Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

Band: 94 (2022)

Artikel: Beschreibung der Diversität der Flechtenflora im Wengital, Kaltbrunn SG

Autor: Müller, Anna

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1055450

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 19.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

94. Band | Seiten 295–313 | 12 Abbildungen | 1 Tabelle | St. Gallen 2022

Beschreibung der Diversität der Flechtenflora im Wengital, Kaltbrunn SG

Maturaarbeit von Anna Müller (2020)

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung 295

Abstract 296

1 Einführung – Grundprinzip der Flechte 297
1.1 Wuchsformen 297
1.2 Aussehen und Fortpflanzung 297
1.3 Verbreitung und Lebensraum 299

2 Projekt «Monitoring und Schutz prioritärer Flechten im Kanton St. Gallen 2020–2022» 299

3 Methodik 299
3.1 Untersuchungsgebiet – geographische Lage 299
3.2 Feldarbeit 300
3.2.1 Datenerhebung 300
3.2.2 Feldarbeit für das kantonale Monitoringprojekt 301
3.3 Artenbestimmung 302
3.4 Genauigkeit der Feld- und Bestimmungsarbeit 302
3.5 Auswertung 303

4 Resultate 303
4.1 Zeigerwerte 303
4.2 Verbreitungskarten 305
4.2.1 Verbreitung der Peltigera-Gattung 305
4.2.2 Verbreitung von *Melanelixia glabratula* 306
4.3 Verteilung am Baum 307
4.4 Funde prioritärer Arten 308
4.5 Diversität im Untersuchungsgebiet 309

5 Fazit 311

Dank 311

Literatur 312

Artenliste aller gefundenen und bestimmbaren Arten 313

Kurzfassung

Sie sind meist klein und unscheinbar, doch bei genauerer Betrachtung entpuppen sie sich als wahre Wunderwerke der Natur! Flechten sind sogenannte Symbiosen aus zwei unterschiedlichen Lebewesen: Ein Pilz und eine Alge (oder ein Cyanobakterium) bilden eine Lebensgemeinschaft und vergesellschaftet als Flechte sind sie von den wärmsten Gebieten am Äquator bis hin in die nördlichsten und südlichsten Polregionen überall zu finden. Es

Anna Müller, Bahnhofstrasse 6, 8722 Kaltbrunn

gibt praktisch keinen Untergrund, welcher nicht früher oder später von Flechten besiedelt werden kann (SCHÖLLER 1997). Mit dieser spannenden Lebensform habe ich mich anlässlich meiner Maturaarbeit im Jahr 2020 befasst. Das Vorgehen und die Resultate dieser Arbeit sollen hier vorgestellt werden. Untersucht wurde die Diversität der Flechtenflora im Wengital, in der Gemeinde Kaltbrunn SG. Mithilfe einer systematischen Feldstudie sollte die Verbreitung unterschiedlicher Flechtenarten in einem bestimmten Gebiet genauer untersucht werden. Den Anstoss zu dieser Maturaarbeit gab das kantonale Projekt «Monitoring und Schutz prioritärer Flechten im Kanton St.Gallen 2020–2022», dessen Ziel es ist, die Vorkommen der geschützten bzw. potentiell gefährdeten Flechtenarten im Kanton zu kartieren. Vor 10 Jahren wurden die Bestände das letzte Mal kontrolliert, nun sollten die Vorkommen kontrolliert und neu erfasst werden. Sechs dieser prioritären Arten sind im Wengital bei Kaltbrunn angesiedelt, weshalb mit der Maturaarbeit ein Teil des Projektes übernommen werden konnte. Neben dem Beitrag zum kantonalen Monitoringprojekt war es das Ziel der Arbeit, die Diversität der Flechten im Wengital durch eine genaue Feldstudie sowie Auswertung der gesammelten Daten zu untersuchen. Dabei wurde einerseits die Verbreitung der einzelnen Arten beschrieben und zudem nach auffälligen Mustern in der Verbreitung verschiedener Arten gesucht. Die gesammelten Daten über die Standorte der einzelnen Flechten dienten zudem der Erstellung von Zeigerwertkarten, welche Hinweise darüber geben können, ob bestimmte Begleitfaktoren wie zum Beispiel Feuchtigkeit oder Lichtverhältnisse einen Einfluss auf die unterschiedlichen Ansiedlungen von Flechtenarten haben könnten.

Abstract

This work investigates the diversity of lichens in the Wengital in Kaltbrunn, SG. The main goal was to describe the distribution of different lichens on deciduous trees in a defined investigation area. From the data collected, an attempt was made to identify patterns in the distribution of lichens in relation to different aspects of the site or microclimate, such as the type of substrate, the exposure, or the humidity. In total, 91 trees were investigated for this part of the work. The data then were visualized with the help of a

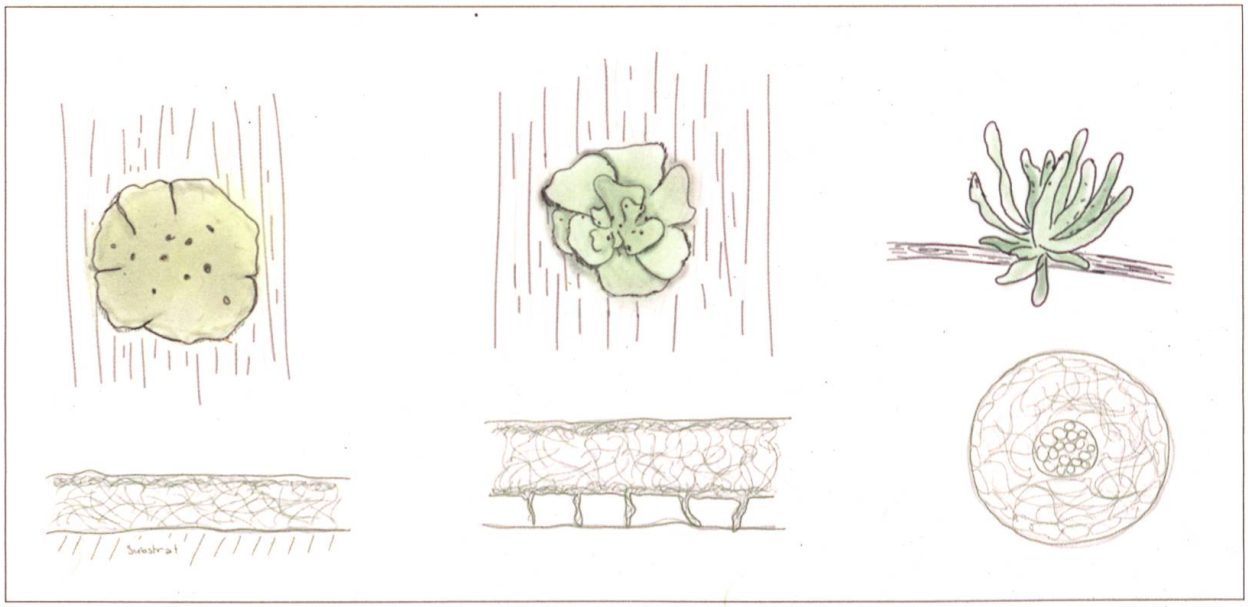

Abbildung 1:
Skizze der verschiedenen Flechten-Wuchsformen (äusserlicher Aufbau und Querschnitt durch den Thallus): Krustenflechte, Blattflechte, Strauchflechte (v. l. n. r.).

geographic information system (GIS). For some of the species, the generated maps show clear preferences in terms of substrate or exposure.

As a second part of this work, six endangered species were searched in about the same area, as a contribution to a monitoring project of the Canton of St. Gallen. The sites where these species were last found were checked and possible changes in their occurrence were recorded.

1 Einführung – Grundprinzip der Flechte

Flechten bilden eine spezielle Lebensgemeinschaft, in welcher Pilze und Photobionten (Grünalgen oder die ebenfalls zur Photosynthese fähigen Blaualgen oder Cyanobakterien) in enger Vergesellschaftung, einer sogenannten Symbiose, leben. Dabei profitieren die beiden Lebewesen von den Fähigkeiten des jeweiligen Symbiosepartners. Der Pilz (sogenannter Mykobiont) schützt durch sein Pilzgeflecht den darin enthaltenen Photobionten, welcher für die Photosynthese zuständig ist. Neben Schutz vor starker Sonneneinstrahlung oder algenfressenden Tieren wirkt der Pilz auch rascher Austrocknung entgegen und kann die Alge oder das Cyanobakterium mit Wasser versorgen. Im Gegenzug erhält der Pilz vom Photobionten existenzielle Kohlenhydrate, welche die Grünalge oder das Cyanobakterium durch Photosynthese gewinnt. Cyanobakterien können zudem Stickstoff aus der Luft fixieren und diesen an den Mykobionten weitergeben. Durch die Lebensgemeinschaft als Flechte sind die beteiligten Symbiosepartner in der Lage auch extreme Standorte zu besiedeln, an denen sie allein nicht überleben könnten.

Flechten sind sogenannte wechselfeuchte Organismen: Sie können wiederholtes Fehlen von Wasser gut überstehen und sind auch nach wochen- oder monatelangem Wassermangel noch lebensfähig. Sie überdauern einen Wassermangel, indem sie ihren Stoffwechsel herunterfahren. Das Flechtenlager (sog. Thallus) trocknet dabei aus. Sobald es in der Umgebung wieder Wasser hat, welches die Flechten aufnehmen können, quillt das Lager auf und der Stoffwechsel wird wieder aktiv. Wasser wird von der Flechte über die ganze Oberfläche aufgenommen, zum Beispiel als Niederschlagswasser, aber auch als Wasserdampf aus der Luft. Eine zusätzliche Wasseraufnahme durch das Substrat ist nicht nötig. Natürlich können auch Flechten nicht ganz ohne Wasser leben, aber im stoffwechselinaktiven Zustand können sie zumindest längere Trockenzeiten überdauern, ohne dabei zu Schaden zu kommen.

