiburg; mail@milueth.de – ¹²flora + fauna consult, Hardturmstrasse 269/6, CH-805 Zürich; artenvielfalt@gmx.net – ¹³Frauengasse 16, 8200 Schaffhausen; m_naegeli@gmx.ch – ¹⁴Kuernberg 5, D-79650 Schopfheim; fraurolloff@googlemail.com – ¹⁵Forschungsstelle für Umweltbeobachtung FUB, Alte Jonastrasse 83, 8640 Rapperswil; n.schnyder@bluewin.ch – ¹⁶Schwalbenstrasse 28b, CH-9200 Gossau; ursi_tinner@gmx.ch – ¹⁷Im Mattenacher2, CH-8124 Maur; e.urmi@ggaweb.ch – ¹⁸Quai de Nogent 4, 1400 Yverdon-les Bains; lichens.vust@rossolis.ch

1. Einleitung

Global leben 55% der Menschen in urbanen, städtischen Gebieten (United Nations 2019), in der Schweiz sind es aktuell sogar mehr als drei Viertel der Gesamtbevölkerung (BFS & SSV 2021). Naturerlebnisse in solchen Gebieten spielen sich deshalb zu einem grossen Teil in gestalteten Grünflächen wie Privatgärten oder Parks ab. Gärten nehmen eine beträchtliche Fläche im Siedlungsraum ein und haben deshalb ein grosses Potential, die Biodiversität zu fördern (Delahay et al. 2023). Das Interesse an Gärten und an ihrer Biodiversität sowie den Faktoren, die diese Biodiversität beeinflussen hat in den letzten Jahren stark zugenommen (Delahay et al. 2023, Frey et al. 2017). Gärten können allerdings enorm unterschiedlich sein und reichen vom reinen Nutzgarten bis zum reinen Erholungsgarten, der nur nach ästhetischen Faktoren gestaltet ist. Im Allgemeinen sind Gärten erstaunlich reich an unterschiedlichen Arten. So fanden beispielsweise Frey et al. (2017) in 80 Privat- und Familiengärten in drei Schweizer Städten über 1'100 Tierarten und 1'070 Gefässpflanzen (davon allerdings nur 17% mit spontanen Vorkommen, der Rest wurde angepflanzt). Zehm et al. (2024) fanden in einem einzigen Garten in Südbayern sogar über 1'100 Arten, darunter 23 Moose und 36 Flechten. Umfassendere Untersuchungen zu Moosen und Flechten in Gärten wurden bisher nur selten durchgeführt, und stammen grösstenteils aus Grossbritannien (Smith et al. 2010, Callaghan 2009, Stevenson 2008).

Um das Potential von Gärten für Moose und Flechten in der Schweiz zu erfassen, startete Bryolich 2019 das Projekt 'Flechten und Moose in Gärten' (FleMoGa; Vonarburg et al. 2020). Das Projekt hatte zum Ziel, in möglichst vielen Gärten die Moose und Flechten zu erfassen und gleichzeitig Informationen über verschiedene Umweltfaktoren (z.B. Alter und Fläche der Gärten, Zahl unterschiedlicher Lebensräume) zu sammeln, um schliesslich datenbasierte Empfehlungen für moos- und flechtenfreundliche Gärten machen zu können. Folgende Fragen standen deshalb im Zentrum des Projekts: (1) Welche Flechten und Moose sind in Gärten der Schweiz zu beobachten? (2) Wie viele Arten wachsen in den Gärten der Schweiz? (3) Welche Faktoren beeinflussen ihre Vielfalt?

2. Methoden

Im Rahmen des Projekts wurden insgesamt 28 klassische Gärten von Wohnhäusern untersucht (Abb. 1). Öffentliche Pärke, Schrebergärten, Dachterrassen, Balkone und Flachdächer wurden nicht erhoben. Ziel war, in jedem Garten die Moos- und/oder Flechtenarten möglichst vollständig zu erfassen. Zudem wurden soweit möglich die von den Arten besiedelten Substrate erhoben. Für die meisten Gärten wurden verschiedene Parameter wie die Fläche oder das Alter sowie die Lebensräume in den Gärten (Vorkommen und Grösse von Rasen, Wiesen, Blumenrabatten, Kleingehölzen, Bäumen, Wasserflächen, versiegeltem Boden etc.) erfasst. Ausserdem wurden die meisten Gärten fotografisch dokumentiert. Weiter wurden Informationen über die Pflege der Gärten erfasst. Eine kurze Projektbeschreibung ist in Vonarburg et al. (2019) zu finden, und Details zur Erhebungsmethode (z.B. Arbeitsanleitung, Feldformulare) sind via Projekt-Webseite (https://www.bryolich.ch/mfig/mfig_de.html) verfügbar. Die erhobenen Daten können via envidat heruntergeladen werden und stehen zur freien Verfügung (<https://envidat.ch/#/metadata/daten-bryolich-projekt-moose-und-flechten-in-gaerten>).



Abb. 1. Vier Beispiele von untersuchten Gärten. Fotos: U. Tinner (oben links), M. Vust (oben rechts), F. Roloff (unten links), A. Bergamini (unten rechts).

