

Flechtendiversität unterschiedlich stark genutzter Wälder in den Mürztaler Alpen

Harald Komposch*

Zusammenfassung: Im Jahr 2019 fanden erste Erhebungen der Flechtendiversität in genutzten und kürzlich außer Nutzung gestellten Waldbereichen der Forstlichen Ausbildungsstätte Pichl in den Mürztaler Alpen statt. Ziel dieses ersten Waldökologieprojekts war die möglichst vollständige Erfassung der Boden-, Borke-, Totholz- und Gestein bewohnenden Flechten an 16 Waldstandorten. Diese Erhebung resultierte in 163 Arten und zeigte große Diversitätsunterschiede zwischen den Waldplots: Ein 25-jähriger Fichtenstangenwald war mit 15 Flechtenarten der artenärmste, ein 100-jähriger, fichtendominierter „Montaner Hainsimsen-Fichten-(Tannen-)wald“ in hygrisch begünstigter Lage und reicher Felsausstattung war mit 52 Flechtenarten der artenreichste Wald. In der Regel erwiesen sich Waldplots mit hoher Substratvielfalt, etwa in Form einer diversen Baumartenmischung oder Totholzausstattung, sowie von hohem Bestandesalter, als die artenreicheren. Aufbauend auf die Erkenntnisse dieses Projekts wurde 2023 ein Folgeprojekt gestartet, das die Datenlage durch die Untersuchung des Kronenraums erweitern sollte. Auf 92 entnommenen Kronenästen wurden 83 Flechtenarten festgestellt, 37 davon exklusiv für den Kronenraum. Auch im Kronenraum wurden große Unterschiede in der Artenvielfalt registriert, die stark von der untersuchten Baumart abhingen: Überdurchschnittliche Diversitätswerte waren auf *Sorbus aucuparia*, *Alnus incana*, *Ulmus glabra*, *Fraxinus excelsior* und *Acer pseudoplatanus* zu verzeichnen; *Fagus sylvatica* und *Larix decidua* markierten etwa den Durchschnitt. *Picea abies* und *Abies alba* zeigten leicht unterdurchschnittliche mittlere Artenzahlen pro Baum, und die geringste Artenvielfalt wiesen *Salix caprea*, *Betula pendula*, *Pseudotsuga menziesii* und *Pinus sylvestris* auf. Die Ergebnisse sollten eine europaweite Einordnung der Waldplots unter dem Aspekt der Artendiversität und die Ableitung flechtenfördernder Handlungsempfehlungen für die Forstwirtschaft ermöglichen.

Abstract: Lichen diversity in managed forests within the Mürztaler Alpen. – In 2019, a first survey concerning lichen species richness was carried out in managed and recently abandoned forest areas at the Forestry Training Center Pichl in the Mürztaler Alpen. The aim of this project was to record as many lichens as possible growing no more than two meters above the ground, including bark-, dead wood-, rock-, and soil-dwelling lichens at 16 forest sites. This survey revealed 163 species and showed large differences in species richness between forest plots: a 25-year-old spruce-pole forest was the least species-rich with 15 lichen species, whereas a 100-year-old spruce-dominated montane spruce-fir forest in a humid location and rich in rock outcrops was the most species-rich forest with 52 lichen species. In general, forest plots with high substrate diversity, e.g., in the form of a diverse mix of tree species or dead wood, and with a high stand age proved to be the most species-rich. Based on the results of this project, a follow-up project was launched in 2023 to extend the data set by systematically analyzing the canopy. On 92 canopy branches, 83 lichen species were identified, 37 of which were only recorded in the canopy. Large differences in species richness were also found in the canopy, strongly depending on the tree species analyzed: Above-average richness was found on *Sorbus aucuparia*, *Alnus incana*, *Ulmus glabra*, *Fraxinus excelsior* and *Acer pseudoplatanus*, while *Fagus sylvatica* and *Larix decidua* were around average. *Picea abies* and *Abies alba* were slightly below average in the mean number of species per tree and the lowest species richness per crown was found on *Salix caprea*, *Betula pendula*, *Pseudotsuga menziesii* and *Pinus sylvestris*. The results should allow a Europe-wide categorization of the forest plots in terms of species richness and the derivation of lichen-promoting recommendations for forestry measures.

Schlüsselwörter: Artenvielfalt, Flechten, Kronendach, Österreich, Wirtschaftswälder.

Keywords: canopy, lichens, managed forests, species richness, temperate forests.

*Corresponding Author: harald.komposch@gmx.at

Komposch H. 2025: Flechtendiversität unterschiedlich stark genutzter Wälder in den Mürztaler Alpen. – *Natura Styriaca* 1: 240–260. (Angenommen am 11.03.2025)

1. Einleitung

Eine Flechte ist eine Lebensgemeinschaft aus einem oder mehreren Pilzen und Algen und/oder Cyanobakterien. Diese Lebensgemeinschaft wird nach dem – meist formgebenden – Pilzpartner benannt und in dessen Verwandtschaftssystem eingeordnet. In Österreich sind aktuell etwa 2683 Flechtentaxa nachgewiesen, viele davon sind allerdings unzureichend erforscht, sodass beinahe mit jeder größeren Untersuchung Arten gefunden werden, die noch keine Erwähnung in der aktuellen Checkliste aus dem Jahr 2016 fanden (Hafellner & Türk 2016). Seit Erstellung dieser Checkliste wurden 192 zusätzliche Flechtenarten nachgewiesen.

Flechten spielen in den verschiedenen Waldökosystemen eine zumeist unterschätzte Rolle. Aufgrund ihrer morphologischen Diversität – sie wachsen als Krusten-, Blatt-, Schuppen-, Bart-, Trompeten-, Stift- und Strauchflechten – strukturieren sie das überwachsene Substrat, sind Mikrohabitat, Schutz, Nahrung und Nistmaterial für unterschiedlichste Tiergruppen in hoch komplexen Vernetzungen (Asplund & Wardle 2017; Seaward 2008) und können, abhängig von ihrer Biomasse im jeweiligen Waldtyp, gewichtige Rollen im Wasserrückhaltevermögen und in den Stoffkreisläufen spielen (Campbell et al. 2010; Knops et al. 1997; Pike 1978). Starke Vernetzungen sind insbesondere für Schnecken (Asplund et al. 2010), Schmetterlinge (Rambold 1985), Käfer (Nabozhenko et al. 2017), Spinnentiere (z. B. Hornmilben), Springschwänze, Nematoden (Bokhorst et al. 2015; Leinaas & Fjellberg 1985; Søchting & Gjelstrup 1985), aber auch für Rentiere (Thompson et al. 2015), Nagetiere (Hayward & Rosentreter 1994), Vögel (Pettersson et al. 1995; Schöller 1997) und Spinnen als Prädatoren anderer Arthropoden (Gunnarsson et al. 2004) nachgewiesen worden. Ihre Reduktion bzw. ihr Verlust führt zu tiefgreifenden Verarmungen in den Flechten-Wirbellosen-Gesellschaften und damit im Ökosystem Wald (Bokhorst et al. 2015; Seaward 2008). Eine aktuelle Aufstellung der vielfältigen Interaktionen zwischen Flechten und Tieren kann bei Honegger (2023) nachgelesen werden.

In Österreich sind etwa 1000 Flechtenarten aufgrund ihres epiphytischen Substratspektrums an Wälder gebunden. Sie besiedeln Baumrinde, Borke, Totholz oder Koniferennadeln. Aus dieser Liste der waldbewohnenden Arten sind überdurchschnittlich viele, nämlich 529 in die Rote Liste gefährdeter Flechten aufgenommen; 41 gelten als ausgestorben, 43 sind vom Aussterben bedroht, 90 sind stark gefährdet und 210 als gefährdet gelistet; die übrigen gelten als potenziell gefährdet (Türk & Hafellner 1999). Sehr ähnliche Werte wurden aktuell aus Deutschland berichtet (Wirth et al. 2024). Als Ursachen speziell für diese Gruppe wurden von Türk & Hafellner (1999) neben Luftverunreinigungen großräumig forstwirtschaftliche Maßnahmen, wie das Anlegen von Monokulturen, Kahlschlagwirtschaft, Schlägerung von Altwaldbeständen und Verkür-

zung der Umtriebszeiten, bzw. kleinräumig durch den Forststraßen- und Schipistenbau und das Entfernen von stehendem und liegendem Totholz genannt. Im Bereich der Lufthygiene konnten einige Erfolge erzielt werden (Anderl et al. 2024), auch die Anlage von Monokulturen wird im Zuge der Anpassung an den Klimawandel nicht mehr propagiert, hingegen wird neuerdings auf Mischbestände gesetzt (Leitgeb et al. 2016; Perny et al. 2020). Auf die Bedürfnisse der biodiversen und höchst sensiblen Flechten wird allerdings kaum aktiv eingegangen, sodass einzelne problematische Faktoren noch an Brisanz zugelegt haben und empfindliche Flechtenvereine weiter zurückgedrängt werden (Brackel 2019; Czerepko et al. 2021; Liška et al. 2008; Stordeur et al. 2020): etwa durch die Erschließung unbewirtschafteter Altwälder und die fortschreitende Auffichtung von Wirtschaftswäldern durch die Verdichtung des Forststraßennetzes (Feldbacher-Freithofer et al. 2024) oder die weitere Verkürzung der Umtriebszeiten (Dettki & Esseen 2003; Gotsmy & Baumgartner 2008; Komposch in press; Neumann & Rössler 2006; Ruhm et al. 2016a, 2016b; Zwettler 2019).

Um den Kenntnisstand der Flechten in für Österreich typischen Wirtschaftswäldern zu erweitern, wurden im Jahr 2019 neben vegetationskundlichen Erhebungen des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) und umfangreichen zoologischen Erhebungen, die Flechtendiversität in den Wirtschaftswäldern und außer Nutzung gestellten Waldbereichen der Forstlichen Ausbildungsstätte Pichl erhoben. Ziel dieses ersten Waldökologieprojekts war die möglichst vollständige Erfassung der bodennahen Flechtendiversität auf 16 abgegrenzten Waldflächen. Diese Arbeit wurde im Auftrag des BFW durchgeführt und resultierte in Flechtenlisten der boden-, fels-, totholz- und borkenbewohnenden Arten. Aufbauend auf die Erkenntnisse dieses ersten Waldökologieprojekts, wurden im Jahr 2023 die flechtenkundlichen Erhebungen auf den Kronenraum und auf Störungsflächen, wie Forststraßenböschungen, Schlagfluren und Windwürfe ausgeweitet.

Die Ergebnisse sollen eine Einordnung der intensiv genutzten als auch außer Nutzung gestellten Waldbereiche, sowie einzelner Sonderstandorte unter dem Aspekt der Artendiversität ermöglichen und einen Beitrag zur flechtenkundlichen Erforschung der Mürztaler Alpen leisten. Dieser Mittelgebirgszug hatte in der Vergangenheit aufgrund der niedrigen Lage, der intensiven forstlichen Überprägung und der hohen Luftverunreinigungen kaum Lichenologen angezogen und die Liste genannter Arten umfasst nur etwa 90 Flechten aus der näheren Umgebung (Hafellner 1999). Aus dem Westteil der Mürztaler Alpen sind einige Arten in Hafellner & Grill (1981) und Zahlbruckner (1886) erwähnt. Eine Liste der Flechtenfunde mit Forschungsqualität aus iNaturalist (www.inaturalist.org) zählt etwa 15 Arten aus den Mürztaler Alpen.

1.1. Das Untersuchungsgebiet

Alle Untersuchungen wurden im Lehrforst der Forstlichen Ausbildungsstätte Pichl, die eine Gesamtfläche von ca. 350 ha umfasst, durchgeführt. Dieser befindet sich in den Ostalpen, genauer in den östlichen Zentralalpen bzw. Mürztaler Alpen nördlich von Mitterdorf im Mürztal (Lieb 1991). Die Erhebungsplots erstrecken sich über einen Höhengradienten von 630 m bis 990 m Seehöhe und liegen in verschiedenen Expositionen des im Untersuchungsgebiet maximal 1025 m hohen, sich nord-süd-erstreckenden, vorwiegend silikatreichen

Mittelgebirgszugs „Lutschaun“. Die Talsohle mit den auf etwa 590 m Seehöhe gelegenen Orten St. Barbara im Mürztal und Mitterdorf im Mürztal begrenzt den Untersuchungsraum im Südosten. Im Osten ist der Höhenzug durch den Lambach- und Veitschgraben, im Westen durch den Scheibgraben begrenzt. Einige vegetationskundliche Untersuchungsflächen befanden sich auch östlich des Veitschbaches an den Westhängen des Sommerbergs. In diesen wurden jedoch keine bodenbewohnenden Flechten festgestellt (Abb. 1).

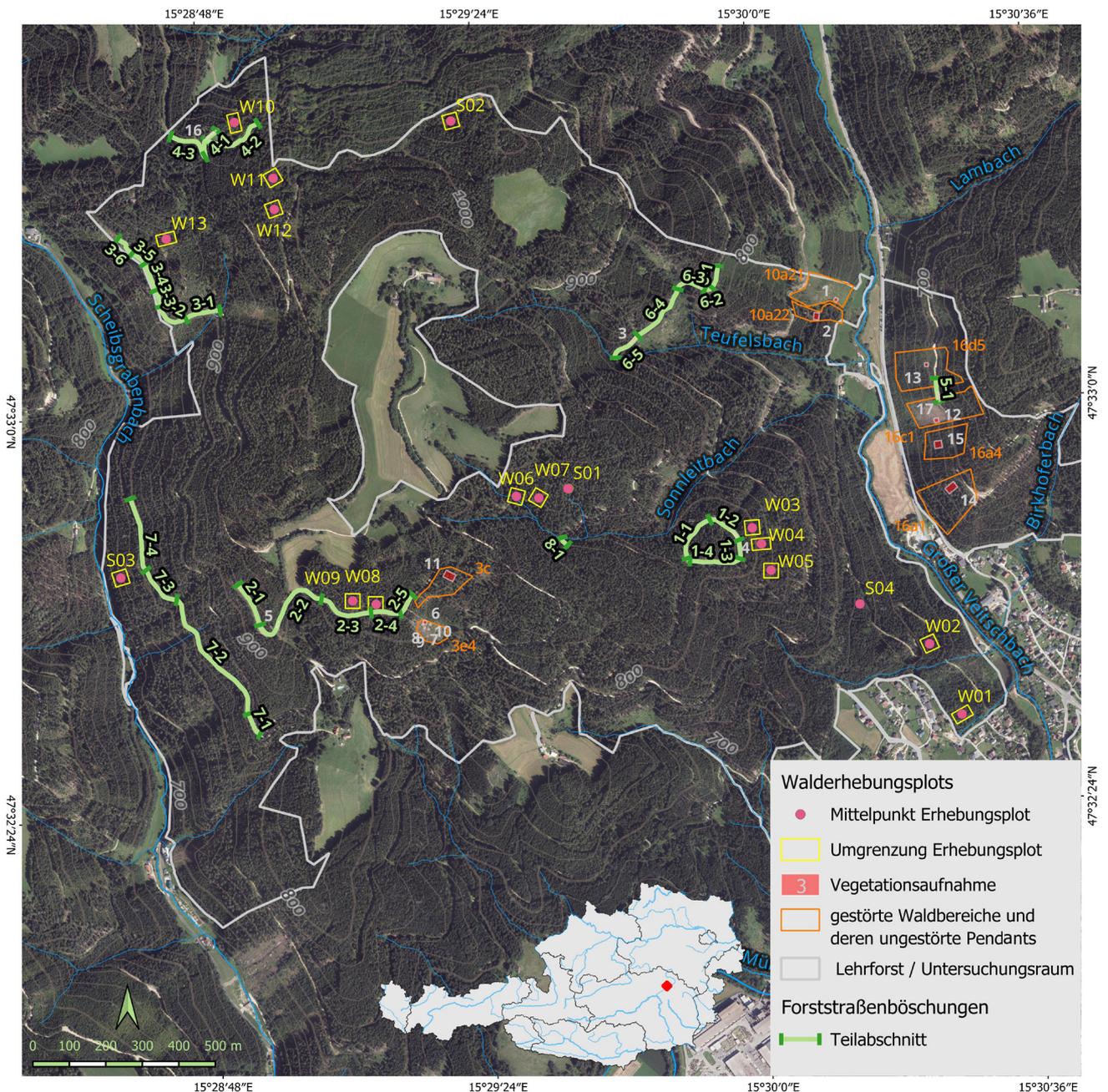


Abb. 1: Orthofoto mit Umgrenzung des Lehrforsts der Forstlichen Ausbildungsstätte Pichl und Lage in Österreich. Dargestellt sind die Erhebungsplots W01–W13 und S01–S04, sowie alle anderen Erhebungsflächen, unter diesen die Schlagfluren 3e, 16a4–d5, der Windwurf 10a21 und ihre benachbarten Altbestände 3c, 16a1 und 10a22, sowie die Forststraßenböschungen 1-1 bis 8-1 (Kartengrundlagen: www.geoland.at und FAST Pichl).