1.1 Wuchsformen

Sie werden nach ihrer Wuchsform in drei Gruppen unterteilt: Krustenflechten, Blattflechten und Strauch-/Bartflechten (siehe Abbildung 1, v. l. n. r.). Krustenflechten sind fest mit dem Substrat verwachsen, breiten sich vor allem über die Fläche aus und wachsen nicht in den Raum hinein. Ihre Thalli[1] sind nur schwer vom Substrat zu lösen und können oft nur zusammen mit Teilen vom Substrat entfernt werden. Blattflechten bilden schmal- bis breitblättrige Lager aus, welche grundsätzlich auch eher flach wachsen, sich aber zum Teil an den Rändern stark aufbiegen können. Die Blattflechten sind über wurzelähnliche Haftorgane, sogenannte Rhizinien, nur stellenweise mit ihrem Substrat verbunden. Als Loben oder Lappen werden die einzelnen blätterartigen Auswüchse von Blattflechten bezeichnet. Strauchflechten sind nur an einem Punkt an ihrem Substrat befestigt und wachsen ansonsten frei im Raum. Die sogenannten Bartflechten (als Beispiel der Strauchflechten) wachsen in ihrer typischen Form wie ein Bart frei nach unten und sind nur an einer Stelle an einem Ast oder ähnlichem verwurzelt.

1.2 Aussehen und Fortpflanzung

Im Flechtenkörper umhüllen die Pilzhyphen (Mycelstränge vom Pilz) den Photobionten. Meist sind die Photobionten in einer Schicht unter der Oberfläche angeordnet. Es gibt aber

[1] Mehrzahl von Thallus (sog. Flechtenkörper, das Grundgerüst aus Pilzgeflecht und Alge)

auch einige Krustenflechtenarten sowie die Gallertflechten[2], in welchen der Photobiont im ganzen Thallus verteilt vorkommt. Wichtige Erkennungsmerkmale von Flechten sind Sorale und Isidien auf der Oberfläche ihrer Thalli (vgl. Abbildung 2). Als Soralen werden Aufbrüche des Thallus bezeichnet, welche weisslich bis grün und oft mehlig oder körnig erscheinen. An den Soralen werden die sogenannten Soredien gebildet, kleine, unberindete Fortpflanzungsorgane, die einer Ansammlung von Staubkörnern ähneln. Soralen können je nach Art an verschiedenen Orten der Oberfläche und in verschiedenen Formen vorkommen. Isidien sind Auswüchse auf dem Flechtenkörper und sind berindet [8]. Isidien können leicht abbrechen und zum Beispiel mit dem Wind fortgetragen werden. Im Gegensatz dazu werden die Soredien aktiv von der Flechte abgestossen. Soredien sowie Isidien dienen der vegetativen Fortpflanzung. Durch sie werden immer beide Symbiosepartner gemeinsam verbreitet. Die Pilze in der Flechtensymbiose können allerdings z. T. auch Fruchtkörper ausbilden. Diese sind vor allem bei Krustenflechten ziemlich häufig, Blatt- und Strauchflechten in unseren

[2] Als Gallertflechten wird eine Gruppe von Blaualgenflechten (Flechten mit Cyanobakterien als Photobiont) bezeichnet, welche durch Aufnahme von viel Wasser eine gallertige Konsistenz annehmen (SAUERMOST & FREUDIG 1999).

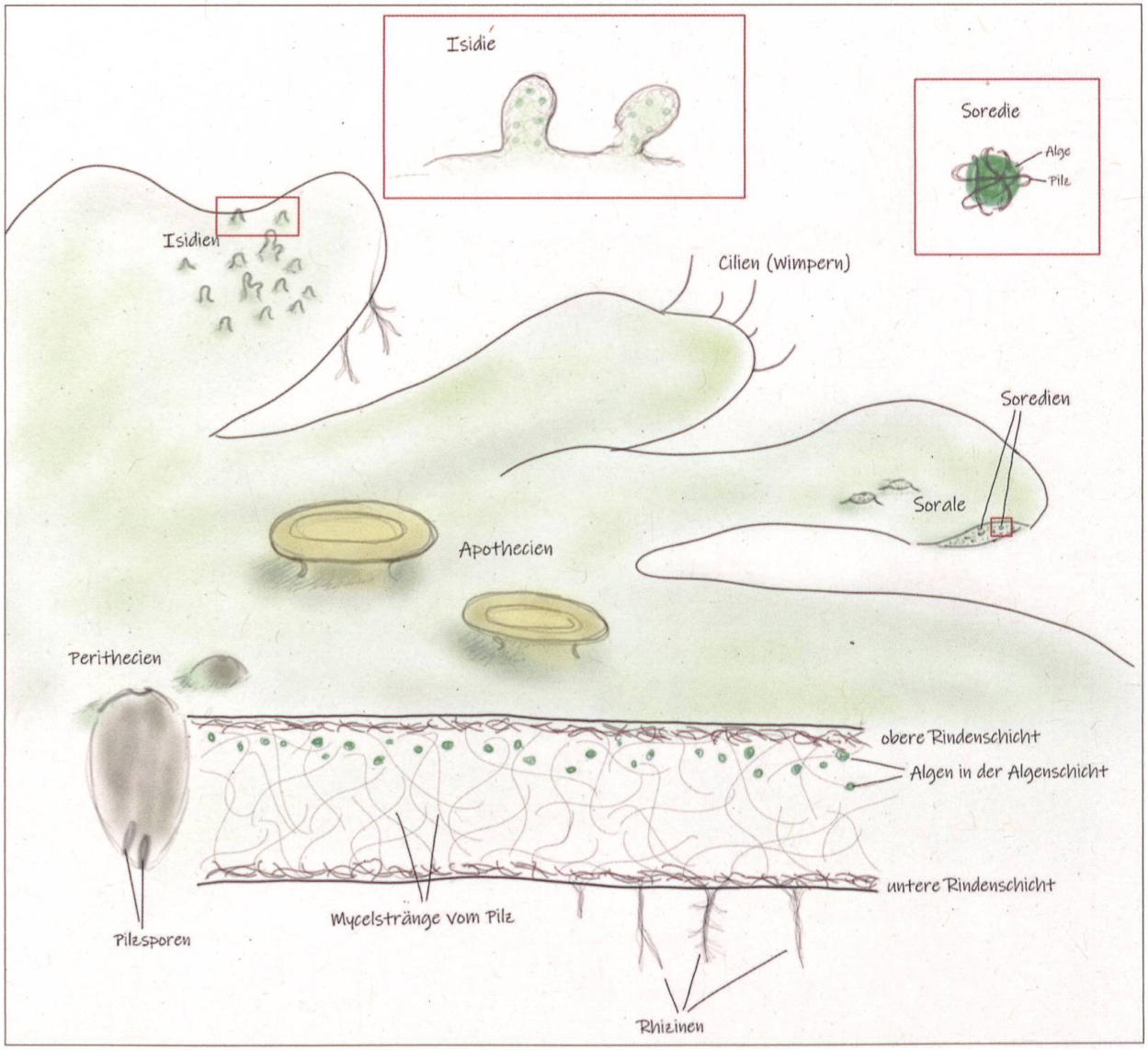

Abbildung 2:
Skizze zum Aufbau des Flechtenkörpers mit Fortpflanzungskörpern.

Regionen pflanzen sich meist eher vegetativ (also über Soredien und Isidien) fort. In den Fruchtkörpern von Flechten werden Sporen vom Pilz erzeugt, über welche sich der Mykobiont wie Farne oder Moose fortpflanzt. Die Sporen werden verbreitet und müssen dann anschliessend zuerst auf einen geeigneten Photobionten treffen, um wieder eine Flechtensymbiose bilden zu können. Den scheibenförmigen Fruchtkörper, bei welchem das sporenbildende Gewebe, das sogenannte Hymenium, offen an der Oberfläche liegt, nennt man Apothecium. Perithecien sind weitere Fruchtkörpertypen des Mykobionten. In den Perithecien werden ebenfalls Pilzsporen gebildet, diese liegen aber nicht an der freien Oberfläche, sondern gelangen nur durch eine kleine Pore auf der Thallusoberseite nach aussen.

1.3 Verbreitung und Lebensraum

Flechten gibt es überall auf der Welt und dank ihren erweiterten ökologischen Möglichkeiten durch die Symbiose besiedeln sie auch viele Standorte, an welchen die Lebensbedingungen für einen Symbiosepartner allein nicht gegeben wären. Durch ihre meist eher geringe Grösse, ihren einigermassen hohen Lichtbedarf sowie ihr langsames Wachstum (bei den meisten Arten einige mm bis selten wenige cm pro Jahr) sind Flechten höheren Pflanzen auf dem Erdboden unterlegen. Sie müssen deshalb auf Gebiete ausweichen, welche zum Beispiel von Gefässpflanzen aufgrund von Wasser- und Nährstoffknappheit nicht mehr bewohnt werden können. Flechten müssen aber keineswegs zwingend auf dem Boden wachsen, meist findet man sie auf anderen Substraten wie zum Beispiel Baumrinden, Steinen oder Felsflächen. Insgesamt schätzt man die Artenzahl an Flechten auf der ganzen Welt auf ungefähr 25'000 (WIRTH et al. 2013). Bei uns in der Schweiz findet man gegen 2000 Arten. Im «Catalogue des Lichens de Suisse» (CLERC & TROUNG 2020) sind bisher 1777 Flechtenarten eingetragen (Stand 2020), es kommen aber laufend neue dazu. Die verschiedenen geologischen und klimatischen Bedingungen sowie die unterschiedliche Bewirtschaftung der Landschaft in der Schweiz fördern die Artenvielfalt der Flechten.