Die untersuchten Gärten wurden nicht zufällig ausgewählt, sondern es handelte sich entweder um die eigenen Gärten der Projektmitarbeitenden oder um Gärten von Bekannten und Verwandten. Ein Garten befand sich nahe der Grenze im Bundesland Baden-Württemberg in Süddeutschland, alle anderen in der Schweiz, fast ausschliesslich im Mittelland (Abb. 2). Die Gärten lagen hauptsächlich in der kollinen Höhenstufe (270–800 m ü. M.). Der kleinste Garten war 114 m² gross, der grösste 6'000 m². Ebenso variabel zeigte sich das Alter der Gärten. Die Spanne reichte über dreihundert Jahre vom frühen 18. bis ins 21. Jahrhundert. Auch die strukturelle Gestaltung der Gärten sowie die Pflege und Bewirtschaftung waren sehr verschieden. In wenigen Gärten wurden die Moose und Flechten in Teilbereichen aktiv bekämpft, zum Beispiel durch Auskratzen der Fugen zwischen den Steinplatten, Vertikutieren der Rasen, Putzen der Steinplatten und Mauern mit Hochdruckreinigern oder durch Dünger- und Fungizideinsatz.

Untersuchung der Moose und Flechten

In fünf Gärten wurden sowohl die Moos- als auch die Flechtenarten erhoben. In zwei Gärten wurden nur die Flechten, in 22 Gärten nur die Moose bearbeitet (Abb. 2). Für die Auswertung standen deshalb 7 Gärten mit Flechtendaten und 26 mit Moosdaten zur Verfügung. Insgesamt haben 22 Personen Daten in Gärten gesammelt. Am meisten Gärten (9) wurden von Elise Finsterwald im Rahmen ihrer Bachelorarbeit untersucht (Finsterwald 2023).

Für die Flechtenerhebungen (ohne nachträgliche Bestimmungen) wurden zwischen 60 und 390 Minuten (im Durchschnitt 186 Minuten) pro Garten aufgewendet. Die

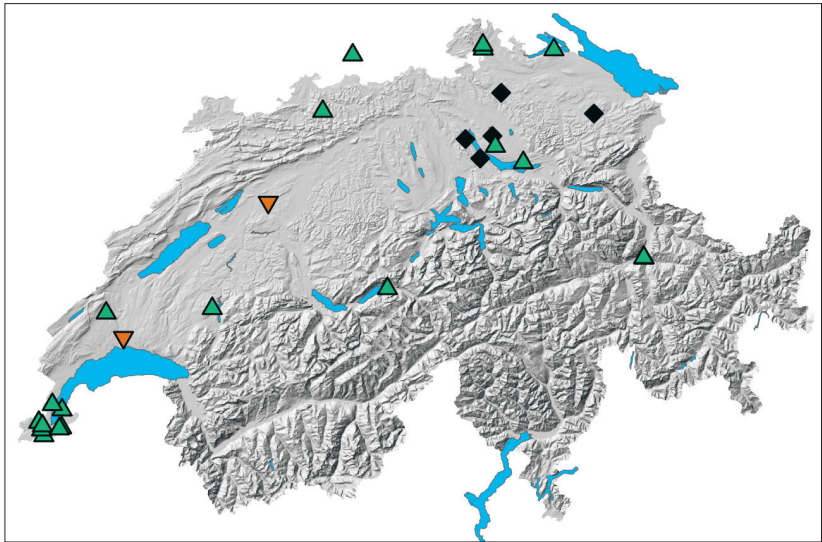


Abb. 2. Karte mit den 28 untersuchten Gärten. Schwarze Rhomben: Moose und Flechten erhoben; grüne Dreiecke: nur Moose; orange Dreiecke: nur Flechten.

Flechtenerhebungen waren deutlich aufwändiger als erwartet. Aufgrund der vielen saxicolon Standorte war auch die Probenahme eine Herausforderung, galt es doch, die Substrate (z.B. Mauern) zu schonen. Zur Abschätzung der Häufigkeit der einzelnen Flechtenarten in der Schweiz wurden die Angaben in Clerc & Truong (2012) und Stofer et al. (2019) herangezogen. Die Nomenklatur der Flechten richtet sich nach Nimis et al. (2018). Die Angaben zur Gefährdung richten sich für die epiphytischen und terricolon Arten nach der Roten Liste von Scheidegger & Clerc (2002). Für die anderen ökologischen Gruppen liegen keine Roten Listen für die Schweiz vor. Um die gefundenen Flechten ökologisch zu charakterisieren, wurden die Zeigerwerte von Wirth (2010) für Deutschland benutzt. Zeigerwerte zeigen die typischen Bedingungen bezüglich Klima, Nährstoffen und Säure des Substrates, welche die jeweiligen Arten bevorzugen. Von den in den untersuchten Gärten vorkommenden Arten liegen für 96 Arten Zeigerwerte vor. Statistische Auswertungen wurden wegen der geringen Gartenzahl keine gemacht.

