



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences



Extensiv begrünte Dächer als Sekundärbiotop für Bodenflechten

Gabriela Kretschmer

**Bachelorstudiengang: Naturschutz
und Landnutzungsplanung**

an der Hochschule Neubrandenburg

Betreuer: Prof. Dr. David Vollmuth &
Paul Lamkowski M.Sc.

URN-Nr.:

urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2025-0120-5

Inhaltsverzeichnis

1	Danksagung	2
2	Einleitung	3
2.1	Morphologie und Ökologie von Flechten	3
2.2	Einflussfaktor Immissionen	5
2.3	Klimatische Bedingungen und Klimawandel	6
2.4	Anzahl der Flechtenarten	7
2.5	Fragestellung	8
3	Material & Methoden	9
3.1	Untersuchte Dächer	9
3.1.1	Verortung	9
3.1.2	Klimadaten zur Stadt Neubrandenburg	10
3.1.3	Immissionen	11
3.2	Baugeschichte und Einordnung des Flächenuntergrunds der beiden Gebäude	12
3.2.1	Kurzer Einblick in die Baugeschichte	12
3.2.2	Substrate	14
3.2.3	Auswahl der Versuchsflächen	16
3.3	Material und Software	22
4	Ergebnis	23
4.1	Vegetation	23
4.2	Zeigerwerte der Flechten und Auswertung	27
4.3	Einteilung in Pflanzengesellschaften, Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen	29
4.3.1	Pflanzengesellschaft	29
4.3.2	Biotoptyp und FFH-Lebensraumtyp	30
5	Diskussion	32
6	Fazit	38
7	Fehlerbetrachtung	38
8	Anhang	39
9	Abbildungsverzeichnis	45
10	Literaturverzeichnis	47
11	Quellenverzeichnis	49
11.1	Artikel	49
11.2	Bestimmungsbücher	49
11.3	Weitere Unterlagen	50
11.4	Internet	51
12	Selbstständigkeitserklärung	52

1 Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei meinen beiden Mentoren, Prof. Dr. David Vollmuth und Paul Lamkowski M.Sc., für ihre umfangreiche Unterstützung und Begleitung bei der Erstellung meiner Bachelor-Arbeit bedanken.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Schiefelbein für seine hilfreichen Anregungen und die Bereitstellung von Kartenmaterial, sowie Herrn Prof. Köhler für seine zur Verfügung gestellten Daten zur extensiv Begrünung der Hochschuldächer Haus 2 und 3.

Ebenso möchte ich Herrn Volker Otte danken, der bei mir zuerst das Interesse für das Thema Flechten weckte und mich bei der Erarbeitung der Grundlagen begleitete.

Abschließend danke ich den Mitarbeitern des Senckenberg Museums für Naturkunde Görlitz für die wertvollen Ratschläge und die Bereitstellung eines Platzes zum Schreiben.

2 Einleitung

2.1 Morphologie und Ökologie von Flechten

Flechten sind eine Symbiose aus Alge (meist Grünalge, seltener Blaualge), also den sog. Photobionten und Mykobionten und können sich je nach Art der Flechte unterscheiden. Von den Flechtenpilzen gehören fast alle zu den *Ascomycetes* (Schlauchpilze). Die Symbiose basiert auf einem fein eingestellten Gleichgewichtszustand beider Partner und bedarf aufgrund dessen einer Form der Zusammenarbeit dieser beiden Partner. (Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 7) Es ist auch eine Dreier-Partnerschaft möglich, die sich bei Grünalgenflechten bildet, sowie die Anwesenheit eines zweiten Mykobionten als sogenannter Parasymbiont. Letzterer infiziert zwar die Flechte, aber er schädigt sie nicht. (Wirth & Kirschbaum, 2024, S. 8)

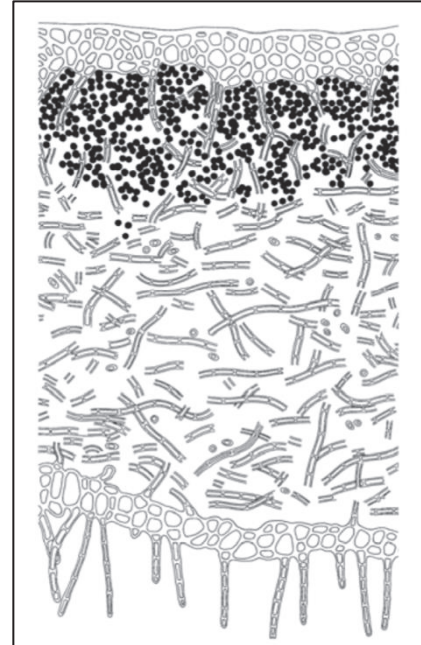


Abbildung 1 Halbschematischer Schnitt durch eine Laubflechte. Zuoberst Rinde aus dichten Pilzhyphen-Geflechten, darunter Algenschicht, gefolgt von der mächtigen Markschicht aus locker verlaufenden Hyphen, zuunterst Unterrinde. Wirth, Düll, & Caspari, 2023, S. 17

Unterschieden wird zwischen Krustenflechten (siehe Abb. 20), Blattflechten (siehe Abb. 20) und Strauchflechten (siehe Abb. im Titelblatt), die sich zum einen im Wuchs unterscheiden und zum anderen z.B. in den Ansprüchen an Substrat, Licht- und Feuchtebedingungen. Es gibt aber auch Zwischen- bzw. Mischformen. Zur Bestimmung werden neben der Wuchsform und den Umweltansprüchen z.B. auch Apothecien, Sorale und Isidien angeschaut.

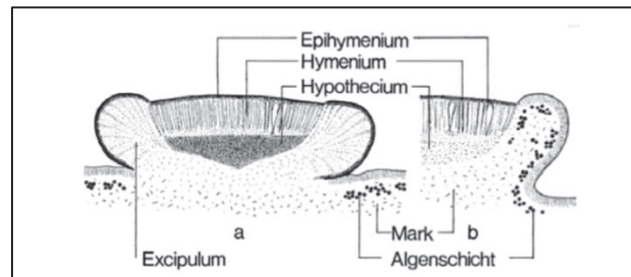


Abbildung 2 Schematischer Schnitt durch ein Apothecium mit Eigenrand (links) und mit Lagerrand (rechts) Wirth, Düll, & Caspari, 2023, S. 19

Die Gattung *Cladonia* z.B. gehört zu den Strauchflechten und unterteilt sich noch einmal in Becher-, Säulen-, und Korallenflechte. Eine Gattung, die zumeist auf dem Erdboden zu finden ist, Licht verträgt und je nach *Cladonia*-Art unterschiedlich aussehende Apothecien ausbilden kann.

Flechten sind mehr oder weniger auf bestimmte Substrateigenschaften angewiesen. Zum Beispiel bezeichnet man die auf Baumrinde lebenden Arten auch als epiphytische Arten. Aufgrund der unterschiedlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften der Baumrinden kommt nicht jede Art auf allen Bäumen und zu jeder Zeit vor. So z.B. treten einige Arten nur auf glatter Rinde auf und verschwinden, wenn diese rissig wird. Auf der rissigen Rinde treten dann neue und damit andere Arten auf, die diese Struktur der Rinde bevorzugen. Dazu kommen noch die vorherrschenden sauren oder alkalischen Bedingungen der Rinde, der jeweiligen Baumart. (*Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 10 f.*)

Die bevorzugten Licht- und Feuchtebedingungen unterscheiden sich jedoch nicht nur bei den epiphytischen Arten, sondern auch bei allen anderen Arten. Aufgrund der fehlenden Wurzeln können Flechten nicht nur auf Baumrinde gefunden werden, sondern auch auf blanken Stein oder Erdboden. Sie verankern sich quasi nur oberflächlich auf dem jeweiligen Substrat. Typische Krustenflechten können gänzlich mit dem Substrat verwachsen. (*Wirth & Kirschbaum, 2024, S. 9*)

Diese Wachstumsbedingung werden vereinfacht, durch die von Ellenberg für Gefäßpflanzen entwickelten und von Wirth für Flechten übernommenen Zeigerwerte ausgedrückt. Sie werden in Werten von 1 (schwach) bis 9 (stark) angegeben. Die Zeigerwerte umfassen unter anderem die Licht-, Temperatur-, Feuchte- und Reaktionszahl und charakterisieren damit den ökologischen Schwerpunkt einer Art. Diese Werte gelten nur für natürliche Standorte in Mitteleuropa. (siehe Tabelle 13) Sie ermöglichen nur eine ungefähre Einschätzung der ökologischen Schwerpunkte einer Art. (*Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 67 ff.*)

Flechten sind sehr langlebig und haben ein langsames Wachstum, da sie Ruhezeiten einlegen können und durch die Symbiose zwischen Alge und Pilz, bei der die zur Verfügung stehenden Ressourcen geteilt werden müssen. Die wechselfeuchte Lebensweise ist ein ökologischer Vorteil, doch sind sie konkurrenzschwächer gegenüber Blütenpflanzen. (*Kirschbaum & Wirth, 2010; Wirth & Kirschbaum, 2024.*)

Flechten können sich vegetativ vermehren durch Isidien (stiftförmige Thallusbruchstücke) und Soredien (wenigzellige, kuglige Algen-Pilzpakete). Beide enthalten sowohl Algen- als auch

Pilzsymbionten. Sie können abbrechen und durch Wind oder Tierchen verbreitet werden. So sind alle Symbiosepartner an einem Ort, wenn Soredien oder Isidien an einem anderen Ort festwachsen. Der Pilz der Flechte kann sich auch generativ über seine Sporen vermehren, muss dann aber auf die passende Alge treffen. Die generative Vermehrung scheint somit ein enormes Zufallsereignis zu sein, das aber zu funktionieren scheint. (Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 29, 31; Wirth & Kirschbaum, 2024, S. 10 ff.)

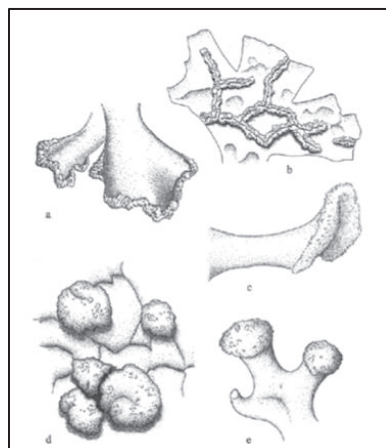


Abbildung 3 Sorale. a: Bortensorale; b: strichförmige Sorale; c: Lippensorale; d: Kugelsorale; e: Kopfsorale. Wirth, Düll, & Caspari, 2023, S. 15

2.2 Einflussfaktor Immissionen

„Bioindikatoren sind Organismen, die auf Schadstoffbelastung mit einer eindeutigen Veränderung ihrer Lebensfunktionen antworten.“ (Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 6)

Das heißt also, es sind Organismen, die auf den biologisch wirksamen Anteil der Immissionen, im jeweiligen Untersuchungsgebiet, reagieren.

Flechten können als Bioindikatoren eingesetzt werden, weil:

- die Abhängigkeit der Luftqualität davon kommt, dass ihnen ein schützendes Abschlussgewebe fehlt und sich Flechten über die Luft, wie auch durch das Regenwasser ernähren.
- sie durch alle Jahreszeiten hindurch aktiv sind und ihr stoffwechsellaktiver Ruhezustand nur vom vorhanden Wasser (Regen, Nebel oder Tau) abhängig ist.
- insbesondere rindenbewohnende Flechten aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit gegenüber Immissionen (vor allem säurebildenden Schadgasen) herangezogen werden können.

Je nach Stärke der Immissionsbelastung und Empfindlichkeit der jeweiligen Flechte, kann das ein Auftreten oder Verschwinden am untersuchten Ort bedeuten, aber auch wie vital diese sind. (Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 7)

Aufgrund der erhöhten Luftverschmutzung durch z.B. Schwefeldioxid waren in der Mitte des 20. Jahrhunderts die Ballungsgebiete in Deutschlands fast frei von Flechten. Eine Rückkehr in die Innenstädte findet schon seit den 1990er Jahre langsam wieder statt. (Willkommen | Flechten Deutschlands, online) Dies war möglich, weil zwischen den 1990 und 2022 der Ausstoß von Schwefeldioxid-Emissionen rückläufig waren. (Wilke, 2013c)

2.3 Klimatische Bedingungen und Klimawandel

Das Vorkommen bestimmter Flechtenarten an einem Standort ermöglicht Rückschlüsse auf die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse und kann somit der örtlichen Umweltsituation als Indikator dienen. Die klimatischen Bedingungen variieren je nach Art, aber kühle und feuchte Gebiete sind insgesamt flechtenreicher als trocken-warme Gebiete. Die Abhängigkeit vom Klima ist jedoch oft nicht eindeutig.

In Mitteleuropa kann unterschieden werden in:

- Arten, die nur in sehr hohen Lagen mit ihren zeitweise sehr kalten, schneereichen Standorten vorkommen
- Arten, die in niederen, warmen Weinberggebieten vorkommen
- Arten, die nur in Wäldern mit ihren schattig-luftfeuchten Bedingungen vorkommen

Laut *Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 7* sind aufgrund des Klimawandels in den letzten Jahren Veränderungen im Verbreitungsgebiet von Flechten in Mitteleuropa zu beobachten. Arten, die an kühlere Temperaturen angepasst sind, ziehen sich aus den Tieflagen zurück, während Arten, die ein milderer Klima bevorzugen, einwandern und Wärmezeiger sich in höhere Lagen ausbreiten. Typische ozeanische Arten dringen in östliche Gebiete vor, die ein kontinentaleres Klima aufweisen oder aufwiesen.

In *Wirth et al., 2013* wird erklärt das es sehr wahrscheinlich ist, dass es im Laufe der vergangenen etwa 150 Jahre zu einer Zunahme der Häufigkeit und einer Ausdehnung des Verbreitungsgebietes von Flechtenarten gekommen ist, die man in alten Herbarien vergeblich sucht. Im Zusammenhang mit den Arealveränderungen wird aber auch darauf hingewiesen, dass diese nicht ausschließlich mit Klimaveränderungen erklärt werden können.

2.4 Anzahl der Flechtenarten

Mit einer geschätzten Artenzahl von ca. 25.000 Arten sind Flechten weltweit verbreitet. Laut *Kirschbaum & Wirth, 2010*, sind es in Mitteleuropa ca. 2.500 Arten und *Wirth & Kirschbaum, 2024*, spricht ebenfalls von ca. 25.000 Arten, die sich weltweit etablieren konnten und von über 2.000 Arten in Zentraleuropa. In *Scheidegger et al., 2023*, werden ca. 18.000 bis weit über 20.000 Flechten weltweit geschätzt. Aufgrund von Neubeschreibungen könnte diese geschätzte Zahl auf über 50.000 Arten weltweit ansteigen. Für den Alpenraum wird von über 3.000 Arten gesprochen. Nach einer „unpublizierten“ Schätzung der Autoren wird angegeben, dass es über 2.000 Arten in der Schweiz geben könnte. Mit Stand 2002 sind in der Schweiz, von den 786 untersuchten Arten, 37% auf die Rote Liste gesetzt. (*Scheidegger et al., 2023, S. 87*)

Nach der Deutschland-Checkliste von *Printzen et al. von 2023* gibt es derzeit 2.187 Flechtenarten in Deutschland. (*Willkommen | Flechten Deutschlands, online*) Laut der Roten Liste der gefährdeten Flechten MV wurden bis 2007 650 Flechten nachgewiesen. (*Litterski & Schiefelbein, S. 7*) Auch für Deutschland gelten 37% der Arten als bestandsgefährdet. (*Willkommen | Flechten Deutschlands, online*)

Zusammenfassend zeigt sich, dass sich aufgrund der symbiotischen Zusammensetzung der Flechten schwerlich ein einheitliches Artkonzept finden lässt.

So wird davon geschrieben, dass nach dem Pilzsystem, eine systematische Gliederung bei den Flechten stattfindet, weil die Bezeichnung Flechte auf den Pilzpartner bezogen ist. Dazu kommt das z.B. bei den artenreichen Krustenflechten zwar meist die Art unter der Lupe erkannt werden kann, aber eine Unterteilung in die übergeordneten Hierarchien erschwert ist. (*Scheidegger et al., 2023, S. 59*)

Durch moderne molekulare Untersuchungsmethoden kommt es dennoch dazu, dass bisherige Gattungen aufgeteilt oder neu gegliedert werden. (*Wirth & Kirschbaum, 2024, S. 21*)

2.5 Fragestellung

Die vorliegende Bachelor-Arbeit befasst sich mit den extensiv begrünten Dächern der Hochschule Neubrandenburg. Im Fokus der Untersuchung stehen die auf diesen Dächern vorkommenden Bodenflechten. Zusätzlich werden Krustenflechten, Moose und Gefäßpflanzen kurz erwähnt, um ein umfassenderes Bild der Dachvegetation zu zeichnen.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welche Flechtenarten wachsen auf den extensiv begrünten Dächern von Haus 2 und 3 der Hochschule Neubrandenburg?
2. Welche ökologischen Ansprüche haben die Flechten und welche Informationen liefern ihre Zeigerwerte?
3. Was ist die Bedeutung der gefundenen Bodenflechten in Bezug auf die Verbreitung in Mecklenburg-Vorpommern? Welchen Einfluss haben die extensiv begrünten Dächer als Sekundärbiotop auf die Verbreitung?

