© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

BERICHTE DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT DER OBERLAUSITZ

Band 30 | Görlitz 2022 | Seite 57–76

Charakterisierung von Standorten ausgewählter Wintergrün-Arten in der Oberlausitz[1]

Von MARLIEB DEDEK, KARSTEN WESCHE, CHRISTIANE M. RITZ, OLAF ZINKE und CHRISTINE BROZIO

Zusammenfassung

In der Oberlausitz wurden in den Naturräumen „Königsbrück-Ruhlander Heiden“, „Oberlausitzer Bergbaurevier“, „Lausitzer Grenzwall“ und „Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet“ insgesamt 85 Fundpunkte und 86 Kontrollflächen von *Chimaphila umbellata* und weiterer Wintergrünarten hinsichtlich ihrer Artzusammensetzung und Standortfaktoren erfasst.
Unsere Ergebnisse zeigen, dass *Ch. umbellata* eine ausgesprochen weite ökologische Amplitude aufweist. Die Böden waren überwiegend basen- und stickstoffarme Sande (pH-Werte 3,7–5,9 im Mineralboden). Eine Ausnahme bildete die „Innenkippe Nochten“ mit schwach basischen pH-Werten (7,0–7,6 im Mineralboden) und einem durch Rekultivierungsgehölze geprägten Arteninventar. Gegenüber den Kontrollflächen ohne Wintergrüne kristallisierte sich kein Faktor heraus, der das Vorkommen oder Fehlen der Arten im Gebiet erklärte.
Im Untersuchungsgebiet fanden sich vorwiegend kleine Populationen von *Ch. umbellata*. Etwa die Hälfte der Populationen wies weniger als 100 Triebe auf, nur 8 % der Populationen hatten mehr als 1000 Triebe. In 80 % der Populationen gab es blühende Individuen, jedoch waren es in der Hälfte aller Populationen jeweils weniger als zehn Blütenstände. Obwohl die Bestände überwiegend in lichten Kiefernwäldern vorkamen, gab es keine eindeutige Beziehung zwischen Lichtverfügbarkeit und Blütenbildung. Wir konnten einen sehr schwachen Trend zu sinkender Anzahl von Blütenständen bei zunehmender Deckung der Baumschicht feststellen. Direkte Sonneneinstrahlung oder zu starke Trockenheit führten jedoch zum Vertrocknen der Triebe. Auf 33 % der Untersuchungsflächen trat *Ch. umbellata* vergesellschaftet mit wenigstens einer weiteren Wintergrünart auf, dabei wurden *Pyrola*-Arten und *Orthilia* aber insgesamt stärker durch Konkurrenzwirkung der Strauch- oder Moosschicht beeinträchtigt.
Insgesamt sind mäßig gestörte Standorte höheren Baumalters mit einem organischen Auflagehorizont für die Ausbreitung des Rhizoms und damit für das Gedeihen von *Ch. umbellata* förderlich.

Abstract
Characterisation of sites in Oberlausitz with selected wintergreen species

In Oberlausitz, a total of 85 sites with *Chimaphila umbellata* and other wintergreen species, and 86 control sites were surveyed for species composition and site characteristics. Localities included the “Königsbrück-Ruhlander-Heiden”, “Oberlausitzer Bergbaurevier”, “Lausitzer Grenzwall” and “Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet”.
The results show that *Ch. umbellata* has an extremely wide ecological range. The soils were predominantly acidic and nitrogen-poor sands (mineral soil with pH 3.7–5.9); an exception was the

[1] Vortrag zur 30. und 31. Jahrestagung 2021 „Landschaftsgeschichte und Landschaftswandel im Muskauer Faltenbogen, in der Muskauer Heide und angrenzenden Landschaften“

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

"Innenkippe Nochten" with slightly alkaline pH values (mineral soil pH 7.0–7.6) and a species inventory typical of reforested mining areas. Compared to the controls, no site factor explained the occurrence or absence of wintergreen species in the area.
Populations of *Ch. umbellata* were mostly small. About half of the populations had less than 100 shoots, and only 8% of the populations had more than 1000 shoots. We found flowering individuals in 80% of the populations, but in half of all populations we observed less than ten inflorescences. Although the populations were predominantly found in open pine forests, there was no clear relationship between light availability and flowering. There was, however, a very weak tendency for the number of inflorescences to decrease with increasing tree cover. However, direct sunlight or excessive drought result in withering of shoots. At 33% of the study plots, *Ch. umbellata* occurred in association with at least one other wintergreen species, but *Pyrola*-species and *Orthilia* were more strongly affected by competition from the shrub or moss layer.
Overall, moderately disturbed sites with older trees and with an organic litter horizon are favourable for the spread of the rhizome and thus for *Ch. umbellata*.

Keywords: Wintergreen species, *Chimaphila umbellata*, Oberlausitz, pine forest.

1 Einleitung

Wintergrünarten (*Ericaceae* inkl. *Pyrolaceae*) gehören in der Oberlausitz zu den floristischen Besonderheiten der Kiefernwälder bzw. -forste. In vorliegender Arbeit wurden neben dem Doldigen Winterlieb (*Chimaphila umbellata* (L.) W. P. C. Barton) das Grünblütige und das Kleine Wintergrün (*Pyrola chlorantha* Sw., *P. minor* L.) sowie das Birngrün (*Orthilia secunda* (L.) House) untersucht (Abb. 1). Weitere Wintergrünarten, die im Gebiet vorkommen, jedoch nicht unmittelbar auf den Untersuchungsflächen auftraten, sind das Einblütige Wintergrün (*Moneses uniflora* (L.) A. Grey) sowie das sehr seltene Mittlere Wintergrün (*P. media* Sw.) (Zinke 2019). Für das Rundblättrige Wintergrün (*P. rotundifolia* L.) gab es wenige Funde im Biosphärenreservat „Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft". Diese Art kann aktuell nicht mehr nachgewiesen werden (Peter Ulbrich, schriftl. Mitt. 2022). Sie gilt jedoch nicht als charakteristisch für Kiefernwälder bzw. -forste. Allerdings ist deren pflanzensoziologische Klassifikation schwierig, gleiches gilt auch für die Einordnung als FFH-Lebensraumtyp. Aus Platzgründen verzichten wir hier auf eine ausführlichere Darstellung der vegetationskundlichen Beziehungen und verweisen auf die Diskussion in Dedek (2020).

Die vorliegende Untersuchung legte den Fokus auf *Ch. umbellata*. Als zirkumboreales Element (Hegi 1975) hat die Art in Mitteleuropa kontinentalen Charakter und erreicht hier ihre Westgrenze (ähnlich *Pyrola chlorantha*). Im sächsischen Raum zählt *Ch. umbellata* zu den indigenen Arten, die als Begleiter der Kiefer in der borealen Kiefernzeit der frühen Warmzeit (ca. 7700–5800 v. Chr.) eingewandert sind (Hempel 2009).

Wie alle Wintergrünarten wird *Ch. umbellata* in den Roten Listen für Deutschland und Sachsen geführt (jeweils RL 2; Metzing et al. 2018, Schulz 2013) und ist die einzige nach Bundesartenschutzverordnung geschützte Wintergrünart. Woschée (2010) nennt für die Gefährdung der Art verschiedene Ursachen: Stickstoffeintrag, wachsende Mullschicht und Aufgabe des Streurechens führen zu wachsendem Konkurrenzdruck durch wüchsigere Arten. Durch eine zunehmende Moosbedeckung aufgrund zunehmender Beschattung können Wintergrünarten verdrängt werden. Wiederum führt die Entfernung der Moosschicht und Freistellen der Wuchsorte durch waldbauliche Maßnahmen zu Trockenschäden. Mechanische Beeinträchtigungen durch Waldbau können ebenfalls zum Rückgang beitragen, Wildverbiss hingegen wurde im Rahmen unserer Studie kaum beobachtet.

In der Oberlausitz führten Militzer (1967) und Buhl (1967) den Rückgang der Art auf den Braunkohlenbergbau zurück, da durch die großflächige Auskohlung der Landschaft zahlreiche Pflanzenstandorte vernichtet wurden. Andererseits wurden zahlreiche Sekundärstandorte geschaffen, deren konkurrenzarme

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Abb. 1: *Chimaphila umbellata* – links: Blatt; rechts: Blüten- und Fruchtstand. Foto: M. Dedek

Bedingungen für Wintergrüne günstig sein können. So wird für die ebenfalls vom Bergbau beeinflusste Dübener Heide eine zunehmende Verbreitung von Wintergrünarten (v. a. *Pyrola*-Arten) angenommen. Für diese Gebiete in Nordwestsachsen werden Immissionen basischer Flugaschen und eine Erhöhung des pH-Wertes im Boden als Ursache angegeben (Amarell 2000). Die Haupteinträge der Aschen fanden zwar in den 1960er Jahren statt, entfalten dort jedoch eine bis heute andauernde Langzeitwirkung (Amarell 2000). Da die Lausitz eine lange bergbauliche Geschichte hat, auch heute noch Emittenten vorhanden sind und ähnliche Effekte für die Region Hirschfelde beschrieben wurden (Hartmann et al. 2009), wird auch für den Untersuchungsraum eine zunehmende Ausbreitung der Wintergrünarten angenommen.

Laut Verbreitungskarte für Deutschland (Bfn 2019a) sowie Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens, Hardtke & Ihl 2000) liegen Nachweise von *Ch. umbellata* nach 1980 bzw. 1990 vorrangig in Nordostsachsen (Untersuchungsgebiet vorliegender Arbeit), wohingegen im übrigen Gebiet Sachsens und auch deutschlandweit nur aktuelle Fundpunkte verzeichnet wurden. Eine sichere Einschätzung, ob es sich lokal um eine tatsächliche Zunahme der Art handelt, ist aufgrund fehlender systematischer Untersuchungen kaum möglich. Unter Umständen ist die Anzahl der neueren Nachweise nach 1980 auch auf umfangreichere Kartierungsarbeiten in unserem Gebiet zurückzuführen. Inwiefern hier bergbauliche Einflüsse wie in der Dübener Heide eine Rolle spielen (Ascheeinträge) und möglicherweise zur Ausbreitung der Wintergrünarten beigetragen haben, sollte auch in dieser Arbeit untersucht werden.

Chimaphila umbellata tritt in kleinen bis größeren Gruppen von häufig sehr lokaler Begrenzung auf (Woschée 2010). Militzer (1967) und Buhl (1967) beschrieben, dass die Art im Raum zwischen Spree und Neiße zerstreut und vielfach in Reinbeständen auf stark podsolierten Talsanden vorkam.