Die für die Mooserhebungen aufgewendete Zeit variierte zwischen 60 und 240 Minuten pro Garten (im Durchschnitt 166 Minuten; ohne nachträgliche Bestimmungen). Die Nomenklatur der Moose richtet sich nach der aktuellen Checkliste von Swissbryophytes (CH-2023+; www.swissbryophytes.ch). Angaben zur Gefährdung richten sich nach Kiebacher, Meier et al. (2023). Um Zusammenhänge zwischen der Fläche der Gärten, der Meereshöhe, der aufgewendeten Zeit für die Bearbeitung der Gärten, der Fläche oder dem Anteil verschiedener Lebensräume und weiterer Variablen zu untersuchen, wurden einfache Regressionen gerechnet. Für den Zusammenhang zwischen der Zahl unterschiedlicher Lebensräume und der Artenzahl wurden folgende Lebensräume berücksichtigt: Rasen, Wiese, Gemüsebeete, Rabatten, Kleingehölze, Grossgehölze, unversiegelter Boden, Wasserflächen, verwilder-

te Flächen, Gestein (inkl. Beton), Totholz. Um die Diversität der Gärten bezüglich ihrer Lebensräume zu quantifizieren, wurde der Shannon-Index (S) berechnet, der sowohl die Anzahl als auch den Flächenteil (p) der verschiedenen Lebensräume (i) berücksichtigt:

$$S = -\sum(p_i \times \ln(p_i)).$$

Alle Auswertungen wurden mit der Statistikumgebung R 4.2.1 (R Core Team 2022) durchgeführt.

3. Resultate

3.1 Flechtenerhebungen

Artenvielfalt

In den sieben nach Flechten untersuchten Gärten wurden insgesamt 360 Flechtenbeobachtungen gemacht. Total wurden 164 Arten festgestellt. Dies entspricht ca. 8% der in der Schweiz verzeichneten Arten (Stofer et al. 2019). Die Zahl der Arten pro Garten variierte zwischen 19 und 65.

Die häufigsten Arten waren (in Klammern die Anzahl Beobachtungen inkl. Mehrfachbeobachtungen in einem Garten aufgrund Vorkommen auf unterschiedlichen Substraten): *Xanthoria parietina* (13), *Physcia tenella* (11), *P. adscendens* (10), *Phaeophyscia orbicularis* (10), *Lecidella elaeochroma* (9) und *Protoparmeliopsis muralis* (8). Es handelt sich hierbei um Arten, welche meist auch einen hohen Nährstoffeintrag bzw. Störungen aushalten. Die übrigen Arten wurden weniger als acht Mal gemeldet. 57% der Arten (94) wurden nur einmal beobachtet.

Bei den gesteinsbewohnenden Arten wurden viele noch selten im Mittelland beobachtete Arten gemeldet. Dieses Substrat wurde in der Schweiz bisher generell wenig bearbeitet und bislang eher in höheren Lagen untersucht. So fanden sich in den Gärten Arten wie *Bagliettoa parmigera*, *Myriolecis semipallida* oder *Thallinocarpon nigritellum*, welche bis dahin selten oder nur im subalpinen bis alpinen Bereich verzeichnet waren.

Gefährdete Arten

Es wurden drei verletzte Arten (VU) und neun potenziell gefährdete Arten (NT) erfasst. Diese Arten wurden jeweils nur in einem Garten gesichtet, ausser *Caloplaca cerinella*, welche in drei Gärten beobachtet wurde. Flechten auf Gestein oder Totholz sind in der aktuellen Roten Liste (Scheidegger & Clerc 2002) nicht berücksichtigt, weshalb die Anzahl gefährdeter Arten eher höher liegen dürfte.

Substrate

Die meisten Arten wurden epiphytisch (11–37 Arten) oder saxicol (3–40 Arten) festgestellt, gefolgt von lignicolen Funden (1–19 Arten). Die epiphytischen Funde verteilen sich auf Bäume und Sträucher, saxicole Arten sind auf Beton, Zement, Steinen oder Ziegeln festgestellt worden. Fünf Arten wurden auf Metall beobachtet. Auf Erde wurden zwei Arten und auf Kunststoff eine Art gefunden.

Tabelle 1. Gefährdung gemäss Roter Liste (Scheidegger & Clerc 2002).

Art	Gefährdung	Anzahl Gärten
<i>Caloplaca obscurella</i>	gefährdet (VU)	1
<i>Parmotrema perlatum</i>	gefährdet (VU)	1
<i>Strigula jamesii</i>	gefährdet (VU)	1
<i>Caloplaca cerinella</i>	potentiell gefährdet (NT)	3
<i>Lecanora intumescens</i>	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Lecanora leptyroides</i>	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Melanohalea elegantula</i>	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Melanohalea exasperata</i>	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Parmelina pastillifera</i>	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Parmelina quercina</i>	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Physconia grisea</i> s.l.	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	potentiell gefährdet (NT)	1

Artenzahl und Gartenparameter

Eine Gegenüberstellung der wichtigsten Gartenparameter und des Bearbeitungsaufwands im Feld mit der jeweiligen Artenzahl zeigt keine eindeutigen Abhängigkeiten (Tab. 2). Der jüngste Garten (Nr. 31) verzeichnete die geringste Artenzahl. Aber ein nur zehn Jahre älterer Garten (Nr. 1) wies eine mehr als dreimal höhere Artenzahl auf. Der jüngste Garten war allerdings auch der zweitkleinste. Speziell ist der Garten Nr. 11, welcher mit nur 180 m² Fläche die zweithöchste Artenzahl bei relativ geringem Bearbeitungsaufwand erreichte. Das heisst, dass auch kleine Gärten wichtige Lebensräume für Flechten sein können. Die Anzahl vorhandener Lebensräume steht nicht eindeutig in Bezug zur Artenzahl. Sie lag aber bei allen Gärten zwischen 10 und 16. Es handelt sich also nicht um vollständig ausgeräumte Gärten. Bezüglich Bewirtschaftung ist zu bemerken, dass die untersuchten Gärten alle schonend gepflegt werden. In Gemüsegärten wird Dünger eingesetzt, es werden jedoch keine Pestizide angewendet.