3 Material & Methoden

3.1 Untersuchte Dächer

3.1.1 Verortung

Die Hochschule Neubrandenburg liegt im Nordosten Deutschlands, mit der Adresse: Brodaer Str. 2 17033 Neubrandenburg, im Landkreis Mecklenburgische Seenplatte, Mecklenburg-Vorpommern. Neubrandenburg gehört, aufgrund seiner Lage, zum Norddeutschen Tiefland. Die Hochschule liegt etwa 1 km westlich der Innenstadt/Altstadt, an der Rostocker Str./B104 und nahe des Tollensesees.

Die Häuser 2 & 3 liegen am Dükerweg und dazwischen liegt eine Grundschule.

Haus 2 hat die Koordinaten 53°33'23.41"N 13°14'40.809"E und Haus 3 53°33'17.318"N 13°14'39.845"E.

Insgesamt sind es drei Dächer auf zwei Gebäuden der Hochschule. Das Haus 2 hat zwei Dächer, die sich auf zwei verschieden hohe Gebäudeteile verteilen. Im weiteren Verlauf des Textes wird das Dach des Lehrgebäude auch als hohes Dach, kurz HD, bezeichnet, sowie das Dach des Labortrakts auch als niedriges Dach, kurz ND, bezeichnet wird.

Das dritte Dach ist das Dach von Haus 3.

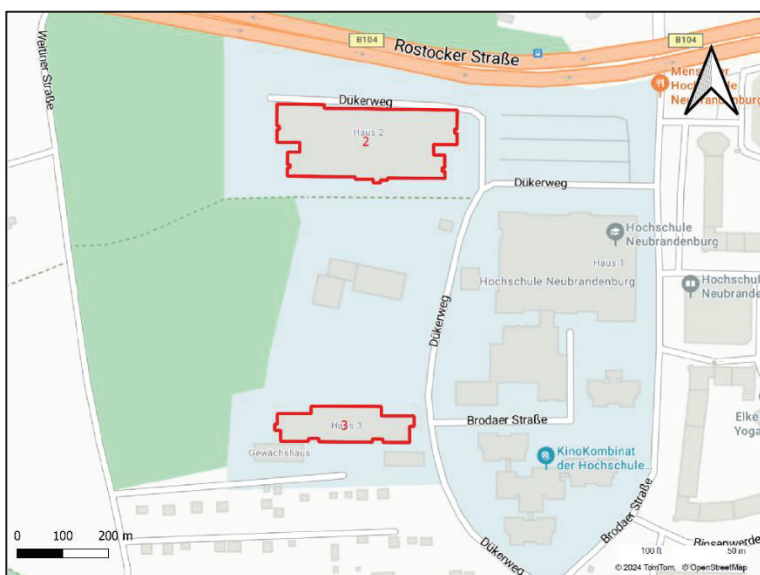


Abbildung 4 Hochschule Neubrandenburg; Bing Maps

3.1.2 Klimadaten zur Stadt Neubrandenburg

Die Wetterstation für Neubrandenburg steht in Trollenhagen, nördlich von Neubrandenburg. Die Stadt Neubrandenburg liegt im nordöstlichen Tiefland und damit im subkontinentalen Klima Mitteleuropas. Die Vegetationsperiode dauert etwa 247 Tage.

Der jährliche Niederschlag beträgt durchschnittlich 558 mm, die Durchschnittstemperatur liegt bei 8,5°C. Die höchsten Temperaturen werden im Juli mit etwa 17,5°C und die niedrigsten im Januar mit etwa -0,7°C erreicht. (Kaiser et al., 2019, S. 2)

Die Internetseite Wetterdienst.de gibt etwas andere Werte für Neubrandenburg an. Beruhend auf Daten von September 2019 bis August 2024 zeigt sich folgendes Ergebnis:

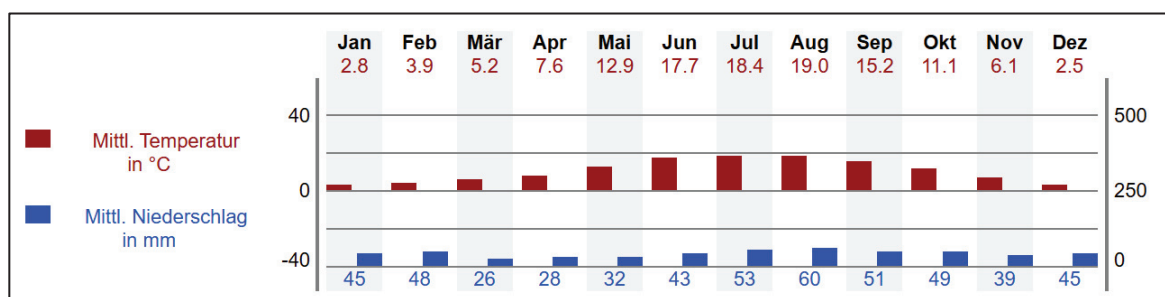


Abbildung 5 Grafik zur Mittl. Temperatur und Niederschlag auf Datenbasis von 09.2019-08.2024 wetterdienst.de (Klima Neubrandenburg, Mecklenburg - Wetterdienst.de, Stand 03.09.2024.)

Die Mittlere Temperatur liegt mit 19°C im August am höchsten und mit 2,5°C im Dezember am niedrigsten. Die Mittleren Höchstwerte maximal bei 23,9°C im Juli und minimal bei 4,4°C im Dezember. Die Mittleren Tiefstwerte liegen maximal bei 13,7°C im August und minimal bei 0,1°C im Dezember. Der Mittlerer Niederschlag liegt zwischen 60 mm im August und 26 mm im März. Die Sonnenstunden liegen zwischen 265 Stunden im Juni und 27 Stunden im Dezember.

Laut einer beiliegenden, entnehmbaren Klimakarte (Litterski, 1999) für die Zeitperiode 1891-1940, ist für Neubrandenburg eine mittlere Temperatur von 7,75°C bis 8,0°C errechnet worden sowie eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von rund 575 mm.

3.1.3 Immissionen

Für die untersuchten Dächer wird laut *Köhler, unv.* von einer geringen Immissionsbelastung im Untersuchungsgebiet ausgegangen. Wie bereits erwähnt führt die Rostocker Str./B104 an der Hochschule vorbei und eine Grundschule liegt zwischen den Gebäuden 2 & 3. Es befindet sich jedoch keine Industrie in der Nähe der Hochschule und so scheint nur der Verkehr der einflussgebende Faktor in Sachen Immissionen zu sein.

Durch den Beginn des Industriezeitalters und der Verschlechterung bzw. Veränderung der Luftqualität war ein Rückgang der Flechtenarten in den Städten zu verzeichnen. Das veränderte sich erst wieder, als z.B. Luftfilter gegen Schadstoffe von Industrieabgasen Einzug hielten.

Der Luftqualitätsindex (LQI) wird weltweit verwendet, um die Öffentlichkeit über die Luftqualität zu informieren und fasst die Belastung der Luft durch mehrere Schadstoffe in einer kompakten Maßzahl zusammen. (*Luftqualität auf Google - Google Maps-Hilfe*, 2025) Beispiele für diese Schadstoffe zeigt Tabelle 1. Die Daten um die aktuelle Luftqualität, z.B. für die Hochschule Neubrandenburg, zeigt Google Maps, wie Abbildung 19 im Anhang dargestellt und greift unter anderem auf Daten des Umweltbundesamtes von Deutschland zu. Die Luftqualität kann z.B. durch Wetterbedingungen, Verkehr, Brände, Landwirtschaft, Industrie und private Haushalte beeinflusst werden und zwischen dem eigenen Standort und der nächsten Messtation variieren.

Tabelle 1 Luftschadstoffbelastung in Deutschland für Neubrandenburg; Jahresmittelwert für 2022; Auswahl; https://gis.uba.de/maps/resources/apps/lu_schadstoffbelastung/index.html?lang=de Stand 15.11.2024

Feinstaub	PM ₁₀	10 – 15 µg/m ³
	PM _{2,5}	7,5 – 10,0 µg/m ³
Schwermetalle im PM ₁₀	Blei	0 – 10 ng/m ³
	Cadmium	0 – 10 ng/m ³
Ozon (O ₃)		> 60 – 70 µg/m ³
Stickstoffdioxid (NO ₂)		< 5 µg/m ³

PM 10 und PM 2,5 sind Stäube, die in der Außenluft zu finden sind und nicht sofort zu Boden sinken, sondern eine gewisse Zeit in der Atmosphäre verweilen. Aufgrund ihrer geringen Größe werden sie als Feinstaub bezeichnet. Im Zeitraum von 1995 bis 2022 sind die Feinstaubemissionen um 45% gesunken.

PM_{2,5} ist die Bezeichnung für Feinstaub mit einem aerodynamischem Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer (µm). Aufgrund seiner geringen Größe gilt dieses als ein Gesundheitsrisiko, denn die feinen Partikel können tiefer in die Atemwege eindringen, dort länger verbleiben und die Lunge nachhaltig schädigen. (Wilke, 2013a) PM₁₀ ist die Bezeichnung für Feinstaub mit einem aerodynamischem Durchmesser von weniger als 10 µm. (Wilke, 2013b)

3.2 Baugeschichte und Einordnung des Flächenuntergrunds der beiden Gebäude

3.2.1 Kurzer Einblick in die Baugeschichte

Die Dächer wurden als experimentelle Gründächer geplant und gebaut. Etwa 20 Jahre lang hatte hier Professor Manfred Köhler geforscht. Untersucht wurde z.B. die Evapotranspiration auf verschiedenen Substraten und deren Höhen, Vegetationsanalysen wurden erstellt und der Einfluss auf urbane Hitzeinseln durch entstehende Kühlungseffekte und damit auf das Stadtklima erforscht.

Die Idee der extensiven Dachbegrünung ist oder war: *“Benötigen nicht viel Pflege, existieren, aber blühfreudig über Jahrzehnte”* (Köhler, unv., S. 7)

Dabei unterliegen die Flächen der Hochschuldächer nur einer Minimalpflege, die sich auf die Entfernung von Gehölzen bzw. invasiven Kräutern beschränkte, was aber schon länger nicht mehr durchgeführt wurde. (Köhler, unv., S. 8)

Beide Gebäude wurden mit einer Ost-West-Ausrichtung gebaut.

Haus 2 wurde um 1998 gebaut und 1999 eröffnet. In der einen Quelle (Köhler & Kaiser, 2021, S. 2) wird von einer Forschungsgründachfläche von ca. 2.000 m² und in der anderen (Köhler, S. 6) wird von einer insgesamt (Haus 2 & 3) etwa 3.000m² großen Dachbegrünungsflächen gesprochen. Nach eigener Messung ist die Gesamtfläche hier etwa 4.540 m². Diese Messung wurde mithilfe von Qgis durchgeführt, ohne Abzug von Aufbauten und Glasflächen.

Wie bereits erwähnt, teilt sich Haus 2 auf zwei Teile auf. Der untere südliche Teil ist das viergeschossige Lehrgebäude mit etwa 16 m Höhe und der obere nördliche Teil der eingeschossige Labortrakt. Dieser Labortrakt hat keine einheitliche Höhe. Die Fläche K (Abb. 12) ist die höchste Fläche mit ca. 8,6 m Höhe, die Teilflächen von H und ein Großteil von I sind ca. 5 m hoch und der Rest vom Labortrakt sind ca. 4,4 m hoch. Abbildung 14 zeigt deutlicher, wo die aufgeführten Flächen liegen.



Abbildung 6 Satellitenbild von Haus 2; Orthophoto von 2023 geoportal-mv.de/gaia 18.05.2024

Haus 3 wurde um 2000 gebaut und 2001 eröffnet. Die Gründachfläche soll hier rund 1.000 m² groß sein. (Kaiser et al., 2019, S. 2) Aber auch hier wird in der anderen Quelle Köhler, S. 6 von insgesamt etwa 3.000m² Dachbegrünungsflächen gesprochen. Nach eigener Messung, wie schon bei Haus 2, sind es hier etwa 1.820m². Das Haus ist ein drei- bis viergeschossiges Gebäude mit einer Höhe von etwa 17,7 m.

Mit der E-Mail vom 24.09.2024 bestätigte mir Herr Prof. Köhler das alle Begrünungsflächen insgesamt ca. 3.000 m² groß sind.

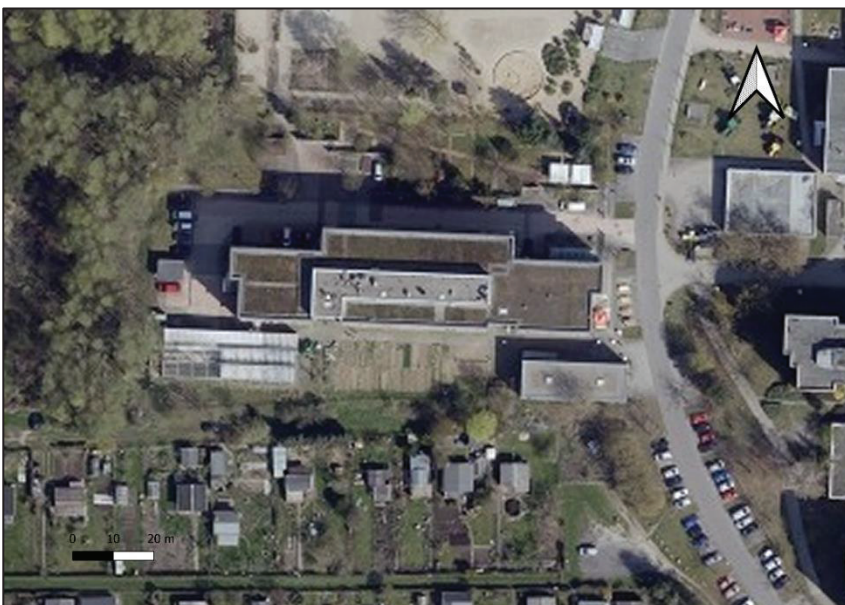


Abbildung 7 Satellitenbild von Haus 3; Orthophoto von 2023 geoportal-mv.de/gaia 18.05.2024

3.2.2 Substrate

Neben den Flächen auf den Dächern an sich, sind auf beiden Dächern mehrere Pflanzkästen aufgestellt worden (Haus 2 26 und Haus 3 13 Pflanzkästen), die im Folgenden in der Beobachtung und Auswertung aber keine weitere Rolle spielen werden. Der Grund hierfür ist, dass in den Pflanzkästen keine Flechten zu finden waren und sich nur auf den Kästen direkt einige Krustenflechten fanden, die nicht weiter bestimmt wurden.

Tabelle 2 Die Substrate auf Haus 2, auf welchem Gebäudeteil sie zu finden sind und der ungefähre Flächenanteil den sie einnehmen.

Substrat	Bemerkung	Flächenanteil
ZinCo	Labortrakt (Lb) & Lehrgebäude (Lg)	85% auf Lb; 60% auf Lg
Kies	Labortrakt & Lehrgebäude	15% auf Lb; 20% auf Lg
Blähton	Lehrgebäude	10%
Optigrün	Lehrgebäude	10%

Auf der Ostseite von Haus 2 gibt es sieben quadratische Flächen zueinander. (siehe Abb. 9) Auf diesen Flächen fand eine Langzeitbeobachtung der Vegetation statt. Drei dieser Flächen haben das Substrat ZinCo, zwei haben Blähton und die letzten zwei Optigrün. Die untenstehende Legende zeigt die Farbcodierung aller drei Darstellungen. Die Substrate der Flächen sind etwa 10 cm hoch und haben eine Drainageschicht. (Köhler & Kaiser, 2021, S. 3) Eine Flächenaufteilung des gesamten Hausdaches zeigt Abbildung 11.

Legende

- Optigrün
- Blähton
- ZinCo
- Kies
- Ulopo

Abbildung 8 Legende für die drei grafischen Abbildungen dieses Abschnittes mit beschreibung welche Farbe welches Substrat ist. Gesonderte Darstellung.

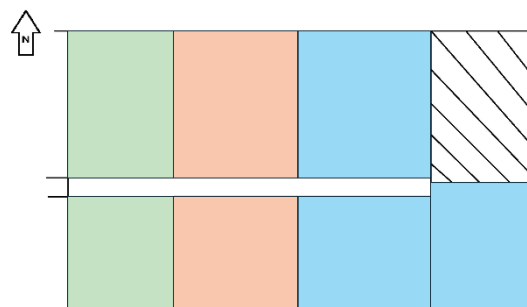


Abbildung 9 Ausschnitt des Daches der Hochschule Haus 2. (HD Ostseite)

Tabelle 3 Die Substrate, die auf Haus 3 zu finden sind und deren ungefährer Flächenanteil.