2 Projekt «Monitoring und Schutz prioritärer Flechten im Kanton St. Gallen 2020–2022»

Zuletzt wurden vor ca. zehn Jahren gefährdete Flechtenarten im Kanton SG gesucht und wo nötig geschützt. Ziel des Projekts «Monitoring und Schutz prioritärer Flechten im Kanton St. Gallen 2020–2022» ist es nun, bekannte Vorkommen der geschützten und potentiell gefährdeten Flechten wieder aufzusuchen und herauszufinden, ob sie noch vorkommen und ob sich ihre Bestände verändert haben. Im Wengital sind sechs dieser gefährdeten Arten vorhanden: *Coenogonium luteum, Heterodermia obscurata, Lobaria pulmonaria, Pannaria conoplea, Parmotrema arnoldii* und *Parmotrema crinitum.*

3 Methodik

3.1 Untersuchungsgebiet – geographische Lage

Diese Arbeit basiert auf Felduntersuchungen im Wengital, Gemeinde Kaltbrunn SG.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Mittelwengi, auf ca. 1200 m ü. M. In den submontanen Wäldern des Wengitals findet man unter anderem Buchen und Bergahorne, ausserdem auch viele Tannen und Fichten. Die Auswahl dieses Teils des Wengitals wurde vor allem in Bezug auf die prioritären Arten des Schutzprojektes vom Kanton St. Gallen getroffen. Die meisten Fundorte der sechs Arten befinden sich im Untersuchungsgebiet, in welchem die umfassende Datenaufnahme gemacht wurde. Damit über das gesamte festgelegte Gebiet von ca. 24'000 m^2 verteilt in der beschränkten Zeit auch sinnvoll Daten erfasst werden konnten, wurde die Erfassung beschränkt auf Laubbäume ab einem Baumumfang von mindestens 35 cm. Grund für die Auswahl war, dass bei der ersten Begehung der Eindruck entstand, dass

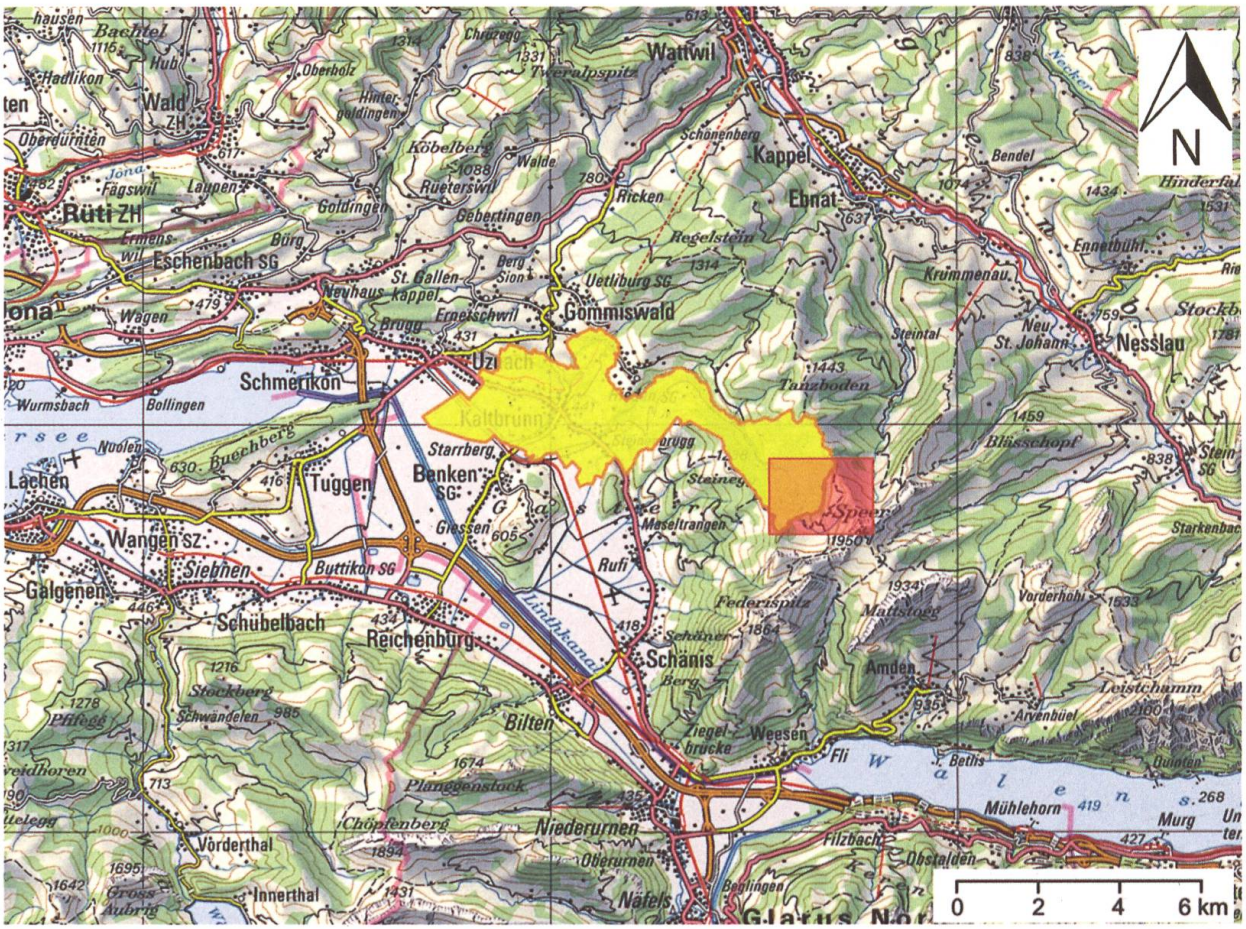

Abbildung 3:
Gemeinde Kaltbrunn (gelb) mit Lage des Untersuchungsgebietes (rot: Ausschnitt Abbildung 04).

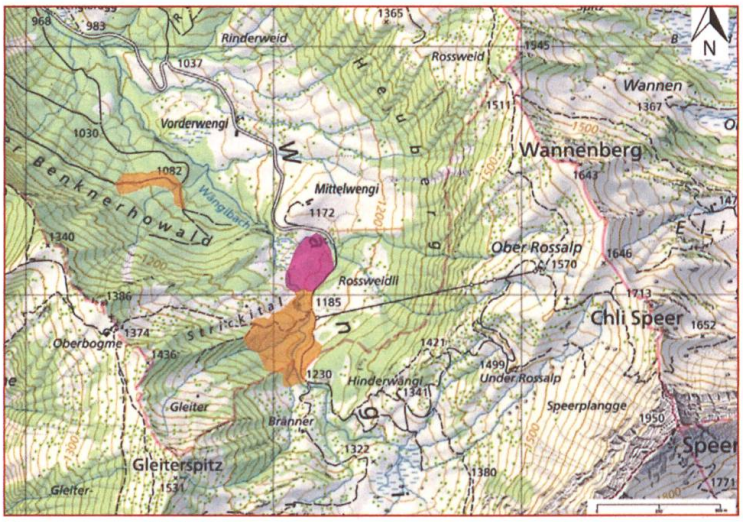

Abbildung 4:
Lage des Untersuchungsgebiet (pink) im Wengital und der zusätzlich speziell für die prioritäre Art *Lobaria pulmonaria* abgesuchten Abschnitten (orange).

im Gebiet viele Flechten auf den Laubbäumen vorhanden sind und sich auf den jungen Bäumen oft erst eine sehr kleine Flechtendichte etablieren konnte, was eine Erfassung bzw. Bestimmung der Arten erheblich erschwert hätte. Schlussendlich wurden über 90 Laubbäume (hauptsächlich Buchen und Bergahorne) erfasst.

3.2 Feldarbeit

3.2.1 Datenerhebung

Die ausgewählten Bäume wurden fortlaufend nummeriert und nach einem selbst entwickelten Vorgehen untersucht. Einerseits wurden allgemeine Standortdaten sowie Angaben zum Baum erfasst: Landeskoordinaten mittels GPS, Substrat/Baumart, Baumumfang auf Brusthöhe,

sowie allfällige spezielle Gegebenheiten. Anschliessend wurde der Baum in zwölf Sektoren unterteilt (drei Höhensektoren à je 60 cm, sowie vier Unterteilungen in Nord-, Ost-, Süd- und Westseite). Kartiert wurden alle Flechten am Baum bis zu einer Höhe von 180 cm, zusätzlich wurde der Sektor sowie die ungefähre Angabe der prozentualen Fläche, welche die Flechte im Sektor bedeckt, erfasst. Um die Übersicht im Gebiet zu behalten, wurde jeder untersuchte Baum nordseitig unten mit einem kleinen Punkt gelber Farbe markiert. Ausserdem wurden die Standorte der Bäume mit Fotos festgehalten.

Da die Flechtenarten oftmals nicht auf den ersten Blick zu erkennen sind und die Bestimmung zu Hause gemacht werden musste, bekamen die Flechten Nummern und es wurden zugehörige Proben zur Bestimmung nach Hause genommen. Wenn klar erkennbar war, dass es sich um die gleiche Flechtenart handelte und ausgeschlossen werden konnte, dass ähnlich aussehende Flechten im Gebiet vorkommen könnten, wurde ein zweites Vorkommen derselben Art wieder mit der gleichen Nummer gekennzeichnet, wodurch einige Probenahmen und Bestimmungen eingespart werden konnten. Die Proben wurden in Papiersäckchen gesammelt (die Flechten können so besser trocknen und beginnen nicht zu schimmeln) und mit der Probennummer, der Nummer vom Trägerbaum sowie dem Datum versehen. Alle erfassten Daten wurden schriftlich festgehalten und später in ein EXCEL-Dokument übertragen.

Abbildung 5:
Ein Fund von *Lobaria pulmonaria*
(Foto: Rolf Heeb).

3.2.2 Feldarbeit für das Kantonale Monitoringprojekt

Etwas anders musste vorgegangen werden, um die prioritären Arten zu kartieren. Vom Kanton waren bereits ca. zehn Jahre alte Daten vorhanden mit ungefähren Fundortangaben. In diesen Bereichen wurde deshalb intensiver nach den entsprechenden Arten gesucht. Sie wurden mit denselben Angaben wie alle anderen Flechten aufgenommen. Von diesen Arten wurden keine Proben genommen, weil ihre Bestände selten sind und deshalb nicht noch zusätzlich geschädigt werden sollten. Mithilfe der wichtigsten Erkennungsmerkmale sowie durch die Begleitung erfahrener Flechtenexperten auf einem Rundgang war es jedoch möglich, die Arten direkt im Feld zu verifizieren und zu erfassen. Ein Beispiel einer prioritären Art ist die Echte Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria*, Abbildung 5). Sie ist ziemlich bekannt und auch für Laien durch ihre Grösse und ihre auffällige Netzrippenstruktur schnell erkennbar. Da im Wengital mehrere Exemplare über weite Strecken verteilt zu finden sind, wurde für deren Erfassung am 14. Oktober 2020 mit insgesamt dreizehn freiwilligen Helfern rund um das ursprüngliche

Untersuchungsgebiet im Wengital ausführlicher nach der Echten Lungenflechte gesucht.