Tabelle 2. Übersicht über die Artenzahl und die Gartenparameter pro Garten (sortiert nach abnehmender Artenzahl).

Garten Nr.	Artenzahl	Fläche (m ²)	Baujahr	Umgestaltungen	Jäten	Dünger	Pestizide	Anzahl Strukturen	Zeitaufwand Feld (min)
30	65	1028	1850	nein	nein	ja	nein	12	390
11	64	180	1920	nein	nein	nein	nein	10	60
1	58	550	1980	ja	nein	nein	nein	12	240
10	32	6000	1980	nein	ja	ja	(nein)	10	180
13	32	680	1911	ja	nein	Ja	nein	10	90
6	28	972	1954	nein	teils	ja	nein	16	90
31	19	216	1990	nein	nein	ja	nein	10	60

Zeigerwerte

Es zeigte sich, dass die meisten Arten Halbschatten und lichtreiche Standorte bevorzugen. Bezüglich Feuchte sind die meisten Arten indifferent oder tolerieren niederschlagsarme Standorte. Mehrheitlich werden basische, subneutrale oder mässig saure Substrate bevorzugt. Der Grossteil der Arten toleriert Eutrophierung.

3.2 Mooserhebungen

Artenvielfalt und Häufigkeit der Moose

In den 26 nach Moosen abgesuchten Gärten wurden insgesamt 138 Moosarten gefunden (125 Laubmoose, 13 Lebermoose), also gut 12% der gesamten Schweizer Moosflora. Rund zwei Drittel der Laubmoose (83 Arten) gehörten zu den akrokarpem, ein Drittel zu den pleurokarpem Moosen (41 Arten). Zudem wurde in einem Garten ein nicht näher bestimmtes Torfmoos (*Sphagnum spec.*) gefunden. Unter den 13 Lebermoosen fanden sich vier thallöse Arten (*Marchantia polymorpha*, *Lunularia cruciata*, *Metzgeria furcata* und *Pellia endiviifolia*). Am artenreichsten vertreten war die Gattung *Orthotrichum* s.l. (inkl. *Pulvigera*, *Nyholmia* und *Lewinskya*) mit 14 Arten, gefolgt von der Gattung *Bryum* mit 12 Arten und *Didymodon* mit sechs Arten. Insgesamt acht Arten oder Arten-Aggregate wurden in 20 oder mehr Gärten gefunden: *Hypnum cupressiforme* aggr. (24 Gärten), *Schistidium apocarpum* aggr. (23 Gärten), *Brachythecium rutabulum*, *Bryum capillare* aggr., *Calliergonella cuspidata* und *Tortula muralis* (je 22 Gärten), *Oxyrrhynchium hians* (21 Gärten) und *Amblystegium serpens* (20 Gärten). Nur 19 Arten kamen in mehr als der Hälfte der Gärten (>13 Gärten) vor, rund 60% der Arten (86 Arten) in drei oder weniger Gärten. Mit *Campylopus introflexus* (in einem Garten) und *Lunularia cruciata* (in zwei Gärten) wurden auch zwei nicht einheimische Moose gefunden.

Gefährdung der Moose

Die meisten der gefundenen Arten sind in der Schweiz häufig. Insgesamt waren nur acht der gefundenen Arten wenigstens potentiell gefährdet gemäss Roter Liste der Moose (Kiebacher, Meier et al. 2023). Eine der Arten galt als vom Aussterben bedroht (CR; *Frullania parvistipula*), eine als gefährdet (VU; *Rhynchostegiella teneriffae*) und sechs als potentiell gefährdet (NT; Tab. 3). Insbesondere der Fund von *Frullania parvistipula* in einem Garten bei Brienz ist bemerkenswert, war die Art bisher doch nur in der Umgebung von Kandersteg auf kalkarmen Felsen gefunden worden. Im Garten bei Brienz wurde die Art auf einem Birn- und einem Quittenbaum gefunden (Schnyder 2017). Auch *Rhynchostegiella teneriffae* würde man kaum in einem Garten erwarten. Diese Art wuchs in einem kleinen Bach am Grundstücksrand.

Artenzahlen und Umweltparameter

Die Artenzahl der Moose pro Garten variierte zwischen 10 und 47 (Durchschnitt 28.5). Die Fläche der Gärten hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Zahl der gefundenen Arten (Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 0.15$). Auch in kleinen Gärten kann also die Artenzahl hoch sein (Abb. 3A). Die Meereshöhe hatte einen statistisch signifikanten ($p < 0.05$) positiven Einfluss auf die Moosartenzahl, allerdings nur, wenn der höchst gelegene Garten (809 m ü. M.) von den Analysen ausgeschlossen wurde (Fig. 3B). Das Alter der Gärten hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Zahl der Moosarten. Die

Tabelle 3. Gefährdete und potentiell gefährdete Arten in den 26 nach Moosen abgesuchten Gärten zusammen mit ihrer Häufigkeit (Anzahl Gärten). Gefährdung nach Kiebacher, Meier et al. (2023).