Substrate	Flächenanteil
Ulopo	45%
Optima/Optigrün	50%
Kies	5%

Bei Haus 3 kommt zu den Substraten in der grafischen Darstellung (Abb. 10) noch die jeweils 6 Streifen, wo entweder gewässert oder gedüngt wurde, um die Veränderungen/Beeinflussung durch diese zu dokumentieren. Die Substrate der Flächen sind etwa 10 cm hoch und haben eine Drainageschicht. (Köhler & Kaiser, 2021, S. 4)

Ähnlich wie mit der jeweiligen Flächengesamtgröße der beiden Häuser gibt es auch hier unterschiedliche Angaben. In Köhler, unv. und den Notizen zu einem Gespräch mit Herr Prof. Köhler vom 03.07.2024, ist bei beiden Häusern Opti (Optigrün), aber in der Quelle Köhler & Kaiser, 2021 gibt es eine Unterscheidung bei diesem Substrat für beide Häuser. Daraus ergaben sich folgende Substrate (siehe Abb. 10).

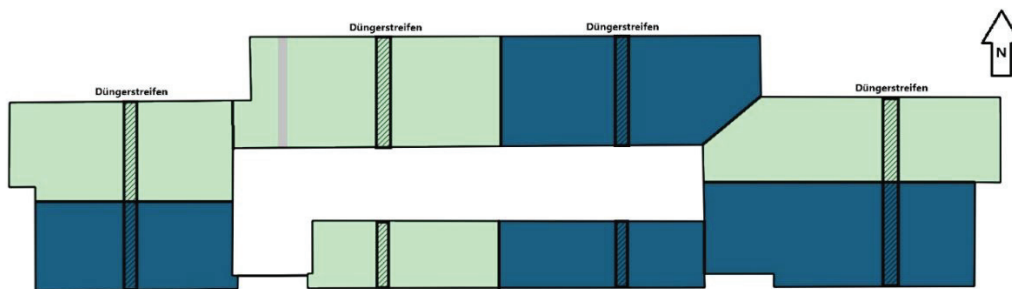


Abbildung 10 Verteilung der Substrate (grün = Optima/Optigrün, dunkelblau = Ulopo, grau = Kies & weiß = sonstiger Untergrund) und Düngestreifen (schraffierte Streifen) auf Haus 3; nach eigenen Notizen

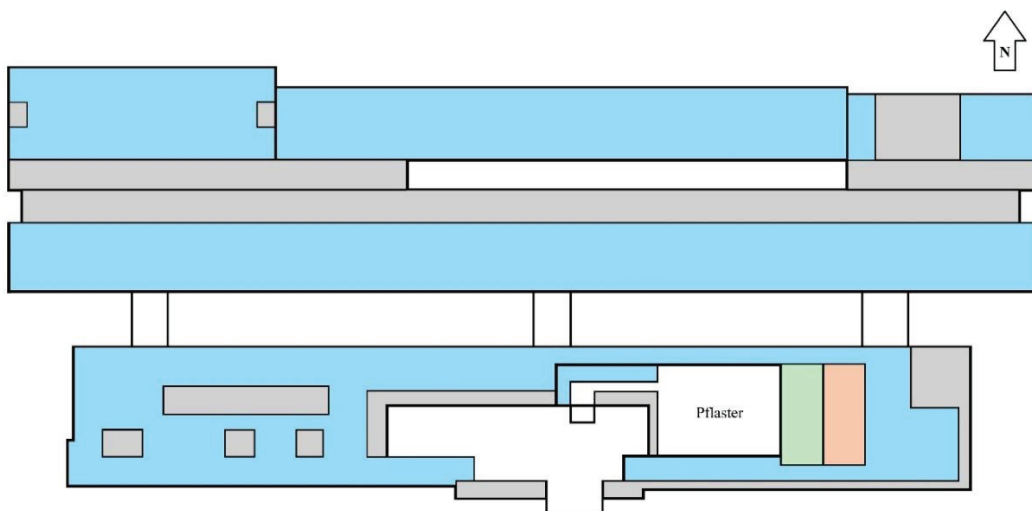


Abbildung 11 Aufteilung der Flächen nach Substraten (grün = Optigrün, orange = Blähton, hellblau = ZinCo, grau = Kies & weiß = sonstiger Untergrund) des ganzen Hauses 2.

3.2.3 Auswahl der Versuchsflächen

Die Einteilung der Dächer von Haus 2 und 3 in einzelne Flächen, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten darzustellen, entstand schon relativ zu Beginn der Datenerhebung für diese Arbeit. In Folge von Gesprächen und die Herausgabe von Artikeln zu den Dächern kam die Idee Plots neu einzurichten, um diese für eine mögliche Dauerbeobachtung, z.B. aller 5 oder 10 Jahre, nutzen zu können. Somit wäre in Zukunft eine weitere vegetationswissenschaftliche Dokumentation möglich.

3.2.3.1 Einteilung nach Substrat und Exposition

Wie die Flächeneinteilung nach den Substraten aussieht, ist unter 3.2.2 Substrate zu finden. Das grundlegende Wissen über Substrate eignete ich mir an, nachdem die erste Flächeneinteilung stattfand und ich noch Veränderungen der Einteilung durchführte, sowie nach den erste Begehungen der Dächer und Bestimmungen der Vegetation. Eine Einteilung rein nach den Substraten war für mich hier nicht relevant und wird nicht weiter ausarbeitet.

Während des Prozesses der Entstehung dieser Bachelor-Arbeit erarbeitete ich die Einteilung nach Substrat und Exposition. Grundlagen waren die Satellitenbilder der Dächer, die vorhandenen oder nicht vorhandenen Unterschiede in der Vegetation, das Vorhandensein von Kiesschutzstreifen und der Einfluss von Schatten durch höhere Gebäudeteile.

Für den Labortrakt von Haus 2 kommt noch dazu, dass das Dach nicht nur eine Ebene hat, sondern verschiedene Ebenen besitzt, die sich abwechseln. So kam hier, neben der hauseigenen Bezeichnung C = Kies und J = Schattenfläche vier weitere Bezeichnungen dazu. Hauptgrund waren hier die Höhenunterschiede und der Schattenwurf (für J), sowie in geringerem Maße die sich abzeichnende Vegetationsverteilung. Da die Kiesschutzstreifen, die auf Haus 2 sowohl auf HD und ND größere Flächen einnehmen, haben diese die Bezeichnung C bekommen. Die Fläche B wurde im Verlauf zu C und damit gestrichen. Die Flächen E und F gehen fast nahtlos ineinander über, eine Trennung findet nur auf Höhe der Pflanzkästen statt.

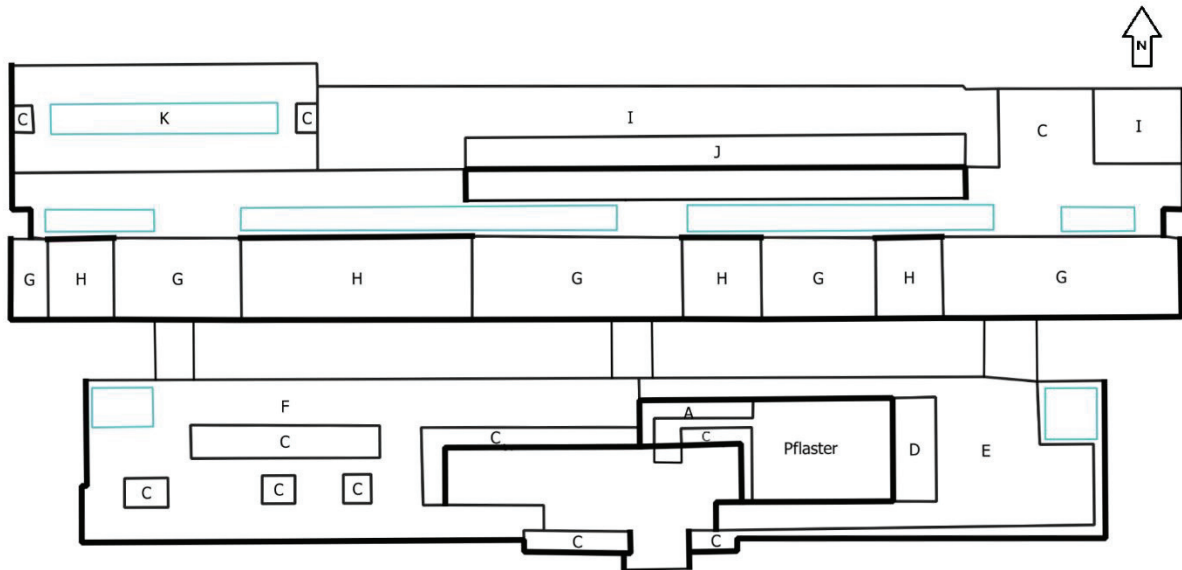


Abbildung 12 Flächenaufteilung für das Haus 2 als Grundriss. Gibt nicht die tatsächlichen Maße der einzelnen Teilflächen wieder.

Tabelle 4 Legende zum Grundriss von Haus 2 mit einer groben Bedeutung.

Buchstabe	Bedeutung
A, C – F	Flächeneinteilung des Lehrgebäude (HD/o)
C, G – K	Flächeneinteilung des Labortrakt (ND/u)
Blaue Rechtecke	Glasaufbauten für zwei Treppenhäuser (HD/o); Glasaufbauten für „Flur“ und Garage (ND/u)
Pflanzkästen	um den Bereich von A, C & dem angrenzenden Pflaster
dicke schwarze Linien	schattenwerfende Gebäudeteile
dünne schwarze Linien	nicht schattenwerfende Gebäudeteile & Flächenabgrenzungen

Die Flächeneinteilungen von Haus 2 und Haus 3 sind unabhängig voneinander zu betrachten. Deshalb ist z.B. die Fläche C von Haus 2 \neq der Fläche C von Haus 3.

Zu den Unterschieden/Gemeinsamkeiten bei Haus 3 ist zu sagen, dass die Fläche A zwar beide Substrate beinhaltet, sich aber in der Vegetation sehr ähnlich ist. Bei den Flächen B, C & S ist dies ähnlich, aber hier unterscheidet sich die Vegetation voneinander, auch durch den Schattenwurf, der die ca. 1 m breite Fläche C beeinflusst.

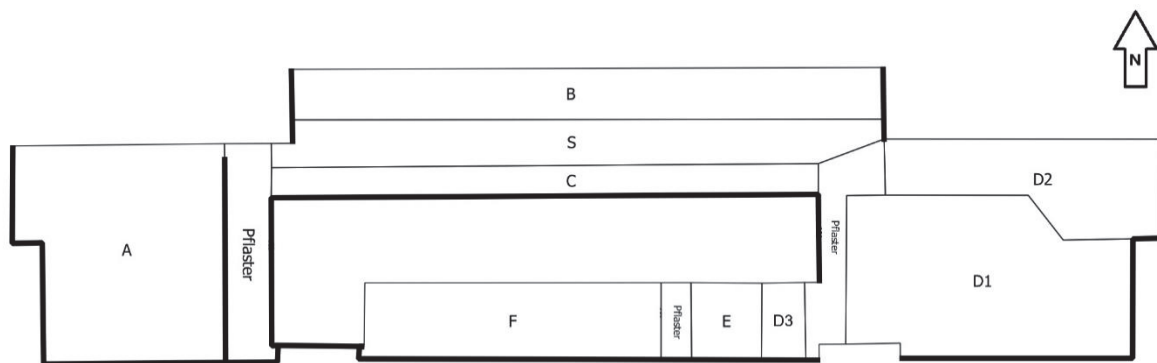


Abbildung 13 Flächenaufteilung für das Haus 3 als Grundriss. Gibt nicht die tatsächlichen Maße der einzelnen Teilflächen wieder.

Tabelle 5 Legende zu Grundriss von Haus 3 mit einer groben Bedeutung.

Buchstabe	Bedeutung
A – F, S	Flächeneinteilung des Gebäudes; S = Senke (Zentralabfluss für Regenwasser)
Pflanzkästen	Abgrenzung vom Pflaster zu den Flächen A, C und S
Pflaster	Quadratische Gehwegplatten; Umrandung zwischen Dachkannte und den Flächen, sowie Gebäudeaufbau in der Mitte und den Flächen
dicke schwarze Linien	siehe Tabelle 4
dünne schwarze Linien	siehe Tabelle 4

Die Ähnlichkeiten und doch scheinbaren Unterschiede in der Vegetation der Flächen D1 bis D3, können eventuell durch die in diesem Teil erfolgten Aussaat erklärt werden, als die extensive Begrünung angelegt wurde. D1 (mit einem kleineren Stück Optigrün) und D3 haben weitestgehend das gleiche Substrat (Ulopo), aber eine räumliche Trennung durch das Pflaster. D2 hat komplett ein anderes Substrat (Optigrün). So wurden im Verlauf der Aufnahme und Auswertung der Vegetation die ursprüngliche Flächen gesplittet.

3.2.3.2 Verortung der Plots

Wie bereits berichtet, wurde auf den Dächern von Haus 2 und Haus 3 der Hochschule Neubrandenburg durch Herrn Prof. Köhler etwa 20 Jahre lang beobachtet und geforscht. Dies war eine kleinteilige Vegetationsbeobachtung der 7 Felder auf Haus 2 HD Ostseite (Abb. 9), was den Flächen D und E entspricht (Abb. 14). Auf der Westseite (Fläche F und teilweise C) ist eine Wetterstation.

Allgemeine flächenbezogenen Vegetationsbeobachtungen fanden auf Haus 3 statt, sowie auch die Vergleichsbeobachtungen Düngung und Wasser auf je 6 benachbarten Streifen. Eine zweite Wetterstation befindet sich auf der Ostseite von Haus 3.

Herr Prof. Köhler, Herr Lamkowski und ich einigten sich auf eine Vereinheitlichung der Einteilung beider Dächer in Plots und auf die Erstellung einer Vegetationstabelle nach Braun-Blanquet, da die im weiteren beschriebenen Plots als mögliche neue Dauerbeobachtungspunkte (DBF) gedacht wurden.

Alle Plots sind etwa 1x1m groß, mit Ausnahme ist des Kiesstreifens auf Haus 3, der etwa 90x90cm groß ist. Somit wurde das Minimumareal (nach Braun-Blanquet) für die schwerpunktmäßige Untersuchung von Flechtengesellschaften beachtet.

Die Vegetationsaufnahme für die Plots fanden am 09./10.07.2024 auf Haus 3 und am 10.07.2024 Haus 2 für das Lehrgebäude statt, sowie am 16.07.2024 auf dem Labortrakt. Die Plots wurden vor Ort mit Punkten markiert, die Abbildungen 14 und 15 stellen die Verortung auf den beiden Gebäuden dar. Die Plots 3 und 4 von Haus 2 wirken in der Darstellung kleiner, als sie vor Ort tatsächlich sind, was der Darstellung geschuldet ist.

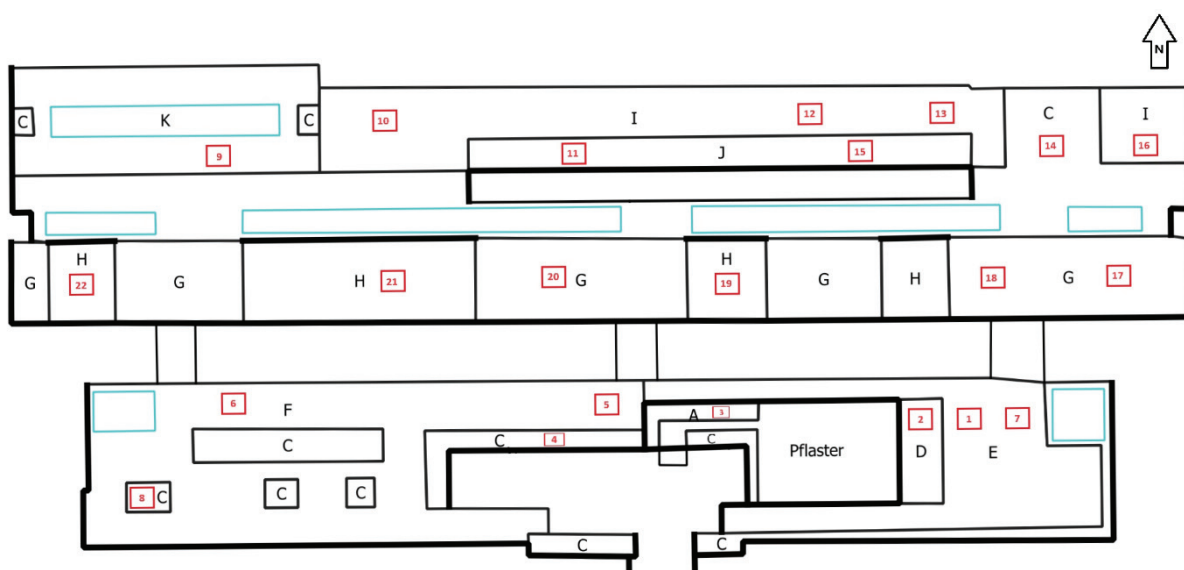


Abbildung 14 Hochschule Haus 2 mit den Aufgenommenen Plots 1 bis 22 (rote Kästchen). Die dazugehörige Legende ist die Tabelle 6.