3.3 Artbestimmung

Die gesammelten Proben der Flechtenarten wurden mithilfe des Bestimmungsschlüssels von Wirth (WIRTH et al. 2013) bestimmt. Die Probe wird dazu genau untersucht und anhand von Ausschlusskriterien soll die Flechtenart herausgefunden werden. Das Werk von Wirth ist so aufgebaut, dass zuerst nach Wuchsformen ausgeschlüsselt wird, anschliessend nach verschiedenen Merkmalen wie z.B. Farbe und Grösse von Thallus und Lappen. Ebenfalls wichtige Unterscheidungsmerkmale sind Rhizinien und die Fortpflanzungsorgane, z.B. Sorale oder Isidien. Teilweise kommen auch chemische Tests zum Einsatz, mit welchen einige Flechtenstoffe[3] bestimmte Reaktionen eingehen, woraus sich typische Verfärbungen des Flechtenthallus oder des Marks[4] ergeben. Für die vorliegende Arbeit wurden zwei Chemikalien verwendet: der K-Test, eine Lösung von Kaliumhydroxid, und der C-Test, eine Natriumhypochlorit-Lösung. Der K-Test reagiert mit unterschiedlichen Säuren und führt oft zu gelblichen Färbungen des Marks. Einige Reaktionen des K-Tests und viele C-Reaktionen führen zu rötlichen bis rosa Verfärbungen und sind manchmal nur für wenige Sekunden sichtbar. Für diese Maturaarbeit wurden nur die Blatt- und Strauchflechten bestimmt. Die Bestimmung von Krustenflechten ist sehr anspruchsvoll und zeitaufwändig, aus diesen Gründen wurde für die Maturaarbeit ganz darauf verzichtet. Zudem wurden die Arten der Cladonia-Gattung (eine spezielle Art der Strauchflechten) nicht bestimmt, da die genaue Artunterscheidung in dieser Gattung oft erst auf genetischer Ebene möglich ist.

[3] Flechtenstoffe sind verschiedene organische Verbindungen, welche in der Flechte als sekundäre Stoffwechselprodukte (Inhaltsstoffe) enthalten sind (WIRTH et al. 2013: S. 34).

[4] Das Mark ist das Pilzgeflecht im Inneren des Flechtenthallus.

3.4 Genauigkeit der Feld- und Bestimmungsarbeit

Bei einem Besuch im nationalen Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flechten SwissLichens an der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) gab Frau Silvia Stofer mit ihren Fachkenntnissen hilfreiche Tipps und half bei der Bestimmung einiger Flechtenarten mit. Alle Proben, welche später zu Hause bestimmt werden konnten, wurden zur Nachkontrolle an die WSL geschickt und von Frau Silvia Stofer und ihrem Team nachbestimmt. So hatte ich die Sicherheit, dass die bestimmten Arten schlussendlich auch richtig erkannt wurden. Bei vielen Proben funktionierte die Bestimmung der Gattung einigermassen gut, jedoch waren die Unterscheidungen der Arten innerhalb einer Gattung oder einer Gruppe ähnlicher Arten oftmals sehr schwierig. Auch enthielt der Bestimmungsschlüssel zum Teil Angaben zu Sporen- oder Zellgrösse, welche mit dem Binokular gar nicht erkennbar waren. Deshalb war die Nachkontrolle durch Silvia Stofer nötig und sehr hilfreich. In der Artenliste sind alle Arten, welche bestimmt werden konnten, durch sie oder jemanden aus ihrem Team nachbestimmt. Zum Teil waren die Vorkommen einer Art sehr klein, sodass nur sehr beschränkt Proben genommen werden konnten. Dies machte es bei einigen Proben unmöglich, eine definitive Bestimmung zu machen. Allerdings wäre es auch keine Lösung gewesen, einfach das ganze Vorkommen einer Art vom Baum abzukratzen, nur um eine Bestimmung durchführen zu können. Deshalb konnten auch bei den Blattflechten einige wenige Funde keiner Art zugeordnet werden. Bei den Krustenflechten ist es aufgrund der rein optisch/organoleptischen[5] Einteilung möglich, dass die Art-Nummern nicht nur einzelne Arten beschreiben, sondern evtl. auch Gruppen von sehr ähnlichen Flechten. Dies aus dem einfachen Grund, dass direkt

[5] Organoleptisch bedeutet «mit den Sinnen geprüft» – eine Bewertung nach Eigenschaften wie Aussehen, Geruch, Farbe, Geschmack ohne technische Hilfsmittel, also rein mittels der eigenen Sinne.

am Baum nicht klar erkennbar ist, ob es sich wirklich um ein und dieselbe Art handelt, weil dazu genauere Bestimmungen mit Binokular und Chemikalien notwendig wären.

3.5 Auswertung

Zur späteren Auswertung und Darstellung wurden zunächst aus den im Feld abgeschätzten Flechtenflächen unterschiedliche Werte berechnet: Einerseits wurden die für die einzelne Art abgeschätzten Flächen innerhalb der unterschiedlichen Sektoren in relative Deckungsgrade über den gesamten Baum umgerechnet. Dazu wurden die prozentual zur Sektorfläche abgeschätzten Deckflächen einer Flechtenart über alle 12 Sektoren zusammengezählt und durch 12 geteilt, wodurch man einen relativen Deckungsgrad (mittlere prozentual bedeckte Fläche über den gesamten untersuchten Teil des Baumstammes) erhält. Damit ein direkter Vergleich zwischen den verschiedenen Standorten einer Flechtenart möglich ist, wurde der relative Deckungsgrad mit der totalen Fläche des pro Standort untersuchten Baumstammes (Höhe, also 1.8 m, mal Baumumfang) multipliziert und so der absolute Deckungsgrad erhalten.

Weitere Grössen wurden berechnet, um die bevorzugten Standorte und Expositionsrichtungen einzelner Arten zu erkennen. Für die bevorzugte Exposition einer Flechte pro Standort wurden die Expositionen aller Vorkommen einer Art auf demselben Baum, gewichtet mit ihrem relativen Deckungsgrad im Sektor, als Vektoren betrachtet und so addiert. Durch diese Methode erhält man je nach Stärke der Ausprägung an unterschiedlichen Baumseiten stärker oder schwächer bevorzugte Expositionen. Mithilfe von Pfeilen konnte die bevorzugte Expositionsrichtung einer Art für jeden Standort einzeln dargestellt werden. Die Richtung des Pfeiles zeigt die bevorzugte Expositionsrichtung an, die Grösse des Pfeils liefert eine Information über die Stärke dieser Bevorzugung. Das heisst, je deutlicher eine Art nur auf einer Seite des Baumes vorkommt, desto grösser wird der Pfeil.

Um mithilfe der gefundenen Flechtenvorkommen Aussagen über die Ökologie am Standort machen zu können, wurden sogenannte Zeigerwerte benutzt. Zeigerwerte sind Zahlen zwischen 1 und 9, welche die Ausprägung verschiedener Standortfaktoren beschreiben. Jede Flechtenart besitzt pro Zeigerwert einen spezifischen Wert, der beschreibt, welche klimatische Umgebung diese Art bevorzugt. Mittelt man die den Arten zugeordneten Zeigerwerte zu einem Standortfaktor über die verschiedenen lokal vorkommenden Arten, erhält man eine biologisch abgestützte Aussage über diesen Standortfaktor. In der vorliegenden Arbeit wurden gemittelte Zeigerwerte pro Standort berechnet, indem ein einfacher, mit dem relativen Deckungsgrad gewichteter Mittelwert aus den Zeigerwerten aller am Standort (also an einem Baum) vorkommenden Flechtenarten, zu welchen ein Wert existiert, gebildet wurde.

Um aus den vielen gesammelten Daten auch etwas über die Verbreitung und allfällige Muster herausfinden zu können, wurden mit dem ArcGIS verschiedene Kartendarstellungen generiert, welche einerseits Verbreitungen und bevorzugte Expositionen einzelner Arten oder Gattungen darstellen oder auf Zeigerwerten der erfassten Flechten basieren und so Aussagen machen sollen, welche Umweltfaktoren an einem Standort einen Einfluss haben können. Zusätzlich wurden Verteilungswerte berechnet, mit welchen versucht wurde, Aussagen über die Bevorzugung von Standorten und Umweltfaktoren einzelner Arten oder der Flechten allgemein zu machen.

4 Resultate

4.1 Zeigerwertkarten

In dieser Arbeit wurden verschiedene Umweltbedingungen mit Zeigerwerten untersucht und in Betracht gezogen (z. B. Temperatur, Kontinentalität, Licht), es werden hier jedoch nur die sog. Licht- und Feuchtezahl genauer erläutert, da bei diesen Werten am ehesten ein sichtbarer Zusammenhang zur Flechtenverteilung besteht.

Die verwendeten Zeigerwerte stammen von Wirth (WIRTH 2010). Diese sind jedoch nur für 516 Arten vorhanden, daher existieren nicht zu allen bestimmten Arten Zeigerwerte. Deshalb basieren die erstellten Karten (Abbildungen 6, 7) nur auf denjenigen der ausgewerteten Arten, zu welchen auch Literaturwerte vorhanden sind. Ausserdem sind die Definitionen der Zeigerwerte grundsätzlich eher auf grössere Unterschiede bezogen und nicht unbedingt auf Mikroklimas abgestimmt. Trotzdem können einige Erkenntnisse aus den Karten gewonnen werden. Auffällig ist der grosse Wert für die Feuchtezahl am Standort von *Pannaria conoplea* (gelber grosser Punkt auf Abbildung 6). Pannaria conoplea besitzt die Feuchtezahl 9, das heisst, sie ist auf ein Gebiet angewiesen, an welchem sie, wenn überhaupt, nur sehr kurze Trockenzeiten durchmachen muss. Der Standort direkt am Bach ist deshalb plausibel. Trotzdem ist unklar, weshalb sich die Flechte nicht auch rundherum verbreitete, da es noch weitere Bäume direkt am Bach gibt, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit ähnliche Anforderungen an die Feuchtigkeit erfüllen würden. Bei der Lichtzahl (Abbildung 7) ist erstaunlich, dass die Unterschiede nicht grösser ausfielen. Im südlichen Teil des Gebietes, in welchem sehr viele Standorte untersucht wurden, waren die Bäume vergleichsweise dicht beieinander. Trotzdem haben die Flechten etwa dieselben Ansprüche auf Licht wie die Arten am lichten Waldrand, z. B. ganz nördlich gegen die Strasse. Einzig *Peltigera rufescens* mit Lichtzahl 8 kommt nur an einem Standort am Waldrand vor (oranger Punkt am oberen Kartenrand), möglicherweise weil sie weiter im Waldesinneren zu wenig Licht bekommen würde.