Studien zum Keimungsverhalten der Wintergrünarten diskutieren zum einen eine Limitierung der Samenzahl, zum anderen könnte das Fehlen günstiger Mikrohabitate die Ausbreitung begrenzen (Johansson & Eriksson 2013). Auch pH-Wert, Nährstoffgehalt und Feuchtigkeit können den Keimungserfolg beeinflussen (Diez 2007). Für Wintergrünarten ist das Vorhandensein eines Pilzpartners zumindest für das Auskeimen der Samen notwendig, da die winzigen staubfeinen Samen nur ein geringes Nährstoffreservoir besitzen (Johansson & Eriksson 2013). Bei *Ch. umbellata* besteht keine enge Bindung an einen speziellen Pilzpartner. Es kommen Ascomyceten aus der Gattung *Phialophora* aber auch Basidiomyceten der Gattung *Tomentella* in Frage (Zimmer in Hodvina et al. 2009). Untersuchungen in Norwegen wiesen eine mehrfache Besiedlung von Pilzen in Wurzelspitzen von *Ch. umbellata* nach (Holen 2014). Es wurden mehrere Pilzlinien gefunden. Besonders interessant sind Ekto-

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Abb. 2: *Pyrola minor* – links: Blatt; rechts: Blüten- und Fruchtstand. Foto: M. Dedek

mykorrhizapilze, da sie Myzel-Netzwerke mit Kiefern bilden können.

Obwohl die Vorkommen von *Ch. umbellata* in der Oberlausitz bedeutsam sind, fehlte bisher eine systematische Untersuchung der Standorte und der Bestände. In dieser Arbeit sollten Informationen zur Vegetationszusammensetzung und zu verschiedenen Standortparametern gesammelt werden, um Rückschlüsse auf das Vorkommen und die Verbreitung schließen zu können. Dazu wurden sowohl Wuchsorte von *Ch. umbellata* untersucht (Positivstandorte, p) als auch Standorte unweit der Positivstandorte, an denen sich *Ch. umbellata* jedoch nicht angesiedelt hatte (Negativstandorte, n). Weitere, geographisch entfernte Negativstandorte (nn) wurden westlich der Stadt Bernsdorf aufgesucht, da hier aktuell nach Untersuchungen von Olaf Zinke aus ungeklärten Ursachen *Ch. umbellata* ganz fehlt und nur vereinzelt andere Wintergrünarten nachgewiesen werden.

2 Material und Methodik

2.1 Freilanduntersuchung

Untersuchungsgebiet

Die Lage der Untersuchungsflächen erstreckt sich über mehrere Naturräume (Makrogeochoren) der Oberlausitz (Abb. 3). Des Weiteren erfolgte eine Unterscheidung in Kippenstandorte des ehemaligen Braunkohleabbaus sowie in „natürliche“ Standorte. Im gesamten Untersuchungsraum sind alle Standorte jedoch mehr oder weniger anthropogen beeinflusst, da alle Kiefernwälder des Gebietes Forste i. w. S. sind, die nach großräumigen Kahlschlägen ab dem 19. Jh. oder später entstanden (Vietinghoff-Riesch 2004).

Vegetationsaufnahmen und Probenahme

Für jede 100 m² große Positivfläche wurden die Standortkoordinaten aufgenommen, die Kronenbedeckung (canopy closure) mit dem Programm GLAMA (Tichý 2019) gemessen und eine Vegetationsaufnahme erstellt.

Eine Sammellokalität von *Chimaphila umbellata*, die alle Trupps innerhalb einer Fläche von 100 m² einschloss, wurde als eine Population aufgefasst und im Nachfolgenden so behandelt. Eine klare Abgrenzung einzelner Polykormone wäre nur durch Freilegen der Wurzeln und Rhizome bzw. durch populationsgenetische Untersuchungen möglich gewesen. Die Ausdehnung der Population innerhalb der Fläche wurde ausgemessen (Angabe in Quadratmetern).

Die Anzahl der oberirdischen Triebe wurde unter Zuhilfenahme von farbig markierten Holzstäbchen ausgezählt. Oberirdisch verzweigte Triebe wurden einfach gezählt.

Die maximale Wuchshöhe wurde an fünf zufällig ausgewählten Pflanzen vom Erdboden bis zur obersten Rosette gemessen.

Diesjährige Blütenstände und vorjährige Fruchtstände wurden gezählt. An fünf zufällig

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

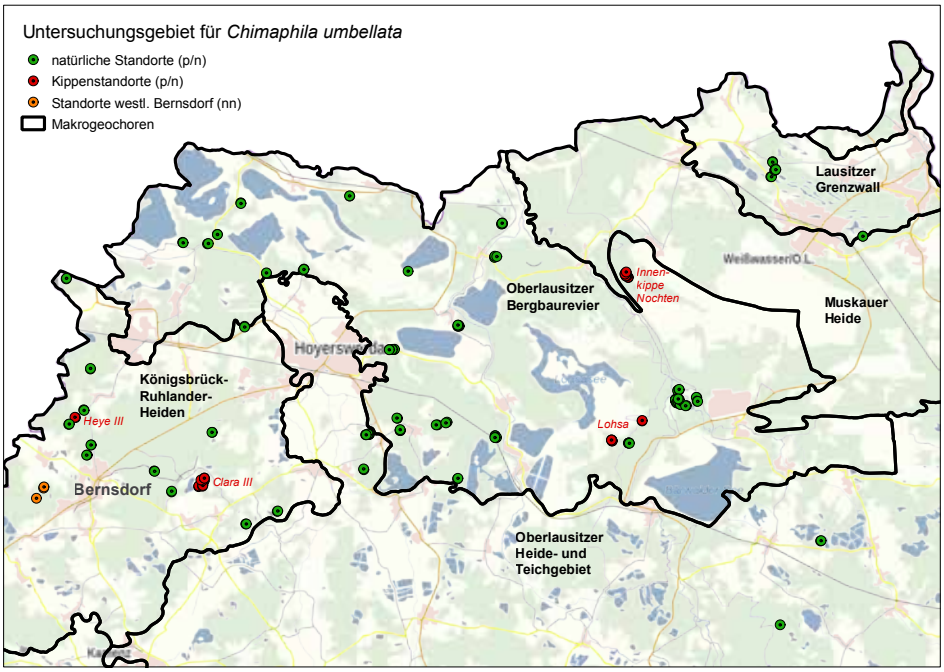

Abb. 3: Lage der Untersuchungsflächen und naturräumliche Gliederung (Makrogeochoren (LfZ 2011); bearbeitet in QGis, M. Dedek). Die jeweils benachbarten Negativflächen (n) lassen sich aus Maßstabsgründen nicht darstellen, die geographisch klar getrennten Negativflächen (nn) westlich Bernsdorf sind in Orange markiert.

ausgewählten Blütenständen wurde die Zahl der Blüten pro Blütenstand gezählt.

Für alle vorkommenden Arten wurde die Deckung nach LONDO-Skala (in Anlehnung an Dierschke 1994) geschätzt und die Arten i. d. R. im Gelände bestimmt (Jäger 2011).

Es erfolgte eine qualitative Beurteilung des Standortes (Vorhandensein älterer verzweigter Pflanzen, Jungpflanzen, Vitalität, Vorhandensein von Störstellen durch Wild und von Totholz).

Zur Bewertung des Standortes anhand von Bodeneigenschaften wurde an drei Stellen der Untersuchungsfläche eine Bodenprobe, jeweils getrennt nach organischem Horizont (Oberboden, OB) und Mineralboden (MB, bis 10 cm Tiefe), entnommen und die Stärke des O-Horizontes gemessen und qualitativ beschrieben.

Die Negativstandorte (n) in ca. 20 m Entfernung zum Positivstandort sowie die geographisch getrennten Negativstandorte (nn) wurden entsprechend beprobt.

2.2 Laboruntersuchungen

Mischproben des Mineralbodens und des organischen Auflagehorizontes wurden auf < 2 mm abgesiebt. Im Mineral- und Oberboden wurden die Bodenart, der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit (in Aquademin mit sensitiver Wasserstoffelektrode), der Carbonatgehalt mit Scheibler-Apparatur sowie das C/N-Verhältnis im Analyzer-Modell „PYRO cube“ ermittelt. Teilweise wurden Doppelmessungen durchgeführt und/oder die Werte ähnlicher Standorte verglichen. Offensichtliche Ausreißer wurden aus der Messreihe entfernt. Einige Messwerte für Stickstoff (N) waren sehr gering und befanden sich deshalb am unteren Rand der Kalibrierkurve, weshalb Messungenauigkeiten bei den kleinsten Werten nicht auszuschließen sind (Sebastian Moll, mdl. Mitt. 2019).

Des Weiteren wurde die Verfügbarkeit der austauschbaren Makronährstoffe Phosphat, Magnesium, Kalium, Calcium und Natrium mittels ICP-OES (Optisches Emissionsspektroskop mit induktiv gekoppeltem Plasma) am

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Institut für Bodenkunde Hannover im lufttrockenen (lutro) Mineralboden bestimmt. Bei den Messwerten der Kationen ist zu beachten, dass die Werte für Kalium, Natrium und Phosphat häufig so niedrig waren, dass sie nicht als stabile Messwerte angesehen werden können (Roger-Michael Klatt, schriftl. Mitt. 2019). Aluminium wurde in die Analyse mit einbezogen, da dies bei saurem pH-Wert mobil wird, dadurch in Konkurrenz zu den Kationen steht und außerdem toxisch wirken kann. Als Extraktionsmittel wurde Ammoniumlactatessigsäure gewählt, da diese Mobilisierungsmechanismen der Pflanzenwurzel wie z. B. die Abscheidung organischer Säuren simuliert (Blume et al. 2010).

2.3 Auswertung

Die Vegetationsdaten wurden mit Hilfe des Programms Turboveg (Hennekens & Schaminée 2001) digitalisiert und mit den Programmen Excel (Microsoft Office), PC-ORD (McCune & Mefford 2018) und R (Core Team 2019) ausgewertet. Mit multivariater Statistik (DCA, PCA) erfolgte eine Analyse der Standortfaktoren sowie der Vegetationsdaten bzw. ihrer Zusammenhänge (Leyer & Wesche 2008). Lagen die Werte unter der Messgrenze, wurde der Wert zur Durchführbarkeit der Analyse (PCA) auf null gesetzt. Entsprechend der Empfehlung des Umgangs mit „missing values“ (McCune & Mefford 2018) wurden fehlende Werte mit dem Medianwert der angrenzenden Untersuchungsflächen ersetzt.

Zum Vergleich unabhängiger Stichproben wurden Kruskal-Wallis-Test (Keller 2020), paarweise Mann-Whitney-Tests der Signifikanz (Bonferoni korrigiert), Spearman-Rangkorrelationen (Lohninger 2013) durchgeführt sowie Violin-/Boxplots erstellt (R Core Team 2019). Zur weiteren Auswertung der Artenzusammensetzung und der Detektion charakteristischer Arten im jeweiligen Einzeldatensatz (Positiv- und Negativflächen, Makrogeochore, Kippenstandort) wurden Indikatorartenanalysen durchgeführt sowie relative Frequenzen und gewichtete Zeigerwerte ermittelt.