Tabelle 6 Die Legende zu den Plots von Haus 2 mit Informationen zu Fläche, Substrat und Düngung bzw. Bewässerung in der Vergangenheit

Plot	Fläche	Substrat	Düngung	Bewässerung	Plot	Fläche	Substrat	Düngung	Bewässerung
1	E	Optigrün	nein	nein	12	I	ZinCo	nein	nein
2	D	Blähton	nein	nein	13	I	ZinCo	nein	nein
3	A	ZinCo	nein	nein	14	C	Kies	nein	nein
4	C	Kies	nein	nein	15	J	ZinCo	nein	nein
5	F	ZinCo	nein	nein	16	I	ZinCo	nein	nein
6	F	ZinCo	nein	nein	17	G	ZinCo	nein	nein
7	E	ZinCo	nein	nein	18	G	ZinCo	nein	nein
8	C	Kies	nein	nein	19	H	ZinCo	nein	nein
9	K	ZinCo	nein	nein	20	G	ZinCo	nein	nein
10	I	ZinCo	nein	nein	21	H	ZinCo	nein	nein
11	J	ZinCo	nein	nein	22	H	ZinCo	nein	nein

Aufgrund dessen, dass es auf Haus 3 sechs Düngestreifen gibt, wovon fünf nach Beendigung dieser Versuchsreihe noch deutlich sichtbar waren, wurden diese fünf, sowie der Schutzstreifen aus Kies, für die Auswahl der Plots berücksichtigt. Deshalb gibt es z.B. bei den Flächen B, S und C jeweils 6 Plots. Von rechts nach links, kommen 2x erst die Plots des Düngestreifen und daneben der jeweilige vergleichende Plot. Bei den letzten beiden Plots kommen erst die vergleichenden Plots und dann die des Kiesstreifens. Tabelle 7 zeigt dieses nochmal, in Zusammenhang mit Substrat und ob Rasenmatte oder Aussaat.

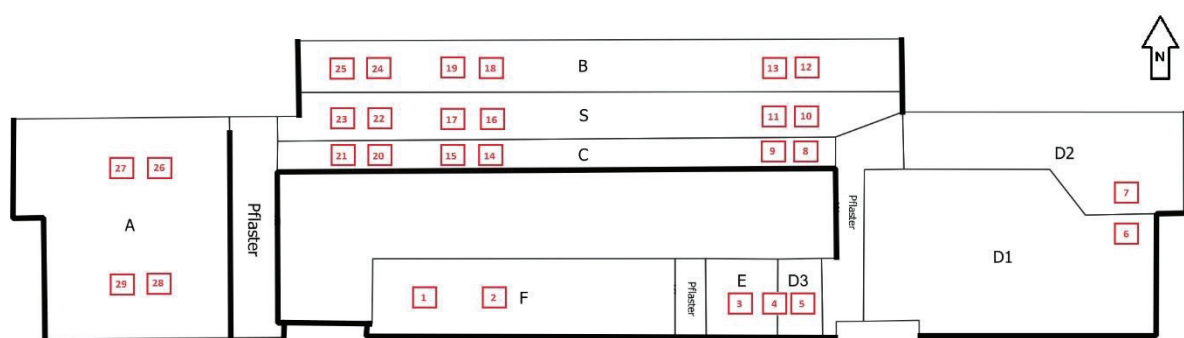


Abbildung 15 Hochschule Haus 3 mit den aufgenommenen Plots 1 bis 29 (rote Kästchen). Legende ist Tabelle 7.

Tabelle 7 Die Legende zu den Plots von Haus 3 mit Informationen zur Fläche, Substrat und ob an diesem Punkt in der Vergangenheit gedüngt oder bewässert wurde. Deutlich sichtbar ist der Einfluss der Ausbringung damals auf die Vegetation heute.

Plot	Fläche	Substrat	Düngung	Bewässerung	Variante
1	F	Optigrün	nein	nein	Rasenmatte
2	F	Optigrün	ja	nein	Rasenmatte
3	E	Ulopo	nein	ja	Rasenmatte
4	E	Ulopo	ja	nein	Rasenmatte
5	D3	Ulopo	nein	nein	Aussaart
6	D1	Ulopo	nein	nein	Aussaart
7	D2	Optigrün	nein	nein	Aussaart
8	C	Ulopo	ja	nein	Rasenmatte
9	C	Ulopo	nein	ja	Rasenmatte
10	S	Ulopo	ja	nein	Rasenmatte
11	S	Ulopo	nein	ja	Rasenmatte
12	B	Ulopo	ja	nein	Rasenmatte
13	B	Ulopo	nein	ja	Rasenmatte
14	C	Ulopo	ja	nein	Rasenmatte
15	C	Optigrün	nein	ja	Rasenmatte
16	S	Ulopo	ja	nein	Rasenmatte
17	S	Optigrün	nein	ja	Rasenmatte
18	B	Ulopo	ja	nein	Rasenmatte
19	B	Optigrün	nein	ja	Rasenmatte
20	C	Optigrün	nein	nein	Rasenmatte
21	C	Kies	nein	nein	-
22	S	Optigrün	nein	nein	Rasenmatte
23	S	Kies	nein	nein	-
24	B	Optigrün	nein	nein	Rasenmatte
25	B	Kies	nein	nein	-
26	A	Optigrün	ja	nein	Rasenmatte
27	A	Optigrün	nein	ja	Rasenmatte
28	A	Ulopo	ja	nein	Rasenmatte
29	A	Ulopo	nein	ja	Rasenmatte

3.3 Material und Software

Während der Auswahl, Einteilung und Dokumentation des beschriebenen nutzte ich:

Tabelle 8 Materialien der Aufnahme und wofür sie genutzt wurden.

Material	genutzt für
Digitalkamera Olympus TG-7	Bildaufnahme; GPS-Punkte (ca. 3m genau)
Smartphon (Samsung Galaxy S22)	
Butterbrottüten	Probeaufnahme Flechten
Stifte & Papier	Notizen; Vermerke; Beschriftung der Tüten

Tabelle 9 genutzte Software für die Ausarbeitung und wofür es genutzt wurde.

Software	Anwendung für
Qgis	Orthophotos/Luftbilder; Erstellung der Grafiken
Paint; Paint.net	Überarbeitung der Orthophotos & Grafiken
PowerPoint	Erstellung der Grafiken
geoportal-mv.de/gaia	Orthophotos/Luftbilder
Google Maps/Bing Maps	Kartenausschnitte

4 Ergebnis

4.1 Vegetation

Die ersten Begehungen der Dächer fanden vor den allgemeinen Vegetationsaufnahmen und der Erstellung der Plots statt, von denen in 3.2.3.2 Verortung der Plots auf Seite 19 schon beschrieben wurden. Für eine sichere Bestimmung wurden an den angegebenen Tagen möglichst viele verschiedene Einzelexemplare in Butterbrottüten verpackt und mit Datum, Hausdach, Fläche/Plot und mit *C. spec.* oder *P. spec.* als mögliche Erstbestimmung beschriftet. Darüber hinaus fertigte ich für jedes Dach eine Skizze an, um den Ort des jeweiligen Plots zu markieren, zu der Nummer des Plots die möglichen Bodenflechten zu vermerken, sowie eine Größenangabe in dm² (Frage: „Wieviel dm² nimmt die jeweilige Flechte auf diesem 1m² ein?“) für die Auswertung nach Braun-Blanquet. Bei Unklarheiten ist so im Nachhinein eine gezielte Nachbeprobung möglich. Für die richtige Bestimmung bzw. Nachbestimmung habe ich folgende Materialien sowie Bestimmungsbücher genutzt und im Studentenlabor gearbeitet.

Zur Bestimmung genutzte Materialien:

- Färbechemikalien Kalilauge & p-Phylendiamin,
- ein Stereomikroskop mit 1 – 3-fach Vergrößerung
- ein Durchlichtmikroskop mit 10x4, 10x10 und 10x40-fach Vergrößerung,
- eine kleine UV-Lampe
- zwei Handlupen, eine mit 10-fach Vergrößerung & eine mit 40-fach Vergrößerung, Licht und UV-Licht

Flechten-Bestimmungsbücher:

(siehe 11.2 Bestimmungsbücher für ausführlichere Information)

- Die Flechten Mitteleuropas; Bestimmung und Beschreibung der wichtigsten Arten
- Flechten der Schweiz
- Flechten einfach bestimmen; Ein zuverlässiger Führer zu den häufigsten Arten Mitteleuropas
- Die Flechten Deutschlands
- Flechten erkennen - Umwelt bewerten
- Die Flechten Baden-Württembergs
- Ulmers Taschenatlas Flechten und Moose; 290 Arten schnell erkennen

Bei einer gemeinsamen Begehung mit Herrn Schiefelbein am 14.06.2024 auf Haus 2, wurden von ihm einige weitere Boden- und Krustenflechten erwähnt, die auf diesem Gebäude wachsen könnten. Nachgewiesen haben wir an diesem Tag z.B. *Cladonia portentosa* für die Fläche E. Weitere Bodenflechten die vermutet worden sind *C. glauca*, *Peltigera canina*, *P. didactyla* und *P. externuata*.

In der folgenden Tabelle 10 ist eine Vegetationsaufnahme aufgeführt die von Herrn Dr. Harrie J.M. Sipmann, aus Berlin, am 29. März 2017 durchgeführt wurde. Herr Prof. Köhler zeigt diese in Köhler, unv. auf. In zwei weiteren Tabellen mit Artenzusammensetzung von zwei Teilflächen mit jährlicher Vegetationsbedeckung werden spätestens ab 2010 die ersten Bodenflechten vermerkt. (Köhler, unv., S. 23, 26)

Tabelle 10 durch H. Sipmann 2017 bestimmte Flechten; ²Angaben aus: Litterski u. Schiefelbein, 2007 mit Häufigkeitsangabe (Köhler, unv., S. 61). sh = sehr häufig, h = häufig, mh = mittelhäufig

Bodenflechten	Bestandsstatus Rote Liste Status von 2007²	Krustenflechten auf Steinen Dachbegrünung	Bestandsstatus Rote Liste Status von 2007²
1. <i>Cladonia rei</i>	h	<i>Aspicilia calcarean</i>	-S *
2. <i>Cladonia furcata</i>	h	<i>Aspicilia contorta</i>	-h *
3. <i>Cladonia chlorophea</i>	(h)	<i>Lecanora dispersa</i>	-sh *
4. <i>Cladonia rangiformis</i>	mh RL 3	<i>Lecanora muralis</i>	
5. <i>Peltigera rufescens</i>	mh RL V	<i>Sarcogyne regularis</i>	-mh *
6. <i>Peltigera didactyla</i>	h *	<i>Verrucaria nigrescens</i>	-sh *

Die aufgeführten Krustenflechten ließen sich zwar zum Teil bestätigen, sind aber nicht Teil dieser Bachelor-Arbeit.

Die Tabelle 11 und die Tabelle 12 sind einfache An- oder Abwesenheitstabellen für Haus 2 und 3. Dabei bedeutet 1 = gefunden/belegt und Punkt = nicht gefunden/belegt.

Ausführlichere Vegetationstabellen nach den Plots mit den Flechten, Gefäßpflanzen und Moosen befinden sich extern auf der CD unter dem Namen Dachkartierung.

Tabelle 11 Mögliche Verteilung der Arten nach Flächen Haus 2

Gruppe	Gattung Art	H2-A	H2-C	H2-D	H2-E	H2-F	H2-G	H2-H	H2-I	H2-J	H2-K	Anzahl
		3	3	4	4	5	6	4	8	8	3	
Lichnes	<i>Cladonia cornuta</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1
Lichnes	<i>Cladonia chlorophaea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Cladonia fimbriata</i>	1	.	1	1	.	1	.	1	1	.	6
Lichnes	<i>Cladonia foliacea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Cladonia furcata</i>	.	.	.	1	.	1	1	1	1	.	5
Lichnes	<i>Cladonia glauca</i>	.	.	.	.	1	1	.	1	1	.	4
Lichnes	<i>Cladonia grayi</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
Lichnes	<i>Cladonia grayi sl.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Cladonia portentosa</i>	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	2
Lichnes	<i>Cladonia pyxidata</i>	.	1	1	.	1	.	1	1	.	1	6
Lichnes	<i>Cladonia ramulosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Cladonia rangiformis</i>	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	4
Lichnes	<i>Cladonia rei</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Cladonia scabriuscula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Cladonia spec.</i>	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	4
Lichnes	<i>Cladonia subulata</i>	1	1	1	1	1	1	.	.	1	1	8
Lichnes	<i>Peltigera canina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Peltigera didactyla</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Peltigera extenuata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
Lichnes	<i>Peltigera rufescens</i>	1	1	1	.	.	1	.	1	1	.	6

Tabelle 12 Mögliche Verteilung der Arten nach Flächen Haus 3

Gruppe	Gattung	Art	H3-A	H3-B	H3-C	H3-S	H3-D1	H3-D2	H3-D3	H3-E	H3-F	Anzahl
			7	9	2	5	7	6	10	5	4	
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>cornuta</i>	.	1	.	1	.	1	1	.	.	4
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>chlorophaea</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>fimbriata</i>	.	.	1	.	1	.	1	1	.	4
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>foliacea</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>furcata</i>	1	1	.	.	1	1	1	1	1	7
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>glauca</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>grayi</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>grayi sl.</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>portentosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>pyxidata</i>	1	1	.	1	1	1	1	.	.	6
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>ramulosa</i>	1	1	.	1	1	.	.	.	.	4
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>rangiformis</i>	.	1	.	.	1	.	1	1	1	5
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>rei</i>	1	1	.	.	1	.	1	.	1	5
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>scabriuscula</i>	.	1	.	.	.	1	1	.	.	3
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>spec.</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>subulata</i>	1	.	1	1	.	1	1	.	.	5
Lichnes	<i>Peltigera</i>	<i>canina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Lichnes	<i>Peltigera</i>	<i>didactyla</i>	.	.	.	.	1	.	.	1	.	3
Lichnes	<i>Peltigera</i>	<i>extenuata</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1
Lichnes	<i>Peltigera</i>	<i>rufescens</i>	1	1	.	.	.	.	.	.	1	3

4.2 Zeigerwerte der Flechten und Auswertung

Tabelle 13 Zeigerwerte nach Ellenberg der Bodenflechten; L=Lichtzahl; T=Temperaturzahl; K=Kontinentalitätszahl; KW=Klimawert; F=Feuchtezahl; R=Reaktionszahl; N=Nährstoffzahl; SUB=Substrat; S=Salzzahl; *KW & *SUB Verändert nach Kretschmer 2024; x=variabel; E=Erdboden/Rohhumus; R Rinde; RL-MV= Rote List MV's Stand 31.08.2007

Art	L	T	K	KW	F	R	N	SUB	S
<i>Cladonia cornuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	*E	-
<i>Cladonia chlorophaea</i>	-	-	-	-	-	-	-	*E (R)	-
<i>Cladonia fimbriata</i>	7	5	6	4,5	x	4	3	E (R)	-
<i>Cladonia foliacea</i>	9	6	2	*7	x	4	1	E	-
<i>Cladonia furcata</i>	6	x	6	*4,5	x	4	4	E	-
<i>Cladonia grayi</i>	7	5	5	*5	x	2	2	E	0
<i>Cladonia pyxidata</i>	7	x	6	4,5	x	x	3	E	0
<i>Cladonia ramulosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	*E	-
<i>Cladonia rangiformis</i>	8	5	5	*5	3	x	3	E	0
<i>Cladonia rei</i>	-	-	-	-	-	-	-	*E	-
<i>Cladonia scabriuscula</i>	-	-	-	-	-	-	-	*E	-
<i>Cladonia subulata</i>	8	x	6	4,5	x	3	3	E	0
<i>Peltigera didactyla</i>	7	x	6	*4,5	3	5	6	E	0
<i>Peltigera externuata</i>	-	-	-	-	-	-	-	*E	-
<i>Peltigera rufescens</i>	8	x	6	*4,5	3	8	5	E	0
<i>Cladonia glauca</i>	7	6	3	*6,5	x	2	2	E	0
<i>Cladonia portentosa</i>	7	6	3	*6,5	x	x	1	E	-
<i>Peltigera canina</i>	6	4	5	*4,5	5	6	4	E	0

Der aufgeführte KW-Wert, in der Tabelle 13, ist der Klimawert und kann wie folgt berechnet werden: $KW = (10 - K + T) : 2$. Er wird im Bestimmungsbuch „*Flechten erkennen – Umwelt bewerten*“ (Kirschbaum & Wirth, 2010) aufgeführt und erklärt.

SUB ist das Substrat. Bei Flechten, bei denen nichts als der SUB-Wert steht, ist es meine eigene Einschätzung. Grundlage hierfür ist die Beschreibung des „*Ökologie und Verbreitung*“-Abschnittes in der mir zu Verfügung stehenden Bestimmungsliteratur oder Internetseiten wie z.B. die der „*The British Lichen Society*“.

Im Bestimmungsbuch „*Flechten Mitteleuropas*“ (Wirth & Kirschbaum, 2024) wird geschrieben, dass *C. chlorophaea* und *C. grayi*, wie *C. fimbriata*, auch auf morschen Holz vorkommen

können und damit nicht nur E für Erdboden/Rohhumus sondern auch ein (R) für Rinde, wie bei *C. fimbriata*, stehen könnte. Jedoch hat *C. chlorophaea* in der Gesamtliste für Zeigerwerte keine Werte und bei *C. grayi* wird nur E beim Substrat aufgeführt.

