

AFSV

WALDÖKOLOGIE-ONLINE

ISSN 1614-7103

Nr. 1, September 2004

info@afsv.de

Freising-Weihenstephan

Dr. H. Walentowski, Deutschland

Berichte der Arbeitsgemeinschaft Forstliche Standorts- und Vegetationskunde



Herausgeber dieses Bandes: Joachim M i l b r a d t und Helge W a l e n t o w s k i. Für den Inhalt der Arbeiten sind die Verfasser allein verantwortlich.

Einführung

Hier werden ausschließlich Original-Arbeiten online publiziert. Die Autoren werden gebeten, dies ausdrücklich in der Begleit-Mail zu bestätigen. Es werden Manuskripte zu allen Themen der Forstlichen Standort- und Vegetationskunde angenommen. Die Veröffentlichung in Waldökologie-Online erfolgt als pdf-Datei.

Über die Annahme der Beiträge wird aufgrund externer Gutachten entschieden.

Hinweise für Autoren

- Manuskripte werden per E-Mail als Attachment eingereicht.
- Folgende Text-Formate werden akzeptiert: *.doc, *.rtf
- Beiträge werden überschrieben mit
 - Vorname und Name des/der Autors/en
 - Institution
 - Titel des Beitrags
- Abbildungen sind möglich in den Formaten *.jpg, *.gif, *.tif oder auch als Excel-Grafiken *.xls
Bitte immer auch die Original-Dateien einsenden!
- Beiträge können in Deutsch oder Englisch verfasst sein.
- Ein Abstract in Englisch (max. 1.000 Zeichen) sollte vorangestellt werden.

Redaktion

Die Manuskripte senden Sie bitte per E-Mail an einen der Herausgeber:

- Dr. Helge **Walentowski**, LWF Freising oder
- Dr. Joachim **Milbradt**.

Redaktions-Beirat

- Prof. Dr. Jörg **Ewald**, Fachhochschule Weihenstephan
- Prof. Dr. Anton **Fischer**, Technische Universität München
- Prof. Dr. Georg **Grabherr**, Universität Wien
- Prof. Dr. Birgit **Kleinschmit**, Technische Universität Berlin
- Dr. Christian **Kölling**, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
- Dr. Hans-Gerhard **Michiels**, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
- Prof. Dr. Albert **Reif**, Universität Freiburg
- Dr. Rainer **Schulz**, Universität Göttingen
- Rudolf **Seitz**, Aichach
- Prof. Dr. Peter A. **Schmidt**, Technische Universität Dresden
- Prof. Dr. Wolfgang **Schmidt**, Universität Göttingen
- Prof. Dr. Winfried **Türk**, Fachhochschule Lippe und Höxter
- Prof. Dr. Stefan **Zerbe**, Technische Universität Berlin

Manuskript-Redaktion

- Dr. Joachim **Milbradt**, Prönsdorf

Copyright

Das Copyright für alle Web-Dokumente und Bilder liegt beim Journal Waldökologie-Online. Eine Folgerverwertung von Web-Dokumenten ist nur möglich, wenn die Redaktion ihr Einverständnis erklärt. Externe Links auf das Waldökologie-Online Journal sind ausdrücklich erwünscht. Eine unautorisierte Übernahme ganzer Seiten oder ganzer Beiträge oder auch Beitragsteile ist dagegen nicht zulässig.

Für nicht-kommerzielle Ausbildungszwecke, insbesondere für Zwecke von Forschung, Lehre und Unterricht, können einzelne Materialien kopiert werden, solange eindeutig die Urheberschaft der Autoren und der Übernahme aus dem Journal Waldökologie Online kenntlich gemacht werden.

Zitierweise

Da feste Regeln für das Zitieren von digital verfügbaren Texten noch nicht etabliert sind, empfehlen wir die Vorschläge des Wissenschaftsportals **mediensprache.net** der Universität Hannover im Thema onlinepublishing

URL (= Uniform Resource Locator) <<http://www.mediensprache.net/de/publishing>> Stand 26.11.2003.

Autor(en) (Jahr): Titel der Arbeit, in: Pró-Araucária Online, <URL>, ISSN-Nr., Zitationsdatum

- Beispiel:
Meier, H. (2003): Forschungsprojekt Araukarienwald, in: Pró-Araucária Online, <<http://www.pro-araucaria-online.com/meier.pdf>>, ISSN 1619-635X, Stand: 12.11.2003

Bestellung von waldökologie online als print on demand:

Waldökologie online kann auch in gedruckter Form im Format 17 x 24 cm zum Stückpreis von 4,50 € bestellt werden („print on demand“). Ihre Bestellung richten Sie bitte an den Verlag **Kessel**, Eifelweg 37, 53424 Remagen-Oberwinter

Fax: 01212 – 512 382 426

email: webmaster@forstbuch.de

homepage: www.forstbuch.de

Für den Schriftentausch bitten wir, folgende Anschrift zu verwenden.

Schriftentausch für die Arbeitsgemeinschaft Forstliche Standorts- und Vegetationskunde,
c/o. Geschäftsführung, Am Hochanger 11, D-85354 Freising.

Inhalt / Contents**Heft 1, 2004**

GOTTSCHLING, H.: Zur Anwendung der Naturraumerkundung im Tienschan, Kirgisistan.....	4
<i>Landscape survey in the Tianshan Mountains, Kyrgyzstan</i>	
KONOPATZKY, A.: Erkundung der Standortzustände im Rahmen forstlicher Kartierungen und des Monitorings als Zweig der forstlichen Standorts- und Naturraumerkundung.....	7
<i>Diagnosis of labile forest site conditions in context with forest mapping and monitoring as an objective of landscape survey</i>	
KOPP, D.: Vorschlag für eine Rahmenklassifikation der Waldstandorte Deutschlands nach Ökotoptgruppen.....	11
<i>Proposal for a national classification of forest sites in Germany according to ecotope groups</i>	
GRANKE, O., SCHMIEDINGER, A., WALENTOWSKI, H.: Konzept und Schlüsselkriterien für die Bewertung der Biodiversität von Wald-Lebensräumen in Deutschland.....	25
<i>Concept and key criteria for evaluation of biodiversity of forest habitats in Germany</i>	
ENGELHARD, J., REIF, A.: Veränderungen der Bodenvegetation durch Fichtenanbau auf Standorten des Kalkbuchenwaldes.....	29
<i>Effects of Norway spruce cultivation on the ground vegetation of beech forest sites on limestone</i>	

Infobox:

Links zu diversen online-Bibliotheken und online-Journalen aus dem Themenbereich Forst / Waldökologie finden Sie unter:

<http://www.metla.fi/info/vlib/Forestry/Category/Publications/Journals>

<http://agricola.nal.usda.gov/>

<http://www.gov.ns.ca/natr/publications/forpubs.htm>

<http://www.ou.edu/cas/botany-micro/ben326.html>

<http://www.stz-rottenburg.de/biblio/onlinemagazine.htm>

<http://www.afsv.de>

Zur Anwendung der Naturraumerkundung im Tienschan, Kirgisistan

Landscape survey in the Tianshan Mountains, Kyrgyzstan

Hagen G o t t s c h l i n g, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Abstract

*Landscape survey as described by KOPP et al. 1982 is a convenient methodology for analyzing the relationship between geo-structural qualities of sites (climate, relief, soil, soil water), vegetation and land use. The method has previously mainly been used in Central Europe. Experiences gathered while applying the method under the conditions of Tianshan Mountains are discussed. In the Tianshan, the climatic and ecological conditions vary within short distances because of the mountainous environment, particularly with altitude and the exposition of slopes. A sharp ecological transition can be observed between north slopes, with spruce forest (*Picea schrenkiana*) on dystic cambisol and south slopes, with steppe on calcic chernosem. An important principle of the described method is a coordinated classification of climate, soil, relief, soil water and vegetation. The classification units are linked to "landscape forms" in topic dimension and the "landscape mosaics" in choric dimension, which characterise the heterogeneity of the mosaics. Another principle of the method is the distinction of basic natural qualities of the site and the qualities of its present condition, which may have been changed. The comparison of basic qualities of geo-structured sites allows the identification of the natural vegetation on chosen sites. This can be used, for example, to identify well adapted sites for afforestation of pasture land.*

Einführung

Die Naturraumerkundung nach KOPP, JÄGER & SUCCOW (1982) ist ein umfassendes landschaftsökologisches Methodenkonzept, auf welchem die forstliche Standortserkundung in Ostdeutschland basiert (siehe KOPP & SCHWANECKE 1994, SCHULZE & KOPP 1995) und auch bereits bei der Moorforschung breite Anwendung gefunden hat (siehe SUCCOW 1988, SUCCOW & JOOSTEN 2001). Mit der Naturraumerkundung lassen sich die Zusammenhänge zwischen Standort, Vegetation und Nutzung sehr gut erfassen, und bezüglich ökologischer Funktionen und Nutzbarkeit interpretieren. Deshalb wird die Methode auch bei anwendungsorientierten landschaftsökologischen Untersuchungen¹ im Tienschan eingesetzt (GOTTSCHLING 2003). Im Folgenden werden Erfahrungen mit der in Mitteleuropa entwickelten Naturraumerkundung unter den Bedingungen des Tienschan-Gebirges in Mittelasien dargestellt.

Naturräumliche Bedingungen im Tienschan

Der Tienschan ist durch große naturräumliche Unterschiede geprägt. Das Naturraum-Spektrum reicht von Halbwüsten und Steppen über Tienschanfichten- und Walnuss-Wälder bis zu alpinen Matten und Gletscherregionen. Die untersuchten Standorte liegen in einem Höhenbereich von 600 – 4.000 m NN bei einer Spanne der jährlichen Niederschläge von 200 – 1.200 mm. In Abhängigkeit von der Lage innerhalb des Tienschan gibt es sehr trockene Gebirgsketten ohne eine Waldstufe sowie feuchtere Höhenstufenabfolgen mit Wald. Die Stufe der Tienschanfichten-Wälder (*Picea schrenkiana*) in Nord-Kirgisistan sowie die Stufe der natürlichen Walnuss-Wildobst-Wälder (*Juglans regia*, *Malus siversiana*, *Prunus sogdiana*, u.a.) im Süden Kirgisistans sind durch eine trockenheitsbedingte untere Waldgrenze und eine kältebedingte obere Waldgrenze gekennzeichnet. Durch die ausgeprägte Höhenzonierung und die z.T. sehr starken strahlungsbedingten Expositionunterschiede kann es auch auf kleinstem Raum große Klimaunterschiede geben. So kommt es dazu, dass waldfähige und nicht waldfähige Standorte eng nebeneinander vorkommen können (insbesondere in der Stufe der montanen Fichten-Steppen-Waldsteppen-Stufe, GOTTSCHLING 2003). Wald befindet sich in Kirgisistan nur auf 4,2 % der Landesfläche (MUSURALIEV 1998). Es wird davon ausgegangen, dass die potentielle Waldfläche doppelt so groß ist. Rund 90 % der Landesfläche wären unter den gegenwärtigen Klimabedingungen somit natürlich waldfrei. Die Naturraumerkundung im Tienschan steht vor der Aufgabe, das gesamte Naturraumspektrum zu charakterisieren und zu typisieren. Wichtige Anwendungsbereiche der

¹ Projekt: „Erstellung einer umsetzungsreifen Studie für die Einrichtung des Biosphärenreservates Issyk-Kul in Kirgisistan“, (Tropenökologisches Begleitprogramm der GTZ; GOTTSCHLING 2002, 2003), sowie Projekt: The Impact of the Transformation Process on Human-Environmental-Interactions in Southern Kyrgyzstan“, (2003 – 2006, VW-Stiftung)

Naturraumerkundung bezüglich Waldnutzung sind z.B. die Identifikation potentiell waldfähiger Standorte und deren naturräumlicher Differenzierung. In waldfreien Naturräumen ist die Ermittlung der Weidetragefähigkeit ein wichtiges Anwendungsgebiet.

Methodische Prinzipien der Naturraumerkundung und deren Anwendung im Tienschan

Die Naturraumerkundung eignet sich durch die nachfolgend aufgeführten methodischen Prinzipien für die Anwendung im Tienschan.

1. Die Standortskomponenten Klima, Boden, Relief, Substratwasser werden geostrukturell erfasst und typisiert, und den dazugehörigen Vegetationseinheiten (Vegetationsformen) zugeordnet (siehe *Abbildung 1*). Die Klassifikationen der einzelnen Komponenten sind aufeinander abgestimmt. Der Abgleich der Vegetationsformen mit den geostrukturellen Standortseinheiten ermöglicht eine ökologische Gliederung der Vegetation des Tienschan, über deren gesamtes Standortsspektrum hinweg. Eine ökologische Gliederung der Vegetation auf Grundlage einzelner ökologischer Standortsfaktoren, wäre bei den großen Klimaunterschieden dagegen problematisch.

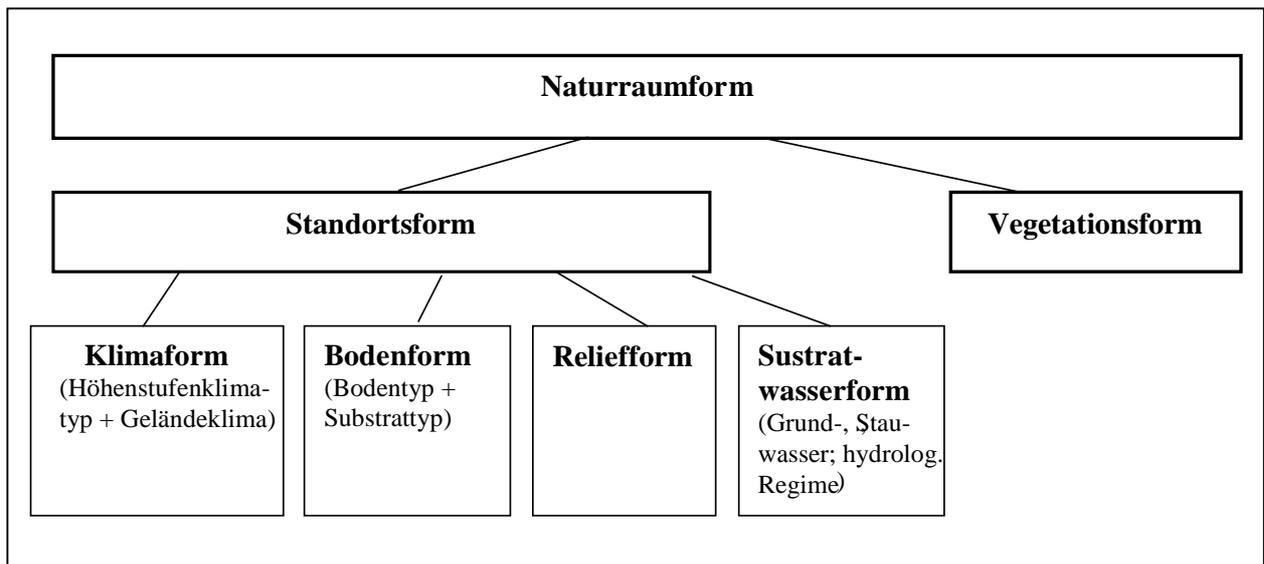


Abbildung 1: Zusammensetzung topischer Naturraumformen (verändert nach KOPP et al. 1982)

2. Die stabilen und leicht veränderlichen Naturraumeigenschaften (Stamm- und Zustandseigenschaften) werden getrennt erfasst. Da der Oberboden (Humusform) genauso wie die Vegetationsdecke durch Nutzung stark veränderbar ist (= leicht veränderliche Naturraumeigenschaften), sind bei der Suche nach der natürlichen Vegetation an einem abgewandelten Standort die stabilen Stamm-Standortseigenschaften zu erfassen (Bodentyp, Substratfolgetyp, Höhenstufen- und Geländeklima, Relieftyp). Über den Vergleich der stabilen Stammeigenschaften können naturnahe und abgewandelte Vegetation bei gleicher Stammstandortform einander zugeordnet werden, und Abwandlungsreihen der Vegetation sowie wandelbarer Oberbodeneigenschaften (Humusform) abgeleitet werden. In den sehr heterogenen Naturraum-Mosaiken des Tienschan ist das z.B. bei Identifizierung von potentiell waldfähigen Standorten auf aktuellen Weideflächen von Bedeutung.

So kommt beispielsweise Tienschanfichten-Wald in optimaler Ausbildung auf schattigen, mäßig feuchten nordexponierten Steilhängen in einem Höhenstufentyp mit montanem Wald – Steppen – Wiesensteppen – Klima (2.000- 2.400 m, im östlichen Issyk-Kul-Becken) auf Saurer Schluff-Braunerde vor. Auf dem benachbarten sonnenexponierten Südhang befindet sich in der gleichen Höhenstufe dagegen eine *Stipa capillata*-Steppe auf Kastano-Tschernosem aus Skelettkalkschluff.

Die verschiedenen Bodentypen deuten auf große Klimaunterschiede zwischen Nord- und Südhang hin. Die Beziehungen dass bei Kastano-Tschernosem immer Steppe und nie Wald, und bei Saurer Braunerde auf Nordhang in entsprechender Höhe häufig Wald vorkam, wurden bei vergleichbaren Standorten in der Region bestätigt. Das lässt vermuten, dass es sich an Hangrücken zwischen Nord- und Südhang um eine natürliche expositionsbedingte Waldgrenze handelt (siehe *Abbildung 2a,b*). Das wird bestätigt, durch die Situation an ökologisch dazwischenstehenden Westhängen, mit ausgelagtem Tschernosem und einer Wiesensteppe, bei der Aufforstungen an ihre Trockengrenze stoßen. Die großen Unterschiede in den stabilen Stamm-Standortseigenschaften deuten darauf hin,

dass die Vegetationsunterschiede und damit die Waldgrenze nicht allein anthropogen bedingt sein können. Um derartige Aussagen treffen zu können, ist es wichtig, dass der Standort geostrukturell erfasst wird, und nicht nur die chemischen Eigenschaften des Wurzelhorizontes analysiert werden, welcher nur Aussagen über den aktuellen, veränderbaren Zustand des Oberbodens liefern.



Abbildungen 2a,b: Expositionsbedingter Waldrand entlang eines Hangrückens zwischen einem nordexponierten Tienschanfichten-Wald (*Picea schrenkiana*) und einer südexponierten Steppe in der montanen Fichtenwald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe im nordöstlichen Issyk-Kul-Gebiet..

3. Die Erfassung des Naturraumes in der topischen und in der chorischen Dimension gewährleistet den Flächenbezug der Standorts- und Vegetationseinheiten und ermöglicht die Analyse der Verteilungsgesetzmäßigkeiten der Naturraumformen. Für den Tienschan wurden in der chorischen Dimension Höhenstufentypen (entsprechend Klimamosaike) unter Berücksichtigung der Vegetations- und Standortsverhältnisse auf Nord- und Südhängen ausgegrenzt.

4. Das Verfahren ermöglicht eine anwendungsorientierte Erhebung von Naturrauminformationen und deren Interpretation bezüglich ökologischer Funktionen (Produktivität, Erosionsschutz), zweigspezifischen Nutzungsaspekten (Forstwirtschaft, Weidetragfähigkeit, Landwirtschaft, Naturschutz, u.a.) sowie zweigübergreifenden Nutzungsaspekten (Landnutzungsplanung) vor.

Literatur

- GOTTSCHLING, H. (2002): Umweltgerechte Landnutzung im Biosphärenreservat Issyk-Kul – Beiträge aus landschaftsökologischer und sozioökonomischer Sicht. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH und Tropenökologisches Begleitprogramm (TÖB), Eschborn, Heidelberg: Kasperek-Verlag, 55 S.
- GOTTSCHLING, H. (2003): Die Naturräume des Biosphärenreservates Issyk-Kul in Kirgisistan. Dissertation an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.
- KOPP, D. & W. SCHWANECKE (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologischer Forstwirtschaft: Grundzüge von Verfahren und Ergebnissen der forstlichen Standortserkundung in den fünf ostdeutschen Bundesländern. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverlag.
- KOPP, D., JÄGER, K.-D. & M. SUCCOW (1982): Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR. – 339 S. u. Anlagenbd., Akademie-Verlag, Berlin.
- MUSURALIEV, T.M. (1998): Forest management and policy for the walnut-fruit forests of the Kyrgyz Republic. In: BLASER, J., CARTER, J. & D. GILMOUR (eds.) (1998): Biodiversity and Sustainable Use of Kyrgyzstan's Walnut-Fruit Forests. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and INTERCOOPERATION, Bern, Switzerland, pp. 3-17.
- SCHULZE, G. & D. KOPP (1995): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland. Teile A, B, C. (=SEA 95), Hrsg. zuständ. Minist. der Länder Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. Bearb. von 33 Fachwissenschaftlern, 2. völlig neu bearb. Aufl., Stuttgart, Schweizerbart.
- SUCCOW, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde. Gustav Fischer Verlag, Jena, 340 S.

DR. HAGEN GOTTSCHLING
 Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
 Lehrstuhl für Landschaftsökologie
 Grimmer Straße 88
 17487 Greifswald
 email: gottsch@uni-greifswald.de

waldoekologie online	Heft 1	Seite 7 - 10	1 Tab.	Freising, September 2004
----------------------	--------	--------------	--------	--------------------------

Erkundung der Standortzustände im Rahmen forstlicher Kartierungen und des Monitorings als Zweig der forstlichen Standorts- und Naturraumerkundung

Diagnosis of labile forest site conditions in context with forest mapping and monitoring as an objective of landscape survey

Alexander K o n o p a t z k y, Landesforstanstalt Eberswalde

Abstract

The paper summarizes the most common methods of direct or indirect mapping of unstable forest site conditions and its possible utilisation. The demand for the characterization of site conditions is related to the extent that actual conditions differ from the long-term natural site potential. The mapping of actual site conditions is also suitable for condition monitoring. The procedure for the mapping of humus form should increasingly consider geobotanical features, without limiting the representation to a chemically oriented description of upper soil conditions.