Ausgewählte Ergebnisse werden im nachfolgenden Kapitel dargestellt. Der vollständige Datensatz sowie weitere Auswertungen liegen in der Masterarbeit „Charakterisierung von Standorten ausgewählter Wintergrün-Arten in der Oberlausitz“ (Dedek 2020) vor.

3 Ergebnisse

3.1 Standorteigenschaften

Sowohl Positiv- als auch Negativstandorte zeigten eine große Variabilität der Standorteigenschaften, ohne dass signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gefunden werden konnten. Lediglich die fünf Negativstandorte westlich von Bernsdorf wiesen im Kruskal-Wallis-Test für die Faktoren pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Calciumgehalt einen signifikanten Unterschied zu den anderen Positiv- und Negativstandorten im Untersuchungsgebiet auf. Neben einem sehr stark sauren pH-Wert in Mineralboden (Median 3,8) und O-Horizont (Median 3,6) waren hier auch die Werte für Calcium im Mineralboden deutlich geringer, die Leitfähigkeit war im Median etwas höher.

Für die Positiv- und Negativstandorte zeigt Abbildung 3 die Verteilung ausgewählter Standortfaktoren; die fünf Negativstandorte westlich von Bernsdorf werden hier nicht dargestellt. Sowohl Positiv- als auch Negativstandorte wiesen im Mineralboden im Median einen pH-Wert von 4,5 (stark sauer) auf. Bei 18 % der Negativflächen, aber nur bei 4 % der Positivflächen, wurde ein sehr stark saurer pH (3,0−4,0) ermittelt. Die „Innenkippe Nochten“ wich mit pH-Werten im neutralen Bereich (6,5−7,5) deutlich ab; diese höheren pH-Werte korrelierten mit hohen Carbonatgehalten (11−45 g/kg; ohne Abb.) bzw. Ca- und Mg-Werten sowie einer höheren elektrischen Leitfähigkeit (160−200 µS/cm).

Die pH-Werte des organischen Auflagehorizontes beider Gruppen waren etwas stärker in den sauren Bereich verschoben (Median 4,1 bzw. 4,2), entsprechend lagen die Werte im O-Horizont für die „Innenkippe Nochten“ im schwach sauren Bereich (6.5–6,0). Die elektrische Leitfähigkeit war im Median mit 40 µS/cm auf allen Untersuchungsflächen im Oberboden höher als im Mineralboden (10 µS/cm). Die Werte der „Innenkippe Nochten“ lagen auch hier wieder weit über den sonstigen Werten.

Geringe pH-Werte korrelierten auch in un-

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

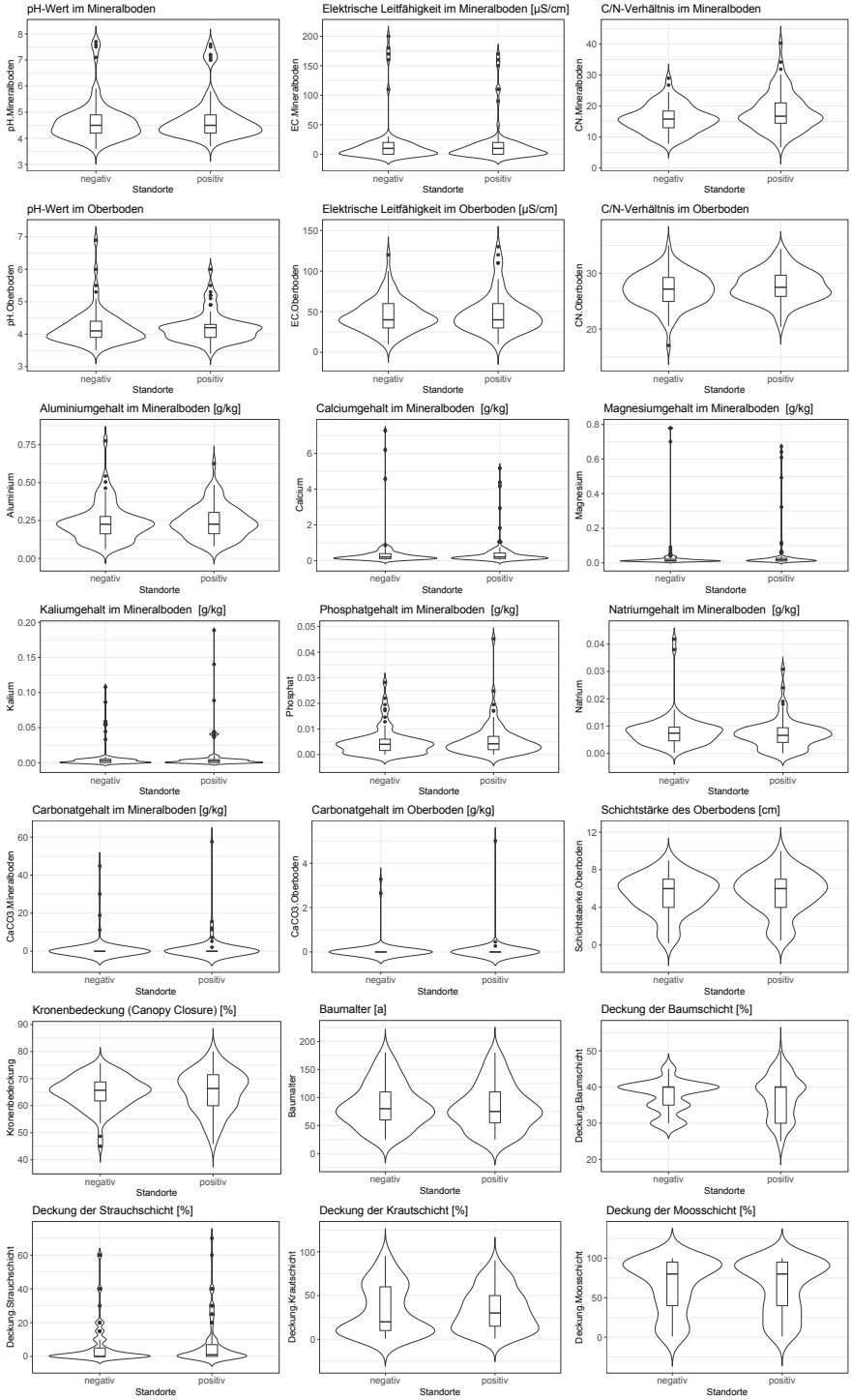

Abb. 4: Darstellung ausgewählter Standortfaktoren mittels Violinplots für die Häufigkeitsverteilung und Boxplots für Median und Interquartilabstand (bei Kationen und Phosphor beziehen sich die Werte auf Lactat-extrahierbare Gehalte).

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

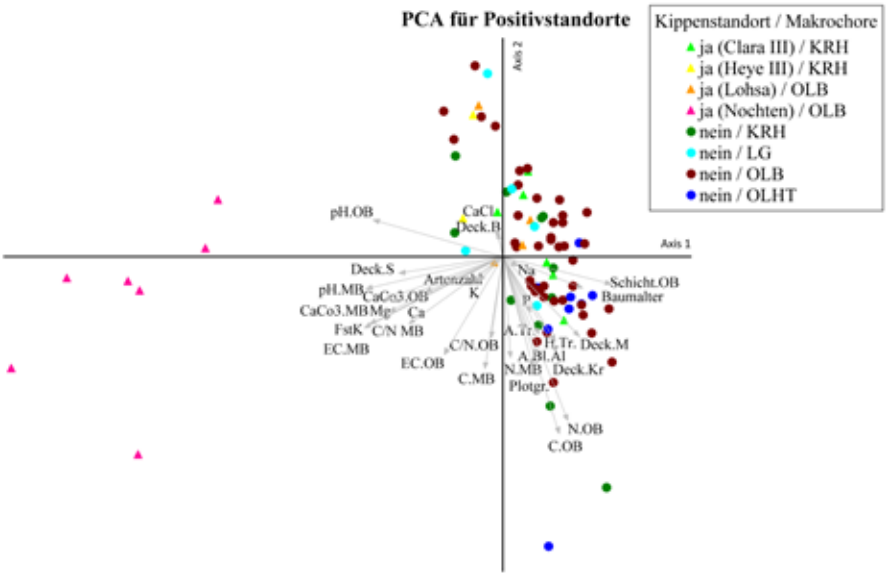

Abb. 5: PCA für Positivstandorte, Farbkodierung nach Kippenstandort ja/nein und jeweiliger Makrogeochore (Negativstandorte (n) wegen der geringen Unterschiede zu den Positivstandorten nicht dargestellt); Korrelationsmatrix, Distanz-basierter Biplot, erklärte Varianz Achse 1: 24 %, Achse 2: 11 %; Faktoren: pH.MB/ph.OB=pH-Wert im Mineral-/Oberboden, FsK=Feinstkornanteil, EC.MB/EC.MB=Elektrische Leitfähigkeit im Mineral-/Oberboden, Mg/Ca/K/NA/P/Al=Magnesium-/Calcium-/Kalium-/Natrium-/Phosphat-/Aluminiumverfügbarkeit im Mineralboden, C.MB/C.OB=Kohlenstoffgehalt im Mineral-/Oberboden, N.MB/N.OB=Stickstoffgehalt im Mineral-/Oberboden, Schicht.OB=Mächtigkeit des Oberbodens. CaCl=Kronenbedeckung, Deck.B=Deckung der Baumschicht, Deck.S=Deckung der Strauchschicht, Deck. Kr=Deckung der Krautschicht, Deck.M=Deckung der Moosschicht, A.Tr.=Anzahl der Triebe, H.Tr.=Höhe der Triebe, A.Bl.=Anzahl der Blütenstände, Plotgr.=Plotgröße, Baumalter.

serer Studie mit mächtigen O-Horizonten. Im Median wiesen die Standorte eine Mächtigkeit des Oberbodens von ca. 6 cm auf, während diese auf der „Innenkippe Nochten“ nur 1 cm betrug. Auf dem Kippenstandort „Heye III“ lag trotz niedrigem pH-Wert nur ein dünner O-Horizont, dafür eine nicht zersetzte Streuschicht aus Laub- und Nadelstreu vor.

Die C/N-Verhältnisse aller Flächen (Positiv- und Negativstandorte) lagen im Median bei ca. 16. Aufgrund der hohen Carbonatanteile der Böden in Nochten war das C/N-Verhältnis mit einem Median von 27 signifikant höher als auf den übrigen Untersuchungsflächen.