Fig. 1: Area of investigation with boundaries of the Forestry Training Center Pichl and its location in Austria. Shown are the main forest survey plots W01–W13 and S01–S04, as well as all other survey areas, among these the clear-cutting plots 3e, 16a4–d5, the windthrow plot 10a21 and their neighboring standing forests 3c, 16a1 and 10a22, as well as the forest road embankments 1-1 to 8-1 (map data from www.geoland.at and FAST Pichl).

Tab. 1: Charakterisierung der 17 Erhebungsplots und 7 Forststraßenböschungen, an denen in einem oder beiden Waldökologieprojekten standardisiert Flechtenuntersuchungen durchgeführt wurden. Für die Erhebungsplots werden Dezimalkoordinaten der Plot-Mittelpunkte, für die linearen Forststraßenböschungen jeweils Start- und Endpunkt angegeben (WGS84, EPSG: 4326). Beim Bestandesalter sind Minimal- und Maximalwerte in Klammern angeführt. Die Nomenklatur der Waldvegetationseinheiten richtet sich nach Willner & Grabherr (2007), deren Zuordnung erfolgte größtenteils durch Franz Starlinger (unveröffentlicht) bzw. eigene Recherche. Überschirmungsgrade, Bestandesalter, Bodenkenndaten, Gesteinsuntergrund und Klimadaten wurden von der Forstlichen Ausbildungsstätte Pichl zur Verfügung gestellt. Fehlende Daten sind durch ein „-“ gekennzeichnet. Bei Kronenastuntersuchungen sind unter „Krone“ die Ansatzhöhe des untersten lebenden Kronenasts sowie die Baumhöhe in Klammer angeführt. Erklärung der verwendeten Abkürzungen: Sub ... Anzahl vorhandener Substrate, ÜS ... Überschirmungsgrad, Tax (RL) ... Gesamtzahl bodennaher Flechtentaxa bzw. Rote Liste-Arten in Klammer (jeweils ohne Felsbewohner), Temp ... Mittlere Tagestemperatur von April – August 2019 & September – Oktober 2020, LF ... Mittlere relative Luftfeuchte im selben Zeitraum.

Tab. 1: Characterization of the 17 forest survey plots and 7 forest road embankments where standardized lichen surveys were conducted in one or both forest ecology projects. Decimal coordinates of the plot center points are given for the forest survey plots and for the start and end points of the forest road sections (WGS84, EPSG: 4326). For stand age, minimum and maximum values are given in brackets. The nomenclature of forest vegetation units is based on Willner & Grabherr (2007), most of which were assigned by Franz Starlinger (unpublished) or own research. Data on canopy cover, stand age, soil characteristics, bedrock and climate were provided by the Forestry Training Center Pichl. Missing data are marked with ‘-’. In the case of crown branch studies, the height of the lowest living crown branch and the tree height are given in brackets under ‘Krone’. Explanation of abbreviations used: Sub ... number of substrates present, ÜS ... degree of canopy cover, Tax (RL) ... total number of lichen taxa or Red List species in brackets (excluding saxicolous lichens), Temp ... mean daily temperature from April to August 2019 and September to October 2020, LF ... mean relative humidity within the same reference period.

Plot	Erhebungs-Daten	Vegetations- und Standortsbeschreibung, geografische Koordinaten (E, N), Seehöhe (alt.), Kenndaten zur Kronenraum-Untersuchung	Sub	ÜS [%]	Tax (RL)	Temp [°C]	LF [%]
W01	05.08.2019, 01.08.2023	ENE-exponierter, vernässter, (20)–28–(35) Jahre alter Edellaubholzwald (Berg-Ahorn; Edel-Esche, Vogel-Kirsche, Sal-Weide, Hasel) mit wenig Fichte; Carici pendulae-Aceretum, submontane Form [Komplexstandort]; Bodentyp: Gley, Humusschicht: Mull, Boden-pH: 5,0; Grundgestein: postglaziale Ablagerungen; 15,507241, 47,542116; 627 m alt. Kronenäste von <i>Acer pseudoplatanus</i> , Nr. 7, BHD: 40 cm, Krone (6–15 m), <i>Salix caprea</i> , Nr. 8, BHD: 24 cm, Krone (2,3–12 m)	5	89	22 (2)	13,0	85,5
W02	05.08.2019, 01.08.2023	ENE-exponierter, aufgelichteter, 80-jähriger Fichten-Altersklassenwald mit ausgeprägter Strauch- und Krautschicht (starke Fichten- und Rotbuchenverjüngung, etwas Tanne und Hasel, sowie Haar-Brombeere und Himbeere); Galio rotundifolii-Piceetum typicum; Bodentyp: Braunerde, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 4,05; Grundgestein: postglaziale Ablagerungen; 15,50613, 47,543879; 633 m alt. Kronenäste von <i>Picea abies</i> , Nr. 9, BHD: 52 cm, Krone (10,8–36 m)	5	69	16 (2)	12,6	86,0
W03	05.08.2019, 02.08.2023	E-exponierter, (130)–140–(150) jähriger Altersklassenwald aus Fichte, Tanne und etwas Lärche; Bazzanio-Piceetum typicum; Bodentyp: Braunerde, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 4,05; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,499802, 47,546878; 801 m alt. Kronenäste von <i>Abies alba</i> , Nr. 24, BHD: 53 cm, Krone (14,6–33 m), <i>Larix decidua</i> , Nr. 25, BHD: 49 cm, Krone (26,8–35 m), <i>Picea abies</i> , Nr. 26, BHD: 42 cm, Krone (22,3–36 m)	10	67	35 (4)	12,6	82,0
W04	05.08.2019, 03.08.2023	E-exponierter, (25)–38–(50)-jähriger Fichtenstangen- bzw. Fichtenaltersklassenwald mit vereinzelt Lärche, etwas Tanne in der Strauchschicht, unlängst durchforstet; Luzulo luzuloidis-Piceetum typicum; Bodentyp: Braunerde, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 4,05; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,500118, 47,546474; 793 m alt. Kronenäste von <i>Picea abies</i> , Nr. 30, BHD: 21 cm, Krone (4,7–18 m)	4	87	22 (2)	12,3	80,0
W05	05.08.2019, 02.08.2023	ESE-exponierter, 85-jähriger Fichten-Lärchen-Altersklassenwald (Fichte und Tanne in der Verjüngung); Luzulo luzuloidis-Piceetum oxalidetosum; Bodentyp: Braunerde, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 4,05; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,500437, 47,545815; 770 m alt. Kronenäste von <i>Picea abies</i> , Nr. 27, BHD: 52 cm, Krone (21,5–37 m), <i>Larix decidua</i> , Nr. 28, BHD: 52 cm, Krone (25,1–34 m)	3	86	25 (2)	12,5	81,5
W06	25.07.2019, 31.07.2023	SSW-exponierter, kleinflächiger 160-jähriger Laubmischwald (alte Berg-Ulme, Berg-Ahorn, Esche, alte Rotbuche) umgeben von einem ca. 120-jährigen Fichten-(Föhren-Lärchen-)Altersklassenwald; Luzulo Fagetum [Komplexstandort]; Bodentyp: Braunerde, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 4,79; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,491251, 47,54782; 860 m alt. Kronenäste von <i>Fagus sylvatica</i> , Nr. 2, BHD: 108 cm, Krone (5–26 m), <i>Fraxinus excelsior</i> , Nr. 3, BHD: 51 cm, Krone (19,7–32 m), <i>Ulmus glabra</i> , Nr. 4, BHD: 81 cm, Krone (5–34 m)	6	75	38 (3)	11,5	87,8
W07	25.07.2019, 31.07.2023	SW-exponierter, (120)–140–(160)-jähriger Fichten-Lärchen-Föhren-Altersklassenwald, Krautschicht mit viel Heidelbeere und Draht-Schmiele; Luzulo luzuloidis-Piceetum typicum; Bodentyp: (Semi)Podsol, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 2,7; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,492067, 47,547765; 862 m alt. Kronenäste von <i>Picea abies</i> , Nr. 1, BHD: 62 cm, Krone (20–46 m)	5	70	31 (2)	11,8	87,2
W08	24.07.2019, 01.08.2023	S-exponierter, (80)–100–(120)-jähriger, von Fichte dominierter Altersklassenwald (Rot-Föhre und Lärche eingemischt); Bazzanio-Piceetum typicum; Bodentyp: Podsol, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 3,12; Grundgestein: Pretuler Orthogneis (seit 25 Jahren außer Nutzung); 15,486041, 47,545236; 925 m alt. Kronenäste von <i>Larix decidua</i> , Nr. 10, BHD: 40 cm, Krone (21–27 m), <i>Pinus sylvestris</i> , Nr. 13, BHD: 48 cm, Krone (13,3–29 m)	7	68	36 (4)	12,2	80,0

Plot	Erhebungs-Daten	Vegetations- und Standortsbeschreibung, geografische Koordinaten (E, N), Seehöhe (alt.), Kenndaten zur Kronenraum-Untersuchung	Sub	ÜS [%]	Tax (RL)	Temp [°C]	LF [%]
W09	18.07.2019, 01.08.2023	SSW-exponierter, 95-jähriger, von Fichte dominierter Altersklassenwald (Rot-Föhre und Lärche eingemischt); Bazzanio-Piceetum typicum; Bodentyp: Podsol, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 3,12; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,485194, 47,545337; 925 m alt. Kronenäste von <i>Pinus sylvestris</i> , Nr. 11, BHD: 36 cm, Krone (10,5–26 m), <i>Picea abies</i> , Nr. 12, BHD: 50 cm, Krone (11–29,5 m)	7	68	34 (2)	12,5	78,2
W10	24.07.2019, 31.07.2023	NNW-exponierter, (90)–105–(120)-jähriger, teilweise außer Nutzung gestellter Berg-Ahorn-Fichten-(Tannen)-Rotbuchenwald; von Felsrippe begrenzt; Adenostylo glabrae-Fagetum helleboretosum nigri bzw. Mercuriali-Fagetum [Komplexstandort]; Bodentyp: Kalkbraunlehm, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 5,9; Grundgestein: Semmeringkalk; 15,481368, 47,557284; 908 m alt. Kronenäste von <i>Fagus sylvatica</i> , Nr. 5, BHD: 76 cm, Krone (4,5–34 m), <i>Acer pseudoplatanus</i> , Nr. 6, BHD: 41 cm, Krone (14–27 m)	7	99	34 (5)	10,6	90,2
W11	19.07.2019, 02.08.2023	SW-exponierter, 130-jähriger Buchen-(Tannen-Fichten)-Wald; Adenostylo glabrae-Fagetum bzw. Mercuriali-Fagetum [Komplexstandort]; Bodentyp: Kalkbraunlehm, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 5,9; Grundgestein: Semmeringkalk; 15,482724, 47,555875; 990 m alt. Kronenäste von <i>Fagus sylvatica</i> , Nr. 17, BHD: 43 cm, Krone (7,2–28 m), <i>Abies alba</i> , Nr. 18, BHD: 44 cm, Krone (10,4–25,5 m)	9	100	31 (5)	11,8	78,0
W12	24.07.2019, 02.08.2023	W-exponierter, 120-jähriger Fichten-Lärchen-Altersklassenwald mit starker Fichten- und etwas Rotbuchenverjüngung; Luzulo luzuloidis-Piceetum typicum; Bodentyp: Semi-podsol, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 2,96; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,482735, 47,555101; 980 m alt. Kronenäste von <i>Larix decidua</i> , Nr. 19, BHD: 51 cm, Krone (6,3–40,5 m), <i>Picea abies</i> , Nr. 20, BHD: 63 cm, Krone (13,6–40,5 m)	6	79	36 (4)	11,7	81,6
W13	24.07.2019, 02.08.2023	W-exponierter, 25-jähriger, artenarmer, sehr dichter Fichten-Stangenwald (vereinzelt Hänge-Birke); Luzulo luzuloidis-Piceetum typicum; Bodentyp: Kalkbraunerde, Humusschicht: Moder, Boden-pH: 5,7; Grundgestein: Semmeringkalk; 15,478772, 47,554437; 956 m alt. Kronenäste von <i>Picea abies</i> , Nr. 15, BHD: 21 cm, Krone (11–21 m), <i>Betula pendula</i> , Nr. 16, BHD: 25 cm, Krone (13,3–21 m)	5	97	15 (0)	11,6	81,8
S01	25.07.2019	S-exponierte, farn- und hochstaudenreiche, wenig geneigte Nassgalle ohne Gehölzbestockung (ca. 450 m ²); Caricion remotae; Bodentyp: Torf; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,493137, 47,547975; 860 m alt.	0	10	0 (0)	-	-
S02	25.07.2019, 02.08.2023	NNW-exponierter, (90)–105–(120)-jähriger Quellhangwald mit Grau-Erle, Vogelbeere, Esche, Berg-Ahorn (randlich Buche, Fichte, Lärche); Aceri-Alnetum incanae scirpetosum sylvatici; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis, randlich Kalkeinfluss; 15,489245, 47,557173; 965 m alt. Kronenäste von <i>Betula pendula</i> , Nr. 21, BHD: 32 cm, Krone (9,8–18 m), <i>Alnus incana</i> , Nr. 22, BHD: 25 cm, Krone (6,3–21 m), <i>Sorbus aucuparia</i> , Nr. 23, BHD: 32 cm, Krone (13,6–21,5 m)	11	78	39 (4)	-	-
S03	18.07.2019, 01.08.2023	WSW-exponierter, von zwei Felsrippen gesäumter, steiler, 100-jähriger Fichtenaltersklassenwald (wenig Lärche) in Grabenlage; Luzulo luzuloidis-Piceetum typicum; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,47678, 47,546063; 760 m alt. Kronenäste von <i>Picea abies</i> , Nr. 14, BHD: 38 cm, Krone (10,5–32,5 m)	6	89	40 (5)	-	-
S04	03.08.2023	ESE-exponierter, Douglasiens-Altersklassenwald in Hanglage; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,503639, 47,544917; 676 m alt. Kronenäste von <i>Pseudotsuga menziesii</i> , Nr. 29, BHD: 51 cm, Krone (18–34,5 m)	-	-	-	-	-
F1	14.07.2023	Forststraßenböschung mit vier Teilabschnitten 1-1 bis 1-4 in allen Expositionen; kurze felsige Passagen; 430 m Länge; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,497505, 47,54611; 15,497411, 47,546168; 820 m alt.	4	-	-	-	-
F2	27.07.2023	SW–S–SE-exponierte Forststraßenböschung mit vier Teilabschnitten 2-1 bis 2-4; 687 m Länge; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,487367, 47,545447; 15,481034, 47,545817; 915 m alt.	3	-	-	-	-
F3	26.07.2023, 09.08.2023	S–WSW-exponierte Forststraßenböschung mit sechs Teilabschnitten 3-1 bis 3-6; 424 m Länge; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis (3-1 bis 3-5) & Semmeringkalk (3-6); 15,480656, 47,552633; 15,477011, 47,554476; 900 m alt.	2	-	-	-	-
F4	26.07.2023	NW–N–E–SE-exponierte Forststraßenböschung mit drei Teilabschnitten 4-1 bis 4-3; oft Felsausbisse; 385 m Länge; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,479032, 47,556981; 15,482217, 47,557246; 930 m alt.	1	-	-	-	-
F5	22.08.2023	W-exponierte Forststraßenböschung mit einem Teilabschnitt 5-1; 65 m Länge; junge Spritzbegrünung; Bodendaten fehlen; Grundgestein unklar; 15,506718, 47,549877; 15,506622, 47,550464; 705 m alt.	0	-	-	-	-
F6	14.07.2023	SE–S-exponierte Forststraßenböschung mit fünf Teilabschnitten 6-1 bis 6-5; teilweise felsig; 439 m Länge; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis; 15,495004, 47,551189; 15,498802, 47,553399; 815 m alt.	3	-	-	-	-
F7	26.07.2023	WSW-exponierte Forststraßenböschung mit vier Teilabschnitten 7-1 bis 7-4; 789 m Länge; Bodendaten fehlen; Grundgestein: Pretuler Orthogneis & kleinräumig basische Gesteine; 15,477203, 47,54802; 15,481661, 47,54213; 820 m alt.	3	-	-	-	-