Einführung

In diesem Beitrag sollen thesehaft einige Bemerkungen zu den Inhalten, Möglichkeiten und Grenzen, sowie zu den Perspektiven der Erkundung von Standortzuständen ausgeführt werden. In Abgrenzung zur Biotopkartierung und Monitoring von Waldschäden und Pflanzenernährung ist zunächst eine Begriffbestimmung erforderlich. Standortzustände umfassen den variablen Teil der Standortseigenschaften. Je nach Weite der Definition fallen darunter:

- Der Humuszustand anhand der wichtigsten chemischen Eigenschaften,
- der Humuszustand anhand der Humusmorphologie,
- die Bodenvegetation,
- die Bodentiergemeinschaft,
- der (obere) Mineralboden mit seinen veränderlichen Eigenschaften,
- die Immissionsform,
- das Bestandesklima (z.B. Epiphyten als Weiser der Luftfeuchtigkeit).

Der Geländewasserhaushalt wird meist mit den stabilen Eigenschaften der forstlichen Kartierverfahren abgebildet, ist aber zunehmend als Zustandsgröße einzustufen.

Aussagemöglichkeiten über die Standortzustände

Die wichtigsten Aussagemöglichkeiten sind (je nach angewandtem Verfahren):

- Die Kennzeichnung der aktuellen Gleichgewichtslage und der Dynamik hinsichtlich des Stoffhaushalts und der Bodenvegetation sowie des Gelände- und Bestandesklimas,
- die Kennzeichnung des standortsseitigen Verjüngungspotentials an Baum- und Straucharten,
- die Kennzeichnung der Naturnähe (durch Vergleich mit stabilen Standortseigenschaften) bzw. des standörtlichen Entwicklungspotentials (bis zum natürlichen Fließgleichgewicht),
- die Kennzeichnung des Ertragspotentials,
- die Erfassung von Risiken für die Stabilität von Waldbeständen, critical levels / critical loads, langfristig anhaltende Belastungen (z.B. Schwefelbelastung), Erkennen der Erfordernisse des Bodenschutzes,
- das Erfassen und Ausgrenzen von Immissionseinflüssen (besonders für Stickstoff und Säuren/ bzw. Basen) und oft über Koinzidenzen auch die Zuordnung der Emissionsquelle; Erkennen immissionsbedingter Disharmonien,
- die Überprüfung der standörtlichen Nachhaltigkeit von Waldentwicklungen, z.B. im Rahmen der Forsteinrichtungszyklen,
- die Kennzeichnung der Grundwasserneubildung (in Verbindung mit dem Baumbestand und der Vegetationsausbildung).

Der Bedarf an einer Kennzeichnung des Standortzustands ist um so größer, je stärker dieser vom langfristigen natürlichen Standortpotential (den Stamm-Eigenschaften) abweicht. Eine Zustandskennzeichnung ermöglicht eine saubere Trennung von stabilen Standortseigenschaften (z.B. bei der Bestimmung der Bodennährkraft). Dadurch kann man sich bei späteren Aktualisierungen der Standortskarten auf den Standortzustand beschränken, ohne die kostenträchtige Bestimmung der stabilen Eigenschaften ganz oder teilweise erneuern zu müssen.

Erfassung des Standortzustandes

Wie wird der Standortzustand erfasst und welche wichtigen Vor- und Nachteile haben die Ansätze?

Grundsätzlich ist zwischen flächigen Geländekartierungen (meist im Maßstab 1: 5.000 – 1:10.000) und Monitoringansätzen zu unterscheiden:

Die Kartierungen sind notwendigerweise auf die Darstellung von wenigen fest klassierten Größen beschränkt. Derzeit werden Standortzustände in 5 Varianten flächig kartiert (Tab.1), deren wichtigste Vor- und Nachteile kurz erwähnt seien:

- Humusformen im Sinne von stark chemisch orientierten Oberbodenzustandsformen, die über ökologische Zeigerartengruppen kartiert und begleitende chemische Analysen geeicht werden: im nordostdeutschen Tiefland seit ca. 1960 (s. SCHULZE & KOPP 1995; KOPP & SCHWANECKE in AK STANDORTSKARTIERUNG 1996); außerdem in NRW bis vor wenigen Jahren als biologische Zustandsstufe in Manuskriptkarten kartiert ();
Vorteile: Der Ansatz ermöglicht durch eine weitgehend freie Kombinationsmöglichkeit von Einzelmerkmalen eine klare Trennung von stabilen und labilen Standortseigenschaften, damit kann auch künftig der Aktualisierungsbedarf in der Standortkartierung begrenzt werden. Es können fast alle Interpretationsanforderungen abgedeckt werden. Die Interpretation durch überschaubare und schematische Herangehensweise ist einfach und gut reproduzierbar (auch computertechnisch). Eine einfache abgeleitete Biotopkartierung ist durch Kombination mit Daten der Forsteinrichtung über den Waldzustand möglich, so dass Erhebungsredundanzen vermieden werden können: ergänzende Biotoperhebungen brauchen nur für „trächtige“ Flächen durchgeführt werden. Die Kartiereinheiten sind sehr gut mit der Umweltdauerbeobachtung im punkthaften Monitoring verknüpfbar und können flächendeckend mit einheitlichem Qualitätsniveau erhoben werden.
Nachteile: Die Bodenvegetation wird in der Karte nur mittelbar dargestellt: die Anbindung der Einheiten an die Biotopausprägung und dominierenden Arten (entsprechend den Anforderungen des Naturschutzes) ist noch zu gering. Außerdem ist der gegenüber den anderen Ansätzen erhöhte Abstraktionsgrad der Einheiten und Interpretationen nicht so intuitiv zugänglich (größerer didaktischer Aufwand erforderlich)
- an ökologischen Artengruppen für morphologisch definierte Humusformen orientierte Pflanzengesellschaften: z.B. in Niedersachsen: sie sind dort in das Verfahren der Waldbiotopkartierung eingeflossen (s. JAHN & HÜBNER in AK STANDORTSKARTIERUNG 1996):
Die **Vorteile** der Herangehensweise sind vor allem im engen Bezug zur Biotopkartierung und der Betonung der aktuellen ökologischen Gesamtwirkung zu sehen.
Nachteilig sind die eingeschränkte Aussagefähigkeit zur Bodenchemie und Systemdynamik durch eine begrenzte Anzahl vordefinierter Vegetationseinheiten. Es ist eine immer noch relativ komplexe Systematik ist zu beachten und nicht alle realen Vegetationsausprägungen sind mit annähernd gleichbleibender Qualität einzuordnen.
- morphologische Humusformen auf Basis der Humusprofilansprachen: wurden bisher nur in NRW und dort auch nur in Manuskriptkarten des geologischen Dienstes (damals geologisches Landesamt) dargestellt.
Die **Vorteile** bestehen im einfachen Ansatz und dem engen Bezug zum C-Vorrat und zur Bodenzoologie/ der Zersetzergemeinschaft. Gegenüber 1. und 2. ergibt sich eher eine etwas längerfristige Aussage (meist mehrere Dekaden).
Nachteile: Die morphologischen Humusformen sind meist nicht ganzflächig kartierbar; die Ansprachen sind fehleranfällig bzw. subjektiv dehnbar; die Anbindung an Bodenchemie,- physik und -wasserhaushalt ist vorhanden, aber nicht sehr eng; die Interpretationsmöglichkeiten in Richtung Bodenvegetation sind sehr eingeschränkt.
- Rein pflanzensoziologische Ansätze (Pflanzengesellschaften): Sie dominieren in den Biotopkartierungsverfahren der meisten Bundesländer.
Die **Vorteile** sind vor allem in der meist direkten Bestimmung von Biotopwertigkeit und Schutzstatus entsprechend Anforderungen des Naturschutzes zu sehen. Außerdem liefern die Einheiten meist eine anschauliche ökologische Koordinate (Aussagegenauigkeit gegenüber 2. ist aber eingeschränkt).
Nachteile: je nach Anbindung der Einheiten an die Standortkartierung sind meist nur eingeschränkte Interpretationen in Richtung Bodenzustand und Zustandsdynamik möglich. Standortbezogene Auswertungen werden dadurch erschwert, dass innerhalb eines Systems wechselnde Ökofaktoren die Einheiten prägen. Die Einheiten sind starr und teilweise mit einer komplizierter Systematik behaftet. Nicht alle Situationen sind mit gleichbleibender Qualität kartierbar.

Tabelle 1: Übersicht über die relevanten flächigen Kartierverfahren und ihre Aussagekraft in Bezug auf den Standortzustand.

Kartierungsansatz zum Standortzustand	1) chemisch orientierte Oberbodenzustands-formen ("Humusformen")	2) Pflanzengesellschaften, basierend auf ökologischen Artengruppen	3) morphologische Humusformen	4) rein pflanzensoziologische Ansätze
Kennzeichnung Standortzustand chemisch: Humus/humoser Oberboden	XX/X	X	(X)	(X)
Kennzeichnung von Nährstoffdisharmonien (Oberboden)	XX	(X)	-	-
Kennzeichnung des bodenbiologischen Zersetzungsgewichtes	X	XX/X	XX	(X)
Kennzeichnung Standortzustand Gelände-/Bestandesklima	X	X	(X)	(X)
Trennung stabiler / labiler Standortseigenschaften in/gegenüber der Bodenkartierung	XX	X	(X)	(X)
Kennzeichnung des Standortpotentials für die Verjüngung von Baum- und Straucharten	XX	X (größere Wichtung des Baumbestandes)	(X)	(X) (größere Wichtung des Baumbestandes)
Kennzeichnung des realen Verjüngungspotentials	X (in Verbindung mit flächigen Forsteinrichtungsdaten)	XX	(X) (in Verbindung mit flächigen Forsteinrichtungsdaten)	X
Kennzeichnung der aktuellen Bodenvegetation	X: nur mittelbar; dominante Arten nicht direkt erkennbar	XX	-	X (meist starke Wichtung des Baumbestandes)
Kennzeichnung des standörtlichen Naturnäheanteils	XX	X	(X)	(X)
Kennzeichnung aktuellen des standörtlichen Ertragspotentials	XX	XX	(X)	(X)
Erkennen standörtlicher Risiken, Ableitung critical loads, Bodenschutzaussagen	XX	(X)	(X)	(X)
Erkennbarkeit von Immissionsmustern (ernährungsrelevante Komponenten)	XX	X	(X)	(X)
Prüfbarkeit standörtlicher Nachhaltigkeit in der Forsteinrichtung	XX	X	X	(X)
Offenheit der Einheiten für computertechnische Ableitungen/ Verknüpfbarkeit mit Monitoring an Punkten	XX	X	-	(X)
ganzflächig gleiche Aussagequalität zum Standortzustand	XX	X	-	(X)
Anschaulichkeit der Einheiten	X	XX	X	XX

XX = vorrangiger Zweck / hohe Aussagekraft; X = nachrangiger Zweck oder noch gute Aussagekraft; (X) = nur eingeschränkte Aussagekraft; - = nicht/ nur sehr eingeschränkt aussagefähig

Die Chemie des Mineralbodens wird durch keines der genannten Verfahren ausreichend abgebildet, es sei denn, der Mineralbodenzustand befindet sich in einem definierten Verhältnis zum Humuszustand. Naturgemäß ist diese Verknüpfungsmöglichkeit am ehesten im chemisch-pflanzenökologischen Verfahren der nordostdeutschen Standortserkundung gegeben, zumal hier die Klassen einfach wie Messwerte skalierbar sind.

Durch Wiederholung werden Zustandskartierungen zum Zustandsmonitoring. Damit verbunden sind mehrere Probleme:

1. der Bedarf nach Aktualisierungen besteht in der Regel schon nach ca. 10 - 20 Jahren;
2. reine Wiederholungskartierungen für den Standortzustand sind immer schwerer bezahlbar. Bisher läuft zum Beispiel die Zustandskartierung in Ostdeutschland in der Regel in Verbindung mit der Bodenkartierung. Es ist folglich nötig, mit jedem Geländebegang eine möglichst große Aussagenbreite abzudecken, um Parallelarbeit zu vermeiden.
3. Der Zustandswandel erfolgt nicht auf allen Standorten gleich gerichtet und in gleichem Umfang, das Aktualisierungserfordernis ist also standörtlich differenziert. Um diese Differenzierung zu erkennen, sollten geeignete Monitoringnetze ausgewertet werden.

Monitoring

Das Monitoring an Punkten (z.B. BZE, Ökologische Waldzustandskontrolle in Ostdeutschland) kann je nach finanzieller Ausstattung eine fast unbegrenzte Anzahl an Parametern erfassen. Ein Vorteil besteht unter anderem darin, dass echte Messwerte erhoben und diese beispielhaft mit den Klassen aus Kartierungen parallelisiert werden können. Damit eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten, den kartierten Einheiten weitere Eigenschaften zuzuordnen. Eine adäquate flächige Darstellung der Erkenntnisse aus dem Monitoring erfordert wiederum Flächenkartierungen als Grundlage, wofür neben den Standortskarten auch die Daten der Forsteinrichtung eine wichtige Rolle spielen. Zustandskarten werden mindestens als Anfangswerte für flächige Darstellungen aus dem Monitoring benötigt, sind aber auch für Modellvalidierungen bedeutsam. Das gern praktizierte schnelle Produzieren von Zustandskarten aus dem Monitoring ohne ausreichende standörtliche Differenzierung der Basisdaten bringt hingegen in der Regel nur minimalen Erkenntnisgewinn über räumliche Verteilungsmuster. Problematisch ist für die flächige Fortschreibung von Zustandskarten die viel zu geringe Dichte der Hauptnetze des Monitorings – wie z.B. aus der BZE und ÖWK. Hinzu kommen teilweise Probleme mit der Lage der Punkte, da beispielsweise nach landes- oder bundesweiter Repräsentanz ausgesuchte Flächen für kleinere Arbeitsgebiete uninteressant sein können. In Ostdeutschland können z.B. die Probepunkte der älteren Humusformenkartierung herangezogen werden (ca. alle 200 ha ein Probepunkt). Damit ergibt sich auch der wohl günstigste Weg zur Weiterentwicklung und breiten Anwendung von Zustandserhebungen:

- In der Bodenkartierung Schaffen oder Auswerten ausreichender Anzahlen an potenziellen Stützstellen für das Monitoring (z.B. Weiserprofile);
- in der Zustandskartierung durch Gewährleisten der Interpretierbarkeit in alle eingangs angesprochenen Anwendungsrichtungen einerseits und Verknüpfbarkeit mit wesentlichen Messgrößen aus dem punkthaften Monitoring andererseits;
- im Monitoring das Einbeziehen typischer Standorte nach dem Catenaprinzip (möglichst nach Vorauswahl durch die Standortskartierung), die als Stützstellen für Flächeninterpolationen und Modellerstellung dienen.

Im nordostdeutschen Tiefland ist absehbar, dass sich das Verfahren der Humusformenkartierung wieder stärker vegetationskundlichen Ansätzen öffnet, ohne die Darstellung der chemisch orientierten Oberbodenzustände einzuschränken. Damit könnte beispielsweise ein weitergehender Beitrag zur Biotopkartierung geleistet werden. Vorhandene Punkte und Erkenntnisse aus dem Monitoring fließen bereits in aller Regel in die Zustandskartierung ein. Ein nicht zu übersehendes Problem für diese komplexe und möglichst ganzheitliche Herangehensweise ist das inhaltliche, personelle und organisatorische Auseinanderstreben der Akteure aus Kartierungen und Monitoring, die oft unterschiedliche Zielgruppen mit ihren Ergebnissen bedienen. Dabei können sich diese „Fraktionen“ wieder sehr schnell in Untereinheiten auseinanderentwickeln, deren Kommunikation untereinander ebenfalls störanfällig ist. Die AFSV sollte als organisatorischer Rahmen der notwendigen Synthese dieser Strömungen aufgefasst werden, da die eher auf wissenschaftliche Grundlagen orientierten Fachgesellschaften dazu nicht in der Lage sind.

Literatur

AK STANDORTSKARTIERUNG 1996: Forstliche Standortaufnahme. München.
 SCHULZE, G., KOPP, D. 1995: Standortserkundungsanweisung für das Nordostdeutsche Tiefland. Forstplanungsamt Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.), Schwerin.

ALEXANDER KONOPATZKY
 Landesforstanstalt Eberswalde
 Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde
 email: alexander.konopatzky@lfe-e.brandenburg.de

waldökologie online	Heft 1	Seite 11 - 24	9 Tab.	Freising, September 2004
---------------------	--------	---------------	--------	--------------------------

Vorschlag für eine Rahmenklassifikation der Waldstandorte Deutschlands nach Ökotoptgruppen

Proposal for a national classification of forest sites in Germany according to ecotope groups

Dietrich K o p p, Tewswoods

Abstract

Site survey in Germany became widespread after the Second World War. The West German states of the former Federal Republic developed state-specific procedures – in accordance with the sovereignty of each forest administration. A national working group for site mapping was founded in 1953. However, this working group only pursued the goal of co-ordinating the determination procedures. It was not authorized to fundamentally revise the procedures - whether focussed on the site, the vegetation, or on an equally important combination of both. Hence at national level, no unified framework of classification exists.

The procedures of the individual states of the Federal Republic are documented in the manual of forest site survey, which appeared in 5 editions between 1958 and 1996. At least in East Germany, a uniform procedure had already been developed, implicating only a few not completely resolved differences between lowlands, hills and mountainous landscape. Its procedures differ however from those used in West Germany. With respect to description of forest site and soil systematics only, co-operation took place until the end of the 1950's.

With the increasing importance of national and European evaluations, e.g. in recent times the inventory of soil condition, the calls for a comparable basis of survey at federal level became ever louder. Research and development on the state-specific procedures is advanced or partly complete, only the search for a national framework of classification remains. As a final step, all regional classifications should be integrated in this framework. Ecotope groups recommend themselves as objective units for such a framework of classification.

Ecotope groups are equally effective for research on forest vegetation, reflecting the same combination of trophotope, hygrotape and climatope. The groups should mostly reflect natural characteristics.

Einführung

Die nach dem zweiten Weltkrieg in Deutschland flächenhaft einsetzende Standortserkundung entwickelte sich in den westdeutschen Ländern der alten Bundesrepublik - der Länderhoheit der Forstverwaltung entsprechend - mit länderspezifischen Verfahren. Zwar besteht seit 1953 ein länderübergreifender Arbeitskreis Standortkartierung. Dieser Arbeitskreis verfolgte aber nur das Ziel, die Anspracheverfahren bundesweit abzustimmen; die Verfahren in den Grundzügen abzustimmen - ob mit Schwergewicht auf dem Standort oder der Vegetation oder auf gleichrangiger Kombination - und eine Vereinheitlichung der Klassifikation verfolgte er nicht.

Dokumentiert ist diese Arbeitsweise in dem Buch Forstliche Standortsaufnahme, das zwischen 1958 und 1996 in 5 Auflagen erschienen ist. Aus dem Abschnitt „Die Verfahren der einzelnen Bundesländer“ sind die Unterschiede zwischen den Ländern ersichtlich.

In den ostdeutschen, der ehemaligen DDR angehörigen Ländern entstand schon früh ein einheitliches Verfahren mit nur wenigen, nicht ganz überwundenen Unterschieden zwischen Tiefland sowie Hügel- und Bergland. Es unterscheidet sich aber von den Verfahren der westdeutschen Länder. Nur in der Standortbeschreibung und Bodensystematik gab es bis Ende der fünfziger Jahre Zusammenarbeit.

Mit der Zunahme bundesweiter und EU-weiter Auswertungen, z.B. jüngst bei der Bodenzustandserhebung, wird der Ruf nach einer bundesweit vergleichbaren Standortsbasis immer lauter. Da andererseits die Erkundung nach den länderspezifischen Verfahren weit fortgeschritten oder gar abgeschlossen ist, bleibt nur die Suche nach einer bundesweiten Rahmenklassifikation, in die alle Länderklassifikationen einfügbar sind. Als Einheiten einer solchen Rahmenklassifikation bieten sich Waldökotopgruppen an.

In einer Waldökotopgruppe werden Standorte (Standortsformen usw.) vereinigt, die sich in ihrer Wirksamkeit für die Waldvegetation gleichen oder stark ähneln und die - auf der Standortsseite - aus der gleichen Kombination von ökologischer Nährkraft-, Feuchte-, Substrat- und Klimastufe bestehen. Die Stufenkombination sollte weitgehend natürliche Eigenschaften widerspiegeln; in die Nährkraftstufe könnten aber - zumindest vorerst - auch anthropogen leicht abgewandelte Eigenschaften eingehen.

Klassifikation der Ökotopgruppen

Die Ökotopgruppe setzt sich zusammen aus ökologischer

- Nährkraftstufe
- Feuchtestufe, klimaintern
- Substratstufe
- Klimastufe aus Höhenstufe und Lateralklimastufe.

Um Konkurrenzen mit bestehenden Symbolschlüsseln zu vermeiden, wird diese Stufenkombination mit arabischen Ziffern symbolisiert: Ziffer 1 und 2 für die Nährkraftstufe, Ziffer 3 und 4 für die klimainterne Feuchtestufe, Ziffer 5 und 6 für die Substratstufe, Ziffer 7 und 8 für die Klimastufe. Die Ziffern steigen mit wachsender Merkmalsausprägung auf.

1 Nährkraftstufen (Ziffern 1 und 2)

Vorrangig ist die natürliche, in der natürlichen Waldvegetation sich widerspiegelnde Nährkraft. Die 1. Ziffer steht für die vom natürlichen Stickstoffstatus angeführte Merkmalsabstufung, die 2. Ziffer für den natürlichen Säure-Basenstatus. Wo beide Stufen harmonisieren, kann die 2. Ziffer im praktischen Gebrauch entfallen. Sie erscheint daher eingeklammert. Hier die Stufen:

1	-	extrem arm
2	-	sehr arm
3(3)	-	arm (ziemlich schwach)
4(4)	-	ziemlich arm (schwach)
5(5)	-	mittel (ziemlich kräftig)
6(6)	-	ziemlich reich (kräftig)
7(7)	-	reich (sehr kräftig, silikatisch)
8(8)	-	sehr reich (sehr kräftig, karbonatisch)

Bei Bedarf können auch die Stufen 6 bis 3 mit karbonatisch verknüpft sein, z.B. 38-Arm-karbonatisch bei unentwässertem kalkoligotrophem Moorstandort.

Tabelle 1: Grobmerkmal der Nährkraftstufen der deutschlandweiten natürlichen Ökotopgruppen.