Art	Gefährdung	Anzahl Gärten
<i>Frullania parvistipula</i>	vom Aussterben bedroht (CR)	1
<i>Rhynchostegiella teneriffae</i>	gefährdet (VU)	1
<i>Bryum torquescens</i>	potentiell gefährdet (NT)	2
<i>Dicranella howei</i>	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Didymodon acutus</i>	potentiell gefährdet (NT)	3
<i>Hyophila involuta</i>	potentiell gefährdet (NT)	2
<i>Orthotrichum microcarpum</i>	potentiell gefährdet (NT)	1
<i>Pseudoleskeella tectorum</i>	potentiell gefährdet (NT)	1

Fläche verwilderter, aufgelassener Bereiche hing mit der Artenzahl positiv zusammen ($p < 0.05$), allerdings nur, wenn der Garten mit der grössten Fläche an verwilderten Bereichen weggelassen wurde (Abb. 3C). Die Zahl der in einem Garten vorhandenen Lebensräume (z.B. Rabatten, unversiegelte Wege, Mauern, Gehölze etc.), war zwar positiv mit der Artenzahl korreliert, aber der Zusammenhang war schwach und statistisch nur marginal signifikant ($p < 0.1$). Viel stärker war der Zusammenhang, wenn die Fläche der Lebensräume berücksichtigt wurde: Je höher der Shannon-Index, der die Vielfalt und die Fläche der Lebensräume berücksichtigt, desto mehr Arten wurden gefunden ($p < 0.001$; Abb. 3D).

Akrokarpe und pleurokarpe Moose unterscheiden sich nicht nur in der Stellung der Archegonien, sondern auch in der Wuchsform und haben deshalb oft etwas andere ökologische Ansprüche. Dies zeigt sich auch in den untersuchten Gärten (Abb. 4). So nimmt etwa die Zahl der akrokarpn Arten mit dem Anteil an Gesteinsfläche in den Gärten signifikant zu ($p < 0.05$), die Zahl der pleurokarpn Arten hingegen mit dem Anteil an der Fläche von Gehölzen mit über 3 m Höhe ($p < 0.05$). Dabei dürften die pleurokarpn Arten wahrscheinlich vor allem von den schattigen Bereichen unter den Gehölzen profitieren, da auf den Gehölzen auch viele akrokarpe Arten vorkommen.

Flechten und Moose im Vergleich

In fünf Gärten wurden sowohl Flechten- als auch Mooserhebungen durchgeführt. Das Total der Artenzahlen (Flechten und Moose) variierte zwischen 63 und 98 (Tab. 4). Auffällig ist, dass die Zahl der Flechten in den fünf Gärten deutlich stärker schwankt als bei den Moosen. Die beiden artenreichsten Gärten wiesen beide eine recht hohe Gesteinsfläche aus (80 und 38 m²) und der eine Garten eine sehr hohe Fläche an Grossgehölzen (> 3 m; 400 m²).

4. Diskussion

Wie gross ist die Diversität von Moosen und Flechten in Gärten?

Mit insgesamt 138 Moosen in 26 Gärten (Durchschnitt 28 Arten pro Garten) bzw. total 164 Flechten in sieben Gärten (Durchschnitt 43 Arten pro Garten) wurde in den untersuchten Gärten eine erstaunliche Vielfalt an Moosen und Flechten beobachtet.