Es ist anzunehmen, dass die Flechten ohne Zeigerwerte ähnliche Werte wie die Flechten mit Zeigerwerten haben.

Die gefundenen *Cladonia*-Arten sind zumeist Becher- oder Säulenflechten und die *Peltigera*-Arten sind Blattflechten. Wie bereits erwähnt sind es Arten, die auf dem Erdboden bzw. Rohhumus auftreten.

Tabelle 14 Der gewichtete Zeigerwert, nur für die Flechten, in seiner maximalen und minimalen Form der einzelnen Plots von Haus 2 und 3. Flechten ohne Zeigerwert, Flechten die in den Plots nicht vorkommen und Plots ohne Flechten bzw. Flechten, die nur eine Häufigkeit von r beinhalten, sind aus der Auflistung entnommen worden. Die Berechnung erfolgte unter Annahme, dass der Zeigerwert x gleich 5 ist.

	Haus 2				Haus 3			
L	Max.:	8,0	Min.:	6,0	Max.:	8,0	Min.:	7,0
T	Max.:	6,0	Min.:	5,0	Max.:	6,0	Min.:	5,0
K	Max.:	6,0	Min.:	3,1	Max.:	6,0	Min.:	3,0
F	Max.:	5,0	Min.:	3,0	Max.:	5,0	Min.:	3,0
R	Max.:	7,85	Min.:	2,1	Max.:	8,0	Min.:	2,0
N	Max.:	4,92	Min.:	2,1	Max.:	5,0	Min.:	2,0

Tabelle 14 zeigt nur die Zusammenfassung aller Plots jeweils zu Haus 2 und 3. Eine Aufspaltung auf die einzelnen Flächen je Haus findet aus Zeitgründen nicht weiter statt. Eine ausführliche Version des gewichteten Zeigerwertes befindet sich im Anhang auf der CD. Sowohl nur für die Flechten (Tab.14), als auch für die Moose und Gefäßpflanzen, in getrennten Tabellen. Durch diese Trennung wird das Ergebnis des gewichteten Zeigerwertes verändert. Außerdem ist zu bedenken das die Zeigerwerte für Gefäßpflanzen entwickelt wurden.

4.3 Einteilung in Pflanzengesellschaften, Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen

Pflanzengesellschaften sind eine Einteilung von z.B. Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten in verschiedene Gruppen, die gemeinsam vorkommen und gemeinsame Lebensraumbedingungen aufweisen. Die Einteilung in Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen findet unter ähnlichen Bedingungen nach naturschutzrechtlichen Gesichtspunkten statt.

Alle drei Konzepte beziehen sich hauptsächlich auf natürliche Standorte.

Zu beachten ist hierbei, dass die Vegetation auf den ausgewählten Dächern der Hochschule, wie bereits beschrieben, vor über zwei Jahrzehnten durch den Menschen initial dort ausgebracht worden ist und sich seitdem, unter den Gegebenheiten, entwickelt und verändert hat. Ein so künstlicher, einzigartiger Standort passt nicht in die oben genannten Konzepte.

4.3.1 Pflanzengesellschaft

Eine mögliche Pflanzengesellschaft ist die Festuco-Brometea (Basophile Trocken- und Halbtrockenrasen).

Von der Beschreibung her würden die Pflanzengesellschaften *Allio schoenoprasii-Caricetum praecocis* (Schnittlauch-Frühseggenrasen),

Airo [caryophylleae]-Festucetum [ovinae] (Nelkenschmielen-Schafschwingelrasen),

Diantho deltoideae-Armerietum [elongatae] (Heidenelken-Grasnelkenflur) und

Koelerio-Corynephoretea (Schiller- und Silbergras-Pionierfluren) ebenfalls passen, aber mit der aufgeführten Vegetation in der dazugehörigen Bestimmungsliteratur, ist kaum Übereinstimmung mit der eigenen Vegetationsliste zu finden. (Pott, 1995; Schubert et al., 1995)

4.3.2 Biotoptyp und FFH-Lebensraumtyp

Um zu entscheiden, welcher Biotoptyp passen könnte, wurde die Biotoptypenkartierung von MV zur Hilfe genommen, die Gegebenheiten mit den Beschreibungen zu den einzelnen Biotoptypen verglichen und dadurch eine Auswahl getroffen. Für diese Vorauswahl waren unter anderem Substratart bzw. Substrattiefe von Bedeutung, dass die Vegetation nicht über die Krautschicht hinaus ging und dass keine aktive Bewässerung auf den gesamten Dächern erfolgte, wodurch es insgesamt eher trocken war. So kamen z.B. etwa Trockenrasen, Magerrasen und Ruderalfluren in die Auswahl.

Dann wurde die Vegetationsliste des jeweiligen Biotoptypen mit der Vegetationsliste nach den einzelnen Flächen je Haus verglichen (An- oder Abwesenheit der Pflanzenarten).

Dabei gab es folgende Punktevergabe:

- 0 P. = kein Auftreten/Aufführen beim jeweiligen Biotoptyp
- 1 P. = Gefäßpflanze, Moos oder Flechte wird aufgeführt beim jeweiligen Biotoptyp
- 2 P. = besonders typisch für den jeweiligen Biotoptyp (fett hervorgehoben)

Für Haus 3 zeichneten sich zwei mögliche Biotoptypen ab:

TPB (Pionier-Sandflur basen- und kalkreicher Standorte) mit 5 – 8 P. im Schnitt und TMS (Sandmagerrasen), mit eine Höchstpunktzahl von 10 P. für die im Schatten liegende Fläche C.

Von den verglichenen Biotoptypen passt der Biotoptyp TPB noch am ehesten für einige Flächen von Haus 2. So haben die Flächen H 8 Punkte und I 9 Punkte, bei den übrigen Flächen sind es nur 4 – 6 Punkte.

Bei TPB ist der FFH-Lebensraumtyp § FFH 6120 (* Trockene, kalkreiche Sandrasen) und bei TMS § (FFH 2330) (Dünen mit offenen Grasflächen mit *Corynephorus* und *Agrostis* (Dünen im Binnenland)) vermerkt.

Allgemein beschrieben wird TPB als: „*Pionier- und Grasfluren des subkontinentalen Klimabereichs auf warmen, trockenen, humusarmen relativ kalk- bzw. basenreichen Sandstandorten.*“ (Anleitung für Kartierung von Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen in Mecklenburg-Vorpommern, 2013, S. 150)

Zu TMS steht: „*Weitgehend ungestörte Bestände der Sandmagerrasen. Anteil typischer Arten > 80 %.*“ (Anleitung für Kartierung von Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen in Mecklenburg-Vorpommern, 2013, S. 151)

Bei TPB werden folgende Vegetationseinheiten genannt:

- Schnittlauch-Frühseggenrasen,
- Kegelleimkraut-Sandpionierflur,
- Sandstrohblumen-Bergsandglöckchenrasen,
- Dünenschwingel-Blauschillergrasrasen

Bei TMS werden folgende Vegetationseinheiten genannt:

- Haarschafschwingel-Sandmagerrasen,
- Thymian-Schafschwingelrasen,
- Grasnelken-Schafschwingelrasen (= Heidenelken-Raublattschwingelrasen),
- Mäuseschwanz-Federschwingel-Sandmagerrasen,
- Rotstraußgrasflur

Aufgrund kurzer Beschreibungen könnten die Vegetationseinheiten Schnittlauch-Frühseggenrasen und Heidenelken-Raublattschwingelrasen passen. (FFH 2330 LRTs.pdf, 2011; FFH 6120 LRTs.pdf, 2011) Vielleicht wären auch noch andere möglich, da z.B. in FFH 6120 LRTs.pdf steht, dass: „*Trockene, kalkreiche Sandrasen häufig im Mosaik mit Pioniersandfluren (LRT 2330) und basiphilen Halbtrockenrasen (Kalk-Trockenrasen) des LRT 6210 in Erscheinung treten.*“

Daraus könnte sich erschließen, dass eine ähnliche Mosaikbildung auch im sauren Bereich oder anderen Substraten möglich wäre.

Damit werden mindestens zwei der unter 4.3.1 genannten Pflanzengesellschaften für diese beiden Biotoptypen ebenfalls aufgeführt (eins für TMS und eins für TPB).

5 Diskussion

Antworten auf die in der Einleitung gestellten Fragen:

1. Welche Flechtenarten wachsen auf den extensiv begrünten Dächern von Haus 2 und 3 der Hochschule Neubrandenburg?

Es zeigte sich, dass sich hier Bodenflechten aus den Gattungen *Cladonia*, mit 13 Arten und *Peltigera*, mit 3(-4) Arten entwickeln konnten. Darüber hinaus wurden noch insgesamt 3 – 4 epiphytische Flechten und diverse Krustenflechten gefunden.

Eine Vegetationsaufnahme wurde im Jahr 2017 für Bodenflechten (4 *Cladonia*-Arten & 2 *Peltigera*-Arten) und Krustenflechten (mit 6 Arten) gemacht (Tabelle 10). Ebenfalls gibt es zwei Artenzusammensetzungstabellen von zwei Teilflächen mit jährlicher Vegetationsbedeckung, bei denen spätestens ab 2010 die ersten Bodenflechten vermerkt wurden.

Im zu Tabelle 10 gehörigen Text wird nur Haus 2 explizit erwähnt und dass sich in den fast durchgängig im Schatten liegenden Flächen vom Labortrakt ein von *Cladonia* dominierten Dachrasen entwickelt habe. Stellenweise kann dies bestätigt werden (siehe Haus 2 Fläche J), jedoch existiert in dessen Nähe ein vollsonniges Teilstück, wo eine Becherflechte (*Cladonia pyxidata*) überwiegt, der Plot Nr. 16 (Nr. 7)

Da nur der Labortrakt von Haus 2 begangen wurde (Köhler, S. 61), scheint die aktuelle Vegetationsaufnahme der Bodenflechten umfangreicher zu sein als die von Herrn Dr. Sipmann. So besteht erstens die Möglichkeit, dass sich die Bodenflechten, die jetzt noch gefunden wurden, nach 2017 entwickelt haben oder zweitens vorher schon vorhanden waren, ohne näher bestimmt zu werden. Herr Prof. Köhler vermerkte ab 2006/07 die fünf Flechten *C. coniocrea*, *C. rangiformis*, *C. rangiferina*, *C. rei* und *Peltigera canina*.

Das Vorhandensein von *C. coniocrea* und *C. rangiferina* konnte ich nicht bestätigen, eine Unsicherheit besteht bei der Bestimmung von *P. canina*.

C. rangiformis und *C. rei* wurden schon 2017 durch Herrn Dr. Sipmann dokumentiert.

Eine genauere Bestimmung wäre eventuell durch die Dünnschichtchromatographie möglich, wie durch Herrn Schiefelbein empfohlen. So konnten einige Flechten nur als *C. spec.* bezeichnet und andere Arten für diesen Plot nicht nachgewiesen werden.

2. Welche ökologischen Ansprüche haben die Flechten und welche Informationen liefern ihre Zeigerwerte?

Da Tabelle 14 nur für die Flechten den gewichteten Zeigerwerte je Haus zeigt, ist die Auswertung etwas eingeschränkt, auch weil es nicht für Flechten erdacht wurde. Einen Vergleich zwischen den max.- und min.-Werten der Flechten und denen der Gefäßpflanzen und Moose befindet sich in der Excel-Liste des gewichteten Zeigerwertes mit dem Titel: „Vergleich ma_mi Zeigerwerte“.

Dennoch können trotzdem folgende Aussagen getroffen werden:

Ausgenommen der Licht- und Temperaturzahl zeigen sich bei beiden Häusern Extreme zwischen dem maximalen und minimalen gewichteten Zeigerwert. Im Vergleich der beiden Häuser zueinander zeigt sich eine deutliche Ähnlichkeit.

Überraschend ist, dass die R-Zahl (Reaktionszahl) eine sehr große Spannweite bei beiden Häusern aufweist: Das Maximum beträgt 7,85 (Haus 2) = 8 und das Minimum 2,1 (Haus 2) = 2, was bedeutet, dass die Reaktionszahl zwischen neutral (R8; pH-Wert 6,6-7,5) und sehr sauer (R2; pH-Wert 3,4-4,0) liegt. (Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 70)

Für den Wert R8 gibt es jeweils einen Plot auf dem Haus 2 und drei Plots auf dem Haus 3, die auf Kalk hinweisen, wenn nur auf die Flechten geschaut wird. Bei R2 ist dies umgekehrt.

Nur 3 bis 4 Plots, auf den Flächen G und J von Haus 2 (auf dem Labortrakt) haben einen gewichteten Lichtwert von 6. Alle anderen Plots, sowohl von Haus 2 als auch von Haus 3 haben einen L-Wert von 7 oder 8, d.h. dass es eher Licht- oder Halblichtpflanzen sind, die dort wachsen. Bei L7 beispielsweise soll die relative Beleuchtungsstärke (r. B.) nicht unter 30% sein, auch wenn die Pflanzen Schatten vertragen. (Pigott & Ellenberg, 1984, S. 1)

Ein T-Wert (Temperaturzahl) von 5 würde bedeuten, dass es Mäßigwärmezeiger sind und bei 6, dass die Pflanzen in submontan/kollinen, aber auch in milden montanen Lagen vorkommen.

Der K-Wert (Kontinentalität) ist bei 2 Plots auf H2 und einem Plot auf H3 bei

3 = zwischen atlantisch und subatlantisch und bei den restlichen Plots von H2 und H3 bei 5 (intermediär) oder 6 (subkontinental).

Bei F5 (Feuchtwert 5) wird geschrieben, dass niederschlagsarme Gebiete für gewöhnlich von den Pflanzen gemieden werden, da sie eine Niederschlagsmenge von mind. 700 mm benötigen. Sie werden auch als Frischezeiger benannt und fehlen auf nassen sowie öfter austrocknenden Böden. (Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 69 f.; Pigott & Ellenberg, 1984, S. 2) Es könnte für die Flechten zum Problem werden, wenn auch zukünftige Jahre eher trocken ausfallen. Das würde eventuell zu einem Verschwinden der Arten führen, die diese Niederschlagsmengen benötigen. Im Gegensatz dazu stehen bei F3 Pflanzen, die niederschlagsarme Standorte tolerieren, aber oft auch in feuchten Lagen zu finden sind.

Bei N-Wert von 2 wird keine oder fast keine Eutrophierung des Lebensraumes toleriert, bei 4 ist eine schwache bis ziemlich schwache Eutrophierung und bei 5 ist eine mäßige bis deutliche Eutrophierung möglich. (Kirschbaum & Wirth, 2010, S. 70) Alle Plots beider Häuser haben in Bezug auf Moose und Gefäßpflanzen einen eher niedrigen N-Wert, d.h. eher stickstoffarme Standorte und ähnlich wie bei Flechten eine eher schwache Eutrophierung tolerierend. (Pigott & Ellenberg, 1984, S. 3)

Wenn die maximalen und minimalen gewichteten Zeigerwerte der Moose und Gefäßpflanzen angeschaut werden, dann zeigt sich das sie ähnlich sind, aber nicht gleich.

3. A) Was ist die Bedeutung der gefundenen Bodenflechten in Bezug auf die Verbreitung in Mecklenburg-Vorpommern?

B) Welchen Einfluss haben die extensiv begrünten Dächer als Sekundärbiotop auf die Verbreitung?

A) Nach den Verbreitungskarten (siehe Abb. 21 & Abb. 22) sind z.B. die Flechten *C. chlorophaea*, *C. cornuta*, *C. foliacea*, *C. gray*, *C. scabriuscula*, und *P. externuata* in Neubrandenburg und Umgebung noch nicht bestimmt worden. Das könnte daran liegen, dass es keine passenden Standorte in diesem Gebiet gibt, dass ein Wachstum dieser Bodenflechten auf den Dächern unbekannt ist oder die Nachweise/Daten dazu fehlten.

In der Roten Liste MV steht, dass in Lebensräumen mit nährstoffarmen Sanden, z.B. Silbergrasfluren, Heiden und Dünenkieferwälder Flechten stärker in Erscheinung treten. (Litterski & Schiefelbein, 2007, S. 10) Nur die gefundene *C. portentosa* hat einen Schutzstatus und steht somit im Anhang V. Sie ist eine der Arten, die in den angegebenen Lebensräumen auftritt und eine ähnliche Verbreitung in MV hat wie *C. arbuscula*, z.B. entlang der Küste vom Darß bis zur deutschpolnischen Grenze und südlich von Neustrelitz. *C. rangiformis* und *P. rufescens* hingegen können sowohl in Sandmagerrasen/-pionierfluren, als auch in basiphilen Magerasen auftreten. Zu *C. rangiformis* steht noch geschrieben, dass sie in MV eine mäßig häufige Art und vor allem auf Dünen, Osern und Endmoränenzügen verbreitet ist. Dabei bevorzugt sie wärmebegünstigte Standorte. (Litterski & Schiefelbein, 2007, S. 17) (siehe Abb. 21) Beide Arten scheinen hauptsächlich in der Küstenregion von Usedom und Rügen vorzukommen.