2. Methode

Im Jahr 2019 wurden bodennahe Flechtenerhebungen an 13 Waldstandorten (W01–W13) und drei Sonderstandorten (S01–S03) durchgeführt. Die Flechtenerhebung fand schwerpunktmäßig in 20 x 20 m messenden Bereichen um den Plotmittelpunkt statt und inkludierte primär epiphytische Flechten im unteren Stammbereich (max. 2 m Höhe) der Gehölze, Flechten auf Totholz, Erdboden, Detritus und Gestein. Aus einem 40 x 40 m bzw. 1600 m² messenden Bereich um den Plotmittelpunkt wurden weitere, im Inneren fehlende Substrate (z. B. weitere Baumarten) selektiv untersucht. Ausnahme war der Sonderstandort S01, eine Nassgalle, mit einer annähernd runden Umgrenzung und einer Fläche von zirka 450 m². Die Flechtenerhebungen auf den 16 Probeflächen wurden im Rahmen von fünf Geländeterminen absolviert. Die jeweils untersuchte Fläche der verschiedenen Substrate, wie Baumborke, Fels, Erdboden, Totholz oder Moos orientierte sich nach der Verfügbarkeit der Substrate in den Aufnahmeflächen und unterschied sich teils stark, daher variierte die Untersuchungsdauer je Plot entsprechend stark.

Im Jahr 2023 wurden im Rahmen des Waldökologieprojekts II einerseits Flechtendaten im Rahmen von Vegetationskartierungen an Störungsflächen, wie den Forststraßenböschungen F1–F7, den Schlagfluren 3e4, 16a1, 16a4, 16c1, 16d5 und einem Windwurf 10a21, sowie deren korrespondierenden, d. h. nebenliegenden Altbeständen 3c und 10a22 miterhoben. Andererseits wurden im Rahmen eines Kronendachschwerpunkts epiphytische Flechten ausgewählter Bäume der Erhebungsplots untersucht. Dabei wurden ein bis drei Individuen plottypischer Baumarten für die Untersuchung ausgewählt. Eine Karte aller Erhebungsplots und kartierten Störungsflächen findet sich in Abb. 1, eine Kurzcharakterisierung der Kartierungsflächen mit Flechtennachweisen, sowie Kenndaten zu den ausgewählten Kronenbäumen in Tab. 1.

Für die Erhebungen der Baumkronen wurden 94 Kronendachäste von 30 Laub- und Nadelbäumen auf ihren Flechtenbewuchs hin untersucht. Für jeden Baum wurde die Baumart, der Brusthöhendurchmesser, der untere Kronenansatz und die Gesamthöhe notiert (Tab. 1). Aus drei Kronenregionen wurde der jeweils subjektiv flechtenreichste gesunde Ast entnommen: Ast 1 entstammt der obersten, baumsteigerisch erreichbaren Kronenregion (ca. 2–3 m unterhalb der Spitze), Ast 2 der Mitte der Krone und Ast 3 dem unteren Kronenansatz (für die Bäume 1 und 2 wurden jeweils 4 Äste entnommen). Die Äste der Nadelbäume wurden am Stammansatz abgesägt. Sie hatten Durchmesser unter 7 cm. Jene der Laubbäume wurden entweder am Hauptstamm oder mit einem maximalen Durchmesser von 7 cm abgesägt und zu Boden geworfen. Folgende Parameter wurden für jeden Ast notiert: Ansatzhöhe am Stamm bzw. Höhe des Schnitts, Himmelsrichtung, Astneigung und Astlänge. Die Äste wurden am Boden von einem Großteil der Seitenäste befreit und transportfähig gebündelt. Die Detail-Kartierung der Hauptäste wurde aufgrund des zeitintensiven Absuchens mit der Lupe im Labor durchgeführt. Dies erfolgte unter Verwendung eines Tageslicht-Strahlers und einer 10-fach-Lupe. Von jedem Ast wurde mindestens eine Probe jeder Art im Herbarium des Autors hinterlegt.

Jede Probe wurde für die Bestimmung und Herbarisierung auf Karton geleimt. Die Bestimmung erfolgte größtenteils mittels folgender Literatur: Martellos et al. (2023), Wirth et al. (2013a, 2013b), Smith et al. (2009) und Tønsberg (1992). Für einzelne Gattungen wurde andere Bestimmungsliteratur verwendet. Die dünnschichtchromatographische Analyse der Flechten-Sekundärstoffe wurde nach dem Protokoll von Schumm & Elix (2015) durchgeführt, die Laufcharakteristika mit den Chromatogrammen in Schumm & Elix (2015) bzw. Schumm (2016) verglichen. Die Nomenklatur der Flechten folgt Nimis et al. (2018), bzw. neuerer Literatur. Der Begriff „Flechtenarten“ umfasst in den Auswertungen neben Flechtenarten und deren Unterarten einige flechtenparasitische bzw. flechtenähnliche Pilze (vgl. Tab. 5). Die Auswertung bezüglich gefährdeter Flechten basiert auf der in die Jahre gekommenen Roten Liste gefährdeter Flechten von Türk & Hafellner (1999). Einzelne Flechten konnten aufgrund ihrer Entwicklung oder anderer Bestimmungsprobleme nur bis zur Gattung bestimmt werden. Diese werden als „Gattung sp.“ in den Auswertungen mitgeführt. Andere waren aufgrund ihrer Entwicklung nur mit Unsicherheiten einer Art zuzuordnen, etwa *Physcia adscendens* oder *Physcia tenella*. Sie wurden für die Auswertungen dem jeweils ähnlicherem Taxon zugeschlagen. Etwa 10 Belege konnten aufgrund fehlender Sekundärstoffchemie oder für chemische Analysen zu geringer Probengrößen nicht bestimmt werden. Sie wurden in den Auswertungen vernachlässigt. Die Sammelart *Candelariella efflorescens* agg. umfasst in Anlehnung an John (2015) die zwei Arten *C. efflorescens* und *C. xanthostigmoides*, wobei *Candelariella efflorescens* R.C.Harris & W.R.Buck nicht sicher nachgewiesen werden konnte, weil von dieser Art keine fertile Probe gefunden wurde. Der Großteil der *Candelariella efflorescens* agg. zugeordneten Belege dürfte *C. xanthostigmoides* zuzuordnen sein.

Die Datensammlung erfolgte im Gelände und im Labor mittels QField, die Verarbeitung in einer Microsoft Access-Datenbank. Statistische Auswertungen wurden mittels Microsoft Excel, Statistica / Statsoft Inc. und PcOrd (McCune & Mefford 2018) durchgeführt. Für die Berechnung von Korrelationen wurde die Pearson-Produkt-Moment-Korrelation verwendet. Für die Indikatorarten-Analyse wurden Presence-Absence-Werte je Ast verwendet und das Konzept von Dufrêne & Legendre (1997) angewandt. Die Indikatorwerte wurden mittels Monte Carlo-Test und 4999 Permutationen auf Signifikanz getestet (McCune & Grace 2002). Für die multidimensionale Skalierung und Indikatorartenanalyse wurden Flechtenarten mit weniger als 3 Vorkommen exkludiert.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Diversität bodennaher Flechten

3.1.1. Flechten der Waldstandorte

Im Zuge der Erhebungen des Waldökologieprojekts I konnten auf den 16 Erhebungsplots in Wäldern 163 Flechtenarten festgestellt werden. Am Sonderstandort S01, eine farnreiche Nassgalle ohne Gehölzbewuchs, wurden keine Flechten vorgefunden. Der artenreichste Erhebungsplot war der „Montane Hainsimsen-Fichten-(Tannen-)wald“ S03 mit 52 Flechtenarten, der artenärmste der Fichtenstangenwald W13 mit 15 Flechtenarten. Die Plots unterscheiden sich mitunter stark in ihrem Alter und in ihrer Habitat-Ausstattung; etwa waren die Plots S03, W03, W10, W11 und W12 im Unterschied zu allen anderen mit Felsvorkommen ausgestattet. Für alle weiteren Aussagen, insbesondere die, von der forstwirtschaftlichen Praxis direkt abhängende Biodiversität betreffend, wurden felsbewohnende Flechtenarten aus den Analysen exkludiert. Die Flechtendiversität der übrigen Substrate (Rinde/Borke, Totholz, Erdboden, Pilzkonsolen) betrug 136 Arten. Der Sonderstandort S03 blieb nach Abzug der 12 Felsbewohner mit 40 Arten knapp der artenreichste, insbesondere deswegen, weil Arten herabgefallener Kronenäste inkludiert waren. Im Mittel wurden 28,4 Flechtenarten ($\pm 10,9$ Standardabweichung) je Erhebungsplot registriert. Nachfolgend werden die Waldplots entsprechend ihrer bodennahen Flechtendiversität charakterisiert (Abb. 2):

Sehr **artenarm** waren die Erhebungsplots W13 und W02 mit 15 bzw. 16 Flechtenarten. W13 ist ein 25-jähriger Fichtenstangenwald mit einzelnen Hänge-Birken und einer Sal-Weide, W02 ist ein lichtreicher, 80-jähriger Fichten-Altersklassenwald mit stark deckender, niedriger Strauchschicht aus vornehmlich Fichtenverjüngung, der dem Vegetationstyp Labkraut-Fichten-Tannenwald zugeordnet wird. Die Flechtenzusammensetzung entsprach kaum jener eines typischen Nadelwalds, da viele typische (acidophytische) Flechten von Fichtenborken fehlten und stickstoffliebende Flechten häufig waren. Als Ursache werden Stickstoffeinträge aus dem Mürztal und Veitschbachgraben vermutet.

Mit 22 bis 25 Flechtenarten je Plot waren die Erhebungsplots W01, W04 und W05 **vergleichsweise artenarm**. W01 ist ein junger, laubbaumreicher Mischwald, der durch sein dichtes Blätterdach eine starke Beschattung der unteren Stammabschnitte hervorruft und damit ungünstige Wuchsbedingungen für Flechten in Bodennähe erzeugt (Überschirmungsgrad 89%). W04 ist großteils ein Fichten-Stangen- bis Altersklassenwald. Hier steht hauptsächlich junge Fichtenborke und wenig Licht zur Verfügung, was ungünstige Voraussetzungen für ein artenreiches Flechtenwachstum schafft. W05 ist ein mittelalter, jüngst durchforsteter, 85-jähriger Fichten-Lärchen-Altersklassenwald in trockener Südostexposition. Hier dürfte die geringe Substratdiversität i. e. Baumartendiversität und der ehemals dichte Wuchs, sowie das geringe Totholzangebot für die geringe Flechtendiversität ausschlaggebend gewesen sein.

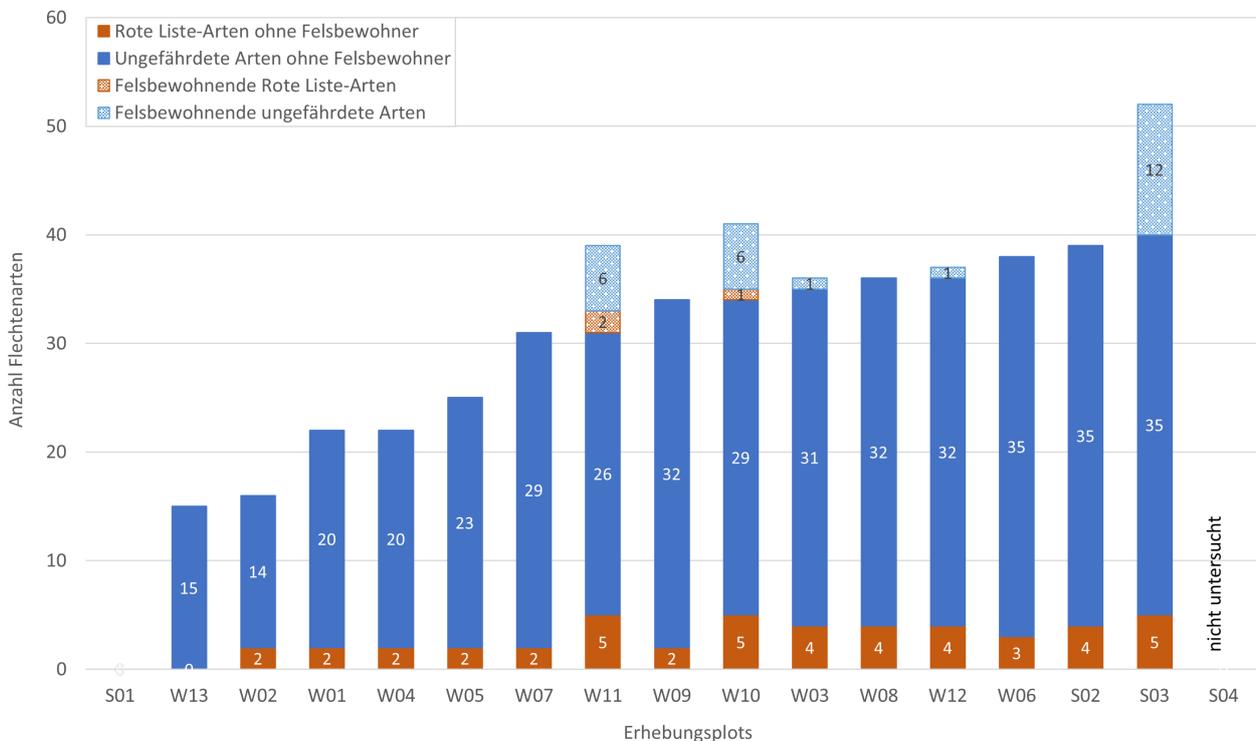


Abb. 2: Bodennahe Flechtendiversität auf allen Substraten der Erhebungsplots aus Waldökologie I unter Angabe der Anzahl von Rote Liste-Arten und ungefährdeten Arten, aufsteigend gereiht nach Artendiversität der nicht Fels bewohnenden Flechten. Am Sonderstandort S01 wurden keine Flechten festgestellt, der Sonderstandort S04 wurde im Waldökologie-Projekt I nicht untersucht.