Die Aussagekraft der Zeigerwertkarten ist nicht besonders gross, da wie erwähnt nur für wenige der vorkommenden Arten Zeigerwerte bekannt sind. Dadurch entstanden die gemittelten Zeigerwerte für die einzelnen Standorte meistens aus nur einem oder zwei verschiedenen Werten. Bei Arten, welche nur an wenigen Standorten vorkommen und eher selten sind, ist es wahrscheinlich, dass diese lokalen Vorkommen mit den spezifischen Gegebenheiten zusammenhängen, jedoch sind diese Datenpunkte

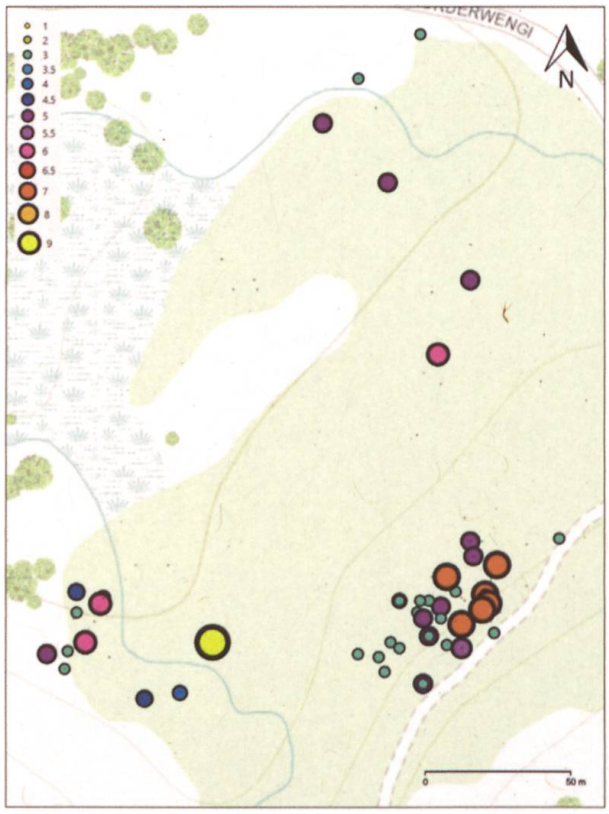

Abbildung 6:
Zeigerwertkarte Feuchtigkeit (gemittelte Werte der gegebenen Arten pro Standort). Punktgrösse/-farbe entspricht dem gemittelten Zeigerwert pro Standort (siehe Legende oben links).

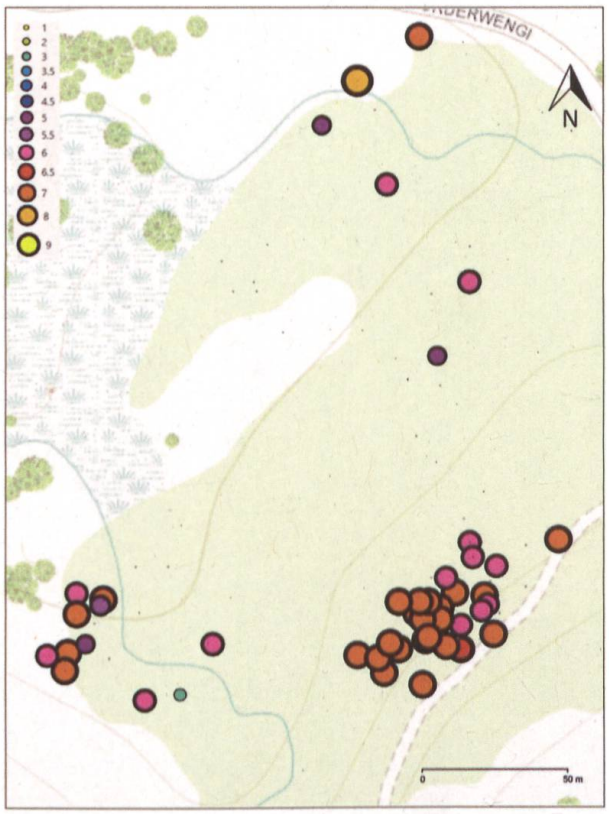

Abbildung 7:
Zeigerwertkarte Lichtzahl (gemittelte Werte der gegebenen Arten pro Standort). Punktgrösse/-farbe entspricht dem gemittelten Zeigerwert pro Standort (siehe Legende oben links).

Ausnahmen. Ein weiterer Punkt ist, dass viele der häufigen Arten breitere Toleranzen in Bezug auf die natürlichen Gegebenheiten besitzen und ihre in der Literatur angegebenen Zeigerwerte deshalb gemittelte Werte über grössere Gebiete sind. Aus diesem Grund eignen sie sich wahrscheinlich weniger gut für die Anwendung auf so kleinem Raum/ bzw. beschreiben nicht unbedingt mikroklimatische Bedingungen, sondern machen eher allgemeine Aussagen über die bevorzugten Klimaregionen dieser Arten.

4.2 Verbreitungskarten

Um die bevorzugten Standorte und Expositionsrichtungen einzelner Arten zu erkennen, wurden Karten mit Angaben zu deren absoluten Deckungsgraden pro Standort sowie ihrer bevorzugten Expositionsrichtungen erstellt. Die Erstellung dieser Karten nach dem in Kapitel 3.4 beschriebenen Verfahren war aufwändig, da die Expositionen für jeden Standort zuerst berechnet und anschliessend von Hand im GIS eingetragen werden mussten. Deshalb wurden diese Karten nur zu einigen ausgewählten Arten erzeugt. Die Auswahl wurde so getroffen, dass zuerst vor allem Arten oder Gattungen mit häufigen Vorkommen dargestellt wurden, da viele verschiedene Vorkommen die Chance auf ein klares Resultat erhöhen. Am Beispiel von zwei verschiedenen Arten bzw. Gattungen sollen auffällige Muster in der Verteilung aufgezeigt werden. Die Punkte auf den Karten (Abbildungen 8, 9) beschreiben den absoluten Deckungsgrad pro Standort. Je grösser ein Punkt auf der Karte, desto grösser ist die Fläche, welche die Flechte an diesem Baum bedeckte. Die Pfeile symbolisieren die bevorzugten Expositionsrichtungen. Einerseits ist aus der Richtung der Pfeilspitze zu erkennen, an welcher Seite vom Baum die Flechte bevorzugt wuchs, andererseits zeigt die Grösse des Pfeiles an, wie ausgeprägt die Bevorzugung dieser Seite ist. Das heisst, an einem Standort mit einem eher kleinen Pfeil ist die Flechte rund um den Stamm eher gleichmässig verteilt und hat nicht eine klar bevorzugte Seite. Im Gegensatz dazu deutet ein sehr grosser Pfeil darauf hin, dass ein grosser Teil des Vorkommens dieser Art auf einer Baumseite anzutreffen war.

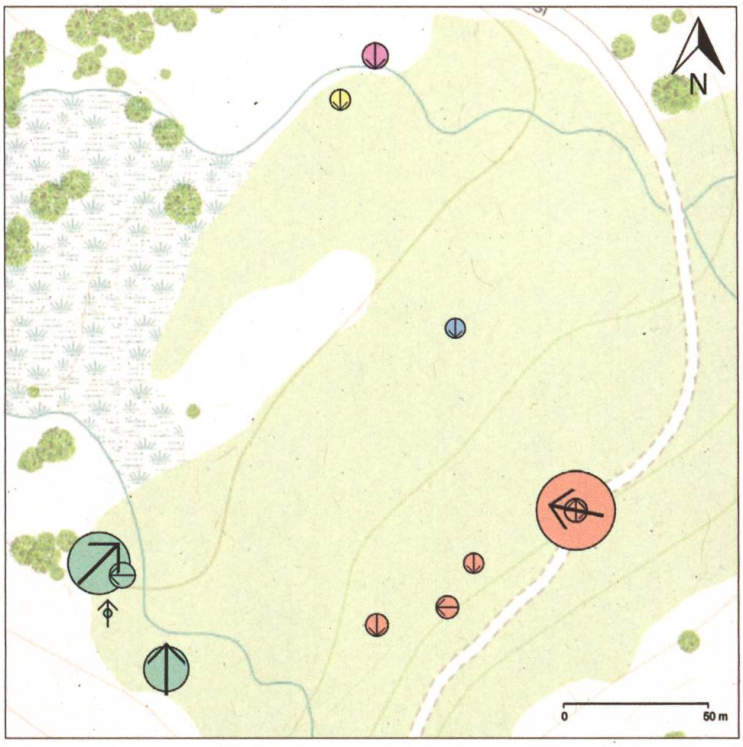

Abbildung 8:
Verbreitung der Arten der Gattung *Peltigera* mit Angabe der relativen Deckungsgrade (Punktgrösse) sowie der bevorzugten Expositionsrichtung (Pfeilrichtung) und Stärke deren Ausprägung (Pfeilgrösse) pro Standort.