P. canina gilt durch Eutrophierung und Standortvernichtung als stark gefährdet und wächst in Sandpionierfluren/-magerrasen und Zwergstrauchheiden.

B) Einfluss auf den Bewuchs von extensiv begrünten Dächern kann die Art und Dicke des Substrates, der Standort des Daches, sowie die Dachform (Flach- oder Schrägdach) sein, aber auch das allgemeine Wasserhaltevermögen und Einfluss von z.B. Schatten oder Düngung. Initial, durch Aussaat oder Matten, könnten auf extensiv begrünten Dächern nur Gefäßpflanzen und Moose wachsen, doch wenn spontane Vegetation bedingt zugelassen wird, können sich dort auch Bodenflechten entwickeln.

Bei den Flächen mit Kies/Kiesschutzstreifen waren auf beiden Dächern entweder keine, nur Einzelexemplare oder einige wenige Bodenflechten zu finden, dafür aber Krustenflechten.

Die Fläche C von Haus 3 mit den Plots 8/9, 14/15, und 20/21 zeigt eine deutliche Dominanz der Gefäßpflanzen und hat sich ihren initialen Charakter am ehesten bewahrt, d.h. hier haben Bodenflechten wenig bis keine Chance zu wachsen. Bei den Düngestreifen auf Haus 3 gibt es zumeist an den kurzen oder langen Seiten dieser Streifen Bodenflechten, die entweder ein r (Einzelexemplare) oder + (wenige Exemplare) nach Braun-Blanquet bekommen. Der überwiegende Teil der Bodenflechten kommt im Zusammenhang mit den Plots als Einzelexemplare oder mit wenigen Exemplaren vor. Dass sie auch dominanter auftreten können, zeigt z.B. der Plot auf dem Labortrakt von Haus 2 mit *C. pyxidata* mit einer 3.

Für die Arten die unter 3. A) angegeben sind, scheinen die Dächer der Hochschule mit ihrer derzeitigen extensiven Begrünung möglicherweise ein ideales Senkundärbiotop zu sein. Bedingung ist, dass z.B. zwischen den Gefäßpflanzen und Moosen weiterhin Platz ist, eine minimale Pflege stattfindet oder nicht großflächig gedüngt wird. Damit sind die Dächer ein möglicher Hotspot für Vielfalt von Bodenflechten in dieser Region, sofern eine Ausbreitung oder Erhalt möglich ist.

Dächer als Sekundärbiotop für Flechten?

Für Bodenflechten scheinen extensiv begrünte Dächer am ehesten geeignet, wenn diese z.B. nicht großflächig gedüngt werden und ausreichend Platz zwischen der bestehenden Vegetation existiert. Dies zeigt sich auf Haus 3.

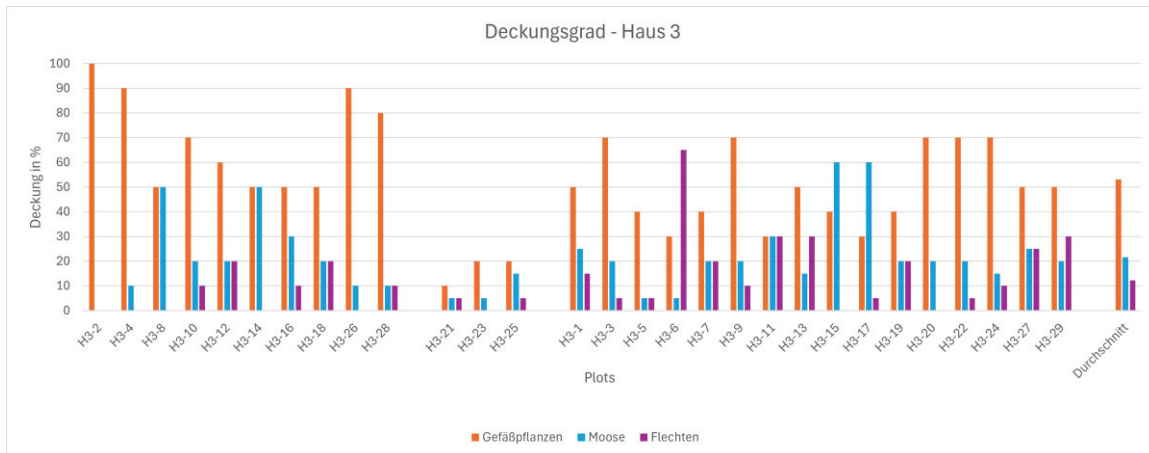


Abbildung 16 grafische Darstellung des Deckungsgrades der Vegetation der Plots von Haus 3.

Die X-Achse der Abbildung 16 zeigt drei Vegetationsgruppen und deren Durchschnitt. Die erste Gruppe (von links) zeigt die Plots, die in der Vergangenheit gedüngt wurden, die zweite Gruppe (Mitte) den Kiesschutzstreifen und die dritte Gruppe (neben dem Durchschnitt) die restlichen Plots von Haus 3. Dabei sind über alle drei Gruppierungen hinweg die Gefäßpflanzen die dominanteste Artengruppe, was durch Düngung noch verstärkt werden kann.

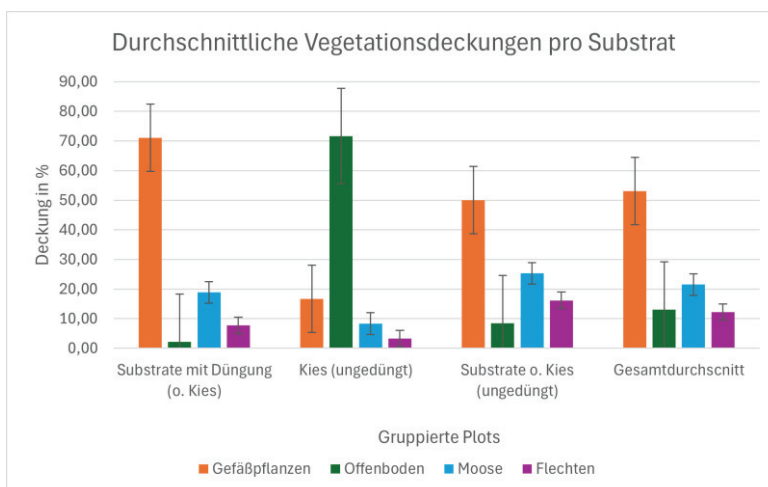


Abbildung 17 Durchschnittliche Vegetationsdeckung pro Substrat und Gesamtdurchschnitt auf Grundlage der Plots von Haus 3.

Abbildung 17 zeigt, dass die zu Brandschutzzwecken angelegten Kiesstreifen, mit der Zeit ebenfalls bewachsen wurden, wenn auch nicht so stark, sowie den größten Offenbodenanteil haben. Die Düngung hat einen großen Einfluss auf das Wachstum der Gefäßpflanzen und die damit verbundene Zurückdrängung der Moose und Bodenflechten. Ohne Düngung haben vor allem Bodenflechten eine größere Chance, zwischen den anderen beiden Gruppen zu wachsen, ohne jedoch zu dominieren.

Neben den passenden Substrateigenschaften ist auch ausreichend Platz für die langsam wachsenden Flechten nötig, um z.B. zwischen den schneller und höher wachsenden Gefäßpflanzen bestehen zu können.

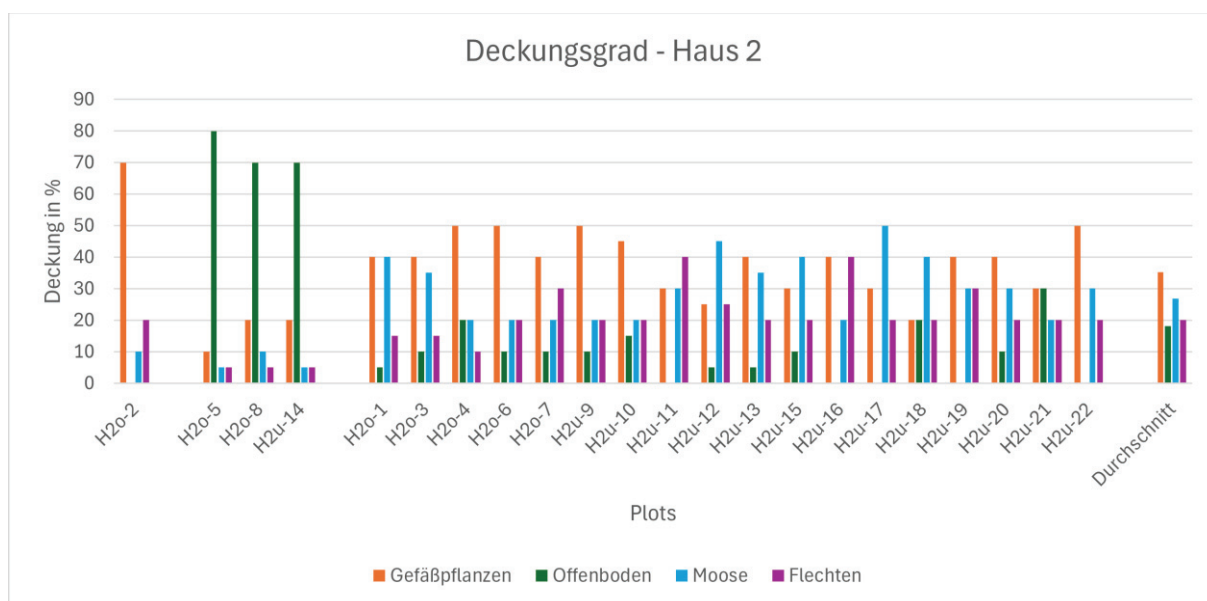


Abbildung 18 grafische Darstellung des Deckungsgrades der Vegetation der Plots von Haus 2.

Abbildung 18 zeigt wie Abbildung 16 drei Vegetationsgruppen und den Gesamtdurchschnitt auf Haus 2. Der einzelne Plot (links) zeigt den Plot mit dem größten Anteil an Gefäßpflanzen. Die folgende Dreiergruppe sind die drei Plots mit dem größten Offenbodenanteil. Dies ließe sich erklären, wenn alle drei Plots auf den Kiesflächen (H2 Fläche C) liegen würden, aber Plot H2o-5 liegt auf der Fläche F, die insgesamt stärker bewachsen ist als C. Zwei Erklärungen ergeben sich hier: 1. Es könnte zu einem Aufnahme- oder Übertragungsfehler bei der Digitalisierung gekommen sein, oder 2. Die Datengrundlage stimmt und es liegt daran, dass dieser Plot temporär im Schatten liegt. Die dritte Gruppe sind die Plots von Haus 2 die ein recht einheitliches Bild ergeben.

6 Fazit

Es zeigte sich, dass es für Bodenflechten möglich ist, extensiv begrünte Dächer als Sekundärbiotop zu besiedeln, abhängig von weiterem Bewuchs durch Gefäßpflanzen und Moosen bzw. durch Substrateigenschaften.

Alle sechs Bodenflechten-Arten, die 2017 gefunden wurden, konnte ich bestätigen und konnte darüber hinaus 10 bis 12 weitere Arten finden. Zwei der gefundenen Arten gelten, laut der Roten Liste MVs, als gefährdet oder geschützt.

Nicht alle Arten, die durch Herrn Prof. Köhler 2006/07 nachgewiesen wurden, konnte auch ich nachweisen. Das wären *C. coniocrea* und *C. rangiferina*.

Da schon auf natürlichen Standorten eine Mosaikbildung von Pflanzengesellschaften möglich ist, dürfte dies auch auf den beiden untersuchten Gebäuden der HSNB der Fall sein, auch wenn menschengemacht sind.

Ob und welche Bodenflechten auf extensiv begrünte Dächern auftreten, dürfte unter anderem mit dem Standort des Daches und der Möglichkeit des Besiedelns zusammenhängen.

7 Fehlerbetrachtung

Flechten sind ein kleineres Thema in der Botanik, für das es weniger Material zu finden gibt als z.B. zu Gefäßpflanzen. Die Suche nach Verbreitungskarten zu Flechten gestaltete sich schwierig, da es diese Karten nicht zu allen gefundenen Flechten gibt, sie zum Teil ungenau oder veraltet sind bzw. für M-V gar nicht vorhanden.

Es wäre für diese Arbeit wünschenswert gewesen, Vergleichsflächen mit einbeziehen zu können. Bei den Voruntersuchungen und Begehungen verschiedener Standorte zeigte sich aber, dass passende Vergleichsflächen für diese Arbeit nicht zur Verfügung standen. Diese wären z.B. in Schutzgebieten wie dem Müritz Nationalpark vorhanden, aber nur mit großem Zeitaufwand zu erfassen. Auch die Genehmigungsverfahren hätten den zeitlichen Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

Fehler bei der Bestimmung einzelner Flechten könnten dadurch entstanden sein, dass ich diese Aufgabe erst für meine Bachelor-Arbeit unter fachlicher Aufsicht erlernte. Die Durchführung einer Dünnschichtchromatographie für eine genaue Bestimmung war leider nicht möglich, da die entsprechende Technik an der Hochschule nicht vorhanden ist.

8 Anhang

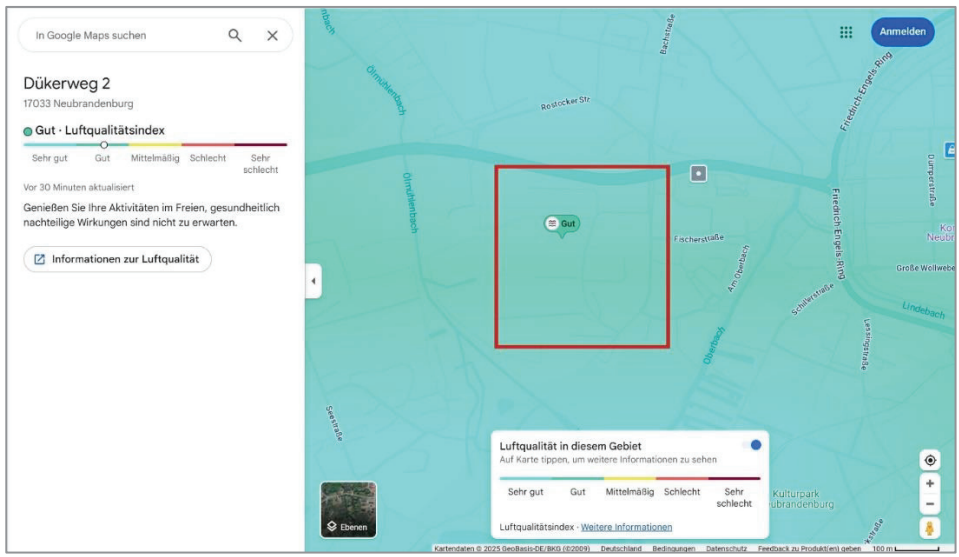


Abbildung 19 Beispiel der grafischen Darstellung der Luftqualität für die Hochschule Neubrandenburg [rotes Kästchen] und Umgebung in Neubrandenburg MV vom 06.05.2025 mit kleiner Legende und kurzer Erklärung zur aktuellen Luftqualität; Screenshot Google Maps 06.05.2025



Abbildung 20 Die Aufnahme beim Bio-Berggasthof "Beckenbergbaude", Beckenbergstr. 5, 02739 Kottmar OT Eibau, vom 10.03.2024 zeigt: junge Physcia cf. caesia (große weißgraue Blattflechte), Candariella aurelia (gelbe Apothecien; 1. Krustenflechte); Lecanora spec. (weiß-/graue Apothecien am rechten Bildrand; 2. Krustenflechte) auf einem Naturstein. ≤ 15 mm

Tabelle 15 Rote Liste Status der Bodenflechten; <https://www.rote-liste-zentrum.de/> Stand 16.05.2025

Gruppe	Gattung	Art	Rote-Liste-Kategorie
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>cornuta</i>	stark gefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>chlorophaea</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>fimbriata</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>foliacea</i>	gefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>furcata</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>glauca</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>grayi</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>grayi sl.</i>	-
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>portentosa</i>	gefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>pyxidata</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>ramulosa</i>	vorwarnliste
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>rangiformis</i>	gefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>rei</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>scabriuscula</i>	gefährdet
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>spec.</i>	-
Lichnes	<i>Cladonia</i>	<i>subulata</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Peltigera</i>	<i>canina</i>	stark gefährdet
Lichnes	<i>Peltigera</i>	<i>didactyla</i>	ungefährdet
Lichnes	<i>Peltigera</i>	<i>extenuata</i>	Daten unzureichend
Lichnes	<i>Peltigera</i>	<i>rufescens</i>	gefährdet

Verbreitungskarten:

Als Beispiel für Verbreitungskarten aus der Roten Liste von M-V (*Litterski & Schiefelbein, 2007*), ist die Verbreitungskarte von *Cladonia rangiformis* im Folgenden zu sehen. (Abb. 21)