Fig. 2: Species richness of near-ground lichens on all substrates within the main forest survey plots (Forest Ecology I), indicating the number of species of conservation concern (red) and non-endangered species (blue), ranked in ascending order of non-rock lichens. No lichens were found at plot S01; plot S04 was not investigated in Forest Ecology I.

Alle übrigen Erhebungsplots W03, W06–W12, S02–S03 waren **vergleichsweise artenreich**. Der Artenreichtum stand in engem Zusammenhang mit der dort erhöhten Substratvielfalt (Boch et al. 2013; Jüriado & Paal 2003). Diese beginnt bei der Baumartenmischung, z. B. standen außer Nadelbäumen auch Laubbäume zur Verfügung, inkludiert unterschiedliche Altersklassen (ausgeprägt in S02, W10, W11) und Totholzqualitäten (besonders reich in W06 und W07). Dies wurde durch eine signifikante Korrelation zwischen Artenreichtum und Habitat-Ausstattung (Anzahl Substrate) bestätigt (Tab. 2). Bäume unterscheiden sich durch ihre Außenhülle, die Rinde bzw. später auch die Borke, sehr deutlich voneinander und schaffen durch unterschiedliche chemisch-physikalische Eigenschaften dieser Borken sehr unterschiedliche Substrate für epiphytische Flechten. Viele Flechten wiederum sind an bestimmte Substrateigenschaften angepasst und präferieren damit die Borke des einen oder anderen Baums, sodass sich die Artengarnituren der Bäume einmal stärker, einmal schwächer unterscheiden, je nachdem, wie sehr sich auch die Borkeneigenschaften unterscheiden (Bacchus & Da Silva 2021; Barkman 1958). Zudem verändern sich im Laufe des Älterwerdens eines Baums abermals die Borkeneigenschaften, die Borkenrisse werden tiefer, der pH-Wert ändert sich, die äußeren Borkenstege verwittern zusehends, sodass sich auf alten Bäumen Flechtenarten finden, die auf mittelalten oder jungen Bäumen nicht oder selten vorkommen (Everhart et al. 2009; Hofmeister et al. 2016; Kaufmann et al. 2018; Komposch in press; Petersson et al. 2022; Ranius et al. 2008; Ruchty et al. 2001). Mit zunehmendem Alter häufen sich Borkenverletzungen, Stamm- und Astbrüche und die Zahl spezieller Mikrohabitate bzw. Stamm-Anomalien, wie z. B. Phytothelmen, Wundverschlüsse, Bruchstellen, Tumore (Friedel et al. 2006; Fritz & Heilmann-Clausen 2010; Fritz et al. 2008; Nordén et al. 2018 [2017]).

Die stärkste Korrelation zeigte sich zwischen dem Artenreichtum und dem Bestandesalter (Hilmo et al. 2011; Humphrey et al. 2002; Jüriado & Paal 2003; Svoboda et al. 2010) und war auch für gefährdete Arten signifikant (Fritz & Brunet 2010). Alle anderen Standortfaktoren, wie mittlere relative Luftfeuchte und mittlere Tagestemperatur von April bis Oktober, Überschirmungsgrad und Seehöhe blieben ohne signifikante Korrelationen zur Artendiversität. Im Fall der Klimadaten dürften entweder der ausgewertete Zeitraum oder die herangezogenen Parameter nicht ausschlaggebend gewesen sein, denn im Normalfall sind hygrisch begünstigte Standorte artenreicher als trockene (Nascimbene & Marini 2015).

Ein Literaturvergleich bezüglich der festgestellten Artenvielfalt mit ähnlich großen, in ähnlicher Höhenlage befindlichen und in ihrer Untersuchungsintensität vergleichbaren, europäischen Wäldern soll eine grobe Einordnung des Untersuchungsgebiets ermöglichen. Für den Vergleich wurden sieben Erhebungsplots fichtendominierter Wirtschaftswälder im Ausmaß von 1,12 ha (W02, W03, W05, W07, W09, W12, S03) und sechs Laub(misch)waldplots (inkl. Nassgalle S01) im Ausmaß von 0,85 ha (W01, W06, W10, W11, S01, S02) zu jeweils einem Metaplot zusammengefasst und auf borken-, sowie totholzbewohnende Flechten hin ausgewertet (Tab. 3). Die beiden sehr jungen, fichtendominierten Wirtschaftswälder W04 und W13, sowie W08 als sehr ähnlicher Bestand zu W09 wurden für diese Analyse exkludiert, um die Flächengröße von annä-

hernd einem Hektar zu erreichen. Boden- und felsbewohnende Flechten wurden der Vergleichbarkeit wegen exkludiert.

Obwohl die Ergebnisse aus nachfolgend genannten Gründen nicht direkt vergleichbar sind, eignen sie sich für eine größenordnungsmäßige Einordnung: 1. In der vorliegenden Studie wurde nicht ein homogenes Waldstück von 1 ha untersucht, sondern 7 bzw. 6 örtlich getrennte Plots zu einem Metaplot zusammengefasst, was zusätzliche Standortvielfalt (Exposition, Klima, Seehöhe, Boden, etc.) inkludiert und damit höherer Artenvielfalt impliziert. 2. Die vorliegenden Metaplots umfassen nicht genau 1 ha große Flächen. 3. Für alle vergleichbaren Arbeiten wurden Flechtendaten von mehreren Kartierer:innen vereint, woraus höhere Artenzahlen resultieren.

Der grobe Vergleich mit Wäldern ähnlicher Höhenlage in Europa zeigt, dass die extensiven bzw. naturnahen Erhebungsplots zusammengenommen etwa 72 % der Arten eines homogenen Altwalds am Lahnsattel (Hafellner & Komposch 2007) bzw. 58 % der Arten eines vergleichbaren Altwalds im Nationalpark Böhmerwald (Malíček et al. 2019) aufweisen. Alt- und Urwälder im östlichen Europa (Malíček et al. 2018; Vondrák et al. 2019) weisen durchaus mehr als 3 x so viele Flechtenarten auf (Tab. 3). Betrachtet man die in der jüngeren Vergangenheit intensiver genutzten Waldplots gemeinsam, ist die summierte Artenzahl von 85 Flechtenarten mit anderen Wirtschaftswäldern, etwa jenem im Nationalpark Böhmerwald (Malíček et al. 2019) vergleichbar (88 Arten). Sieht man sich die hohe Spanne der Wirtschaftswälder in punkto Artenvielfalt (15 bis 40 Arten je Plot, Abb. 2) an, wäre hier der direkte Vergleich durch die Auswahl repräsentativer Wälder und Erhebungsplotgrößen von einem Hektar durchaus ein anzustrebendes Ziel für eine nachfolgende Untersuchung. Anzunehmender Weise wäre die Einordnung der Standorte im internationalen Vergleich dadurch deutlich verändert.

3.1.2. Flechten auf Störungsflächen

In den Vegetationserhebungen der Schlagfluren 3e4, 16a4, 16c1, 16d5 und am Windwurf 10a21, sowie in deren benachbarten Altbeständen 3c, 10a22, 16a1 wurden keine bodenbewohnenden Flechten beobachtet. Hingegen konnten an den vegetationskundlich untersuchten Forststraßenböschungen F1–F7 auch Flechtenarten festgestellt werden. Die untersuchten Böschungen sind 30–60° geneigt und zwischen 3 und 6 Meter breit. Je nach Alter, Untergrund und Exposition unterscheiden sie sich sehr stark in ihrer Vegetations- und damit auch in ihrer Flechtenbedeckung. An Böschungen mit einem hohen Anteil an Offenboden bzw. angerissenem Gestein waren Flechten mit höheren Artenzahlen und Deckungsgraden vertreten als in geschlossenen krautigen bzw. strauchreichen Beständen. Am häufigsten wurden die bodenbewohnenden *Cladonia*-Arten *C. furcata* subsp. *furcata*, *C. caespiticia*, *C. rangiferina*, *C. macilenta* subsp. *macilenta* und *C. fimbriata* kartiert, gefolgt von *Dibaeis baeomyces*, die an jungen Forststraßenabschnitten teils hohe Deckungen aufwies. *Cladonia furcata* und *C. rangiferina* besitzen aufgrund ihrer Größe noch eine gewisse Konkurrenzskraft gegenüber Moosen und niedrigen Gefäßpflanzen, die Vorkommen der übrigen beschränkte sich in der Regel auf vegetationslose Mineralböden oder Rohhumusdecken. Eine Liste der bestimmten Arten der Forststraßenböschungen findet sich in Tab. 4.

Tab. 2: Pearson Korrelationskoeffizienten und Wahrscheinlichkeitswerte betreffend bodennahe Artenvielfalt (ohne felsbewohnende Arten) und Standortvariablen der Erhebungsplots W01–W13 und S02–S03 (Parameter aus Tab. 1). Korrelationen konnten weder zwischen gesamter bodennahe Flechtendiversität und Totholzmenge, noch zwischen totholzbewohnender Artenvielfalt und Totholzmenge festgestellt werden (Daten und Auswertung nicht dargestellt). ** hoch signifikant $p < 0,005$, * signifikant $p < 0,05$.

Tab. 2: Pearson correlation coefficients and probability values between near-ground species richness (excluding rock-dwelling species) and site variables of forest plots W01–W13 and S02–S03 (parameters from Tab. 1). No correlations were found between near-ground species richness and deadwood quantity, nor between deadwood-inhabiting species richness and deadwood quantity (data and analysis not shown). ** highly significant $p < 0.005$, * significant $p < 0.05$.

	Bestandesalter [Jahre]	Anzahl Substrate	Seehöhe [m.s.m]	Überschirmungsgrad [%]	Mittlere Tages-Temperatur (Apr.–Okt.) [°C]	Mittlere relative Luftfeuchte (Apr.–Okt.) [%]
Artenzahl	0,8045**	0,5722*	0,5122	-0,3241	-0,3470	0,0116
	$p = 0,001$	$p = 0,041$	$p = 0,074$	$p = 0,28$	$p = 0,245$	$p = 0,97$
Anzahl RL-Arten	0,6226*	0,6815*	0,3435	0,064	-0,3908	0,0344
	$p = 0,023$	$p = 0,01$	$p = 0,25$	$p = 0,836$	$p = 0,187$	$p = 0,911$

Tab. 3: Vergleich von Flechtenerhebungen auf flächenmäßig definierten Waldstücken in Europa und Einordnung der aktuellen Studie. Dazu wurden sechs extensive bzw. sieben intensiv genutzte Waldplots in jeweils etwa 1 ha große Metaplots zusammengefasst. Pers ... Anzahl jener Personen, die die Kartierungsarbeit durchführten.

Tab. 3: Comparison of lichen surveys on forest plots defined by area in Europe and classification of the current study. Six extensively and seven intensively managed forest plots were combined into metaplots of approximately 1 ha each. Pers ... Number of persons who carried out the mapping.

Flechtenarten	Waldtyp	Bewirtschaftungsintensität	Erhebungsfläche [ha]	Lokalität Seehöhe	Pers	Literaturquelle
58	Fichtendominierter Nadelwald	Intensiver Wirtschaftswald	1,0	Ostalpen, nahe Lahnsattel, 1000 m	2	Hafellner & Komposch (2007)
85	Fichtendominierte Nadelwälder	intensive Wirtschaftswälder	1,28	Ostalpen, Lehrforst der FAST Pichl: W02, W03, W05, W07, W09, W12, S03, 630–980 m	1	aktuelle Studie
88	Fichtendominierter Mischwald	Wirtschaftswald	1,0	Nationalpark Böhmerwald, Národní Park Šumava, 900 m	3	Malíček et al. (2019)
91	Buchen-(Tannen)-Fichtenwälder u. a. Laubmischwälder	extensive Wirtschaftswälder	0,85	Ostalpen, Lehrforst der FAST Pichl: W01, W06, W10, W11, S01, S02, 630–990 m	1	aktuelle Studie
126	Buchen-Tannen-Fichtenwald	Altwald/Urwald	1,0	Ostalpen, nahe Lahnsattel, 950 m	2	Hafellner & Komposch (2007)
156	Fichtendominierter Mischwald	Altwald/Urwald	1,0	Nationalpark Böhmerwald, Národní Park Šumava, 930 m	3	Malíček et al. (2019)
183	Laubmischwald in felsigem Gelände	Altwald/Urwald	1,0	Ukrainische Karpaten, Uholka-Shyrokyi Luh, Plot 2, 800 m	7	Malíček et al. (2018)
233	Auwald (diverse Laubbaumarten)	Altwald/Urwald	1,0	NW-Kaukasus, Guzeripl, Plot 6, 740 m	4	Vondrák et al. (2019)
299	Buchen- und Tannendominierter Wald	Altwald/Urwald	1,0	NW-Kaukasus, Guzeripl, Plot 1, 710 m	4	Vondrák et al. (2019)
342	Ahorndominierter Wald	Altwald/Urwald	1,0	NW-Kaukasus, Guzeripl, Plot 2, 920 m	4	Vondrák et al. (2019)

Tab. 4: Liste von 26 Flechtenarten, die an den Forststraßenböschungen F1–F7 nachgewiesen wurden. Der Wert entspricht der Anzahl der Teilabschnitte, in denen eine Art festgestellt wurde.**Tab. 4:** List of 26 lichen species detected on forest road embankments F1–F7. The value corresponds to the number of sections in which a species was detected.

Taxon \ Forststraßenabschnitt	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Substrat
<i>Baeomyces rufus</i> (Huds.) Rebert.	.	2	.	.	.	.	1	silikatische Erde
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.	.	1	.	.	.	.	1	silikatische Erde
<i>Cladonia caespiticia</i> (Pers.) Flörke	.	1	3	.	.	1	2	silikatische Erde
<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer.	1	1	.	.	.	.	1	Totholz
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	1	.	.	.	.	1	.	silikatische Erde, Detritus
<i>Cladonia ecmocyna</i> Leight.	.	.	.	.	.	.	1	silikatische Erde
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	.	1	3	.	.	.	.	silikatische Erde
<i>Cladonia furcata</i> (Huds.) Schrad. subsp. <i>furcata</i>	2	4	5	.	.	.	2	silikatische Erde
<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm. subsp. <i>floerkeana</i> (Fr.) V.Wirth	.	1	.	.	.	.	.	silikatische Erde
<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm. subsp. <i>macilenta</i>	1	3	.	.	.	.	1	silikatische Erde, Totholz
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	1	1	.	.	.	.	1	silikatische Erde, Detritus
<i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Weber	.	4	.	.	.	.	2	silikatische Erde
<i>Cladonia subulata</i> (L.) Weber	.	.	.	.	.	1	.	silikatische Erde, Detritus
<i>Cryptodiscus gloeocapsa</i> (Nitschke) Baloch, Gilenstam & Wedin	1	.	.	.	.	.	.	Moos über Silikat
<i>Dibaeis baeomyces</i> (L. fil.) Rambold & Hertel	1	2	.	.	.	.	1	silikatische Erde
<i>Lepraria membranacea</i> (Dicks.) Vain.	.	.	.	.	.	1	.	Silikatfels
<i>Melanelia stygia</i> (L.) Essl.	.	.	.	.	.	1	.	Silikatfels
<i>Micarea peliocarpa</i> (Anzi) Coppins & R.Sant.	1	.	.	.	.	.	.	Moos über Silikat
<i>Peltigera didactyla</i> (With.) J.R.Laundon	.	.	1	.	.	.	.	silikatische Erde
<i>Peltigera praetextata</i> (Flörke) Zopf	.	.	.	.	.	1	.	silikatische Erde
<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau	.	.	1	.	.	.	.	Silikatfels
<i>Placynthiella uliginosa</i> (Schrad.) Coppins & P.James	.	1	.	.	.	.	.	silikatische Erde
<i>Solorina saccata</i> (L.) Ach.	.	.	.	1	.	.	.	kalkreiche Erde
<i>Umbilicaria hirsuta</i> (Sw.) Hoffm.	.	.	.	.	.	1	.	Silikatfels
<i>Verrucaria muralis</i> Ach.	1	.	.	.	.	.	.	silikatische Erde
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E.Mattsson & M.J.Lai	1	.	.	.	.	.	.	Totholz
Artenzahlen	10	12	5	1	0	7	10	

3.2. Diversität von Flechten der Kronenregion

Auf den entnommenen Kronendachästen wurden 1116 Flechtenbelege gesammelt. 1029 Flechtennennungen flossen nach der Bestimmung als Datensätze in die Analysen ein. Im Mittel wurden 11 Flechtenarten je Ast gezählt und insgesamt auf den 92 Kronenästen 82 Flechtenarten (inklusive einer unsicher bestimmten Art) vorgefunden. Auf fünf Ästen konnten Flechten nicht nachgewiesen bzw. aufgrund ungenügender Entwicklung nicht bestimmt werden. Eine Übersicht der Artenvielfalt je Baumart gereiht nach der Länge untersuchter Äste bzw. der Anzahl der untersuchten Äste gibt Abb. 3. Im Schnitt wurden 26,9 Kronenflechtenarten je Baumart gezählt, allerdings mit großen Unterschieden zwischen den Baumarten. Nachdem die Flechtendiversität in enger Korrelation zur untersuchten Astlänge bzw. Borkenfläche steht (Korrelation zwischen Astlänge und Artenzahl $r = 0,29$, $p = 0,0045$), verzerren Unterschiede in der Anzahl untersuchter Bäume je Baumart die Vergleichbarkeit und können daraus nur wenige Erkenntnisse abgeleitet werden: Trotz geringster Anzahl untersuchter Baumindividuen, i.e. geringster Astlänge, stechen die Laubbäume *Sorbus aucuparia*, *Alnus incana*, *Fraxinus excelsior* und *Ulmus*

glabra mit knapp überdurchschnittlichen Artenzahlen von 29 bis 32 Flechtenarten pro Baumart heraus. Obwohl *Picea abies* mit 28 Ästen am häufigsten beprobt wurde und deren Gesamtlänge 84 Meter betrug, erwies sich ihre Flechtendiversität ebenfalls als nur wenig über dem Durchschnitt.

Um die Kronenflechten-Diversität der verschiedenen Baumarten annähernd unabhängig von ihrer Beprobungsintensität zu vergleichen, wurde die Artenvielfalt pro Baumindividuum ermittelt und der Durchschnitt über alle Individuen der gleichen Art berechnet (Abb. 4). Der Einfluss etwaig unterschiedlicher Astlängen blieb bestehen. Mit einer mittleren Artenvielfalt von 9 bis 11,5 Arten pro Krone wiesen *Salix caprea*, *Betula pendula*, *Pseudotsuga menziesii* und *Pinus sylvestris* die geringste Kronendach-Flechtendiversität auf. *Picea abies* und *Abies alba* lagen mit einer mittleren Flechtendiversität von 14,4 bzw. 16,5 Arten pro Baum ebenfalls noch deutlich unter dem Durchschnitt von 21 Arten. *Fagus sylvatica* und *Larix decidua* markierten etwa den Durchschnitt der Kronen-Artenvielfalt und die Laubbäume *Sorbus aucuparia*, *Alnus incana*, *Ulmus*

glabra, *Fraxinus excelsior* und *Acer pseudoplatanus* hoben sich deutlich durch eine überdurchschnittliche Kronen-Artenvielfalt von 29 bis 36,5 Arten pro Baum(krone) ab.

Die hohe Biodiversität der Baumkronenflechten wurde auch durch große baumartenspezifische Unterschiede der Artenzusammensetzungen ersichtlich, wie mittels multidimensionaler Skalierung gezeigt werden konnte (Abb. 5). Dabei bildeten die Flechtengemeinschaften der Nadelbäume *Picea abies*, *Larix decidua* und *Abies alba* eine relativ homogene Gruppe, jene von *Betula pendula* und *Pinus sylvestris* standen sehr nahe, differenzierten sich allerdings etwas entlang der Achse 1. Die hohen Übereinstimmungen dieser Gruppe können auf ähnliche chemisch-physikalische Eigenschaften ihrer Borken (Barkman 1958: 57 ff.) zurückgeführt werden, was vielfach aus Literaturquellen bekannt ist (Barkman 1958: 138). Die Flechtenvereine der übrigen Laubbäume separieren sich entlang der ersten Ordinationsachse, wobei es eine größere Überschneidung von *Fagus sylvatica* mit *Picea-Larix-Abies* gibt. Am weitesten rücken die Flechtenvereine von *Salix caprea*, *Acer pseudoplatanus* und *Ulmus glabra* von jenen der Nadelbäume ab, während ihnen jene von *Sorbus aucuparia* und *Alnus incana* nahestehen bzw. sich mit diesen überschneiden.

3.2.1. Flechtendiversität der drei Kronenregionen

Der Vergleich der mittleren Artenvielfalt der Kronenäste einer Kronenregion zeigte, dass alle drei Kronenbereiche sehr ähnliche mittlere Artenzahlen aufweisen (obere 11,7, mittlere 12,0, untere Kronenregion 9,7 Arten pro Ast). Die höchste Zahl an Flechtenarten auf einem Kronenast wurde in der obersten Kronenregion von *Fraxinus excelsior* festgestellt (27 Arten auf Baum 3). Auch die Beschränkung des Vergleichs auf die drei häufigst beprobten Baumarten erbrachte keine konsistenten Diversitätsunterschiede in den Kronenregionen.

Die mittleren Astlängen von oberer (2,7 m) und mittlerer (3,7 m) Krone unterschieden sich dabei signifikant, während sich jene der unteren Kronenregion (4,7 m) nicht signifikant von jener der mittleren Region unterschied. Eine Korrelation zwischen Astlänge und Artenreichtum konnte, im Unterschied zu den unteren Kronenregionen, für die oberste Region nicht nachgewiesen werden. Dies unterstreicht die artenmäßig besondere Rolle der obersten Kronenschicht. Einerseits weist sie hohe Artenzahlen pro Ast auf, andererseits fällt sie mit insgesamt 54 Flechtenarten hinter die unteren Kronenschichten zurück (64 bzw. 63 Arten in der mittleren und unteren Krone). Daraus kann abgeleitet werden, dass die

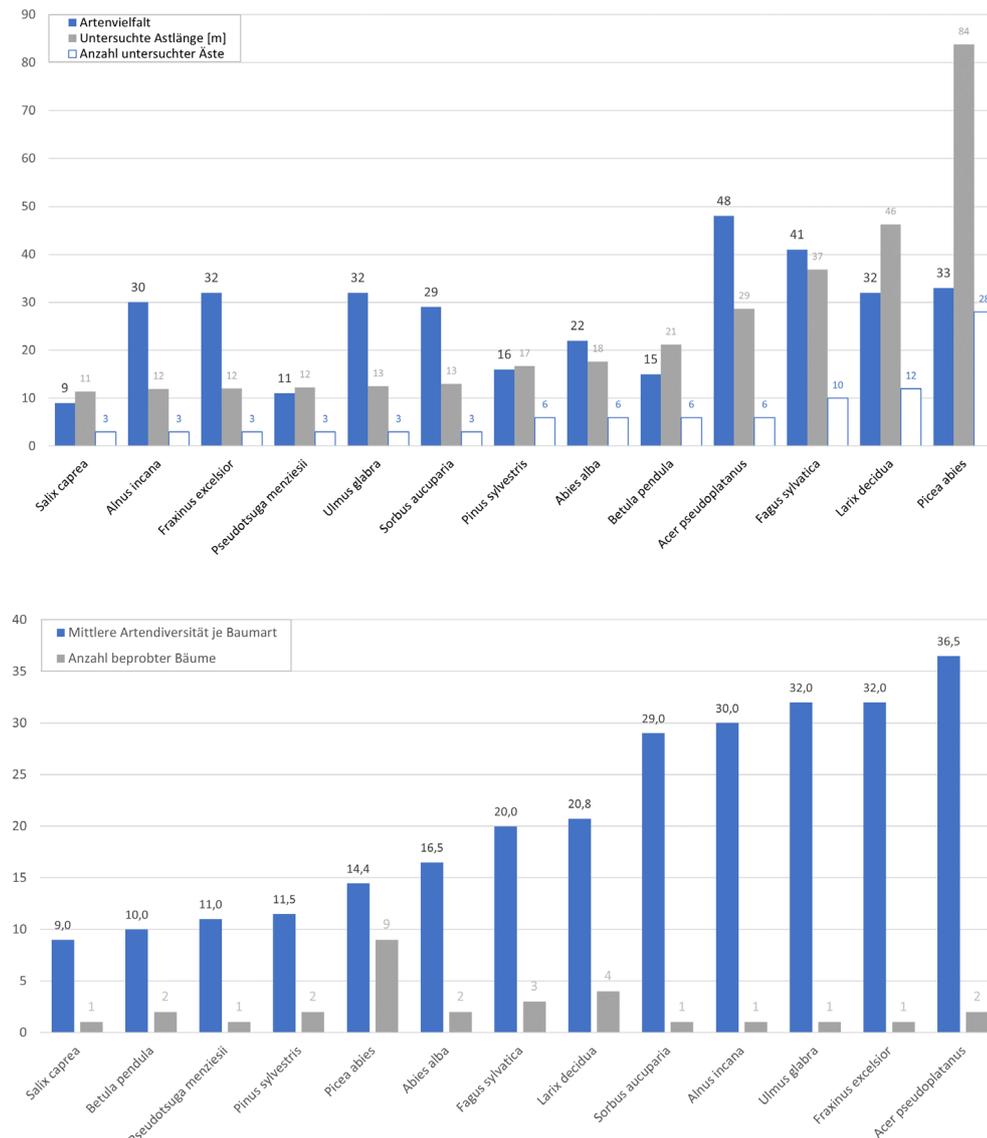


Abb. 3: Kronenflechten-diversität der verschiedenen Baumarten unter Angabe der kartierten Astlänge und der Anzahl der untersuchten Äste, gereiht nach kartierter Astlänge.

Fig. 3: Crown lichen species richness of different tree species, showing the mapped branch length and number of branches examined, ordered according to the mapped branch length.

Abb. 4: Mittlere Artenvielfalt der Kronenflechten je beprobter Baumart unter Angabe der Anzahl der jeweils untersuchten Baumindividuen.

Fig. 4: Mean species richness of canopy lichens per sampled tree species, indicating the number of tree individuals sampled in each case.

obere Kronenregion in ihrer Artenausstattung einheitlicher ist als die mittlere oder untere Kronenregion. Die Multidimensionale Ordination aller Kronenäste gemeinsam zeigte einen hohen Grad an Überlagerung der drei Regionen, sodass davon ausgegangen werden kann, dass andere Parameter eine weit stärkere Auswirkung auf das Artengefüge besitzen als die Höhe des Asts im Kronenbereich (Abb. 6). Insofern verwundert es nicht, dass die Indikatorartenanalyse nur 7 Flechtenarten identifizierte, die für eine Kronenregion signifikant häufiger waren als für die übrigen Regionen. Für die oberste Kronenregion war dies *Scoliciosporum umbrinum* var. *corticolum*, für die unterste Kronenregion waren die Arten *Arthonia radiata*, *Pseudosagedia aenea*, *Graphis scripta*, *Melanelixia glabrata*, *Scoliciosporum chlorococcum* und *Lepraria incana* (gereiht nach fallenden Signifikanzwerten) indikativ. Die mittlere Kronenregion hatte keine Indikatorarten.

3.3. Gesamt-Flechtendiversität der Waldstandorte

Durch die Kombination aus flechtenkundlicher Untersuchung bodennaher Bereiche und Kronendach erhöhte sich die Gesamtzahl der festgestellten Arten von 136 auf 174. In diesem Wert sind vier nur auf Gattungsniveau bestimmte Flechten inkludiert, die sehr wahrscheinlich eigenständige Arten repräsentieren. Die Vergleichbarkeit der Plots ist durch die, von der Gesamtzahl vorhandener Baumarten abweichende Anzahl der untersuchten Kronendachbäume nicht gegeben; nur in drei Plots wurden alle vorkommenden Baumarten untersucht. Welchen Zuwachs an Arten das für die einzelnen Erhebungsplots bedeutet und welches Potenzial noch nicht untersuchter Baumarten pro Plot vorhanden ist, ist aus Abb. 7 ersichtlich. Für die volle Vergleichbarkeit der Plots hätten weitere 25 Baumindividuen im Kronendach untersucht werden müssen. Die vorläufige (da nicht vollständig erfasste Baumartengarnitur) Auswertung der rein

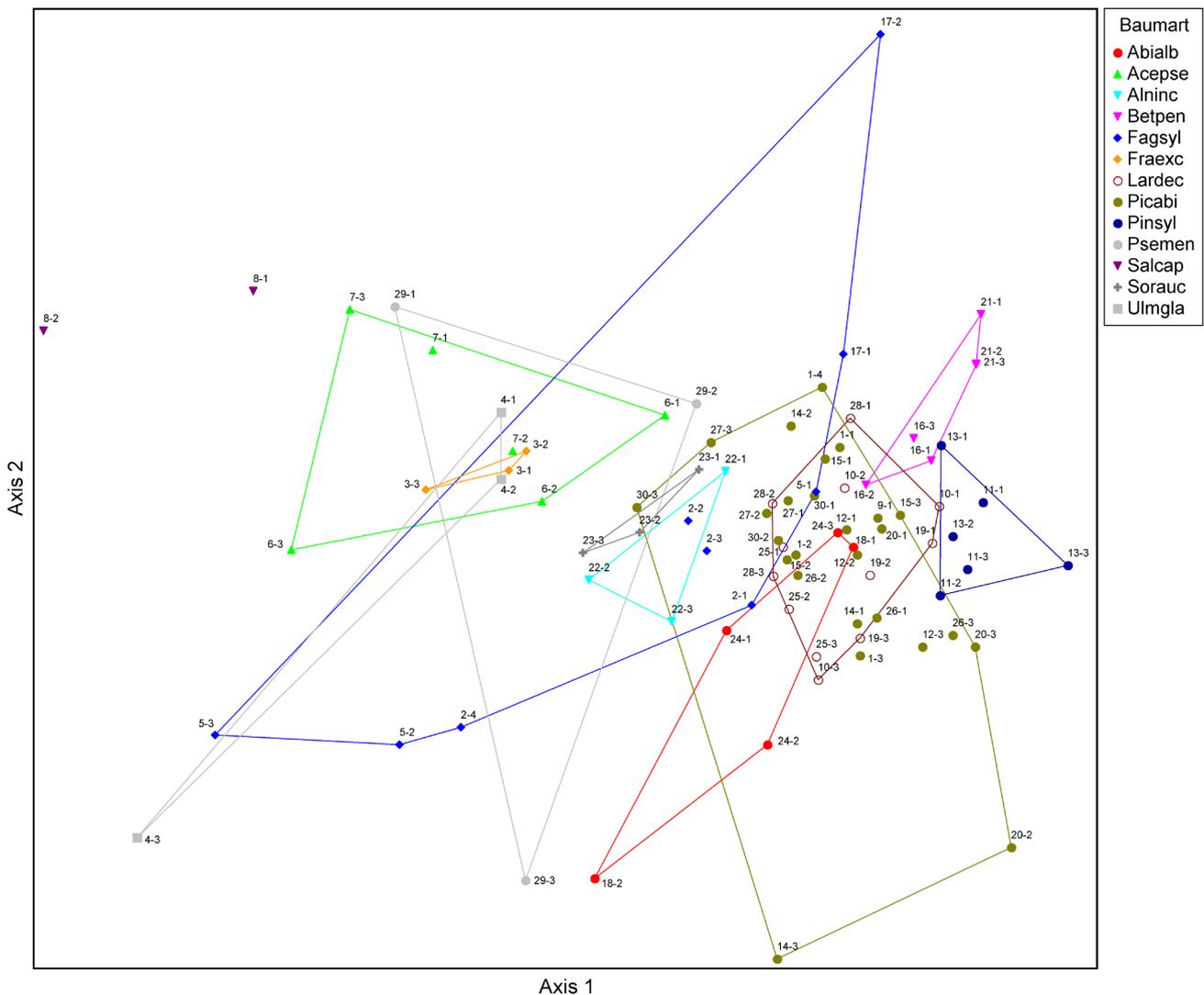


Abb. 5: Zweidimensionaler Ordinationsplot einer multidimensionalen Skalierung der Flechtenvorkommen auf den Kronenästen der verschiedenen Baumarten. Symbolisiert ist die jeweilige Baumart (abgekürzter lateinischer Name). Jedes Symbol stellt das Flechtenvorkommen eines Astes (Labels sind aus Baumnummer und Astnummer zusammengesetzt) dar. Alle Äste einer Baumart sind durch eine konvexe Hülle in der jeweiligen Baumfarbe zusammengefasst (nur bei Baumarten mit zumindest drei flechtenbewachsenen Kronenästen). Achse 1 (61,1 %) und Achse 2 (23,3 %) repräsentieren 84 % der Gesamtvarianz.

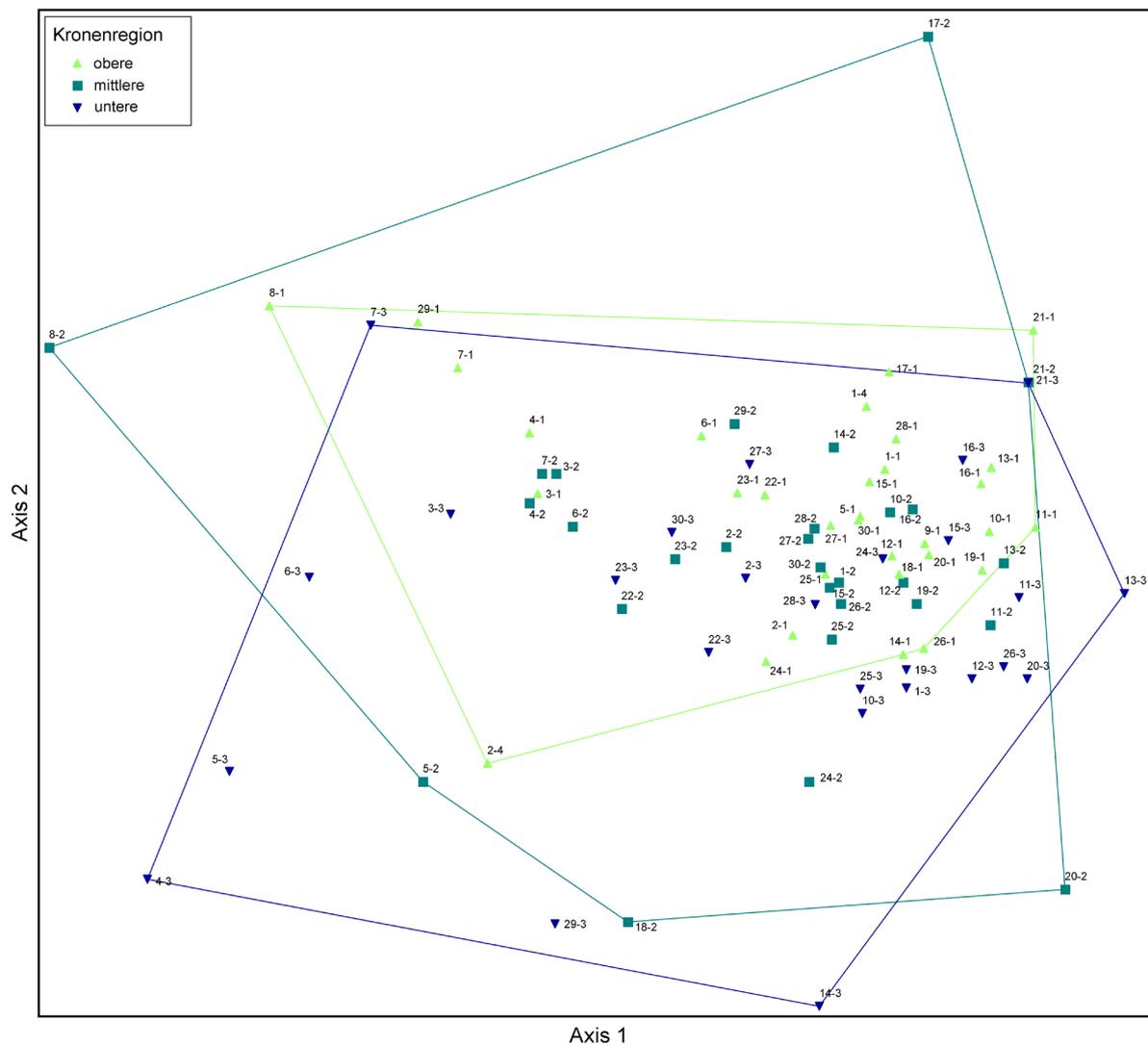
Fig. 5: Two-dimensional ordination plot of a non-metric multidimensional scaling of lichen occurrence on canopy branches of different tree species. The tree species is symbolized. Each symbol represents the lichen occurrence on one branch (labels are composed of tree number and branch number). All branches of a tree species are summarized by an envelope in the respective tree color (only for tree species with at least three lichen-covered crown branches). Axis 1 (61.1 %) and axis 2 (23.3 %) account for 84 % of the total variance.

baumbewohnenden Arten zeigte, dass 47 % der Flechtendiversität exklusiv im Kronenraum, 40 % exklusiv in den unteren Stammabschnitten und 13 % der Flechtenarten in beiden Straten vertreten sind. Eine detaillierte Bearbeitung der Kronendachflechten, insbesondere ihrer räumlichen Verteilung, ist in Vorbereitung (Komposch in prep.).

Die felsbewohnenden Flechtenarten mitberücksichtigend, konnten durch die bodennahe Erhebung der Waldplots 163 Flechtenarten, durch die Ausweitung des Untersuchungsraums auf den Kronenbereich 200 Arten nachgewiesen werden. Unter Berücksichtigung der Erhebungen an den Forststraßenböschungen, erhöhte sich die Zahl bekannter Flechtentaxa des Lehrforsts auf 211 (Tab. 4 & 5).

4. Conclusio

Die Untersuchung der bodennahen Substrate hat gezeigt, dass Standorte mit einem höherem Bestandesalter und einer höheren Substratvielfalt (Baumarten- und Totholzvielfalt) die artenreicheren Flechtengarnituren und auch signifikant mehr Rote Liste-Arten beherbergen. Artenreiche Flechtengesellschaften sind wiederum die Basis für reiche Flechten-Tier- und Flechten-Pilz-Interaktionen, etwa in Form von Nahrungs- und Habitatbeziehungen für Rehwild (Winternahrung), Vögel (Nestbau, Futtersuche), Insekten (Lebensgrundlage und Lebensraum), Spinnentiere (Lebensraum als Struktur, Lebensgrundlage für z. B. Hornmilben), Schnecken (Nahrung) oder Wirt-Parasitbeziehungen (Parasitische Pilze auf Flechten). Je vielfältiger solche Nahrungs- und Habitat-



beziehungen in einem Ökosystem ausgebildet sind, desto stabiler gelten diese in Hinblick auf das Auftreten von Katastrophen oder anderen Störungen (Hooper et al. 2005). Aus diesem Grund kommt der Förderung und dem Erhalt artenreicher Flechtenvereine in Wäldern eine hohe und zumeist unterschätzte Bedeutung zu.

Die Ergebnisse der Kronendachforschung berücksichtigend, zeigt sich, dass Laubbaumarten wie *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus glabra*, *Alnus incana* und *Sorbus aucuparia* im Untersuchungsgebiet die artenreichste Kronenflechten-Diversität aufweisen. Erst das Vorhandensein möglichst vielfältiger Substrate in möglichst vielfältigen klimatischen Lagen ermöglicht die Ausbildung eines möglichst vollständigen Artenspektrums.

Da Flechtendiversität unmittelbar vom Vorhandensein geeigneter Substrate abhängt, können folgende Handlungsempfehlungen für die Forstwirtschaft von Ergebnissen der Studie abgeleitet werden:

- Durch die Erhaltung bzw. Förderung einer möglichst vielfältigen und standortsangepassten Baumartenmischung, die insbesondere in dieser Höhenlage auch Laubbaumarten umfasst, wird der Grundstein für eine hohe Kronendach-Flechtendiversität und eine davon abhängige tierische und pilzliche Diversität gelegt.
- Mit zunehmendem Alter eines Bestandes steigt einerseits die besiedelbare Borkenfläche, andererseits erhöht sich die Zahl verfügbarer Substrate um z. B. alte, tiefrissige, verwitterte Baumrinne, oder durch die Menge abgestorbener Äste, oder die Anzahl der Sonderhabitate (Wurzellanläufe mit Höhlen, Wundverschlüsse, Wucherungen, etc.), wodurch insbesondere die bodennahe Flechtenvielfalt stark steigt. Die Flechtendiversität kann durch die Verlängerung der Umtriebszeiten bzw. durch das Belassen alter Bäume im Bestand signifikant erhöht werden.

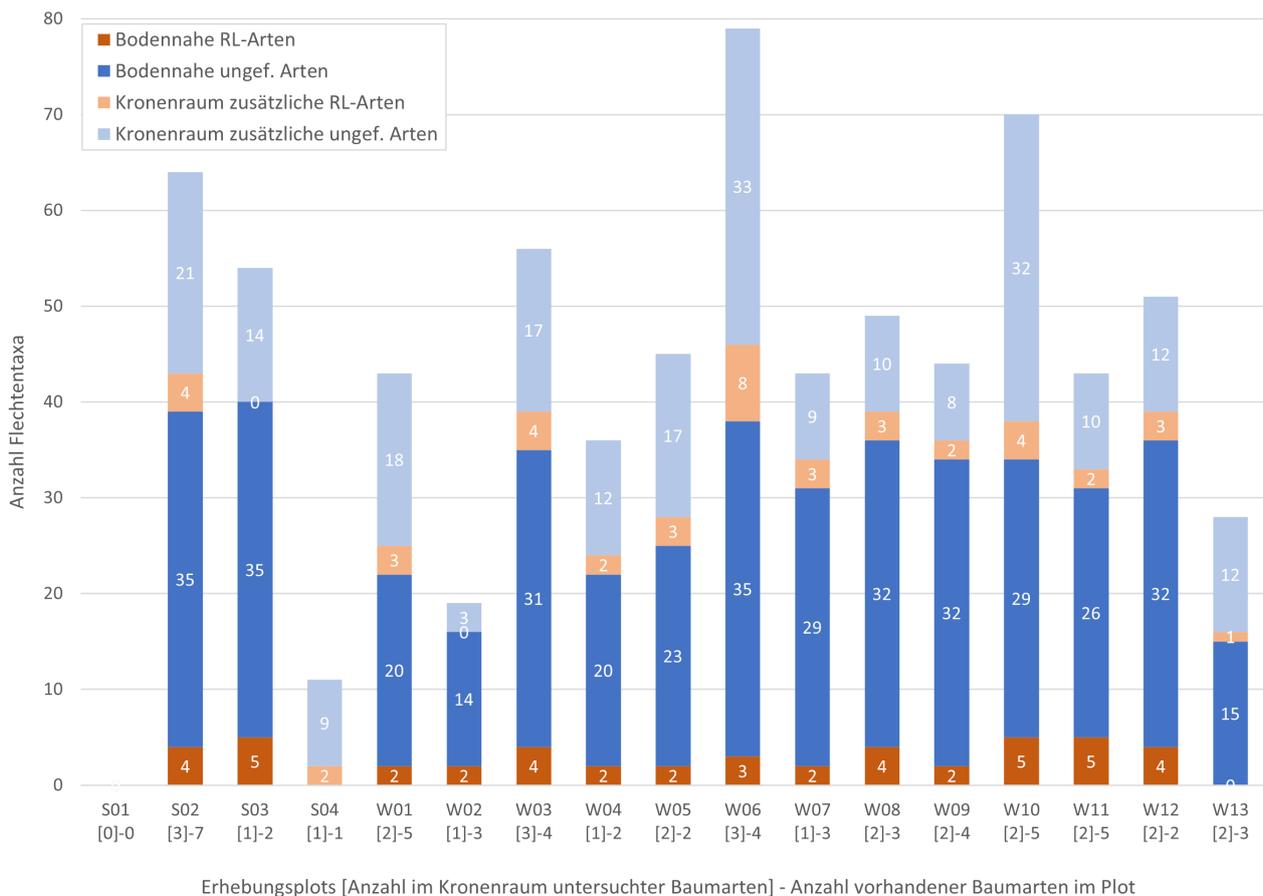


Abb. 7: Diversität waldspezifischer Flechten (auf Rinde/Borke, Totholz, Boden; ohne Gestein bewohnende Flechten) der Erhebungsplots inklusive Kronenraum. Der Artenzuwachs durch die Kronendacherhebung ist in hellen Farbtönen dargestellt. Die Anzahl jener Baumarten mit Untersuchung des Kronendachs ist in Relation zu den im Plot vorhandenen Baumarten gesetzt. Bei den bodennah erhobenen Arten sind Flechten von wenigen zu Boden gefallen Zweigen aus der Kronenregion enthalten.

Fig. 7: Species richness of forest-specific lichens (including bark-, deadwood-, and soil-dwelling lichens; excluding saxicolous lichens) of the main survey plots including canopy species. The increase in species due to the canopy survey is shown in light colors. The number of tree species surveyed for canopy lichens is shown (in brackets) in relation to the number of tree species present in the plot. Species numbers of the near-ground investigation include lichens from a few canopy branches that have fallen to the ground.

Ausschau: Die Erweiterung von Flechtenerhebungen ins Kronendach hat gezeigt, dass sich ein erheblicher Anteil der baumgebundenen Gesamtdiversität und auch des Gefährdungspotenzials im Kronenraum befindet, das insbesondere bei speziellen naturschutzfachlichen Fragestellungen Berücksichtigung finden sollte. Nachdem für Biodiversitätsvergleiche von Flechten in Wäldern sehr oft 1-Hektar-Plots verwendet werden, um die walddespezifische Habitatausstattung repräsentativ berücksichtigen zu können, wäre für zukünftige Erhebungen eine Vergrößerung der Erhebungsflächen auf 1-Hektar-Plots sinnvoll.

Dank

Finanziert durch die Ländliche Entwicklung 14-20, durch die Europäische Union, den Bund und das Land Steiermark (mit der Genehmigungszahl L6-2022-A10-761-11). Den beiden Baumsteigern MF Martin Horn/FAST Pichl und Simon Schiantarelli/Arborelli danke ich für das mit hohen Anstrengungen und zeitaufwändigen Vorbereitungen verbundene Werben der Kronendachäste. DI Martin Krondorfer / FAST Pichl sei herzlich für die Projektleitung, für forstliche Inputs und Diskussionen sowie für die Überlassung digitalen Kartenmaterials des Lehrforsts gedankt. Andreas Pickl/FAST Pichl und Erwin Pusterhofer/FAST Pichl danke ich für das Übermitteln von projektbezogenen Karten- und ausgewerteten Klimalogger-Daten. Dr. Josef Hafellner danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts sowie für Bestimmungs- und Literaturhilfen. Meiner Tochter Lisa danke ich für die Unterstützung bei der Feldarbeit, meiner Mitarbeiterin Andrea Forestier für Hilfen bei den zeitraubenden Herbariumstätigkeiten.

Literatur

- Anderl M., Gangl M., Makoschitz L., Mayer S., Pazdemik K., Poupá S., Purzner M., Schieder W., Schmidt G., Stranner G. & Wieser M. 2024: Austria's annual air emission inventory 1990 – 2022. Emissions of SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃ and PM_{2.5}. – Wien: Umweltbundesamt. 51 pp.
- Asplund J., Larsson P., Vatne S. & Gauslaa Y. 2010: Gastropod grazing shapes the vertical distribution of epiphytic lichens in forest canopies. – *Journal of Ecology* 98: 218–225. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01584.x>
- Asplund J. & Wardle D.A. 2017: How lichens impact on terrestrial community and ecosystem properties. – *Biological Reviews* 92(3): 1720–1738. <https://doi.org/10.1111/brv.12305>
- Bacchus B.R. & Da Silva P.N.B. 2021: Host plant specificity of corticolous lichens in urban and suburban New Amsterdam, Berbice, Guyana. – *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences* 14(1): 101–108. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2021.14.1.0014>
- Barkman J.J. 1958: Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Including a taxonomic survey and description of their vegetation units in Europe. – Assen: Van Gorcum & Comp. N.V.; 628 pp., tab.
- Boch S., Prati D., Hessenmöller D., Schulze E.-D. & Fischer M. 2013: Richness of lichen species, especially of threatened ones, is promoted by management methods furthering stand continuity. – *PLOS ONE* 8(1): e55461. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055461>
- Bokhorst S., Asplund J., Kardol P. & Wardle D.A. 2015: Lichen physiological traits and growth forms affect communities of associated invertebrates. – *Ecology* 96(9): 2394–2407. <https://doi.org/10.1890/14-1030.1>
- Brackel W.v. 2019: Rote Liste und Gesamtartenliste der Flechten (Lichenes), flechtenbewohnenden und flechtenähnlichen Pilze Bayerns.– Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU); 124 pp.
- Campbell J., Fredeen A. & Prescott C.E. 2010: Decomposition and nutrient release from four epiphytic lichen litters in sub-boreal spruce forests. – *Canadian Journal of Forest Research* 40: 1473–1484. <https://doi.org/10.1139/X10-071>
- Czerepko J., Gawryś R., Szymczyk R., Pisarek W., Janek M., Haidt A., Kowalewska A., Piegdoń A., Stebel A., Kukwa M. & Cacciatori C. 2021: How sensitive are epiphytic and epixylic cryptogams as indicators of forest naturalness? Testing bryophyte and lichen predictive power in stands under different management regimes in the Białowieża forest. – *Ecological Indicators* 125: id107532. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107532>
- Dettki H. & Esseen P.-A. 2003: Modelling long-term effects of forest management on epiphytic lichens in northern Sweden. – *Forest Ecology and Management* 175(1–3): 223–238. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00131-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00131-7)
- Dufréne M. & Legendre P. 1997: Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. – *Ecological Monographs* 67(3): 345–366. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:SAAI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAI]2.0.CO;2)
- Everhart S.E., Ely J.S. & Keller H.W. 2009: Evaluation of tree canopy epiphytes and bark characteristics associated with the presence of corticolous myxomycetes. – *Botany* 87(5): 509–517. <https://doi.org/10.1139/B09-027>
- Feldbacher-Freithofer J., Posch L., Süßenbacher R. & Kirchmeir H. 2024: Das Forststraßennetz in Österreich. – Wien: E.C.O. Institut für Ökologie im Auftrag von WWF Österreich. 62 pp.
- Friedel A., Oheimb G.v., Dengler J. & Härdtle W. 2006: Species diversity and species composition of epiphytic bryophytes and lichens – a comparison of managed and unmanaged beech forests in NE Germany. – *Feddes Repertorium. Zeitschrift für Botanische Taxonomie und Geobotanik* 117(1–2): 172–185. <https://doi.org/10.1002/fedr.200511084>
- Fritz Ö. & Brunet J. 2010: Epiphytic bryophytes and lichens in Swedish beech forests – effects of forest history and habitat quality. – In: Löf M., Brunet J., Mattson L. & Nylander M. (eds.): Broadleaved forests in southern Sweden: management for multiple goals. – *Ecological Bulletins* 53; Stockholm: Wiley-Blackwell; 95–107.
- Fritz Ö. & Heilmann-Clausen J. 2010: Rot holes create key microhabitats for epiphytic lichens and bryophytes on beech (*Fagus sylvatica*). – *Biological Conservation* 143(4): 1008–1016. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.01.016>
- Fritz Ö., Niklasson M. & Churski M. 2008: Tree age is a key factor for the conservation of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests. – *Applied Vegetation Science* 12(1): 93–106.
- Gotsmy K. & Baumgartner L. 2008: Laubholz – Der richtige Weg zum Erfolg. – St. Pölten: Land Niederösterreich, Abteilung Forstwirtschaft. 31 pp.
- Gunnarsson B., Hake M. & Hultengren S. 2004: A functional relationship between species richness of spiders and lichens in spruce. – *Biodiversity and Conservation* 13: 685–693. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000011720.18889.f7>
- Hafellner J. 1999: Einige Flechtenfunde in den Mürztaler Alpen (Steiermark, Österreich). – *Fritschiana* 21: 31–35.
- Hafellner J. & Grill D. 1981: Der Einfluß der Stilllegung einer Zellstofffabrik auf die Vegetation der Umgebung. – *Phyton. Annales rei Botanicae* 21(1): 25–38.
- Hafellner J. & Komposch H. 2007: Diversität epiphytischer Flechten und lichenicoler Pilze in einem mitteleuropäischen Urwaldrest und einem angrenzenden Forst. – *Herzogia* 20: 87–113.
- Hafellner J. & Türk R. 2016: Die lichenisierten Pilze Österreichs – eine neue Checkliste der bisher nachgewiesenen Taxa mit Angaben zu Verbreitung und Substratökologie. – *Stapfia* 104(1): 1–216.
- Hayward G.D. & Rosentreter R. 1994: Lichens as nesting material for Northern Flying Squirrels in the Northern Rocky Mountains. – *Journal of Mammalogy* 75(3): 663–673. <https://doi.org/10.2307/1382514>
- Hilmo O., Ely-Aalstrup H., Hytteborn H. & Holien H. 2011: Population characteristics of old forest associated epiphytic lichens in *Picea abies* plantations in the boreal rainforest of Central Norway. – *Canadian Journal of Forest Research* 41(9): 1743–1753. <https://doi.org/10.1139/X11-091>
- Hofmeister J., Hošek J., Malíček J., Palice Z., Syrovátková L., Steinová J. & Černajová I. 2016: Large beech (*Fagus sylvatica*) trees as 'lifeboats' for lichen diversity in central European forests. – *Biodiversity and Conservation* 25: 1073–1090. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1106-x>
- Honegger R. 2023: Lichens and their allies past and present. – In: Scott B. & Mesarich C. (eds.): *Plant Relationships: Fungal-Plant Interactions*. – *The Mycota* 5; Cham: Springer International Publishing; 133–183. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16503-0_6
- Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J. & Wardle D.A. 2005: Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. – *Ecological Monographs* 75(1): 3–35.
- Humphrey J.W., Davey S., Peace A.J., Ferris R. & Harding K. 2002: Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. – *Biological Conservation* 107(2): 165–180.

- John V. 2015: Aktuelle Daten zu den Flechtenbiota in Rheinland-Pfalz und im Saarland. I. Die Gattungen *Candelaria* und *Candelariella*. – *Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz* 13(1): 27–48.
- Jüriado I. & Paal J. 2003: Epiphytic and epixylic lichen species diversity in Estonian natural forests. – *Biodiversity and Conservation* 12: 1587–1607. <https://doi.org/10.1023/A:1023645730446>
- Kaufmann S., Hauck M. & Leuschner C. 2018: Effects of natural forest dynamics on vascular plant, bryophyte, and lichen diversity in primeval *Fagus sylvatica* forests and comparison with production forests. – *Journal of Ecology* 106(6): 2421–2434. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12981>
- Knops J.M.H., Nash III T.H. & Schlesinger W.H. 1997: The influence of epiphytic lichens on the nutrient cycling of an oak woodland. – *Ecological Monographs* 66(2): 159–179. <https://doi.org/10.2307/2963473>
- Komposch H. in prep.: Kronenflechten verschiedener Waldbäume in den Müritzer Alpen.
- Komposch H. in press: Does age matter? How tree age affects lichen diversity on beech trunks in a temperate forest. – *Herzogia* 38(1).
- Leinaas H.P. & Fjellberg A. 1985: Habitat structure and life history strategies of two partly sympatric and closely related, lichen feeding collembolan species. – *Oikos* 44(3): 448–458. <https://doi.org/10.2307/3565786>
- Leitgeb E., Jandl R. & Englisch M. 2016: Laubmischbestände – eine Antwort auf den Klimawandel. – *BFW Praxis Information* 41: 3–5.
- Lieb G.K. 1991: Eine Gebietsgliederung der Steiermark aufgrund naturräumlicher Gegebenheiten. – *Mitteilungen der Abteilung für Botanik am Landesmuseum Joanneum in Graz* 20: 1–30.
- Liška J., Palice Z. & Slavíková Š. 2008: Checklist and Red List of lichens of the Czech Republic. – *Preslia* 80: 151–182.
- Malíček J., Palice Z., Acton A., Berger F., Bouda F., Sanderson N. & Vondrák J. 2018: Uholka primeval forest in the Ukrainian Carpathians – A keynote area for diversity of forest lichens in Europe. – *Herzogia* 31(1): 140–171. <https://doi.org/10.13158/099.031.0110>
- Malíček J., Palice Z., Vondrák J., Kostovčík M., Lenžová V. & Hofmeister J. 2019: Lichens in old-growth and managed mountain spruce forests in the Czech Republic: assessment of biodiversity, functional traits and bioindicators. – *Biodiversity and Conservation* 28(13): 3497–3528. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01834-4>
- Martellos S., Conti M. & Nimis P.L. 2023: Aggregation of Italian Lichen Data in ITALIC 7.0. – *Journal of Fungi* 9(5): 556–568. <https://doi.org/10.3390/jof9050556>
- McCune B. & Grace J.B. 2002: Analysis of ecological communities. – Glendened Beach: MjM Software Design; 300 pp.
- McCune B. & Mefford M.L. 2018: PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 7.11. – Glendened Beach. Wild Blueberry Media, LLC. <https://www.wildblueberrymedia.net/pcord> [aufgerufen am 16.01.2025]
- Nabozhenko M.V., Keskin B. & Nabozhenko S.V. 2017: Life forms and strategies of lichen-feeding darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae: Helopini). – *Entomological Review* 97(6): 735–746. <https://doi.org/10.1134/S0013873817060045>
- Nascimbene J. & Marini L. 2015: Epiphytic lichen diversity along elevational gradients: biological traits reveal a complex response to water and energy. – *Journal of Biogeography* 42(7): 1222–1232. <https://doi.org/10.1111/jbi.12493>
- Neumann M. & Rössler G. 2006: Qualität und Bewirtschaftung von Buche. – *BFW Praxis Information* 12: 15–17.
- Nimis P.L., Hafellner J., Roux C., Clerc P., Mayrhofer H., Martellos S. & Bilovitz P.O. 2018: The lichens of the Alps – an annotated checklist. – *MycoKeys* 31: 1–634. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.31.23658>
- Nordén B., Jordal J.B. & Evju M. 2018 [2017]: Can large unmanaged trees replace ancient pollarded trees as habitats for lichenized fungi, non-lichenized fungi and bryophytes? – *Biodiversity and Conservation* 27(5): 1095–1114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10531-017-1482-x>
- Perny B., Cech T.L. & Hoch G. 2020: Auch der Wald der Zukunft wird nicht frei von Schädlingen sein. – *BFW Praxis Information* 52: 15–18.
- Pettersson L., Larivière D., Holmström E., Fritz Ö. & Felton A. 2022: Conifer tree species and age as drivers of epiphytic lichen communities in northern European production forests. – *The Lichenologist* 54: 213–225.
- Pettersson R.B., Ball J.P., Renhorn K.-E., Esseen P.-A. & Sjöberg K. 1995: Invertebrate communities in boreal forest canopies as influenced by forestry and lichens with implications for passerine birds. – *Biological Conservation* 74(1): 57–63. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)00015-V](https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)00015-V)
- Pike L.H. 1978: The importance of epiphytic lichens in mineral cycling. – *The Bryologist* 81: 247–257.
- Rambold G. 1985: Fütterungsexperimente mit den an Flechten fressenden Raupen von *Setina aurita* Esp. (Lepidoptera, Arctiidae). – *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen* 34: 82–90.
- Ranius T., Johannsson P., Berg N. & Niklasson M. 2008: The influence of tree age and microhabitat quality on the occurrence of crustose lichens associated with old oaks. – *Journal of Vegetation Science* 19(5): 653–662. <https://doi.org/10.3170/2008-8-18433>
- Ruchty A., Rosso A.L. & McCune B. 2001: Changes in epiphyte communities as the shrub, *Acer circinatum*, develops and ages. – *The Bryologist* 104(2): 274–281. [https://doi.org/10.1639/0007-2745\(2001\)104\[0274:CIECA-T\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1639/0007-2745(2001)104[0274:CIECA-T]2.0.CO;2)
- Ruhm W., Englisch M., Starlinger F., Geburek T., Perny B. & Neumann M. 2016a: Mischbaumart Esche, Bergahorn und Vogelkirsche (Edellaubhölzer). – *BFW Praxis Information* 41: 19–23.
- Ruhm W., Englisch M., Starlinger F., Geburek T., Perny B. & Neumann M. 2016b: Buche (Rotbuche, *Fagus sylvatica* L.). – *BFW Praxis Information* 41: 10–12.
- Schöller H. 1997: Flechten. Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Beiheft zur Ausstellung „Flechten – Kunstwerke der Natur“. – Frankfurt am Main: Kramer; 247 pp.
- Schumm F. 2016: Atlas of images of thin layer chromatograms of lichen substances. Supplement. 1st Edition. – Norderstedt: Books on Demand; 186 pp.
- Schumm F. & Elix J.A. 2015: Atlas of images of thin layer chromatograms of lichen substances. 1st Edition. – Norderstedt: Books on Demand; 584 pp.
- Seaward M.R.D. 2008: Environmental role of lichens. – In: Nash III T.H. (ed.): *Lichen Biology*. – Cambridge: Cambridge University Press; 274–298.
- Smith C.W., Aptroot A., Coppins B.J., Fletcher A., Gilbert O.L., James P.W. & Wolseley P.A. (eds.) 2009: *The lichens of Great Britain and Ireland*. – London: British Lichen Society; 1046 pp.
- Søchting U. & Gjelstrup P. 1985: Lichen communities and the associated fauna on a rocky sea shore on Bornholm in the Baltic. – *Holarctic Ecology* 8: 66–75. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1985.tb01155.x>
- Stordeur R., Kison H.-U., Schiefelbein U., Schönbrodt M. & Thiemann R. 2020: Rote Listen Sachsen-Anhalt. 3 Flechten (Lichenes), Lichenicole und Saprophyten. – *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt* 1/2020: 77–109.
- Svoboda D., Peksa O. & Veselá J. 2010: Epiphytic lichen diversity in central European oak forests: Assessment of the effects of natural environmental factors and human influences. – *Environmental Pollution* 158: 812–819. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.10.001>
- Thompson P.A.W., Mallon E., Rodgers A.R., Fryxell J.M., Baker J.A. & Reid D. 2015: Factors influencing the seasonal diet selection by woodland caribou (*Rangifer tarandus tarandus*) in boreal forests in Ontario. – *Canadian Journal of Zoology* 93: 87–98. <https://doi.org/10.1139/cjz-2014-0140>
- Tønberg T. 1992: The sorediate and isidiate, corticolous, crustose lichens in Norway. – *Sommerfeltia* 14: 1–331.
- Türk R. & Hafellner J. 1999: Rote Liste gefährdeter Flechten (Lichenes) Österreichs. – In: Niklfeld H. (ed.): *Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs*. – Grüne Reihe Band 10; Graz: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie; 187–228.
- Vondrák J., Urbanavichus G., Palice Z., Malíček J., Urbanavichene I., Kubásek J. & Ellis C.J. 2019: The epiphytic lichen biota of Caucasian virgin forests: a comparator for European conservation. – *Biodiversity and Conservation* 28(12): 3257–3276. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01818-4>
- Willner W. & Grabherr G. (eds.) 2007: *Die Wälder und Gebüsche Österreichs. Bestimmungswerk mit Tabellen*. 1 Textband. – München: Elsevier; 302 pp.
- Wirth C., Bruelheide H., Farwig N., Marx J.M. & Settele J. (eds.) 2024: *Faktencheck Artenvielfalt. Bestandsaufnahme und Perspektiven für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland*. – München: oekom Verlag; 1256 pp.
- Wirth V., Hauck M. & Schultz M. 2013a: *Die Flechten Deutschlands*. Band 1. – Stuttgart: Eugen Ulmer; 672 pp.
- Wirth V., Hauck M. & Schultz M. 2013b: *Die Flechten Deutschlands*. Band 2. – Stuttgart: Eugen Ulmer; 572 pp.
- Zahlbruckner A. 1886: *Steirische Flechten*. – *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien* 36: 393–406.
- Zwettler S. 2019: Kampf dem Klimastress in unseren Wäldern. Leistungsfähigkeit durch neue klimatolerantere und vielfältigere Baumarten, Dickungspflege und kürzere Umtriebe erhalten. – <https://noe.lko.at/kampf-dem-klimastress-in-unseren-w%C3%A4ldern+2400+2940854> [aufgerufen am 25.01.2025].