Die Werte der austauschbaren Makronährstoffe im Mineralboden zeigten ebenso wie andere Parameter keinen signifikanten Unterschied zwischen Positiv- und Negativstandorten. Für Calcium wurden im Median 0,200 g/kg, für Magnesium 0,020 g/kg, für Kalium 0,002 g/kg, für Natrium 0,007 g/kg und für Phosphat 0,004 g/kg gemessen. Für Aluminium betrugen die Messwerte im Median jeweils 0,225 g/kg. Eine Ausnahme bilden wieder die Böden der „Innenkippe Nochten“, die überwiegend höhere Nährstoffgehalte (v. a. Calcium und Magnesium), für Aluminium hingegen niedrigere Werte aufwiesen.

Auch hinsichtlich der Deckung der einzelnen Vegetationsschichten gab es zwischen Positiv- und Negativflächen keine signifikanten Unterschiede. Die Deckung der Baumschicht betrug im Median 40 %, die Deckung der Strauchschicht im Median 1–0 %. Die Krautschicht deckte im Median auf den Negativflächen 20 %, auf den Positivflächen 30 %. Die Deckung der Moosschicht war in beiden Gruppen i. d. R. mit 80 % (Median) hoch, und erreichte auf einigen Flächen sogar 100 %.

Das Baumalter variierte stark innerhalb der jeweiligen Gruppe, ohne dass es signifikante Unterschiede zwischen den Positiv- und Negativflächen gab. Das Alter des jüngsten Baumbestandes betrug ca. 25 Jahre (Innenkippe Nochten), das des ältesten Bestandes ca. 180 Jahre (Oberlausitzer Bergbaurevier bei Spreewitz).

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Tab. 1: Relative Frequenzen der Arten auf Positiv (p)- und Negativstandorten (n) sowie den geographischen Negativstandorten westlich von Bernsdorf (nn).
Fett markiert: hochstete Arten mit rel. Frequenz > 60 auf Positivflächen sowie Wintergrünarten
Schichtung: B=Baum-, S=Strauch-, K=Kraut-, M=Moosschicht.

			relative Frequenzen		
Untersuchungsfläche			**p**	**n**	**nn**
Artname wiss.	**Artname dt.**	**Schicht**	**N = 85**	**N = 81**	**N = 5**
Chimaphila umbellata	**Dolden-Winterlieb**	**K**	**100**	**0**	**0**
Pinus sylvestris	**Gewöhnliche Kiefer**	**B**	**99**	**99**	**100**
Quercus robur	**Stiel-Eiche**	**K**	**88**	**89**	**100**
		S	5	2	20
		B	1	0	0
Hypnum jutlandicum	**Heide-Schlafmoos**	**M**	**84**	**77**	**60**
Calamagrostis epigejos	**Sand-Reitgras**	**K**	**72**	**65**	**0**
Prunus serotina	**Späte Trauben-Kirsche**	**K**	**67**	**63**	**0**
		S	26	23	0
		B	0	1	0
Pleurozium schreberi	**Rotstängelmoos**	**M**	**62**	**59**	**100**
Deschampsia flexuosa	Draht-Schmiele	K	56	59	80
Sorbus aucuparia	Eberesche	K	54	53	40
Vaccinium vitis-idaea	Preiselbeere	K	54	65	60
Melampyrum pratense	Wiesen-Wachtelweizen	K	53	51	40
Quercus rubra	Rot-Eiche	K	53	42	20
		S	4	4	0
Vaccinium myrtillus	Heidelbeere	K	52	51	60
Festuca ovina agg.	Schaf-Schwingel	K	46	35	20
Pilosella officinarum	Mausohrhabichtskraut	K	40	36	0
Pinus sylvestris	Gewöhnliche Kiefer	K	40	44	60
Calluna vulgaris	Heidekraut	K	36	44	60
Rubus fruticosus agg.	Gattung Rubus (Brombeere)	K	36	35	0
Scleropodium purum	Grünstängelmoos	M	31	26	0
Betula pendula	Hänge-Birke	K	29	22	20
Carex pilulifera	Pillen-Segge	K	29	23	20
Dicranum scoparium	Besen-Gabelzahnmoos	M	29	26	40
Frangula alnus	Echter Faulbaum	K	27	25	40
Orthilia secunda	**Nickendes Birngrün**	**K**	**25**	**16**	**0**
Betula pendula	Hänge-Birke	B	20	12	40
Hieracium lachenalii	Gewöhnliches Habichtskraut	K	19	14	0
Agrostis capillaris	Rotes Straußgras	K	18	21	0
Pyrola chlorantha	**Grünblütiges Wintergrün**	**K**	**18**	**12**	**0**
Dicranum polysetum	Gewelltblättriges Gabelzahnmoos	M	16	16	40
Danthonia decumbens	Dreizahn	K	14	10	0
Acer pseudoplatanus	Berg-Ahorn	K	13	6	0
Tilia cordata	Winter-Linde	K	12	11	0
		S	4	2	0
Epilobium angustifolium	Schmalblättriges Weidenröschen	K	11	7	0
Fagus sylvatica	Gewöhnliche Buche	K	11	12	0
		S	0	1	0

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

			relative Frequenzen		
Untersuchungsfläche			**p**	**n**	**nn**
Artname wiss.	**Artname dt.**	**Schicht**	**N = 85**	**N = 81**	**N = 5**
Fragaria vesca	Wald-Erdbeere	K	11	12	0
Hieracium sabaudum	Savoyer Habichtskraut	K	11	9	0
Pinus sylvestris	Gewöhnliche Kiefer	S	11	15	20
Pyrola minor	**Kleines Wintergrün**	**K**	**11**	**6**	**0**
Acer platanoides	Spitz-Ahorn	K	9	2	0
Betula pendula	Hänge-Birke	S	9	2	0
Crataegus monogyna	Eingriffliger Weißdorn	K	9	5	0
		S	2	0	0
Epipactis helleborine	Breitblättrige Ständelwurz	K	9	4	0
Hieracium laevigatum	Glattes Habichtskraut	K	9	7	0
Hypericum perforatum	Tüpfel-Hartheu	K	9	10	0
Campylopus introflexus	Kaktusmoos	M	8	12	0
Polytrichum formosum	Wald-Widertonmoos	M	8	7	0
Solidago virgaurea	Gewöhnliche Goldrute	K	8	5	0
Achillea millefolium	Gewöhnliche Schafgarbe	K	7	1	0
Dactylis glomerata	Gewöhnliches Knaulgras	K	7	2	0
Elaeagnus umbellata	Korallen-Ölweide	S	7	5	0
Hypochaeris radicata	Gewöhnliches Ferkelkraut	K	7	2	0
Mahonia aquifolium	Gewöhnliche Mahonie	K	7	6	0
Populus tremula	Zitter-Pappel	K	7	4	0
		B	2	1	0
Rosa spec.	Gattung Rose	K	7	7	0
Viola canina	Hunds-Veilchen	K	7	6	0
Viscum laxum	Kiefern-Mistel	B	7	6	40
Campanula rotundifolia	Rundblättrige Glockenblume	K	6	2	0
Carex arenaria	Sand-Segge	K	6	9	0
Hieracium murorum	Wald-Habichtskraut	K	6	1	0
Elaeagnus umbellata	Korallen-Ölweide	K	5	1	0
Hippophae rhamnoides	Sanddorn	K	5	0	0
Pohlia nutans	Nickendes Pohlmoos	M	5	2	0
Sorbus aucuparia	Eberesche	S	5	7	0
Thymus serpyllum	Sand-Thymian	K	5	7	0
Veronica officinalis	Echter Ehrenpreis	K	5	0	0
Molinia caerulea agg.	Gewöhnliches Pfeifengras	K	2	5	40
Frangula alnus	Echter Faulbaum	S	2	6	0
Fraxinus excelsior	Gewöhnliche Esche	K	4	5	0
		S	1	0	0
Taraxacum officinale agg.	Wiesen-Kuhblume	K	2	5	0
Mycelis muralis	Gewöhnlicher Mauerlattich	K	1	6	0

Weitere Arten mit < 5% Frequenz in jeder Gruppe: *Amorpha fruticosa* (K/4/1/0, S/1/1/0); *Asparagus officinalis* (K/4/0/0); *Cladonia fimbriata* (M/4/1/0); *Dryopteris filix-mas* (K/4/0/0); *Hedera helix* (K/4/1/0); *Hippophae rhamnoides* (S/4/2/0); *Leucobryum glaucum* (M/4/1/0); *Melilotus albus* (K/4/2/0); *Rumex acetosella* (K/4/4/0); *Arrhenatherum elatius* (K/2/4/0); *Berberis vulgaris* (K/2/1/0); *Carex hirta* (K/2/1/0); *Carlina vulgaris* (K/2/4/0); *Luzula campestris* (K/2/0/0); *Lycopodium clavatum* (K/2/1/0); *Robinia pseudoacacia* (K/2/0/0, S/1/0/0); *Solidago gigantea* (K/2/2/0); *Artemisia vulgaris* (K/1/0/0); *Atrichum undulatum* (M/1/1/0); *Brachypodium sylvaticum* (K/1/2/0); *Brachythecium rutabulum* (M/1/1/0); *Brachythecium salebrosum* (M/1/0/0); *Carex brizoides* (K/1/1/0); *Carex ericetorum* (K/1/1/0); *Carex pseudobrizoides* (K/1/1/0); *Centaurea stoebe* (K/1/0/0); *Cladonia furcata* (M/1/1/0); *Crepis capillaris* (K/1/0/0); *Diphasiastrum zeilleri* (K/1/0/0); *Euphrasia stricta* (K/1/1/0); *Eurhynchium striatulum* (M/1/2/0); *Genista pilosa* (K/1/0/0); *Goodyera repens* (K/1/1/0);

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Helichrysum arenarium (K/1/0/0); *Hieracium* spec. (K/1/1/0); *Hieracium umbellatum* (K/1/1/0); *Holcus lanatus* (K/1/0/0); *Hylocomium splendens* (M/k/1/0/0); *Juncus tenuis* (K/1/1/0); *Larix decidua* (K/1/0/0); *Lonicera periclymenum* (K/1/0/0); *Lupinus polyphyllus* (K/1/2/0); *Melica nutans* (K/1/1/0); *Pimpinella saxifraga* (K/1/0/0); *Poa trivialis* (K/1/0/0); *Polytrichum juniperinum* (M/1/0/0); *Prunella vulgaris* (K/1/0/0); *Prunus* spec. (K/1/0/0);); *Salix caprea* (S/1/0/0); *Sorbus intermedia* (K/1/0/0); *Symphoricarpos albus* (K/1/1/0); *Tanacetum vulgare* (K/1/1/0); *Taxus* spec. (K/1/0/0); *Trifolium dubium* (K/1/1/0); *Trifolium repens* (K/1/0/0); *Trifolium* spec. (K/1/2/0); *Tussilago farfara* (K/1/2/0); *Ulmus minor* (K/1/0/0); *Viola riviniana* (K/1/2/0); *Carpinus betulus* (S/0/1/0); *Corylus avellana* (K/0/1/0); *Epilobium ciliatum* (K/0/1/0); *Galeopsis tetrahit* (K/0/1/0); *Galium album* (K/0/1/0); *Geum urbanum* (K/0/1/0); *Jasione montana* (K/0/1/0); *Larix decidua* (B/0/1/0); *Linaria vulgaris* (K/0/2/0); *Medicago lupulina* (K/0/1/0); *Poa pratensis* (K/0/1/0); *Polytrichum piliferum* (M/0/1/0); *Salix caprea* (K/0/1/0); *Vicia cracca* (K/0/1/0).