4.2.1 Verbreitung der Peltigera-Gattung

Abbildung 8 stellt Vorkommen aller Arten der Gattung *Peltigera* dar. Diese Blattflechten sind gross (vgl. Abbildung 12) und besitzen Loben welche zum Teil mehrere Zentimeter breit werden können. Typisch für diese Gattung sind ausgeprägte, herausstehende Adern, welche man auf der Blattunterseite findet. Auf der Verteilungskarte (Abbildung 8) sind die Deckungsgrade sowie die jeweils bevorzugte Expositionsrichtung pro Baum eingetragen. Es gibt einige Unterschiede in der Anzahl Vorkommen oder im abosluten Deckungsgrad, aber ansonsten ist in diesen beiden Grössen nicht wirklich eine Regelmässigkeit oder ein Muster zu erkennen. Was hingegen sehr auffällig ist, sind die einiger-

massen begrenzten Gebietsteile, in welchen die verschiedenen Arten angesiedelt sind. Aus der lokalen Begrenzung der *Peltigera*-Arten könnte man vermuten, dass die Arten wirklich an diesen spezifischen Standorten ihre bevorzugten Umweltbedingungen antreffen. Die verschiedenen Teilgebiete unterscheiden sich tatsächlich in gewissem Masse voneinander. *Peltigera leucophlebia* zum Beispiel kommt nur auf der orographisch linken Bachseite vor (Nordost-Hang mit dementsprechend viel Schatten) und die Standorte liegen alle nahe am Bach. Diese Gegebenheiten deuten darauf hin, dass *Peltigera leucophlebia* gerne an feuchten Standorten wächst. Zudem kommt sie meist in Bodennähe vor, oft gemeinsam mit viel Moos. In anderen Teilgebieten waren diese klaren Anzeichen auf eine hohe Feuchtigkeit viel weniger gegeben. Eine andere Möglichkeit für die lokale Begrenzung könnte die Verbreitungsart von Flechten sein. Ihre Isidien und Sorale, welche mit dem Wind verbreitet werden, fliegen vermutlich nicht allzu weit. Dadurch könnte die Verbreitung ebenfalls eingeschränkt werden. Allerdings stellt sich dann die Frage, wie die Flechten einst an diese Orte gekommen sind. Es ist also ersichtlich, dass diese Phänomene in der Verteilung nicht abschliessend geklärt sind und eventuell noch ganz andere, bis jetzt unbekannte Einflüsse besitzen. Leider sind auch in der Literatur nicht wirkliche Hinweise zu diesen möglichen Einflüssen vorhanden. Deshalb kann keiner der Gründe als korrekt oder falsch bezeichnet werden. Es sind lediglich Annahmen, welche aufgrund der Untersuchungen als plausibel erscheinen.

Wenn man die Zeigerwerte für die verschiedenen Arten der Gattung betrachtet, sind die Anforderungen der ganzen Gattung an die verschiedenen Standortfaktoren meistens etwa die gleichen. Was allerdings auffällt, sind die höheren Lichtzahlen[6] bei *Peltigera rufescens* und *Peltigera didactyla*. Wie bereits bei den Zeigerwertkarten beschrieben wurde, wächst *Peltigera rufescens* (Lichtzahl 8) tatsächlich nur an einem Standort ganz am Waldrand, wo die Lichtverhältnisse für sie am besten geeignet sind. *Peltigera didactyla* hingegen, welche auch eine grosse Lichtzahl (7) besitzt und deshalb im Schnitt auch auf mehr Licht angewiesen ist, kommt mitten im Wald vor. Daraus lässt sich vermuten, dass der Wald an dieser Stelle nicht allzu dunkel ist und auch Arten, welche mehr Licht benötigen gut im Waldesinneren gedeihen können. Ausserdem wurden ja nur Laubbäume untersucht. Deshalb wäre es auch möglich, dass in den Wintermonaten, in welchen die Laubbäume ihre Blätter verlieren, die Lichtverhältnisse so gut sind, dass der Schatten im Sommer nicht stark ins Gewicht fällt.

4.2.2 Verbreitung von Melanelixia glabratula

Auf der Abbildung 9 ist die Verbreitung von *Melanelixia glabratula* kartiert. Diese Art ist eine der wenigen, bei welcher die bevorzugten Expositionsrichtungen eine Präferenz vermuten lassen. Auf dem grossen Kartenausschnitt (Abbildung 9, links) ist ersichtlich, dass *Melanelixia* vor allem im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes vorkommt. Die Beschränkung auf dieses Teilgebiet könnte daher kommen, dass es im nördlichen Teil weniger Laubbäume gibt, die meisten der untersuchten Bäume in deshalb im südlichen Teil stehen und diese Flechtenart darum zufälligerweise in anderen Bereichen des Waldes, mit mehr Nadelbäumen und nur wenigen Laubbäumen, nicht vorkommt. Auf dem nahen Kartenausschnitt sind mit den Pfeilen die bevorzugten Expositionsrichtungen angegeben. Dabei fällt auf, dass neben einigen Nord- und Südrichtungen vor allem die Westseite von *Melanelixia glabratula* besiedelt wird. Die Ostseite wird praktisch nie bevorzugt, und wenn dann nur mit einer kleinen Präferenz (das heisst, im Verhältnis ist das Vorkommen auf der Ostseite an diesem Baum zwar am grössten, im Vergleich mit den anderen Seiten aber nicht deutlich viel stärker). Die Bevorzugung der Exposition von *Melanelixia glabratula* ist überraschend. Die Zahl der Fun-

[6] Lichtzahl 9 = hell (die Flechte ist auf viel Licht angewiesen), Lichtzahl 1 = dunkel

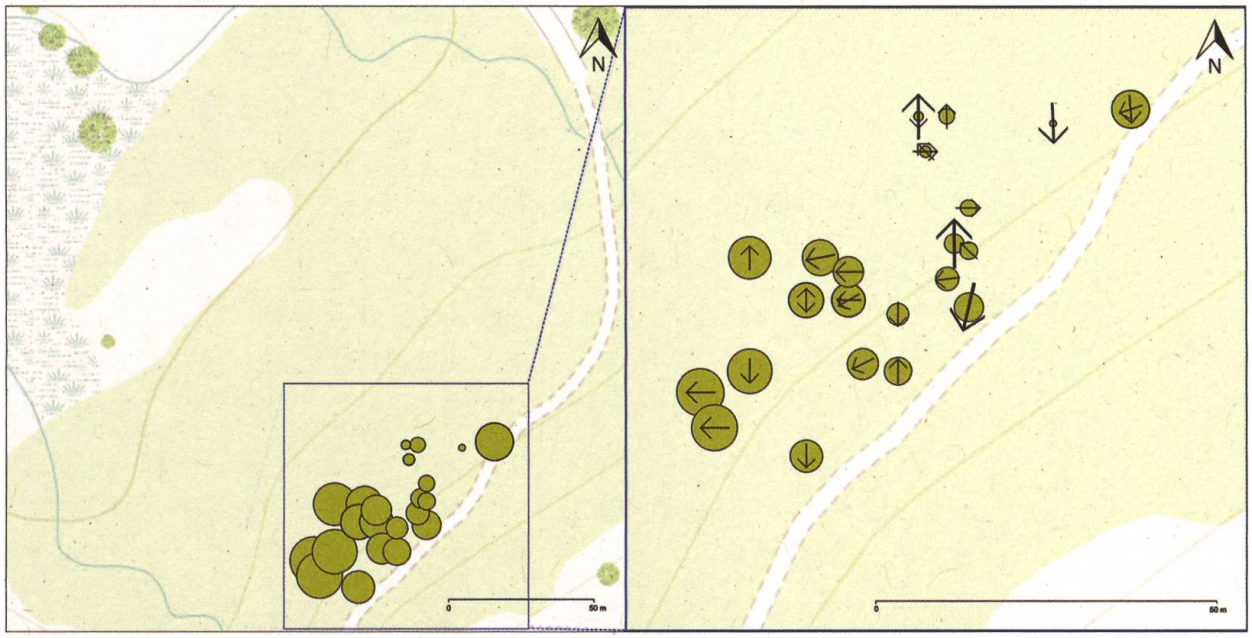

Abbildung 9:
Verbreitung von *Melanelixia glabratula* mit Angabe der relativen Deckungsgrade (Punktgrösse) sowie der bevorzugten Expositionsrichtung (Pfeilrichtung) und Stärke deren Ausprägung (Pfeilgrösse) pro Standort. Die rechte, blau umrahmte Hälfte stellt den vergrösserten (markierten) Ausschnitt aus der linken Karte dar.

de allein hat nämlich noch keine so klare Präferenz aufgezeigt; auf Ost- und Westseite wurden ähnlich viele Vorkommen gezählt. Erst durch die Berechnung der bevorzugten Expositionen pro Standort und deren Darstellung hat sich ergeben, dass die Funde auf der Westseite stärker ausgeprägt sind als auf der Ostseite. Woher diese Präferenz kommt, kann wieder nur vermutet werden. Es könnte einerseits mit der Hangneigung zu tun haben, welche in Westrichtung eher abwärts zeigt, das heisst, dass die Flechte auf der Unterseite vom Baumstamm tendenziell eher geschützt ist vor Material, welches hangabwärts rutscht (z. B. Schnee, Dreck, Erdrutsche, ...). Auch andere Einflüsse sind denkbar und vermutlich spielen verschiedenste andre Faktoren eine Rolle, aus der bekannten Literatur lässt sich keine eindeutige Erklärung dieses Befundes ableiten.

4.3 Verteilung am Baum

Schon bei der Feldarbeit fielen Muster in der Verteilung an einem Einzelbaum auf. Beispielsweise kamen bestimmte Krustenflechtenarten eher weiter unten vor und vor allem Blattflechten waren häufiger oben am Baumstamm anzutreffen. Ein typisches Beispiel einer solchen Blattflechte ist *Melanelixia glabratula*, deren Verteilung (in Bezug auf die Höhe am Baumstamm) auf Abbildung 10 ersichtlich ist. Es ist zu erkennen, dass *Melanelixia glabratula* im mittleren und hauptsächlich auch im obersten Sektor (120-180 cm über Boden) vorkommt. Im untersten Höhensektor waren grundsätzlich kaum Blattflechten anzutreffen und wenn, dann höchstens sehr kleine Vorkommen. Wenn die oben erwähnte Hypothese zur Verbreitung von *Melanelixia glabratula* (Einfluss durch Hangrutschungen, Schneeablagerungen etc.) tatsächlich einen bedeutsamen Faktor darstellt, wäre diese Erkenntnis ein zusätzlich bestätigender Hinweis: Die Flechte siedelt sich möglichst in der Höhe an und, bezüglich *Melanelixia glabratula*, auch nicht hangseitig, da so angelagerter Schnee im Winter oder auch Hangrutschungen oberhalb des Baumes die Flechte nicht tangieren. Eine der Ausnahmen unter den Blattflechten war *Peltigera leucophlebia*, die typischerweise eher unten am Stamm zu finden ist.

