

HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF

Fakultät Wald und Forstwirtschaft

Bachelorarbeit

**Entwicklung bodensaurer Kiefernwälder
im Oberpfälzer Wald-
Wiederholungsaufnahmen 1991 bis 2016**

Verfasser: Christina Bösl
Kardinal-Bensch-Str. 17
92526 Oberviechtach

Betreuer: Prof. Dr. Jörg Ewald

Ort, Abgabetermin: Oberviechtach, 25.07.2016

Eidesstattliche Erklärung / Zugänglichkeitserklärung

Name des Verfassers/der Verfasserin: Christina Bösl

Name des Betreuers/der Betreuerin: Prof. Dr. Jörg Ewald

Thema der Bachelorarbeit: Entwicklung bodensaurer Kiefernwälder im Oberpfälzer Wald-Wiederholungsaufnahmen 1991 bis 2016

1. Ich erkläre hiermit, dass ich die Bachelorarbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Weihenstephan, den

Datum

Unterschrift Verfasser(in)

2. Ich bin damit einverstanden, dass die von mir angefertigte Arbeit mit o.g. Titel innerhalb des Bibliothekssystems der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf aufgestellt und damit einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Die Arbeit darf im Bibliothekskatalog der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (und zugeordneten Verbundkatalogen) nachgewiesen werden und steht allen Nutzern der Bibliothek entsprechend den jeweils gültigen Nutzungsmodalitäten der Hochschulbibliothek der HSWT zur Verfügung. Ich bin mir auch darüber im Klaren, dass die Arbeit damit von Dritten ohne mein Wissen kopiert werden kann. Die Veröffentlichung der Arbeit habe ich mit meinem Betreuer/ meiner Betreuerin und falls zutreffend, mit der Firma/ Institution abgesprochen, die eine Mitbetreuung übernommen hatte.

☐ Ja

☐ Ja, nach Abschluss des Prüfungsverfahrens am

☐ Ja, nach Ablauf einer Sperrfrist von Jahren

☐ Nein

Weihenstephan, den

Datum

Unterschrift Verfasser(in)

Als Betreuer bin ich mit der Aufnahme im Bibliothekssystem der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf einverstanden.

Weihenstephan, den

Datum

Unterschrift Betreuer(in)

Danksagung

Folgenden Personen möchte ich ein herzliches Dankeschön aussprechen:

- Prof. Dr. Jörg Ewald von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, für die Anregung zur Themenwahl und Betreuung dieser Bachelorarbeit , für alle wertvollen Hinweise und die stets schnelle Unterstützung bei Fragen und Unklarheiten
- Dr. Hartmut Augustin, für die Hilfe beim Aufsuchen der Aufnahmeflächen und für die Bereitstellung von wichtigem Informationsmaterial
- Katrin Ketterer von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, die mich bei der Bestimmung schwieriger Moos- und Gefäßpflanzen unterstützt hat
- Johannes Bradtka vom Verein für Landschaftspflege und Artenschutz in Bayern, für die Überprüfung meiner Flechten-Nachbestimmung und die Bestimmung unklarer Arten
- Meinen Eltern und Freunden für die Unterstützung während der Erstellung meiner Bachelorarbeit, insbesondere bei den Geländeaufnahmen

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung / Zugänglichkeitserklärung.....	II
Danksagung	III
Inhaltsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis.....	VIII
Abkürzungsverzeichnis.....	IX
1 Einleitung.....	1
2 Untersuchungsgebiet.....	3
2.1 Lage und forstliche Wuchsgebietsgliederung	3
2.2 Geologie und Böden	4
2.3 Klima und Höhenstufen	5
2.4 Waldzusammensetzung und natürliche Waldgesellschaften	6
2.5 Historische Waldnutzung	7
3 Material und Methoden.....	8
3.1 Datenaufnahme	8
3.1.1 Auswahl der Aufnahmeflächen.....	8
3.1.2 Pflanzensoziologisches Aufnahmeverfahren	9
3.1.3 Bodenkundliche Aufnahmen	11
3.2 Datenauswertung.....	12
3.2.1 Datenbearbeitung und -sortierung.....	12
3.2.2 Pflanzensoziologische Datenanalyse	14
3.2.3 Bodenkundliche Auswertung.....	15
3.3 Nomenklatur	15
4 Ergebnisse und Diskussion.....	17
4.1 Entwicklung nach Subassoziationen.....	17
4.1.1 Artenzahl.....	17
4.1.2 Deckung	22
4.1.3 Zeigerwerte nach Ellenberg	28
4.2 Veränderung der Stickstoff- und der Lichtzahl.....	32

4.3	Differenzierte Vegetationstabelle	33
4.4	Gegenüberstellung ausgewählter Vegetationsaufnahmen.....	36
4.5	Ergebnisse der bodenkundlichen Analyse	38
4.6	Naturschutz und Pflegemaßnahmen.....	41
5	Schlussfolgerung	43
	Literaturverzeichnis.....	44
	Anlage A.....	48
	Anlage B	49
	Abstract.....	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Ausschnitt der naturräumlichen Gliederung Bayerns mit Höhengschichten (verändert nach BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, o. A.)	3
Abbildung 2-2: Grundgebirgseinheiten des Oberpfälzer Waldes mit Alterdatierung und Entstehungsweise (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2009)	4
Abbildung 3-1: Karte mit nummerierten Aufnahmeorten (verändert nach BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DER FINANZEN, FÜR LANDESENTWICKLUNG UND HEIMAT, o. A.)	9
Abbildung 4-1: Gesamtartenzahl des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen 1991 und 2016	17
Abbildung 4-2: Artenzahl der Gefäßpflanzen des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen 1991 und 2016	19
Abbildung 4-3: Artenzahl der Moose des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen 1991 und 2016	20
Abbildung 4-4: Artenzahl der Flechten des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen 1991 und 2016	21
Abbildung 4-5: Deckung der Baumschicht des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen 1991 und 2016	22
Abbildung 4-6: Deckung der Strauchschicht des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen 1991 und 2016	24
Abbildung 4-7: Deckung der Krautschicht des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen 1991 und 2016	25
Abbildung 4-8: Deckung der Moosschicht des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen 1991 und 2016	27
Abbildung 4-9: Mittlere gewichtete Lichtzahl nach Ellenberg im <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen für die Jahre 1991 und 2016	28
Abbildung 4-10: Mittlere gewichtete Feuchtezahl des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen für die Jahre 1991 und 2016	29
Abbildung 4-11: Mittlere gewichtete Reaktionszahl des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen für die Jahre 1991 und 2016	30
Abbildung 4-12: Mittlere gewichtete Stickstoffzahl des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen für die Jahre 1991 und 2016	31
Abbildung 4-13: Änderung der mittleren gewichteten Stickstoffzahl und der mittleren gewichteten Lichtzahl nach Einzelaufnahmen 1991 und 2016 mit Zuordnung zu den Subassoziationen	32
Abbildung 4-14: pH-Werte des Oh-Horizontes in destilliertem Wasser gemessen	38
Abbildung 4-15: pH-Werte des Oh-Horizontes in Kaliumchlorid-Lösung gemessen	38
Abbildung 4-16: pH-Wert des obersten Mineralbodenhorizontes in destilliertem Wasser gemessen	39

Abbildung 4-17: pH-Wert des obersten Mineralbodenhorizontes in Kaliumchlorid-Lösung gemessen.....	39
Abbildung 4-18: Gesamthumusmächtigkeit des <i>Leucobryo-Pinetum</i> und der Subassoziationen ..	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Vegetationstabelle der Aufnahmen des <i>Leucobryo-Pinetum</i> im Oberpfälzer Wald, modifiziert nach AUGUSTIN, 1991.....	Einlage
Tabelle 4-2: Vegetationstabelle der Aufnahmen des <i>Leucobryo-Pinetum</i> im Oberpfälzer Wald, 2016	Einlage
Tabelle 4-3: Aufnahmeflächen mit Subassoziationswechsel, ausgewählte Arten 1991/2016	36

Abkürzungsverzeichnis

AC	Assoziationscharakterart
Art.	Artikel
B	Baumschicht
BayNatSchG	Bayerisches Naturschutzgesetz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
bzw.	beziehungsweise
C	Celsius
CHAR	Charakterart
Cl.	Cladonia
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
DIFF	Differenzialart
DV	Differenzialart Verband
g	Gramm
GPS	Global Positioning System
H ₂ O dest.	Destilliertes Wasser
hpnV	heutige potenzielle natürliche Vegetation
Hrsg.	Herausgeber
K	Kraut- und Grasschicht
KCl	Kaliumchlorid
l	Liter

LP	Leucobryo-Pinetum
LPC	Leucobryo-Pinetum cladonietosum
LPM	Leucobryo-Pinetum molinietosum
LPT	Leucobryo-Pinetum typicum
M	Moos- und Flechtenschicht
m	Meter
m ²	Quadratmeter
mFgew	mittlere gewichtete Feuchtezahl
mLgew	mittlere gewichtete Lichtzahl
mm	Millimeter
mNgew	mittlere gewichtete Stickstoffzahl
MO	typischer Moder
MOA	feinhumusarmer Moder
MOF	Feuchtmoder
MOR	feinhumusreicher Moder
MR	rohhumusartiger Moder
MRA	feinhumusarmer rohhumusartiger Moder
mRgew	mittlere gewichtete Reaktionszahl
MRR	feinhumusreicher rohhumusartiger Moder
n. Chr.	nach Christus
Nr.	Nummer
o. A.	ohne Angabe

S	Strauchschicht
u.a.	unter anderem
ü. NN.	über Normalnull
v.a.	vor allem
VC	Verbandscharakterart
[VC]	Verbandscharakterart; zwei nicht unterschiedene Arten
z.T.	zum Teil

1 Einleitung

Die Vegetationskunde findet unter anderem Anwendung als Indikator für komplexe Umweltbedingungen. Praktische Bedeutung hat sie neben der Umweltbewertung, Umweltgestaltung und Umwelterhaltung auch im forstlichen Bereich erlangt. Dort stellt sie eine wichtige Grundlage bei der waldbaulichen Planung und Praxis dar, weil die Vegetation als Standortweiser zur Standortansprache dienen kann. Mit Hilfe der Vegetation lassen sich Aussagen zu den Standortfaktoren Licht, Temperatur, Kontinentalität, Bodenwasserhaushalt, Bodenreaktion und Stickstoffverfügbarkeit treffen (FISCHER, 2003). Im Bereich der Sukzessionsforschung finden Vergleiche der Vegetation, u.a. aus alten und neuen Vegetationsaufnahmen, statt. So können Rückgänge, Zunahmen, Verschwinden oder Neuausbreitung von Pflanzen und Pflanzengesellschaften festgestellt werden. Aus diesen Entwicklungen kann auf die Ursachen derselben geschlossen werden, die meist indirekt oder direkt anthropogen beeinflusst sind, z.B. durch Düngung oder allgemeine Eutrophierung (DIERSCHKE, 1994).

Dr. Hartmut Augustin leistete im Jahre 1991 (Vegetationsaufnahmen zwischen 1978 und 1991) mit seiner Dissertation *Die Waldgesellschaften des Oberpfälzer Waldes* einen entscheidenden Beitrag zur vegetationskundlichen Erforschung des Oberpfälzer Waldes. Dabei ging er neben der pflanzensoziologischen Erfassung der Wälder noch speziell auf die historische Waldentwicklung der Oberpfalz ein, die stark durch die frühe Industrialisierung beeinflusst worden war (AUGUSTIN, 1991).

Eine interessante Fragestellung ist daher, wie sich die Waldgesellschaften und deren Subassoziationen seit der Aufnahme vor 25 Jahren entwickelt haben. Da im Rahmen meiner Bachelorarbeit nur ein kleiner Teil der damaligen Vegetationsaufnahmen von Dr. Hartmut Augustin wiederholt werden konnte, habe ich mich für die erneute Aufnahme von bodensauren Kiefernwäldern entschieden. Aufgrund ihres relativ geringen Vorkommens im Oberpfälzer Wald, stellen diese eine Besonderheit im genannten Naturraum dar und erschienen mir so als Thema für meine Bachelorarbeit besonders interessant. Das Ziel dieser Arbeit ist somit die Untersuchung der Entwicklung und qualitativen Veränderung der Aufnahmeflächen der Waldgesellschaft des *Leucobryo-Pinetum* Matusz. 62 im Oberpfälzer Wald. Mit Hilfe der Vegetationsaufnahmen von 2016 wird eine aktuelle, differenzierte Vegetationstabelle erstellt, die mit der aus dem Jahr 1991 verglichen werden kann. Die Veränderung der 1991 vorgefundenen Subassoziationen soll zudem anhand der Gegenüberstellung von damaliger und heutiger Artenzahl, Deckung und den Zeigerwerten nach Ellenberg festgestellt werden. Weiterhin erfolgen die

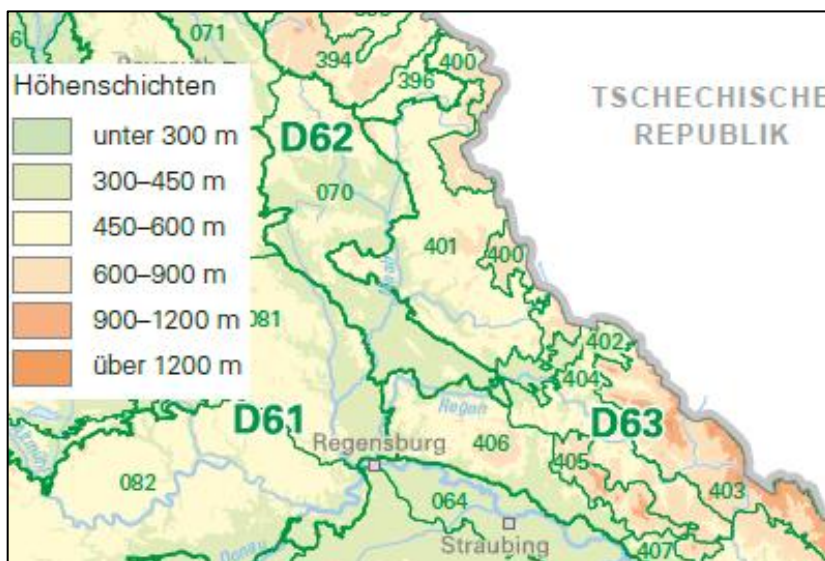
Erhebung von ausgewählten bodenkundlichen Daten und eine naturschutzrechtliche Bewertung der Aufnahme­flächen.

2 Untersuchungsgebiet

Da die Standorte der Vegetationsaufnahmen über den gesamten Oberpfälzer Wald verteilt sind, wird dieser bezüglich Lage, Geologie, Boden, Klima, Höhenstufen und historischer Waldnutzung in seiner Gesamtheit beschrieben. Zuvor muss aber noch darauf hingewiesen werden, dass sich die naturräumliche, die geologische und die forstliche Wuchsgebietsgliederung bei der Abgrenzung des Oberpfälzer Waldes geringfügig unterscheiden.

2.1 Lage und forstliche Wuchsgebietsgliederung

Der Oberpfälzer Wald ist ein im Osten Bayerns gelegener Naturraum (Naturraum-Haupteinheit D63), der sich im Regierungsbezirk Oberpfalz im Grenzgebiet zur Tschechischen Republik befindet. Er gilt als nördliche Fortsetzung des Bayerischen Waldes. Südlich wird der Oberpfälzer Wald durch die Cham-Furth-Senke (Naturraum-Einheit 402) begrenzt (SLOT WEBCOMMERCE BV., 2014), während im Norden die Naab-Wondreb-Senke (Naturraum-Einheit 396) und im Westen das Oberpfälzische Hügelland (Naturraum-Einheit 070) anschließt. Der Oberpfälzer Wald untergliedert sich, wie in Abbildung 2-1 ersichtlich, zum



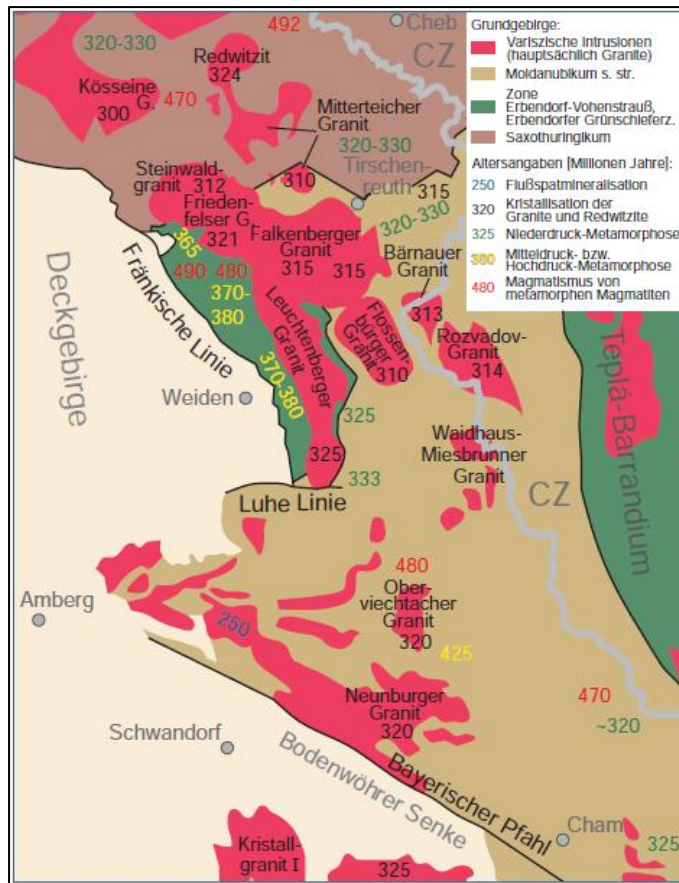
einen in den Vorderen Oberpfälzer Wald (Naturraum-Einheit 401) und zum anderen in den weiter östlich gelegenen Hinteren Oberpfälzer Wald (Naturraum-Einheit 400) (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, o. A.).

Abbildung 2-1: Ausschnitt der naturräumlichen Gliederung Bayerns mit Höhenschichten (verändert nach BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, o. A.)

Besonders interessant ist aus forstlicher Sicht die Wuchsgebietsgliederung. Diese ist verglichen mit der naturräumlichen Gliederung etwas weiter gefasst. Die Wiederholungsaufnahmen fanden im Wuchsgebiet 10 Oberpfälzer Wald im Teilwuchsbezirk 10.2/1 Waldsassener Schiefergebiet, den Wuchsbezirken 10.3 Vorderer Oberpfälzer Wald und 10.4 Innerer Oberpfälzer Wald statt (GULDER, 2001 aus WALENTOWSKI et al., 2013).

2.2 Geologie und Böden

Der Oberpfälzer Wald gehört geologisch betrachtet zum Westteil der Böhmisches Masse, die wiederum einen Abschnitt des einstigen Variszischen Gebirges bildet.



Wegen der unterschiedlichen Entstehung und Zusammensetzung teilt man die Gesteine des oberpfälzischen Grundgebirges in die Grundgebirgs-einheiten Saxothuringikum (im Norden des Oberpfälzer Waldes), Moldanubikum sensu stricto (Bereich zwischen Cham und Tirschenreuth) und das Teplá-Barrandium. Zu letzterem zählen auch die Zone Erbendorf-Vohenstrauß und die Erbendorfer Grünschieferzone. In Abbildung 2-2 sind außerdem Alter und Entstehung der Gesteine ersichtlich.

Abbildung 2-2: Grundgebirgseinheiten des Oberpfälzer Waldes mit Alterdatierung und Entstehungsweise (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2009)

Im Saxothuringikum dominieren v.a. Phyllite, Glimmerschiefer, Quarzite, sowie tonig-sandige Ablagerungen aus dem Kambrium und Ordovizium. Vereinzelt treten auch Metabasit und Diabas auf. Das Moldanubikum sensu stricto besteht hauptsächlich aus Gneisen. Zusätzlich gibt es Quarzite, Kalksilikatgesteine, Amphobilite, saure Orthogneise, Meta-Pegmatite und Meta-Aplite. Die Variskischen Intrusionen sind zum größten Teil aus Granit. Weiterhin kommen vereinzelt Gesteine aus dem Jungtertiär östlich der Naab und Diorit bei Neustadt an der Waldnaab vor. Der Ausläufer des Bayerischen Pfahls aus Mylonit bildet einen Teil der südlichen geologischen Grenze des Oberpfälzer Waldes (BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT, 1997 und BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2009 und 2015).