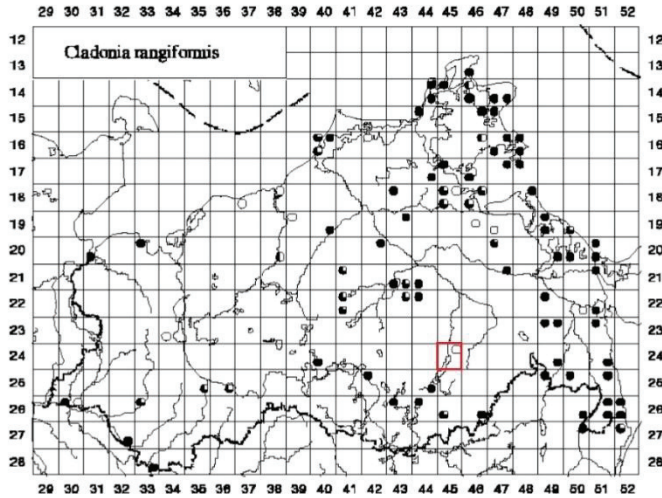


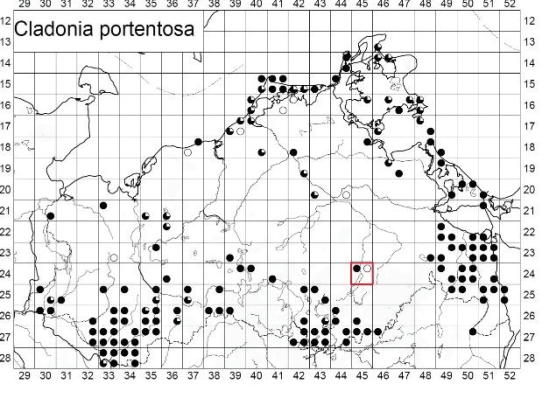
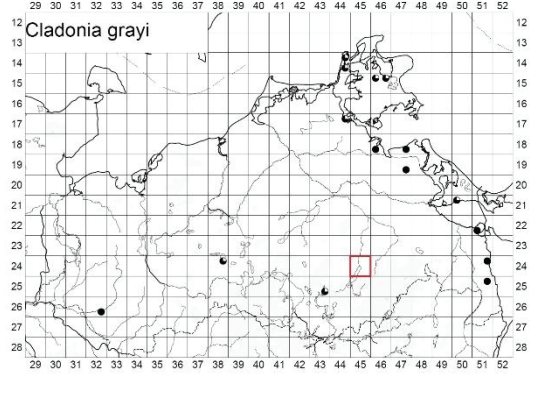
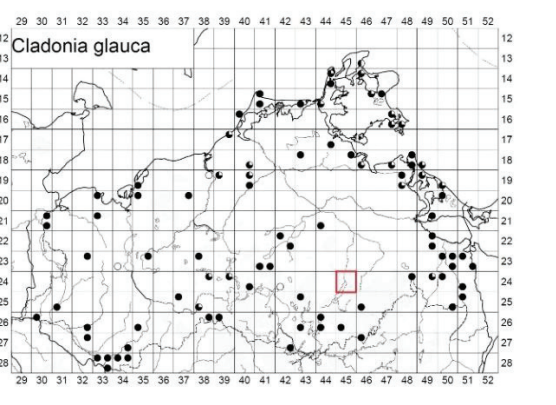
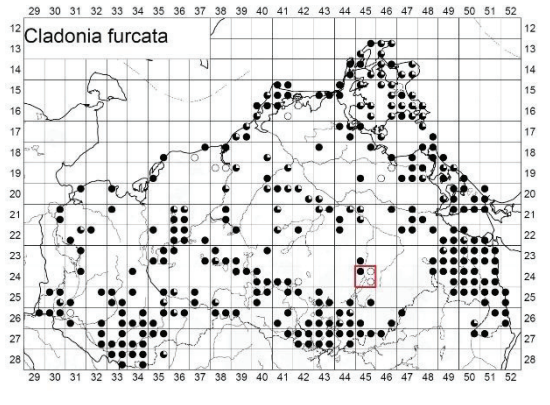
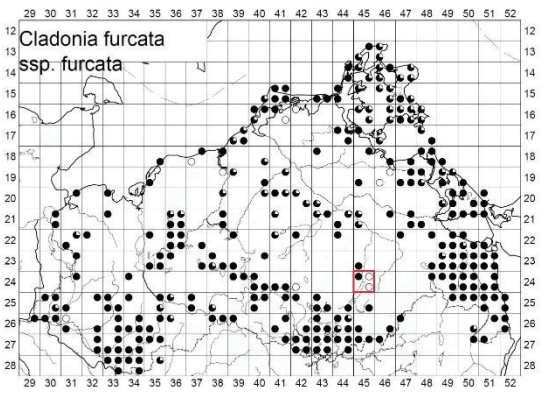
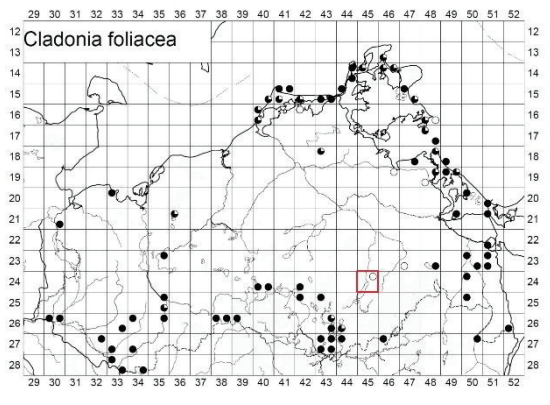
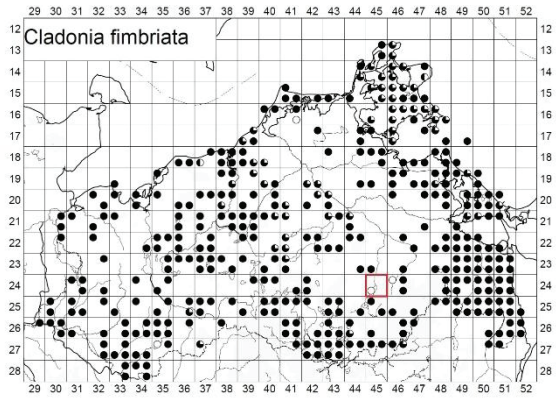
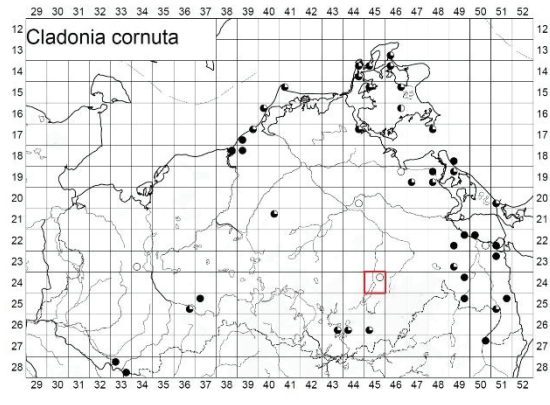
Abbildung 21 Aus der der Roten Liste gefährdeten Flechten Mecklenburg-Vorpommerns von 2007, Seite 17; Verändert nach G. Kretschmer 2024

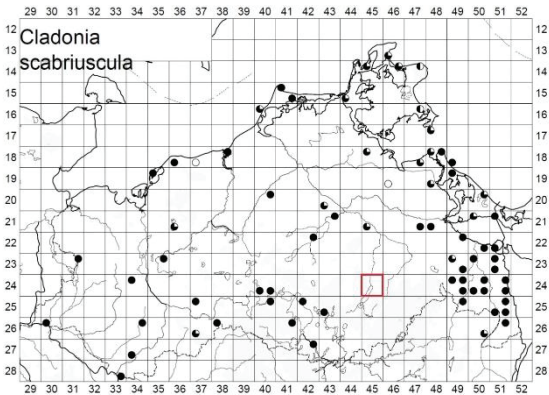
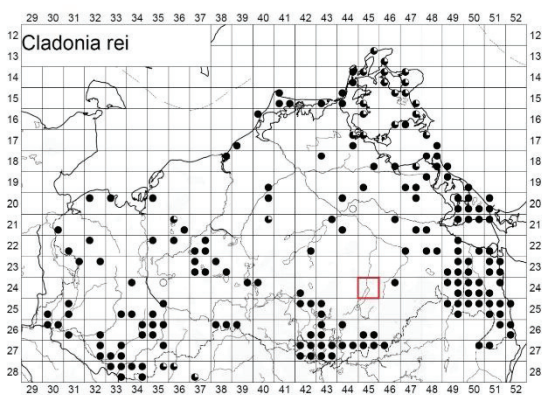
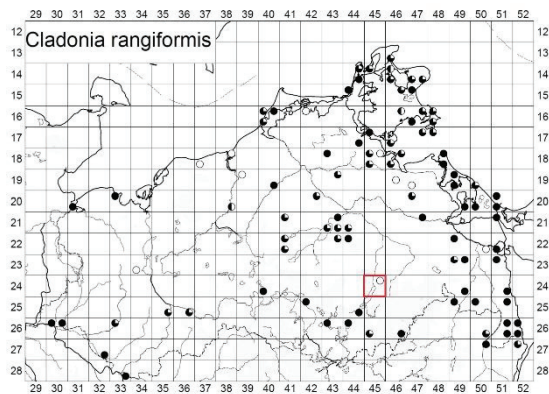
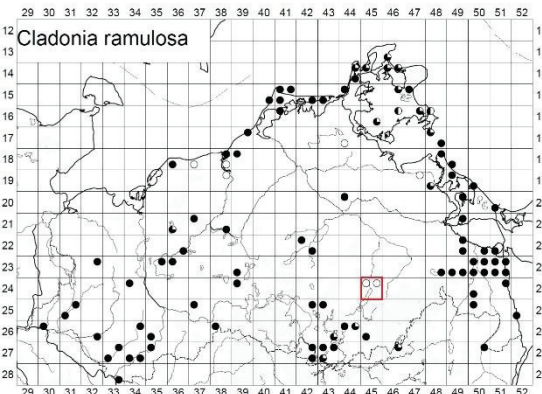
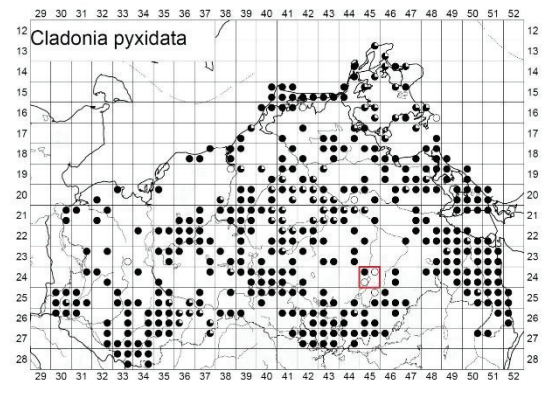
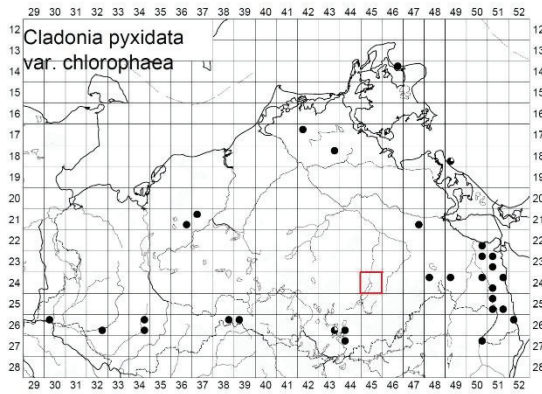
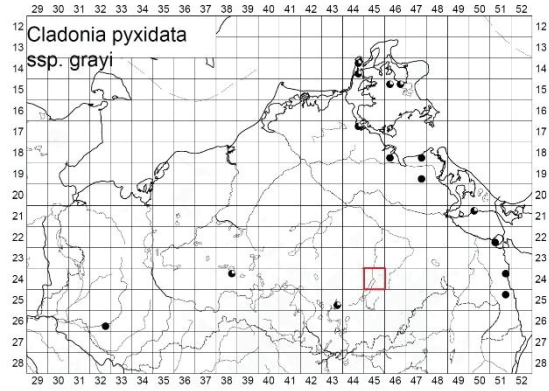
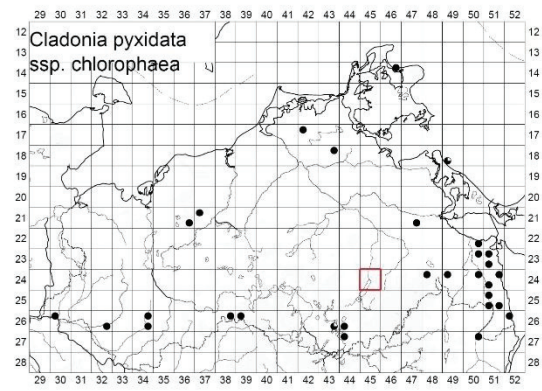
Das rote Kästchen zeigt den Standort von Neubrandenburg und einen Teil des Tollenseses. Für Neubrandenburg gibt es außerdem ein Messtischblatt mit dem Namen TK 2445/1/2 Neubrandenburg, für einen genaueren Blick auf die Umgebung. Der Zusatz 1 (oben links) und 2 (oben rechts) sind die beiden Quadranten um die HSNB.

Auf den aktuelleren Verbreitungskarten ist die Bedeutung der Punkte wie folgt:

- Nachweis ab 1990
- ◐ Nachweis ab 1950 – 1979
- ◑ Nachweis ab 1901 – 1949
- Nachweis vor 1900

Nicht jede der bestimmten Flechten wurde in der Vergangenheit in dem Gebiet von Neubrandenburg nachgewiesen bzw. liegt der Nachweis länger zurück. (*Litterski & Schiefelbein, 2024*)





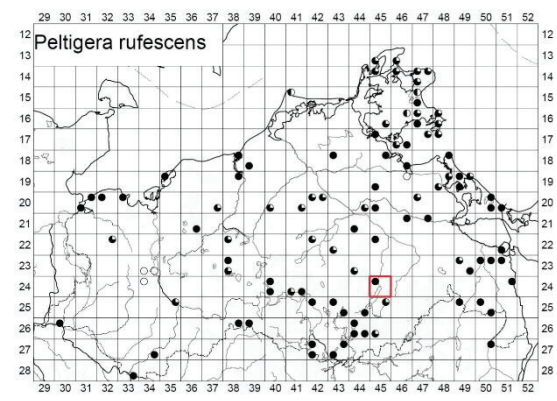
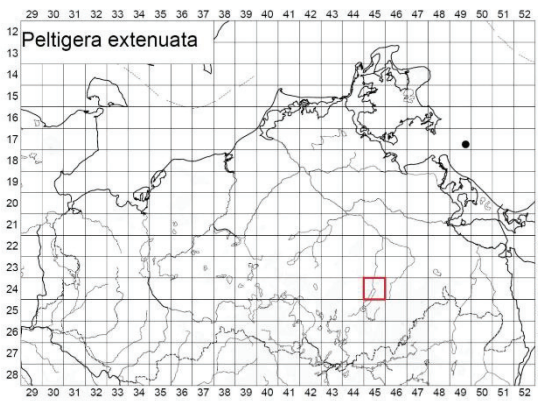
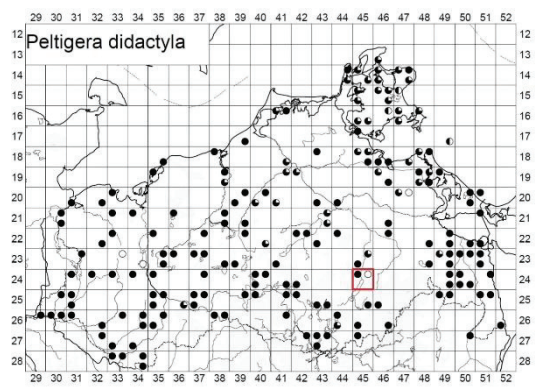
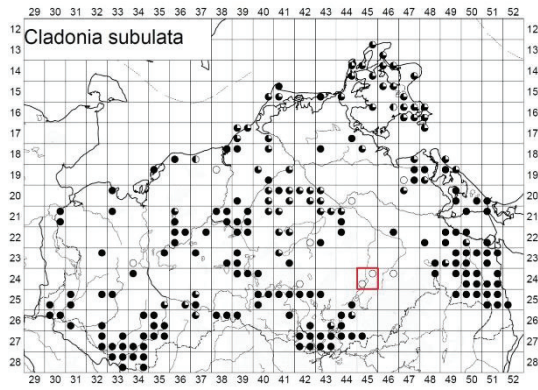


Abbildung 22 von oben links nach unten rechts: *Cladonia cornuta*, *C. fimbriata*, *C. foliacea*, *C. furcata* ssp. *furcata*, *C. furcata*, *C. glauca*, *C. grayi*, *C. portentosa*, *C. pyxidata* ssp. *chlorophaea*, *C. pyxidata* ssp. *grayi*, *C. pyxidata* var. *chlorophaea*, *C. pyxidata*, *C. ramulosa*, *C. rangiformis*, *C. rei*, *C. scabriuscula*, *C. subulata*, *Peltigera didactyla*, *P. extenuata* und *P. rufescens*

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Halbschematischer Schnitt durch eine Laubflechte. Zuoerst Rinde aus dichten Pilzhyphen-Geflechten, darunter Algenschicht, gefolgt von der mächtigen Markschrift aus locker verlaufenden Hyphen, zuunterst Unterrinde. Wirth, Düll, & Caspari, 2023, S. 17 3