Nährkraftstufe		Bodenmerkmale				Vegetationsmerkmale (ohne Differenzierung nach Feuchteansprüchen)
Symbol	Bezeichnung	Humusform unter natur-nahen Best.	Nt v Ct in vegetationswirksamer Bodentiefe	C/N	Sätt. ¹ u.pH	
3 (3)	Arm	Rohhumus	bis 3,4	>29,4	gering	Vorherrschaft säurefester und Stickstoffarmut anzeigender Arten und Artengruppen wie Blaubeere ≥ 3 , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> -Gruppe, <i>Molinia caerulea</i> -Gruppe, <i>Eriophorum</i> -Gruppe sowie Kiefer und Fichte
4 (4)	Ziemlich arm (Schwach)	rohhumus-artiger Moder	3,2 ...4,4	31,2 ...22,7	ziemlich gering	mit Vorherrschaft säurefester und Stickstoffarmut ertragender Arten wie bei Arm, aber mit Beimischung von Arten der Stufe Mittel
5 (5)	Mittel	Moder	4,2 ...5,6	23,8 ...17,8	mäßig	Bodenvegetation ohne Vorherrschaft säurefester und Stickstoffarmut ertragender Arten und Artengruppen, aber mit Artengruppen, die vom reichen Flügel her gegen ziempl. arm Trennarten sind, wie <i>Poa nemoralis</i> -, <i>Veronica chamaedrys</i> -, <i>Dryopteris filix-mas</i> - und <i>Deschampsia cespitosa</i> -Gruppe sowie Baumarten mit mittlerem Nährstoffanspruch
6 (6)	Ziemlich Reich (Kräftig)	Mullartiger Moder (F Mull)	5,4 ...7,0	18,5 ...14,2	ziemlich hoch	Bodenvegetation mit Trennarten gegen Mittel wie <i>Galium odoratum</i> -, <i>Brachypodium sylvaticum</i> -, <i>Carex-silvatica</i> -, <i>Festuca gigantea</i> -, <i>Circaea lutetiana</i> -, <i>Cirsium oleraceum</i> -Gruppe sowie Baumarten mit ziemlich hohem Nährstoffanspruch
77	Reich-silikatisch	Mull (L-Mull)	>6,8	<14,7	hoch	Bodenvegetation mit anspruchsvollen Artengruppen, wie <i>Paris quadrifolia</i> -, <i>Pulmonaria</i> -, <i>Adoxa moschatellina</i> -, <i>Veronica hederifolia</i> -Gruppe sowie mit Edellaubbäumen in der Baumvegetation
78	Reich-karbonatisch	desgl.	"	"	sehr hoch	wie zuvor

¹ Die Wertespanspannen hängen von der Bestimmungsmethode ab. Nach der Methode Kappen-Adrian z.B. sind die Spannen in % Basensätt.: gering =< 10, ziempl. gering 10...18, mittel > 18...30, ziempl. hoch > 30...46, hoch >46...66, sehr hoch > 66.

Tabelle 1 enthält Grobmerkmale der natürlichen Nährkraftstufen. Sie sind bewusst großzügig gefasst, damit die unterschiedlichen Länderklassifikationen einfügbar sind.

Wo zusätzlich zu natürlichen Nährkraftstufen (Stamm-Nährkraftstufen) auch Zustands-Nährkraftstufen kartiert wurden, gehen diese - dann auch stets doppelstufig für Stickstoff- und Säure-Basenstufe- in die Klassifikation ein. Das Ziffernsymbol der Zustands-Nährkraftstufe wird in eckigen Klammern hinter das Ziffernsymbol der natürlichen Nährkraftstufe gesetzt z.B. 6[53] ziemi. reich [in mäßig stickstoffhaltig-basenarmem Zustand].

Anmerkung: Stamm- und Zustands-Nährkraftstufe könnten auch als Bruch geschrieben werden, wobei die Zustands-Nährkraftstufe im Zähler steht z.B. 53/6 mäßig stickstoffhaltig- basenarm bei Ziemlich reich als Stamm-Nährkraft. Tabelle 2 zeigt die Kombinationen von Stickstoff- und Säure-Basenstufe zur Zustands-Nährkraftstufe.

Tabelle 2: Zustands-Nährkraftstufen mit Angabe der Humusform bei Harmonie zwischen Stickstoff- und Säure-Basenstufe

Stickstoffstufe nach N _c %	C/N	Säure-Basenstufe nach Basensättigung in % (obere Zahlen) und pHKCl (untere Zahlen) im O-Horizont bzw. A 0 - 1 cm					
		≥66	66 - 46	46 - 30	30 - 18	18 - 10	10 - 6
im O-Horizont bzw. A 0 -1cm		≥6,0	6,2 - 4,8	5,0 - 4,0	4,2 - 3,2	≤3,4	
10,4 - 8,4	9,6 -11,9	88	87	86			
8,6 - 6,8	11,6 - 14,9	78	77 Mull	76	75		
7,0 - 5,4	14,2 - 18,5	68	67	66 mullartig. Moder	65	64	
5,6 -4,2	17,8 - 31,2	58	57	56	55 Moder	54	
4,4 -3,2	22,7	48	47	46	45	44 rohh.-art. Moder	43
3,4 -2,4	29,4 - 41,6	38	37	36	35	34	33
≤2,6	≥38,4			26	25	Rohhumus ¹	23
						Magerrohhumus ¹	

¹ Rohhumus und Magerrohhumus gelten in beiden Säure-Basenstufen als harmonisch.

2 Feuchtestufen (Ziffern 3 und 4)

Die Feuchtestufung gilt klimaintern; sie ist eine relative Abstufung innerhalb gleicher Großklimare. Die Ziffer 3 bringt die Feuchte in ihrer Gesamtwirkung auf die Vegetation zum Ausdruck; die Ziffer 4 kennzeichnet Eigenschaften, die Unterschiede im Zustandekommen der Gesamtwirkung ausdrücken. Hier die Stufen für die Gesamtwirkung (Ziffer 3):

- 1 - sehr trocken
- 2 - trocken
- 3 - mittelfrisch
- 4 - frisch
- 5 - feucht
- 6 - nass
- 7 - sehr nass
- 8 - überwässert

Tabelle 3 zeigt die Definitionsmerkmale der Feuchtestufen für die Gesamtwirkung auf die Vegetation in Ziffer 3.

Tabelle 3: Grobmerkmal der ökologischen Feuchtestufen für Gesamtwirkung bei den deutschlandweiten natürlichen Ökotoptgruppen.

Feuchtestufen Symbol	Bezeichnung	Lage im Relief	Boden	Bodenvegetation (ohne Differenzierung nach Nährkraftanspruch)
1	sehr trocken	stark exponiert	anhydromorph	extreme Trockenheitszeiger, wie.....
2	Trocken	mäßig exponiert	anhydromorph	mäßige Trockenheitszeiger, wie Duftprimel,
3	Mittelfrisch	eben oder weder expon. noch be- günst. Relief Lage	anhydromorph	Gros der weder Trockenheit noch Frische und Feuchte anzeigenden Pflanzen
4	Frisch	begünstigte Relief Lage	anhydromorph	durch Trennarten gegen Mittelfrisch abgegrenzt, bei besserer Nährkraft z.B. durch Farnreichtum, aber wenig ausgeprägt, bei schlechterer Nährkraft dagegen deutlich durch Pfeifengras + und 1 oder vitale Blaubeere
		eben	anhydr. mit Grundfrische, Staugley mit Wechselfrische, Auenboden mit zeitweiliger Überflutung	
5	Feucht	ebene oder Senkenlage	Halb- und Vollgrundlgeye mit Grundfeuchte, Staugleye mit Staufeuchte, Auenboden mit Überflutungsfeuchte, Moorböden mit Grundfeuchte nach starker Entwässerung	durch Trennarten und -artengruppen gegen Frisch abgegrenzt, z.B. <i>Paris quadrifolia</i> -Gruppe, <i>Deschampsia cespitosa</i> -Gruppe, <i>Molinia caerulea</i> -Gruppe, vitaler Adlerfarn > 3
6	Nass	ebene oder Senkenlage	vollhydr. Mineralböden oder Moorböden nach mäßiger Entwässerung	durch Trennarten und -artengruppen gegen Feucht abgegrenzt, z.B. <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Cirsium oleraceum</i> -Gruppe, <i>Iris pseudacorus</i> -Gruppe, <i>Solanum dulcamara</i> -Gruppe, Torfmoos- Gruppe
7	Sehr nass	ebene oder Senkenlage	vorwieg. Moorböden nach geringer Entwässerung	durch Trennarten und -artengruppen gegen Nass abgegrenzt, z.B. Sumpfgroßseggen, Kleinseggen und Wollgras

Hier die Stufen für Ziffer 4:

Bei Mineralböden:

- 1 - mit Normalspanne zwischen jahreszeitlicher Nass- mit Trockenphase
- 2 - mit mäßig verstärktem Wechsel zwischen Nass- und Trockenphase
- 3 - mit starkem Wechsel von Überflutung/Überwässerung und Trockenphase

Bei Moorböden:

- 6 - mit Normalspanne zwischen jahreszeitlicher Nass- und Trockenphase
- 7 - mit mäßig verstärktem Wechsel zwischen Nass- und Trockenphase
- 8 - mit starkem Wechsel von Überflutung/Überwässerung und Trockenphase

3 Substratstufen (Ziffern 5 und 6)

Die Substratstufe wird in ihrer Vegetationswirksamkeit zwar schon über Nährkraft- und Feuchtestufe erfasst. Dennoch hat sie, vor allem für den Technikeinsatz im Waldbau, auch eine unmittelbare Wirkung. Die Ziffer 5 kennzeichnet die Körnungsschwere in den oberen 0,8 m des Bodens; die Ziffer 6 steht für die Differenzierung in Lockergestein, Locker- über Festgestein und Festgestein. Hier die Stufen für Ziffer 5:

- 1 - sandig
- 2 - lehmig
- 3 - tonig
- 0 - organisch

Folgende Stufen gelten für die Ziffer 6:

- 1 - Lockergestein
- 2 - Locker- über Festgestein
- 3 - Festgestein ohne wesentliche Fremddecke aus Lockergestein

4 Klimastufen (Ziffern 7 und 8)

Die ökologische Klimastufe kennzeichnet das Groß- oder Regionalklima. Sie ist zweigliedrig und besteht aus Höhenstufe und Lateralklimastufe. Die Höhenabstufung ist vorrangig auf das Wärmeklima ausgerichtet; das Lateralklima auf Unterschiede in der Klimafeuchte aufgrund der Lage im Maritim-Kontinentalgefälle. Die Höhenstufen (Ziffer 7):

- 1 - Planarstufe
- 2 - Collinstufe
- 3 - Submontanstufe
- 4 - Montanstufe
- 5 - Hochmontanstufe
- 6 - Subalpinstufe
- 7 - Alpinstufe

Die Lateralklimastufen werden nach Maritimität-Kontinentalität gegliedert. Ihre Anzahl nimmt mit aufsteigender Höhenstufe ab. Von der Submontanstufe an werden mit dem Lateralklima besonders Stau- und Leeeffekte erfasst. In der Planarstufe gliedert sich das Lateralklima wie folgt (Ziffer 7 und 8):

- 11 - sehr (klima-)trocken
- 12 - (klima-)trocken
- 13 - mäßig (klima-)trocken
- 14 - mäßig binnenfeucht
- 15 - binnenfeucht
- 16 - sehr binnenfeucht
- 17 - mäßig küstenfeucht
- 18 - küstenfeucht
- 19 - sehr küstenfeucht

Von der Collinstufe an aufwärts ist die Verknüpfung mit Lateralklimastufen aus Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4: Kombination zwischen Höhenstufe und Lateralklimastufe.

Höhenstufe	Lateralklimastufe				
	2 Trocken	3 Mäßig trocken	4 mäßig feucht	5 Feucht	6 Sehr feucht
2. Collin	22	23	24	25	26
3. Submontan		33	34	35	36
4. Montan			44	45	46
5. Hochmontan				55	56
6. Subalpin					66

Merkmalstabellen mit der Definition der Höhenstufen und Lateralklimastufen können als Entwurfsfassung kurzfristig erarbeitet werden. Für die Planarstufe mit ihren 9 Lateralklimastufen liegt ein Entwurf bereits vor.

Einordnungsbeispiele von Länderklassifikationen in die Rahmengruppierung

Die Eignung der im Abschnitt 2 erläuterten Rahmengruppierung soll am Beispiel einiger Länderklassifikationen geprüft werden. Die Rahmengruppierung sollte dabei in etwa gleicher Ökogrammgestalt dargestellt werden: nach der Kombination der ökologischen Nährkraft- und Feuchtestufe sowie Substratstufe. Die Unterschiede zwischen den ökologischen Klimastufen ergeben sich aus dem Vergleich der klimastufenweise erarbeiteten Ökogramme. Bisher ist nur das nordostdeutsche Tiefland als Einordnungsbeispiel verfügbar. Weitere Länderverfahren sind im Gespräch.

Tabelle 5: Zuordnung der Stamm-Standortsformengruppen des nordostdeutschen Tieflandes zu den deutschlandweiten Ökotopgruppen am Beispiel der Klimastufe 13–planar-mäßig trocken.

Feuchtestufe	Substratstufe	Nährkraftstufe					
		78-Reich-karbonatisch	77-Reich-silikatisch	6-Ziemlich reich (Kräftig)	5-Mittel	4-Ziemlich arm	3-Arm
Symbol der Nährkraft^a-Feuchtestufenkomb. Ergänzt durch die Substratstufe							
2 1 Trocken	21 lehmig 11 sandig	RC3/RCT(L)	R3/RT(L)	K3/KT(L) " (S)	M3/MT(L) " (S)	Z3/ZT(S)	A3/AT(S)
3 1 Mittelfrisch	21 lehmig 11 sandig	RC2/RCM(L)	R2/RM(L)	K2/KM(L) " (S)	M2/MM(L) " (S)	Z2/ZM(S)	A2/AM(S)
4 1 relief...	21 lehmig 11 sandig	RC1/RI(L)	R1/RI(L)	K1/KI(L) " (S)	M1/MI(L) " (S)	Z1/ZI(S)	A1/AI(S)
4 2 Frisch grund...	11 sandig			K1/KI(S)	M1/MI(S)	Z1/ZI(S)	A1/AI(S)
4 3 Frisch wechsel...	21 lehmig	WRC2/RClw(L)	WR2/Riw(L)	WK2/Kiw(L)	WM2/M1w(L)		
4 4 überflut...	21 lehmig 11 sandig	URC2/RClü(L)	ÜR2/Riü(L) " (S)	ÜK2/KI ü(L) " (S)			
5 2 Feucht dauer...	21 lehmig 11 sandig	NRC2/RCF(L) " (S)	NR"/KF(L) " (S)	NK2/KF(L) " (S)	NM2/KM(L) " (S)	NZ2/ZF(S)	NA2/AF(S)
5 7 Feucht organ. ^c	01 organ. ^c	ORC4/RCF(D)	OR4/RF(O)	OK4/KF(O)	OM4/MF(O)	OZ4/ZF(O)	OA4/AF(O)
5 4 überflut...	21 lehmig 11 sandig	URC1/RCFü(L) " (S)	ÜR1/Rfü(L) " (S)	ÜK1/Kfü(L) " (S)			
5 8 organ. ^c	01 organ. ^c	RCFü(O)	Rfü(O)	Rkü(O)			
6 2 dauer...	21 lehmig 11 sandig		NR1/RN(L) " (S)	NK1/KN(L) " (S)	NM1/MN(L) " (S)	NZ1/ZN(S)	NA1/AN(S)
6 7 Nass organ. ^c	01 organ. ^c		OR3/RN(O)	OK3/KN(O)	OM3/MN(O)	OZ3/ZN(O)	OA3/AN(O)
6 4 überflut...	21 lehmig 11 sandig		ÜRO/RNü(L) " (S)	ÜKO/KNü(L) " (S)			
6 8 organ. ^c	01 organ. ^c		RNü(O)	KNü(O)			
7 Sehr nass	21 lehmig 11 sandig 01 organ.			KS(L) " (S) OK2/KS(O)	MS(L) " (S) OM2/MS(O)	OZ2/ZS(O)	OA2/AS(O)
Stamm-Vegetationsform im Hauptwaldstadium^b am Beispiel der Klimastufe m							
2 1 Trocken		trockner Orchideen	trockner Lungenkraut-	trockner Goldnessel-	trockner Hainrispen-	Schattenblumen-Drahtschmielen-	Drahtschielen-Traubeneichen-Kiefernwald
3 1 Mittelfrisch		Traubeneichen - Buchenwald				Sauerklee-Blaubeer-	Blaubeer-Buchen-Kiefernwald
4 1 Frisch - relief...		Traubeneichen - Buchenwald				Pfeifengras-Sauerklee- Bl.-	Pfeifengras-Blaubeer-Bu Ki W
4 2 " grund...			frischer Lungenkraut	frischer Goldnessel-	frischer Hainrispen-		
4 3 " wechsel...			Traubeneichen-Buchenwald				
4 4 Frisch - überflut. ...		Lerchensporen-Eschen-Ulmenauenwald		Riesenschwingel-Hainbuchen-Stieleichenauenwald			
5 2 Feucht, grund...		Rasenschmielen-Lungenkraut-Eschen-Buchenwald		Rasenschmielen-Goldnessel-	Rasenschmielen-	Sauerklee-Pfeifengras-Stieleichen-Buchenwald	Pfeifengras-Birken-Stieleichenwald
5 7 organ. ^c		Rasenschmielen-Letchensporen-Eschen-Ulmenauenwald		Rasenschmielen-Riesenschwingel-Hbu-SEI Auenwald			
5 4 Feucht, überflut...		Iris-Lungenkraut-Erlen-Eschenwald		Kohldistel-	Iris-Torfmoos-	Sauerklee-Torfmoos-Stieleichen-Moorbirkenwald	Torfmoos-Kiefern-Morrbirkenwald
5 8 organ. ^c		Iris-Lerchensporen-Eschen-Ulmenauenwald		Iris-Riesenschwingel-Stieleichenauenwald			
6 2 nass, grund...		Sumpfschwingel-Erlenwald		Grauseggen-Moorbirken-Erlenwald	Kleinschwingel-Moorbirkenwald	Wollgras-	
6 7 organ. ^c							
6 4 nass, überflut. ...							
6 8 organ. ^c							
7 Sehr nass							

^a Nach dem Schrägstrich eine in der Feuchtestufe logischere Symbolfassung zur außerforstlichen Anwendung.

^b Die Auenwälder haben den Charakter von Zwischenwaldstadien. Zum Hauptwald kämen sie erst nach Ausscheiden aus den Überflutungsgruppen.

^c Hier stets aus Entwässerung.

Für die am stärksten verbreitete und unter den Klimastufen in der Mitte stehende Klimastufe m-mäßig trockenes Tieflandsklima zeigt das Ökogramm in Tabelle 5 die Zuordnung der Stamm-Standortsformengruppen zur deutschlandweiten Ökotopgruppierung. Alle Standorte darin gehören zur Klimastufe 13-Planar-mäßig trocken.

Tabelle 5 enthält zwei Teilökogramme, deren Inhalt in gleicher Weise in ein Fachwerk der im Abschnitt 2 vorgestellten Nährkraft- und Feuchtestufen eingeordnet ist. Das obere Teilökogramm enthält die Symbole von Stamm-Standortsformengruppen, die bereits als ein Vorläufer der hier vorgeschlagenen Ökotopgruppierung angesehen werden können. Das untere Teilökogramm hat die Stamm-Vegetationsformen im Hauptwaldstadium zum Inhalt. Gleiche Plätze in den Teilökogrammen machen Kongruenz im Naturraum sichtbar, z.B. K2 und Goldnessel-Traubeneichen-Buchenwald.

Aus Tabelle 6, ebenfalls als Ökogramm gestaltet, ist die Zusammensetzung der Ökotopgruppen aus Standortsformen mit ihren Komponentenformen für Boden, Grund-Stauwasser und reliefbedingte Mesoklimaabweichungen vom Großklima ersichtlich. Die Nährkraft- und Feuchtestufe kommen in der lateralen und vertikalen Anordnung des Ökogramms zum Ausdruck; die Substratstufen ergeben sich aus der farblichen Unterlegung der Bodenformen-Felder im Innern des Ökogramms.

Tabelle 6: Zusammensetzung der natürlichen Ökotoptypen im nordostdeutschen Tiefland aus Stamm-Standortsformen.