Aus den flächenmäßig bedeutendsten Gesteinen Gneis, Granit und Glimmerschiefer entwickeln sich eher saure Böden (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2016). Im gesamten Oberpfälzer Wald dominieren Braunerden aus skelettführenden (Kryo-) Sand bis Sandgrus. Zudem sind Podsol-Braunerden und Lockerbraunerden aus (Kryo-) Sandschutt bis Sandgrus und seltener Braunerde-Regosole anzutreffen. Stellenweise existieren aber auch Pseudogleye, Anmoorgleye, Gleye und andere grundwasserbeeinflusste Böden, sowie azonal Nieder- und Übergangsmoore. Einen sehr geringen Anteil an den Bodentypen nehmen die Felshumusböden, Syrosemi und Ranker aus blockführendem Schutt ein (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2015).

Die Ausbreitung des *Leucobryo-Pinetum* ist dabei überwiegend auf Initial- und Rohböden, z.B. Syrosem-Ranker aus Quarzitefels oder Regosol aus Flugsand, auf Podsole, die aus vom Sickerwasser ausgelaugten Sanden bestehen, und auf Podsol-Pseudogleye beschränkt (WALENTOWSKI et al., 2013)

2.3 Klima und Höhenstufen

Der Oberpfälzer Wald weist Meereshöhen von 350 bis 920 Metern auf. Die Ausprägung der Höhenschichten wird in Abbildung 2-1 dargestellt. Die kollin-submontane bis submontane Höhenstufe (mittlere bis obere Hügellagen) liegt bei 350 bis 600 Metern über dem Meeresspiegel. Dort liegen die Lufttemperaturen im Jahresmittel zwischen 7° C und 9° C. Zwischen 600 und 920 m ü. NN. herrscht montanes Klima (mittlere Berglagen) mit mittleren jährlichen Lufttemperaturen von 5° C bis 6° C vor. Extra- und azonal gibt es von 350 bis 800 Metern ü. NN. vereinzelt vermoorte Tallagen mit Kaltluftstau. Die jährliche Niederschlagsmenge reicht von mäßig niederschlagsreich (750-850 mm) im Vorderen Oberpfälzer Wald, über ziemlich niederschlagsreich (850-950 mm), bis hin zu niederschlagsreich (950-1500 mm).

Die Klimatönung ist hercynisch-montan bis subboreal. Erstere zeichnet sich durch kühlfeuchtes Mittelgebirgsklima, Schneereichtum, häufige Bergnebel und Einflüsse von kalt-trockenen Ostwinden aus. Bei der subborealen Klimatönung sind hohe Jahrestemperaturschwankungen, mäßiger Niederschlagsreichtum, Winterkälte und strenge Winterfröste charakteristisch (WALENTOWSKI et al., 2013).

2.4 Waldzusammensetzung und natürliche Waldgesellschaften

Die regional natürliche Waldzusammensetzung und die natürlichen Waldgesellschaften werden im Folgenden nur für die Wuchsbezirke Vorderer Oberpfälzer Wald, Innerer Oberpfälzer Wald und den Teilwuchsbezirk Waldsassener Schiefergebiet beschrieben, in denen die Flächen der Wiederholungsaufnahmen liegen.

Die natürliche Waldzusammensetzung ist in den genannten Wuchsbezirken der Bergmischwald aus Buche, Tanne und Fichte. In den mittleren bis oberen Hügellagen dominiert natürlicherweise die Buche. Die Hauptbaumarten sind dabei in der Reihenfolge ihrer Anteile angeordnet, während Neben-, Begleit-, Pionier- und Gastbaumarten nicht genannt werden.

Da es im gesamten Wuchsgebiet des Oberpfälzer Waldes zahlreiche Sonderstandorte, wie saure Block- und Felsstandorte und versumpfte bzw. vermoorte Mulden und Senken gibt, existieren dementsprechend viele verschiedene hpnV-Einheiten. Die wichtigsten natürlichen Waldgesellschaften in den Hügel- und Berglagen sind der Hainsimsen-Buchenwald (*Luzulo luzuloides-Fagetum*, bei geringer Wasserverfügbarkeit mit Kiefer, Eiche, Birke, Fichte, Tanne und teilweise Heidelbeere) und der Waldmeister-Buchenwald (*Galio odorati-Fagetum*, bei zunehmender Vernässung mit hohem Tannenanteil in der montanen Höhenform). Bei einer besseren Basenversorgung ist auch das Vorkommen des Waldgersten-Buchenwaldes (*Hordeleyo europaei-Fagetum*) möglich. An Orten mit starker Vernässung und gutem Basenangebot etablieren sich Au-, Quell- und Sumpfwälder, sowie Schwarzerlen-Bruchwälder. In schlechter basenversorgten Gebieten gibt es innerhalb der Wasserhaushaltsstufe (schwach) wechselfeucht bis feucht die Waldgesellschaft *Vaccinio vitis-idaeae-Abietetum* und in Berglagen zusätzlich *Luzulo luzuloidis-Abietetum*. In feuchten bis nassen Arealen mit schlechter Basenausstattung herrschen Moorwälder des *Bazzanio trilobatae-Piceetum*, *Calamagrostio villosae-Piceetum bazzanietosum* und *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* vor. In Berglagen kann es zusätzlich Spirken- und Latschenmoore geben.

Das *Leucobryo-Pinetum* kommt v.a. in den Hügellagen bei trockenen bis mäßig trockenen Umweltbedingungen auf stark sauren Böden vor. Zusätzlich treten in den Hügellagen in den Wasserhaushaltsstufen trocken bis mäßig trocken in der Reihenfolge von stark sauer bis alkalisch *Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae*, *Luzulo luzuloidis-Quercetum petraeae*, *Galio sylvatici-Carpinetum* und *Carici albae-Fagetum* auf. Weiterhin gibt es dort Eichen-Hainbuchenwälder auf wechselfeuchten Standorten (WALENTOWSKI et al., 2013).

Aktuell sind 42,3% der Gesamtfläche des Wuchsgebiets Oberpfälzer Wald bewaldet. Die derzeitige Waldzusammensetzung besteht aus 15,9 % Laubholz und 84,1 % Nadelholz. Der nutzungsbedingt hohe Anteil an Nadelholz kommt durch 53,9 % Fichte, 25,8 % Kiefer, 2,2 % Lärche, 1,2 % Douglasie und 1 % Tanne zustande. Der Laubbaumanteil setzt sich aus 10,3 % Laubholz mit niedriger Lebensdauer, jeweils 2,3 % Buche und Eiche und 1 % anderem Laubholz mit hoher Lebensdauer zusammen (THÜNEN-INSTITUT, 2012).

2.5 Historische Waldnutzung

Stärkere Rodungstätigkeiten fanden im Oberpfälzer Wald seit 500 n.Chr. statt, bis der Wald aller Wahrscheinlichkeit nach im 14. Jahrhundert in etwa auf die Fläche zurückgedrängt war, die er auch heute einnimmt (SCHWARZ, 1960 und MÜLLER-LUCKNER, 1981 aus AUGUSTIN, 1991). Zunächst erfolgte die Reduzierung der Waldfläche zugunsten von Ackerland, die Auflichtung des Waldes und die Begünstigung bzw. Benachteiligung einzelner Baumarten. Mit dem Anstieg der Gewerbetätigkeit und der Bevölkerungsdichte wurde der Holzbedarf immer größer (PRIEHÄUSSER, 1973 aus AUGUSTIN, 1991). Neben der Bau- und Brennholznutzung und der Waldweide war die Eisenindustrie ausschlaggebend für die raschen und einschneidenden Eingriffe in den Wald und die starke Übernutzung. Es erfolgten Aufforstungen mit Nadelholz, welches durch die Beweidung der Wälder und das Absengen der Schläge zusätzlich gefördert wurde. Dies führte zu einer stark flächenmäßigen Überrepräsentation der Waldkiefer. Die Glasindustrie mit ihrem hohen Holzverbrauch ist seit dem 14. Jahrhundert belegt. Die Streunutzung, die zu weiterer Aushagerung der Böden führte, gewann im 18. Jahrhundert an Bedeutung und wurde bis ins 20. Jahrhundert betrieben (STROMER, 1987, VANGEROW, 1987, ERNST, 1951 aus AUGUSTIN, 1991). Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden durch damalige Waldbewirtschaftungsregeln und Bodenbearbeitung großflächige Reinbestände begründet. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts strebt man die Umwandlung in Mischbestände und die Sanierung der Waldböden an, welche aber zunächst durch die Kriegs- und Nachkriegszeit verzögert wurden. Der nachgewiesene Stickstoffmangel wurde bis nach 1980 durch Düngungsmaßnahmen behoben. Auf den weitestgehend meliorierten Waldböden ist es heute, v.a. im Hinblick auf die Klimaerwärmung, das Hauptziel, die historisch anthropogen bedingten Nadelholzforsten in laubholzreiche Mischwälder umzubauen, die dann sowohl die Nutz-, als auch die Schutzfunktion erfüllen (SCHMIDT, 2011).

3 Material und Methoden

In diesem Kapitel werden die verwendeten Materialien und Methoden erläutert. Soweit möglich, wurde dieselbe Methodik wie in der Arbeit von Herrn Dr. Augustin verwendet, um die Vergleichbarkeit der späteren Ergebnisse mit den damaligen zu gewährleisten. Aus diesem Grund wurde auch die Nummerierung der Aufnahmepunkte aus der Arbeit von Augustin nach dessen laufenden Nummern beibehalten.

3.1 Datenaufnahme

Im Folgenden werden sowohl die Auswahl der Aufnahmeflächen, als auch das Verfahren bei den pflanzensoziologischen und bodenkundlichen Aufnahmen näher beschrieben.

3.1.1 Auswahl der Aufnahmeflächen

Da die ehemaligen Aufnahmepunkte nicht dauerhaft markiert sind, konnten die meisten von ihnen nicht exakt wiedergefunden werden. Mit einer topographischen Karte im Maßstab 1:25000, in der die Standorte seinerzeit festgehalten wurden, und der Unterstützung durch den damaligen Bearbeiter Dr. Hartmut Augustin konnten die Aufnahmeorte relativ genau rekonstruiert werden. Zusätzlich dienten die Angaben zur Meereshöhe, Exposition, Neigung, die Bestandsdaten und die Notizen aus den alten Aufnahmeblättern zur möglichst exakten Annäherung an die damaligen Punkte. Folgende Geräte wurden verwendet: Ein Kompass, ein Neigungsmesser, ein barometrischer Höhenmesser und aktuelles topografisches Kartenmaterial mit Höhenschichtlinien. Durch das beschriebene Vorgehen war es möglich, die späteren Erhebungen auf sogenannten Quasi-Dauerflächen vorzunehmen (BOCKER, 1983 aus RÖDER et al., 1996).

Zuerst wurde mit einem eigens erstellten Voraufnahmeblatt überprüft, welche Flächen für eine erneute Vegetationsaufnahme sinnvoll wären (siehe Anlage A). Die darin aufgenommenen Kriterien waren die Auffindbarkeit der Fläche, die Bestockung mit Waldvegetation, die Betrachtung der Umgebung, offensichtliche Veränderungen und eventueller Waldumbau. Von einer Wiederholungsaufnahme wurde abgesehen, wenn die Flächen wegen Nutzungsumwidmung, eines veränderten Erschließungsnetzes oder kürzlich vorgenommener Holzerntemaßnahmen nicht wiederzufinden waren. In einigen Fällen bot sich die Aufnahme von benachbarten, ungestörten Ersatzflächen an, die noch bezeichnende Arten der Erstaufnahme enthielten.

Dabei wurde die tatsächliche Veränderung vermutlich unterschätzt. Es handelt sich also um Mindestveränderungen.

Nach Berücksichtigung dieser Kriterien erwiesen sich 33 von ursprünglich 43 Aufnahmen als geeignet für Wiederholungsaufnahmen. Abbildung 3-1 zeigt die Verteilung der Aufnahmeorte:

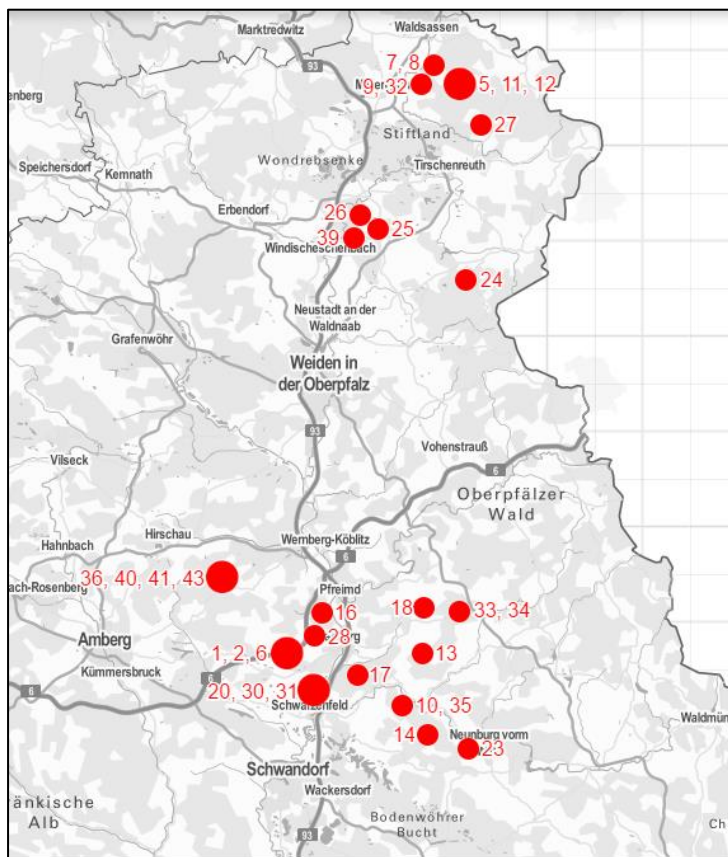


Abbildung 3-1: Karte mit nummerierten Aufnahmeorten (verändert nach BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DER FINANZEN, FÜR LANDESENTWICKLUNG UND HEIMAT, o. A.)

3.1.2 Pflanzensoziologisches Aufnahmeverfahren

Die Wahl der Flächengrößen wurde von den Erstaufnahmen übernommen und lag meist bei 400 m². Nur in Ausnahmefällen betrug die von Augustin ausgewählte Fläche 100, 200 oder 300 m², wenn andernfalls die Homogenität nicht gewährleistet gewesen wäre. Soweit möglich wurden quadratische Untersuchungsflächen verwendet. Störungsflächen wurden ausgelassen und falls nötig, beispielsweise bei geringen Rückegassenabständen, wurde auf rechteckige Formen zurückgegriffen. Die Probeflächen wurden mit einem Maßband ausgemessen und mit Fluchtstäben für die Dauer der Aufnahme abgesteckt. Um diese Standorte gegebenenfalls

später exakt wiederfinden zu können, wurden die Koordinaten der Mittelpunkte der Vegetationsaufnahmen mittels GPS-Gerät aufgenommen und abgespeichert. Zusätzlich dazu konnte die Meereshöhe über NN. mit einem barometrischen Höhenmesser und der Nachkontrolle anhand einer amtlichen Karte auf 5 Meter genau angegeben werden.

Die Aufnahme fand mit einem eigens erstellten Aufnahmeblatt in Anlehnung an FISCHER (2003), DIERSCHKE (1994) und TREMP (2005) statt (siehe Anlage B). Im Aufnahmekopf wurden Angaben zur laufenden Nummer (übernommen von Augustin), Datum, Flächengröße, Flächenform, Ortsdaten, Reliefdaten, Boden, Bestandesdaten und Bemerkungen erfasst. Die Schichthöhen wurden mittels Baumhöhenmesser bzw. Meterstab ermittelt. Die Aufnahme der Probeflächen erfolgte wie bei der Erstaufnahme nach der Methode von Braun-Blanquet mit den folgenden Deckungsgraden (BRAUN-BLANQUET, 1964 aus AUGUSTIN, 1991):

- | | |
|---|---|
| r | selten, 1-2 Individuen |
| + | wenige Individuen mit Deckung < 1 % |
| 1 | 1 – 5 % der Aufnahmefläche deckend, oder reichlich Individuen mit geringerer Deckung |
| 2 | 6 – 25 % der Aufnahmefläche deckend, oder sehr zahlreiche Individuen mit geringerer Deckung |
| 3 | 26 – 50 % der Aufnahmefläche deckend |
| 4 | 51 – 75 % der Aufnahmefläche deckend |
| 5 | 76 – 100 % der Aufnahmefläche deckend |

Die pflanzensoziologische Aufnahme wurde in die Schichten Baumschicht (Gehölze von mehr als 5 m Höhe), Strauchschicht (Gehölze von 1 bis 5 m Höhe), Krautschicht (auf dem Boden wachsende Farn- und Blütenpflanzen einschließlich Gehölzverjüngung unter 1 m Wuchshöhe) und Mooschicht mit allen bodenbesiedelnden Moosen und Flechten untergliedert (FISCHER, 2003). Wie bei den Aufnahmen durch AUGUSTIN (1991) wurden „Moose und Flechtenpolster auf dem Waldboden [...] wie üblich aufgenommen. Ihre Gesamtdeckung wurde als Deckung der Moos- und Flechtenschicht im Tabellenkopf angegeben. Moose und Flechten auf Felsblöcken wurden – soweit sie nicht auf senkrechten oder überhängenden Flächen wuchsen, in gleicher Weise nach ihrer Deckung pro Gesamtaufnahmefläche geschätzt wie die auf dem Waldboden wachsenden. In die Deckung der Moos- und Flechtenschicht wurden sie jedoch nicht aufgenommen. [...] Außer den epilithischen Moosen und Flechten wurden keine weiteren Bewohner von Sonderstandorten aufgenommen. Eine Ausnahme stellt lediglich der Halbparasit *Viscum laxum* dar [...]. Pilzarten wurden nicht berücksichtigt.“

Die Vegetationsaufnahmen fanden zwischen Ende April und Mitte Mai statt, da die wichtigsten Artengruppen (Moose und Flechten) in Kiefernwäldern zwar ganzjährig aufgenommen werden können, aber im feuchten Frühjahr besser als im trockenen Sommer (DIERSCHKE, 1994). Bei Arten, die nicht sofort vor Ort bestimmt werden konnten, wurde eine Probe zur Nachbestimmung entnommen. Gefäßpflanzen wurden hierfür zunächst gepresst, Moose und Flechten gleich in beschriftete Papiertüten verpackt. Die Bestimmung erfolgte anhand der Literatur von JÄGER (2011), LÜDER (2015), BARTSCH (1994), FRAHM/FREY (2004), NEBEL/PHILIPPI (2000, 2001, 2003) und WIRTH/KIRSCHBAUM (2014). Aufgrund der schwierigen Unterscheidung der Moose *Hypnum cupressiforme* und *Hypnum jutlandicum* wurden diese unter der Bezeichnung *Hypnum cupressiforme/jutlandicum* zusammengefasst.

3.1.3 Bodenkundliche Aufnahmen

Die bodenkundliche Untersuchung erfolgte zum Vergleich der Subassoziationen untereinander. Für diese wurden zunächst die Humusform, die Gesamtmächtigkeit des Humus und die Mächtigkeit des Of- und Oh-Horizontes bestimmt und dokumentiert. Die Humusansprache erfolgte auf Grundlage von BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE/ GEOLOGISCHE LANDESÄMTER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1994) über Humusziegel, die mit einem Spaten herausgestochen wurden. Die einzelnen Horizonte und die Gesamtmächtigkeit wurden mit einem Meterstab gemessen. Die Daten zu den Mächtigkeiten des Of- und Oh-Horizontes dienten als Hilfe bei der Bestimmung der Humusform, können aber auch für eventuelle weiterführende Auswertungen verwendet werden.