Tab. 2: Relative Frequenzen (in %) der Wintergrünarten in Teilgebieten in jeweiliger Makrogeochore. Makrogeochoren: LG=Lausitzer Grenzwall, OLB=Oberlausitzer Bergbaurevier, KRH=Königsbrück-Ruhlander Heiden, OLHT=Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft.

Makrogeochore			**KRH**			**OLB**		**LG**	**OLHT**
Kippe ja/nein		**nein**	**ja**	**ja**	**nein**	**ja**	**ja**	**nein**	**nein**
			Clara III	Heye III		Lohsa	Nochten		
Artname wiss.	Artname dt.	N =11	N = 6	N = 2	N = 42	N = 4	N = 7	N = 5	N = 8
Orthilia secunda	Birngrün	9	67	0	10	75	100	20	13
Pyrola chlorantha	Grünliches Wintergrün	18	67	0	12	50	29	0	0
Pyrola minor	Kleines Wintergrün	0	67	0	5	50	14	0	0

Da es keine Unterschiede zu den Negativstandorten (n) gab, haben wir in einer Anordnung nur für die Positivstandorte etwaige Unterschiede in den Standortsfaktoren insgesamt zwischen Kippenstandort ja/nein und Lage in der jeweiligen Makrogeochore überprüft. Die PCA (Abb. 5) zeigt, dass nur die Standorte der „Innenkippe Nochten“ entlang der ersten Achse deutlich getrennt sind; Grund sind die hohen pH-Werte und die damit korrelierten Variablen. Größere Unähnlichkeiten ergeben sich für die übrigen Standorte vorwiegend entlang der zweiten Achse, die insbesondere die Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte und weitere Variablen wie Baumalter, Schichtstärke des Oberbodens oder Deckungsgrade der Baum-, Kraut- und Moosschicht widerspiegelt. Es treten innerhalb einer Gruppe zumeist starke Streuungen auf, so dass sich teilweise Standorte verschiedener Makrogeochoren stark ähneln oder „natürliche“ Standorte den Kippenstandorten.

3.2 Vegetation

Die Zusammensetzung der Vegetation wurde unter Auslassung von *Ch. umbellata* analysiert. Traditionelle Tabellenarbeit, DCA-Ordination und eine Indikatorartenalyse zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen Positiv- und Negativstandorten. Es gab wenige Arten mit jeweils geringer relativer Frequenz, die nur auf den Positiv- oder nur auf Negativstandorten vorkamen (Tab. 1). Drei Arten (*Pleurozium schreberi*, *Molinia caerulea* agg., *Viscum laxum*) kamen auf den Negativflächen westlich von Bernsdorf (nn) hinsichtlich Abundanz und Frequenz signifikant häufiger vor ($p = 0{,}05$). Allerdings ist die Zahl der Flächen sehr gering und das Ergebnis nur bedingt belastbar.

Nur sechs Arten wiesen auf Positivstandorten relative Frequenzen über 60 % auf, neun Arten zeigten Frequenzen zwischen 40 und 60 % und zehn Arten Frequenzen von 20 bis 40 % (Tab. 1). Die Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) als standortbildende Baumart hatte die höchste Frequenz mit 99 %. Auch in der Krautschicht war die Kiefer vorhanden (40 %), jedoch mit deutlich geringerer Stetigkeit als die Stiel-Eiche (*Quercus robur*; 88 %). Häufigen Jungwuchs zeigten auch die Neophyten Späte Traubenkirsche (*Prunus serotina*; Frequenz > 60 %) und Rot-Eiche (*Quercus rubra*; Frequenz 53 %). Die Eberesche (S*orbus aucuparia*) gehörte ebenfalls zu den häufigen Baumarten der Krautschicht (54 %).

Zu den hochsteten Arten gehörten das Stickstoffreichtum und Wechselfeuchte anzeigende

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Sand-Reitgras (*Calamagrostis epigejos*), das Heide-Schlafmoos (*Hypnum jutlandicum*) und das Rotstängelmoos (*Pleurozium schreberi*). Letzteres wächst typischerweise auf saurem Humus an trockenen bis wechselfeuchten, lichtreichen bis halboffenen Stellen besonders in Nadelwäldern (Dürhammer 2019), während die typischen Wuchsorte von *H. jutlandicum* Waldböden in lichten Nadelwäldern auf saurem Humus oder sandig-grusigem Boden oder Totholz, Heiden oder verheideten Hochmooren waren. Außerdem häufig waren typische Arten saurer Standorte wie Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und Heidelbeere (*V. myrtillus*), Wiesen-Wachtelweizen (*Melampyrum pratense*) und Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*). Hinzu kamen Schafschwingel (*Festuca ovina* agg.), ebenfalls Säure- und Stickstoffarmut zeigend, sowie das Mausohrhabichtskraut (*Pilosella officinarum*) als weiterer Zeiger ausgesprochener Stickstoffarmut.

Tabelle 2 zeigt, dass mit *Ch. umbellata* vergesellschaftete Wintergrünarten auf Kippenstandorten höhere relative Frequenzen aufweisen. Eine allgemeine Aussage, dass Kippenstandorte generell das Vorkommen von Wintergrünarten begünstigen, kann jedoch nicht getroffen werden, da diese Standorte aufgrund ihrer Entwicklungsgeschichte sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

3.3 Populationsdaten

Populationsgröße von *Ch. umbellata*

Abbildung 6 zeigt die Verteilung der Populationsgrößen entsprechend der Zahl der Triebe pro 100 m² (nur eine Population war größer und wurde entsprechend nur teilweise erfasst). Die kleinste Population bestand aus einer (verzweigten) Pflanze, die größte Population umfasste 2845 Triebe. Die Hälfte der Populationen hatte höchstens 100 Triebe, 35 % weniger als 50 Triebe. Nur 8 % der Populationen wiesen 400−800 Triebe auf.

Achtzig Prozent aller Populationen bildeten Blütenstände aus. Die „natürlichen“ Standorte hatten im Median sowohl eine höhere Anzahl an Trieben als auch einen höheren Anteil an Blütenständen. Es wurden meist 3 Blüten pro Blütenstand, teilweise auch vertrocknete Blüten beobachtet, Fruchtstände waren bei 59 % der Populationen vorhanden, so dass vermutlich im Vorjahr weniger Pflanzen blühten. Das Blühverhalten zeigte keine Korrelation mit der Lichtverfügbarkeit (Kronenbedeckung).

Die Populationen mit einer sehr hohen Anzahl an Trieben (> 1000), wurden separat betrachtet, um evtl. optimale Standortbedingungen ableiten zu können. Große Populationen waren sowohl in jungen, mittelalten und sehr alten Wäldern zu finden. Die Standortfaktoren variierten auf diesen Flächen jedoch sehr stark, so dass sich kein einheitlicher Faktor für optimale Standortbedingungen ermitteln ließ (Tab. 3).

4 Diskussion

4.1 Standorteigenschaften und Vegetation

Die Untersuchung sowohl der Standorteigenschaften als auch der Vegetationsdaten ergab zwar eine regionale Differenzierung, aber keine Unterschiede zwischen Positiv- und Negativflächen. Lediglich die Negativflächen westlich von Bernsdorf wichen in wenigen Parametern ab. Es handelt sich dort um ausgesprochen saure, nährstoffarme, aber eher feuchte Standorte, die nicht dem typischen Habitat auf vorzugsweise trockeneren Standorten entsprechen (Bfn 2019b). Für zusätzliche Untersuchungen müssten weitere Flächen einbezogen werden, auf denen es vor 1950 noch Nachweise von *Ch. umbellata* gab.

Den stark sauren pH-Werten im Untersuchungsgebiet liegen (in Korrelation mit Messwerten für Calzium, Magnesium und elektrischer Leitfähigkeit) die pH-Werte der „Innenkippe Nochten“ im basischen Bereich gegenüber. Die Ursache dafür liegt in der Einbringung von Kalk bei der Grundmelioration der Flächen bis zu einer Tiefe von 40 bis 50 cm in der Mitte der 1980er Jahre, da das Ausgangssubstrat nur einen pH von ca. 2,8 aufwies (Fritz Brozio, pers. Mitt.. 2019). Die Nährstoffverfügbarkeit bzw. Basensättigung fällt bei pH-Werten unter 4,8 rasch ab (Ellenberg & Leuschner 2010). Des Weiteren führen die niedrigen pH-Werte zu einem verlangsamten Abbau der ohnehin schwer zersetzbaren Nadelstreu. So bilden sich starke Auflagehorizonte und ungünstige

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

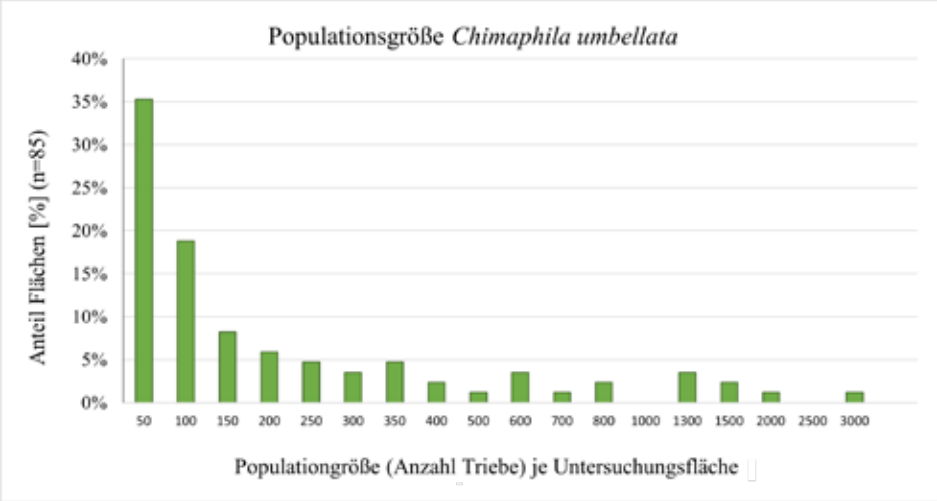

Abb. 6: Populationsgröße (Anzahl der Triebe) von *Chimaphila umbellata*.