		Stamm - Standortformen		Stamm-Bodenform (Auswahl)		
		reliefbedingte Feuchte	Grund- und Stauwasserform	aus Hauptform und nach Nährkraft zusammengefaßten Feinbodenformen		
21	Trocken	relieftrocken	ohne	Formen wie bei mittelfrisch, semihydromorph aber selten		
31	Mittelfrisch	mittlere Stufe	ohne oder höchstens halbezeitig beeinflusst	Kalklehm-Rends. Lehm-Fahlerde Tieflehm-Fahlerde Sand-Bänderbraunerde Sand-Braunerde humusärmere Sand-Podsole		
			ohne oder höchstens kurzzeitig nah	kl-Staugleyrends. Lehm-Staugleyfahlerde Tieflehm-Staugleyfahlerde Sand-Grundgleybraunerde humsärmere Sand-Grundgleypodsole		
		41	Frisch, relief...	relieffrisch	wie darüber	wie darüber
				42	Frisch, grund...	ohne Besonderheiten
43	Frisch, wechsel...	↓	kurzzeitig stauwasserbeh.	Lehm-Graustaugley Tieflehm-Graustaugley		
44	Frisch, überflutungs.		kurzzeitig gering überflutet	kol-Vega " -Gleyvega Klocklehm-Vega " -Gleyvega		
			desgl. und kurzzeitig grundwasserbeeinflusst	kol/s-Vega " -Amphigleyvega Deckklocklehm-Vega " -Amphigleyvega		
			langzeitig grundwasserbeeinflusst	kos-Vega " -Grundgleyvega Klocksand-Vega " -Grundgleyvega		
52	Feucht, grund... min.	halbzeitig stauwasserbeh.	Lehm-Graustaugley	Tieflehm-Graustaugley Sand-Grundgleybraunerde Sand-Grundgleypodsole		
		langzeitig grundwassernah		Sand-Graugrundgley		

Feuchtestufe	Nährkraftstufe					
	78 Reich-karbonatisch	77 Reich-silikatisch	6 Ziemlich reich (Kräftig)	5 Mittel	4 Ziemlich arm	3 Arm
Stamm - Standortformen						
reliefbedingte Feuchte	Grund- und Stauwasserform	Stamm-Bodenform (Auswahl) aus Hauptform und nach Nährkraft zusammengefaßten Feinbodenformen				
57 Feucht, grund... org.	langzeitig grundwassernah	Deckhalbtorf-Mulm über Sand		Deckvollturf-Mulm über Sand		
		Halbtorf-Mulm		Vollturf-Mulm		
54 Feucht, überflut... min.	kurzzeitig zieml. gering überflutet desgl. u. langzeitig grundwassernah	kol-Grundgley	Klocklehm-Graugley			
		kol/s Grauamphigl.	Deckklocklehm-Grauamphigley			
		kos-Graugrundgl.	Klocksand-Graugrundgley			
			Lehm-Humusstaugley			
			Tieflehm-Humusstaugley			
62 nass, grund... min.	langzeitig stauwasserbeherrscht		Lehm-Anmoorstaugley			
			Lehm-Moorstaugley			
	langzeitig grundwasserbeherrscht	Sand-Humusgrundgley				
		Sand-Anmoorgundgley				
				Sand-Moorgundgley		
67 nass, grund... org.	langzeitig stauwasserbeh.	Deckhalbtorf-Erdfen über Lehm		Deckvollturf-Erdfen über Lehm		
		kih/s-Erdfen		Deckvollturf-Erdfen über Sand		
	langzeitig grundwasserbeherrscht	Deckhalbtorf-Erdfen über Sand		Deckvollturf-Erdfen über Sand		
		Halbtorf-Erdfen		Vollturf-Erdfen		
64 nass, überflut.. min.	kurzzeitig mäßig überflutet desgl. und grundwasserbeherrscht	kol-Humusgley	Klocklehm-Humusgley			
		kol/s-HA	Deckklocklehm-Humusamphigley			
		kol/s-AA	Deckklocklehm-Anmooramphigley			
		kos-HG	Klocksand-Humusgrundgley			
		kos-AG	Klocksand-Anmoorgundgley			

Feuchtestufe	Stamm - Standortsformen reliefbedingte Grund- und Stauwasserform Feuchte	Nährkraftstufe					
		78 Reich-karbonatisch	77 Reich-silikatisch	6 Ziemlich reich (Kräftig)	5 Mittel	4 Ziemlich arm	3 Arm
7 Sehr nass	langzeitig stausumpfig	Stamm-Bodenform (Auswahl) aus Hauptform und nach Nährkraft zusammengefaßten Feinbodenformen					
		Lehm-Anmoorstaugley	Lehm-Moorstaugley				
		Deckhalbtorf-Fen über Lehm	Deckvolltorf-Fen über Lehm				
		Sand-Anmoorgrundgley	Sand-Moorgrundgley				
		Deckhalbtorf-Fen über Sand	Deckvolltorf-Fen über Sand				
	langzeitig grundsumpfig	Halbtorf-Fen					
		Volltorf-Fen					
Substratstufe (farbliche Feldunterlegung)							
11 sandig	} auf Locker-substrat						
21 lehmig							
31 fonig							
01 organisch							

Wie beide Tabellen zeigen, lassen sich die Stamm-Standortsformen nach Vegetationswirksamkeit zu Standortsformengruppen zusammenfassen.

Da im nordostdeutschen Tiefland Stamm- und Zustandseigenschaften getrennt kartiert werden, treten zu den natürlichen Ökotoptypen noch Zustands-Ökotoptypen hinzu, vor allem für die Nährkraft. Aus der Gegenüberstellung von natürlicher (Stamm-) und Zustands-Nährkraftstufe ergibt sich die Nährkraftabweichstufe.

Tabelle 7: Zuordnung der Zustands-Standortsformengruppen des nordostdeutschen Tieflandes zu deutschlandweiten Zustands-Ökotoptypen bei harmonischer Nährkraft.

Zustands-Feuchtestufe	Zustands-Nährkraftstufe							
	78 reich karbonat.	77 reich silikat.	6 zieml. reich kräftig	5 mittel	4 zieml. arm	3 arm	2 sehr arm	1 extrem arm
Symbol der Nährkraft-Feuchtestufenkombination								
2 trocken	ct	rt	kt	mt	zt	at	dt ^a	et
3 mäßig frisch	cm	rm	km	mm	zm	am	dm ^a	em
4 frisch	ci	ri	ki	mi	zi	ai	di ^a	
5 feucht	cf	rf	kf	mf	zf	af		
6 nass	cn	rn	kn	mn	zn	an		
Zustands-Vegetationsform (als Formengruppe)								
2 trocken	Duftprimel-Formengruppe							
3 mäßig frisch	Lungenkraut-Formengruppe		Riesenschwingel-Formengruppe	Sauerklee-Formengruppe	Kräuter-Blaubeer-Formengruppe	Blaubeer-Formengruppe	Zypressenmoos-Formengruppe	Flechten-Formengruppe
4 frisch					Pfeifengras-Kräuter-Blaubeer-Formengruppe	Pfeifengras-Blaubeer-Formengruppe	Pfeifengras-Zypressenmoos-Formengruppe	
5 feucht	Rasenschmielen-Lungenkraut-Formengruppe		Rasenschmielen-Riesenschwingel-Formengruppe	Rasenschmielen-Formengruppe	Sauerklee-Pfeifengras-Formengruppe	Pfeifengras-Formengruppe		
6 nass		Iris-Lungenkraut-Formengruppe	Kohldistel-Formengruppe	Iris-Torfmoos-Formengruppe	Sauerklee-Torfmoos-Formengruppe	Torfmoos-Formengruppe		
Humusform als Komponente der Standortsform								
2 trocken	trock. Mull						trock. Ma-	trock. Hun-
3 mäßig frisch	mäßig.f. Mull		mäßig.f. mull-	mäßig.f.	mäßig.f. roh-	mäßig.f. (Nor-	mäßig.f. ger-	mäßig.f. ger-
4 frisch	frisch. Mull		frisch. artiger	frisch. Moder	frisch. humusartiger	frisch. mal)	frisch. roh-humus	frisch. roh-humus
5 feucht	feucht. Mull		feucht Mon-	feucht	feucht ger	feucht Roh-		
6 nass	nasser Mull		nasser	nasser	nasser Moder	nasser humus		

^a d von dystroph

Tabelle 7 gibt, wiederum als Ökogramm, eine Übersicht über die für die deutschlandweite Rahmenklassifikation gedachten Zustands-Ökotoptypen wider und die diesen zugeordneten Zustands-Standortsformengruppen des nordostdeutschen Tieflandes, und zwar für fremdstoffarme Standortzustände mit Harmonie zwischen Stickstoff- und Säure-Basenstufe der Nährkraft. Das obere Teilökogramm enthält das Symbol der Zustands-Ökotoptypen, das mittlere den Namen der Zustands-Vegetationsform (als Formengruppe) und das untere die Humusform (Oberbodenzustandsform).

Bei fremdstoffbedingter Disharmonie zwischen Stickstoff- und Säure-Basenstufe geht die Nährkraft in alle drei Teilökogramme zweigliedrig ein (Tab. 8).

Tabelle 8: Zuordnung der Zustands-Standortsformengruppen des nordostdeutschen Tieflandes zu deutschlandweiten Zustands-Ökotopgruppen bei disharmonischer Nährkraft am Beispiel der Feuchtestufe mittelfrisch.

Stickstoffstufe	Säure-Basenstufe		7 basenreich		6 zieml. basenreich		5 mäßig basenhaltig		4 zieml. basenarm		3 basenarm	
	8 karbonathaltig											
Symbol der Stufenkombination ^a												
7 stickstoffreich	rc		rr		rk		rm		rz			
6 zieml. stickstoffreich	kc		kr		kk		km		kz			
5 mäßig stickstoffhaltig	mc		mr		mk		mm		mz			
4 zieml. stickstoffarm	zc		zr		zk		zm		zz		za	
3 stickstoffarm	ac		ar		ak		am		az		aa	
2 sehr stickstoffarm,					dk		dm		dz		da	
Zustands-Vegetationsform (als Formengruppe)												
7 stickstoffreich												
6 zieml. stickstoffreich	Kratzbeer-Waldzwenken-Formengruppe		Wicken-Waldzwenken-Formengruppe		Waldzwenken-Formengruppe		Wolfsmilch-Holunder-Formengruppe		Holunder-Formengruppe			
5 mäßig stickstoffhaltig	Kratzbeer-Himbeer-Formengruppe		Wicken-Himbeer-Formengruppe		Erdbeer-Himbeer-Formengruppe		(Wolfsmilch-) Himbeer-Formengruppe		Ackerkratzdistel-Himbeer-Formengruppe			
4 zieml. stickstoffarm	Dürrwurz-Nabelmieren-Drahtschmielen-FG		Wicken-Nabelmieren-Drahtschmielen-FG		Erdbeer-Nabelmieren-Drahtschmielen-FG		Wolfsmilch-Nabelmieren-Drahtschmielen-FG		Nabelmieren-Drahtschmielen-Formengruppe			
3 stickstoffarm	Dürrwurz-Drahtschmielen-Formengruppe		Wicken-Drahtschmielen-Formengruppe		Erdbeer-Drahtschmielen-Formengruppe		Wolfsmilch-Drahtschmielen-Formengruppe		Drahtschmielen-Formengruppe			
2 sehr stickstoffarm					Moosaugen-Grünstengel-Formengruppe		Moosaugen-Zypressenmoos-Formengruppe		Zypressenmoos-Formengruppe			
Humusform als Komponente der Standortsform												
7 stickstoffreich	kar- Mull		ba- Mull		ziem- Mull		mä- Mull		ziem- Mull			
6 zieml. stickstoffreich	bot- mullart.Moder		sen- mullart.Moder		lich mullart.Moder		ßig mullart.Moder		lich mullart.Moder			
5 mäßig stickstoffhaltig	nat- Moder		rei Moder		ba- Moder		ba- Moder		ba- Moder		ba-	
4 zieml. stickstoffarm	hal- rohh.art.Moder		cher rohh.art.Moder		sen- rohh.art.Moder		sen- rohh.art.Moder		sen- rohh.art.Moder		sem-	
3 stickstoffarm	tiger Rohhumus		Rohhumus		rei Rohhumus		hal- Rohhumus		ar- Rohhumus		ar- Rohhumus	
2 sehr stickstoffarm,	Magerrohumus		Magerrohumus		cher Magerrohumus		tiger Magerrohumus		mer Magerrohumus		mer Magerrohumus	

^a Erstes Symbol für Stickstoffstufe, zweites Symbol für Säure-Basenstufe, drittes Symbol nach einem Punkt für Oberbodenfeuchtestufe, hier durchweg .i. · m.

Tabelle 9 zeigt für harmonische Zustandsabweichung die bisher durch die Erkundung erfassten Abweichstufen zwischen Stamm- und Zustands-Nährkraft. Bei fremdstoffbedingt disharmonischer Zustands-Nährkraft sind die Abweichstufen zweigliedrig; für die Stickstoffstufe und die Säure-Basenstufe getrennt.

Tabelle 9: Abweichstufen der Zustands-Nährkraft von der natürlichen (Stamm-)Nährkraft bei Harmonie zwischen Stickstoff- und Säure-Basenstufe

Nährkraftstufe der deutschlandweiten natürlichen Ökotoptopgruppe		Nährkraftstufe der deutschlandweiten Zustands-Ökotoptopgruppe					
Ökotoptopgruppe	Stamm-Nährkraftstufe im deutschen Tiefland	7 - reich	6 - ziempl. reich (kräftig)	5 - mittel	4 - ziempl. arm (schwach)	3 - arm	2 - sehr arm
		Zustands-Nährkraftstufe im nordostdeutschen Tiefland					
		r	k	m	z	a	d
7	R	0	-1	-2			
6	K	1	0	-1	-2	-3	-4
5	M		1	0	-1	-2	-3
4	Z			1	0	-1	-2
3	A				1	0	-1

DR. HABIL. DIETRICH KOPP
Dömitzer Str. 20,
19303 Tewswos

waldökologie online	Heft 1	Seite 25 - 28	1 Tab.	Freising, September 2004
---------------------	--------	---------------	--------	--------------------------

Konzept und Schlüsselkriterien für die Bewertung der Biodiversität von Wald-Lebensräumen in Deutschland

Concept and key criteria for evaluation of biodiversity of forest habitats in Germany

- Oliver Granke¹, Andreas Schmiedinger², Helge Walentowski¹ -

Abstract

Biodiversity is currently an important issue for the EC (see Agenda 21, habitats directive). However, by which means can this be measured? First of all, the evaluation requires a concept of hierarchical natural units (WHITTAKER 1972, 1977, BEIERKUHNLEIN 2003), filled with ecologically significant and easily recordable key criteria. In order to ensure the meaningful application of the theoretical term to nature protection, qualitative restrictions are required as well: not the maximum of biodiversity, but the regionally characteristic and the individually distinctive biodiversity should be the objective of conservation.

Einführung

Mit den Vereinbarungen der Konferenz von Rio 1992 haben sich die Unterzeichnerstaaten in Kapitel 15 der Agenda 21 dazu verpflichtet, die Biodiversität (= biologische Vielfalt) zu erhalten. Die Europäische Union hat dazu die Initiative Natura2000 ins Leben gerufen, deren wichtigstes Instrumentarium die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL 92/43/EWG) darstellt. Im folgenden wird ein Vorschlag gemacht, wie die Biodiversität von Wald-Lebensräumen in Deutschland erhoben und bewertet werden könnte. Dies ist ein Beitrag zu einer Nationalen Strategie zum Schutz der Biologischen Vielfalt.

Die Bezusebenen für Biodiversität

Für die Berichtspflicht und das Monitoring bei Natura2000 sind objektive Kriterien erforderlich, um

- die Vorkommen von Arten und LRTen in einen Gesamtzusammenhang stellen zu können und
- die Erhaltungszustände der Vorkommen und das Ausmaß von Veränderungen, von Gefährdungen und Beeinträchtigungen richtig einschätzen zu können.

Man benötigt dafür klare Definitionen für den Begriff Biodiversität (WHITTAKER 1972, 1977, VAN DER MAAREL 1997, BEIERKUHNLEIN 2003) und eindeutige Schlüsselkriterien für ihre verschiedenen Dimensionen. Das von Whittaker eingeführte Konzept teilt die Diversität in drei Kategorien. Während α - und γ -Diversität i.d.R. rein quantitativ erhoben werden, wird die β -Diversität berechnet (Tab. 1). Sie ist dimensionslos und beschreibt zumeist die Variabilität bzw. Veränderung entlang eines ökologischen Gradienten.

α - und γ -Diversität unterscheiden sich in der betrachteten Skalenebene. Während die α -Diversität häufig einen konkreten Fall (z.B. Bestand, aber auch höhere Ebenen wie Ökosysteme) als Bezugsfläche hat und vielfach synonym für „Artenzahl“ benutzt wird, fasst die γ -Diversität Teildiversitäten einzelner Elemente auf einer höheren Ebene zusammen (z.B. Landschaftsregionen).

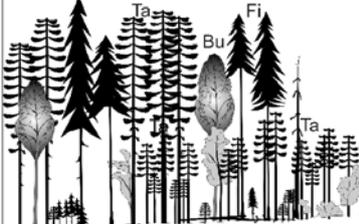
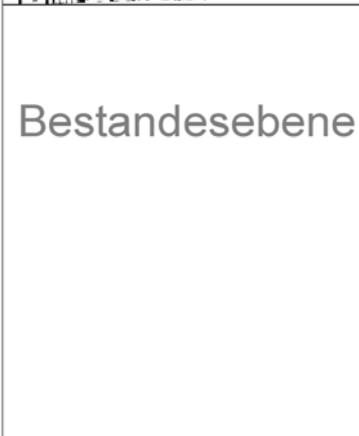
Einsatz von Fernerkundungstechnologie

Die Fortschritte im Bereich der Fernerkundungs- und Bildverarbeitungstechnik sollten die Möglichkeit der digitalen, automatisierten Auswertung einiger Schlüsselkriterien ermöglichen (vgl. SEILER et al. 2004). Ziel dieser Vorgehensweise soll es nicht sein, Arbeitskräfte einzusparen. Vielmehr wird ein einheitlicher, fachlich fundierter Standard gewährleistet und Kartierungen vor Ort können sich auf Aspekte konzentrieren, die mit Fernerkundungstechnologie nicht ausreichend beurteilt werden können.

¹ Bayer. Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft

² Universität Bayreuth

Tabelle 1: Waldökologische Raumgliederung zur Beurteilung der biologischen Vielfalt auf verschiedenen Skalenebenen.

Naturräumliche Dimensionen	Arealeinheiten	Schlüsselkriterien / Parameter für die Landschaftsbewertung (Beispiele)	Biodiversitätsebenen (Whittaker 1972, 1977; Beierkuhnlein 2003)
geosphärisch	Landschaftsregionen = Megachoren (in Deutschland gem. FFH-RL folgende biogeographische Regionen: atlantische Region, kontinentale Region, alpine Region)	Wald-Ausstattung der Landschaftsregionen: - Bewaldungsprozente, Baumartenzusammensetzung, - Laub-/Nadelbaumanteil, - Fragmentierung / Isolierung	γ - Diversität
regionisch	Großlandschaften = Makrochoren (Wuchsgebiete gem. AK Standortkartierung 1985, bzw. Naturräumliche Haupteinheiten gem. FFH-RL: D01 bis D69)	Wald-Lebensraumtypen-Ausstattung der Großlandschaften: - Vorkommen, Fläche und Anzahl von FFH-relevanten Lebensraumtypen nach Anh. I FFH-RL Arten-Ausstattung der Großlandschaften: - Vorkommen und Populationsgrößen von FFH-relevanten Arten - genetische Diversität prägender / seltener Baumarten	
topologisch	Waldgesellschaften / Wald-Lebensraumtypen = Ökotope 	Artenzusammensetzung: - Baumartenzusammensetzung (Anteil und Anzahl gesellschaftstypischer Haupt-, Neben-, Pionierbaumarten; seltene Baumarten; gesellschaftsfremde Gastbaumarten) - Bodenvegetation (waldspezifische Arten, ökologische Artengruppen) - Avizönose (Anteil der naturwaldtypischen Arten) - xylobionte Käfer (Anteil von Urwaldreliktarten und Naturnähezeigern) - Mollusken / Laufkäfer (Vollständigkeit der waldgesellschaftstypischen Zönosen) Textur und Struktur: - Totholz: Menge und räumliche Verteilung Laubholz / Nadelholz je nach PNV liegend / stehend Durchmesserstufe (3 Stärkeklassen) Stückmasse - Biotopbäume: Menge und räumliche Verteilung - Waldentwicklungsphasen: Jugendstadium, Wachstumsstadium, Reifungsstadium, Verjüngungsstadium, Altersstadium, Plenterstadium, Grenzstadium - Schichtigkeit: einschichtig / zweischichtig / vielschichtig - Horizontale Struktur: Mischungsanteile der Baumarten, BHD-Spreitung, Abundanzen / Deckung Bodenvegetation Historie: - Historisches Waldalter (Biotoptradition) - Geschichte der Bewirtschaftung - Natürliche Störungsereignisse (z.B. Auen, Hochlagen) Funktionalität: - Gefährdungen und Beeinträchtigungen	α - Diversität
	Bestandesebene 		
	Einzelobjekte / Kleinlebensräume Stratenebene	Habitat-Elemente - Biotopbäume: Höhlenbäume, lebende Bäume mit Pilzkonsolen und Totholzanteilen, Bäume mit reichem Epiphytenbewuchs, Horstbaum (Großhorste, z.B. Greifvögel), Alte Bäume - Kronenteile: abgestorbene Kronenteile und Äste Totäste: am lebenden Altbaum	
unbestimmt; sämtliche Landschaftsebenen		Berechnung der räumlichen Vielfalt und zeitlicher Veränderungen räumlich (Toposequenzen) Wie ist die Arten-, Struktur- und Textur-Ausstattung entlang verschiedener Gradienten zu beurteilen? Parameter: - Wasserhaushalt - Säure/Basenstatus - Klimatönung - Höhenstufen Zeitlich (Chronosequenzen): - Wie entwickeln sich die FFH-relevanten Lebensraumtypen und Arten entlang der Zeitachse? (Monitoring) - Wie verändert sich das Spektrum der LRTen in den Großlandschaften / Makrochoren? - Wie verändert sich die Waldausstattung der Regionen / Megachoren?	β - Diversität

Anwendungsbeispiele

Konzept und Schlüsselkriterien wurden für Natura2000 entwickelt, sie könnten aber darüber hinaus auch eingesetzt werden für:

- Optimierung und Kontrolle einer ökologiegerechten Waldnutzung,
- Naturnähebewertung bei der Bundeswaldinventur (BWI II),
- Überprüfung der Repräsentativität bestehender Naturwaldreservate / Bannwälder,
- Repräsentative Auswahl von Referenzflächen für den Prozess-Schutz.
- Monitoring von Biodiversität auf Referenzflächen (Klimaveränderung)

Der qualitative Aspekt

Man muss sich darüber im klaren sein, dass biologische Vielfalt (Biodiversität) nur in Kombination mit qualitativen Kriterien zu sinnvollen Ergebnissen für eine naturschutzfachliche Bewertung führt (vgl. WHEELER 1988, PLACHTER 1991, FERRIS & HUMPHREY 1999):

- Diversität von Boden-Gefäßpflanzen im Wald: Vergleiche von Naturwald und Wirtschaftswald derselben Waldgesellschaft in Nordostpolen (Białowieża) haben gezeigt, dass im Diasporenreservoir des letzteren dreimal so viele Arten enthalten sind (ABS et al. 1993). Es handelte sich hierbei allerdings um waldfremde Arten bzw. Störungszeiger. Kalk-Fichtenforste in der Schwäbischen Alb enthalten wesentlich mehr Arten als naturnahe Kalk-Buchenwälder (ENGELHARD 2004; vgl. auch den Beitrag von ENGELHARD & REIF in diesem Heft).
- Vergleich der Artenzahlen eines intakten zu einem teilentwässerten Hochmoor: Unzählige floristische und faunistische Arbeiten haben gezeigt, dass die Artenzahlen bei Teilentwässerung deutlich steigen, weil ein Hochmoor bei Teilentwässerung für Arten besiedelbar wird, denen es sonst zu nährstoffarm ist (z.B. SUCCOW 1988, SUCCOW & JESCHKE 1990).
- Steigende genetische Diversität einer Baumart bei Verinselung / Fragmentierung von Populationen: Die Forschungen des Bayer. Amtes für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) haben eindeutig belegt, dass die genetische Diversität einer Baumart bei Verinselung / Fragmentierung von Populationen einer Art steigt. So hat z.B. der dramatische Rückgang der Tanne in Mittelfranken (HOLZAPFL 1959, HORNDASCH 1962, 1993) zu einer anthropogen erhöhten genetischen Diversität der Tanne in diesem Wuchsraum geführt (KONNERT, mündl., KONNERT & HUSSENDÖRFER 2004).