Zudem wurden Bodenproben zur pH-Wert-Bestimmung gesammelt. Diese Proben, die zum einen aus dem Oh- und zum anderen aus dem obersten Mineralboden-Horizont entnommen wurden, wurden in beschrifteten Papiertüten gelagert, luftgetrocknet und mit einem Sieb der Maschengröße 2 mm vorgesiebt. Jede Probe wurde als Mischprobe aus drei gleichmäßig über die Aufnahmefläche verteilten Stellen entnommen. Für die spätere pH-Wert-Messung wurden jeweils 5 g gesiebtes Humus- und 10 g gesiebtes Oberbodenmaterial zum einen in 25 ml destilliertes Wasser und zum anderen in 25 ml Kaliumchlorid-Suspension mit 0,01 mol pro l gegeben und gut durchmischt. Die geringere Probemenge beim Oh-Horizont war aufgrund der stark wasserbindenden Eigenschaft des zu untersuchenden Materials notwendig (LORZ, 2016). Je nach verwendeter Flüssigkeit wird das Ergebnis unterschiedlich beeinflusst. Um eine Vorstellung über die Reaktion der Bodenlösung zu erhalten, ist eine Kaliumchlorid-Lösung vorteilhafter. Diese kompensiert durch Desorption eines kleinen Teils der H^+ -Ionen den Verdünnungseffekt durch das beigelegte Wasser teilweise (BLUME et al., 2011), d.h. die

potenzielle Acidität wird gemessen. In destilliertem Wasser dagegen wird der aktuelle Säuregrad, also die Konzentration der freien Wasserstoff-Ionen in der Lösung, analysiert (UMWELTBUNDESAMT, o. A.). Die Messung erfolgte mittels pH-Meter (Gerätetyp pH 3110) nach einer Standzeit der Proben von zwei Stunden. Das genaue Verfahren nach DIN ISO 10390 wird in BLUME et al. (2011) und LORZ et al. (2012) beschrieben. Der pH-Wert wurde jeweils auf zwei Dezimalen genau gerundet.

3.2 Datenauswertung

Im diesem Kapitel wird das Vorgehen bei der Auswertung der pflanzensoziologischen und bodenkundlichen Daten erklärt.

3.2.1 Datenbearbeitung und -sortierung

Um die dauerhafte Speicherung und die Auswertung der Daten zu ermöglichen, wurden sowohl die Vegetationsaufnahmen von 1991, als auch die aktuellen Aufnahmen in die Vegetationsdatenbank Turboveg in der Version 2.126 eingespeist (HENNEKENS, o. A.). Die Kopfdaten der Aufnahmeblätter und die gemessenen pH-Werte wurden als Header Data eingetragen. Nach der Übertragung der Artenliste und der entsprechenden Deckungen, wurden, mit Hilfe des Programms, die mittleren gewichteten Zeigerwerte (Licht-, Feuchte-, Reaktions- und Stickstoffzahl) nach Ellenberg pro Aufnahme berechnet und ebenfalls als Header Data gespeichert. Aufgrund der zu geringen Unterschiede und Veränderungen bezüglich Temperatur und Kontinentalität im Aufnahmegebiet wurde auf die Darstellung der entsprechenden Zeigerwerte verzichtet. Bei der Berechnung der übrigen Zeigerwerte wurden ordinale Gewichtungsfaktoren gewählt. Laut HENNEKENS (2016) werden diese in Turboveg nach der Methode von DURWEN (1982 aus ELLENBERG et al., 2001) verwendet:

Deckungsgrad :	r	+	1	2	3	4	5
Gewichtungsfaktor:	1	2	3	4	6	8	10

Die von Turboveg angewandte Formel entspricht (HENNEKENS, o. A.):

$$mZ_{gew} = \frac{\sum (Z_x * G_x)}{\sum G_x}$$

wobei mZ_{gew} = mittlerer gewichteter Zeigerwert, Z_x = Zeigerwert der Art x, G_x = Gewichtungsfaktor der Art x

Die Baumschicht floss dabei nicht mit in die Berechnung ein, um durch eventuelle waldbauliche Beeinflussung keine Verzerrung der Ergebnisse zu erhalten. Eine genaue Übersicht und Definitionen zu den Zeigerwerten finden sich bei ELLENBERG et al. (2001).

Zur weiteren Bearbeitung der Daten erfolgte ein Export in das Tabellenkalkulationsprogramm MS-Excel. Die so generierte Roh­tabelle aus allen Vegetationsaufnahmen von 2016 wurde anschließend zu einer differenzierten Vegetationstabelle umsortiert. Die Erstellung erfolgte im Wesentlichen nach der beschriebenen Methode von DIERSCHKE (1994) in folgenden Schritten:

1. Sortierung der Header Data im Tabellenkopf nach den Gruppen Geländedaten, Deckungen, Artenzahlen, Ellenberg-Zeigerwerte und Nummerierungen
2. Bestimmung und Anordnung der einzelnen Arten nach abnehmender Stetigkeit
3. Stellung der Gehölze an oberste Stelle zur besseren Darstellung der Vertikalstruktur, untergliedert nach Schichten
4. Ausweisung von Subassoziationen und Varianten durch vertikales Umordnen und Gruppenbildung nach Differenzialarten
5. Soziologische Gruppenbildung (Reihenfolge von oben nach unten: Assoziationskennarten, Differenzialarten, Charakterarten der höherrangigen Syntaxa *Dicrano-Pinion* und *Vaccinio-Piceetea*, Begleitarten unterteilt nach Gefäßpflanzen und Moosen)

Laut DIERSCHKE (1994) sollte eine Trennart mindestens 40 – 50 % Stetigkeit innerhalb der betreffenden Aufnahmegruppe aufweisen. Ausnahmen erfolgten bei Arten, die bei HEINKEN (2008) als Differenzialarten aufgeführt sind und aufgrund ihrer speziellen ökologischen Ansprüche in einer der Subassoziationen vorkommen. Weiterhin wurden die Differenzial- und die Charakterarten des Verbands *Dicrano-Pinion* in Anlehnung an die Synopsis gekennzeichnet (HEINKEN, 2008). Bei der Untergliederung nach Varianten orientierte ich mich an der Aufteilung und Benennung nach AUGUSTIN (1991). Zusätzlich folgte ich dem Beispiel nach RÜTHER (2003) bei der weiteren Ausweisung einer Variante mit *Bazzania trilobata* im *Leucobryo-Pinetum typicum*.

3.2.2 Pflanzensoziologische Datenanalyse

Für die pflanzensoziologische Datenanalyse wurden die Artenzahlen der einzelnen Aufnahmen bestimmt. Diese Artenzahlen dienen als Indikator für die Diversität. Untergliedert wurde dabei in Gesamtartenzahl, Gefäßpflanzen, Moose und Flechten. Die Deckungen, dargestellt nach Baum-, Strauch-, Kraut-/Gras- und Moos-/Flechtenschicht, können Hinweise über mögliche Sukzessionsprozesse oder waldbauliche Eingriffe liefern. Wurde die Deckung einer Schicht bei der Vegetationsaufnahme als $< 1\%$ notiert, so wurde in diesem Fall für Berechnungen und Darstellungen der Wert 0,5 verwendet. Die zuvor aufgeführten Parameter, sowie die mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte, die die Einstufung der Aufnahmeflächen nach verschiedenen ökologischen Parametern ermöglichen, wurden jeweils separat in einem Boxplot-Diagramm dargestellt. Dabei wurden die einzelnen Boxplots nach Subassoziationen getrennt erstellt. Bei einer feineren Unterteilung für die Auswertung hätten zu wenige Werte pro Variante zur Verfügung gestanden. Um die direkte Abbildung der Veränderungen je Subassoziation zu ermöglichen, wurden immer die Boxplots mit den Werten der verschiedenen Aufnahmejahre innerhalb einer Subassoziation nebeneinander dargestellt. Für die Werte der Boxplots flossen für die Jahre 1991 und auch 2016 die Werte der Aufnahmen jeweils nach der Subassoziationszuteilung nach Augustin ein. Dadurch konnte die unmittelbare Entwicklung der entsprechenden Subassoziation abgebildet werden. Die Mittelwerte wurden als \bar{x} in die Boxplots eingetragen. Zur statistischen Absicherung der Veränderung wurde ein Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben durchgeführt (ROGG, 2014). Die Kennzeichnung der Signifikanzniveaus erfolgte in den Diagrammen wie folgt (EBERMANN, 2010):

- * für signifikante Ergebnisse nach dem Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$
- ** für hoch signifikante Ergebnisse nach dem Signifikanzniveau $\alpha = 0,01$
- *** für höchst signifikante Ergebnisse nach dem Signifikanzniveau $\alpha = 0,001$

Im Punkt 4.2 werden die Änderungen der Stickstoff- und der Lichtzahl näher erläutert. Die differenzierten Vegetationstabellen sind der Bachelorarbeit zur besseren Übersichtlichkeit als Einlagen beigelegt. Die wichtigsten Veränderungen dieser Tabellen werden unter Punkt 4.3 beschrieben. Unter Punkt 4.4 erfolgt eine deskriptive und grafische Gegenüberstellung ausgewählter Daten derjenigen Einzelaufnahmen, aus den Jahren 1991 und 2016, bei denen eine Veränderung der Subassoziationszugehörigkeit während des Betrachtungszeitraums stattgefunden hat.

3.2.3 Bodenkundliche Auswertung

Auf die Darstellung der pH-Werte mit der Zuordnung der Aufnahmepunkte zu den einzelnen Subassoziationen nach Augustin wurde verzichtet. Einerseits, weil keine vergleichbaren Werte von 1991 vorliegen und andererseits, weil sich die Verteilung der Werte sehr homogen und wie die beschriebenen Reaktionszahlen von 2016 gestalteten, die in Abbildung 4-11 unter Punkt 4.1.3 dargestellt sind. Stattdessen wurden die pH-Werte nach der aktuellen Zuordnung der Aufnahmeflächen zu den Subassoziationen gegliedert und in Boxplots abgebildet. Diese zeigen die Ergebnisse der Messungen des Oh-Horizontes und des obersten Mineralbodenhorizontes, welche sowohl in destilliertem Wasser, als auch in Kaliumchlorid durchgeführt wurden. Die unterschiedlichen pH-Wert-Bereiche werden wie folgt klassifiziert (AD-HOC-AG BODEN, 2005 aus BLUME et al., 2011):

extrem sauer	< 3,3
sehr stark sauer	3,3 bis < 4,0
stark sauer	4,0 bis 4,7

Die Abbildung und die Zuordnung der Aufnahmeflächen zu den Subassoziationen fanden bei der Darstellung der Gesamthumusmächtigkeiten analog zur Vorgehensweise bei den pH-Werten statt. Ein Vergleich zu Augustin war nicht sinnvoll, da diese Daten 1991 nur exemplarisch für einzelne Aufnahmeflächen dokumentiert wurden. Auf die nähere Auswertung und Analyse der Daten zur Humusform und der Mächtigkeiten des Of- und des Oh-Horizontes wurde verzichtet, da dies im Rahmen der Bachelorarbeit nicht möglich war. Erstere werden jedoch im Ergebnisteil kurz angesprochen und im Tabellenkopf der differenzierten Vegetationstabelle von 2016 mit aufgeführt.

3.3 Nomenklatur

Die Bezeichnung der Artnamen wurde von AUGUSTIN (1991) übernommen und erfolgte bei Gefäßpflanzen nach EHRENDORFER (1973 aus AUGUSTIN, 1991), bei Moosen nach FRAHM und FREY (1983 aus AUGUSTIN, 1991), bei Flechten nach WIRTH (1980 aus AUGUSTIN 1991). Diese Nomenklatur wurde sowohl bei der Eingabe und Bearbeitung in Turboveg, als auch bei der Sortierung und Auswertung der Daten beibehalten.

Ebenso griff ich bei der Bezeichnung der Assoziationen auf die von AUGUSTIN (1991) verwendete Nomenklatur in Anlehnung an OBERDORFER (1987 und 1990 aus AUGUSTIN, 1991) zurück. In der Assoziation des *Leucobryo-Pinetum* unterschied er die drei Subassozia-

tionen *Leucobryo-Pinetum molinietosum*, *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* und *Leucobryo-Pinetum typicum*. Des Weiteren wies er in der typischen und in der cladonienreichen Subassoziation eine Reliktform des *Leucobryo-Pinetum* mit *Erica herbacea* aus.

4 Ergebnisse und Diskussion

Die Veränderung der untersuchten Weißmoos-Kiefernwälder wird im folgenden Abschnitt beschrieben. Die Ergebnisse werden dabei nach Subassoziationen unterteilt. Danach wird die Entwicklung, nach Einzelaufnahmen untergliedert, veranschaulicht. Die Erkenntnisse aus der bodenkundlichen Auswertung werden dargestellt, die naturschutzrechtliche Bedeutung der kartierten Bestände, sowie mögliche Pflegemaßnahmen angesprochen.

4.1 Entwicklung nach Subassoziationen

Zunächst erfolgt eine subassoziationsweise Darstellung der Entwicklung der Artenzahlen, Deckungen und Ellenberg-Zeigerwerte.

4.1.1 Artenzahl

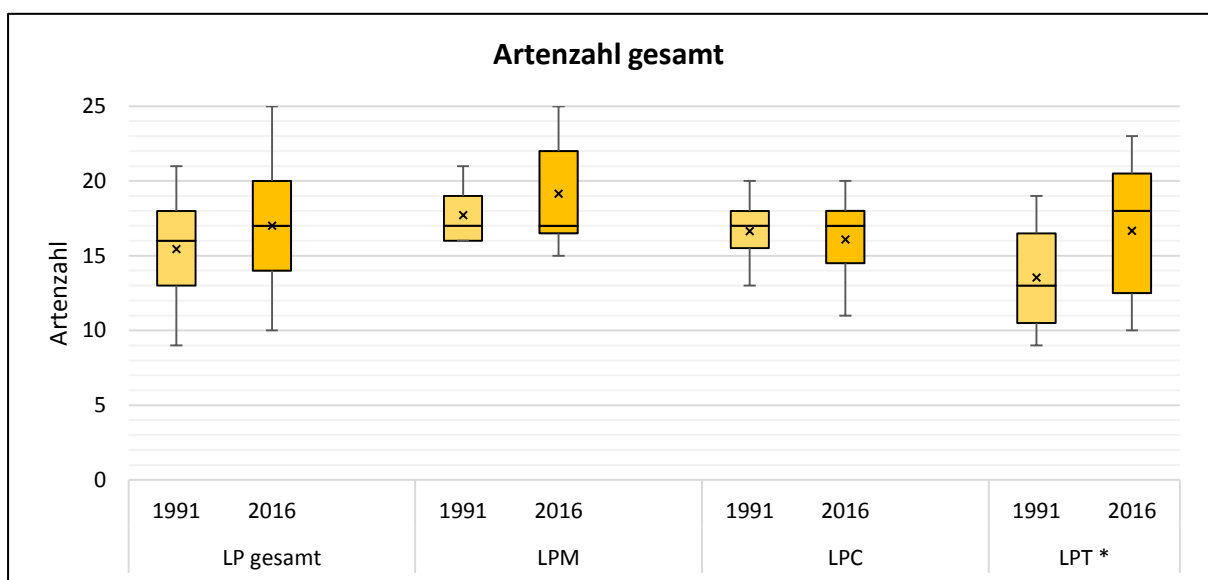


Abbildung 4-1: Gesamtartenzahl des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen 1991 und 2016

Abbildung 4-1 zeigt den Anstieg der Gesamtartenzahl in der gesamten Assoziation im Zeitraum von 1991 bis 2016, dabei erhöhte sich der Median von 16 auf 17 Arten. Allerdings vergrößerte sich auch die Spanne zwischen dem vorhandenen Minimal- und Maximalwert. Die relativ geringe Artenzahl ist dabei für bodensaure Standorte in Mitteleuropa üblich (HEINKEN, 2008).

Bei der typischen Ausprägung des Weißmoos-Kiefernwaldes konnte eine signifikante Erhöhung der Artenzahl während der beiden Aufnahmezeitpunkte festgestellt werden. Der Median

war 1991, verglichen mit den anderen Subassoziationen, mit einem Wert von 13 der geringste. Dies und die damit einhergehende geringe Diversität sind laut HEINKEN (2008) typisch für das *Leucobryo-Pinetum typicum*. Inzwischen weist der Median den höchsten Wert von 18 Arten unter den Subassoziationen auf. Auch der Mittelwert stieg entsprechend an. Diese Entwicklung ist vermutlich bedingt durch die fortschreitende Sukzession der Aufnahme Flächen. Die Zunahme der Artenzahl kommt durch Gefäßpflanzen und Moose zustande, die mittlerweile auf den Flächen wachsen. In den nachfolgenden Diagrammen werden diese näher beschrieben.

In der Subassoziation *Molinietosum* bleibt der Wert des Medians unverändert bei 17 Arten, während sich der Mittelwert erhöhte. Eine steigende Tendenz der Artenzahl ist erkennbar, bedingt durch die Lage des 3. Quartils. Die Zunahme der Gesamtartenzahlen bei dieser Subassoziation kommt ebenfalls durch den Anstieg der Gefäß- und Moospflanzenarten zustande. Der Wert 1991 liegt hierbei höher, da zusätzlich zu den Arten, die auch bei den übrigen Subassoziationen vorkommen, noch die Differenzialarten und Feuchtezeiger vorhanden sind. Der leicht ansteigende Trend innerhalb der Untersuchungsperiode wird durch die erstmalige Aufnahme von verschiedenen Moosen verursacht.

Das *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* zeigt einen über die Jahre konstanten Median auf, der 1991 noch einen höheren Wert, verglichen mit den übrigen Weißmooskiefernwäldern, aufwies, wie auch bei HEINKEN (2008) beschrieben. Bei der Diversität spielten dabei zahlreiche Strauchflechtenarten eine Rolle. Während des Untersuchungszeitraums ist ein leicht abnehmender Trend der Artenzahlen festzustellen, welcher sich im gesunkenen Mittelwert wieder spiegelt. Dieser ist durch den starken Rückgang der Flechtenanzahl bedingt, wird aber durch die teilweise gestiegenen Werte bei konkurrenzkräftigeren Gefäß- und Moospflanzen in der Boxplot-Darstellung abgemildert. Die Gefäß- und Moospflanzen bewirken durch ihr schnelleres und teilweise höheres Wachstum eine Verdrängung der Flechten (FISCHER et al., 2015). Sie werden in den Abbildungen der Gefäßpflanzen und Moose genauer dargestellt. Die oben beschriebene Dynamik deutet auf eine Sukzession der Flächen in Richtung typische Subassoziation hin, die ebenso bei Wiederholungsaufnahmen durch FISCHER et al. (2015) bestätigt wurde.

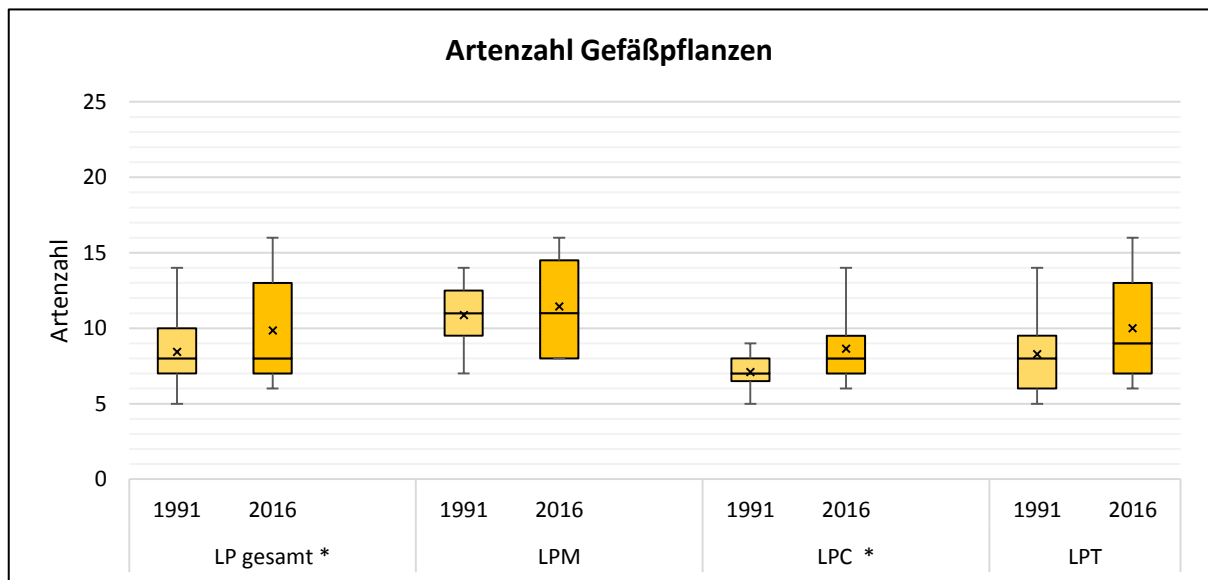


Abbildung 4-2: Artenzahl der Gefäßpflanzen des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen 1991 und 2016

Betrachtet man die Artenzahl der Gefäßpflanzen in Abbildung 4-2 über alle Aufnahmen des *Leucobryo-Pinetum*, so ist der Median bei 8 Gefäßpflanzen verblieben. Dagegen ist der Wert des dritten Quartils von 10 auf 13 Arten angestiegen. Die leicht ansteigende Tendenz ist signifikant.