Tab. 3: Ausgewählte Standortfaktoren der Populationen mit hohen Triebzahlen (> 1000 Triebe).
Makrogeochoren: LG=Lausitzer Grenzwall, OLB=Oberlausitzer Bergbaurevier, KRH=Königsbrück-Ruhlander Heiden
MB=Mineralboden, OB=Oberboden.

Plot Nr.	**Np4**	**Kp16**	**Bp8**	**Np15**	**Kp1**	**Kp3**	**Kp45**
Kippenstandort	**nein**	**nein**	**ja (Lohsa)**	**ja (Nochten)**	**nein**	**ja (Clara III)**	**ja (Clara III)**
Makrogeochoren	LG	OLB	OLB	OLB	KRH	KRH	KRH
Anzahl Triebe	2845	1625	1248	1129	1483	1465	1127
Plotgröße [m²]	72	100	30	90	32	30	80
Kronenbedeckung [%]	47,0	79,5	68,2	61,3	58,6	60,8	73,6
Anzahl Blütenstände	109	17	26	17	338	40	6
Artenzahl	21	19	15	18	18	18	24
Deckung Baumschicht [%]	25	45	40	35	30	35	40
Deckung Strauchschicht [%]	0	3	0	40	0	10	7
Deckung Krautschicht [%]	50	40	15	25	20	50	50
Deckung Moosschicht [%]	10	50	30	40	95	80	90
Schichtstärke OB [cm]	4,0	7,0	4,0	1,0	6,0	8,0	6,0
pH im MB	4,1	4,3	4,5	7,1	3,7	4,7	4,2
EC im MB [µS/cm]	0	10	10	150	30	0	20
$CaCO_3$ MB [g/kg]	0	0	0	12,2	0	0	0
Baumalter	70	170	35	25	90	85	85
C/N MB	21,8	11,8	20,5	27,1	26,5	14,5	14,7
Al im MB [g/kg]	0,233	0,337	0,319	0,157	0,395	0,205	0,148
Ca im MB [g/kg]	0,120	0,190	0,160	5,170	0,110	0,260	0,210
Mg im MB [g/kg]	0,014	0,019	0,014	0,672	0,019	0,031	0,017
K im MB[g/kg]	< 0,001	0,002	< 0,001	0,041	0,004	< 0,001	0,002
Na im MB [g/kg]	< 0,001	0,005	0,011	0,010	< 0,001	< 0,001	0,024
P im MB [g/kg]	0,012	0,001	0,008	0,005	0,025	< 0,001	< 0,001

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Abb. 7: Beispiele unterschiedlicher Ausprägung der Standorte.
Links: artenarmer Forst in Bernsdorf; Mitte: Sonderstandort „Innenkippe Nochten"; rechts: altersgemischter, naturnaher Standort bei Burgneudorf. Fotos: M. Dedek

Humusformen. Die Untersuchungsflächen mit überwiegend weiten C/N Verhältnissen > 25 können als Formen des typischen Moders oder rohhumusartigen Moders, seltener des reinen Rohhumus, bezeichnet werden (Amelung et al. 2018).

Die Ergebnisse zeigen also klar, dass *Ch. umbellata* sowie die anderen Wintergrünarten nicht vorzugsweise an basenreiche Standorte gebunden sind, sondern gerade in der Lausitz (Buhl 1967; Militzer 1967) und auch in Hessen auf armen Standorten (schwach podsolige Braunerde) zu finden sind (Hodvina et al. 2009).

Im Gegensatz zur Dübener Heide (Amarell 2000) spielen Flugaschen und Baseneinträge auf den untersuchten Flächen keine Rolle. Die leicht höheren pH-Werte auf der Kippe „Lohsa" (pH 5) können nicht durch Einträge von Flugaschen begründet werden, da der Standort erst nach Beendigung des Tagebaus 1984 entstand (Lmbv 2015). Der Schwerpunkt dieser Emissionen lag jedoch in den 1960er Jahren (Amarell 2000).

Insgesamt zeigen die große Spanne der ermittelten pH-Werte zwischen i. d. R. stark sauren, jedoch auch basischen pH-Werten der Innenkippe Nochten, sowie die damit verbundenen Standorteigenschaften deutlich die große ökologische Amplitude der Wintergrünarten. Entsprechend heterogen war auch die Vegetation der untersuchten Standorte (Abb. 7). Aufgrund der heterogenen Artenzusammensetzung war eine genauere pflanzensoziologische Einordnung bevorzugter Pflanzengesellschaften kaum möglich. Es bestätigt sich dennoch, dass *Ch. umbellata* ein ausgesprochener Begleiter der Kiefer ist (Hegi 1975). Die Art wächst heute sowohl in alten, naturnahen Wäldern wie z. B. nahe Klein-Partwitz, konnte sich aber auch in stark anthropogen beeinflussten Wäldern oder auch relativ jungen Forsten etablieren (z. B. Knappenrode). Wie das Beispiel der Sukzessionsfläche „Innenkippe Nochten" zeigt, kann sich *Ch. umbellata* sogar in Beständen mit einem untypischen Arteninventar ansiedeln. Dies ist auch von Sukzessionsflächen bei Lauchhammer unter Roteiche und Pappel bekannt (Daniel Lauterbach, schriftl. Mitt. 2022).

Unsere Ergebnisse zeigen, dass ein Schutz der Wintergrünarten über einen bestimmten Lebensraumtyp (wie derzeit über den LRT „Kiefernwälder der sarmatischen Steppe") nicht ausreichend ist, sondern auch über konkrete Artenschutzmaßnahmen in nährstoffarmen Kiefernforsten erfolgen sollte.

Für die vegetative Vermehrung von *Ch. umbellata*, welche eine stärkere Rolle als die sexuelle Vermehrung spielt (Hooper 2015, Johansson & Eriksson 2013), scheint eine Mindestdicke der organischen Auflage notwendig zu sein, da sich die Rhizome oberhalb des Mineralbodens in der Auflageschicht verbreiten (eigene Beobachtungen; Kurowski 2002; Hodvina et al. 2009). Dies stimmt mit der Beobachtung überein, dass *Ch. umbellata* als letzte Wintergrünart die Sukzessionsflächen der „Innenkippe Nochten" besiedelt hat: *Pyrola minor* wurde bereits ab 2001 nachgewiesen, *Orthilia secunda* ab 2008, *Ch. umbellata* hingegen erst 2014.

Die Annahme der Notwendigkeit einer Mindestdicke der organischen Auflage könnte auch die unterschiedlichen Aussagen zum Nutzen oder zur Schädlichkeit der Streunutzung er-

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

klären. Die von Militzer (1967) beschriebenen kleineren dekapitierten Stellen im näheren Umkreis können durch Aussamung wiederbesiedelt werden (Johansson et al. 2014). Es ist anzunehmen, dass ähnlich wie für *Calluna vulgaris* (ebenfalls *Ericaceae*) für die Keimung der Samen zunächst offene, sandige Standorte günstig sind. Bei *C. vulgaris* ist belegt, dass die Samen im Rohhumus schnell austrocknen, wohingegen sie sich im Sand gut entwickeln (Ellenberg & Leuschner 2010). Anders als für *Calluna* ist aber zu Feuer und Wintergrünarten nichts bekannt. Hingegen kann eine intensive Streurechenwirtschaft der Art, wenn sie bereits angesiedelt ist, durch die Entfernung der Auflageschicht den von Hegi (1975) beschriebenen Untergang bereiten. In der Oberlausitz scheint *Ch. umbellata* Demonstrationsflächen zur Streurechenwirtschaft jedenfalls nur langsam oder gar nicht zu besiedeln (Herbert Schnabel, pers. Mitt. 2021).

Möglicherweise erfolgte tatsächlich eine Zunahme von Standorten von *Ch. umbellata* im Untersuchungsgebiet (Nordostsachsen), wie es die hinzugekommenen Fundpunkte der Verbreitungskarten seit den 1980er Jahren nahelegen (Bfn 2019a, Hardtke & Ihl 2000). Diese könnte auf die Erholung der Standorte von der bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts intensiv durchgeführten Streurechenwirtschaft (Vietinghoff-Riesch 2004) zurückzuführen sein. Für eine sichere Beurteilung der Entwicklung der Standorte sowie förderlicher Standorteigenschaften sind jedoch Langzeituntersuchungen ausgewählter Untersuchungsflächen erforderlich.

Als Gefährdungsursache der Art ist entsprechend unserer Beobachtungen auch heute im Untersuchungsgebiet die teilweise intensive Bewirtschaftung und die Holzentnahme anzusehen. Die Arbeit mit schwerem Gerät kann die Standorte zerstören, auch kommt es bei starker Holzentnahme zu einer direkten Besonnung und Austrocknung der Standorte. Für die Schaffung von Offenstellen zur sexuellen Vermehrung der Art, aber auch für die Verbreitung von Rhizomteilen, könnte Wild hingegen dienlich sein. Ein erneutes Austreiben des Rhizoms ist unter günstigen Bedingungen denkbar. Gärtnerische Versuche zeigten, dass *Ch. umbellata* über das Zerteilen des Rhizoms im Winter oder zeitigen Frühjahr vermehrt werden kann. Ebenso können Triebe über den Winter durch Einsetzen in Sand bewurzelt werden (Schmid 2002 in Hodvina et al. 2009). Allerdings scheinen hier die Bedingungen des neuen Standortes ausschlaggebend zu sein. In Hodvina et al. (2009) wird von Wühlstellen berichtet, an denen entwurzelte *Chimaphila*-Triebe nicht wieder anwuchsen. Dies könnte in der Austrocknung jener Stellen begründet sein.

Verglichen mit den durchschnittlichen Werten der sächsischen Waldböden (Jacob & Andreae 2018) lassen sich die Standorte der Wintergrünarten als stickstoffarm bezeichnen. Wie die Artenzusammensetzung zeigt, sind die Standorte dennoch zumindest stellenweise der Eutrophierung ausgesetzt, so dass beobachtet werden muss, ob sich, wie in Hessen (Hodvina et al. 2009), langfristig die Konkurrenz mit stickstoffliebenden Arten wie Sand-Reitgras (*Calamagrostis epigejos*) negativ auswirkt. Andererseits kann eine kleinräumige Strukturierung des Waldbodens auch die Koexistenz nebeneinander befördern. Da Stickstoff in Böden vorwiegend organisch gebunden wird (Amelung et al. 2018), ist hierfür die Stärke und Ausprägung der Humusschicht als Stickstoffspeicher bedeutsam. Da die ermittelten C/N Verhältnisse von eng bis weit reichen, scheinen die Arten auch hier eine recht große ökologische Amplitude aufzuweisen.