Daraus folgt, dass das Konzept der Biodiversität nicht eine abstrakte, nackte „maximale Artensumme“ meint, sondern nur in Kombination mit qualitativen Kriterien zu sinnvollen Ergebnissen für eine naturschutzfachliche Bewertung führt (vgl. PLACHTER 1991):

- Diversität von Boden-Gefäßpflanzen im Wald: Vergleiche von Naturwald und Wirtschaftswald derselben Waldgesellschaft in Nordostpolen (Białowieża) haben gezeigt, dass im Diasporenreservoir des letzteren dreimal so viele Arten enthalten sind (ABS et al. 1993). Es handelte sich hierbei allerdings um waldfremde Arten bzw. Störungszeiger. Kalk-Fichtenforste in der Schwäbischen Alb enthalten wesentlich mehr Gefäßpflanzen- und Moos-Arten als naturnahe Kalk-Buchenwälder (ENGELHARD & REIF 2004).
- Vergleich der Artenzahlen eines intakten zu einem teilentwässerten Hochmoor: Unzählige floristische und faunistische Arbeiten haben gezeigt, dass die Artenzahlen bei Teilentwässerung deutlich steigen, weil ein Hochmoor dadurch für Arten besiedelbar wird, denen es sonst zu nass und nährstoffarm ist (z.B. SUCCOW 1988, SUCCOW & JESCHKE 1990). Die auf Hochmoore angewiesenen Arten, die es hier zu erhalten gilt, verschwinden jedoch weitgehend oder völlig.
- Hohe genetische Diversität eines Bestandes, geschätzt anhand gängiger genetischer Parameter, kann auch eine Folge künstlicher Einbringung sein und nicht automatisch als Gradmesser für die Beurteilung der Naturnähe und Stabilität des Bestandes dienen. Eindrucksvoll zeigte sich das in einer Untersuchung auf Hochlagenstandorten des Bayerischen Waldes, wo standortangepasste, autochthone Fichtenbestände genetisch diverseren Beständen in Stabilität und Wuchsleistung klar überlegen sind (RUETZ & KONNERT 1996).
- Fragmentierung von Populationen und genetische Drifteffekte, wie sie z.B. bei dem anthropogen bedingten dramatischen Rückgang der Tanne in Mittelfranken (HOLZAPFL 1959, HORNDASCH 1962, 1993) aufgetreten sind, können innerhalb einzelner Restvorkommen (Kleinstvorkommen) dieser Baumart zur Erhöhung der genetischen Diversität führen (z.B. KONNERT & HUSSENDÖRFER 2004), wenn aufgrund langjähriger Prozesse nur die Heterozygoten überlebt haben. Für die Metapopulation der Tanne in Mittelfranken sind diese Effekte jedoch genetisch belastend, weil der Genfluss zwischen den Teilpopulationen unterbrochen wird und die Inzucht steigt.

In allen genannten Beispielen hat menschlicher Kultureinfluss bzw. haben naturschutzfachlich gesehen „Schädigungen / Beeinträchtigungen“ zu einer vermeintlichen Erhöhung der (rechnerischen) biologischen Vielfalt geführt. Um zu sinnvollen Ergebnissen zu gelangen, ist Biodiversität als

Wertkriterium nur dann brauchbar, wenn sie auf Landschaftsebene mit dem angestammten Naturraumpotential bzw. auf Bestandesebene in Kombination mit Naturnähe, Seltenheit, Gefährdung bewertet wird. Dies bedeutet für die genannten Beispiele:

- Um biologische Vielfalt in Wäldern zu beurteilen, muss vorrangig die Vollständigkeit des Arteninventars in Bezug auf die indigenen waldspezifischen Arten hinterfragt werden („charakteristische Artenverbindung = CAV“). Für den Nachweis des Vorkommens historisch alter Wälder eignen sich beispielsweise Waldgefäßpflanzen in der Bodenvegetation (SCHMIEDINGER et al. 2003, SCHMIEDINGER & BEIERKUHNEIN 2004) oder bestimmte ausbreitungsschwache wirbellose Arten wie bestimmte Laufkäferarten (ARMANN 1994). Hinsichtlich der Faunengemeinschaften v.a. ist die biologische Vielfalt der späten Alters- und Zerfallsphasen gefährdet (stenöke *Urwaldreliktarten* als Indikatoren für Strukturen und Dynamik). Für den Nachweis des kontinuierlichen Vorkommens alter Bäume über Jahrtausende eignen sich alt- und totholzbesiedelnde xylobionte Käfer.
- Um biologische Vielfalt in Hochmooren zu beurteilen, können nur indigene moorspezifische Arten (z. B. LANG et al. 2004) verwendet werden. Auch hier müssen wiederum verschiedene Organismen-Gruppen Berücksichtigung finden (Qualitätszeiger bzw. CAV für intakten Moorwasserhaushalt; Indikatoren für moorspezifische Strukturen und Dynamik, z.B. Bult-Schlenkenkomplexe, Moor-Wachstumskomplexe). Bei den Pflanzen bieten sich stenöke Helophyten (z.B. mikroskalisch eingenischte Torfmoose) an, bei den Faunengemeinschaften hochspezialisierte Käfer wie der Hochmoorlaufkäfer (*Carabus menetriesi pacholei*) oder der Hochmoor-Flachglanzläufer (*Agonum ericeti*). Besonderes Augenmerk ist hier konkret auf solche hochempfindlichen, da hochgradig stenöken und ausbreitungsschwachen *Eiszeitreliktarten* zu legen (MÜLLER-KROEHLING 2003).
- Zur Bewertung der genetischen Diversität lassen sich aus naturschutzfachlicher Sicht kaum Verallgemeinerungen machen (BENDER 1998). Jeder Einzelfall muss hinsichtlich der Art der Genvarianten (sind diese ortsfremd oder nicht?), der Fitness der Population (sichern die in der Population enthaltenen Genvarianten die derzeitige Stabilität des Bestandes und die Weitergabe der genetischen Information?) und hinsichtlich der räumlichen Dynamik genetischer Variation (ist Genaustausch mit weiteren Populationen möglich und wie wirkt sich dieser auf die derzeitige Struktur aus?) getrennt betrachtet werden. Erhöhte genetische Diversität allein stellt per se kein naturschutzfachliches Qualitätsmerkmal dar.

Geeignete Verfahren für die Erhebung und Bewertung von Biodiversität

SCHMIEDINGER & BEIERKUHNEIN (2004) haben ein iteratives Verfahren entwickelt, um sowohl die β -Diversität (räumliche Muster) als auch die α -Diversität (Artausstattung) der Bodenvegetation zweier ähnlich ausgestatteter Nadelwald-Naturräume mit standardisierten Methoden vergleichen zu können. Es wurde auf der AFSV-Frühjahrstagung in Göttingen vorgestellt. Eine Kurzbeschreibung findet sich unter: http://www.bitok.uni-bayreuth.de/biogeode/forschung/proj/detail.php?id_obj=14550

Nach einem von GRANKE vorgeschlagenen iterativen Verfahren kann man mit bestehenden Datengrundlagen die charakteristischen Waldboden-Gefäßpflanzenarten für jeden Ökotyp in jedem beliebigen Landschaftsraum Deutschlands herleiten. Dabei kann man sich im Idealfall neben der Gefäßpflanzenatenbank Floraweb (www.floraweb.de) auch regionale Datenbanken (z.B. „Datenbank bayerischer Bergwälder“, EWALD 1995) zunutze machen. Das Verfahren soll in einer der nächsten Ausgaben von „*waldökologie online*“ vorgestellt werden.

Literatur

- ABS, C., FISCHER, A., FALINSKI, J. B. (1999): Vegetationsökologischer Vergleich von Naturwald und Wirtschaftswald, dargestellt am Beispiel des Tilio-Carpinetum im Waldgebiet von Bialowieza / Nordost-Polen. – Forstwiss. Cbl. **118**: 181 – 196, Berlin.
- ARMANN, T. (1994): Epigäische Coleopteren als Indikatoren für historisch alte Wälder der Norwestdeutschen Tiefebene. NNA-Ber. **7** (3), 142-151.
- BENDER, C. (1998): Genetische Vielfalt und Naturschutz. Laufener Seminarbeiträge 2, 17- 22.
- BEIERKUHNEIN, C. (2003): Der Begriff Biodiversität. – Nova Acta Leopoldina NF **87** (328): 51 – 71.
- ENGELHARD, J. (2004): Veränderungen der Bodenvegetation und des Oberbodenzustandes durch Fichtenanbau auf Standorten des Kalkbuchenwaldes. – Tagung „Kalkbuchenwälder der Schwäbischen Alb am 29.01.2004“ in Freiburg i.Br. – unveröff. Mskr., 3 S.
- DOLNIK, C. (2004): Artenzahl-Areal-Beziehungen von Wald- und Offenlandgesellschaften: ein Beitrag zur Erfassung der botanischen Artenvielfalt unter besonderer Berücksichtigung der Flechten und Moose am Beispiel des Nationalparks Kurische Nehrung (Russland). – Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg **62**. – Kiel: 183 S.
- EWALD, J. (1995): Eine vegetationskundliche Datenbank bayerischer Bergwälder. – Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. **56**: 453 – 465.

- FERRIS, R., HUMPHREY, J.W. (1999): A review of potential biodiversity indicators for application in British forests. – *Forestry* **72** (4): 313 – 324.
- HOLZAPFL, R. (1959): Die natürliche und künstliche Verbreitung der Weißtanne im mittelfränkischen Keupergebiet. – Diss. Univ. München.
- HORNDA SCH, M. (1962): Das Antlitz des mittelfränkischen Waldes im Wandel von 5 Jahrhunderten. - Diss. Univ. Freiburg.
- HORNDA SCH, M. (1993): Die Weißtanne (*Abies alba*) und ihr tragisches Schicksal im Wandel der Zeiten. – Bobingen: 334 S.
- KONNERT, M., HUSSENDÖRFER, E. (2004): Genetische Variation der Weißtanne in Bayern. – LWF Wissen **45**: 30 – 32, Freising.
- LANG, A., WALENTOWSKI, H., LORENZ, W. (2004): Kartieranleitung für die Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Bayern, 5. Entwurf: 202 S. + Anhang, München und Freising. <http://www.bayern.de/lfu/natur/schutzgebietskonzepte/ffh/index.html>
- MEINUNGER, L., SCHRÖDER, W. (in prep.): Verbeitungsatlas der Moose in Deutschland.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2003): Der Hochmoor-Laufkäfer – prioritäre Art in guten Händen. LWF aktuell **38**: 36. <http://www.lwf.bayern.de/lwfaktuell/38/index.htm>
- PLACHTER, H. (1991): Naturschutz. – Stuttgart: 463 S.
- RUETZ, W.F., KONNERT, M., BEHM, A. (1996): Sind Waldschäden auch eine Frage der Herkunft? AFZ/DerWald **14**: 2-4.
- SCHMIEDINGER, A., BEIERKUHNEIN, C. (2004): Standardisierte Biodiversitätserfassung in kanadischen und mitteleuropäischen Wäldern. – *Forst und Holz* **59** (9): 436 – 437.
- SCHMIDT, M., EWALD, J., FISCHER, A., OHEIMB, G. VON, KRIEBITZSCH, E.-U., ELLENBERG, H., SCHMIDT, W. (2003): Liste der in Deutschland typischen Waldgefäßpflanzen. – *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst und Holzwirtschaft* **212**: 1 – 33.
- SEILER, U., NEUBERT, M., MEINEL, G. (2004): Automatisierte Erfassung von Biotop- und Nutzungstypen. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* **35** (4): 101 – 106.
- SUCCOW, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde. - Berlin; Stuttgart: 340 S.
- SUCCOW, M., JESCHKE, L. (1990): Moore in der Landschaft, 2. Aufl. – Leipzig; Jena; Berlin: 268 S.
- VAN DER MAAREL, E. (1997): Biodiversity: from babel to biosphere management. - *Special Features in Biosystematics and Biodiversity* **2**: 1-19.
- WHEELER, B.D. (1998): Species richness, species rarity and conservation evaluation of rich-fen vegetation in Lowland England and Wales. – *Journal of Applied Ecology* **25**: 331-353.
- WHITTAKER, R.H. (1972): Evolution and measurement of species diversity. – *Taxon* **21** (2/3): 213 – 251, Utrecht.
- WHITTAKER, R.H. (1977): Evolution of species diversity in land communities. – *Evol. Biol.* **10**: 1 – 67, Amsterdam.

OLIVER GRANKE, Bayer. Landesanstalt
Für Wald und Forstwirtschaft,
Am Hochanger 11, 85354 Freising,
email: gra@lwf.uni-muenchen.de

ANDREAS SCHMIEDINGER,
Universität Bayreuth, Lehrstuhl Biogeografie,
Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth,
email: andreas.schmiedinger@uni-bayreuth.de

DR. HELGE WALENTOWSKI, Bayer. Landesanstalt
für Wald und Forstwirtschaft,
Am Hochanger 11, 85354 Freising,
email: wal@lwf.uni-muenchen.de

Veränderungen der Bodenvegetation durch Fichtenanbau auf Standorten des Kalkbuchenwaldes

Effects of Norway spruce cultivation on the ground vegetation of beech forest sites on limestone

Jochen Engelhard & Albert Reif, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.

Abstract

Spruce forests are frequently thought of as species poor and associated with the suppression of natural forest species, in other words a loss of biodiversity. The effect of varying degrees of spruce admixture on the ground vegetation is the theme of this study. Research was carried out in 50-90 year old pure beech and spruce stands, as well as variously mixed stands in the central "Schwäbische Alb". Few species appear to be strictly tied to pure beech stands. To preserve these species, pure beech forest should be maintained at least in some stands of managed forests. However, the majority of the beech forest species can also be found in spruce stands. Under spruce, the species number increases considerably, because many open land species can be found. Their occurrence can be explained by the higher light intensities under spruce canopies. The increased number of species under spruce canopies does not necessarily mean a higher value for nature conservation. Other criteria like naturalness or rarity, must be taken into consideration. A few rare species were found to be associated with pure spruce canopies. Therefore, the conversion of all pure spruce stands to mixed stands would result in a loss of rare species well worth conservation.

1. Einführung

Buchenmischwälder mit Anteilen an Berg-Ahorn, Esche und anderen Laubbäumen sind die potentiell natürliche Vegetation der mittleren Schwäbischen Alb (MÜLLER et al. 1974). Natürliche Vorkommen der Fichte werden allenfalls an Extremstandorten wie dem Traufbereich der Südwestalb vermutet (MÜLLER 1975). Fichtenaufforstungen sind im Untersuchungsgebiet ab der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts dokumentiert (WERNER 1958/59), fanden aber vor allem im 19. Jahrhundert statt. Mit dem Übergang zur Stallfütterung und der Einführung der Forstgesetze in der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden viele devastierte Wälder und ihre Blößen vornehmlich mit Fichte und Kiefer aufgeforstet (KÖBERLE 1975/76). Heute nimmt die Fichte schätzungsweise ein Viertel der Waldfläche im Untersuchungsgebiet ein.

Die Fichte ist auf der Schwäbischen Alb auch heute noch eine bedeutende Wirtschaftsbaumart und zeigt auf oberflächlich entkalkten Böden mit ausreichender Feuchtigkeit gute Wuchsleistungen (MLR 2002). Allerdings führen höhere Kalkgehalte im Oberboden sowie vormalige landwirtschaftliche Nutzung verstärkt zu Rotfäule (MLR 2002). Auf flachgründigen Standorten besteht zudem die Gefahr von Trockenstress (WERNER 1958/59). Die Folgen sind Holzentwertung und in Kombination mit Borkenkäfer und Sturmschäden die vorzeitige Auflösung von Beständen. Derzeit ist ein Flächenrückgang bei der Fichte zu beobachten: Zur Verringerung des Betriebsrisikos sowie aufgrund ökologischer Zielsetzungen werden Fichtenreinbestände verstärkt in Mischbestände mit Buche und anderen Laubbäumen umgebaut (MLR 2002).

Fichtenforsten werden vielfach mit Artenarmut und Verdrängung natürlicher Waldarten assoziiert. So steht in einem Bildband über die Schwäbische Alb zu lesen: „Das Aufforsten mit Fichten bedeutet für viele Frühjahrspflanzen des Waldes nicht nur eine Bedrohung, sondern meist die sichere Vernichtung“ (PFÜNDEL et al. 2000, S.134). In einer Expertenbefragung unter Vorlage von Fotografien verschiedener Waldbilder wurde die Artenvielfalt der Flora von Fichtenwäldern wesentlich niedriger eingestuft als die von Laubwäldern (POTT 2003). Und der DEUTSCHE RAT FÜR LANDESPFLEGE schreibt in einer Veröffentlichung zum Thema Biotopverbund aus dem Jahr 2004: „Reine, nicht standortsheimische Fichtenbestände weisen meist relativ artenarme, überwiegend von Generalisten dominierte und nicht lebensraumtypische Zönosen auf (...). Deshalb (...) ist ihre Umwandlung in Mischbestände wichtig“

(DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE 2004, S. 17). So scheinen also Forst und Naturschutz unisono den Umbau der Fichtenreinbestände in Mischbestände zu befürworten.

Andere Untersuchungen zeigen jedoch, dass der Artenreichtum in Fichtenforsten höher sein kann als in Buchenwäldern (JENSSEN & HOFMANN 2002, SCHÖN 1990, WECKESSER 2003, ZERBE 1992). Zudem werden gebietsweise seltene Pflanzenarten wie Pyrolaceen, Orchideen und Kryptogamenarten speziell unter aufgeforsteter Fichte beobachtet. So würden im Orchideenwald „Deggenreuschen-Rauschachen“ bei Donaueschingen nach Auffassung von Orchideenkennern „(...) Aufforstungen mit einem merklichen Laubbaumanteil langfristig zu einem Verlust der Orchideen-Massenbestände führen (...)“ (REINEKE & RIETDORF in KRETZSCHMAR 1999, S. 71).

Ziel dieses Beitrags ist, den Einfluss der überschirmenden Baumarten auf die Artenzusammensetzung der Waldbodenvegetation zu klären, beginnend vom reinen Buchenwald über abgestufte Mischungsverhältnisse bis hin zum reinen Fichtenbestand. Das für die Untersuchungsbestände gültige Waldbaukonzept der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg soll hinsichtlich seiner Auswirkung auf die Waldbodenarten geprüft werden. Anhand der Ergebnisse werden Schlussfolgerungen für die forstliche Praxis abgeleitet.

2. Methodik

Untersuchungsgebiet

Die Untersuchung umfasste die mittlere Schwäbische Alb mit den Forstämtern Lichtenstein, Bad Urach, Münsingen, Blaustein, Blaubeuren, Ehingen, Zwiefalten und Gammertingen. Das Gebiet liegt im Bereich der Weißen Jurakalke und fällt entsprechend der Schrägstellung des Südwestdeutschen Schichtstufenlandes von der Albtraufseite im Nordwesten (ca. 850 m NN) nach Nordosten zur Donau hin auf etwa 600 m NN ab. Der Jahresniederschlag sinkt von etwa 950 mm auf der subozeanischen Traufseite auf etwas über 700 mm auf der gemäßigt kontinentalen Donauseite (DEUTSCHER WETTERDIENST 1953). Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt zwischen 6,5° C und 7° C. Die wichtigsten Böden können standortkundlich als Kalkverwitterungslehme (Bodentyp Rendzina bis Terra fusca), mit örtlich stärkerer Feinlehmauflage (Bodentyp Braunerde über Terra fusca) angesprochen werden. Letzteres tritt verstärkt zur Donauseite hin auf. Die Standortskunde unterteilt diese Böden in „Schichtlehme“ mit 20-60 cm Lehmauflage und „Feinlehme“ mit über 60 cm Lehmauflage (WERNER 1957/58).

Datenerhebung

Der Untersuchungsansatz sah die Analyse der Strauch- und Bodenvegetation unter Variation der Baumartenüberschirmung vor, also bei graduelltem Übergang der Mischungsanteile von reiner Buche bis hin zu reiner Fichte. Die Anzahl der Probeflächen in den einzelnen Mischungsklassen lässt sich Tabelle 1 entnehmen. Gleichzeitig sollten alle anderen Standortsfaktoren möglichst konstant gehalten werden. Eine Differenzierung erfolgte jedoch für zwei Klimate (albtraufnahe Wuchsbezirke 6/04α und 6/04a sowie donauernahe Wuchsbezirke 6/05a und 6/05b) und drei Gründigkeitsstufen (20-33 cm, >33-46 cm, >46-60(-95) cm). Somit wurden sechs standörtlich voneinander getrennte „Mischungsgradienten“ hinsichtlich der Auswirkungen auf Bodenvegetation und Oberboden untersucht. Aufgenommen wurden 36 Bestände in ebener bis schwach geneigter Lage und einem Bestandesalter von 50-90 Jahren (Baumholz). Es wurden nur Bestände mit mindestens dreijähriger Hiebsruhe ausgewählt, damit die Bodenvegetation von den aktuellen Bestockungsverhältnissen maßgeblich geprägt ist.

Die Bestandesgeschichte wurde soweit möglich rekonstruiert. HAUFF stellte einen deutlichen Unterschied zwischen Erstaufforstungen auf Schafweiden und zweiter Nadelwaldgeneration fest, wobei sich in letzterer die Bodenvegetation „mehr und mehr der der üblichen Albwälder angleicht“ (HAUFF 1965, S. 39). Allgemein stellt er für Kalkstandorte fest: „Die Bodenvegetation der zahlreichen Fichtenalthölzer (...) unterscheidet sich kaum von der der vorausgegangenen Buchenwälder“. Von den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Beständen waren zwei Erstaufforstungen (2 Aufnahmen), bei zwei Beständen handelte es sich um die zweite Waldgeneration (16 Aufnahmen), 5 Bestände (32 Aufnahmen) waren mindestens seit drei Generationen Wald und bei 27 Beständen (122 Aufnahmen) konnte die Waldgeschichte lediglich bis auf die zweite Waldgeneration zurückverfolgt werden.