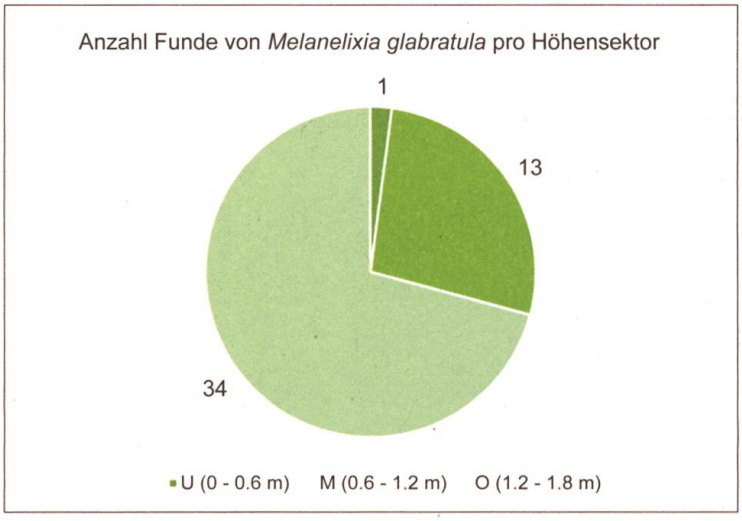

Abbildung 10:
Anzahl der Funde von *Melanelixia glabratula* pro Höhensektor (Meterangaben ab Boden; einzelne Individuen der Art gezählt über alle untersuchten Bäume und aufgeteilt nach Höhensektoren).

Bei den Krustenflechten sieht es etwas anders aus. Diese sind grundsätzlich auf dem ganzen Stamm anzutreffen. Da jedoch gerade weiter oben am Stamm oftmals die Dichte der Blattflechten zunimmt, könnte man vermuten, dass sie dadurch eher verdrängt werden und deshalb unten am Stamm deutlich auffälligere und grössere Krustenflechtenvorkommen anzutreffen sind. Auch bei ihnen ist das Vorkommen auf dem Baum aber sehr artabhängig und wird vermutlich noch von ganz anderen Faktoren beeinflusst. Die *Cladonien* (Strauchflechten-Gattung) waren auffällig oft an Stellen mit viel Moosbewuchs anzutreffen. Sie kommen deshalb häufig in den unteren bis mittleren Sektoren vor, können jedoch auch höher am Stamm angesiedelt sein. Es ist zudem zu beachten, dass der Stamm ja nur bis zu einer Höhe von ca. 1.8 m mittels Datenerfassung untersucht wurde. Alles darüber konnte höchstens vom Boden aus beobachtet und ungefähr abgeschätzt werden. Deshalb ist nicht abschliessend bekannt, wie die Verteilung über den gesamten Baum betrachtet aussieht.

Welche Faktoren diese Bevorzugungen der Wuchshöhe am Stamm beeinflussen, ist auch hier nicht eindeutig klar. Mögliche Einflüsse sind die Unterschiede im Mikroklima innerhalb der verschiedenen Sektoren. Ein Borkenriss beispielsweise bietet viel mehr Schutz vor Wind und Wetter, ist allgemein weniger ausgesetzt und eher schattig. Dort herrscht also ein anderes Mikroklima als ganz aussen auf der Rinde. Zudem ist es unten am Stamm tendenziell eher feuchter und es kommt weniger Licht bis zum Boden. Aufgrund solcher Unterschiede siedeln sich auch verschiedene Arten an diesen Standorten an. Oft war zu beobachten, dass auch in den höheren Sektoren mit Häufung der Blattflechten noch Krustenflechten vorhanden waren, jedoch nicht mehr in derselben Dichte wie weiter unten am Stamm, wo die Konkurrenz durch die Blattflechten meist deutlich geringer war. Es gibt einige Arten bzw. Gruppen von Krustenflechten, welche wirklich an praktisch jedem Baum vorkommen. Diese bedecken oftmals grosse Teile der Fläche, welche nicht durch andere Arten besetzt sind. Vor allem bei den Krustenflechten kommt es zum Teil vor, dass verschiedene Arten «ineinander hineinwachsen» und nicht einmal mehr klar erkennbar ist, welche Flechte wo beginnt. Dies war mit ein Grund, weshalb die Unterscheidung der Krustenflechten deutlich anspruchsvoller war als die der Blattflechten.

4.4 Funde prioritärer Arten

Alle Standorte dieser prioritären Arten, welche der Kanton das letzte Mal vor zehn Jahren erfasst hat, wurden aufgesucht und die Bestände konnten erfreulicherweise auch bestätigt und kartiert werden. Auf zwei Exursionen, einmal mit Rolf Ehrbar, Gaby Zimmermann und Rolf Heeb und einmal gemeinsam mit Ursula Tinner, Gisela Bauert sowie Rolf Heeb, konnten erfreulicherweise fünf der gesuchten Arten (ohne *Lobaria pulmonaria*) gefunden werden. Die Bestände haben sich nicht stark verändert und waren in etwa so vorhanden, wie sie bei der letzten Zählung erfasst worden sind. Ausser bei *Parmotrema arnoldii*, welche auf mehreren verschiedenen Bäumen rund um den bereits bekannten Standort vorkam, wurden keine zusätzlichen Vorkommen dieser Arten entdeckt.

Sehr erstaunlich ist, dass oft an dem einen Standort ziemlich grosse Vorkommen der prioritären Art zu finden sind. Ein Beispiel ist *Heterodermia obscurata*, welche auf einem einzigen Baum direkt am Bach vorkommt, dort jedoch praktisch den ganzen Baumstamm bedeckt.

Nach der Echten Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria*) wurde in einer grossflächigen Suchaktion mit mehreren Helfern in einem grösseren Gebiet des Wengitals gesucht und deren Vorkommen erfasst. So konnten mehrere Standorte im Wengital kartiert werden (Abbildung 11). Alle diese Funde wurden mit Fotos dokumentiert und jeweils von mehreren Leuten, mindestens von drei (*Lobaria*) bis vier (alle anderen Arten), direkt im Feld als die jeweilige Art identifiziert.

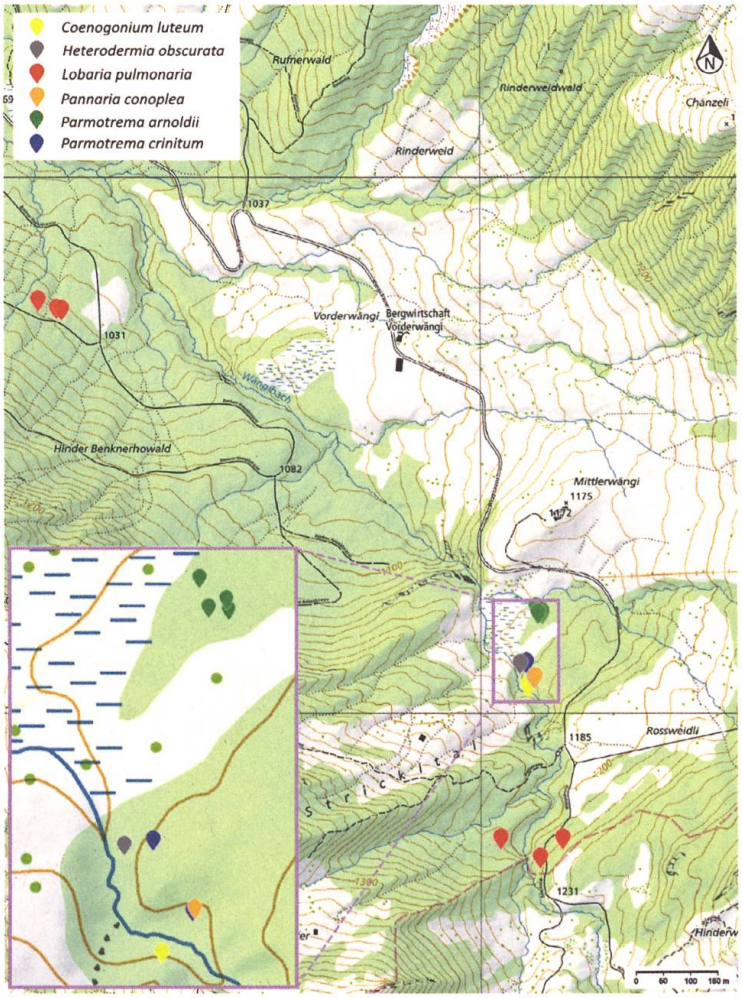

Abbildung 11:
Funde der prioritären Flechtenarten im Wengital. Links unten (violett umrahmt) ist der vergrösserte Ausschnitt aus der Kartenmitte dargestellt.

4.5 Diversität im Untersuchungsgebiet

Abundanz, Frequenz und Prominenz sind drei Verteilungswerte, welche das Vorkommen einer Art im Untersuchungsgebiet beschreiben. Diese wurden für die Berechnung des Shannon-Diversitätsindex (Beschreibung der Artenvielfalt im Untersuchungsgebiet) benötigt. Die Abundanz a_i gibt den relativen Flächenanteil einer Art im untersuchten Gebiet an und wird berechnet, indem die totale von einer Art bedeckten Fläche (in m^2) durch die totale von allen Flechten bedeckte Fläche geteilt wird. Die Frequenz f_i beschreibt, an wie vielen verschiedenen Standorten (Bäumen) eine Art vorgekommen ist. Berechnet wurde pro Art die sogenannte relative Frequenz, welche die Anzahl Standorte der einzelnen Flechtenart geteilt durch die gesamte Anzahl erfasster Flechtenvorkommen im gesamten Untersuchungsgebiet angibt. Der Prominenzwert p_i verbindet die Abundanz und die Frequenz und macht somit eine Aussage über die flächenmässige Häufigkeit sowie die Artzusammensetzung in einem Gebiet. Die Prominenz lässt sich somit sehr einfach als Summe aus a_i und f_i, geteilt durch 2, berechnen. Diese drei Werte wurden also für jede Flechtenart berechnet, damit anschliessend durch Berechnung des Shannon-Diversitätsindex H_S sowie der Evenness E_S eine Beurteilung der allgemeinen Diversität der Flechten im Untersuchungsgebiet gemacht werden konnte. Der Shannon-Index gibt an, wie gross die Vielfalt im Gebiet ist. Je mehr verschiedene Arten und je besser die einzelnen Individuen auf die vorhandenen Arten verteilt sind, desto grösser wird H_S. Der Shannon-Index berücksichtigt also sowohl die Häufigkeit als auch die Gleichmässigkeit in der Verbreitung der vorhandenen Arten. Jedoch ist aus einem hohen Wert für H_S nicht ersichtlich, ob er durch die diverse Verteilung der Individuen auf die einzelnen Arten oder durch eine hohe Artenzahl entsteht. Deshalb wird zusätzlich die Evenness E_S aus H_S/H_{max} berechnet, wobei Hmax die maximale Diversität bei gegebener Artenzahl

N bezeichnet (also eine maximal gleichmässige Verteilung der Individuen auf die verschiedenen Arten). Es liegt zwischen 0 und 1. Je näher der Wert bei 1 liegt, desto gleichmässiger sind die Prominenzen auf die verschiedenen Arten verteilt. Dieser Wert gibt also lediglich noch eine Auskunft darüber, wie gleichmässig die Verteilung bei gegebener Artenzahl ist. Somit hat man mit der Artenzahl sowie der Evenness zwei Angaben zur Diversität im Untersuchungsgebiet, welche im Shannon-Index verknüpft und so als Beschreibung der Vielfalt im Untersuchungsgebiet dienen können.