Abbildung 2 Schematischer Schnitt durch ein Apothecium mit Eigenrand (links) und mit Lagerrand (rechts) Wirth, Düll, & Caspari, 2023, S. 19 3

Abbildung 3 Sorale. a: Bortensorale; b: strichförmige Sorale; c: Lippensorale; d: Kugelsorale; e: Kopfsorale. Wirth, Düll, & Caspari, 2023, S. 15 5

Abbildung 4 Hochschule Neubrandenburg; Bing Maps 9

Abbildung 5 Grafik zur Mittl. Temperatur und Niederschlag auf Datenbasis von 09.2019-08.2024 wetterdienst.de (Klima Neubrandenburg, Mecklenburg - Wetterdienst.de, Stand 03.09.2024.) 10

Abbildung 6 Satellitenbild von Haus 2; Orthophoto von 2023 geoportal-mv.de/gaia 18.05.2024 13

Abbildung 7 Satellitenbild von Haus 3; Orthophoto von 2023 geoportal-mv.de/gaia 18.05.2024 13

Abbildung 8 Legende für die drei grafischen Abbildungen dieses Abschnittes mit beschreibung welche Farbe welches Substrat ist. Gesonderte Darstellung. 14

Abbildung 9 Ausschnitt des Daches der Hochschule Haus 2. (HD Ostseite) 14

Abbildung 10 Verteilung der Substrate (grün = Optima/Optigrün, dunkelblau = Ulopo, grau = Kies & weiß = sonstiger Untergrund) und Düngestreifen (schraffierte Streifen) auf Haus 3; nach eigenen Notizen 15

Abbildung 11 Aufteilung der Flächen nach Substraten (grün = Optigrün, orange = Blähton, hellblau = ZinCo, grau = Kies & weiß = sonstiger Untergrund) des ganzen Hauses 2. 15

Abbildung 12 Flächenaufteilung für das Haus 2 als Grundriss. Gibt nicht die tatsächlichen Maße der einzelnen Teilflächen wieder. 17

Abbildung 13 Flächenaufteilung für das Haus 3 als Grundriss. Gibt nicht die tatsächlichen Maße der einzelnen Teilflächen wieder. 18

Abbildung 14 Hochschule Haus 2 mit den Aufgenommenen Plots 1 bis 22 (rote Kästchen). Die dazugehörige Legende ist die Tabelle 6. 19

Abbildung 15 Hochschule Haus 3 mit den aufgenommenen Plots 1 bis 29 (rote Kästchen). Legende ist Tabelle 7. 20

Abbildung 16 grafische Darstellung des Deckungsgrades der Vegetation der Plots von Haus 3. 36

Abbildung 17 Durchschnittliche Vegetationsdeckung pro Substrat und Gesamtdurchschnitt auf Grundlage der Plots von Haus 3. 36

Abbildung 18 grafische Darstellung des Deckungsgrades der Vegetation der Plots von Haus 2. 37

Abbildung 19 Beispiel der grafischen Darstellung der Luftqualität für die Hochschule Neubrandenburg [rotes Kästchen] und Umgebung in Neubrandenburg MV vom 06.05.2025 mit kleiner Legende und kurzer Erklärung zur aktuellen Luftqualität; Screenshot Google Maps 06.05.2025 39

Abbildung 20 Die Aufnahme beim Bio-Berggasthof "Beckenbergbaude", Beckenbergstr. 5, 02739 Kottmar OT Eibau, vom 10.03.2024 zeigt: junge Physcia cf. caesia (große weißgraue Blattflechte), Candiariella aurelia (gelbe Apothecien; 1. Krustenflechte); Lecanora spec.

(weiß/-graue Apothecien am rechten Bildrand; 2. Krustenflechte) auf einem Naturstein. ≤ 15 mm	39
Abbildung 21 Aus der der Roten Liste gefährdeten Flechten Mecklenburg-Vorpommerns von 2007, Seite 17; Verändert nach G. Kretschmer 2024.....	41
Abbildung 22 von oben links nach unten rechts: <i>Cladonia cornuta</i> , <i>C. fimbriata</i> , <i>C. foliacea</i> , <i>C. furcata</i> ssp. <i>furcata</i> , <i>C. furcata</i> , <i>C. glauca</i> , <i>C. grayi</i> , <i>C. portentosa</i> , <i>C. pyxidata</i> ssp. <i>chlorophaea</i> , <i>C. pyxidata</i> ssp. <i>grayi</i> , <i>C. pyxidata</i> var. <i>chlorophaea</i> , <i>C. pyxidata</i> , <i>C. ramulosa</i> , <i>C. rangiformis</i> , <i>C. rei</i> , <i>C. scabriuscula</i> , <i>C. subulata</i> , <i>Peltigera didactyla</i> , <i>P. extenuata</i> und <i>P. rufescens</i>	44

Tabelle 1 Luftschadstoffbelastung in Deutschland für Neubrandenburg; Jahresmittelwert für 2022; Auswahl; https://gis.uba.de/maps/resources/apps/lu_schadstoffbelastung/index.html?lang=de Stand 15.11.2024	11
Tabelle 2 Die Substrate auf Haus 2, auf welchem Gebäudeteil sie zu finden sind und der ungefähre Flächenanteil den sie einnehmen.	14
Tabelle 3 Die Substrate, die auf Haus 3 zu finden sind und deren ungefähre Flächenanteil.	15
Tabelle 4 Legende zum Grundriss von Haus 2 mit einer groben Bedeutung.	17
Tabelle 5 Legende zu Grundriss von Haus 3 mit einer groben Bedeutung.	18
Tabelle 6 Die Legende zu den Plots von Haus 2 mit Informationen zu Fläche, Substrat und Düngung bzw. Bewässerung in der Vergangenheit	20
Tabelle 7 Die Legende zu den Plots von Haus 3 mit Informationen zur Fläche, Substrat und ob an diesem Punkt in der Vergangenheit gedüngt oder bewässert wurde. Deutlich sichtbar ist der Einfluss der Ausbringung damals auf die Vegetation heute.....	21
Tabelle 8 Materialien der Aufnahme und wofür sie genutzt wurden.	22
Tabelle 9 genutzte Software für die Ausarbeitung und wofür es genutzt wurde.	22
Tabelle 10 durch H. Sipmann 2017 bestimmte Flechten; ² Angaben aus: Litterski u. Schiefelbein, 2007 mit Häufigkeitsangabe (Köhler, unv., S. 61). sh = sehr häufig, h = häufig, mh = mittelhäufig	24
Tabelle 11 Mögliche Verteilung der Arten nach Flächen Haus 2.....	25
Tabelle 12 Mögliche Verteilung der Arten nach Flächen Haus 3.....	26
Tabelle 13 Zeigerwerte nach Ellenberg der Bodenflechten; L=Lichtzahl; T=Temperaturzahl; K=Kontinentalitätszahl; KW=Klimawert; F=Feuchtezahl; R=Reaktionszahl; N=Nährstoffzahl; SUB=Substrat; S=Salzzahl; *KW & *SUB Verändert nach Kretschmer 2024; x=variabel; E=Erdboden/Rohhumus; R Rinde; RL-MV= Rote List MV's Stand 31.08.2007.....	27
Tabelle 14 Der gewichtete Zeigerwert, nur für die Flechten, in seiner maximalen und minimalen Form der einzelnen Plots von Haus 2 und 3. Flechten ohne Zeigerwert, Flechten die in den Plots nicht vorkommen und Plots ohne Flechten bzw. Flechten, die nur eine Häufigkeit von r beinhalten, sind aus der Auflistung entnommen worden. Die Berechnung erfolgte unter Annahme, dass der Zeigerwert x gleich 5 ist.....	28
Tabelle 15 Rote Liste Status der Bodenflechten; https://www.rote-liste-zentrum.de/ Stand 16.05.2025	40

10 Literaturverzeichnis

- Köhler, M. (unv.). Standortverhältnisse und Biodiversität auf den extensiv begrünten Dächern der Hochschule Neubrandenburg Bericht 1999-2000 oder Extensive Green Roof Development of biomass and species richness on several growing media in two media depth in North-East German. S. 91.
- Wirth, V., Düll, R., & Caspari, S. (2023). *Ulmer's Taschenatlas Flechten und Moose: 290 Arten schnell erkennen*. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.
- Anleitung für Kartierung von Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen in Mecklenburg-Vorpommern. (2013).
- FFH 2330 LRTs.pdf. (2011.). Abgerufen 27. Mai 2025, von https://www.lung.mv-regierung.de/static/LUNG/Dateien/fachinformationen/natur/lebensraum/ffh_sb_lrt_2330.pdf
- FFH 6120 LRTs.pdf. (2011). Abgerufen 27. Mai 2025, von https://www.lung.mv-regierung.de/static/LUNG/Dateien/fachinformationen/natur/lebensraum/ffh_sb_lrt_6120.pdf
- Kaiser, D., Köhler, M., Schmidt, M., & Wolff, F. (2019). Increasing Evapotranspiration on Extensive Green Roofs by Changing Substrate Depths, Construction, and Additional Irrigation. *Buildings*, 9(7), 173. <https://doi.org/10.3390/buildings9070173>
- Kirschbaum, U., & Wirth, V. (2010). *Flechten erkennen—Umwelt bewerten* (3., vollständig neu bearbeitete Auflage). Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie.
- Klima Neubrandenburg, Mecklenburg—Wetterdienst.de. (o. J.). Abgerufen 19. November 2024, von https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Neubrandenburg_Mecklenburg/Klima/
- Köhler, M., & Kaiser, D. (2021). Green Roof Enhancement on Buildings of the University of Applied Sciences in Neubrandenburg (Germany) in Times of Climate Change. *Atmosphere*, 12(3), 382. <https://doi.org/10.3390/atmos12030382>
- Litterski, B. (1999). Pflanzengeographische und ökologische Bewertung der Flechtenflora Mecklenburg-Vorpommerns: Mit 25 Abbildungen, 9 Tabellen und 335 Verbreitungskarten im Text und 1 Klimakarte als Anlage. J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung.
- Litterski, B., & Schiefelbein, U. (2007). Rote Liste der Flechten Mecklenburg-Vorpommerns. 57.
- Litterski, B., & Schiefelbein, U. (2024, Oktober 1). Flora-MV. <https://www2.flora-mv.de/flechten/>

- Luftqualität auf Google—Google Maps-Hilfe. (2025, Mai 6).
<https://support.google.com/maps/answer/11270845>
- Pigott, C. D., & Ellenberg, H. (1984). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. *The Journal of Ecology*, 72(2), 706. <https://doi.org/10.2307/2260081>
- Pott, R. (1995). *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands* (2., überarb. und stark erw. Aufl.). Ulmer.
- Scheidegger, C., Keller, C., & Stofer, S. (2023). *Flechten der Schweiz: Vielfalt, Biologie, Naturschutz: mit 52 Exkursionen* (1. Auflage). Haupt.
- Schubert, R., Hilbig, W., & Klotz, S. (1995). *Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands*. G. Fischer.
- Wilke, S. (2013a, Juni 26). Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM_{2,5} [Text]. Umweltbundesamt; Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25>
- Wilke, S. (2013b, Juni 26). Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM₁₀ [Text]. Umweltbundesamt; Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm10>
- Wilke, S. (2013c, September 3). Schwefeldioxid-Emissionen [Text]. Umweltbundesamt; Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/schwefeldioxid-emissionen>
- Willkommen | Flechten Deutschlands. (deutschland). <https://flechten.rotelistezentrum.de/>
- Wirth, V., Hauck, M., & Schultz, M. (2013). *Die Flechten Deutschlands* (Bd. 2). Ulmer.
- Wirth, V., & Kirschbaum, U. (2024). *Die Flechten Mitteleuropas: Bestimmung und Beschreibung der wichtigsten Arten* (3., erweiterte Auflage). Quelle & Meyer Verlag.

11 Quellenverzeichnis

11.1 Artikel

1. *“Green Roof Enhancement on Buildings of the University of Applied Sciences in Neubrandenburg (Germany) in Times of Climate Change”*
 - a. 2021 bei atmosphere
 - b. Manfred Köhler and Daniel Kaiser
2. *“Increasing Evapotranspiration on Extensive Green Roofs by Changing Substrate Depths, Construction, and Additional Irrigation”*
 - a. Published: 23 July 2019 bei buildings
 - b. Daniel Kaiser, Manfred Köhler, Marco Schmidt and Fiona Wolff
3. *“Standortverhältnisse und Biodiversität auf den extensiv begrünten Dächern der Hochschule Neubrandenburg Bericht 1999-2000 oder Extensive Green Roof Development of biomass and species richness on several growing media in two media depth in North-East Germany”*
 - a. unveröffentlicht
 - b. Manfred Köhler

11.2 Bestimmungsbücher

4. *“Die Flechten Mitteleuropas; Bestimmung und Beschreibung der wichtigsten Arten”* von Volkmar Wirth und Ulrich Kirschbaum; © 2024 Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim; 3. erweiterte Auflage
5. *“Flechten der Schweiz; Vielfalt, Biologie, Naturschutz”* von Christoph Scheidegger, Christine Keller und Silvia Stofer; © 2023 Haupt Verlag, Bern; 1. Auflage
6. *“Ulmer's Taschenatlas Flechten und Moose; 290 Arten schnell erkennen”* Volkmar Wirth, Ruprecht Düll und Steffen Caspari © 2023 Eugen Ulmer KG Stuttgart (Hohenheim); 3. Auflage
7. *“Flechten einfach bestimmen; Ein zuverlässiger Führer zu den häufigsten Arten Mitteleuropas”* von Volkmar Wirth / Ulrich Kirschbaum; © 2014 Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co, Wiebelsheim; 1. Auflage

8. *“Die Flechten Deutschlands”* von Volkmar Wirth, Markus Hauk & Matthias Schultz; © 2013 Eugen Ulmer KG Stuttgart (Hohenheim)
9. *“Flechten erkennen - Umwelt bewerten”* von Ulrich Kirschbaum und Volkmar Wirth; Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie; Wiesbaden 2010; 3. vollständig neu bearbeitete Auflage
10. *“Die Flechten Baden-Württembergs”* von Volkmar Wirth; © 1987, 1995 Eugen Ulmer GmbH & Co. KG Stuttgart (Hohenheim); 2. Auflage – 1995

11.3 Weitere Unterlagen

11. *„Pflanzengeographische und ökologische Bewertung der Flechtenflora Mecklenburg-Vorpommerns“* von Birgit Litterski; Dissertationes Botanicae Band 307; ©1999 by Gebrüder Borntraeger, D-14129 Berlin, D-70176 Stuttgart Printed in Germany by strauss offsetdruck gmbh, D-69509 Mörlenbach
12. Zusatzmaterialien zum UTB-Band *„Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen“* von Heinz Ellenberg und Christoph Leuschner; 6. Auflage; © UTB GmbH Stuttgart
13. *„Wirth: Ökologische Zeigerwerte von Flechten“*; Herzogia 23 (2), 2010 / *„Ökologische Zeigerwerte von Flechten – erweiterte und aktualisierte Fassung“* von Volkmar Wirth; Herzogia 23 (2), 2010
14. *„Anleitung für Kartierung von Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen in Mecklenburg-Vorpommern“*; Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Heft 2/2013
15. *„Rote Liste der Flechten Mecklenburg-Vorpommerns“*; 2. Fassung Stand: 31. August 2007; Birgit Litterski und Ulf Schiefelbein

11.4 Internet

16. Klimadaten von Wetterdienst.de mit einer Datenbasis vom 09/2019 bis 08/2024
https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Neubrandenburg_Mecklenburg/Klima/
Stand 03.09.2024
17. <https://www.neubrandenburg.de/Sport-Kultur/Tourismus/Der-Tollensesee/> Stand
09.09.2024
18. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Sammlungen-Grundlagen/GG_geol_Info/Karten/Deutschland/GUEK200/Texte/Neubrandenburg.html Stand 09.09.2024
19. <https://www.geoportal-mv.de/gaia/gaia.php> Stand 09.09.2024
20. Luftschadstoffbelastung in Deutschland:
https://gis.uba.de/maps/resources/apps/lu_schadstoffbelastung/index.html?lang=de
Stand 15.11.2024
21. Feinstaub PM25:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25> Stand 30.04.2025
22. Feinstaub PM10:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm10> Stand 30.04.2025
23. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/schwefeldioxid-emissionen#entwicklung-seit-1990> Stand 20.05.2025

Bestimmungshilfen:

24. <https://britishlichenociety.org.uk/> Stand 10.09.2024
25. https://www.researchgate.net/publication/256464051_Peltigera_extenuata_und_andere_seltene_Flechten_aus_Schleswig-Holstein Stand 10.09.2024
26. <https://www.oekologie-seite.de/index.php?id=1> Stand 10.09.2024
27. <https://www.123pilze.de/> Stand 10.09.2024
28. <https://flechten.rotelistezentrum.de/> Stand 15.11.2024
29. <https://www.rote-liste-zentrum.de/> Stand 16.05.2025

12 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Gabriela Kretschmer, diese Arbeit allein, unter zu Hilfenahme der angegebenen Quellen, geschrieben zu haben.

Ort, Datum:

Unterschrift: