

# Flechten und Moose in Wirtschaftswäldern entlang der deutsch-polnischen Grenze<sup>1</sup>

Von TIM HEIDELK

## Zusammenfassung

Wälder zählen weltweit zu den artenreichsten Ökosystemen. Neben waldtypischen Farm- und Blütenpflanzen bilden Flechten und Moose einen wesentlichen Teil der Biodiversität in unseren heimischen Wäldern. Forstwirtschaftliche Maßnahmen wirken sich häufig negativ auf deren Artenvielfalt aus, sind jedoch mit Blick auf die Holznutzung und einen steigenden Holzbedarf unentbehrlich. Der größte Teil unserer Waldflächen unterliegt einer Bewirtschaftung und wird auch in Zukunft bewirtschaftet werden, was Ansätze zur Umsetzung integrativer Artenschutzmaßnahmen auf diesen Flächen erfordert. Im Rahmen eines laufenden Promotionsprojektes wurden auf 184 Untersuchungsflächen in verschiedenen Wirtschaftswäldern entlang der deutsch-polnischen Grenze rindenbewohnende Flechten und Moose erfasst. Erste Ergebnisse zeigen, dass häufig bereits mit einfachsten Maßnahmen eine deutliche Steigerung der Artenvielfalt in denkieferndominierten Wäldern des Untersuchungsgebietes erreicht werden kann. Neben dem Belassen einzelner Bäume kann die kleinflächige Unterteilung von Waldbeständen und die Begründung von Laub-Mischwäldern einen positiven Einfluss auf die Vielfalt der Epiphyten ausüben. Von besonderer Relevanz sind dabei unter anderem die Baumarten Eiche, Lärche, Birke und Weide.

## Abstract

### Lichens and bryophytes in managed forests along the German-Polish border

Forests are among the world's most species-rich ecosystems. In addition to typical vascular plants, lichens and bryophytes form a significant part of the biodiversity in our native forests. Forestry measures often have a negative impact on their biodiversity but are crucial from the viewpoint of timber utilization and the increasing demand for wood. Most of our forest areas are managed and will remain so in the future. This requires approaches for implementing integrative species protection measures on managed forest areas. As part of an ongoing PhD project, epiphytic lichens and bryophytes were recorded on 184 study sites in various managed forests along the German-Polish border. Initial results show that even simple measures can often achieve a major increase in species diversity in the pine-dominated forests of the study area. In addition to leaving individual trees standing, the small-scale partitioning of forest stands and the establishment of mixed deciduous forests can have a positive influence on the diversity of epiphytes. Especially the tree species oak, larch, birch and willow are of major relevance for these measures.

**Keywords:** managed forests, biodiversity, cryptogams, epiphytes.

<sup>1</sup> Vortrag zur 34. Jahrestagung 2024 „Wandel in der Natur der Oberlausitz“

## 1 Einleitung

Flechten und Moose bilden zwei der vielfältigsten und wichtigsten Artengruppen in unseren Wäldern. Als Mikrohabitat und Nahrungsquelle, aber auch als Wasserspeicher, erfüllen sie zahlreiche Funktionen in Waldökosystemen. Allein deutschlandweit gelten etwa 1946 Flechten- und 1195 Moostaxa als etabliert (WIRTH et al. 2011, CASPARI et al. 2018), von denen jeweils etwa die Hälfte in der Waldartenliste Deutschlands aufgeführt wird (BÜLTMANN et al. 2011, PREUSSING et al. 2011). Das Vorkommen der einzelnen Arten ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Schadstoffeinträge aus der Luft sind dabei von essenzieller Bedeutung. In der Vergangenheit führten Schwefeldioxid-Emissionen ( $\text{SO}_2$ ) zu einem massiven Rückgang der Arten (BARKMAN 1969, GILBERT 1969) in vielen Regionen Europas – so auch in der Oberlausitz und den angrenzenden Regionen (GNÜCHTEL 1997, KOSSOWSKA 2003, MÜLLER 2004). Mit Rückgang der  $\text{SO}_2$ -Emissionen ab den 1980er Jahren begannen viele Arten mit einer erneuten Ausbreitung (ROSE & HAWKSWORTH 1981, BAUMANN et al. 2022, PROCHÁZKOVA et al. 2025), was heute wieder eine beeindruckende Vielfalt an Flechten und Moosen erkennen lässt.



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes (rote Markierung = Untersuchungsgebiet; erstellt in QGIS, Version 3.24 Tisler).

Neben Schadstoffeinträgen spielt im Waldbereich vor allem die forstliche Nutzung durch den Menschen eine entscheidende Rolle für das Vorkommen von Flechten und Moosen. Rindenbewohnende Arten (Epiphyten) sind dabei gleich auf verschiedene Art und Weise betroffen. Zum einen kann das Vorkommen einer epiphytischen Art durch die Entnahme des entsprechenden Trägerbaumes unmittelbar zerstört werden. Zum anderen können sich die abiotischen Bedingungen (z.B. Licht, Feuchtigkeit, Temperatur) durch die Entnahme in der Nähe befindlicher Bäume so verändern, dass die vorhandenen Arten nicht mehr mit den neuen Standortbedingungen zurechtkommen. Derartige direkte und indirekte Einflüsse des forstlichen Managements konnten unter anderem von BOCH et al. (2021) belegt werden. Hinzu kommt, dass sich die verschiedenen Baumarten in Bezug auf ihre Borkeneigenschaften unterscheiden und somit unterschiedlichen Arten einen Lebensraum bieten (HAUCK & SPRIBILLE 2005, LAMIT et al. 2015). Das Belassen von Habitatbäumen entsprechender Mischbaumarten kann vor diesem Hintergrund eine besondere Rolle spielen (EMRICH et al. 2025). Im landschaftlichen Kontext sind zudem Waldrand- und Waldfragmentierungseffekte von entscheidender Bedeutung für das Vorkommen von Flechten und Moosen (BELINCHÓN et al. 2007, HOFMEISTER et al. 2016).

Wie es die Bezeichnung nahelegt, dienen Wirtschaftswälder in erster Linie der wirtschaftlichen Nutzung und somit der Produktion von Holz. Etwa 95 % der Wälder Deutschlands unterliegen einer Bewirtschaftung (DRENCKHAHN et al. 2020) und werden vermutlich auch in Zukunft weiter genutzt. Daraus wird ersichtlich, dass sich der Artenschutz nicht nur auf die wenigen (streng) geschützten Flächen fokussieren kann, sondern ebenfalls bewirtschaftete Flächen in den Blick nehmen muss. Integrative Maßnahmen sind für die Erfüllung von Naturschutzbefangen von entscheidender Bedeutung.

Dass auch in den Wirtschaftswäldern der deutsch-polnischen Grenzregion für epiphytische Flechten und Moose interessante Strukturen vorhanden sind, konnte punktuell bereits in verschiedenen Untersuchungen gezeigt werden. Vor allem jüngere Lärchen- und Eichenbestände sind häufig durch eine Vielzahl seltener und/

oder gefährdeter Arten gekennzeichnet (OTTE 2008, OTTE 2011, OTTE & LANDECK 2012). Um das Potenzial der Wirtschaftswälder in der Region für den Schutz epiphytischer Flechten und

Moose umfassender bewerten zu können, wird im Rahmen eines laufenden Promotionsprojektes zum Thema „Integration des Schutzes waldtypischer Kryptogamen (Flechten, Moose) in

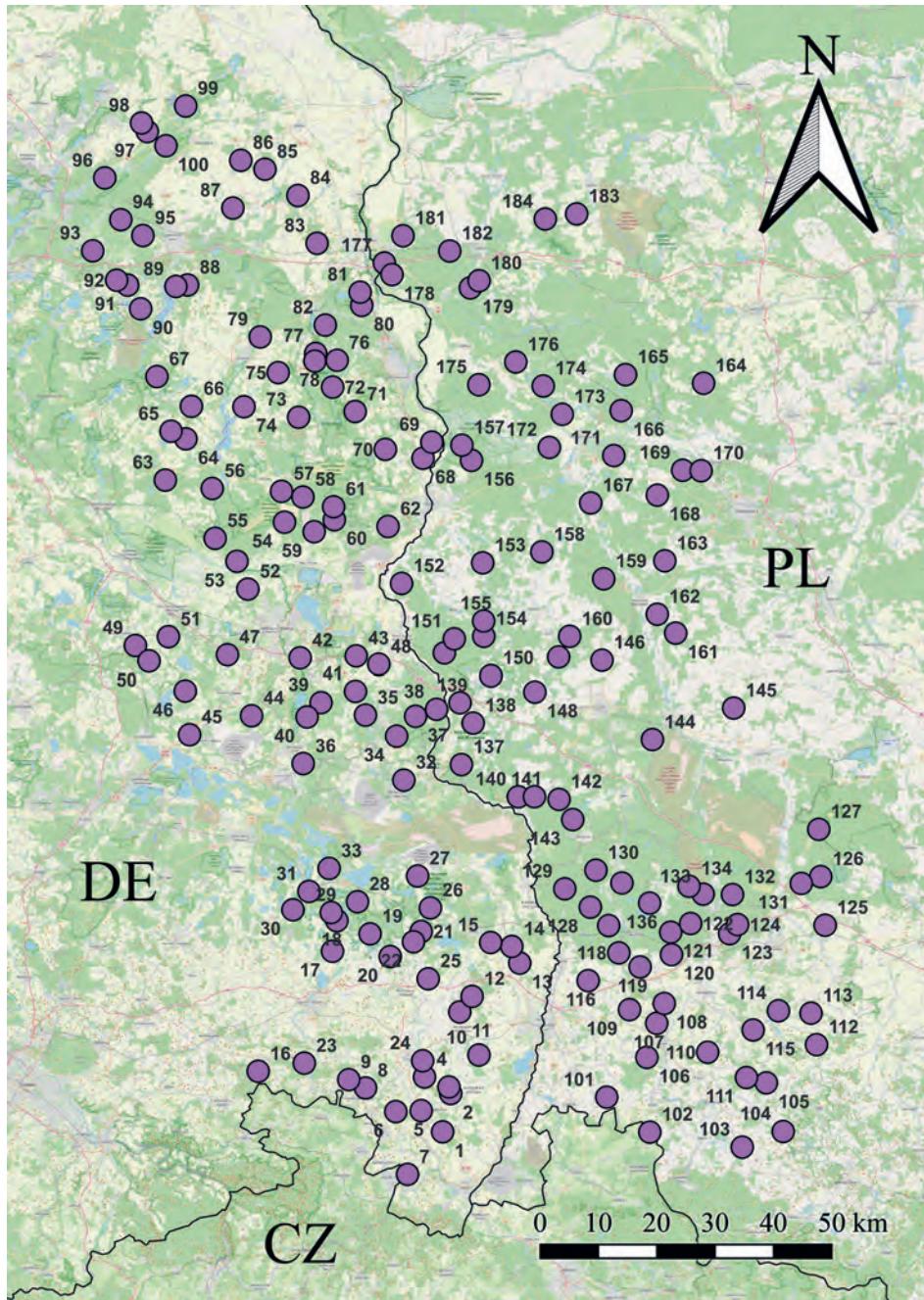
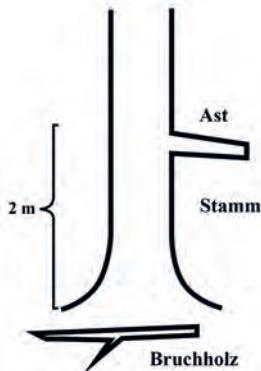
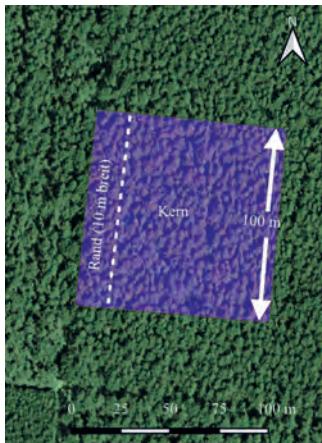


Abb. 2: Verteilung der Untersuchungsflächen (Kartendaten © OpenStreetMap; erstellt in QGIS, Version 3.24 Tisler).



**Abb. 3:** Beispielhafte Darstellung einer Untersuchungsfläche (Google Maps, Bilder © 2025 Airbus, GeoBasis-DE/BKG, Maxar Technologies, Kartendaten © 2025 Geobasis-DE/BKG © 2009) sowie schematische Darstellung der Erfassungsbereiche am Baum.

die Forstwirtschaft im mitteleuropäischen Bin-  
nentiefland“ die Artenvielfalt in verschiedenen  
Wäldern entlang und beiderseits der deutsch-  
polnischen Grenze erfasst. Es soll ermittelt  
werden, für welche Arten die aktuellen Wirt-  
schaftswaldstrukturen bereits einen geeigne-  
ten Lebensraum bieten und welche Strukturen  
potenziell zur Förderung der Artenvielfalt der  
Epiphyten beitragen. Das große Ziel des For-  
schungsprojektes besteht in der Formulierung  
von Managementempfehlungen, die Akteuren  
im forstwirtschaftlichen Bereich als praxisori-  
entierte Handreichung für die Umsetzung von  
Artenschutzmaßnahmen zur Verfügung stehen  
sollen.

Der vorliegende Beitrag stellt einige wichtige  
Erkenntnisse aus der Promotionsarbeit zum Zeit-  
punkt der 34. Jahrestagung der Naturforschen-  
den Gesellschaft der Oberlausitz (9.3.2024)  
vor und möchte auf Möglichkeiten zum Schutz  
rindenbewohnender Flechten und Moose in den

Wirtschaftswäldern des mitteleuropäischen Bin-  
nentieflandes aufmerksam machen.

## 2 Material und Methodik

Das Untersuchungsgebiet der Studie erstreckt  
sich auf einem etwa 100 Kilometer breiten  
Geländestreifen, dessen Mittellinie durch  
die deutsch-polnische Grenze gebildet wird  
(Abb. 1). Die Nord-Süd-Ausdehnung reicht  
von Berlin bis Zittau. Für die Festlegung der  
einzelnen Untersuchungsflächen wurde ein teil-  
randomisiertes GIS-basiertes Rasterverfahren  
in Kombination mit intensiven Geländebege-  
hungen durchgeführt. Die daraus resultierende  
Verteilung der Untersuchungsflächen ist in Ab-  
bildung 2 dargestellt.

Als Untersuchungsflächen wurden jeweils  
etwa 1 ha große Waldflächen ( $100 \times 100$  m)  
festgelegt und mit Hilfe eines GPS-Gerätes ein-

**Tab. 1:** Anzahl beprobter Untersuchungsflächen in den einzelnen Flächenklassen.

Nr.	Bezeichnung	Anzahl beprobter Flächen (n)
1	Eichen-Mischwald	27
2	junger Wald aus Kiefer/Eiche/Birke/Lärche	18
3	Kiefern-Birken-Mischwald	23
4	Kiefern-Robinien-Mischwald	14
5	Lärchen-Mischwald	13
6	Laub-Mischwald	29
7	Nadelwald mit einzelbaumweiser Beimischung	24
8	Nadelreinbestand	12
9	Strukturreicher Mischwald	24
Summe		184

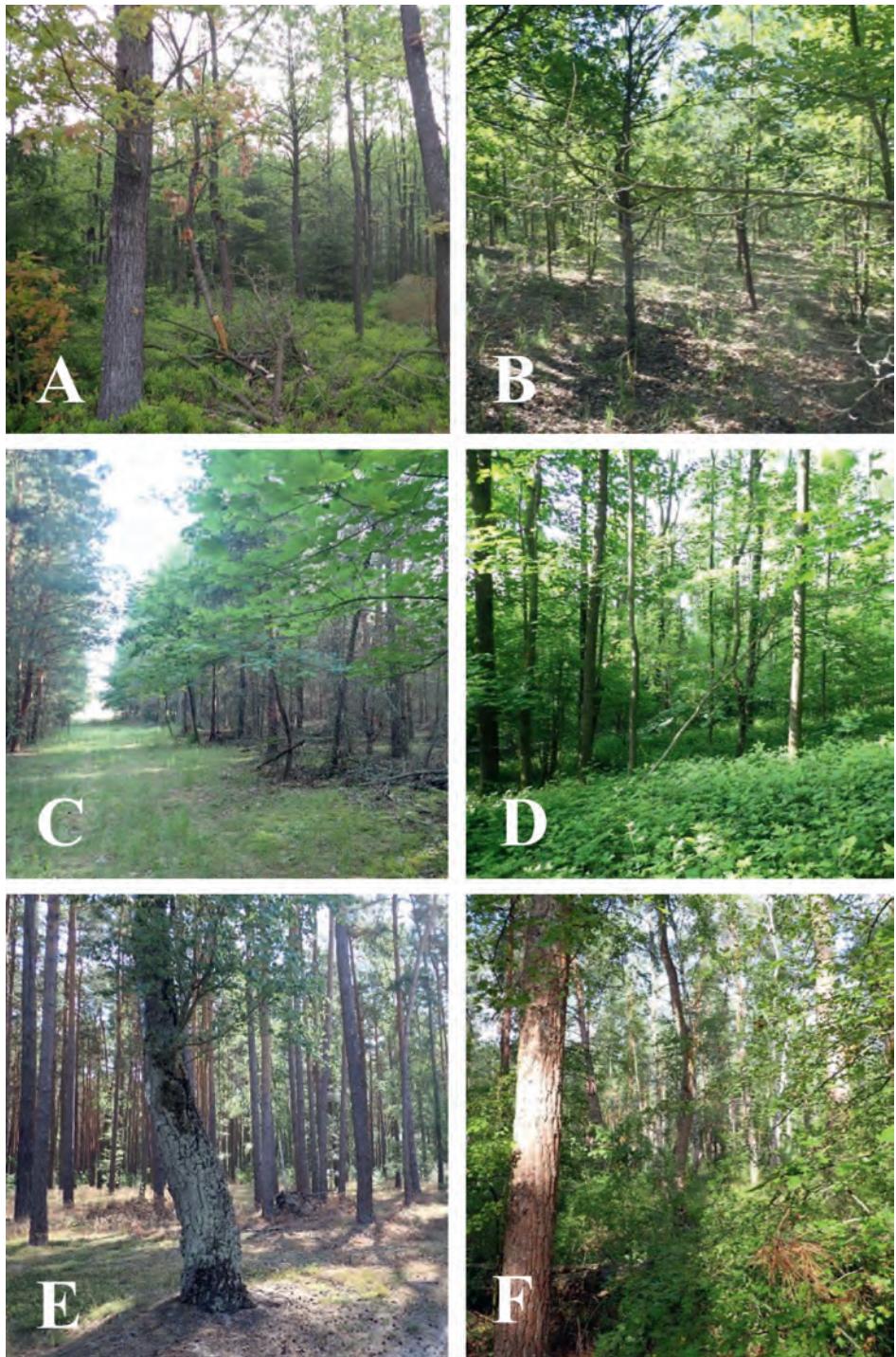
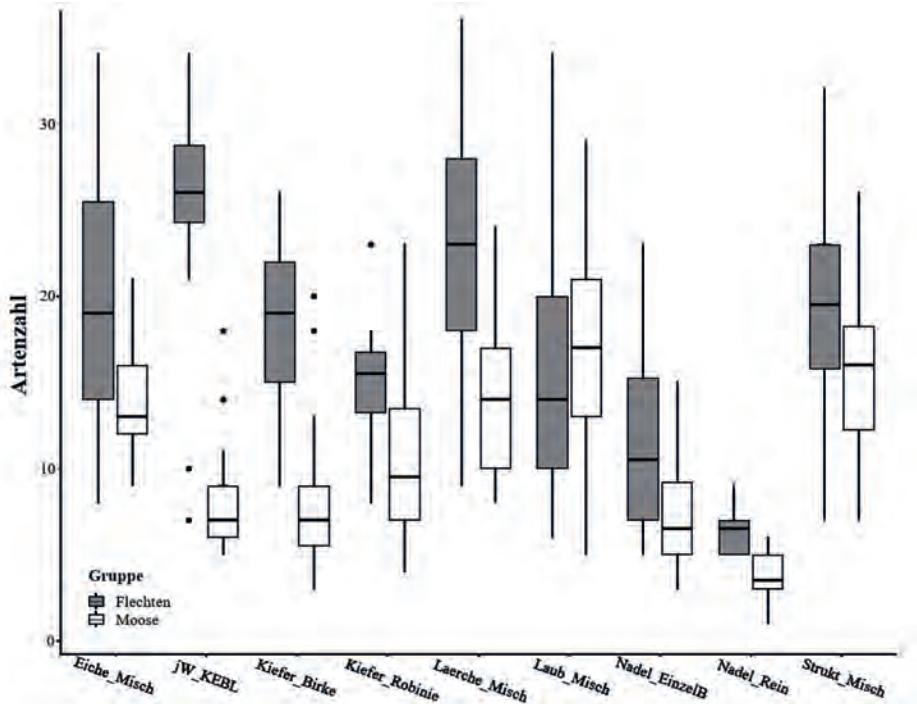


Abb. 4: Beispiele für verschiedene Flächenklassen: A – Eichen-Mischwald, B – junger Wald aus Kiefer/Eiche/Birke/Lärche, C – Lärchen-Mischwald, D – Laub-Mischwald, E – Nadelwald mit einzelbaumweiser Beimischung, F – Strukturreicher Mischwald. Fotos: T. Heidek



**Abb. 5:** Boxplots für den Vergleich der Artenzahlen von Flechten und Moosen in den unterschiedlichen Flächenklassen (Eiche\_Misch = Eichen-Mischwald, jW\_KEBL = junger Wald aus Kiefer/Eiche/Birke/Lärche, Kiefer\_Birke = Kiefern-Birken-Mischwald, Kiefer\_Robinie = Kiefer-Robinien-Mischwald, Laerche\_Misch = Lärchen-Mischwald, Laub\_Misch = Laub-Mischwald, Nadel\_EinzelB = Nadelwald mit einzelbaumweiser Beimischung, Nadel\_Rein = Nadelreinbestand, Strukt\_Misch = Struktureicher Mischwald).

gemessen. Eine Grenze der Untersuchungsfläche liegt dabei stets an einem Waldinnenrand in Form eines Waldweges oder einer breiteren Schneise. Auf den Untersuchungsflächen erfolgte die Erfassung aller auftretenden Epiphyten am Stamm und an Ästen der verschiedenen Baumarten bis in 2 m Reichhöhe. Zusätzlich wurde Bruchholz in die Erfassung mit einbezogen, um zumindest zum Teil die Vielfalt der Epiphyten im Kronenbereich einzubinden. Die Artenspektren wurden jeweils getrennt für einen 10 m breiten Randbereich entlang des Waldinnenrandes und für den restlichen Kernbereich der Fläche erfasst, um Rand- und Kernbereiche getrennt voneinander analysieren zu können (Abb. 3).

Zur Beschreibung der Untersuchungsflächen wurden Umweltparameter im Rahmen einer waldbaulichen Bestandesbeschreibung erhoben. Dazu zählen die auftretenden Baum- bzw. Gehölzarten, Mischungsart, Vertikalstruktur, Kronenschlussgrad, Stammzahl pro Hektar, Altersstruktur sowie die Beschreibung sonstiger

Besonderheiten auf der Fläche. Die einzelnen Gehölzarten wurden dann über weitere Angaben zu Borkenrissen, Beastung bis 2 m Reichhöhe, durchschnittlichem Brusthöhendurchmesser (BHD), Wuchs- bzw. DurchmesserkLASSE sowie Mischungsform und Mischungsgrad genauer charakterisiert. Auf dieser Basis konnten die 184 beprobten Untersuchungsflächen zur späteren Auswertung in neun verschiedene Klassen eingeteilt werden. Eine kurze Übersicht liefert Tabelle 1. Einige beispielhafte Impressionen zu verschiedenen Flächenklassen sind in Abbildung 4 dargestellt.

Zur Nachbestimmung der gesammelten Flechten und Moose wurden überwiegend die Bestimmungsbände von WIRTH et al. (2013) sowie NEBEL & PHILIPPI (2000, 2001, 2005) verwendet. Falls nötig, erfolgte der Vergleich der Proben mit entsprechendem Herbariummaterial aus dem Herbarium des Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz (GLM). Die gesammelten Belege sind im benannten Herbarium des Senckenberg Museums einsehbar.

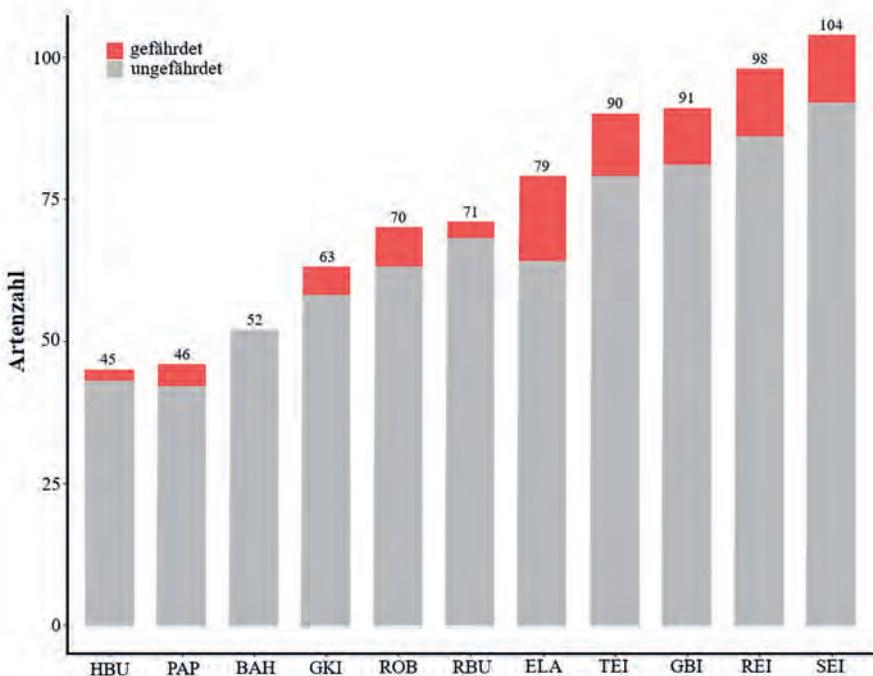


Abb. 6: Anteile gefährdeter und nicht gefährdeter Arten in Bezug auf die Gesamtartenzahl der Flechten und Moosen an den wichtigsten Baumarten (HBU = Hainbuche, PAP = Pappel, BAH = Berg-Ahorn, GKI = Kiefer, ROB = Robinie, RBU = Rot-Buche, ELA = Lärche, TEI = Trauben-Eiche, GBI = Birke, REI = Rot-Eiche, SEI = Stiel-Eiche).

Die Auswertung der Daten erfolgte im Statistikprogramm R (R Core Team 2022). Im Folgenden dargestellte Diagramme wurden mit Hilfe der Pakete dplyr (WICKHAM et al. 2023) und ggplot2 (WICKHAM 2016) erstellt. Die Nomenklatur benannter Arten folgt PRINTZEN et al. (2022) für die Flechten und HODGETTS et al. (2020) für die Moose. Eine Ausnahme bildet die Flechtengattung *Bryoria*, deren Nomenklatur sich an WIRTH et al. (2013) orientiert. Angaben zur Gefährdung beziehen sich auf die Rote Liste Deutschlands für Flechten (WIRTH et al. 2011) und Moose (CASPARI et al. 2018).

### 3 Vorläufige Ergebnisse

Bis dato (9.3.2024) konnte das Vorkommen von 95 Flechten- und 77 Moosarten auf den Untersuchungsflächen belegt werden. Es zeigen sich klare Unterschiede in Bezug auf die auftretenden Artenzahlen in den verschiedenen Flächenklassen (Abb. 5).

Kiefernreinbestände wurden als Referenz für die häufigste Wirtschaftswaldstruktur im Untersuchungsgebiet miterfasst und bilden die mit Abstand artenärmste Flächenklasse. Durchschnittlich sind hier etwa zehn verschiedene Flechten- und Moosarten anzutreffen. Bereits die einzelbaumweise Beimischung einer anderen Baumart kann in reinen Kiefernbeständen zu einer Förderung der Artenvielfalt beitragen. Mit Blick auf die Zahl der Flechtenarten bieten insbesondere junge Waldbestände mit Kiefer, Eiche, Birke und Lärche sowie Lärchen-Mischwälder einen artenreichen Lebensraum. Laubmischwälder mit Rotbuche und verschiedensten Edellaubgehölzen liefern vor allem für Moose geeignete Bedingungen. Es handelt sich hier um die einzige Flächenklasse, in der die Zahl der epiphytischen Flechtenarten von der Zahl der Moosarten übertroffen wird.

Gefährdete Arten sind nur mit einem Anteil von etwa 2% an der Gesamtzahl der Artvorkommen im Untersuchungsgebiet vertreten. Als Artvorkommen gilt hierbei das Auftre-

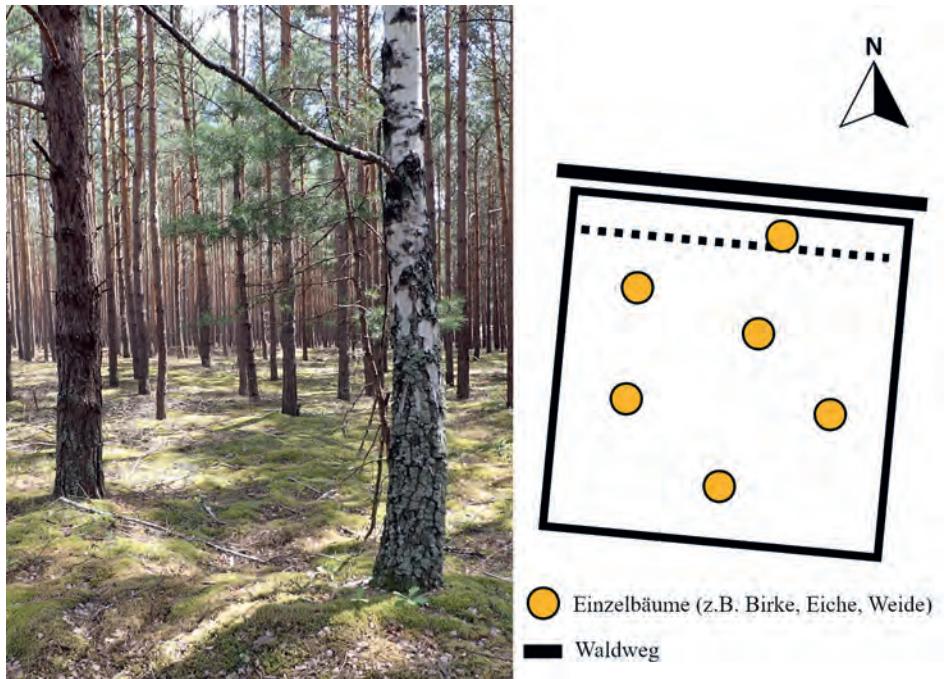


Abb. 7: Fotografische und schematische Darstellung der Untersuchungsfläche 153 (Polen, bei Starosiedle (Starzeddel), 11 km südöstlich von Guben) als Beispiel für einzelbaumweise Beimischungen von Laubbäumen (Flächenklasse 7) in Kiefernreinbeständen. Foto: T. Heidelk



Abb. 8: Kiefernreinbestand mit einer einzelnen Weide (Untersuchungsfläche 27, Deutschland, bei Reichwalde) und dem dortigen Vorkommen von *Orthotrichum scanicum*. Fotos: T. Heidelk

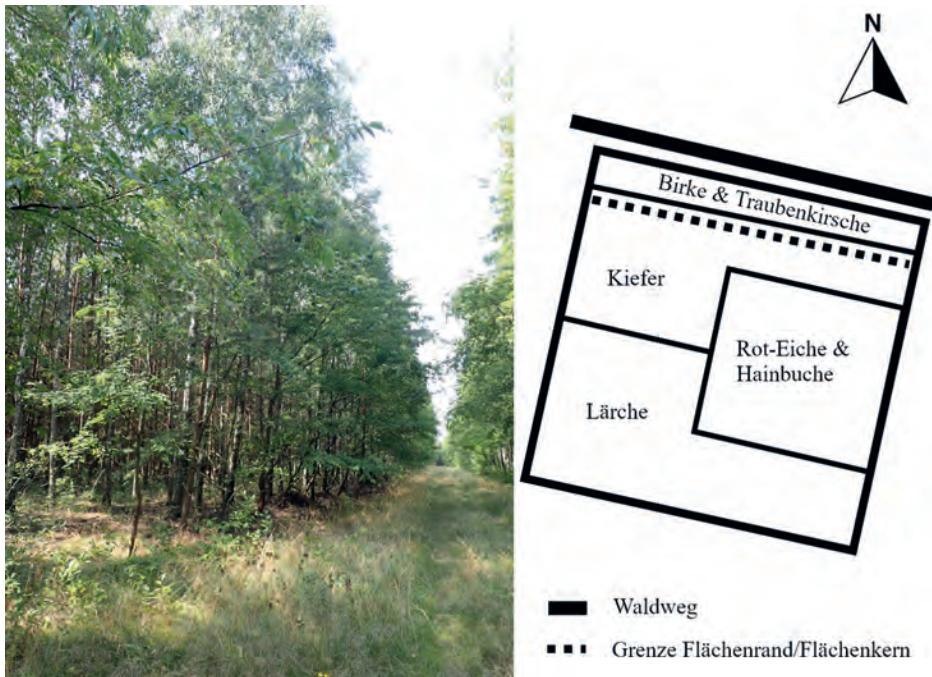


Abb. 9: Fotografische und schematische Darstellung der Untersuchungsfläche 171 (Polen, 6 km südwestlich von Krosno Odrzańskie (Crossen an der Oder)) als Beispiel für kleinflächig strukturierte Waldbestände (Flächenklasse 2). Foto: T. Heidek

ten einer Art an einem besiedelten Baumabschnitt (Stamm, Ast, Bruchast) pro Baumart in der jeweiligen vertikalen Bestandesschicht (Oberstand, Unterstand), getrennt nach Flächenabschnitt (Rand, Kern). Die Relevanz der wichtigsten Baumarten für das Auftreten gefährdeter Arten wird in Abbildung 6 dargestellt.

Mit einer Gesamtartenzahl von 104 Arten über alle Untersuchungsflächen bildet die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) die epiphytenreichste Baumart, dicht gefolgt von der Rot-Eiche (*Quercus rubra*) mit 98 Arten, der Birke (*Betula* sp.) mit 91 Arten und der Trauben-Eiche (*Quercus petraea*) mit 90 Arten. 11–12 % der an diesen Baumarten auftretenden Arten sind einer Gefährdungskategorie (1, 2, 3), einschließlich der Kategorien „Vorwarnliste“ (V) und „Gefährdung unbekannten Ausmaßes“ (G), der Roten Liste Deutschlands zuzuordnen. Ein besonders hoher Anteil gefährdeter Arten (19 %) ist an der Europäischen Lärche (*Larix decidua*) festzustellen. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist der Stichprobenumfang pro Baumart zu berücksichtigen. Birke wurde auf 75,5 % der Untersuchungsflächen beprobt. Stiel-Eiche trat

auf 35,9 % der Flächen auf, gefolgt von Lärche und Rot-Eiche mit jeweils 26,1 %. Trauben-Eiche wurde nur auf 19,6 % der Untersuchungsflächen betrachtet.

Allein auf Basis der Artenzahlen und -spektren lassen sich bereits erste Managementempfehlungen für den Schutz der Epiphyten in den Wirtschaftswäldern des Untersuchungsgebietes geben. Im räumlichen Gefüge der typischerweise auftretenden Kiefernreinbestände bilden folgende Strukturen eine einfache Möglichkeit, die Vielfalt rindenbewohnender Flechten und Moose – teils deutlich – zu erhöhen.

#### **Einzelbaumweise Beimischungen**

Bereits die einzelbaumweise Beimischung von Birken, Weiden oder anderen Laubbauarten in reinen Kiefernbeständen (Abb. 7) kann einen deutlich positiven Effekt auf die Vielfalt rindenbewohnender Flechten und Moose ausüben.

Die beigemischten Nebenbaumarten sind mit einem Mischungsanteil von maximal 5 % auf der Fläche anzutreffen. Häufig handelt es sich nur um sehr wenige Bäume auf der gesamten Fläche. Die Artvorkommen an diesen



Abb. 10: Junger Kiefern-Lärchen-Birken-Mischwald (Untersuchungsfläche 141, Polen, bei Straszów (Groß Seltzen), etwa 23 km östlich von Weißwasser) mit dem dortigen Vorkommen von *Evernia mesomorpha* an einem Lärchen-Totast. Fotos: T. Heidelk

Einzelbäumen sind sehr variabel und können sich je nach Baumart, Alter und Standort des Trägerbaumes unterscheiden. Nicht in jedem Fall treten hier zusätzliche Arten auf, aber das Potenzial für das Vorkommen weiterer Arten ist definitiv gegeben. Ein eindrückliches Beispiel für die Relevanz von Einzelbäumen liefert der Fund des Weißhaubigen Goldhaarmooses (*Orthotrichum scanicum*; RL 3) an einer einzelnen Weide innerhalb eines ansonsten reinen Kiefernbestandes (Abb. 8). Es handelt sich um den einzigen Fund der Art über alle Untersuchungsflächen.

#### **Kleinflächig strukturierte Waldbestände „patchwork-artig“)**

Der Begriff der kleinflächig strukturierten Waldbestände beschreibt einen Flächentyp, der durch eine kleinteilige Gliederung in Flächen mit verschiedensten Baumarten charakterisiert ist. Ein Beispiel dafür liefert Abbildung 9.

Kleinflächige Mischungen von Lärchen, Birken und Eichen bilden im Untersuchungsgebiet besonders artenreiche Waldbestände. Vor allem junge Wälder dieses Typs beherbergen eine

große Zahl verschiedener Arten. Teilweise sind dort über 50 Flechten- und Moosarten zu finden. Auffällig ist das regelmäßige und vielfältige Vorkommen von Vertretern der Strauch- und Bartflechten. Über alle Untersuchungsflächen hinweg konnten allein in den Bartflechtengattungen *Bryoria* und *Usnea* 11 Arten nachgewiesen werden, deren regionaler Verbreitungsschwerpunkt ganz klar in derartigen Waldbeständen liegt. Zu ihnen zählen *Bryoria fuscescens*, *B. implexa*, *Usnea barbata* (= *U. scabrata*), *U. dasopoga* (= *U. filipendula*), *U. flavocardia*, *U. glabrata*, *U. glabrescens* s. lat., *U. hirta*, *U. subfloridana*, *U. substerilis* und *U. viktoriana*. Viele dieser Arten sind deutschlandweit gefährdet. Hervorzuheben ist ebenfalls das Vorkommen der Mittleren Pflaumenflechte *Evernia mesomorpha* (Abb. 10), die deutschlandweit als vom Aussterben bedroht gilt (RL 1).

#### **Laubmischwälder**

Einen standortbedingt eher seltener anzutreffenden Waldtyp im Untersuchungsgebiet bilden baumarten- und strukturreiche Laub-Mischwälder, die typischerweise durch ein feuchteres

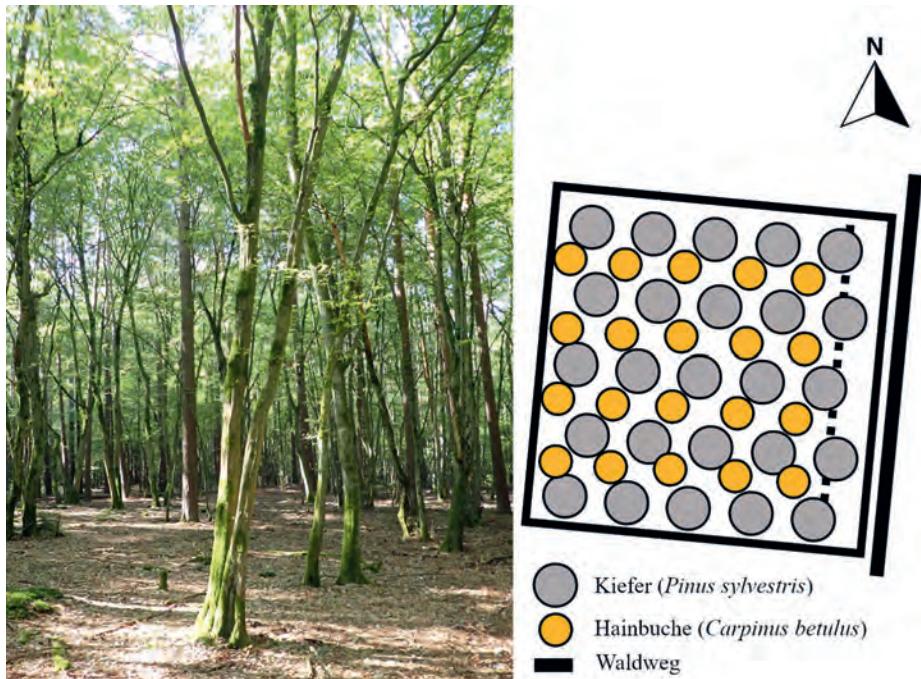


Abb. 11: Fotografische und schematische Darstellung der Untersuchungsfläche 180 (Polen, bei Rzepin (Reppen), etwa 20 km südöstlich von Frankfurt Oder) als Beispiel für Laub-Mischwälder (Flächenklasse 6). Foto: T. Heidek



Abb. 12: Laub-Mischwald (Untersuchungsfläche 105, Polen, etwa 6 km südwestlich von Lwówek Śląski (Löwenberg in Schlesien) mit dem dortigen Vorkommen von *Orthotrichum pulchellum* an Hasel. Fotos: T. Heidek

Waldinnenklima und gleichzeitig eine stärkere Beschattung der Stämme gekennzeichnet sind (Abb. 11).

Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Waldtypen ist die Zahl rindenbewohnender Flechtenarten hier meist gering, jedoch ist die Vielfalt der Moosarten wesentlich höher. Vor allem Vertreter der Orthotrichaceae sind hier in einer großen Fülle zu finden (Abb. 12). Aber auch verschiedene Lebermoose wie *Frullania dilatata*, *Metzgeria furcata*, *M. violacea* und *Radula complanata* sind regelmäßig und mit höherer Abundanz anzutreffen als in anderen Waldtypen. Dabei sind es nicht nur die reinen Laub-Mischwälder, die geeignete Bedingungen für diese Arten bieten. Auch Mischwälder mit höheren Nadelholzanteilen können bereits ein gutes Habitat für solche Arten darstellen.

#### 4 Diskussion und Schlussfolgerung

Flechten und Moose sind zwei Artengruppen, die in den wenigsten Fällen Beachtung bei der forstlichen Bewirtschaftung von Waldbeständen finden. Gleichzeitig werden sie jedoch stark durch das Management beeinflusst. Die hier vorgestellten vorläufigen Ergebnisse des Promotionsvorhabens zeigen bereits, dass schon kleinflächige Maßnahmen wesentlich zur Erhöhung der Artenvielfalt in den Wirtschaftswäldern des Untersuchungsgebietes beitragen können. Selbst das Belassen einzelner Habitateäume kann für den Artenschutz von entscheidender Relevanz sein (EMRICH et al. 2025). Insbesondere Eichen, Birken, Lärchen und Weichlaubhölzer leisten einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Artenvielfalt im Untersuchungsgebiet. Die Einschränkungen, die dem Waldbesitzer durch das Belassen einzelner Bäume in Bezug auf die Bewirtschaftung entstehen, sind als minimal einzuschätzen. Auch Waldbesitzer mit sehr kleinen Flächen können sich auf diese Weise für den Artenschutz engagieren. Die vielfältigen waldbaulichen Möglichkeiten, die sich insgesamt daraus ergeben, werden im Kern durch die zur Verfügung stehenden Standorte und die forstwirtschaftlichen Zielstellungen begrenzt. Für Tieflandregionen wurde die Förderung heimischer Eichenwälder bereits von NASCIMBENE & MARINI (2010) als geeignete Maßnahme zur Erzielung positiver

Effekte auf Flechtengesellschaften beschrieben, was mit den hier dargestellten Ergebnissen in Einklang steht. Die Region entlang der deutsch-polnischen Grenze ist in großen Teilen durch sehr arme und trockene Sandstandorte geprägt, wodurch die Baumartenwahl insgesamt stark eingeschränkt wird. Mit Blick auf die zukünftigen Entwicklungen des Klimas ist zudem mit einer Verschärfung dieser Problematik zu rechnen. Aber möglicherweise entstehen regional auch neue Potenziale durch das Einbringen anderer Baumarten. Beispielsweise zeigt sich in der vorliegenden Studie, dass sich junge Rot-Eichen-Bestände hinsichtlich der auftretenden Epiphyten auf den Untersuchungsflächen kaum von jungen Waldbeständen mit heimischen Eichenarten unterscheiden. Die Rot-Eiche birgt somit ein gewisses Potenzial für die Förderung der Epiphytenvielfalt in der Region, sollte jedoch keinesfalls als Ersatz für die heimischen Eichenarten betrachtet werden (GUSTAFSSON et al. 2023). Die Verwendung nicht-heimischer Baumarten in der Forstwirtschaft muss durchaus kritisch gesehen werden und bedarf in jedem Fall einer sorgfältigen Abwägung. Generell ist die Baumartenwahl entscheidend für das Vorkommen epiphytischer Flechten und Moose (MEŽAKA et al. 2012, MITCHELL et al. 2021). Entsprechende baumartenspezifische Forschungen sollten demnach auch in Zukunft verstärkt durchgeführt werden. Von besonderer Bedeutung ist außerdem, dass Flechten und Moose überhaupt als wichtige Organismen in Waldökosystemen wahrgenommen und entsprechend bei der Maßnahmenplanung berücksichtigt werden.

#### Danksagung

Ich bedanke mich bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die finanzielle und ideelle Förderung des Promotionsvorhabens. Ebenso richte ich meinen Dank an Dr. Volker Otte, Prof. Dr. Karsten Wesche und Dr. Thilo Heinken, die mir im Rahmen der gesamten Arbeit mit Rat und Tat zur Seite standen und stehen. Ein großes Dankeschön geht zudem an Dr. Sebastian Dittrich, dessen kritischer Blick über das Manuskript mir sehr hilfreiche Impulse für die Überarbeitung und weiterführende Recherchen gegeben hat. Ebenso richte ich

meinen Dank an Dr. Olaf Tietz für die großartige Unterstützung bei der Überarbeitung der im Beitrag verwendeten Abbildungen.

## Literatur

- BARKMAN, J. J. (1969): The influence of air pollution on bryophytes and lichens. – Air Pollution – Proceedings of the First European Congress on the Influence of Air Pollution on Plants and Animals, Wageningen: 197–209
- BAUMANN, M., S. DITTRICH & G. v. OHEIMB (2022): Recolonization of epiphytic bryophytes after decades of air pollution in forest ecosystems in the Erzgebirge (Ore Mountains) shows the importance of deciduous trees for the diversity of this species group. – Forest Ecology and Management **509**: 120082
- BELINCHÓN, R., I. MARTÍNEZ, A. ESCUDERO, G. ARAGÓN & F. VALLADARES (2007): Edge effects on epiphytic communities in a Mediterranean Quercus pyrenaica forest. – Journal of Vegetation Science **18**, 1: 81–90
- BOCH, S., H. SAIZ, E. ALLAN, P. SCHALL, D. PRATI, E.-D. SCHULZE, D. HESSENMÖLLER, L. B. SPARIUS & M. FISCHER (2021): Direct and indirect effects of management intensity and environmental factors on the functional diversity of lichens in Central European forests. – Microorganisms **9**, 2: 463
- BÜLTMANN, H., P. SCHOLZ, D. TEUBER, T. FEUERER, P. FISCHER, S. BOCH, J. H. BRADTKA, R. CEZANNE, C. DOLNIK, U. DREHWALD, M. EICHLER, J. EWALD, T. HEINKEN, C. HOBOHM, F. JANSEN, W.-U. KRIE-BITZSCH, G. H. LOOS, V. OTTE, A. PAUL, C. PRINTZEN, M. SCHMIDT, L. SPARIUS & G. WAESCH (2011): Waldartenliste der Flechten Deutschlands. – In: SCHMIDT, M. et al. (Hrsg.): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands) – BfN-Skripten **299**: 89–107
- CASPARI, S., O. DÜRHAMMER, M. SAUER & C. SCHMIDT (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Moose (*Anthocerotophyta*, *Marchantiophyta* und *Bryophyta*) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt **70**, 7: 361–489
- DRENCKHAHN, D., A. ARNETH, J. FILSER, H. HABERL, B. HANSJÜRGENS, B. HERRMANN, J. HOMEIER, C. LEUSCHNER, V. MOSBRUGGER, T. REUSCH, A. SCHÄFFER, M. SCHERER-LORENZEN & K. TOCKNER (2020): Globale Biodiversität in der Krise – Was können Deutschland und die EU dagegen tun? Dokumentationsband zu Diskussion Nr. 24. – Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V., Nationale Akademie der Wissenschaften (Hrsg.); Halle (Saale): 124 S.
- EMRICH, D., S. KAUFMANN & M. HAUCK (2025): Selecting dominant or rare tree species as habitat trees: Consequences for epiphyte diversity in temperate mountain forests. – Trees, Forests and People **20**: 100807
- GILBERT, O. L. (1969): The effect of SO<sub>2</sub> on lichens and bryophytes around Newcastle upon Tyne. – Air Pollution, Proceedings of the First European Congress on the Influence of Air Pollution on Plants and Animals; Wageningen: 223–235
- GNÜCHTEL, A. (1997): Artenliste der Flechten Sachsen. – Sächsisches Landesamt für Umwelt & Geologie; Radebeul: 56 S.
- GUSTAFSSON, L., M. FRANZÉN, J. SUNDE & V. JOHANSSON (2023): The non-native *Quercus rubra* does not substitute the native *Quercus robur* and *Q. petraea* as substrate for epiphytic lichens and bryophytes. – Forest Ecology and Management **549**: 121482
- HAUCK, M. & T. SPRIBILLE (2005): The significance of precipitation and substrate chemistry for epiphytic lichen diversity in spruce-fir forests of the Salish Mountains, northwestern Montana. – Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, **200**, 6: 547–562
- HODGETTS, N. G., L. SÖDERSTRÖM, T. L. BLOCKEL, S. CASPARI, M. S. IGNATOV, N. A. KONSTANTINOVA, N. LOCKHART, B. PAPP, C. SCHROCK, M. SIM-SIM, D. BELL, N. E. BELL, H. H. BLOM, M. A. BRUGGEMAN-NANNENGA, M. BRUGUÉS, J. ENROTH, K. I. FLATBERG, R. GARILLETI, L. HEDENÄS, D. T. HOLYOAK, V. HUGONNOT, I. KARIYAWASAM, H. KÖCKINGER, J. KUČERA, F. LARA & R. D. PORLEY (2020): An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. – Journal of Bryology **42**: 1–116
- HOFMEISTER, J., J. HOŠEK, M. BRABEC & A. TENČÍK (2016): Human-sensitive bryophytes retreat into the depth of forest fragments in central European landscape. – European Journal of Forest Research **135**: 539–549
- KOSSOWSKA, M. (2003): Czerwona lista porostów zagrożonych w polskiej części Sudetów. Red list of threatened lichens in Polish part of the Sudety Mts. – Monographiae Botanicae **91**: 201–221
- LAMIT, L. J., M. K. LAU, R. R. NÆSBORG, T. WOJTO-WICZ, T. G. WHITHAM & C. A. GEHRING (2015):

- Genotype variation in bark texture drives lichen community assembly across multiple environments. – *Ecology* **96**, 4: 960–971
- MEŽAKA, A., G. BRÜMELIS & A. PITERĀNS (2012): Tree and stand-scale factors affecting richness and composition of epiphytic bryophytes and lichens in deciduous woodland key habitats. – *Biodiversity and Conservation* **21**, 12: 3221–3241
- MITCHELL, R. J., R. L. HEWISON, J. BEATON & J. R. DOUGLASS (2021): Identifying substitute host tree species for epiphytes: The relative importance of tree size and species, bark and site characteristics. – *Applied Vegetation Science* **24**, 2: e12569
- MÜLLER, F. (2004): Verbreitungsatlas der Moose Sachsen. – Lutra Verlags- und Vertriebsgesellschaft b. R.; Tauer: 309 S.
- NASCIMBENE, J. & L. MARINI (2010): Oak forest exploitation and black-locust invasion caused severe shifts in epiphytic lichen communities in Northern Italy. – *Science of the total environment* **408**, 22: 5506–5512
- NEBEL, M. & G. PHILIPPI (2000, 2001, 2005): Die Moose Baden-Württembergs. Bände **1–3**. – Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.; Stuttgart (Hohenheim): 512 S., 529 S., 487 S.
- OTTE, V. (2008): Rückkehr der Bartflechten – Über die Wiedereinwanderung von *Usnea*- und *Bryoria*-Arten in Brandenburg und Sachsen mit Hinweisen zu ihrer Bestimmung – *Boletus* **30**, 2: 95–105
- OTTE, V. (2011): Bericht über die Flechtenexkursion „Bart- und andere Flechten in Niederlausitzer Lärchenbeständen“ am 27. März 2011. – Verhandlungen des Botanischen Vereins von Berlin und Brandenburg **144**: 235–237
- OTTE, V. & I. LANDECK (2012): *Nephromopsis laureri* und weitere Flechten im Kippenforst bei Schipkau. – Verhandlungen des Botanischen Vereins von Berlin und Brandenburg **145**: 151–159
- PREUSSING, M., U. DREHWALD, M. KOPERSKI, H. THIEL, G. WAESCH, M. BAUMANN, C. BERG, H. DIERSCHKE, C. DOLNIK, O. DÜRHAMMER, J. EWALD, A. FISCHER, H. GRÜNBERG, T. HEINKEN, F. JANSEN, H.-U. KISON, J. KLAWITTER, W.-U. KRIEBITZSCH, G. H. LOOS, M. MANTHEY, J. MÜLLER, A. PAUL, M. REIMANN, M. SCHMIDT, W. SCHMIDT, K. M. STETZKA, D. TEUBER, U. TEUBER, A. WAGNER, I. WAGNER, M. WECKERESSER, S. WINTER, T. WOLF & M. WULF (2011): Waldartenliste der Moose Deutschlands. – In: SCHMIDT, M. et al. (2011): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands – BfN-Skripten **299**: 75–88
- PRINTZEN, C., W. v. BRACKEL, H. BÜLTMANN, R. CEZANNE, C. DOLNIK, P. DORNES, J. ECKSTEIN, M. EICHLER, V. JOHN, D. KILLMANN, P. L. NIMIS, V. OTTE, U. SCHIEFELBEIN, M. SCHULTZ, R. STORDEUR, D. TEUBER & H. THÜS (2022): Die Flechten, flechtenbewohnenden und flechtenähnlichen Pilze Deutschlands - eine überarbeitete Checkliste. – *Herzogia* **35**, 1, Teil 2: 193–393
- PROCHÁZKOVÁ, J., T. HÁJEK, E. MIKULÁŠKOVÁ, V. PLAŠEK, J. TEŠITEL & M. HÁJEK (2025): Congruent responses of epiphytic bryophyte communities to air pollution on two species of trees differing in bark chemistry. – *Preslia* **97**, 1: 157–173
- R Core Team (2022): R – A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing; Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- ROSE, C. I. & D. L. HAWKSWORTH (1981): Lichen recolonization in London's cleaner air. – *Nature* **289**: 289–292
- WICKHAM, H. (2016): ggplot2 – Elegant Graphics for Data Analysis. – Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4, URL: <https://ggplot2.tidyverse.org>.
- WICKHAM, H., R. FRANÇOIS, L. HENRY, K. MÜLLER & D. VAUGHAN (2023): dplyr – A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.1.4, URL: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- WIRTH, V., M. HAUCK & M. SCHULTZ (2013): Die Flechten Deutschlands. – Band **1 & 2**, Eugen Ulmer; Stuttgart (Hohenheim): 1244 S.
- WIRTH, V., M. HAUCK, W. VON BRACKEL, R. CEZANNE, U. DE BRUYN, O. DÜRHAMMER, M. EICHLER, A. GNÜCHTEL, V. JOHN, B. LITTERSKI, V. OTTE, U. SCHIEFELBEIN, P. SCHOLZ, M. SCHULTZ, R. STORDEUR, T. FEUERER & D. HEINRICH (2011): Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands. – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* **70**, 6: 7–122

---

#### Anschrift des Verfassers

Tim Heidelk  
Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz  
Am Museum 1  
02826 Görlitz  
E-Mail: tim-heidelk@web.de

---

Manuskripteingang	10.3.2025
Manuskriptannahme	6.6.2025
Erschienen	6.12.2025

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz](#)

Jahr/Year: 2025

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Heidelk Tim

Artikel/Article: [Flechten und Moose in Wirtschaftswäldern entlang der deutsch-polnischen Grenze 13-26](#)