Flechtenart \ Erhebungsplot	Gef	W01	W02	W03	W04	W05	W06	W07	W08	W09	W10	W11	W12	W13	S01	S02	S03	S04
<i>Chaenotheca stemonea</i> (Ach.) Müll.Arg.	.	.	.	3	3	1	2	.	2	.	.	1	2	.	.	.	.	.
<i>Chaenotheca xyloxena</i> Nádv.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaenothecopsis pusilla</i> (Ach.) A.F.W.Schmidt	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chrysothrix candelaris</i> (L.) J.R.Laundon	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Chrysothrix chlorina</i> (Ach.) J.R.Laundon	1	.
<i>Cladonia bacilliformis</i> (Nyl.) Glück	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia caespiticia</i> (Pers.) Flörke	1	.	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.	1	.
<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer.	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	.	.	1	8	3	3	5	5	1	5	.	2	3	1	.	7	5	.
<i>Cladonia digitata</i> (L.) Hoffm.	.	.	.	8	1	1	1	3	5	4	.	1	6	1	.	2	3	.
<i>Cladonia ecmocyna</i> Light.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	3	.	.	3	1	.	1	.	.	1	.	.
<i>Cladonia furcata</i> (Huds.) Schrad. subsp. <i>furcata</i>	.	.	.	1	.	.	.	1	.	2	.	.	1	.	.	.	1	.
<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm. subsp. <i>floerkeana</i> (Fr.) V.Wirth	3	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Cladonia macilenta</i> Hoffm. subsp. <i>macilenta</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Cladonia norvegica</i> Tønsberg & Holien	3	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	1	.	.	.	.	1	.	1	1	.	.	2	.
<i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Weber	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia squamosa</i> Hoffm. var. <i>squamosa</i>	.	.	.	1	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Cladonia squamosa</i> Hoffm. var. <i>subsquamosa</i> (Nyl.) Vain.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Clauzadea immersa</i> (Weber) Hafellner & Bellem.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Coenogonium pineti</i> (Schrad.) Lücking & Lumbsch	1	2	2	2	2	2	.	1	2	2	.	1	2	.
<i>Collema flaccidum</i> (Ach.) Ach.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Elixia flexella</i> (Ach.) Lumbsch	1	.	.	.	.	.	.
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	.	1	.	1	.	1	1	.	.	1	1	.	1	.	.	2	1	.
<i>Fellhanera subtilis</i> (Vězda) Diederich & Sérus.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fuscidea pusilla</i> Tønsberg	4	.	.	1	1	1	1	1	1	.	.	.	1	.	.	1	.	.
<i>Fuscidea</i> sp.	1	.	.	.	.
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach. s.lat.	1	.	.	.	3	1	.	.	.	1	.	.
<i>Gyalecta jenensis</i> (Batsch) Zahlbr. var. <i>montenegrina</i> Servít	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Haematomma ochroleucum</i> (Neck.) J.R.Laundon var. <i>ochroleucum</i>	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypocnomyce scalaris</i> (Ach.) M.Choisy	.	.	.	7	.	4	2	4	2	4	.	4	3	.	.	.	1	.
<i>Hypogymnia farinacea</i> Zopf	2	1	.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	.	1	1	7	2	6	5	7	6	9	1	1	8	3	.	7	2	.
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	.	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	.	2	1	.
<i>Icmadophila ericetorum</i> (L.) Zahlbr.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Imshaugia aleurites</i> (Ach.) S.L.F.Mey.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Jamesiella anastomosans</i> (P.James & Vězda) Lücking, Sérus. & Vězda	3	.	.	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lathagrium auriforme</i> (With.) Otálora, M.Jörg. & Wedin	1	.	.	.	.	.	.
<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th.Fr.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.
<i>Lecania naegelii</i> (Hepp) Diederich & P.Boom	.	4	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.
<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach.	1	.	.	.	.	2	1	.
<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malme	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	3	1	.	.	.	4	.	.
<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	.	2	.	.	.	.	1	.	.	.	2	1	.	.	.	2	.	.
<i>Lecanora cenisia</i> Ach. var. <i>cenisia</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	.	2	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.
<i>Lecanora compallens</i> Herk & Aptroot	1	.	.	.	1	.

Flechtenart \ Erhebungsplot	Gef	W01	W02	W03	W04	W05	W06	W07	W08	W09	W10	W11	W12	W13	S01	S02	S03	S04
<i>Lecanora conizaoides</i> Nyl.	.	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Lecanora expallens</i> Ach.	3	.	1	1	.	1	1	1	1	1	.	1	1	.	.	1	.	.
<i>Lecanora intumescens</i> (Rebent.) Rabenh.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecanora leptyroides</i> (Nyl.) Degel.	4	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach.	.	2	2	3	1	2	2	1	1	5	1	1	1	1	.	1	1	1
<i>Lecanora rouxii</i> S.Ekman & Tønsberg	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecanora saligna</i> (Schrad.) Zahlbr.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Lecanora</i> sp.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecanora subintricata</i> (Nyl.) Th.Fr.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach. var. <i>symmicta</i>	.	1	.	.	1	.	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecidea nylanderii</i> (Anzi) Th.Fr.	4	.	.	1	.	1	1	.	3	1	.	2	.	.	.	1	2	.
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy var. <i>elaeochroma</i>	.	2	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.
<i>Lecidella</i> sp.1	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecidella</i> sp.2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lepra albescens</i> (Huds.) Hafellner var. <i>albescens</i>	1	.	.
<i>Lepra amara</i> (Ach.) Hafellner	1	1	.	.	.	3	.	.
<i>Lepraria elobata</i> Tønsberg	1	2	1	.	2	1	.	1	1	1	.	.	2	.
<i>Lepraria finkii</i> (B. de Lesd.) R.C.Harris	1	1	.	.	.	.	.	.
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	.	.	.	1	.	.	.	2	1	.	.	1	1	.	.	.	1	.
<i>Lepraria jackii</i> Tønsberg	.	.	.	3	1	1	2	1	4	2	.	.	1	.	.	.	1	.
<i>Lepraria lobificans</i> Nyl.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Lepraria membranacea</i> (Dicks.) Vain.	1	.
<i>Lepraria obtusatica</i> Tønsberg	1	.
<i>Lepraria rigidula</i> (B. de Lesd.) Tønsberg	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
<i>Lepraria umbricola</i> Tønsberg	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leproplaca chrysodeta</i> (Vain.) J.R.Laundon	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Loxospora elatina</i> (Ach.) A.Massal.	1	.	.	.	.	1	1	.	.	4	1	.
<i>Melanelixia glabrata</i> (Lamy) Sandler & Arup	.	1	.	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1	1	.	6	1	.
<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch	.	1	.	1	.	1	1	1	1	.	1	1	1	1	.	1	.	.
<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melanohalea exasperatula</i> (Nyl.) O.Blanco, A.Crespo, Divakar, Essl., D.Hawksw. & Lumbsch	.	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	.
<i>Menegazzia terebrata</i> (Hoffm.) A.Massal.	1	.	.
<i>Micarea adnata</i> Coppins	3	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Micarea denigrata</i> (Fr.) Hedl.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Micarea melaena</i> (Nyl.) Hedl.	.	.	.	2	1	.	1	3	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Micarea micrococca</i> (Körb.) Gams	.	.	2	1	1	2	3	2	1	1	.	1	1	4	.	1	1	.
<i>Micarea misella</i> (Nyl.) Hedl.	1	.
<i>Micarea prasina</i> Fr. s.str.	1	.	1	.	.	1	.	.	2	1	.	.	.	.
<i>Microcalicium arenarium</i> (Hampe) Tibell+	1	.
<i>Mycocalicium subtile</i> (Pers.) Szatala var. <i>subtile</i> *	.	.	.	2	1	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Myriolecis persimilis</i> (Th.Fr.) Śliwa, X.Zhao & Lumbsch	4	1	.	1	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1
<i>Naetrocymbe fraxini</i> (A.Massal.) R.C.Harris	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.
<i>Nesolechia oxyspora</i> (Tul.) A.Massal.†	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ochrolechia arborea</i> (Kreyer) Almb.	.	.	.	1	.	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Ochrolechia microstictoides</i> Räsänen	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	3	.	.
<i>Opegrapha dolomitica</i> (Arnold) Clauzade & Cl.Roux subsp. <i>dolomitica</i>	1	.	.	.	.	.	.	.

Flechtenart \ Erhebungsplot	Gef	W01	W02	W03	W04	W05	W06	W07	W08	W09	W10	W11	W12	W13	S01	S02	S03	S04
<i>Stenocybe pullatula</i> (Ach.) Stein*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Strangospora moriformis</i> (Ach.) Stein	3	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Strigula stigmatella</i> (Ach.) R.C.Harris var. <i>stigmatella</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	.	.	.	.	.	.
<i>Thelidium minutulum</i> Körb.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Trapeliopsis flexuosa</i> (Fr.) Coppins & P.James	.	.	.	1	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trapeliopsis granulosa</i> (Hoffm.) Lumbsch	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Trapeliopsis viridescens</i> (Schrad.) Coppins & P.James	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.
<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i> (Willd.) Hale	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	1	.
<i>Usnea dasopoga</i> (Ach.) Nyl. var. <i>dasopoga</i>	.	.	.	1	1	1	1	.	2	.	1	.	2	1	.	.	2	.
<i>Usnea hirta</i> (L.) Weber	.	1	.	1	1	1	.	2	2	2	.	.	1	2	.	.	.	.
<i>Usnea</i> sp.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	.	.	1	.	.	1	.
<i>Usnea subfloridana</i> Stirt.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Verrucaria dolosa</i> Hepp	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Verrucaria muralis</i> Ach.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Violella fucata</i> (Stirt.) T.Sprib.	.	.	.	4	.	.	.	1	3	1	.	.	2	.	.	3	.	.
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E.Mattsson & M.J.Lai	.	.	.	3	.	.	1	1	1	2	.	.	2	.	.	1	1	.
<i>Xanthomendoza fulva</i> (Hoffm.) Søchting, Kärnefelt & S.Kondr.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr.	.	3	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1
<i>Xylographa parallela</i> (Ach.) Fr.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Xylographa soralifera</i> Holien & Tønsberg	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Xyloporia friesii</i> (Ach.) Bendiksby & Timdal	3	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Zwackhia viridis</i> (Pers.) Poetsch & Schied.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.

Anschrift des Autors

Harald Komposch, Ingenieurbüro für Biologie, Waldweg 14, A-8044
Weinitzen, +43 676 9639570, harald.komposch@gmx.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natura Styriaca](#)

Jahr/Year: 2025

Band/Volume: [01](#)

Autor(en)/Author(s): Komposch Harald

Artikel/Article: [Flechtendiversität unterschiedlich stark genutzter Wälder in den Mürztaler Alpen 240-260](#)