Kiefernwälder gelten mit Transmissionswerten von 5 bis 20 % (im Gegensatz zu Buchenwäldern mit Werten von 1 bis 3 %) generell als sehr lichte Wälder (Ellenberg & Leuschner 2010). Hier spielt mit großer Wahrscheinlichkeit ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Faktoren wie Deckung der Moosschicht oder Stärke der Humusschicht eine Rolle (Ellenberg & Leuschner 2010). Dennoch dürfen die Standorte nicht zu stark austrocknen oder langer direkter Sonnenstrahlung ausgesetzt sein (Woschée 2010), was auch durch eigene Beobachtungen von Trockenschäden und Nekrosen bei stark besonnten Blättern bestätigt wurde. Insgesamt kann nicht festgestellt werden, dass die Arten vorzugsweise an schattigen bis halbschattigen Standorten (Zeigerwert 4, Bfn 2019b) gedeihen, sondern dass, wie auch in Hessen (Hodvina et al. 2009) beobachtet, Standorte mit Zeigerwert 6, also zwischen Halbschatten und Halblicht stehend, bevorzugt werden.

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

4.2 Populationsdaten

Die Korrelationen der Populationsdaten mit den Standortfaktoren waren generell nur schwach bzw. sehr schwach und verdeutlichen erneut die große ökologische Amplitude von *Ch. umbellata.* Tendenziell waren Populationen an älteren Standorten des Oberlausitzer Untersuchungsgebietes etwas größer, da über einen längeren Zeitraum größere Polykormone gebildet werden konnten.

Ein negativer Einfluss auf die Populationsgröße durch Konkurrenzdruck wie bei Lundell (2014) und Woschée (2010) konnte in diesem Zusammenhang nicht festgestellt werden. Da jedoch die Dichte der Population an älteren Standorten leicht abnimmt, die Ausdehnung (Plotgröße) aber tendenziell höher war, lässt sich schlussfolgern, dass *Ch. umbellata* der Konkurrenz durch Ausdehnung in die Fläche ausweicht. Auch Lundell et al. (2015) beschreiben, dass *Ch. umbellata* durch ihre Langlebigkeit und Rhizombildung negative Effekte durch Konkurrenz abpuffern kann. Gleiches gilt für mäßiges Abpflücken von Trieben ohne Herausreißen des Rhizoms (Hooper 2015). Wurzelkonkurrenz ist vor allem in schattigen Wäldern bedeutsam (Coomes 2000), daher wirkt sich der Effekt in den lichten, trockenen Untersuchungsflächen weniger stark aus. Lichtkonkurrenz kann *Ch. umbellata* wiederum durch Höhenwachstum begegnen. Aus diesen Gründen kann die zum jetzigen Zeitpunkt hohe Deckung der Moos- und Krautschicht, wie bei Woschée (2010) formuliert, nicht zwingend als Gefährdungsursache für den Rückgang der Art angesehen werden, hier braucht es Langzeitbeobachtungen. Die Fähigkeit zum Ausweichen unter Konkurrenz könnte erklären, warum auf älteren Standorten mit meist höherem Deckungsgrad der Krautschicht und stärkeren Auflageschichten *Ch. umbellata* auf der 100 m² großen Untersuchungsfläche seltener vergesellschaftet mit anderen Wintergrünarten vorkam. Möglicherweise spielt auf den älteren Standorten jedoch auch die historische Waldnutzung mit unterschiedlicher Intensität der Streurechenwirtschaft für die eher mosaikartige Verteilung der Wintergrünarten im jeweiligen Waldgebiet eine Rolle.

Chimpahila umbellata kann als Konkurrenz-Stress-Ruderal-Stratege (Strategietyp nach Grime) räumlich-zeitliche Nischen gut nutzen (Klotz et al. 2002). Dies kann ein weiterer Grund sein, dass die anderen Wintergrünarten an älteren Standorten selten gemeinsam mit *Ch. umbellata* auftraten. Im Gegensatz zu *Ch. umbellata* sind die anderen Wintergrünarten Stress-Strategen, die weniger Zuwachs haben, sich jedoch morphologisch-physiologisch gut an Faktoren wie z. B. Trockenheit anpassen können (Klotz et al. 2002). Demzufolge können sie konkurrenzarme und offene Standorte schneller besiedeln, sind jedoch gegenüber Konkurrenz empfindlicher als *Ch. umbellata.*

Wir haben keinen Zusammenhang zwischen Lichtverfügbarkeit und Anzahl an Blütenständen (Lundell 2014) gefunden. Möglicherweise waren alle Standorte noch licht genug, so dass sich der Effekt erst bei zunehmender Beschattung aufgrund einer sich entwickelnden Strauchschicht oder einer Zunahme des Laubbaumanteils abzeichnen wird. Dies könnte auch den hohen Anteil blühender Populationen (80 %) in Kiefernwäldern der Lausitz im Vergleich zu 8 % blühender Populationen in Hessen, die überwiegend in Eichenwäldern vorkommen (Hodvina et al. 2009), erklären. Allerdings schwankt die jährliche Blütenentwicklung in der Lausitz stark (Peter Ulbrich, mdl. Mitt. 2019). Kurowski (2002) beobachtete die Ausbildung von Blütenständen vor allem an 5 bis 6 Jahre alten Trieben, wo jeder vierte Spross Blütenstände entwickelte.

Der prozentuale Anteil an Fruchtständen (59 %) lag weit unter dem Anteil der Blütenstände. Möglicherweise führten nicht alle Blüten zum Fruchtansatz oder wurden durch Fraß geschädigt. Laut Lundell et al. (2015) steigt der Anteil fruchtender Individuen mit der Populationsgröße, d. h. die sexuelle Vermehrung findet offenbar erst unter günstigen Umweltbedingungen und in höherem Sprossalter statt. Bei einer Vielzahl von Pflanzen setzt die Blühinduktion in einem bestimmten Alter bzw. bei bestimmter Größe ein (Schopfer & Brennicke 2010). Neben der genetischen Steuerung wird die Blütenbildung durch verschiedene exogene Faktoren wie Temperatur bzw. Kälteperioden gesteuert (Schopfer & Brennicke 2010), so dass also auch die klimatischen Veränderungen der letzten Jahre einen Einfluss haben könnten. Der Klimawandel kann Zeitpunkt und Ausmaß der abiotischen Signale, die für Blühen und

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Fruchten in verschiedenen Jahren verantwortlich sind, stark verändern (Iler & Inouye 2013). Um für *Ch. umbellata* den Einfluss der Altersstruktur und die Schwankungen zwischen den Jahren auswerten zu können, müssten an ausgewählten Populationen Langzeitbeobachtungen durchgeführt werden.

Die Zahl der Blüten von durchschnittlich 3 Blüten pro Dolde war vergleichsweise gering, denn bis zu 6 Blüten pro Dolde wurden bei *Ch. umbellata* beobachtet (Hegi 1975; Lundell 2014). Die Ursache könnte ebenfalls in der großen Hitze und Trockenheit des Sommers des Vorjahres zu suchen sein.

Insgesamt ist festzustellen, dass *Ch. umbellata* sowie alle weiteren Wintergrünarten vor allem, wie bereits von Hegi (1975) und Hempel (2009) beschrieben, als Begleitart der Kiefer gelten können. Die Kiefer schafft das Bestandsklima oder die spezifischen Bedingungen in der Rhizosphäre (Ellenberg & Leuschner 2010) mit hoher Wahrscheinlichkeit durch die Ausbildung eines begünstigenden Myzel-Netzwerkes (Holen 2014). Ellenberg & Leuschner (2010) stellen die Kiefer trotz oder gerade wegen ihrer bescheidenen Lebensraumansprüche als Herrscherin oder Partnerin verschiedenartigster Pflanzengesellschaften vor. Diese Flexibilität der Art scheint ebenso auf *Ch. umbellata* (und die anderen Wintergrünarten) zuzutreffen. Dennoch stehen alle Wintergrünarten auf der Roten Liste und sind in ihrem Bestand gefährdet. Möglicherweise wäre als optimaler Standort für *Ch. umbellata* ein natürlicher, durch menschliche Eingriffe wenig gestörter Standort im Sinne der von Hegi (1975) beschriebenen Hemerophobie anzusehen. Auch Roberts et al. (2016) konnten in Studien zu langfristigen Auswirkungen der Methode der Waldbewirtschaftung (Erntemethoden) auf die Pflanzengemeinschaften der Bodenschicht für *Ch. umbellata* (sowie für das Kriechende Netzblatt, *Goodyera repens*, das ebenfalls im Untersuchungsgebiet vorkommt) eine Affinität zu ungestörten Wäldern feststellen.

5 Danksagung

Allen, die uns Fundpunkte von *Ch. umbellata* zur Verfügung gestellt haben, danken wir sehr herzlich. Dr. Fritz Brozio gab viele wichtige Informationen zum Untersuchungsgebiet „Innenkippe Nochten“. Auch Peter Ulbrich und Dr. Jan Peper vom Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft danken wir für die Beratung und punktgenauen Angaben der Fundorte, die Begehungserlaubnis für das Gebiet und für Hintergrundinformationen. Arne Beck vom Staatsbetrieb Sachsenforst stellte Informationen zum Oberlausitzer Wald bereit. Petra Gebauer half bei der Bestimmung verschiedenster Arten in schwer erkenntlichem Zustand, Volker Otte gab Unterstützung bei der Moosbestimmung und Dr. Siegfried Bräutigam überprüfte Belege verschiedener *Hieracium*- (und *Pilosella*-) Arten. Wir danken Astrid König für die Einweisung und Organisation der Laborutensilien, Sebastian Moll für Erklärungen und Durchführung der C/N-Bestimmung, Bernd Dobner für die Einweisung in die Arbeit mit der Scheibler-Apparatur und Jörg Lorenz für die Klärung aller organisatorischen Fragen im Bodenlabor des Senckenberg Museums für Naturkunde Görlitz. Michael Klatt vom Labor für Bodenkunde der Universität Hannover und seinen Mitarbeitern sei für die praktischen Tipps bei der Vorbereitung und die schnelle Durchführung der Nährstoffanalysen gedankt. Wir danken den Gutachtern Dr. Wolfgang Böhnert (Tharandt) und Dr. Daniel Lauterbach (Potsdam) für ihre konstruktiven Hinweise sowie Dr. Dietrich Hanspach für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

Amarell, U. (2000): Kiefernforste der Dübener Heide. Ursachen und Verlauf der Entstehung und Veränderung von Forstgesellschaften. – Dissertationes Botanicae **325**, J. Cramer; Berlin, Stuttgart: 246 S.