Den unverändert höchsten Wert der verschiedenen Subassoziationen weist das *Leucobryo-Pinetum molinietosum* mit 11 Arten auf, wobei 2016 die Quartile deutlich weiter auseinander liegen als noch im Jahr 1991. Die 11 Arten setzen sich zum einen aus der Differenzialart *Molinia caerulea* und zum anderen aus den hinzugekommenen Arten, wie *Viscum laxum*, *Dryopteris dilatata*, *Calamagrostis epigejos* und *Rubus idaeus*, zusammen. Die 3 zuletzt genannten zeigen jeweils besser stickstoffversorgte Standorte an. Andere begleitende Arten sind verschwunden, z.B. *Melampyrum pratense* und *Epilobium angustifolium*.

Die Artenzahl stieg in der Subassoziation *Cladonietosum* signifikant an und wird sowohl bei der Medianerhöhung von 7 auf 8, als auch von der Entwicklung der Quartile reflektiert. Die Zunahme erfolgte u.a. durch die 2016 erstmals aufgenommenen, schnellwüchsigen Gefäßpflanzen *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*, *Epilobium angustifolium*, *Rubus idaeus* und *Rubus fruticosus* ag.. Das Vorhandensein von Laubgehölzen und *Rubus fruticosus* ist somit belegt. Eine mengenmäßige Zunahme, wie bei REINECKE et al. (2011 aus FISCHER et al., 2015) im nördlichen Spreewald, wurde aber nicht festgestellt. Die Art *Luzula luzuloides* und andere Begleiter sind inzwischen verschwunden.

Der Median der typischen Subassoziaton stieg von 8 auf 9 leicht an. Dabei ist die Erhöhung der Werte auch bei den jeweiligen Quartilen festzustellen. Auf den Aufnahmeflächen des *Typicum* sind einzelne Begleiter, wie *Potentilla erecta* und *Luzula luzuloides* verschwunden, während z.B. *Pinus strobus*, *Dryopteris carthusiana* und *Rubus idaeus* vereinzelt hinzugekommen sind. Aufgrund der veränderten Spannweiten der Minimal- und Maximalwerte steigen die Mittelwerte der Gefäßpflanzenanzahl bei allen Boxplots an.

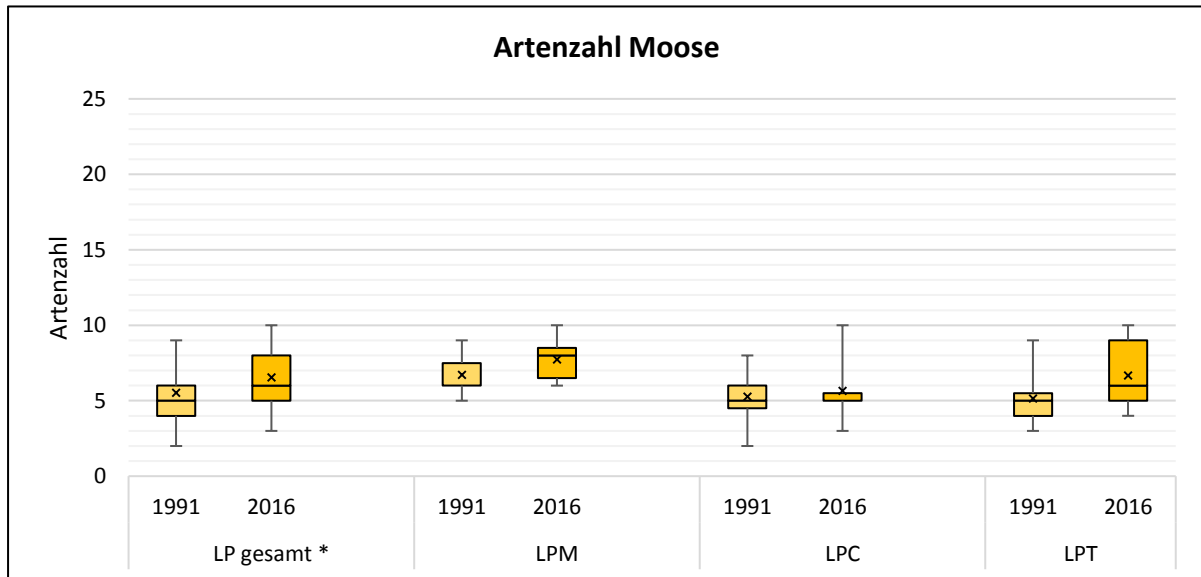


Abbildung 4-3: Artenzahl der Moose des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen 1991 und 2016

Abbildung 4-3 zeigt eine signifikante Zunahme der Moosartenzahl in der gesamten Assoziation des *Leucobryo-Pinetum*. Die jeweilige Zunahme der einzelnen Subassoziationen spiegelt sich wieder. Der Median stieg hier von 5 auf 6 Moose.

Die bereits 1991 sehr moosartenreiche Subassoziaton, das *Molinietosum*, zeichnet sich durch einen weiteren Anstieg der Artenzahl aus (Medianzunahme von 7 auf 8). Während bei der ersten Aufnahme der Flächen noch *Bazzania trilobata*, *Sphagnum nemoreum* und *Sphagnum girgensohnii* zu den Differenzialarten zählten, gab es letzteres 2016 dort nicht mehr. Ebenso sind *Sphagnum palustre*, *Pohlia nutans* und *Ptilidium ciliare* nicht mehr vorhanden. Das Verschwinden der Starksäure- bzw. Säurezeiger bei gleichzeitigem Auftauchen begleitender Moose, beispielsweise *Scleropodium purum* oder *Mnium hornum*, denen etwas höhere Reaktionszahlen zugeordnet sind, deutet auf eine dementsprechende Veränderung des Basenhaushalts hin. Das Verschwinden der Torfmoose kann dabei auf einen trockeneren Wasserhaushalt hinweisen, zumindest auf einzelnen Flächen der Subassoziaton. Durch den Autobahnbau in der näheren Umgebung der Aufnahmepunkte 1, 2 und 6 ist eine stärkere Entwässerung des entsprechenden Waldgebietes durchaus möglich. Zusätzlich kommen nun Moose, wie das

schnellwüchsige *Hypnum cupressiforme*, *Polytrichum formosum* und *Polytrichum commune*, auf den Aufnahmeflächen vor.

Auch beim *Leucobryo-Pinetum typicum* (Anstieg des Medians von 5 auf 6) nahm die Artenzahl der Moose geringfügig zu. Wiederum sind die säurezeigenden Arten *Pohlia nutans* und *Ptilidium ciliare* verschwunden, während weniger starke Säurezeiger, wie *Scleropodium purum* und *Mnium hornum*, als begleitende Moose erstmals 2016 auf den Aufnahmeflächen vorgefunden wurden. Dazu kommen die Feuchte- bis Frischezeiger *Sphagnum girgensohnii*, *Sphagnum nemoreum* und *Bazzania trilobata*. Somit ist auch hier auf ein größeres Basenangebot zu schließen, weil die Aufnahmeflächen nun besser wasserversorgt zu sein scheinen.

Die Boxplots der cladonienreichen Subassoziaton zeigen eine Verschmälerung der Spannweite zwischen den Quartilen von 1991 bis 2016, während die Minimal- und Maximalwerte weiterhin weit auseinander liegen. Der Median verblieb bei einem Wert von 5. Alle Mittelwerte stiegen 2016 im Vergleich zu den Aufnahmen von 1991 an. Wiederum ist *Pohlia nutans*, dem eine Säurezahl von 2 zugeordnet ist, verschwunden. *Mnium hornum* und das schnell wüchsige *Scleropodium purum* sind hinzugekommen. Somit ist abermals mit einer Erhöhung des Basenangebots zu rechnen.

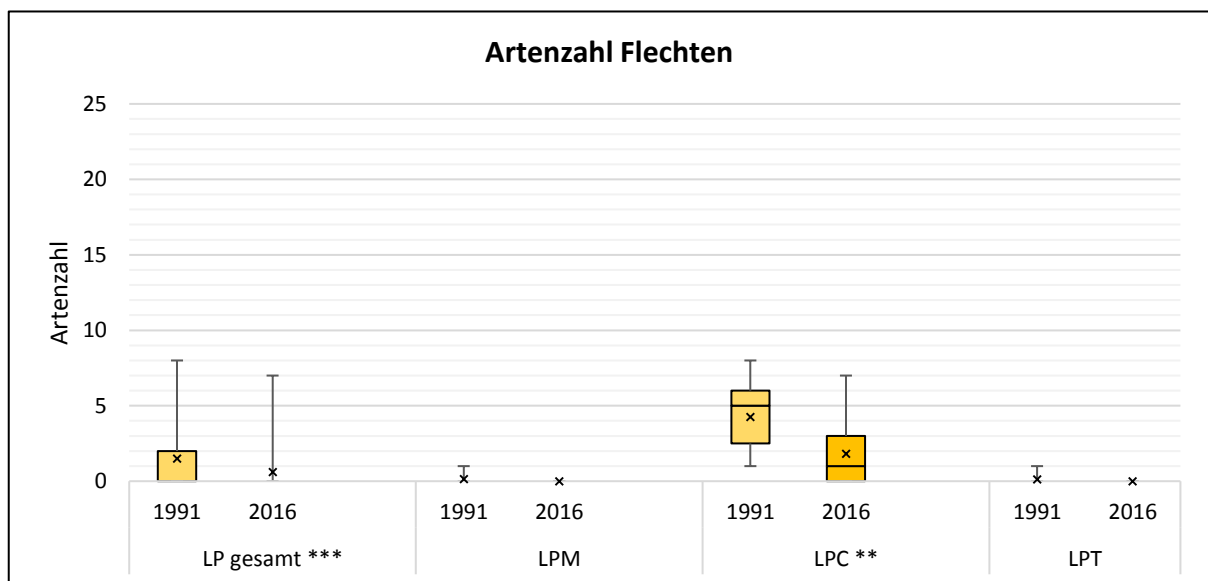


Abbildung 4-4: Artenzahl der Flechten des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen 1991 und 2016

Der höchst signifikante Rückgang der Flechtenzahl, bezogen auf alle Aufnahmen in der untersuchten Assoziaton, ist in Abbildung 4-4 ersichtlich. Der Median liegt dabei unverändert bei 0, der Mittelwert dagegen ist gesunken. Während 1991 bei den Aufnahmeflächen des *Molinietosum* und des *Typicum* noch einzelne Flechten der Art *Cladonia arbuscula* vorhanden

waren (Median bei 0), kommen 2016 keine mehr vor. Dies dürfte v.a. durch die bereits zuvor genannten konkurrenzkräftigeren Gefäß- und Moospflanzen bedingt sein. Außerdem können sich auch höhere Schichtdeckungen auf die Lichtpflanze negativ auswirken.

Beim *Cladonietosum* sank der Median von 5 auf 1, der Mittelwert von 4,3 auf 1,8. Die Abnahme der Flechtenzahl erfolgte hoch signifikant. Die Arten *Cladonia conicraea* und *Cladonia chlorophaea*, sowie *Cl. macilenta* verschwanden. Zum ersten Mal aufgenommen wurden 2016 *Cl. pyxidata*, *Cl. ciliata* und *Cl. sulphurina*. Die beiden zuerst genannten weisen eine Stickstoffzahl von 2 auf und zeigen damit, im Gegensatz zu den anderen erwähnten Flechten, nicht die nährstoffärmsten Böden an. Das bedeutet, dass auch hier die Stickstoffversorgung der Aufnahmeflächen leicht zugenommen haben könnte.

4.1.2 Deckung

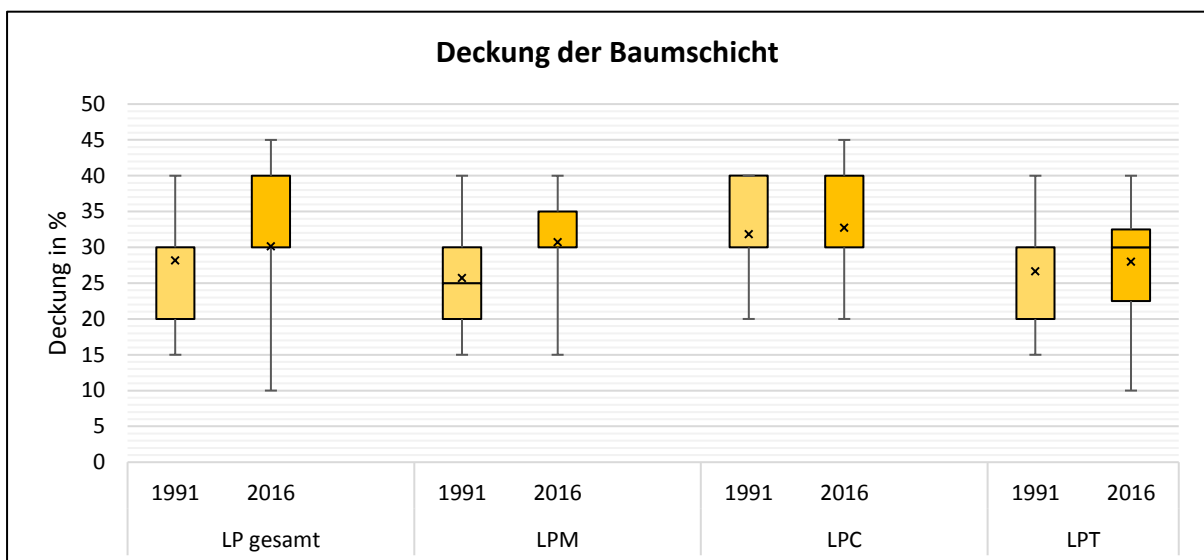


Abbildung 4-5: Deckung der Baumschicht des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen 1991 und 2016

Die Deckung in der Baumschicht zeichnet sich sowohl 1991, als auch 2016 durch hohe Spannweiten zwischen den Minimal- und den Maximalwerten aus (Werte zwischen 10 und 45 % Deckung). Durch die leichte Verschiebung dieser Werte, fallen die Mittelwerte in Abbildung 4-5 leicht höher aus. Alle Deckungen der Baumschicht sind von 1991 bis 2016 angestiegen. Lediglich das *Cladonietosum* blieb fast unverändert. Meiner Meinung nach sind die relativ geringen Unterschiede auf die schlechte Wüchsigkeit der Bäume und auf fehlende oder nur sehr leichte Durchforstungs- bzw. Erntemaßnahmen zurückzuführen. Einige wenige Aufnahmeflächen, bei denen solche waldbaulichen Eingriffe sichtbar waren, wiesen tendenziell geringere Deckungen im Vergleich zu 1991 auf. Die wichtigste Baumart in der Baumschicht ist

nach wie vor *Pinus sylvestris*. Doch *Picea abies* hat über alle Ausprägungen des *Leucobryo-Pinetum* hinweg in ihrer Deckung deutlich zugenommen. Ich vermute deshalb in den meisten Fällen eine natürliche Sukzession der Kiefernbestände, bei der die Fichte aus Nachbarbeständen eingewandert ist. In den relativ lichten Beständen herrschen für sie ausreichende Lichtverhältnisse vor. Durch den fortlaufenden Stickstoffeintrag in die Wälder kann sie sich außerdem durch erhöhte Konkurrenzfähigkeit gegenüber der Kiefer durchsetzen. Mit Ausnahme einer Fläche fanden sich keine Hinweise auf eine künstliche Einbringung der Baumart; es wurden aber auch keine waldbaulichen Gegenmaßnahmen getroffen.

Während der Median (Wert von 25) des *Molinietosum* 1991 noch den niedrigsten Wert der Subassoziationen besaß, liegt er heute wie alle übrigen Mediane bei einer Deckung von 30 %. Während *Quercus robur* vermutlich mangels Konkurrenzfähigkeit ganz aus der Baumschicht verschwunden ist, hat die Deckung der Fichte zugenommen. Auch *Larix decidua* kommt vereinzelt vor.

Die Deckung der Baumschicht des *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* hat sich, außer der Erhöhung des Maximalwertes, nicht verändert. In der Baumschicht kommt im Gegensatz zu 1991 keine *Betula pendula* mehr vor. Dies könnte zum einen an der Kurzlebigkeit der Baumart, zum anderen an der relativ geringen Konkurrenzkraft gegenüber der Fichte liegen. Diese hat in ihrer Deckung zugenommen. *Fagus sylvatica* wächst ebenfalls vereinzelt in der Baumschicht.

Trotz des gleichbleibenden Medians, hat der Wert des 3. Quartils in der typischen Ausprägung leicht zugenommen. Weiterhin muss erwähnt werden, dass der Maximalwert tiefer liegt als im Jahr 1991. Abermals weist *Picea abies* höhere Deckungen als bei der Erstaufnahme auf. *Betula pendula* und *Fagus sylvatica* sind in der Baumschicht nicht mehr zu finden. Auch hier vermute ich die Verdrängung der lichtbedürftigen *Betula pendula* durch *Picea abies*.

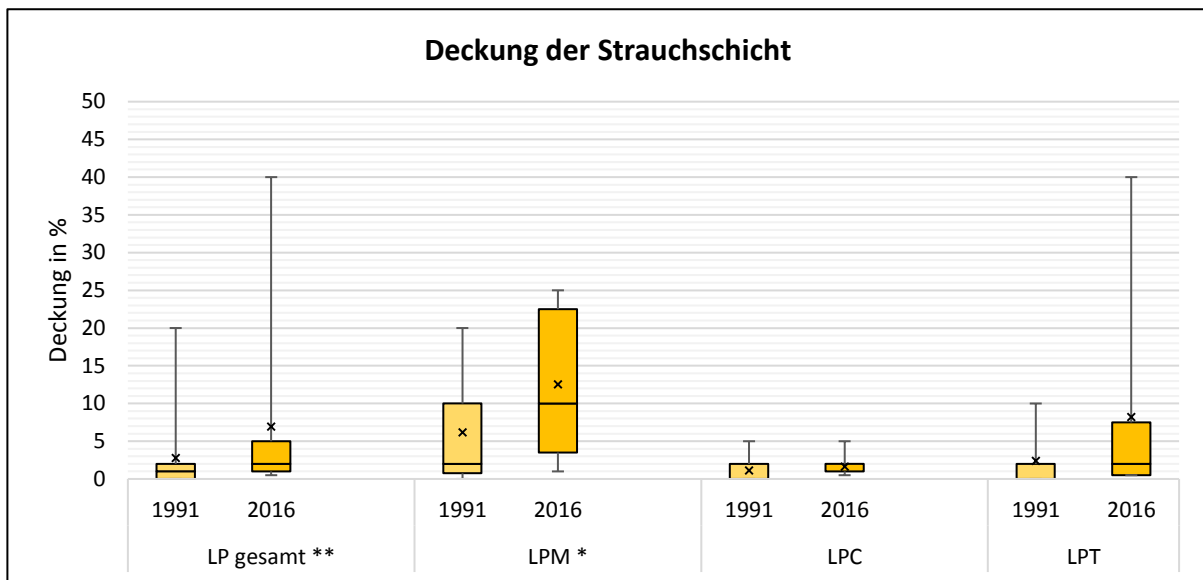


Abbildung 4-6: Deckung der Strauchschicht des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen 1991 und 2016

Die Deckungen der Strauchschicht, die Abbildung 4-6 veranschaulicht, sind in allen betrachteten Gruppen angestiegen. Diese Entwicklung ist im gesamten *Leucobryo-Pinetum* hoch signifikant (Medianzunahme von 1 auf 2 %). Da die Maximalwerte, v.a. bei der Betrachtung der gesamten Assoziation und bei der typischen Subassoziation, sehr deutlich angestiegen sind (bis zu 40 % Deckung im Jahr 2016, 1991 nur bis maximal 20 %), fallen die Mittelwerte höher aus als die Mediane. Die teils sehr beträchtliche Zunahme der Strauchschicht ist, meiner Meinung nach, der natürlichen Sukzession der Kiefernwälder mit dem einhergehenden Stickstoffeintrag, der die Entwicklung noch beschleunigt, geschuldet.

Die signifikante Zunahme von 8 auf 10 % Deckung beim *Molinietosum*, das auch 1991 schon die dichteste Strauchschicht aufwies, kommt hauptsächlich durch ein Plus der Baumarten *Picea abies*, vereinzelt auch *Pinus strobus* und *Larix decidua*, zustande. Weiterhin kommt *Sorbus aucuparia* manchmal in geringer Deckung vor.

Der Wandel der Strauchschichtdeckung des *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* ist sehr gering. Da eine solche Schicht mittlerweile in allen Einzelaufnahmen vorhanden ist, stieg der Median von 0 auf 1 %. Der bedeutendste Deckungsanstieg fand hier bei *Picea abies* statt. Die Arten *Betula pendula*, *Frangula alnus* und *Fagus sylvatica* kamen in geringen Deckungen hinzu.

Die Werte in der typischen Subassoziation sind teilweise stark angestiegen. Ein Ausreißer beträgt 40 %. Die höchste Deckung lag 1991 bei 10 %. Bis zur Wiederholungsaufnahme stiegen die Deckungen diverser Nadel- und Laubgehölze. Die wichtigsten, wenn auch geringen

Anstiege haben *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Pinus strobus*, *Frangula alnus*, *Fagus sylvatica* und die neu hinzugekommenen Arten *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Sorbus aucuparia* zu verzeichnen.

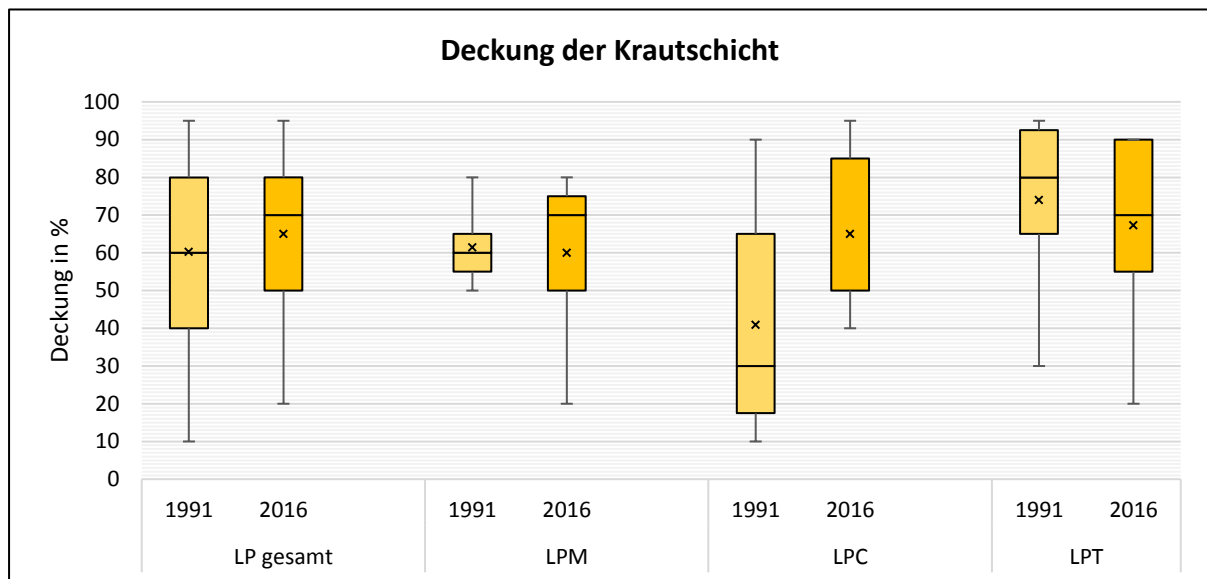


Abbildung 4-7: Deckung der Krautschicht des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen 1991 und 2016

Die Krautschicht ist gekennzeichnet durch eine hohe Spannweite der aufgenommenen Deckungsprozente. Je nachdem, ob der Ausschlag der Werte stärker nach oben oder unten vorliegt, variiert die Lage des Mittelpunktes, wie Abbildung 4-7 zeigt.

Der gegen Ausreißer resistente Median belegt einen deutlichen Anstieg der Deckungen bei der Subassoziation *Molinietosum* (von 60 auf 70 %). Hier nahmen die Deckungen des Jungwuchses von *Sorbus aucuparia* leicht und die von *Picea abies* stark zu. Das lässt die Vermutung zu, dass langfristig gesehen eine Umwandlung hin zu einem stark fichtengeprägten Bestand stattfinden könnte, welche wiederum durch Stickstoffeinträge gefördert wird. Einen weiteren Beleg dieser Einträge stellt der Rückgang der Deckungen von *Calluna vulgaris* und *Vaccinium vitis-idaea* dar, während vereinzelt *Calamagrostis epigejos*, *Dryopteris dilatata* und *Rubus idaeus* neu dazu kamen. Diese Arten zeigen stickstoffreichere Standorte an. Der Rückgang der Deckung bei der Differenzialart *Molinia caerulea* deutet auf eine geringere Wasserverfügbarkeit auf den betroffenen Flächen hin und ist wahrscheinlich durch den bereits erwähnten Autobahnbau bedingt.

Verglichen mit den anderen Subassoziationen stieg die Krautschichtdeckung des *Cladonietosum* von relativ geringen Werten im Jahr 1991 bis 2016 stark an. Der Median änderte sich dabei von 30 auf 50 %, während der Maximalwert bis 95 % reicht. Dabei nahmen die De-

ckungen von *Picea abies*, *Vaccinium myrtillus* und *Avenella flexuosa* am stärksten zu. *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Calluna vulgaris* nahmen dagegen stark ab, *Erica herbacea* nur leicht. *Sorbus aucuparia* und *Frangula alnus* kamen in geringer Deckung neu hinzu. Der Rückgang des Magerkeitszeigers *Calluna vulgaris*, mit der niedrigsten Reaktions- und Stickstoffzahl, lässt auf eine Verbesserung des Standorts schließen. Diese Hypothese wird durch Arten unterstützt, die sowohl eine etwas geringere Versauerung, als auch eine leicht günstigere Reaktionszahl anzeigen. Durch die dichte Zwergstrauchschicht, dominiert von *Vaccinium myrtillus*, und auch durch üppigen Jungwuchs werden vorhandene Flechten überstockt und dadurch zurückgedrängt (FISCHER et al., 2015). Langfristig gesehen ist also ein Übergang der Flächen zur typischen Ausprägung wahrscheinlich.

Die Deckung der Krautschicht nahm beim *Typicum* leicht ab. Dabei war beim Median ein Minus von 10 % auf den immer noch sehr hohen Wert von 70 % zu verzeichnen. Während *Erica herbacea* stark und *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, sowie *Calluna vulgaris* in ihrer Deckung abnahmen, stieg wiederum *Avenella flexuosa* und besonders *Vaccinium myrtillus* an. Zudem wurde eine höhere Deckung von *Fagus sylvatica* und *Rubus fruticosus* aufgenommen. Diese Entwicklung lässt auf ein Zurückdrängen lichtbedürftigerer Pflanzen zugunsten von schnellwüchsigen und zugleich dicht wachsenden Arten schließen. Erneut weist die Artenveränderung auf einen verbesserten Standort bezüglich Bodenreaktion und Stickstoffgehalt hin.

Die Abnahme in der typischen Assoziation bewirkte eine Minderung des Anstiegs der Krautschichtdeckung bezogen auf die gesamte Assoziation. Der Median stieg von 60 auf 70 %.

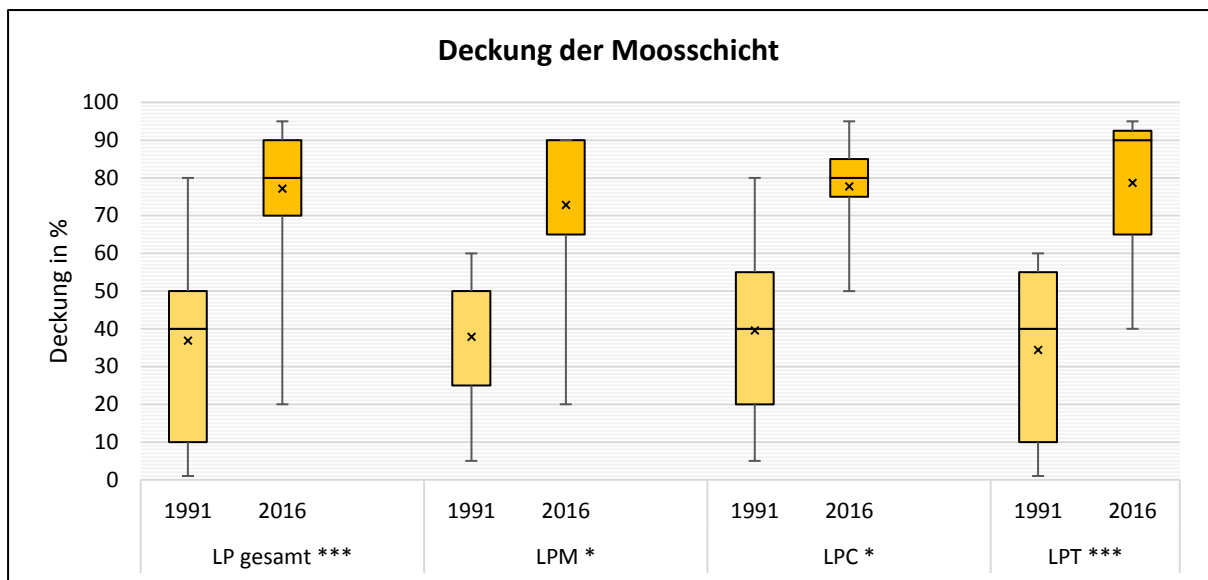


Abbildung 4-8: Deckung der Moosschicht des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen 1991 und 2016

Bezeichnend für die Darstellung der Deckung der Moosschicht in Abbildung 4-8 ist der markante und über alle Ausprägungen statistisch absicherbare Anstieg derselben. Der Trend ist sowohl für die Mittelwerte, als auch für die Mediane ersichtlich. Obwohl z.T. sehr niedrige Minimalwerte und auch vereinzelt hohe Maximalwerte existieren, ist das Plus, bezogen auf die gesamte Assoziation und das *Leucobryo-Pinetum typicum*, höchst signifikant, bei den übrigen Subassoziationen signifikant. Die Mediane haben sich wie folgt entwickelt: Zunahme beim gesamten *Leucobryo-Pinetum* und beim *Cladonietosum* von 40 % auf 80 %, Anstieg auf 90 % beim *Molinietosum* (1991: 50 %) und *Typicum* (1991: 40 %).

Über alle Ausprägungen hinweg deutet der starke Rückgang bzw. das Verschwinden der Starksäure- bzw. Säurezeiger *Pohlia nutans* und *Ptilidium ciliare* mit dem gleichzeitigen Anstieg schneller wüchsiger oder weniger säurezeigender Arten eine Standortverbesserung an. Ebenso ist bei den Assoziationscharakterarten *Leucobryum glaucum* und *Dicranum polysetum* ein Rückgang eingetreten. Dem gegenüber steht ein deutlicher Anstieg von *Hypnum cupressiforme* und *Hylocomium splendens*. Auch FISCHER et al. (2015) beschreiben diese Entwicklung für die cladonienreiche Subassoziation, bei der noch zusätzlich diverse Flechtenarten zurückgedrängt werden.

In der Subassoziation mit *Molinia caerulea* verschwand *Sphagnum girgensohnii* ganz, *Sphagnum nemoreum* nahm in seiner Deckung ab. Dies deutet auf eine geringere Wasserverfügbarkeit hin.

Dieser Entwicklung steht die typische Ausprägung entgegen, bei der die Deckung der *Sphagnum* und die von *Bazzania trilobata* zunahm. Diese Arten deuten auf eine Zunahme der Wasserverfügbarkeit hin.

Zusätzlich zu den Assoziationscharakterarten ging beim *Cladonietosum* noch die Deckung von *Dicranum spurium* und *Dicranum scoparium* zurück. Die gleiche Entwicklung ist bei allen vorkommenden Flechten zu verzeichnen. *Cladonia rangiferina*, *Cl. arbuscula*, *Cetraria islandica*, *Cl. furcata* und *Cl. squamosa* nahmen deutlich ab. Die Deckungen von *Cladonia gracilis*, *Cladonia pyxidata*, *Cladonia ciliata* und *Cladonia sulphurina* nahmen hingegen zu.

4.1.3 Zeigerwerte nach Ellenberg

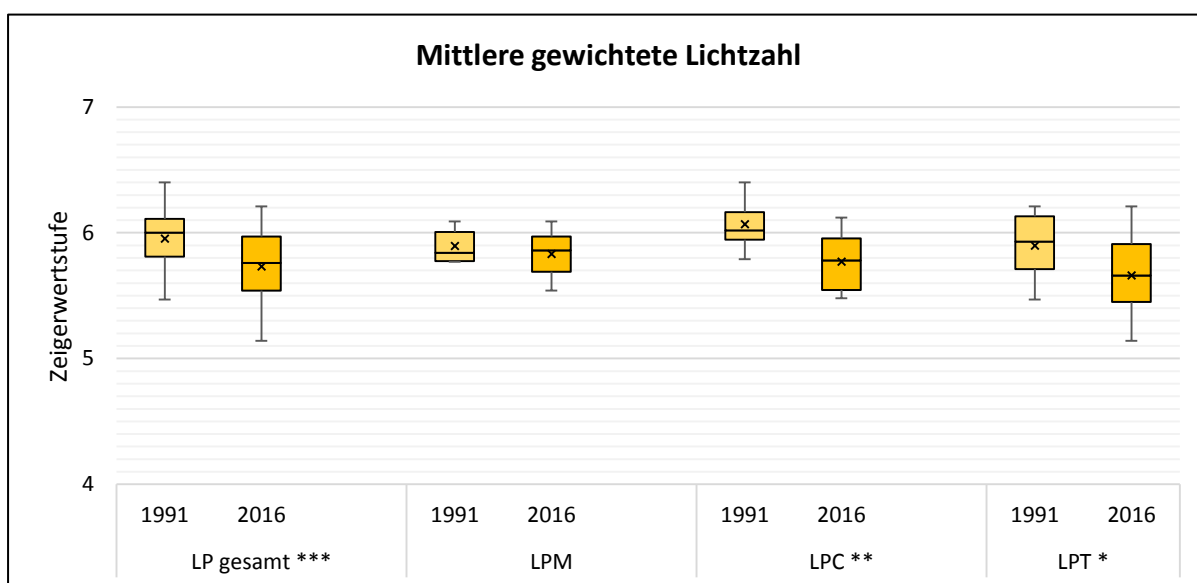


Abbildung 4-9: Mittlere gewichtete Lichtzahl des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen für die Jahre 1991 und 2016

Die Werte der mittleren gewichteten Lichtzahl in Abbildung 4-9 zeigen von 1991 bis 2016 einen Abwärtstrend. Dieser ist, die gesamte Assoziation betreffend, höchst signifikant, beim *Cladonietosum* hoch signifikant, beim *Typicum* signifikant und spiegelt sich in den Mittelwerten wieder. Während 1991 die absteigende Reihenfolge der Mediane von *Cladonietosum* (6,02), über *Typicum* (5,93) nach *Molinietosum* (5,84) erfolgte, liegt nun der höchste Wert bei der Subassoziation mit *Molinia caerulea* (5,86), gefolgt von der cladonienreichen (5,78) und der typischen Ausprägung (5,66). Der Median stieg dabei beim *Molinietosum* von 1991 bis 2016 leicht an.

Dafür verantwortlich ist der Stickstoffeintrag in die Wälder, der zunächst den Kronenschluss beschleunigt. Die zunehmenden Deckungen der Baum- und vor allem auch der Strauchschicht

vermindern zunehmend die Lichtmenge und führen zur Ausdunkelung licht- und wärmebedürftiger Arten (ELLENBERG, 1985 nach EWALD & PYTTEL, 2016). Benachteiligt werden dadurch vor allem Flechten und typische Moose bodensaurer Kiefernwälder, wie z.B. *Leucobryum glaucum* und *Ptilidium ciliare*.

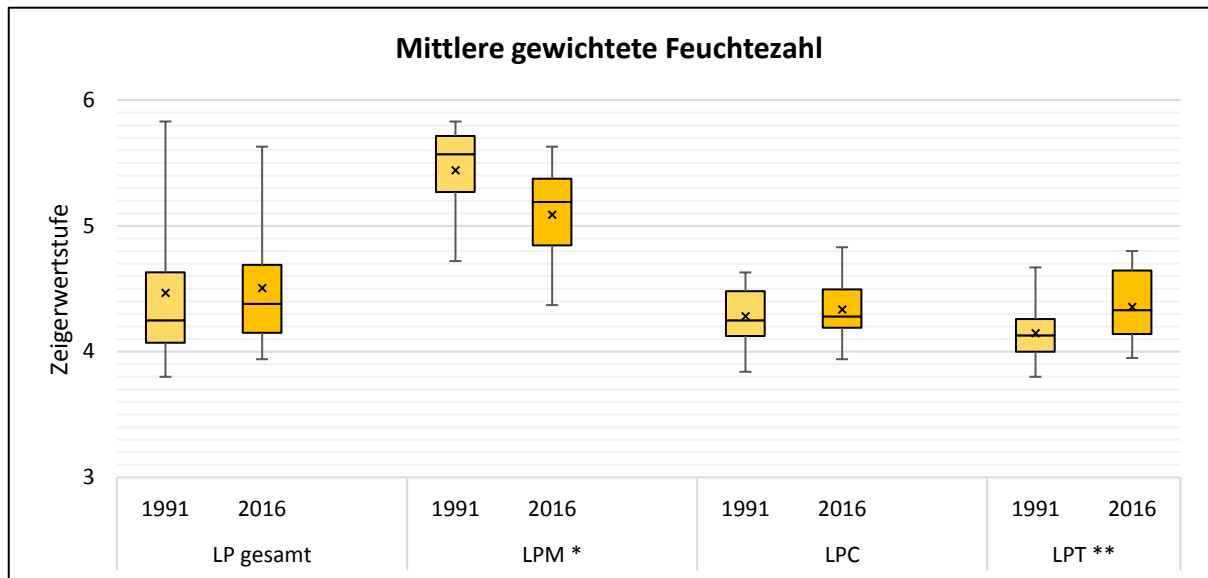


Abbildung 4-10: Mittlere gewichtete Feuchtezahl des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen für die Jahre 1991 und 2016

Bei der mittleren gewichteten Feuchtezahl in Abbildung 4-10 ist ein gegenläufiger Trend des *Molinietosum* zu den anderen ausgeschiedenen Gruppen festzustellen. Dies ist aller Wahrscheinlichkeit nach auf einen veränderten Wasserhaushalt durch den Straßenbau in der Nähe der Aufnahmeflächen mit den Nummern 1, 2 und 6 zurückzuführen. Trotz der signifikanten Verringerung der Feuchtezahl (Medianrückgang von 5,57 auf 5,19), weist die Subassoziation noch einen deutlichen Abstand zu den trockeneren Subassoziationen *Cladonietosum* (1991: 4,25; 2016: 4,28) und *Typicum* (1991: 4,13; 2016: 4,33) auf. Die Erhöhung der Feuchtezahl der typischen Ausprägung ist dabei hoch signifikant. Die Mittelwerte folgen der Entwicklung der Mediane leicht versetzt, je nach Lage der Minimal- und Maximalwerte.