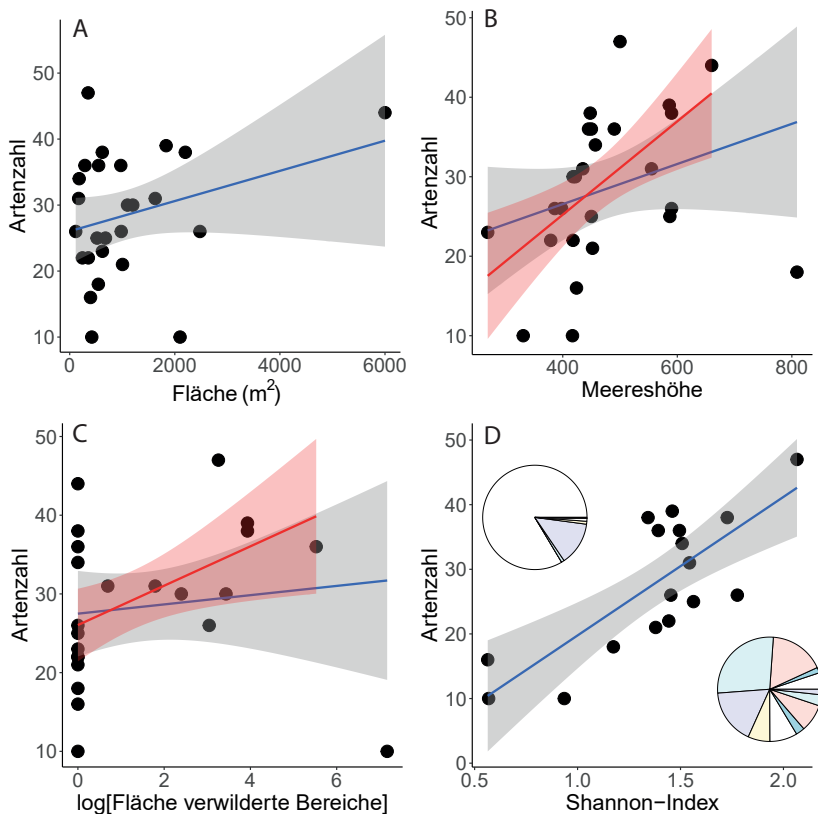


Abb. 3. Artenzahl der Moose pro Garten gegen A) die Fläche der Gärten (nicht signifikant), B) die Meereshöhe ($p < 0.05$ für die rote Regressionslinie), C) die Fläche verwildelter, aufgelassener Bereiche ($p < 0.05$ für die rote Regressionslinie), und D) den Shannon-Index, der die Vielfalt und Fläche der Lebensräume berücksichtigt (die Kuchendiagramme veranschaulichen die Verteilung der Fläche der erfassten Lebensräume bei tiefem und hohem Shannon-Index; $p < 0.001$). Blaue Linien und graue Flächen: Regressionsgeraden mit zugehörigen 95% Vertrauensintervallen. Rote Linien und rote Flächen: Regressionsgeraden mit zugehörigen 95% Vertrauensintervallen, aber jeweils ohne den extremen Garten ganz rechts. p : Irrtumswahrscheinlichkeit.

Tabelle 4. Artenzahlen Flechten und Moose in den fünf Gärten, in denen beide Artengruppen untersucht wurden.

Garten Nr.	Artenzahl Flechten	Artenzahl Moose	Total
1	58	36	94
6	28	35	63
10	32	44	76
11	64	34	98
13	32	36	68

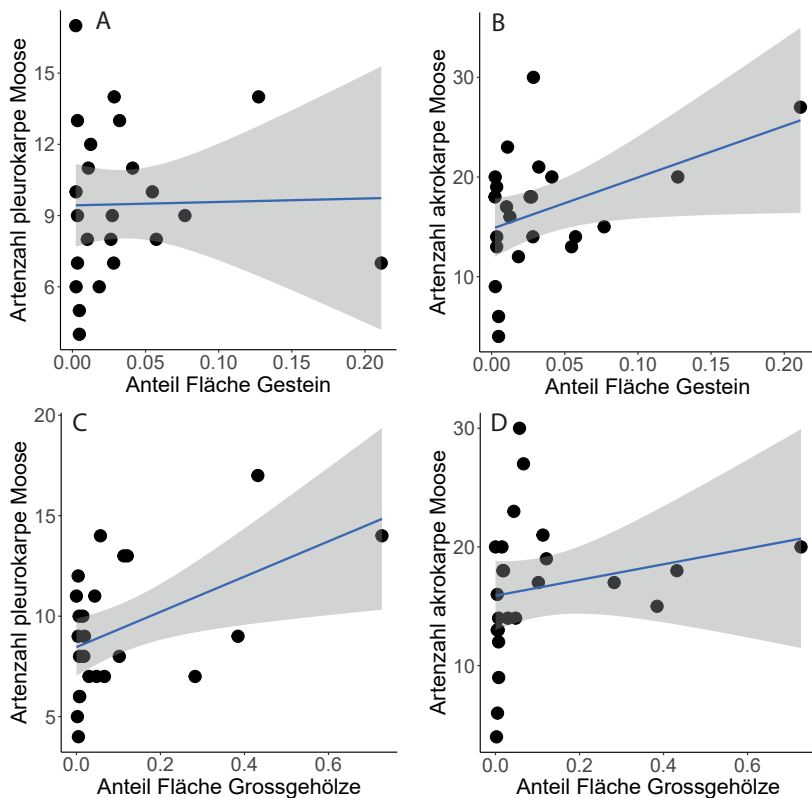


Abb. 4. Artenzahlen von akrokarpen und pleurokarpen Moosen pro Garten. A) Artenzahl pleurokarper und B) akrokarper Moose gegen den Anteil an Gesteinsfläche an der Gesamtfläche der Gärten (nicht signifikant für die pleurokarpen Moose, $p < 0.05$ für die akrokarpen Moose); C) Artenzahl pleurokarper und D) akrokarper Moose gegen den Anteil an der Fläche von Gehölzen mit über 3 m Höhe an der Gesamtfläche der Gärten ($p < 0.05$ für die pleurokarpen Moose, nicht signifikant für die akrokarpen Moose). P: Irrtumswahrscheinlichkeit.

In einer Studie aus Sheffield (GB) wurden in 61 Gärten im Durchschnitt lediglich 11.3 Moosarten und 14.9 Flechtenarten gefunden. Auch Stevensson (2008) fand in 26 Gärten in Norfolk (GB) im Durchschnitt nur 16 Moosarten. In einer der unsrigen ähnlichen Studie der Britischen Bryologischen Gesellschaft wurden 93 Gärten untersucht. Im Durchschnitt fanden sich dort 26 Moosarten pro Garten (Callaghan 2009), also fast gleich viele wie in unserer Studie.

Legen wir den Fokus auf die fünf Gärten, in welchen beide Gruppen erhoben wurden, variierte die Gesamtartenzahl zwischen 63 und 98. Ein wahrer Hotspot der Artenvielfalt im Siedlungsraum, auch wenn es sich bei den beobachteten Arten meist um weit verbreitete und häufige Moose und Flechten handelt. Vereinzelt wurden aber auch gefährdete oder potentiell gefährdete Arten gefunden, bei den Moosen sogar die vom Aussterben bedrohte *Frullania parvistipula* (Schnyder 2017). Angesichts der geringen Zahl untersuchter Gärten ist das Potential für das Vorkommen von gefährdeten Moosen und Flechten in Gärten des Siedlungsraumes deshalb gross.