Amelung, W., H.-P. Blume, H. Fleige, R. Horn, E. Kandeler, I. Kögel-Knabner, R. Kretzschmar, K. Stahr & B.-M. Wilke (2018): Scheffer / Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde. – Springer Spektrum, 17., überarbeitete und ergänzte Aufl.; Berlin: 749 S.

Bfn – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2019a): Verbreitung der Farn- und Blütenpflanzen in Deutschland. – http://www.floraweb.de/webkarten/karte.html?taxnr=1537 [4.5.2022]

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

BFN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2019b): FloraWeb: Daten und Informationen zu Wildpflanzen und zur Vegetation Deutschlands. – http://www.floraweb.de/index.html [4.5.2022]

BLUME, H., K. STAHR & P. LEINWEBER (2010): Bodenkundliches Praktikum: Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler. – 3., neubearbeitete Auflage, Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg: 265 S.

BUHL, A. (1967): Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung und der Standorte von *Chimaphila umbellata* (L.) BART. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Halle-Wittenberg, mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe **16**: 889–897

COOMES, D. (2000): Impacts of root competition in forests and woodlands: a theoretical framework and review of experiments. – Ecological Monographs **70**: 171–207

DEDEK, M. (2020): Charakterisierung von Standorten ausgewählter Wintergrün-Arten in der Oberlausitz. – Unveröffentlichte Masterarbeit, Senckenberg Museum für Naturkunde; Görlitz: 100 S.

DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. – Eugen Ulmer; Stuttgart: 683 S.

DIEZ, J. M. (2007): Hierarchical patterns of symbiotic orchid germination linked to adult proximity and environmental gradients. – Journal of Ecology **95**: 159–170

DÜRHAMMER, O. (2019): Willkommen bei den Moosen Deutschlands | Mezzanine. – Hg. v. Zentralstelle Deutschland – http://www.moose-deutschland.de/ [4.5.2022]

ELLENBERG, H. & CH. LEUSCHNER (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. – 6., vollst. neu bearb. und stark erw. Aufl., Ulmer; Stuttgart: 1333 S.

HARDTKE, H.-J. & A. IHL (2000): Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. – Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.); Dresden: 806 S. – https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11965 [4.5.2022]

HARTMANN, P., H. FLEIGE & R. HORN (2009): Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften von Humusauflagen auf ehemals flugaschebeeinflussten Waldstandorten der Oberlausitz. – Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz **8**: 41–52

HEGI, G. (1975): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. – Band **V**, Teil 3 Dicotyledones, 3. Teil Pirolacae - Verbenacae. – Paul Parey; Hamburg: 1567–2254

HEMPEL, W. (2009): Die Pflanzenwelt Sachsens von der Späteiszeit bis zur Gegenwart. – 1. Aufl., Weißdorn-Verlag; Jena: 248 S.

HENNEKENS, S. M. & J. H. J. SCHAMINÉE (2001): TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. – Journal of Vegetation Science **12**: 589–591. – https://www.synbiosys.alterra.nl/turboveg/ [4.5.2022]

HODVINA, S., R. CEZANNE, R. SCHWAB & W. HUTH (2009): Das Dolden-Winterlieb (*Chimaphila umbellata*) in Hessen. – Botanik und Naturschutz in Hessen **22**: 107–114

HOLEN, L. (2014): Root associated fungi on *Chimaphila umbellata* in south-eastern Norway. – Department of Bioscience University of Oslo: 25 S. – https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/40773/1/Holen_MasterThesis.pdf [4.5.2022]

HOOPER, D. A. (2015): Cultural and ecological relationship between the Nisqually Indian Tribe and plants of Mount Rainier National Park. – Graduate School at ScholarWorks at University of Montana, Graduate Student Theses, Dissertations, & Professional Papers **4612**; Missoula, MT: 167 S. – https://scholarworks.umt.edu/etd/4612/ [4.5.2022]

ILER, A. M. & D. W. INOUYE (2013): Effects of climate change on mast-flowering cues in a clonal montane herb, *Veratrum tenuipetalum* (Melanthiaceae). – American Journal of Botany **100**, 3: 519–525

JACOB, F. & H. ANDREAE (2018): Sächsischer Waldbodenbericht. Aktueller Waldbodenzustand und dessen Veränderung. – Hg. v. Staatsbetrieb Sachsenforst. Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft; Pirna/OT Graupa: 160 S. – https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/32359 [4.5.2022]

JÄGER, E. J. (Hrsg.) (2011): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 20. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. – Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg: 930 S.

JOHANSSON, V. A. & O. ERIKSSON (2013): Recruitment limitation, germination of dust seeds, and early development of underground seedlings in six Pyroleae species. – Botany **91**, 1: 17–24

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Johansson, V.A., G. Müller & O. Eriksson (2014): Dust seed production and dispersal in Swedish Pyroleae species. – Nordic Journal of Botany **32**, 2: 209–214

Keller, D. (2020): Statistik und Beratung. – https://statistik-und-beratung.de/2012/09/parametrisch-oder-nichtparametrisch-das-ist-hier-die-frage [4.5.2022]

Klotz, S., I. Kühn & W. Durka (2002): BIOLFLOR – Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **38:** 334 S. http://www.ufz.de/biolflor/overview/merkmal.jsp?ID_Merkmal=49#csr [4.5.2022]

Kurowski, J. (2002): Population structure of *Chimaphila umbellata* (L.) W. P. C. BARTON. – Biogeographica **78**, 3: 95–100

Leyer, I. & K. Wesche (2008): Multivariate Statistik in der Ökologie. Eine Einführung. – Korr. Nachdr., Springer (Springer-Lehrbuch); Berlin Heidelberg: 221 S.

Lmbv – Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft (Hrsg.) (2015): Dreiweibern / Lohsa. – Wandlungen und Perspektiven Lausitz, Lausitz-Doku 09. – https://www.lmbv.de/wp-content/uploads/2021/04/doku-09_Lohsa_Dreiweibern.pdf [4.5.2022]

Lohninger, H. (2013): Grundlagen der Statistik. – http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/cc_corr_spearman.html [4.5.2022]

Lundell, A. (2014): Population structure and distribution of the declining endangered forest plant *Chimaphila umbellata*. – Plants and Ecology **1**: 31 S.

Lundell, A., S. Cousins & O. Eriksson (2015): Population size and reproduction in the declining endangered forest plant *Chimaphila umbellata* in Sweden. – Folia Geobotanica **50**, 1: 13–23

LFZ – Landschaftsforschungszentrum e.V. Dresden (2011): WebGIS-gestützte Recherche und Visualisierung der Naturräume und Naturraumpotenziale des Freistaates Sachsen. – in Kooperation mit IÖR – Institut für ökologische Raumentwicklung; Dresden – https://lfz-dresden.de/index.php/aktivitaeten/ [4.5.2022]

McCune, B. & M. J. Mefford (2018): PC-ORD – Multivariate analysis of ecological data. – Corvallis Wild Blueberry Media (ed.); Oregon, U.S.A. – https://www.wildblueberrymedia.net/pcord [4.5.2022]

Metzing, D., N. Hofbauer, G. Ludwig & G. Matzke-Hajek (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Trachaeophyta) Deutschlands. Band 7: Pflanzen – Naturschutz und Biologische Vielfalt **70**, 7: 784 S.

Militzer, M. (1967): Zur Verbreitung der *Chimaphila umbellata* in Sachsen. – Martin-Luther-Universität; Halle-Wittenberg. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Halle-Wittenberg, mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe **16**: 884–889

R Core Team (2019): A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing. Vienna: 3816 S. – https://www.R-project.org/ [4.5.2022]

Roberts, M. W., A. W. D'Amato, Ch. C. Kern & B. J. Palik (2016): Long-term impacts of variable retention harvesting on ground-layer plant communities in *Pinus resinosa* forests. – Journal of Applied Ecology **53**, 4: 1106–1116

Schopfer, P. & A. Brennicke (2010): Pflanzenphysiologie. 7. Auflage – Springer Spektrum; Berlin, Heidelberg: 702 S.

Schulz, D. (2013): Rote Liste und Artenliste Sachsens – Farn- und Samenpflanzen – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Dresden (Hrsg.): 304 S. – https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/19031 [4.5.2022]

Tichý, L. (2019): GLAMA – Gap Light Analysis Mobile App. User's manual application version 3.0. – Dept. of Botany and Zoology Masaryk University; Brno: 13 S. – https://www.sci.muni.cz/botany/glama/GLAMA%20manual.pdf [4.5.2022]

Vietinghoff-Riesch, A. (2004): Der Oberlausitzer Wald. Seine Geschichte und seine Struktur bis 1945. – Reprintausgabe [Nachdr. d. Ausg.] Hannover, 1961. – Oberlausitzer Verlag; Spitzkunnersdorf: 283 S.

Woschée, R. (2010): Dolden-Winterlieb. Merkblatt Artenschutz 8. – Bayerisches Landesamt für Umwelt; Oberkotzau: 4 S. – https://www.lfu.bayern.de/natur/artenhilfsprogramm_botanik/merkblaetter/doc/08lfumerkblatt_chimaphila_umbellata.pdf [4.5.2022]

Zimmer, K. (2006): Partielle Mykoheterotrophie auch bei Pyrolaceen? Untersuchungen zur C- und N-Ernährung mitteleuropäischer *Pyrola*- und *Chimaphila*-Arten mit Hilfe von Isotopenhäufigkeitsanalysen und Identifikation der Mykorrhiza-Partner. – Unveröffentlichte Diplomarbeit Universität Bayreuth: 57 S.

Zinke, O. (2019): Zur Situation von *Pyrola media* Sw. in der sächsischen Oberlausitz. – Sächsische Floristische Mitteilungen **21**: 53–71

© Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz e.V.
http://www.naturforschende-gesellschaft-der-oberlausitz.de
ISSN 0941-0627

Anschriften der Verfasser

Marlieb Dedek
Weberstr. 6
02826 Görlitz
E-mail: m.dedek@online.de

Prof. Dr. Karsten Wesche, PD Dr. Christiane Ritz
Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz
Am Museum 1
02826 Görlitz
E-mail: karsten.wesche@senckenberg.de
E-mail: christiane.ritz@senckenberg.de

Olaf Zinke
Museum der Westlausitz
Macherstr. 140
01917 Kamenz
E-mail: zoologie@museum-westlausitz.de

Christine Brozio
Bautzener Str. 30
02956 Rietschen
E-mail: chbrozio@gmail.com

Manuskripteingang	18.3.2022
Manuskriptannahme	16.5.2022
Erschienen	18.10.2022

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: 30

Autor(en)/Author(s): Dedek Marlieb, Wesche Karsten, Ritz Christiane M., Zinke Olaf, Brozio [geb. John] Christine

Artikel/Article: Charakterisierung von Standorten ausgewählter Wintergrün-Arten in der Oberlausitz 57-76