Über alle Aufnahmen zusammengefasst ergibt sich ein leichter Anstieg der Feuchtezahl (von 4,25 auf 4,38). Ins Auge fallen dabei besonders die Ausreißer nach oben, die zu beiden Aufnahmezeitpunkten vorhanden sind.

Als Grund für die Erhöhung der Feuchtezahl wird der Anstieg der Humusmächtigkeit nach Aufgabe degradierender Waldnutzungsformen vermutet. Die Humusakkumulation wird dabei noch zusätzlich durch die flächendeckenden Stickstoffeinträge gefördert (HEINKEN, 2008). All das hat eine Zunahme der nutzbaren Feldkapazität zur Folge.

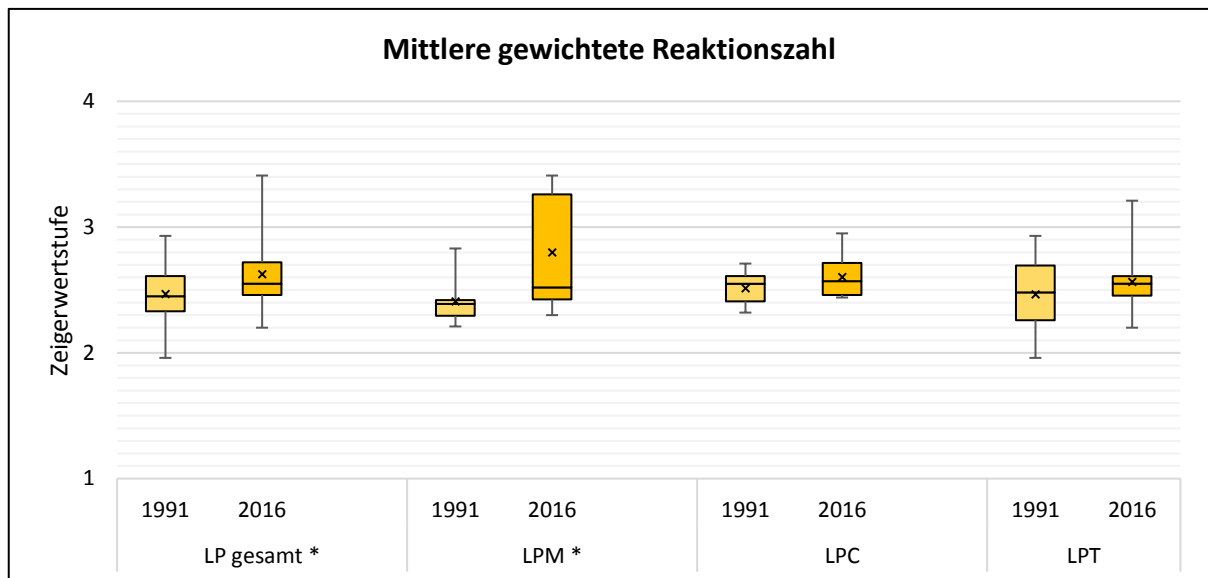


Abbildung 4-11: Mittlere gewichtete Reaktionszahl des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen für die Jahre 1991 und 2016

In der Grafik der mittleren gewichteten Reaktionszahlen (Abbildung 4-11) wird ein Anstieg über alle dargestellten Gruppen ersichtlich (Medianänderung von 2,55 zu 2,57 in der cladonienreichen Ausprägung, Zunahme von 2,48 auf 2,55 in der typischen Ausprägung). Dieser Anstieg ist in der gesamten Assoziation (Median von 2,45 auf 2,55) und der Subassoziation mit *Molinia caerulea* (Median von 2,39 auf 2,52) signifikant. Das *Cladonietosum* weist zwar zu beiden Aufnahmezeitpunkten den höchsten Medianwert auf. Dieser wird aber von den Werten des 3. Quartils des *Molinietosum* und der Maximalwerte der übrigen Assoziationen weit übertroffen. 2016 liegen die Quartile der typischen Assoziation deutlich näher am Median als noch 1991.

Die Zunahme der Reaktionszahlen ist als Hinweis auf einen Regenerationsprozess zu beurteilen. Dieser findet seit dem Wegfall degradierender historischer Landnutzungsformen, wie Streurechen und Waldweide, auf ehemals übernutzten Böden statt und könnte durch vereinzelte Bestandeskalkungen verstärkt worden sein (HEINKEN, 2008). Auch der gestiegene Anteil an Laubgehölzen und Nadelbäumen, deren Streu weniger sauer ist als die der Waldkiefer, trägt vermutlich zur Erhöhung der Reaktionszahlen bei.

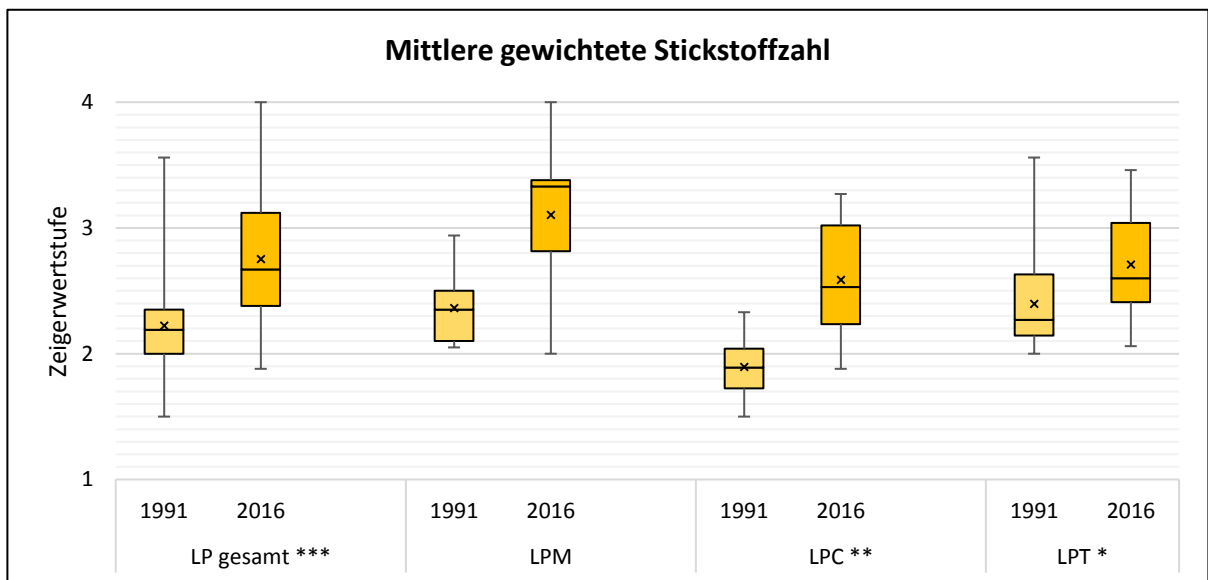


Abbildung 4-12: Mittlere gewichtete Stickstoffzahl im *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen für die Jahre 1991 und 2016

Abbildung 4-12 zeigt durchweg eine deutliche Zunahme bei den mittleren gewichteten Stickstoffzahlen. Diese Entwicklung ist für die ganze Assoziation höchst signifikant (Medianerhöhung von 2,19 auf 2,67), für das *Cladonietosum* hoch signifikant und im *Typicum* signifikant. Die Spannweite zwischen Minimal- und Maximalwert ist jeweils vergleichsweise hoch. Deren Ausprägung verursacht die mehr oder minder deutliche Abweichung der Mittelwerte von den Medianen. Die Reihenfolge von der höchsten zur niedrigsten Stickstoffzahl hat sich vom *Molinietosum* (Änderung von 2,35 auf 3,33), über das *Typicum* (1991: 2,27; 2016: 2,6) zum *Cladonietosum* (von 1,89 auf 2,53) im Betrachtungszeitraum nicht verändert.

Die Zunahme der Stickstoffzahl im *Cladonietosum* weist auf den Übergang einzelner Aufnahmen zum *Typicum* hin, bei dem, durch tendenziell höhere Humusgehalte, auch die Stickstoffversorgung günstiger ist (RODE und HEINKEN, 1993 in HEINKEN, 2008). Die allgemeine Erhöhung der Stickstoffzeigerwerte ist dabei auf die Ausbreitung nitrophytischer Bodenvegetation zurückzuführen, die wiederum durch die mittlere Deposition von ca. 21 – 22 kg Stickstoff pro Jahr und ha in Deutschland zustande kommt (EWALD und PYTTEL, 2016).

4.2 Veränderung der Stickstoff- und der Lichtzahl

Nachdem unter 4.1.3 die Entwicklung der verschiedenen Zeigerwerte nach Subassoziationen und zusammengefasst über die ganze Assoziation des *Leucobryo-Pinetum* dargestellt wurde, wird nun die Veränderung der einzelnen Aufnahmeflächen der Subassoziationen für die Zeigerwerte Stickstoff und Licht verdeutlicht, bei denen zwischen den Aufnahmezeitpunkten 1991 und 2016 die stärksten Wertänderungen zu verzeichnen waren.

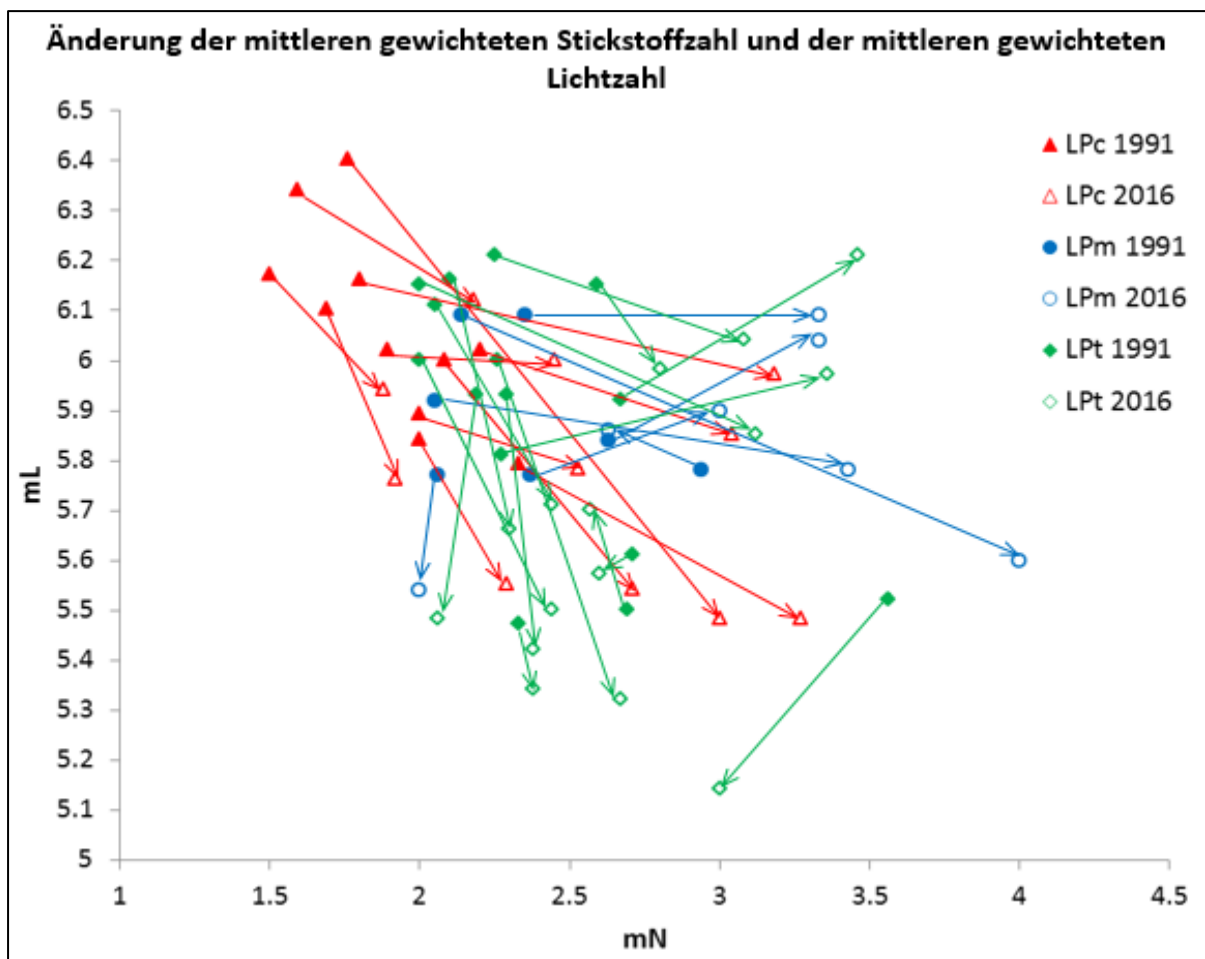


Abbildung 4-13: Änderung der mittleren gewichteten Stickstoffzahl und der mittleren gewichteten Lichtzahl nach Einzelaufnahmen 1991 und 2016 mit Zuordnung zu den Subassoziationen

Die Abbildung 4-13 zeigt jeweils die Einordnung der einzelnen Aufnahmeflächen im Jahr 1991 und 2016. Die Werte der unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte sind dabei mit einem Pfeil verbunden, der je nach Richtung und Länge auf die Art und die Stärke der Veränderung hinweist. Besonders auffällig ist bei nahezu allen Aufnahmeflächen der Trend zur Abnahme der Lichtzahlen, während gleichzeitig die Stickstoffzahlen zunahmen. Bei einzelnen Aufnahmepunkten in den Subassoziationen *Cladonietosum* (Nr. 13, 18, 20), *Molinietosum* (Nr. 7, 8) und *Typicum* (Nr. 31, 35, 43) fiel diese Entwicklung sehr stark aus. Elf Aufnahmeflächen

weichen wie folgt vom allgemeinen Entwicklungstrend ab: Bei Aufnahme­fläche 1 in der Subassoziati­on mit *Molinia caerulea* blieb die Lichtzahl konstant. Eine Zunahme dieses Zeiger­werts ist bei jeweils zwei Flächen des *Molinietosum* (Nr. 2, 6) und *Typicum* (Nr. 23, 32) fest­stellbar. Die Stickstoffzahl hat bei drei Aufnahmepunkten im *Leucobryo-Pinetum typicum* (Nr. 24, 26, 34) und bei einem im *Molinietosum* (Nr. 5) abgenommen. Außerdem ist bei einer Aufnahme des *Molinietosum* (Nr. 9) und einer des *Typicum* (Nr. 28) ein Minus der Stickstoff­zahl bei gleichzeitiger Zunahme der Lichtzahl festzustellen. Sowohl die einzelnen Anstiege der Lichtzahlen, als auch die Abnahmen der Stickstoffzahlen sind wahrscheinlich anthropo­gen beeinflusst. So können z.B. stärkere Durchforstungseingriffe und Holzerntemaßnahmen in Verbindung mit Ganzbaumnutzung Stickstoffeinträge kompensieren (ASCHE et al., 2007 aus EWALD und PYTTEL, 2016) und das Bestandeswachstum vermindern (STEWART et al., 2011 aus EWALD und PYTTEL, 2016). Weiterhin erwähnenswert ist, dass die Flächen 7, 8, 9 und 43, die in Abbildung 4-13 durch besonders starke Änderungen auffallen, und die Flä­chen 9 und 24 mit Abweichungen zum allgemeinen Entwicklungstrend während der Aufnah­mezeitpunkte 1991 und 2016 auch die Subassoziations- bzw. Variantenzugehörigkeit geändert haben. Genauer wird auf diese Aufnahmepunkte unter 4.3 und 4.4 eingegangen.

4.3 Differenzierte Vegetationstabelle

Die in Unterpunkt 4.1 und 4.2 aufgezeigten Entwicklungen erforderten eine neue Zuordnung der Aufnahme­flächen zu den Subassoziati­onen und Varianten des *Leucobryo-Pinetum*. Um einen Gesamtüberblick über die Veränderung nach Einzelaufnahmen zu ermöglichen, wird sowohl die differenzierte Vegetationstabelle aus dem Jahr 1991 (Tabelle 4-1: Vegetationstabelle der Aufnahmen des *Leucobryo-Pinetum* im Oberpfälzer Wald, modifiziert nach AUGUSTIN, 1991), als auch die Vegetationstabelle von 2016 (Tabelle 4-2: Vegetationstabelle der Aufnahmen des *Leucobryo-Pinetum* im Oberpfälzer Wald, 2016) der Bachelorarbeit als Einlage beige­fügt.

Neben *Viscum laxum* wird in der Vegetationstabelle von 2016 auch *Hypnum cupressiforme* und *jutlandicum*, sowie *Calluna vulgaris* zu den Charakterarten gezählt. Im *Vaccinio-Piceetea* ist die Kennart *Vaccinium myrtillus* in ihrer Deckung angestiegen, während bei *Vac­cinium vitis-idaea* ein leichter Rückgang zu verzeichnen war. Die gleiche Entwicklung zeigt auch *Calluna vulgaris*.

Als Differenzialarten wurden in der Subassoziati­on mit *Molinia caerulea* zusätzlich zu den Arten *Molinia caerulea*, *Bazzania trilobata* und *Sphagnum nemoreum* noch *Potentilla erecta*,

Dryopteris dilatata und *Polytrichum commune* ausgewiesen, während die ehemalige Trennart *Sphagnum girgensohnii* nicht mehr im *Molinietosum* vorkam. Bei der erstmals 2016 ausgewiesenen Variante mit *Bazzania trilobata* in der typischen Subassoziaton wurden die Differenzialarten *Bazzania trilobata*, *Sphagnum nemoreum* und *girgensohnii* festgestellt. Der Unterschied zum *Molinietosum* liegt also im Fehlen von *Molinia caerulea*. Somit kann die Variante als Übergangsform zwischen dem *Leucobryo-Pinetum molinietosum* und dem *Typicum* in der typischen Variante, entlang des ökologischen Feuchtegradienten, gesehen werden. Das *Leucobryo-Pinetum typicum* in der typischen Variante ist charakterisiert durch das Fehlen einer Differenzialart. In der Reliktform mit *Erica herbacea* kommt dieselbe als Trennart hinzu. Im *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* wurden neben den Strauchflechten *Cladonia arbuscula*, *Cladonia rangiferina*, *Cladonia pyxidata*, *Cladonia furcata*, *Cladonia gracilis*, *Cladonia squamosa*, *Cladonia ciliata*, *Cladonia uncialis*, *Cladonia sulphurina* und *Cetraria islandica* noch die Moose *Ptilidium ciliare* und *Dicranum spurium* als Differenzialarten ausgewiesen. Diese starken Säurezeiger sind mittlerweile aus den übrigen Subassoziationen komplett verschwunden.

Während sich die Gesamtartenzahl der Flechten zwischen der Erst- und der Wiederholungsaufnahme nicht veränderte, wechselten jedoch die Arten selbst. Dabei blieben, wie auch bei FISCHER et al. (2015) beschrieben, die charakteristischen Arten erhalten, aber in reduzierter Menge und an weniger Wuchsplätzen. Eine weitere ausgeprägte Änderung ist die deutliche Zunahme der Moosschichtdeckung, die hauptsächlich durch flächenhaftes Auftreten schnellwüchsiger, pleurokarper Moose, wie *Hypnum cupressiforme*, *Pleurozium schreberi* oder *Hylacomium splendens*, bedingt ist. Weiterhin ist das Deckungsplus bei *Avenella flexuosa* auffällig. Beträchtliche Anstiege der Stetigkeiten waren über alle Schichten bei *Picea abies* erkennbar, während *Betula pendula* und *Quercus robur* seltener in Aufnahmen vorkamen und *Pohlia nutans* ganz verschwand.