In den ausgewählten Beständen erfolgte eine systematische Stichprobenauswahl anhand eines Rasters mit 25 m Netzweite. Jeder Rasterschnittpunkt diente als Eckpunkt einer quadratischen Probefläche der Seitenlänge 10 m. Die Deckungsanteile der Baumartenüberschirmung wurden direkt

über diesen Probeflächen sowie auf den acht umliegenden 10m x 10m -Quadraten geschätzt und die Werte gemittelt (sie beziehen sich also auf 30m x 30m über der zentral gelegenen Probefläche). Durch die systematische Stichprobenauswahl und aufgrund der innerhalb der Bestände inhomogenen Baumartenanteile kann die Baumartenzusammensetzung außerhalb der 30m x 30m abweichen. Die Überschirmungen von Fichte und Buche wurden jeweils anteilig als Prozentwerte der Gesamtüberschirmung geschätzt, so dass die Summe der Deckungen insgesamt 100 % ergibt. Weitere Baumarten wurden nur im Randbereich toleriert (nach Möglichkeit mit maximal 10 % Deckung). Auswertungstechnisch wurden Laubhölzer (Lbh) der Kategorie „Buche“, Nadelhölzer (Ndh) der Kategorie „Fichte“ zugeordnet. Sturmschäden („Lothar“ 1999) und nachfolgende Käferschäden führten vielfach zu Störungen und erzwangen Abweichungen von der Rasteranordnung. Gegen Ende der Untersuchung unterrepräsentierte Mischungsklassen wurden entsprechend dem Prinzip der stratifizierten Probeflächenauswahl gezielt aufgesucht. Mindestabstände der Untersuchungsflächen zu Wegen (20 m), Rückegassen (3 m) sowie Bestandesrändern (50 m) wurden nach Möglichkeit eingehalten, fallweise aber auch unterschritten. Auf diese Weise wurden 172 Probeflächen (10m x 10m) ausgewählt. Auf ihnen wurden folgende Größen erhoben:

- Die Arten der Moose und Gefäßpflanzen wurden erhoben und ihre Deckungen als prozentuale Flächenanteile geschätzt. Verwendet wurde dabei eine reine Deckungsskala mit $1/16 \text{ m}^2$ (= 25cm x 25cm) als kleinste Maßeinheit. Die Gefäßpflanzen der Strauchschicht wurden getrennt von denen der Bodenvegetation erhoben. Die Moose wurden unter Einbezug von bis zu 5 cm starkem Astmaterial erfasst, eindeutig als herabgefallene Baumepiphyten kenntliche Moose wurden nicht beachtet.
- Die Lichteinstrahlung wurde über hemisphärische Fotos gemessen und als Prozentwert der Einstrahlung auf freier Fläche nach BRUNNER (1998) berechnet.
- Exposition und Neigung wurden mit Kompass und Neigungsmesser festgestellt.
- Für die Erfassung von Streu und Auflagehumus wurde das Volumen der Laub- und Nadelaufgabe (O_l und O_f) sowie der Mächtigkeit des O_h -Horizontes geschätzt, jeweils gemittelt aus vier Stichproben pro Probefläche.
- Boden: Die Gehalte von Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) in 0-5 cm Tiefe wurden mittels C/N-Analysator gemessen, der pH-Wert (in H_2O) in 0-5 und in 10-15cm Tiefe bestimmt, Bodenart und Skelettgehalt (Kalksteine) in verschiedenen Tiefen erfasst, sowie die Mächtigkeit des A_h -Horizontes erhoben, jeweils gemittelt aus vier Spatenproben pro Probefläche. Die Gründigkeit wurde durch mindestens vier Bohrstockproben pro Fläche erfasst, bei 77 Aufnahmen durch 25 Bohrstockproben.

Datenauswertung

Für die Auswertung von Artenzahlen und Artengruppen wurden die Aufnahmen in 10 Klassen von Buche bis Fichte wechselnder Überschirmung gruppiert. Die Korrelationen nach Pearson zwischen Artenzahlen bzw. Deckungen und den Standortfaktoren werden ungruppiert berechnet, die Prüfung auf Signifikanz erfolgte - wie auch bei den multivariaten Analysen (RDA, DCCA) - mittels Monte Carlo Permutation (TER BRAAK & SMILAUER 1998).

3. Ergebnisse

Für die Auswertung von Artenzahlen und Artengruppen wurden die Aufnahmen in 10 Klassen von Buche bis Fichte wechselnder Überschirmung gruppiert. Die Korrelationen nach Pearson zwischen Artenzahlen bzw. Deckungen und den Standortfaktoren werden ungruppiert berechnet, die Prüfung auf Signifikanz erfolgte - wie auch bei den multivariaten Analysen (RDA, DCCA) - mittels Monte Carlo Permutation (TER BRAAK & SMILAUER 1998).

3.1 Einfluss der Baumartenüberschirmung auf die Bodenvegetation

Aufgrund jeweils unterschiedlicher Assoziierung mit wechselnden Baumartenüberschirmungen wurde die Bodenflora in vier Artengruppen unterteilt:

- (1) Arten mit Vorkommen unter reiner Buche wie auch unter reiner Fichte (Gruppe „BuFi“);
- (2) Arten unter reiner Fichte, nicht jedoch unter reiner Buche (Gruppe „Fi“);
- (3) Arten unter reiner Buche, nicht jedoch unter reiner Fichte (Gruppe „Bu“);
- (4) Arten der Mischbestände, sie fehlen in den Reinbeständen (Gruppe „Zwi“).

Die Zuordnung der einzelnen Arten zu den Gruppen ist aus Tabelle 3 (im Anhang) ersichtlich

3.1.1 Gesamtartenzahl

Mit zunehmender Fichtenüberschirmung steigt die Gesamtartenzahl deutlich an. Fichtenüberschirmung und Artenzahl sind signifikant positiv korreliert ($r = 0,86$). Es fällt auf, dass mit zunehmendem Fichtenanteil die Artenzahlen stärker streuen (Abb.1; Tab.1 im Anhang).

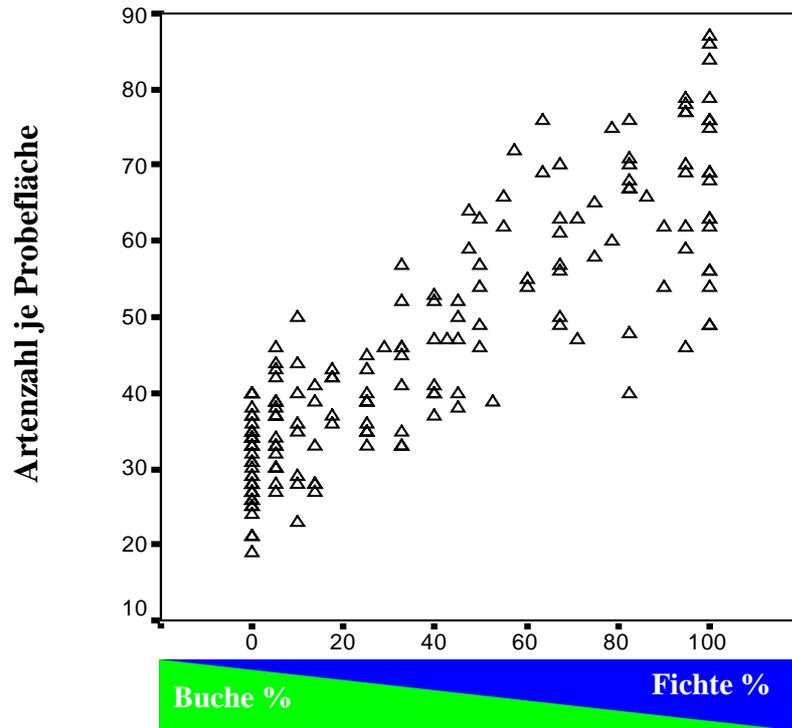


Abbildung 1: Zahl der Arten in Abhängigkeit von der Überschirmung. (Die Überschirmungsprozente von Fichte und Buche ergeben zusammen 100%).

3.1.2 Artenzahlen der Moose und der Gefäßpflanzen

Die durchschnittliche Zahl der Gefäßpflanzenarten steigt von 25 unter reiner Buche auf 47 unter reiner Fichte, die der Moosarten von 5 unter Buche auf 21 unter Fichte (Abb. 2; Tab.3 im Anhang).

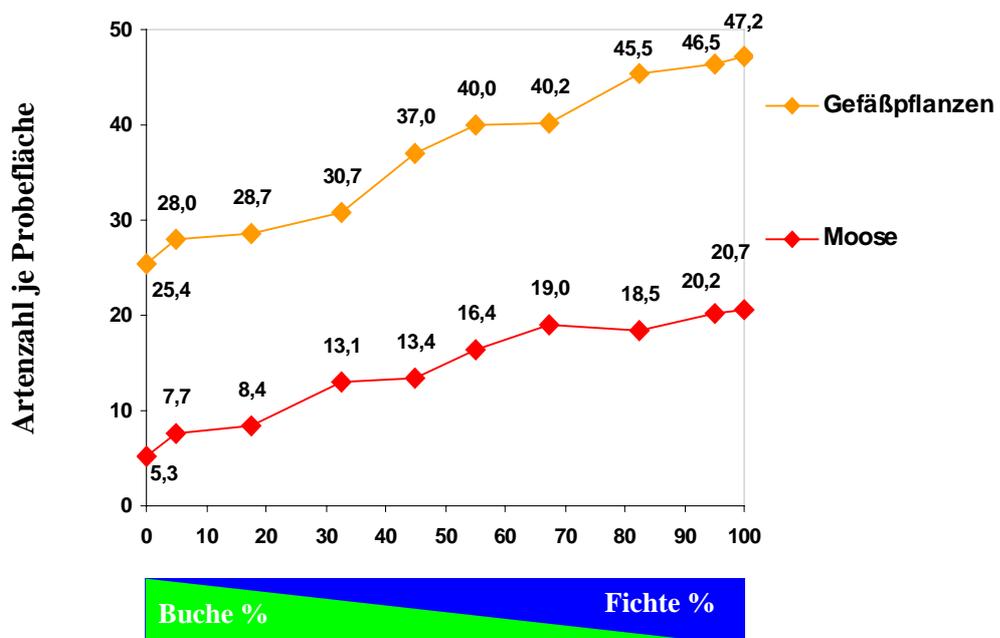


Abbildung 2: Zahl der Moos- und Gefäßpflanzenarten in Abhängigkeit von den überschirmenden Baumarten Buche und Fichte.

3.1.3 Gruppierung der Arten nach Vorkommen in Reinbeständen

Die ökologische Interpretation des graduell abgestuften Mischungsgradienten von Buche bis Fichte wird erleichtert durch den Bezug zu den jeweiligen Reinbeständen.

Gefäßpflanzen und ihre Vorkommen in Reinbeständen aus Buche und Fichte

Insgesamt wurden 214 Arten von Gefäßpflanzen erfasst (Tab. 3 im Anhang). 79 Arten (37 %; „BuFi“) wuchsen unter allen Kombinationen der Überschirmung aus Buche und Fichte sowie in den Reinbeständen (Abb.3). Bei feinerer Differenzierung dieser weit verbreiteten Unterwuchsarten zeigt sich, dass 21 Arten bei Zunahme der Buchenanteile häufiger auftraten („BuFi(Bu)“), 55 Arten wurden durch zunehmende Fichtenanteile begünstigt („BuFi(Fi)“), und drei waren indifferent („BuFi(neutral)“). Die zweitgrößte Gruppe mit 74 Gefäßpflanzenarten (35 %, „Fi“) war an Fichtenanteile im Kronendach gebunden. Eine vergleichsweise kleine Gruppe mit 25 Arten (12 %, „Bu“) war an Buchenanteile gebunden, diese Arten fehlten unter reiner Fichte. Eine Gruppe von 36 Arten (17 %, „Zwi“) fehlte in beiderlei Reinbeständen. Bei feinerer Differenzierung dieser Arten („Zwi“) zeigten neun ein häufigeres Auftreten mit zunehmenden Buchenanteilen „Zwi(Bu)“, während die restlichen 27 Arten von zunehmendem Fichtenanteil profitierten „Zwi(Fi)“.

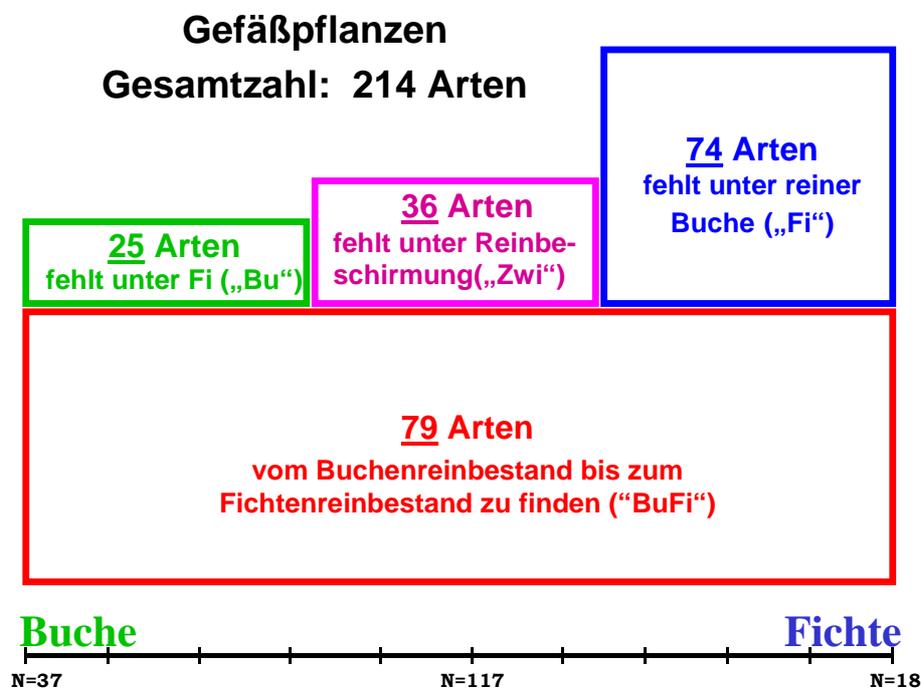


Abbildung 3: Zahl der Gefäßpflanzenarten und ihre Vorkommen bei unterschiedlicher Überschirmung von Buche und Fichte („BuFi“ = Arten sowohl unter reiner Buche als auch unter reiner Fichte; „Fi“ = Arten in Beständen mit Fichtenbeimischung, fehlten unter reiner Buche; „Bu“ = Arten in Beständen mit Buchenbeimischung, fehlten unter reiner Fichte; „Zwi“ = Arten der Mischbestände, fehlten in beiderlei Reinbeständen).

Moose und ihre Vorkommen in Reinbeständen aus Buche und Fichte

Insgesamt kamen 57 terrestrische Moosarten vor (Tab. 3 im Anhang). Ihre Vorkommen verteilten sich proportional ähnlich wie die Gefäßpflanzen. Allerdings bildeten die 18 Arten (32 %), die sowohl unter Buche als auch unter Fichte auftraten, nur die zweitgrößte Gruppe. Die größere Anzahl von 21 Moosarten (37 %) war an Fichtenüberschirmung gebunden. Vier Moosarten (7 %) waren an Buche gebunden und fielen bei Fichtenbeimischung aus. Eine mittlere Anzahl von 14 Arten (25 %) fand sich nur in Mischbeständen.

Moose

Gesamtzahl: 57 Arten

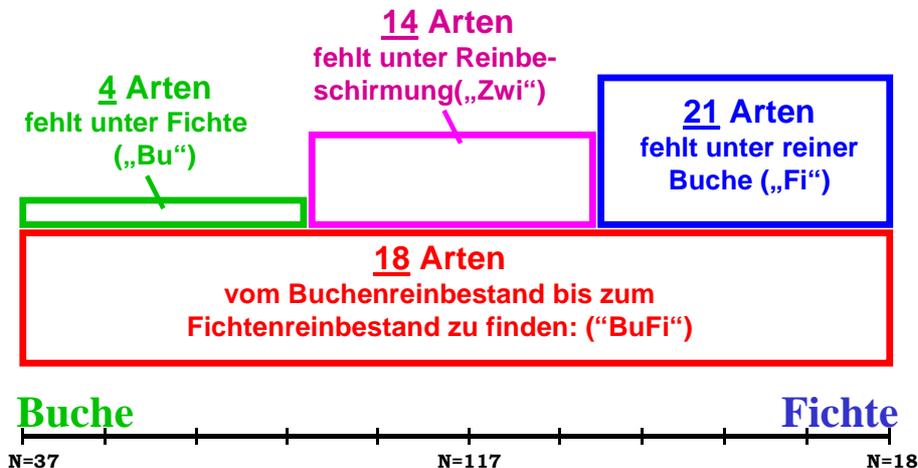


Abbildung 4: Zahl der Moosarten und ihre Vorkommen bei unterschiedlicher Überschirmung von Buche und Fichte („BuFi“ = Arten sowohl unter reiner Buche als auch unter reiner Fichte; „Fi“ = Arten in Beständen mit Fichtenbeimischung, fehlten unter reiner Buche; „Bu“ = Arten in Beständen mit Buchenbeimischung, fehlten unter reiner Fichte; „Zwi“ = Arten der Mischbestände, fehlten in beiderlei Reinbeständen).

3.1.4 Verschiebung der Artenzahlen der vier Artengruppen entlang des Überschirmungsgradienten

Mit der Verschiebung der Überschirmungsanteile zwischen Buche und Fichte veränderten sich auch die Vorkommen (Artenzahlen) der vier Artengruppen („Bu“, „BuFi“, „Zwi“, „Fi“).

Gefäßpflanzen

Mit wechselnden Fichtenanteilen in der Überschirmung veränderten sich die Zahlen der Gefäßpflanzen linear (Abb. 5). Die Artenzusammensetzung der Bodenvegetation schlug also nicht plötzlich von Buchen- zu Fichtenvegetation um, vielmehr waren die Veränderungen im Übergangsbereich der Überschirmungen fließend. Abweichend verhielten sich die jeweiligen Reinbestände (starker Anstieg oder Abfallen einzelner Artengruppen). Dies bedeutet, dass jede Einbringung einer Mischbaumart in den Reinbestand, und wenn es auch nur 5% waren, eine Veränderung des Arteninventars mit sich brachte.

Unter reiner Buche stellten euryöke Arten („BuFi“ Vorkommen von Buche bis Fichte) und unter diesen die Schwerpunktarten unter Buche („BuFi(Bu)“) die größte Gruppe dar. Schon bei geringer Beimischung der Fichte waren die Arten der Gruppe „BuFi(Fi)“ am häufigsten, also euryöke Arten mit deutlicher Förderung durch zunehmende Fichtenanteile. Die Gruppe der fichtengebundenen Arten („Fi“) zeigte einen auffallenden Anstieg vom Mischbestand mit 95% Fichte zum Fichtenreinbestand hin. Wurden die beiden Aufnahmen in Erstaufforstungsbeständen aus der Auswertung entfernt, änderte sich das Ergebnis nur geringfügig (Änderung der durchschnittlichen Häufigkeiten um weniger als eine Art), es handelte sich also nicht um eine Scheinkorrelation zwischen Artenzahl und Fichte mit der Bestandesgeschichte als tatsächlich erklärender Größe.

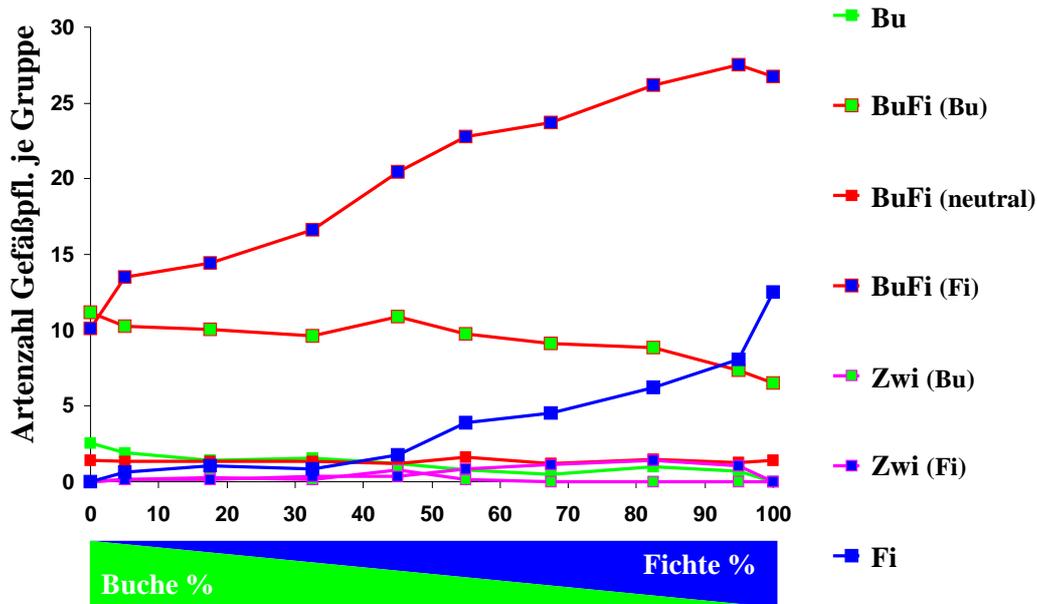


Abbildung 5: Zahl der Gefäßpflanzenarten der verschiedenen Artengruppen in Abhängigkeit von der Überschirmung („Bu“ = Arten in Beständen mit Buchenbeimischung, fehlten unter reiner Fichte; „BuFi (Bu)“ = Arten von Buche bis Fichte vorkommend, unter Buche aber häufiger; „BuFi(neutral)“ = Arten von Buche bis Fichte gleichermaßen vorkommend; „BuFi (Fi)“ = Arten von Buche bis Fichte vorkommend, unter Fichte aber häufiger; „Zwi (Bu)“ = Arten der Mischbestände, durch höhere Buchenanteile gefördert; „Zwi (Fi)“ = Arten der Mischbestände, durch höhere Fichtenanteile gefördert; „Fi“ = Arten in Beständen mit Fichtenbeimischung, fehlten unter reiner Buche).