Welche Faktoren beeinflussen die Flechtenflora in Gärten?

Für die Flechten in Hausgärten lassen sich mit dieser Studie nur Tendenzen beschreiben. Für statistische Analysen war die Stichprobe zu klein. Alle Gärten wiesen eine hohe Vielfalt an Strukturen auf. Diese boten potentiellen Lebensraum für Flechten. Sträucher und Bäume wie auch Elemente aus Gestein (Mauern, Bodenplatten, Einzelsteine) oder bearbeitetes Holz waren bedeutende Substrate für die Flechtenvielfalt in den Gärten – insbesondere, wenn sie über einen längeren Zeitraum ungestört bestehen geblieben waren. Auch in kleinen Gärten wurde eine beträchtliche Anzahl Flechten gefunden. Eine Berücksichtigung von Gärten bei künftigen Kartierungen im Mittelland ist insbesondere für gesteinsbewohnende Arten vielversprechend.

Welche Faktoren beeinflussen die Moosflora in Gärten?

Im Gegensatz zur kleinen Stichprobe bei den Flechten liessen sich die Mooserhebungen in den 26 Gärten statistisch auswerten. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Gärten nicht zufällig, sondern von den Bearbeiterinnen und Bearbeitern subjektiv ausgewählt wurden. Die Generalisierbarkeit der Resultate ist deshalb eingeschränkt. Interessanterweise hing die Zahl der Moose nicht von der Grösse der Gärten ab. Der mit 47 Arten artenreichste Garten hatte eine Fläche von nur 350 m², der Garten mit der zweithöchsten Artenzahl von insgesamt 44 Moosarten erstreckte sich über 6'000 m². Es sind also andere Faktoren als die Fläche, die die Artenzahl der Moose in Gärten bestimmen. Der deutlichste Zusammenhang wurde zwischen der Artenzahl und dem Shannon-Index der Lebensräume gefunden, der sowohl die Zahl als auch die Fläche der verschiedenen Lebensräume berücksichtigt. Der Shannon-Index und damit die Anzahl der Moose ist dann besonders hoch, wenn in einem Garten viele verschiedene Lebensräume vorkommen und die unterschiedlichen Lebensräume alle eine gewisse Mindestflächengrösse aufweisen, in welchen sich die typischen Moose ansiedeln können. Dieser positive Zusammenhang kann mit der Arten-Arealkurve erklärt werden: Je grösser die Fläche eines Lebensraums, desto mehr Arten können dort vorkommen. Die Arten-Arealkurve steigt anfangs stark an und flacht mit zunehmender Fläche ab (MacArthur & Wilson 1967). Um eine möglichst hohe Artenzahl zu erreichen, müssen die Flächen der einzelnen Lebensräume in einem Garten also jeweils so gross sein, dass der anfangs steile Anstieg der Arten-Arealkurve abgedeckt ist. Auch die Zahl an unterschiedlichen Lebensräumen in einem Garten ohne Berücksichtigung der Fläche wirkte sich positiv auf die Moosvielfalt aus. Dieser Effekt war aber nur marginal signifikant. Neben Anzahl und Grösse dürfte auch die Qualität der Lebensräume in einem Garten eine wichtige Rolle spielen. Zur Qualität der Lebensräume wurden allerdings keine detaillierten Daten erhoben. Es scheint jedoch offensichtlich, dass beispielsweise das Alter eines Lebensraumes seine Qualität für Moose (und Flechten) stark beeinflusst. Eine alte Betonmauer kann ein wertvolles Habitat für zahlreiche Arten sein. Das Alter der Gärten (resp. Häuser) hingegen hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Vielfalt an Moosen. Es ist zwar offensichtlich, dass neu angelegte Gärten noch kaum von Moosen besiedelt sind, die Gärten in der Stichprobe waren aber meist schon relativ alt. Das neueste Haus in der Stichprobe wurde 2006 gebaut, das zweitneueste stammt aus dem Jahr 1996. Alle übrigen Häuser waren mindestens 50 Jahre alt (Median des Baujahres: 1950).



Abb. 5. Vielseitige Strukturen sind Grundlage für eine hohe Artenvielfalt an Moosen und Flechten in Gärten. Fotos: U. Tinner (oben links), M. Vust (oben rechts), A. Bergamini (Mitte links und rechts, unten rechts), HR. Felix (unten links).

Ein weiterer wichtiger Faktor dürfte die Pflege der Gärten sein. Regelmässiges Putzen von Mauern und Gartenplatten mit Hochdruckreinigern oder das Ausschaben von Ritzen zwischen Platten haben eine negative Wirkung auf Moose und Flechten. Allerdings konnten wir einen solchen Zusammenhang nicht statistisch nachweisen, da sich in der Stichprobe nur gerade fünf Gärten mit Teilbereichen fanden, in welchen Moose aktiv bekämpft wurden. Das Fehlen von Pflege hingegen kann sich positiv auf die Diversität auswirken: Die Fläche an verwilderten, aufgelassenen Bereichen korrelierte positiv mit der Vielfalt an Moosen.

Wie können Moose und Flechten in Gärten gefördert werden?