Die Aufnahmeflächen mit den Nummern 24, 27, 35 und 43 wurden innerhalb ihrer Subassoziaton einer anderen Variante zugeordnet. Die Aufnahmen 24, 27 und 35, die 1991 noch keine Moose aufwiesen, die auf ein besseres Wasserangebot als in der typischen Variante hinweisen, wurden durch deren Vorhandensein 2016 zur Variante mit *Bazzania trilobata* gezählt. Zusätzlich zu *Bazzania trilobata* und *Sphagnum nemoreum*, wächst auf der Aufnahmefläche 35 noch *Sphagnum girgensohnii*. Im Zeitraum zwischen den Aufnahmen verschwand *Erica herbacea* vollkommen auf der Fläche mit der Nummer 43. Somit gehört diese aktuell zur typischen Variante des *Leucobryo-Pinetum typicum*. Die Aufnahmeflächen mit den Nummern

7, 8, 9 und 36 haben ihre Subassoziationszugehörigkeit geändert und werden unter dem Gliederungspunkt 4.4 genauer betrachtet.

4.4 Gegenüberstellung ausgewählter Vegetationsaufnahmen

Tabelle 4-3: Aufnahmeflächen mit Subassoziationswechsel, ausgewählte Arten 1991/2016

Laufende Nummer		7	7	8	8	9	9	36	36
Aufnahmejahr		1991	2016	1991	2016	1991	2016	1991	2016
Subassoziation		LPM	LPT	LPM	LPT	LPM	LPT	LPC	LPT
Deckung Baumschicht (%)		30	40	20	30	30	30	40	35
Deckung Strauchschicht (%)		0	1	< 1	2	1	10	0	1
Deckung Krautschicht (%)		50	20	60	50	70	70	90	90
Deckung Moosschicht (%)		40	80	50	90	5	90	50	80
Artenzahl gesamt		16	15	16	16	17	17	14	16
Artenzahl Gefäßpflanzen		7	8	10	8	11	11	8	10
Artenzahl Moose		8	7	6	8	6	6	4	6
Artenzahl Flechten		1	0	0	0	0	0	2	0
mLgew		6.09	5.6	5.92	5.78	5.78	5.86	5.84	5.55
mTgew		3.2	3.61	3.43	3.59	3.18	2.94	3.25	3.2
mFgew		5.23	5	5.31	4.69	4.72	4.37	3.96	3.94
mRgew		2.4	2.37	2.31	2.48	2.39	2.52	2.33	2.45
mNgew		2.14	4	2.05	3.43	2.94	2.63	2	2.29
GEHÖLZE									
Pinus sylvestris	B	2	2	2	1	3	2	2	2
Picea abies	B	.	2	.	2	.	+	1	.
Betula pendula	B	+	.	.	.	.	1	.	.
Fagus sylvatica	B	.	.	.	.	.	.	2	2
Picea abies	S	.	+	+	+	.	1	.	1
Pinus sylvestris	S	.	.	.	.	.	+	.	.
Frangula alnus	S	.	.	.	.	.	.	.	.
Betula pendula	S	.	.	+	.	.	+	.	.
Sorbus aucuparia	S	.	.	.	.	.	.	.	.
Quercus robur	S	.	.	.	.	+	.	.	.
Fagus sylvatica	S	.	.	.	.	.	.	.	.
Picea abies	K	.	+	+	1	+	+	+	.
Pinus sylvestris	K	+	.	+	.	.	+	.	.
Sorbus aucuparia	K	.	r	.	.	.	.	.	.
Quercus robur	K	.	.	+	.	.	.	.	.
Betula pendula	K	.	.	.	.	+	+	.	.
Fagus sylvatica	K	.	.	.	.	.	.	+	+
Frangula alnus	K	.	.	.	.	.	.	.	.
CHAR LEUCOBRYO-PINETUM									
Dicranum polysetum	M	2	1	2	+	1	2	2	+
Leucobryo glaucum	M	2	+	1	+	1	+		
DIFF SUBASSOZIATIONEN UND VARIANTEN									
Molinia caerulea	K	2	.	2	.	+	.	.	.
Potentilla erecta	K	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnum nemoreum	M	2	2	2	2	.	.	.	.
Bazzania trilobata	M	1	2	1	1	.	.	.	.
Sphagnum girgensohnii	M	.	.	.	.	.	.	.	.
Erica herbacea	K	.	.	.	.	.	.	2	1
Cladonia arbuscula	M	+	.	.	.	.	.	1	.
Ptilidium ciliare	M	1	.	1	.	1	.	1	.
Cladonia rangiferina	M	.	.	.	.	.	.	1	.
Dicranum spurium	M	.	.	.	.	.	.	.	.
CHAR DICRANO-PINION									
Hypnum cupressiforme/jutlandicum	M	.	1	.	2	.	+	2	3
Calluna vulgaris	K	1	.	+	+	+	+	1	+
Viscum laxum	B	.	.	.	.	.	.	.	.
CHAR VACCINIO-PICEETEA									
Vaccinium myrtillus	K	3	2	3	3	4	4	4	4
Vaccinium vitis-idaea	K	1	+	2	1	2	1	3	2
BEGLEITER									
Avenella flexuosa	K	.	+	.	+	+	1	1	+
Pleurozium schreberi	M	2	2	2	2	1	4	3	2
Hylocomium splendens	M	.	.	.	1	.	.	.	1
Polytrichum formosum	M	.	+	.	.	+	+	.	.
Dicranum scoparium	M	.	.	.	.	.	.	.	+
Brachythecium rutabulum	M	.	.	.	.	.	.	.	+
Pohlia nutans	M	.	.	.	.	1	.	.	.

In Tabelle 4-3 werden die Aufnahme­flächen dargestellt, bei denen im Aufnahme­jahr 2016 ein Zugehörigkeitswechsel der Subassoziati­on festgestellt wurde. Mit aufgeführt sind der Vollständigkeit halber die Artenzahlen, die Deckungen nach Schichten und die Ellenberg-Zeigerwerte. Die Artenliste wurde gekürzt, sodass nur die Arten mit den wichtigsten Deckungsänderungen abgedruckt sind.

Die Aufnahmen 7, 8 und 9 gehörten 1991 noch zur Subassoziati­on mit *Molinia caerulea*. Durch das Verschwinden dieser Differenzialart wurden sie 2016 in die typische Subassoziati­on des *Leucobryo-Pinetum* eingeordnet. Da bei Aufnahme 7 und 8 jeweils noch *Bazzania trilobata* und *Sphagnum nemoreum* vorhanden waren, erfolgte die Einstufung in die Variante mit *Bazzania trilobata*. Durch das Fehlen weiterer Differenzialarten in Aufnahme 9, wurde sie zu der typischen Variante gezählt. In Aufnahme 36 wurden 1991 noch *Cladonia rangiferina* und *Cladonia arbuscula* gefunden. Nach deren Verschwinden wird die Aufnahme nun dem *Leucobryo-Pinetum typicum* in der Reliktform mit *Erica herbacea* zugeordnet.

Weiterhin hat die Deckung der Moosschicht in allen aufgeführten Aufnahmen erheblich zugenommen und befindet sich aktuell bei 80 bzw. 90 %. In Aufnahme 7 kommt im Gegensatz zu 1991 keine Flechtenart mehr vor. Der größte Unterschied fällt zwischen den Aufnahme­jahren 1991 und 2016 bei den Ellenberg-Zeigerwerten zur Feuchte und zum Stickstoff auf. Ersterer ist durchweg gesunken, am deutlichsten bei den Aufnahmen, die von der Subassoziati­on des *Molinietosum* zum *Typicum* übergegangen sind. Dagegen ist die Stickstoffzahl bei den betrachteten Aufnahmen angestiegen. Diese Veränderung fiel wiederum bei den Flächen mit ehemaligem Vorkommen von *Molinia caerulea* am stärksten aus. Weiterhin auffällig ist das üppige Vorhandensein von *Picea abies* in den verschiedenen Schichten über alle Aufnahme­flächen, wohingegen die Kiefer in der Strauch- und Krautschicht weniger vertreten ist. Die Charakterarten des *Leucobryo-Pinetum* sind, mit Ausnahme der Deckung von *Dicranum polysetum* in Aufnahme 9, zurückgegangen. Die Differenzialart *Molinia caerulea* ist ganz verschwunden, während *Vaccinium vitis-idaea*, die eine Charakterart der *Vaccinio-Piceetea* darstellt, in ihrer Deckung zurückgegangen ist. Im Gegensatz dazu haben die Moose *Hypnum cupressiforme/jutlandicum* und *Pleurozium schreberi* in ihrer Stetigkeit zugenommen und ihre Deckung vergrößert bzw. beibehalten. *Hylocomium splendens* kommt nun in den Aufnahmen 8 und 36 in der Deckung 1 vor. Zusätzlich ist *Avenella flexuosa* inzwischen auf allen betrachteten Flächen zu finden.

4.5 Ergebnisse der bodenkundlichen Analyse

Die pH-Werte, die in destilliertem Wasser gemessen wurden, sind üblicherweise etwas höher als die in Kaliumchlorid-Lösung.

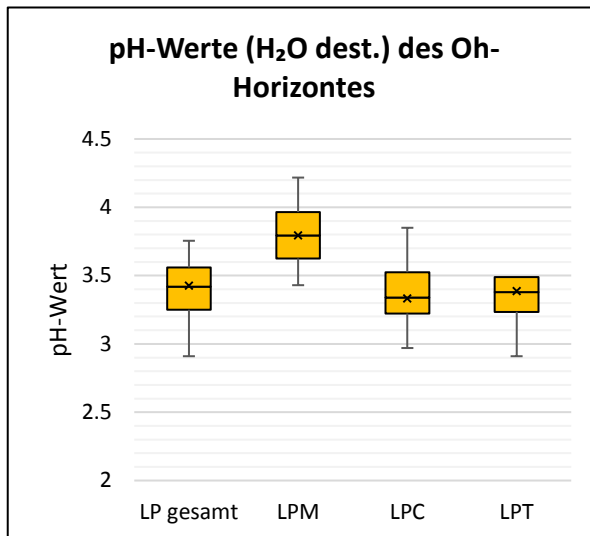


Abbildung 4-14: pH-Werte des Oh-Horizontes in destilliertem Wasser gemessen

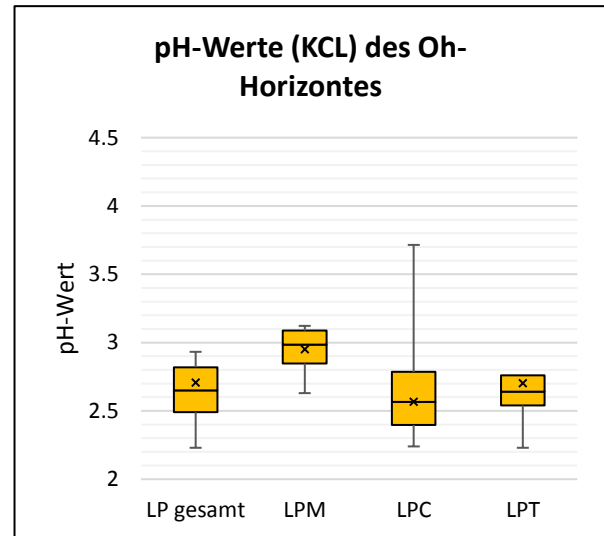


Abbildung 4-15: pH-Werte des Oh-Horizontes in Kaliumchlorid-Lösung gemessen

Wie in den Abbildungen 4-14 und 4-15 dargestellt, sind die höchsten pH-Werte im Oh-Horizont, mit deutlichem Abstand, beim *Leucobryo-Pinetum molinietosum* (Median in H₂O: 3,80; in KCl: 2,99) zu beobachten. Danach folgt die typische Assoziation (Median in H₂O: 3,38; in KCl: 2,64). Die niedrigsten pH-Werte liegen bei der cladonienreichen Subassoziation mit 3,34 in destilliertem Wasser und mit 2,57 in Kaliumchlorid vor. Die Mediane der gesamten Assoziation finden sich in destilliertem Wasser bei 3,42, in KCl bei 2,65. Die Mittelwerte liegen hier nahezu bei den Medianen. Damit liegen alle gemessenen Medianwerte des Oh-Horizontes in destilliertem Wasser im sehr stark sauren Bereich, die in KCl gemessenen im extrem sauren Bereich. Die Minimal- bzw. Maximalwerte reichen in destilliertem H₂O von 2,91 (extrem sauer) bis 4,16 (stark sauer) und in Kaliumchlorid von 2,23 (extrem sauer) bis zu einem Ausreißer von 3,69 (sehr stark sauer).

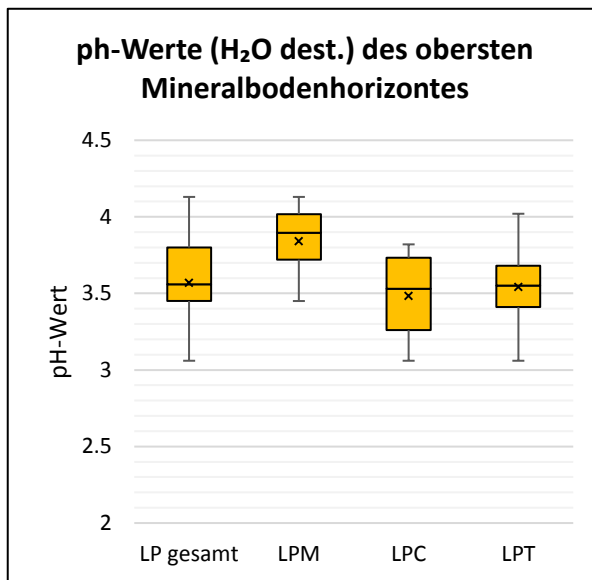


Abbildung 4-16: pH-Werte des obersten Mineralbodenhorizontes in destilliertem Wasser gemessen

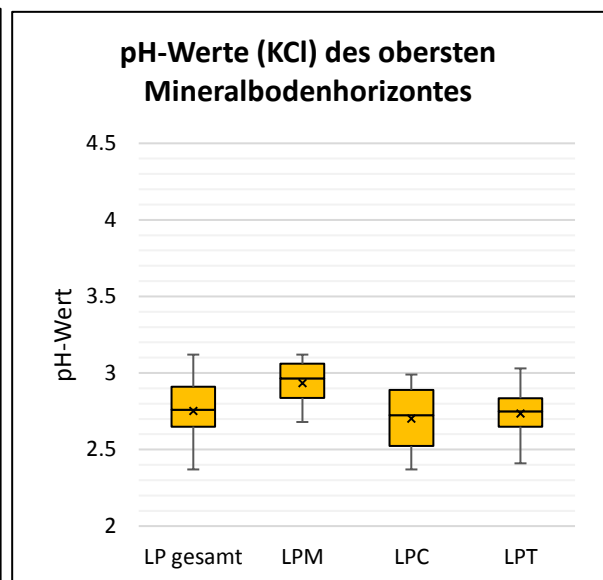


Abbildung 4-17: pH-Werte des obersten Mineralbodenhorizontes in Kaliumchlorid-Lösung gemessen

Bei der pH-Beprobung des obersten Mineralbodenhorizontes ist die Reihenfolge vom höchsten zum niedrigsten Wert des Medians wie folgt: *Leucobryo-Pinetum* mit *Molinia caerulea* (Wert des Medians in H₂O: 3,90; in KCl: 2,97), typische Subassoziatio (H₂O: 3,55; KCl: 2,75), cladonienreiche Ausprägung (in destilliertem Wasser: 3,53; in Kaliumchlorid: 2,73). Die Messungen der gesamten Assoziation ergaben einen Median in H₂O von 3,56 und in KCl einen Wert von 2,76. Somit liegen die Mediane in destilliertem Wasser (Abbildung 4-16) wiederum im sehr stark sauren Bereich, die in Kaliumchlorid gemessenen (Abbildung 4-17) sind extrem sauer. Die Lage der pH-Werte stimmt hier mit den Werten von WALEN-TOWSKI et al., RÜTHER und HEINKEN (1994, 2003, 1995 aus HEINKEN 2008) überein. Ihre Messungen des Oberbodens in destilliertem Wasser ergaben pH-Werte kleiner 4.

Die Mittelwerte stimmen nahezu mit den Medianen überein, während die größten Spannweiten zwischen den Minimal- und Maximalwerten bei den Boxplots der gesamten Assoziation vorkommen. Der geringste in H₂O gemessene Wert liegt bei 3,06 (extrem sauer), der in Kaliumchlorid bei 2,37 (extrem sauer). Der höchste Wert in destilliertem Wasser ist 4,13 (stark sauer), in KCl ist dieser bei 3,12 (extrem sauer) zu verzeichnen. Damit weist der oberste Mineralbodenhorizont fast immer höhere pH-Werte auf als die Humusaufgabe im Oh-Horizont. Zu erklären ist dies durch die stark saure Nadelstreu der Kiefer, die in der Humusaufgabe akkumuliert wird. Eine Ausnahme bildet hierbei die Subassoziatio mit *Molinia caerulea*, deren

in Kaliumchlorid gemessener pH-Wert des Oh-Horizontes marginal höher ist als der des Mineralbodens.

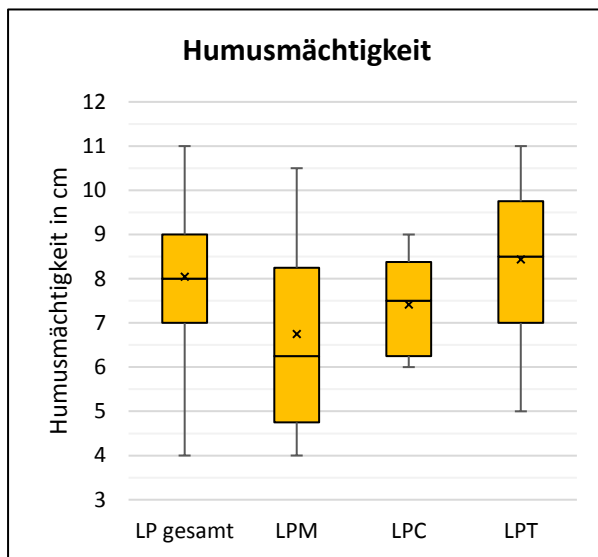


Abbildung 4-18: Gesamthumusmächtigkeit des *Leucobryo-Pinetum* und der Subassoziationen

Auffällig sind in der Abbildung 4-18 mit Ausnahme der cladonienreichen Subassoziations (6 bis 9 cm) die hohen Spannweiten zwischen den Minimal- und Maximalwerten der Humusmächtigkeiten. Wegen der Verteilung dieser liegen alle Mittelwerte annähernd beim Median. Über die gesamte Assoziation des *Leucobryo-Pinetum* betrachtet, reichen die Werte der Humusmächtigkeit von 4 bis 11 cm. Der Median liegt dabei bei 8 cm. Die aufsteigende Reihenfolge der Mediane der Subassoziations lautet wie folgt: *Leucobryo-Pinetum molinietosum* (Median von 6,25), *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* (Median: 7,5), *Leucobryo-Pinetum typicum* (Median: 8,5). Allerdings liegt der Maximalwert (10,5) der Subassoziations mit *Molinia caerulea* weit über allen Werten der cladonienreichen Subassoziations und über den meisten Werten des *Typicum*. Auch nach PASSARGE, HEINKEN und STRAUSSBERGER (1962, 1995 und 1999, 1999 aus HEINKEN, 2008) ist im Allgemeinen die Humusaufgabe des *Typicum* und des *Molinietosum* höher als die der cladonienreichen Subassoziations.

Die Humusform aller Aufnahmeflächen ist Moder. Dessen Ausprägung reicht, wie auch bei HEINKEN (2008) beschrieben, von typischem Moder (feinhumusarm und feinhumusreich) über rohhumusartigen Moder (feinhumusarm und feinhumusreich) bis zu Feuchtmoder. Rohhumusbildungen beschränken sich dabei auf feuchte Standorte und wurden auf den untersuchten Aufnahmeflächen nicht vorgefunden.

4.6 Naturschutz und Pflegemaßnahmen

Nachfolgend erläutere ich, welche der kartierten Bestände unter gesetzlichen Naturschutz nach § 30 BNatSchG und unter die FFH-Richtlinie fallen. Um die Veränderung der naturschutzrechtlichen Relevanz der Aufnahmeflächen darzulegen, wird zunächst rekonstruiert, welche Flächen 1991 nach Art. 13d BayNatSchG als Wälder und Gebüsche trockenwarmer Standorte geschützt waren. Dieser Artikel wurde inzwischen durch § 30 BNatSchG ersetzt, welcher 2010 in Kraft trat.