Im folgenden sind die berechneten (und gerundeten) Shannon-Indices (H_S) sowie Evenness-Werte (E_S) angegeben, jeweils einmal aus der Abundanz (a_i) und einmal aus der Prominenz (p_i) berechnet.

	H_S	E_S
mit p_i	3.46	0.74
mit a_i	2.87	0.61

Typischerweise sind die Werte, welche mit der Prominenz berechnet wurden, grösser. Dies kommt daher, dass die Frequenz, also die Verteilung der Arten auf die Bäume ebenfalls berücksichtigt wird. Dadurch steigt die Diversität (weil ja die Arten untereinander auch durchmischt sind). Die Evenness wird dadurch ebenfalls grösser. Aus den beiden Shannon-Diversitätsindices ist erkennbar, dass die allgemeine Diversität im Gebiet ziemlich hoch ist. Es gibt viele verschiedene Arten und die meisten davon treten häufig auf. Der relativ grosse Unterschied vom $H_{S,pi}$ (berechnet mit der Prominenz) zum $H_{S,ai}$ (aus der Abundanz berechnet) lässt darauf schliessen, dass die Verteilung der Arten im Gebiet ebenfalls einen grossen Einfluss auf die Diversität im Gebiet hat. Dies war auch gut daran zu erkennen, dass viele Arten mehrmals und an unterschiedlichen Standorten vorkamen. Die Evenness zeigt ebenfalls auf, dass die Individuen gleichmässig auf die vorhandenen Arten verteilt sind, was wiederum ein Grund

Abbildung 12:
Peltigera leucophlebia (grün) und *Peltigera horizontalis* (dunkelbraun) (Foto: Anna Müller).

für den höheren Shannon-Diversitätsindex ist.

Ein Faktor, welcher bei der Berechnung nicht beachtet wird, ist die unterschiedliche Datenmenge, welche in verschiedenen Teilen des Gebietes erhoben wurde. Grund für diese Ungleichheit sind die unterschiedlichen Bestände an Laubbäumen. Im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes, nahe dem Moor mit sehr feuchtem Untergrund, gibt es viel mehr Nadelbäume und nur vereinzelte Buchen oder Ahorne. Aufgrund weniger untersuchter Bäume ist die Datenlage in diesen Bereichen deshalb dünner. Für die Berechnung der Diversitätsindices spielt das grundsätzlich keine Rolle, denn jeder Baum wird als gleichwertiger Teil des Untersuchungsgebietes betrachtet. Dadurch könnten allerdings mögliche Ungleichmässigkeiten in der Verteilung (z. B., dass bei den wenigen Daten im Norden eine Art immer fehlt bzw. zusätzlich auftritt) übersehen oder falsch gewichtet werden.

Die berechneten Werte stimmen relativ gut mit den Erfahrungen aus der Feldarbeit überein: Viele der Arten kommen flächendeckend an unterschiedlichen Standorten vor und ihre Verbreitung scheint gleichmässig durchmischt.

5 Fazit

Die Feldarbeit hat einen riesigen Datensatz geliefert, aus welchem durch weitere Bearbeitung vermutlich noch weitere interessante Erkenntnisse gewonnen werden könnten. Dank der grossen Datenmenge konnten auch Aussagen über die Verteilungen und Verbreitungen gemacht werden. Schade ist, dass die Gründe für diese zum Teil sehr speziellen Verteilungen nur vermutet werden können und vor allem durch das Vergleichen mit den anderen Arten im Gebiet Erklärungen gesucht werden mussten. Ein Grund dafür sind fehlende Referenzwerte oder Vergleichsmöglichkeiten mit ähnlichen Projekten. Die hier vorliegende Arbeit kann in Zukunft als Vergleichsdatensatz verwendet werden, insbesondere bei einer nachfolgenden Studie im gleichen Gebiet.

Aufgrund der fehlenden Vergleichsmöglichkeiten ist es sehr schwierig zu sagen, welche Faktoren das Vorkommen von bestimmten Arten wirklich beeinflussen und auf welche Weise dies ersichtlich wird. Deshalb sind die wahrscheinlichen Einflussfaktoren alles nur Annahmen. Einige Fragen konnten nicht zufriedenstellend beantwortet werden, zum Beispiel weshalb einige einzelne Standorte so beliebt sind für Flechten, während andere, artgleiche Bäume, unweit davon entfernt, praktisch keinen Flechtenbewuchs aufweisen. Diese Arbeit hat aufgezeigt, dass die Lebensform und Verbreitung der Flechten keineswegs abschliessend erforscht ist und viele Aspekte und Funktionsweisen noch unbekannt sind. Es lohnt sich auf jeden Fall, in diesem Gebiet weiterzuforschen und so hoffentlich viele neue Erkenntnisse über diese spannenden Lebewesen zu gewinnen.

Dank

Ich bedanke mich bei allen freiwilligen Helfern der Aktion «Suche nach *Lobaria pulmonaria*», für ihr Engagement und die erfolgreiche Suche. Den Mitgliedern vom kantonalen Schutzprojekt für prioritäre Flechtenarten, Rolf Ehrbar, Ursula Tinner, Gisela Bauert und Alfred Brülisauer, danke ich herzlich für die Einführung in die Welt der Flechten sowie für die Exkursionen, welche sie mit mir im Wengital unternommen haben, um die seltenen Arten zu identifizieren. Zudem danke ich Silvia Stofer von der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) für die Hilfe bei der Bestimmungsarbeit sowie die guten Ratschläge und Hilfestellungen. Ein herzliches Dankeschön gilt auch meinen beiden Betreuern, Frau Gaby Zimmermann und Herrn Rolf Heeb, welche mir in allen Bereichen meiner Maturaarbeit tatkräftig mit Rat und Tat zur Seite standen, sowie meinem Geografielehrer Herrn Felix Berger, welcher mich bei der Arbeit mit dem GIS unterstützt hat.

Literaturverzeichnis

CLERC, P. & TROUNG, C. (2020): Catalogue des lichens de Suisse. – http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/cataloguelichen (Zugriff: 22.10.2020).

ELLENBERG, H., WEBER, H.E., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobotanica 18, 2. Auflage.

RÜEGG, M. & AEBERSOLD, H. (2014): Auswertung Vegetationsaufnahme. – SOP-academia-A0016.

RUTZ, S. (2016): Auswertung eines Vetetationstransekts. – SOP-academia-A0035.

SAUERMOST, R. & FREUDIG, D. (Hrsg.) (1999): Gallertflechten. – Lexikon der Biologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/gallertflechten/26402 (Zugriff: 29.10.2020).

SCHÖLLER, H. (Hrsg.) (1997): Flechten – Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Begleitheft zur Ausstellung «Flechten – Kunstwerke der Natur». – Kramer Verlag, Frankfurt am Main.

WIRTH, V. (2010): Ökologische Zeigerwerte von Flechten. – Herzogia, Nr. 23 (2): 299–248.

WIRTH, V., HAUCK, M. & SCHULTZ, M. (2013): Die Flechten Deutschlands. – Ulmer Eugen Verlag, Stuttgart.

WIRTH, V. & KIRSCHBAUM, U. (2016): Flechten einfach bestimmen. – Quelle + Meyer Verlag, Wiebelsheim.

Artenliste aller gefundenen und bestimmbaren Arten

Art lateinisch	Art deutsch
Cetrelia aggr.	Gattung der Seesturm-Flechten
Cetrelia olivetorum aggr.	Seesturm-Flechte
Cladonia	Becherflechten
Coenogonium luteum	Gelbe Krügleinflechte
Coenogonium pineti	Kiefern-Krügleinflechte
Heterodermia obscurata	Dunkle Wimpernflechte
Hypotrachyna afrorevoluta	Afrikanische Schüsselflechte
Hypotrachyna sinuosa	Gelbe Schüsselflechte
Lobaria pulmonaria	Echte Lungenflechte
Melanelixia glabratula	Samtige Braunblattflechte
Normandina pulchella	Schönes Muschelschüppchen
Pannaria conoplea	Blaugraue Tuchflechte
Parmelia cf. ernestiae	Kein deutscher Name bekannt
Parmelia saxatilis aggr.	Felsen-Schüsselflechte
Parmelia sp.	Schüsselflechten
Parmelia sulcata	Furchen-Schüsselflechte
Parmotrema arnoldii	Arnolds Schüsselflechte
Parmotrema crinitum	Behaarte Schüsselflechte
Parmotrema perlatum	Breitlappige Schüsselflechte
Peltigera degenii	Degens Schildflechte
Peltigera didactyla	Zwerg-Schildflechte
Peltigera leucophlebia	Apfelflechte
Peltigera preatextata	Verzierte Hundsflechte
Peltigera rufescens	Rotbraune Schildflechte
Phaeophyscia endophoenicea	Rotmarkige Schwielenflechte
Physcia aipolia	Ziegen-Schwielenflechte
Physcia ascendens	Helm-Schwielenflechte
Punctelia borreri	Borrers Schüsselflechte