Beim Anlegen eines Gartens sollte darauf geachtet werden, dass möglichst viele verschiedene Lebensräume (Abb. 5) mit einer gewissen Mindestgrösse geschaffen werden. Die Mindestgrösse dürfte je nach Lebensraum variieren und sollte mit Sachverstand angelegt werden. Danach heisst es abwarten, Geduld haben und die Natur walten lassen. Die Moose und Flechten werden sich mit der Zeit einfinden und den Garten be-

siedeln. Wer gerne etwas nachhelfen möchte, findet z.B. in Altmoots (2021) viele nützliche Tipps wie sich ein vielfältiger Moosgarten anlegen lässt. Und selbst anfänglich moos- und flechtenfeindliche Strukturen, wie Abdeckungsfolie einer Mauer unter Rhododendren können nach 40 Jahren von *Metzgeria furcata* und *Zygodon rupestris* besiedelt werden. Und von strukturreichen Gärten profitieren nicht nur Moose und Flechten, sondern auch viele weitere Organismen wie Insekten, Vögel und Reptilien.

Dank

Bei allen Bewohnerinnen und Bewohnern sowie Hausbesitzerinnen und Besitzern bedanken wir uns herzlich für die Erlaubnis, ihre Gärten nach Flechten und Moosen abzusuchen.

Literatur

- Altmoots M. 2021. Der Moosgarten. Pala, Darmstadt.
- BFS & SSV 2021. Statistik der Schweizer Städte 2021. Schweizerischer Städteverband SSV, Bern & Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.
- Callaghan D. 2009. Bryophytes of domestic gardens in Britain. *Field Bryology* 98: 23–27.
- Clerc P. & Truong C. 2012. Catalogue des lichens de Suisse. <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/cataloguelichens> [Version 2.0, 11.06.2012].
- Delahay R.J., Sherman D., Soyalan B. & Gaston K.J. 2023. Biodiversity in residential gardens: a review of the evidence base. *Biodiversity and Conservation* 32: 4155–4179. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02694-9>
- Finsterwald E. 2023. Identification des facteurs impactant la flore bryophytique des jardins privés de Suisse. Travail de Bachelor. Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève. 106 S.
- Frey D., Young C., Zanetta A., Tresch S., Fließbach A., Bauer N., Lewis O., Home R. & Moretti M. 2017. BetterGardens: Biodiversität, Bodenqualität und sozialer Wert von Stadtgärten. *N+L Inside*, 2/17: 27–31.
- Kiebacher T., Meier M., Steffen J., Bergamini A., Schnyder N. & Hofmann H. 2023. Rote Liste der Moose. Gefährdete Arten der Schweiz. BAFU, Bern & Swissbryophytes, Zürich.
- MacArthur R.H. & Wilson E.O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Nimis PL, Hafellner J, Roux C, Clerc P, Mayrhofer H, Martellos S, Bilovitz PO 2018. The lichens of the Alps – an annotated checklist. *MycKeys* 31: 1–634. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.31.23568>
- R Core Team 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org>.
- Scheidegger C. & Clerc P. 2002. Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Baum- und erdbewohnende Flechten. BUWAL, Bern, und WSL, Birmensdorf, und CJBG, Genève. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt.
- Schnyder N. 2017. *Frullania parvistipula*. In: Bergamini A., Hofmann H., Kiebacher T., Müller N., Peintinger M., Schnyder N. Beiträge zur bryofloristischen Erforschung der Schweiz - Folge 12. *Meylania* 59: 18–20.
- Smith R. M., Thompson K., Warren P. H. & Gaston K. J. 2010. Urban domestic gardens (XIII): Composition of the bryophyte and lichen floras, and determinants of species richness. *Bio-*

- logical Conservation 143(4): 873–882. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.033>
- Stevenson R. 2008. Mosses in gardens: a case study from Norfolk. *Field Bryology* 94: 13–19.
- Stofer S., Scheidegger C., Clerc P., Dietrich M., Frei M., Groner U., Keller C., Meraner, I., Roth I., Vust M., & Zimmermann E. 2019. *SwissLichens - Webatlas der Flechten der Schweiz* (Version 3 03.01.2024). www.swisslichens.ch
- United Nations 2019. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. United Nations, New York.
- Vonarburg C., Bergamini A., Stofer S. 2019. Moose und Flechten in Gärten – das Bryologisch- Projekt ist gestartet. *Meylania* 64: 45–47
- Wirth V. 2010. Ökologische Zeigerwerte von Flechten – Erweiterte und aktualisierte Fassung. *Herzogia* 23(2):229–248
- Zehm A., Blick T., Von Brackel W., Bräu M., Fuchs H., Guggemoos T., Ahlmer W., Albrecht R., Gruppe A., Hopfenmüller S., Klarl M., Knott J., Kruse J., Mey W., Nickel H., Sturm P., Tischendorf S. & Ulmer A. 2024. 1000 Arten im Garten – Selbst kleine Hausgärten können zur Artenvielfalt beitragen. *Anliegen Natur*, 46: 1–12.



Copyright: © 2024 Die Autorinnen/Autoren. Dies ist ein frei zugänglicher Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY 4.0) verbreitet wird. Diese erlaubt die uneingeschränkte Nutzung, Verbreitung und Vervielfältigung in jedem Medium, sofern der ursprüngliche Autor, die Quelle und die Lizenz genannt werden (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).