Die Aufnahmeflächen (Nr. 40, 41, 43), die 1991 zur Reliktform mit *Erica herbacea* in der typischen Subassoziation des *Leucobryo-Pinetum* gezählt wurden, waren zu diesem Zeitpunkt als *Leucobryo-Pinetum ericetosum* gesetzlich geschützt, da die Deckung von *Erica herbacea*, *Vaccinium vitis-idaea* und *Calluna vulgaris* gegenüber *Vaccinium myrtillus* und *Avenella flexuosa* überwog. Weiterhin fielen alle damaligen Aufnahmeflächen des *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* (Nr. 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20), die Reliktform von *Erica herbacea* (Nr. 36, 39) inbegriffen, unter das Naturschutzgesetz. Zum einen kamen verschiedene Strauchflechten und die Moose *Dicranum spurium* und *Ptilidium ciliare* vor, während Gräser, Kräuter und Zwergsträucher zurücktraten. Auch die für den gesetzlichen Schutz geforderten Kriterien bezüglich des Standortes (extremer Wasserhaushalt und nährstoffarme Sande) waren erfüllt.

Nach den Daten der Wiederholungsaufnahmen von 2016 fallen aktuell nur noch vier Aufnahmeflächen, die zum *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* (10, 11, 12, 18) gehören, unter den Schutz des § 30 des Bundesnaturschutzgesetzes (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2012). Zudem werden sie dem FFH-Lebensraumtyp 91T0 „Mittleuropäische Flechten-Kiefernwälder“ zugeordnet (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT und BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD- UND FORSTWIRTSCHAFT, 2010). Auf den genannten Flächen sind zwar noch verschiedene Strauchflechten vorhanden, haben aber in ihrer Deckung abgenommen. Dagegen nahmen Gräser und Zwergsträucher, wie *Avenella flexuosa* und *Vaccinium myrtillus*, im Zuge der Sukzession zu. Während flechtenreiche Kiefernwälder in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts u.a. im Oberpfälzer Wald großflächig vorkamen, werden sie laut HEINKEN (2008 aus FISCHER et al., 2015) inzwischen immer seltener, sodass der Waldtyp mittlerweile auf der Roten Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands in Kategorie 1 aufgeführt wird (RENNWALD, 2000 aus FISCHER et al., 2015).

Mit gezielten Eingriffen in Biomasse und Nährstoffkreisläufe kann versucht werden, den laufenden Sukzessionsprozessen und der Eutrophierung entgegen zu wirken oder sogar historische Waldzustände wiederherzustellen, um eine weitere Verringerung der geschützten Flächen zu verhindern. Eine sehr wirkungsvolle Methode des Stickstoffentzugs ist das Streurechen. Dabei wird die Bodenvegetation samt Auflagehumus in regelmäßigen Abständen entnommen (EWALD und PYTTEL, 2016). Weil diese Methode in Konflikt zu anderen Waldfunktionen steht und sehr kostenintensiv ist, kann sie nur auf Flächen mit höchster naturschutzrechtlicher Bedeutung zur De-Eutrophierung angewendet werden (MELLERT, 2010 aus EWALD und PYTTEL, 2016). Eine weitere Möglichkeit der Aushagerung stellt die Waldweide dar. Wirkung zeigt diese aber nur bei lang andauernder Beweidung und wenn tierische Exkrememente und Biomasse außerhalb der Schläge abgeschöpft werden (RUPP, 2014 aus EWALD und PYTTEL, 2016). Die Intensivierung der Holzernte unter Mitnahme der Kronen und der Rinde kann die anthropogene Stickstoffdeposition zwar ausgleichen (ASCHE et al., 2007 aus EWALD und PYTTEL, 2016), ist aber weniger wirkungsvoll als das Streurechen, da im Verhältnis mehr Stickstoff im Boden als in der Biomasse gespeichert ist (MATSON et al., 2002 aus EWALD und PYTTEL, 2016).

Aufgrund hoher Kosten und hohem Aufwand sind Streurechen und Waldweide wohl nur in Staatswäldern durchführbar. Im Privatwald ist dagegen die Intensivierung der Holznutzung eine denkbare Möglichkeit zur Stickstoff-Abreicherung. Langfristig gesehen führt dies aber zur Minderung des Bestandeszuwachses und damit auch der Deckungsbeiträge. Für Waldbesitzer müssen deshalb Anreize zur Durchführung de-eutrophierender Maßnahmen geschaffen werden, die die monetären Verluste mindern, z.B. Vertragsnaturschutz (EWALD und PYTTEL, 2016). Durch den Vertragsnaturschutz ist gegenwärtig eine Förderung für die Schaffung lichter Waldstrukturen mit vollständigem Nutzungsverzicht auf Flächen möglich, die nach § 30 BNatSchG oder gemäß Anhang I der FFH-Richtlinie geschützt sind (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ und BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 2014). Da die Waldbestände beim Verzicht auf Holznutzung aber weiterhin denselben Stickstoffeinträgen ausgesetzt sind, ist mit dieser Maßnahme allenfalls eine Verlangsamung der Sukzessionsprozesse zu erreichen (EWALD und PYTTEL, 2016). Eine langfristige Stabilisierung der Vorkommen von flechtenreichen Kiefernwäldern ist jedoch nicht zu erwarten.

5 Schlussfolgerung

Die Wiederholungsaufnahmen von 2016 belegen einen Übergang der Bestände des *Leucobryo-Pinetum molinietosum* und des *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* mit den Aufnahmenummern 7, 8, 9 und 36 zum *Leucobryo-Pinetum typicum*. Der Wandel der Bestände mit *Molinia caerulea* deutet auf anthropogen bedingte Veränderungen des Wasserhaushaltes hin. Die Subassoziationsänderung des Bestandes in der cladonienreichen Ausprägung, sowie weitere Entwicklungen innerhalb der Subassoziationen sind als Sukzessionsprozesse nach dem Wegfall der Aushagerung der Waldböden, v.a. durch historische Waldnutzungsformen, aufzufassen. Beschleunigt werden sie durch die flächendeckenden, anthropogenen Stickstoffeinträge (SCHMIDT et al., 2008 aus HEINKEN, 2008). EWALD und PYTTEL (2016) identifizierten durch Verschneidung von Waldartenlisten, Ellenberg-Zeigerwerten und Rote Listen von Gefäßpflanzen die Stickstoff-Eutrophierung sogar als wichtigste Gefährdungsursache für Waldarten und Waldlebensräume. Besonders bedroht sind u.a. Kiefernwälder, die auf ehemals übernutzten Böden mit geringer Pufferkapazität stocken. Wie auch anhand der Wiederholungsaufnahmen belegt, bewirkt der Stickstoffeintrag einerseits einen schnelleren Kronenschluss des Bestandes, andererseits eine Begünstigung nitrophytischer Arten. Dadurch werden lichtbedürftigere und langsamer wachsende Arten, wie *Leucobryum glaucum*, *Ptilidium ciliare* und besonders Strauchflechten, durch schneller wüchsige Moose, wie *Pleurozium schreberi*, und Gefäßpflanzen zurückgedrängt oder verschwinden ganz. Durch diese Entwicklung existieren Bestände des *Leucobryo-Pinetum cladonietosum* heute in ganz Bayern kaum noch (FISCHER et al., 2015). Aber auch in den übrigen Subassoziationen findet ein Artenwechsel zugunsten nitrophiler Pflanzen statt. Der Fortbestand dieser Bestände ist daher auf längere Sicht ohne eingreifende Maßnahmen ungewiss. Ein Übergang zur *Deschampsia flexuosa-Pinus sylvestris*-Gesellschaft ist denkbar. In einigen untersuchten Aufnahmen sind bereits jetzt eine Strauchschicht aus Laubgehölzen und hohe Deckungen von *Avenella flexuosa*, sowie pleurokarpen Moosen vorhanden. Gleichzeitig ist ein Rückgang von Verbandskenn- und Trennarten des *Leucobryo-Pinetum*, wie *Calluna vulgaris*, *Dicranum polysetum*, *Leucobryum glaucum* und *Ptilidium ciliare*, zu verzeichnen (HEINKEN, 2008).

Literaturverzeichnis

AUGUSTIN, H. (1991): Die Waldgesellschaften des Oberpfälzer Waldes. Hoppea. Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft. Band 51. - Regensburg (Verlag der Gesellschaft). S. 9, 40-45, 67-69, 71, 174, 180-183.

BARTSCH, N. (1994): Waldgräser. 2. Auflage. - Alfeld (Verlag M. & H. Schaper). 254 S.

BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (Hrsg.) (1997): Geologische Übersichtskarte von Bayern 1:1500000. - URL:

[http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000045?SID=2132125029&ACTIONxSESSxSHOWPIC\(BILDxKEY:16021,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF\)](http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000045?SID=2132125029&ACTIONxSESSxSHOWPIC(BILDxKEY:16021,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF)) (gesehen am 14.06.2016).

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2009): Erdgeschichte des Oberpfälzer Waldes. Geologischer Bau, Gesteine, Sehenswürdigkeiten. - URL:

[http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000046?SID=1733318309&ACTIONxSESSxSHOWPIC\(BILDxKEY:31025,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF\)](http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000046?SID=1733318309&ACTIONxSESSxSHOWPIC(BILDxKEY:31025,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF)) und

[http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000041?SID=83393882&ACTIONxSESSxSHOWPIC\(BILDxKEY:31025,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF_2\)](http://www.bestellen.bayern.de/application/stmug_app000041?SID=83393882&ACTIONxSESSxSHOWPIC(BILDxKEY:31025,BILDxCLASS:Artikel,BILDxTYPE:PDF_2)) (gesehen am 14.06.2016). S. 10-24.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2012): Bestimmungsschlüssel für Flächen nach § 30 BNatSchG / Art. 23 BayNatSchG (§ 30-Schlüssel). - URL:

https://www.lfu.bayern.de/natur/biotopkartierung_flachland/kartieranleitungen/doc/bestimmungsschlüssel_30.pdf (gesehen am 19.07.2016). S. 2-3, 15-17, Tafel 4, 7, 8.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2015): GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem Bayern). Geologische Karte 1:500000. - URL:

<http://www.bis.bayern.de/bis/initParams.do;jsessionid=A9A822EF881A7572C185AEB8A1F5CCEF> (gesehen am 14.06.2016).

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2015): GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem Bayern). Übersichtsbodenkarte 1:25000. - URL:

<http://www.bis.bayern.de/bis/initParams.do> (gesehen am 15.06.2016).

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2016): Landschaftseinheit 10. Oberpfälzer Wald. - URL: http://www.lfu.bayern.de/boden/bodentypen/le_10.htm (gesehen am 15.06.2016).

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (o. A.): Karte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten in Bayern. - URL:

https://www.lfu.bayern.de/natur/naturraume/doc/haupteinheiten_naturraum.pdf (gesehen am 13.06.2016).

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2010): Handbuch der Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Bayern. - URL: http://www.lfu.bayern.de/natur/biotopkartierung_flachland/kartieranleitungen/doc/lrt_handbuch_2010_03.pdf (gesehen am 19.07.2016). S. 155-157.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DER FINANZEN, FÜR LANDESENTWICKLUNG UND HEIMAT (Hrsg.) (o. A.): BayernAtlas. - URL: http://geoportal.bayern.de/bayernatlas/?X=5491793.25&Y=4522438.00&zoom=5&lang=de&topic=ba&bgLayer=atkis_sw&catalogNodes=122 (gesehen am: 05.06.2016).
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHER-SCHUTZ, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LAND-WIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.) (2014): Richtlinie über Zuwendungen nach dem Bayerischen Vertragsnaturschutzprogramm Wald (VNPWaldR 2015): - URL: <http://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVwV292193> (gesehen am 20.07.2016).
- BLUME, H., STAHR, K., LEINWEBER, P. (2011): Bodenkundliches Praktikum. 3. Auflage. - Heidelberg (Spektrum). S. 23, 109-110.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE/ GEOLOGISCHE LANDESÄMTER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (Hrsg.) (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage. Berichtigter Nachdruck 1996. - Hannover (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung). S. 226-238.
- DIERSCHE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. - Stuttgart (Ulmer). S. 149, 168-171, 178-192, 392-400.
- EBERMANN, E. (2010): Grundlagen statistischer Auswertungsverfahren. Irrtumswahrscheinlichkeit und Signifikanzniveau. - URL: <https://www.univie.ac.at/ksa/elearning/cp/quantitative/quantitative-8.html> (gesehen am 17.07.2016).
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII. 3. Auflage. - Göttingen (Verlag Erich Goltze). S. 67-69, 176-178, 222-226.
- EWALD, J., PYTTEL, P. (2016): Leitbilder, Möglichkeiten und Grenzen der De-Eutrophierung von Wäldern in Mitteleuropa. Natur und Landschaft. Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege. Heft 5. - Stuttgart (Verlag W. Kohlhammer). S. 210-217, Deckblatt.
- FISCHER, A., MICHLER, B., FISCHER, H. S., BRUNNER, G., HÖSCH, S., SCHULTES, A. & TITZE, P. (2015): Flechtenreiche Kiefernwälder in Bayern: Entwicklung und Zukunft. - URL: http://www.tuexenia.de/fileadmin/website/downloads/Tuexenia35/1_Tuexenia35_Fischer_et_al_2015.pdf (gesehen am 09.07.2016). S. 10-11, 14-23.

- FISCHER, A. (2003): Forstliche Vegetationskunde. Eine Einführung in die Geobotanik. 3. Auflage. - Stuttgart (Ulmer). S. 136-138, 321-323.
- FRAHM, J., FREY, W. (2004): Moosflora. 4. Auflage. - Stuttgart (Ulmer UTB). 538 S.
- HEINKEN, T. (2008): Die natürlichen Kiefernstandorte Deutschlands und ihre Gefährdung. - URL: <https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/index/index/year/2010/docId/4456> (gesehen am 09.07.2016). S. 29, 35-36, 38.
- HEINKEN, T. (2008): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Dicrano-Pinion. Heft 10. - Göttingen (Selbstverlag der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft e.V.). S. 9-47, 60-65.
- HENNEKENS, S. M. (2016): Schriftliche Mitteilung vom 19.07.2016.
- HENNEKENS, S. M. (o. A.): Turboveg for Windows. - URL: <http://www.synbiosys.alterra.nl/turboveg/> und http://www.synbiosys.alterra.nl/Turboveg/Help/Index.html?idh_edit_addindicator.htm (gesehen am 19.07.2016).
- JÄGER, E. J. (Hrsg.) (2011): Rothmaler. Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 20. Auflage. - Heidelberg (Spektrum). 930 S.
- LORZ, C. (2016): Mündliche Mitteilung vom 24.05.2016.
- LORZ, C., HUHN, S., OPFERMANN, H. (2012): Vorlesungsskript. Bodenkundlich und geologisches Praktikum. Freising. S. 29-31.
- LÜDER, R. (2015): Grundkurs Pflanzenbestimmung. 7. Auflage. - Wiebelsheim (Quelle & Meyer). 541 S.
- NEBEL, M., PHILIPPI, G. (Hrsg.) (2000): Die Moose Baden-Württembergs. Band 1. - Stuttgart (Ulmer). 512 S.
- NEBEL, M., PHILIPPI, G. (Hrsg.) (2001): Die Moose Baden-Württembergs. Band 2. - Stuttgart (Ulmer). 529 S.
- NEBEL, M., PHILIPPI, G. (Hrsg.) (2003): Die Moose Baden-Württembergs. Band 3. - Stuttgart (Ulmer). 550 S.
- RÖDER, H., FISCHER, A., KLÖCK, W. (1996): Waldentwicklung auf Quasi-Dauerflächen im Luzulo-Fagetum der Buntsandsteinrhön (Forstamt Mittelsinn) zwischen 1950 und 1990. Forstw. Cbl. 115. - Berlin (Blackwell Wissenschafts-Verlag). S. 321-335.
- ROGG, S. (2014): Vorlesungsskript. Waldmesslehre und Statistik. Statistik. Freising. S. 182-186.
- RÜTHER, C. (2003): Die Waldgesellschaften des Vorderen Bayerischen Waldes, mit einem Beitrag zur jüngeren Waldgeschichte. Hoppea. Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft. Band 64. - Regensburg (Verlag der Gesellschaft). S. 475-876.

- SCHMIDT, A. (2011): Der Wald in der Geschichte der Oberpfalz. - URL:
<http://www.oberpfaelzerkulturbund.de/cms/pages/kultur-der-oberpfalz/einleitung/geschichte/wald.php>
(gesehen am 16.06.2016).
- SLOT WEBCOMMERCE BV. (Hrsg.) (2014): Oberpfälzer Wald. - URL:
<http://www.enzyklo.de/lokal/40014&page=276> (gesehen am 13.06.2016).
- THÜNEN-INSTITUT (Hrsg.) (2012): Dritte Bundeswaldinventur (2012). Anteil der Fläche an der Gesamtfläche Wald+Nichtwald [%] nach Wuchsgebiet und Waldentscheid. – URL:
<https://bwi.info/inhalt1.3.aspx?Text=10.01%20Fl%C3%A4chenanteil%20nach%20Waldentscheid&prRolle=public&prInv=BWI2012&prKapitel=10.01> (gesehen am 16.06.2016).
- THÜNEN-INSTITUT (Hrsg.) (2012): Dritte Bundeswaldinventur (2012). Anteil an der Waldfläche (gemäß Standflächenanteil) [%] nach Wuchsgebiet und Baumartengruppe (rechnerischer Reinbestand). - URL:
<https://bwi.info/inhalt1.3.aspx?Text=10.02%20Fl%C3%A4chenanteil%20nach%20Baumartengruppe&prRolle=public&prInv=BWI2012&prKapitel=10.02> (gesehen am 16.06.2016).
- TREMP, H. (2003): Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten. - Stuttgart (Ulmer). S. 29-31.
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (o. A.): Umweltprobenbank des Bundes. pH-Wert. - URL:
<https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/profiles/analytes/14963> (gesehen am 06.07.2016).
- WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLLING, C. & TÜRK, W. (2013): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. 3. Auflage. - Freising (Geobotanica Verlag). S. 24-29, 43, 204, 238-239, 385-391, Klappentext.
- WIRTH, V., KIRSCHBAUM, U. (2014): Flechten einfach bestimmen. - Wiebelsheim (Quelle & Meyer). 416 S.

Anlage A

Voraufnahme

[illegible]

Vegetationsaufnahme

[illegible]

Abstract

Bösl, Christina

Entwicklung bodensaurer Kiefernwälder im Oberpfälzer Wald-
Wiederholungsaufnahmen 1991 bis 2016

Bachelorarbeit, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Wald und Forstwirtschaft, Juli 2016, 50 Seiten

Ziel der Arbeit ist es, die floristische Veränderung auf ausgewählten Aufnahmeflächen des *Leucobryo-Pinetum* im Oberpfälzer Wald darzustellen. Als Grundlage für die Wiederholungsaufnahmen dienten die Vegetationsaufnahmen bodensaurer Kiefernwäldern von Augustin aus dem Jahr 1991. Die pflanzensoziologische Dokumentation wurde nach der Methode von Braun-Blanquet durchgeführt. Eine bodenkundliche Analyse der Aufnahmeflächen erfolgte zusätzlich. Ausgewertet wurden die Daten mit der Vegetationsdatenbank Turboveg und klassischer Tabellenarbeit. Die Ergebnisse wurden durch Boxplot-Grafiken veranschaulicht und statistisch abgesichert. Auf allen untersuchten Flächen konnten Sukzessionsprozesse nachgewiesen werden, die durch Stickstoff-Immissionen beschleunigt werden. Besonders stark erwies sich der Rückgang der Deckungen von Flechten und akrokarpem, stark säurezeigenden Moosen, bei gleichzeitiger Zunahme von Gefäßpflanzen und pleurokarpem Moosen. Weiterhin konnte bei mehreren Flächen eine Änderung der Subassoziations- und Variantenzugehörigkeit festgestellt werden. Während 1991 noch 14 Aufnahmeflächen des *Leucobryo-Pinetum* durch das Naturschutzgesetz geschützt waren, fallen heute nur noch 4 davon unter § 30 BNatSchG und den Anhang I der FFH-Richtlinie.