Moose

Die Moose verhielten sich ähnlich wie die Gefäßpflanzen: Mit zunehmenden Fichtenanteilen in der Überschirmung nahm die Zahl der Moosarten linear zu (Abb. 6). Allerdings überwog die Gruppe der euryöken Moosarten, welche durch zunehmende Fichtenanteile eine Förderung erfuhren („BuFi(Fi)“), weniger stark. An die Fichte gebundene Arten waren sehr stark vertreten und zeigten bereits ab ca. 20 % Fichtenbeimischung einen deutlichen Anstieg.

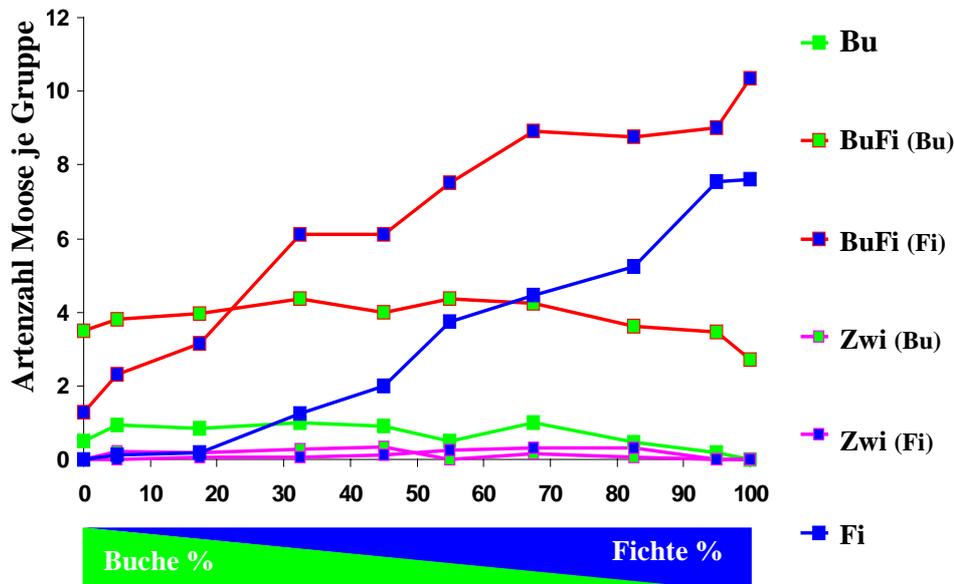


Abbildung 6: Anzahl der Moosarten der verschiedenen Artengruppen in Abhängigkeit von der Überschirmung („Bu“ = Arten in Beständen mit Buchenbeimischung, fehlten unter reiner Fichte; „BuFi(Bu)“ = Arten von Buche bis Fichte vorkommend, unter Buche aber häufiger; „BuFi(neutral)“ = Arten von Buche bis Fichte gleichermaßen vorkommend; „BuFi(Fi)“ = Arten von Buche bis Fichte vorkommend, unter Fichte aber häufiger; „Zwi(Bu)“ = Arten der Mischbestände, durch höhere Buchenanteile gefördert; „Zwi(Fi)“ = Arten der Mischbestände, durch höhere Fichtenanteile gefördert; „Fi“ = Arten in Beständen mit Fichtenbeimischung, fehlten unter reiner Buche).

3.2 Weitere Standortfaktoren und Bodenvegetation in Relation zur Überschirmung

3.2.1 Licht und Frühblüher

Die Zeit der ungehinderten Lichteinstrahlung vor dem Laubaustrieb dient den Frühblühern zur schnellen Entwicklung, noch bevor der Konkurrenzdruck durch andere Arten wächst. Damit kann postuliert werden, dass Frühblüher durch höhere Anteile an Laubholz gefördert, und durch höhere Nadelholzanteile zurückgedrängt werden (vgl. ELLENBERG 1996). Folgende Fichtenanteile in der Überschirmung wurden von frühblühenden Arten toleriert:

Anemone ranunculoides (Gelbes Windröschen): 0-45 % Fichte
Ranunculus auricomus (Gold-Hahnenfuß): 5-57,5 % Fichte
Ranunculus ficaria (Scharbockskraut): 0-71,25 % Fichte
Primula elatior (Große Schlüsselblume): 0-95 % Fichte
Anemone nemorosa (Busch-Windröschen): 0-100 % Fichte
Adoxa moschatellina (Moschuskraut): 0-100 % Fichte
Dentaria bulbifera (Zwiebeltragende Zahnwurz): 0-100 % Fichte
Ranunculus serpens (Hain-/ Wurzelnder Hahnenfuß): 100 % Fichte

Die gegen Fichtenüberschirmung empfindlichste Art war *Anemone ranunculoides* (Gelbes Windröschen), es fehlte bei Fichtenbeimischungen von mehr als 45 %. *Anemone nemorosa* (Busch-Windröschen) hingegen besiedelte auch noch die reinen Fichtenwälder, allerdings mit deutlich geringerer Stetigkeit und Deckung.

3.2.2 Gesamtdeckung der Gefäßpflanzen und Licht

Nach dem Laubaustrieb herrschte unter reiner Buche die geringste Strahlung (Abb. 7). Unter Fichte wurde eine Zunahme des Lichteinfalls gemessen, allerdings mit unregelmäßigem Verlauf (Korrelation zwischen Einstrahlungsprozent und Fichtenüberschirmung von $r = 0,48$). Auffallend sind die Parallelen zwischen den Verläufen von Gesamtdeckung der Gefäßpflanzen und Einstrahlung.

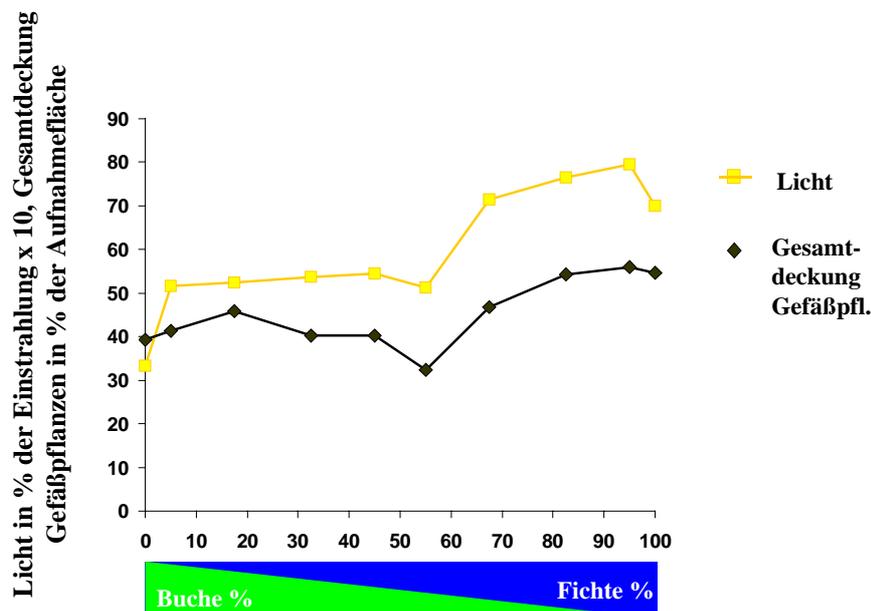


Abbildung 7: Gesamtdeckung der Gefäßpflanzen (in % der Aufnahmefläche) sowie sommerliche Lichteinstrahlung zehnfach überhöht (in % der Freiflächeneinstrahlung) in Abhängigkeit von den Baumartenanteilen der Überschirmung.

3.2.3 Gesamtdeckung der Moose und Streu

Die Gesamtdeckung der Moose war unter reiner Buchenüberschirmung sehr niedrig und stieg bis ungefähr 60% Fichtenanteil nur mäßig an. Bei höherer Fichtenüberschirmung zeigte sie einen steilen Anstieg. Sie verhielt sich spiegelbildlich zum Laubstreuivolumen, insbesondere zum Of-Material.

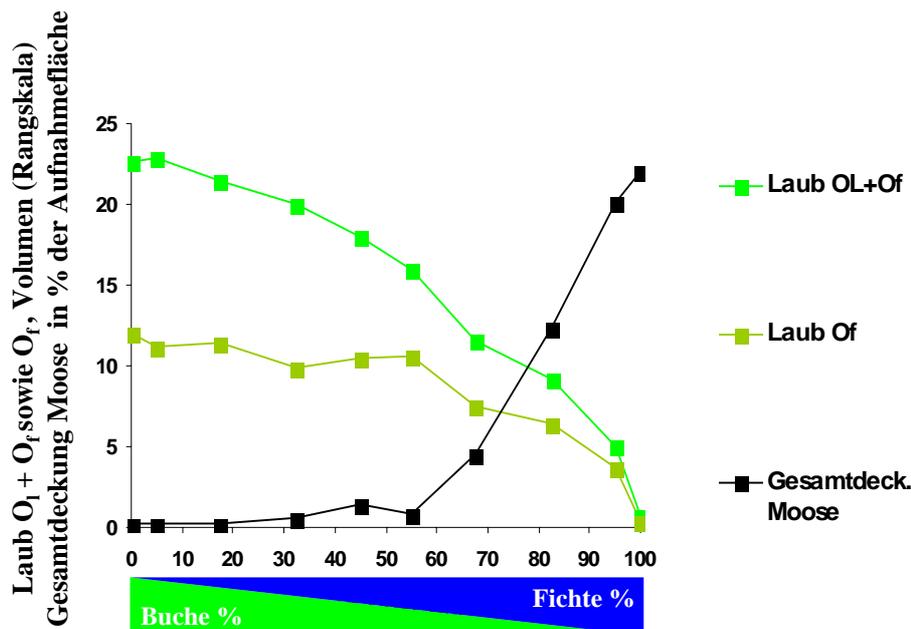


Abbildung 8: Gesamtdeckung der Moose sowie Deckung der Laubstreu OL+Of bzw. Of (Volumen, Rangskala) in Abhängigkeit von den Baumartenanteilen der Überschirmung.

3.2.4 Streu und überschirmende Baumart

Das Volumen der Streu auf den zentralen 10m x 10m - Untersuchungsflächen lässt sich in hohem Maße durch die Überschirmungsanteile von Fichte und Buche auf 30m x 30m erklären: Korrelation Buchenüberschirmung zu Laubstreu 0,92; Korrelation Fichtenüberschirmung zu Nadelstreu 0,70. Nadeln streuen in engerem Umkreis als Laubstreu, so dass die Korrelation zur Fichtenüberschirmung über der zentralen 10m x 10m-Fläche noch höher ist (Korrelation 0,75). Damit genügen die gewählten Flächengrößen der Erzielung valider Ergebnisse.

3.2.5 Oberboden

Der pH-Wert des Oberbodens (Korr. -0,54) sank unter Fichte, die Mächtigkeit eines eventuell vorhandenen Oh-Horizontes (Korr. 0,56) sowie das C/N-Verhältnis (Korr. 0,57) nahmen unter Fichte deutlich zu.

3.3 Auswirkung des aktuellen Waldbau-Konzeptes auf die Artenzusammensetzung

Die Regionalen Waldentwicklungstypen (RWET) für die Schwäbische Alb der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg sind ein Beispiel für die aktuelle waldbauliche Praxis, die in ähnlicher Weise auch in anderen Bundesländern gehandhabt wird. Die mit veränderten Waldbaurichtlinien einhergehenden Verschiebungen der Baumartenzusammensetzung der Bestände wirken sich auch auf die Bodenvegetation aus. Die Regionalen Waldentwicklungstypen sehen für die untersuchten Standorte aufgrund von vier häufigen Bestockungstypen vier Bewirtschaftungsstrategien vor:

- (1) **Buchen-Mischwald:** Für den RWET „Buchen-Mischwald“ ist eine Nadelholzbeimischung bis maximal 40 % vorgesehen (MLR 2002).
- (2) **Fichten-Mischwald:** Im RWET „Fichten-Mischwald“ (stabile Fichtenbestände auf mindestens mäßig frischen, karbonatarmen Standorten) ist eine Buchen- und sonstige Laubholzbeimischung von 20% bis 40 % vorgesehen. Die Ausgangsbestände werden als „(...) bei fehlendem Mischbaumanteil ökologisch wenig vielfältig (...)“ charakterisiert (MLR 2002). Zudem wird auf die Tendenz zur Oberbodenversauerung bei geringen Anteilen an Mischbaumarten und das Auftreten „säuretoleranter Bodenvegetation (Moose, *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*)“ hingewiesen.
- (3) **Labile Fichte:** Der RWET „Labile Fichte“ wird durch „(...) Standorte mit freiem Kalk im Oberboden (Rotfäulegefahr) und/oder geringer Wasserspeicherkapazität (...)“ charakterisiert (MLR 2002). Hier ist ein Umbau zu Buchen-Mischwald mit maximal 20 % Nadelholzbeimischung bzw. „(...) Belassen der Nb-Bestockung an geeigneten Orten zum Erhalt von Orchideenstandorten (...)“ vorgesehen. In der ökologischen Beschreibung heißt es: „In den Stadien vor Beginn der Auflösungserscheinungen sind diese Bestände i.d.R. sehr artenarm (...). Bei Verlichtung der Bestände nimmt der floristische und faunistische Artenreichtum rasch zu (Orchideen) und zeigt oft Elemente der nitrophilen Schlagflugesellschaften (Brombeere, Holunder)“ (MLR 2002).

(4) Mischwald Extensiv: Zum RWET „Mischwald Extensiv“ werden Bestände zusammengefasst, die aufgrund von „Schwachwüchsigkeit oder der Geländemorphologie von einer forstlichen Bewirtschaftung weitgehend ausgenommen (...), jedoch aus ökologischer Sicht von großer Bedeutung (...) sind. Dies sind „Wälder in Extremlagen, oftmals auch Sukzessionswälder oder Fi/Fo-Aufforstungen auf ehemals extensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen (z.B. Schafweiden).“ Die zukünftige Baumartenzusammensetzung wird im Wesentlichen durch natürliche Sukzession bestimmt (lokaler Standortswald), Eingriffe erfolgen nur „mit geringem Aufwand“ und dann zur „Sicherung der Erfüllung der (Boden-) Schutz- und Erholungsfunktionen (...)“ (MLR 2002).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei den Überschirmungszielen in den drei Waldentwicklungstypen des Wirtschaftswaldes (RWET 1-3) mittlere Werte von etwa 30 % Beimischung der jeweils anderen Baumart zur dominierenden Baumart angestrebt werden. Die Auswirkung dieses Schwellenwertes auf die Artenzusammensetzung am Waldboden wird nun anhand der Untersuchungsergebnisse betrachtet. Vorausgesetzt ist hierbei - entsprechend der angewandten Methodik - die einzel- bis ca. truppweise Beimischung: Eine zu 50% beigemischte Baumart kann auf 30m x 30m maximal Flächen mit einem Durchmesser von ca. 20m überschirmen. Die Mischungsformen „Trupp“ bzw. „Gruppe“ umfassen einen Durchmesser von 15m bzw. 30m. Die RWET sehen im Buchen- sowie im Fichten-Mischwald einzel- bis gruppenweise Mischungsform vor. Ab der Größe einer Gruppe nähert sich deren Kernbereich zunehmend den ökologischen Verhältnissen eines Reinbestands der jeweiligen Baumart an (siehe auch 3.2.4 Zusammenhang Überschirmung und Streu). Zugleich reduziert sich der (ggf. waldbaulich erwünschte) Mischungseffekt auf einen immer kleineren Flächenanteil (Randbereiche).

3.3.1 Regionale Waldentwicklungstypen und Gefäßpflanzen

a) Auswirkung von 30 % Fichtenbeimischung in Buchenbeständen auf die Gefäßpflanzenflora

Acht Gefäßpflanzenarten benötigten reine Buchenbestände oder solche mit nur geringer Fichtenbeimischung. Von diesen traten *Alliaria petiolata* (Knoblauchsrauke), *Carpinus betulus* (Hainbuchenverjüngung), *Convallaria majalis* (Maiglöckchen) und *Euphorbia amygdaloides* (Mandelblättrige Wolfsmilch) in mindestens zwei Beständen auf. *Euphorbia amygdaloides* konnte bei Untersuchungen im Forstamt Münsingen ausschließlich in historisch alten Wäldern beobachtet werden (SCHNEIDER & POSCHLOD 1999).

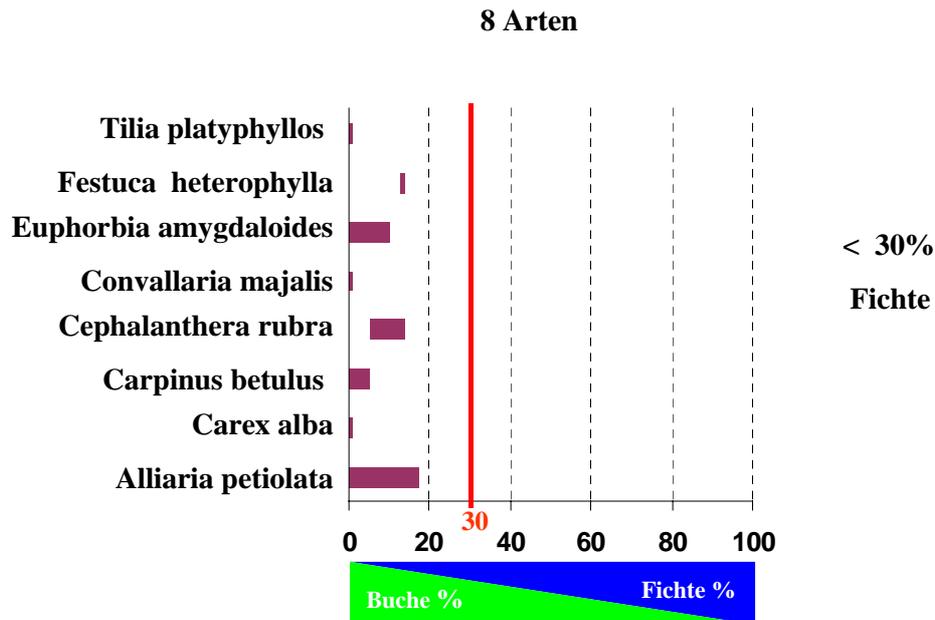


Abbildung 9: An Buche gebundene Gefäßpflanzen (8 Arten) und ihre Vorkommen bei zunehmenden Fichtenanteilen in der Überschirmung. Waagerechte Balken: Bandbreite der von der jeweiligen Art besiedelten Baumartenüberschirmung. Zur Orientierung ist der waldbaulich angestrebte Anteil von 30 % Fichtenbeimischung als rote Linie dargestellt.

b) Auswirkung von 30% Buchenbeimischung in Fichtenbeständen auf die Gefäßpflanzenflora

Eine Vielzahl von Gefäßpflanzenarten (63) tolerierte nur bis maximal 30 % Buchenbeimischung, oft kamen diese Arten sogar ausschließlich im Fichtenreinbestand vor (Abb. 10, Tabelle 4). Darunter waren vielfach Einzelbeobachtungen. Das Verhalten dieser Arten kann also im Einzelfall nicht als abgesichert gelten und ist mit Vorsicht bzw. unter Einbezug weiterer Informationsquellen zu interpretieren.

Durch hohe Fichtenanteile gefördert werden *Agrostis capillaris* (Rotes Straußgras, 5 Beobachtungen), *Agrostis stolonifera* (Weißes Straußgras, 9 Beobachtungen), *Moneses uniflora* (Moosauge, 1 Beobachtung), *Campanula rotundifolia* (Rundblättrige Glockenblume, 3 Beobachtungen), *Crepis capillaris* (Haarstiel-Pippau, 1 Beobachtung), *Epilobium ciliatum* (Drüsiges Weidenröschen, 2 Beobachtungen), *Trisetum flavescens* (Goldhafer, 4 Beobachtungen) und *Vicia cracca* (Vogel-Wicke, 3 Beobachtungen).

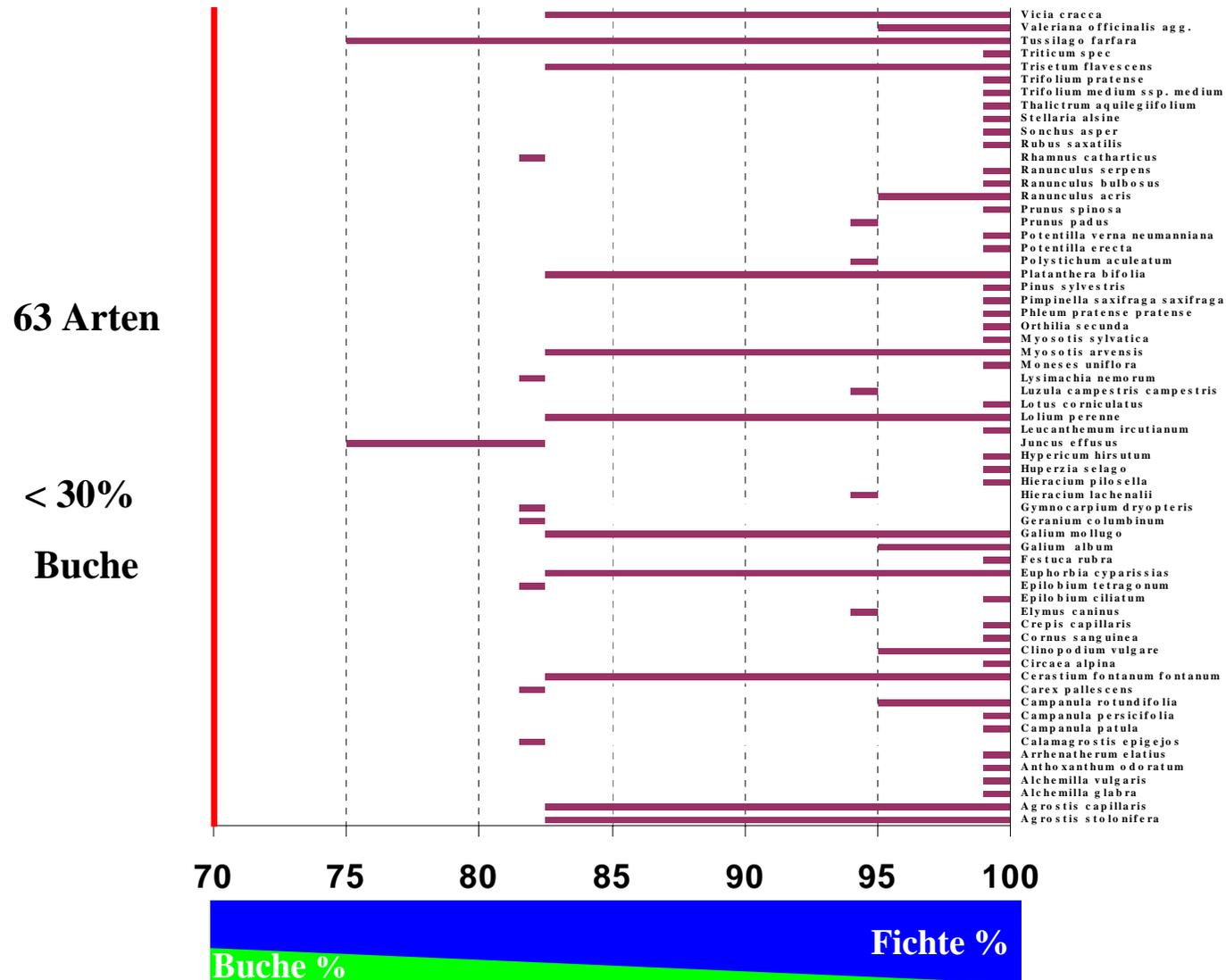


Abbildung 10: An Fichte gebundene Gefäßpflanzen (63 Arten) und ihre Vorkommen bei zunehmenden Buchenanteilen in der Überschirmung. Waagerechte Balken: Bandbreite der von der jeweiligen Art besiedelten Baumartenüberschirmung (Artenliste: Tabelle 4 im Anhang). Zur Orientierung ist der waldbaulich angestrebte Anteil von 30 % Fichtenbeimischung als rote Linie dargestellt.

c) Einteilung der Gefäßpflanzen nach Wald- und Offenland-Arten

Die Veränderung der Überschirmung der Baumarten Buche und Fichte wirkt sich nicht nur auf die Artenzahlen aus, sondern auf die spezifische Artenzusammensetzung. Die jeweilig in Fichten-, Buchen- und Mischbeständen vorkommenden Arten der Bodenvegetation können „echte“ Waldarten oder nicht waldgebundene Arten sein, also Arten, die auch oder sogar mit Schwerpunkt im Offenland gedeihen (SCHMIDT et al. 2002, leicht verändert). Bei den acht bucheengebundenen Arten handelte es sich ausschließlich um Waldarten. Von den 63 fichtengebundenen Arten sind 18 (29 %) Waldarten und 45 (71 %) nicht waldgebundene Arten. Hierzu gehören beispielsweise *Phleum pratense* (Wiesen-Lieschgras) und *Campanula patula* (Wiesen-Glockenblume). Damit können die Arten der Bodenvegetation zu einem Indikator für die Naturnähe des Waldes werden.

3.3.2 Regionale Waldentwicklungstypen und Waldbodenmoose

a) Auswirkung von 30 % Fichtenbeimischung in Buchenbeständen auf die Waldbodenmoose

Fünf Moosarten fanden sich nur bei weniger als 30 % Fichtenbeimischung (Abb. 11). Bis auf *Brachythecium populeum* (Pappel-Kurzbüchsenmoos, zwei Aufnahmen in zwei Beständen) handelte es sich um Einzelfunde. Dies waren *Tuidium recognitum* (echtes Tjujamoos), *Leucodon sciuroides* (Eichhörnchenschwanz-Moos), *Homalothecium lutescens* (Echtes Goldmoos) und *Amblystegium serpens* (Kriechender Sumpfdeckel).

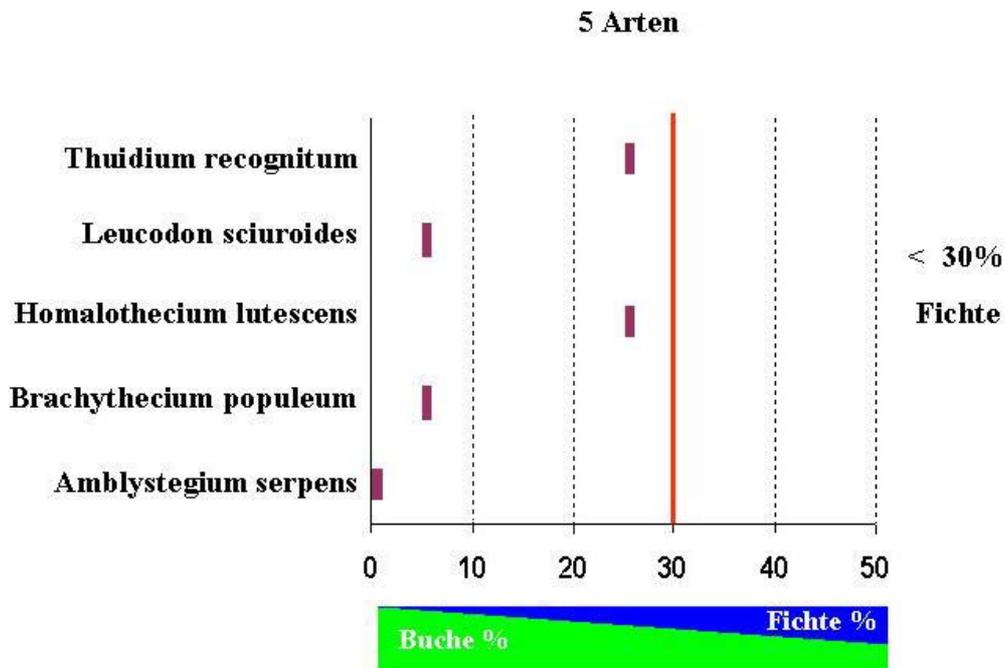


Abbildung 11: An Buche gebundene Moose (5 Arten) und ihre Vorkommen bei zunehmenden Fichtenanteilen in der Überschirmung. Waagerechte Balken: Bandbreite der von der jeweiligen Art besiedelten Baumartenüberschirmung. Zur Orientierung ist der waldbaulich angestrebte Anteil von 30 % Fichtenbeimischung als rote Linie dargestellt.

b) Auswirkung von 30 % Buchenbeimischung in Fichtenbeständen auf die Waldbodenmoose

Acht fichtengebundene Moosarten wurden beobachtet, darunter *Pleurozium schreberi* (Rotstengelmoos) in 16 Aufnahmen sowie die seltenen Arten *Dicranum bonjeanii* (Sumpfgabelzahnmoos) und *Mnium spinulosum* (Gezähneltes Sternmoos) mit jeweils nur einem Vorkommen. Ein flächiger Umbau zu buchendominierten Mischwäldern könnte ihre Existenz in der Schwäbischen Alb gefährden.

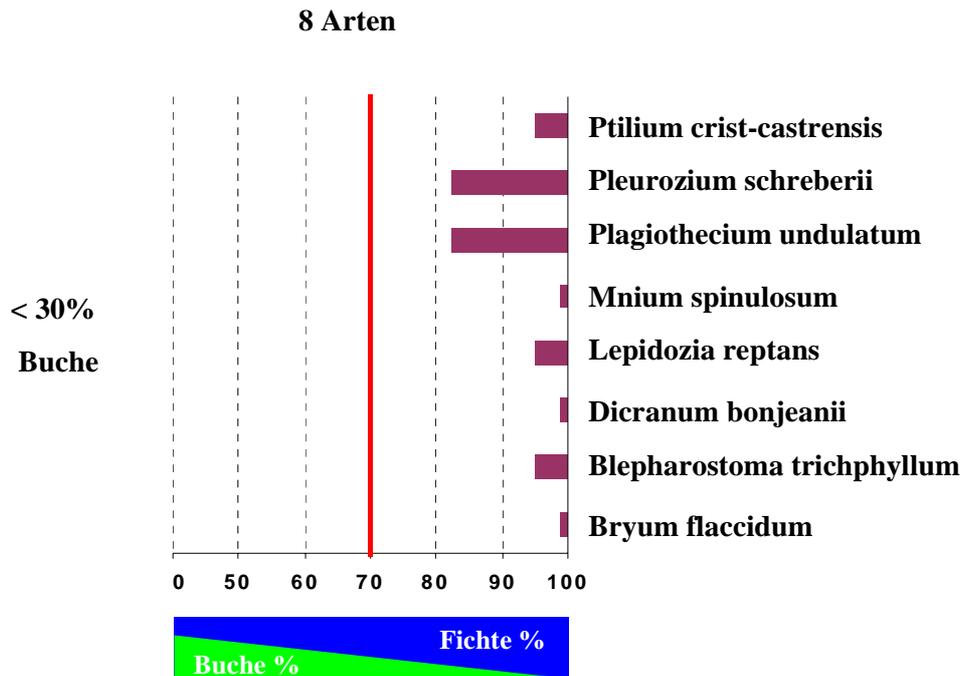


Abbildung 12: An Fichte gebundene Moose (8 Arten) und ihre Vorkommen bei zunehmenden Buchenanteilen in der Überschirmung. Waagerechte Balken: Bandbreite der von der jeweiligen Art besiedelten Baumartenüberschirmung. Zur Orientierung ist der waldbaulich angestrebte Anteil von 30 % Fichtenbeimischung als rote Linie dargestellt.

Besonders hervorgehoben seien Funde von zwei in Baden-Württemberg als selten eingestuft Moosarten, die ebenfalls in Wirtschaftswäldern mit mittleren bis hohen Fichtenanteilen gefunden wurden. *Brachythecium oedipodium* (Dünnes Kurzbüchsenmoos) wird in Baden-Württemberg folgendermaßen beschrieben: „insgesamt sehr zerstreut; jeweils selten im nördlichen Oberrheingebiet, im Südschwarzwald und im Alpenvorland (...), außerdem je einmal im oberen Neckargebiet und auf der schwäbischen Alb nachgewiesen.“ (NEBEL et al. 2001, S.377). Überraschenderweise wurde *Brachythecium oedipodium* auf 67 Untersuchungsflächen angetroffen. Diese wurden von Fichtenanteilen zwischen 45 % und 100 % überschirmt. Ein Neufund für die Schwäbische Alb ist *Brachythecium starkei* (Berg-Kurzbüchsenmoos). Nach NEBEL tritt es im Südschwarzwald zerstreut auf und ist ansonsten selten. Der zum Untersuchungsgebiet nächste Fundort lag südlich der Donau bei Inzigkofen und wurde „seit vielen Jahrzehnten nicht mehr bestätigt“ (NEBEL et al. 2001, S.391). Die Art konnte auf vier Untersuchungsflächen mit Fichtenanteilen in der Überschirmung von 32,5 % bis 100 % nachgewiesen werden.

4. Diskussion

4.1 Artenreichtum

Fichtenforste werden in der Literatur oftmals als artenarm „gebrandmarkt“. NIHLGÅRD (1970) beschreibt für Fichtenforste eine Phase des nackten Bodens (15-30 Jahre) und eine Phase der Wiedereinwanderung (30-60 Jahre). Jüngere Fichtenbestände sind (wie auch manche Buchendickungen und -stangenhölzer! vgl. ELLENBERG 1996) oft auffallend vegetationsarm. In vielen Fällen ist die konstatierte Artenarmut unter Fichte auf die vegetationsarme Dickungs- und Stangenholzphase zurückzuführen. Beispielsweise zeigen zwei der drei Bilder, die in der Untersuchung von POTT (2003) Experten zur Beurteilung vorgelegt und von diesen als artenarm eingestuft wurden, 40-jährige, dichte Fichtenbestände. In der vorliegenden Untersuchung von 50-90-jährigen fichtenreichen „Baumhölzern“ auf Kalkböden ist der Artenreichtum unter Fichte deutlich höher als unter Buche.

4.2 Möglicher Verlust von Arten der Bodenvegetation durch die Baumartenwahl

4.2.1 Artengruppen nach beobachteter Überschirmung

Die Frage nach Verdrängung von Arten in Fichtenreinbeständen, somit also auch durch forstliche Förderungen der Fichte, konnte für den größten Teil der Arten verneint werden (Gruppen „BuFi“ und „Fi“ mit 153 Arten (71%) der Gefäßpflanzen und 39 Arten (68%) der Moose). Mit Gefährdung durch Fichtenanbau muss bei Arten gerechnet werden, die unter Fichtenüberschirmung fehlten (Artengruppe „Bu“, Gefäßpflanzen: 25 Arten, Moose: 4 Arten), sowie bei Arten, die zwar in beiden Reinbeständen fehlten, unter Buche jedoch häufiger auftraten (Artengruppe „Zwi(Bu)“, Gefäßpflanzen: 9 Arten, Moose: 7 Arten).

Nimmt man als floristisches Inventar des Buchenwaldes nun alle unter Buche beobachteten sowie durch Buche geförderten Arten an („Bu“, „BuFi“ und „Zwi(Bu)“), so wären somit 34 von insgesamt 113 Gefäßpflanzen (30 %), und 11 von insgesamt 29 Moosarten (38%) des naturnahen Waldes durch Fichtenanbau bedroht. Die Einschätzung der Gefährdung einzelner Arten erfordert eine differenzierte Betrachtung, ob ein derartiger Ausfall schon ab geringerer Fichtenbeimischung oder erst unter reiner Fichtenüberschirmung erfolgt.

Die umgekehrte Frage einer „Verdrängung“ von Arten der Fichtenforsten durch die Buche muss mit Blick auf die einzelnen Arten geführt werden. Denn der Erhalt aller fichtenbegleitenden Arten kann nicht „automatisch“ positiv beurteilt werden. Eine naturschutzfachliche Bewertung kann hier nur bei Einbeziehung weiterer Kriterien wie beispielsweise Seltenheit oder Gefährdung erfolgen, muss also dementsprechend für jede Art einzeln geprüft werden.

4.2.2 Auswirkung von 30% Fichtenbeimischung in Buche auf buchengebundene Arten

Gefäßpflanzen:

Mit *Alliaria petiolata* (Knoblauchsrauke), *Carpinus betulus* (Hainbuche), *Convallaria majalis* (Maiglöckchen) und *Euphorbia amygdaloides* (Mandelblättrige Wolfsmilch) scheinen einige Arten regelmäßig auf nahezu reine Buchenwälder beschränkt zu sein. *Euphorbia amygdaloides* wurde in der Untersuchung von SCHNEIDER & POSCHLOD (1999) als an historisch alte Wälder gebundene Art beschrieben. Auch nach WULF (1997) bestehen Unterschiede im Arteninventar historisch alter und junger Bestände. So stellt sich die Frage, ob die reinen Buchenwälder möglicherweise eine abweichende Geschichte haben, die gleichermaßen für Baumartenzusammensetzung (hohe Buchenanteile) und Arteninventar die eigentlich erklärende Ursache darstellt. Von den neun Beständen mit buchengebundenen Arten liegt bei dreien mit Sicherheit bereits die dritte Waldgeneration vor, bei fünf Beständen ist unklar, ob es sich um die zweite oder dritte Generation handelt. In einem Fall ist es nur die zweite Waldgeneration. Doch gerade in diesem Buchenbestand trat auch *Euphorbia amygdaloides* auf, also die Art historisch alter Wälder. Die Vermutung der Bindung an historisch alte Wälder lässt sich aus den vorliegenden Informationen nicht belegen, aber durch den Fund in nur einem Bestand der zweiten Waldgeneration auch nicht widerlegen.

Die historisch jungen Wälder in der Untersuchung von SCHNEIDER & POSCHLOD, in denen *Euphorbia amygdaloides* fehlte, waren zugleich Nadelholzaufforstungen vordem nicht bewaldeter Flächen der ersten und zweiten Generation. Dieses. Die nun beobachtete Bindung von *Euphorbia amygdaloides* an die Buche spricht dafür, dass (wie von SCHNEIDER & POSCHLOD auch schon als mögliche Erklärung angesprochen) das Fehlen dieser Art in erster Linie auf den Nadelholzanteil, und nicht auf das Waldalter als solches zurückzuführen ist.

Moose:

Mit *Homalothecium lutescens* (Echtes Goldmoos) und *Thuidium recognitum* (Echtes Thujamoos) wurden zwei auf der Schwäbischen Alb verbreitete Moose jeweils nur einmal beobachtet. Zufälligkeit lässt sich nach dem vorliegenden Datensatz nicht ausschließen. Allerdings wird *Thuidium recognitum* als „fast ausschließlich an natürlichen oder naturnahen Standorten in Wäldern“ beschrieben (NEBEL & SCHOEPE 2001, S. 278).

Die anderen in dieser Untersuchung als „buchengebunden“ eingestuft Moosarten sind vermutlich epiphytischen Ursprungs und nach Herabfallen mit Buchenästen oder Rinde weitergewachsen. Sie lassen damit keine Zuordnung zu buchenbedingten Standortverhältnissen am Waldboden zu.

4.2.3 Auswirkung von 30% Buchenbeimischung in Fichte auf fichtengebundene Arten

Gefäßpflanzen:

In den Beständen mit über 70% Fichtenanteil treten viele Arten nur auf einer einzigen Untersuchungsfläche oder in nur einem Bestand auf. Wenn auch aufgrund der Datenlage im Falle der einzelnen Art der „Zufall“ auch nicht ausgeschlossen werden kann, so wäre allein die Vielzahl „zufälliger“ Vorkommen eine eindeutige Eigenschaft der Bestände mit hohen Fichtenanteilen. Viele der in fichtenreichen Wäldern beobachteten Gefäßpflanzen sind lichtliebend (vgl. WECKESSER 2003). Diese Arten lassen sich als Offenland-Arten (z.B. *Trisetum flavescens*, Goldhafer; *Phleum pratense*, Wiesen-Lieschgras), Ruderalarten und Begleiter der Waldwege wie *Tussilago farfara* (Huflattich) oder *Elymus caninus* (Hunds-Quecke) oder als Art der Schlagflora (*Euphorbia cyparissias*, Zypressen-Wolfsmilch) charakterisieren (vgl. SCHALL 1988; SCHMIDT et al. 2002). Oftmals waren diese Arten nur vegetativ vorhanden und kamen nicht zur Blütenbildung. So besteht unter Fichte eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für die (zumindest vegetative) Entwicklung zufällig eingestreuter Arten aus anderen Lebensräumen („Störzeiger“).

Einige Arten, die nur unter reiner Fichte auftraten, könnten durchaus Relikte aus der Zeit vor der Aufforstung sein. Beispiele hierfür sind *Campanula rotundifolia* (Rundblättrige Glockenblume, von HAUFF (1965) als Aufforstungsrelikt betrachtet), *Festuca rubra* (Rot-Schwengel), *Luzula campestris* (Feld-Hainsimse), *Pimpinella saxifraga* (Kleine Bibernelle) oder *Leucanthemum ircutianum* (Wiesen-Margerite). Auf der anderen Seite wandern viele dieser Arten relativ schnell in neu entstandene Offenlandflächen und Waldlichtungen ein, wie die Artenlisten der Schlagflora (OBERDORFER 1978) zeigen.

Entsprechend der unter Fichte veränderten Bodeneigenschaften (vgl. auch ELLENBERG 1996) wurden bei Fichtenbeimischung auch säure- und moderliebende Arten beobachtet wie *Orthilia secunda* (Birngrün) und *Moneses uniflora* (Moosauge), allerdings jeweils nur einmal. Sie sind zumeist an Nadelholzbestände gebunden und auf der Schwäbischen Alb noch nicht gefährdet. *Orthilia secunda* ist aber in anderen Regionen sehr wohl gefährdet und *Moneses uniflora* wird für Baden-Württemberg insgesamt „(...) als ‚gefährdet‘, wohl mit einer Tendenz zu ‚stark gefährdet‘.“ eingestuft (PHILIPPI 1990 a, S.374). Deutschlandweit gilt *Moneses uniflora* als „stark gefährdet“ (HAEUPLER & MUER 2000, S.189). Die säureliebenden Arten *Gymnocarpium dryopteris* (Eichenfarn) und *Huperzia selago* (Tannenbärlapp) sind auf der Alb deutlich seltener, beide aber durch Nadelholzanbau in Ausbreitung und ebenfalls nicht gefährdet (PHILIPPI 1990 b). Mit *Platanthera bifolia* (Weiße Waldhyazinthe) war nur eine Orchideenart zu verzeichnen.

Die für den RWET „Labile Fichte“ (MLR 2002) beschriebenen Orchideenstandorte dürften vorwiegend auf Beobachtungen in flachgründigeren, eventuell auf Dolomit stockenden Erstaufforstungen zurückzuführen sein. Solche Bestände wiesen oft eine stark gestörte Bestandesstruktur auf oder wurden aufgrund der Flachgründigkeit nicht in diese Arbeit miteinbezogen. Die Einschätzung des RWET „Fichten-Mischwald“ als „(...) bei fehlendem Mischbaumanteil ökologisch wenig vielfältig“ (MLR 2002) beruhte vermutlich auf der geringen Anzahl an Orchideen im Vergleich zu den Beständen der „Labilen Fichte“.

Moose:

Bekanntlich leidet die Moosbedeckung des Waldbodens unter herbstlichem Laubfall und wird durch Nadelstreu begünstigt (ANDERS & HOFMANN 1997, ELLENBERG 1996, JENSSEN & HOFMANN 2002). Bei den Moosen wurden neben häufigen Arten (z.B. *Pleurozium schreberi* (Rotstengelmoos) auch seltenere Arten mit enger Bindung an die Fichte beobachtet:

- *Mnium spinulosum* (Gezähneltes Sternmoos, eine Beobachtung in Fichtenerstaufforstung) kommt auf der Schwäbischen Alb zerstreut bis gebietsweise verbreitet vor, im Alpenvorland tritt es selten auf und in den restlichen Landesteilen fehlt es. Die Vorkommen liegen ausschließlich in Nadelwäldern und stets über Kalk. In Baden-Württemberg ist die Art derzeit nicht gefährdet, bundesweit muss sie jedoch als gefährdet eingestuft werden. „Da (...) vermehrt Mischwaldkulturen angelegt werden, bleibt abzuwarten, ob und wie sich dies künftig auf das Vorkommen der Art im Gebiet auswirken wird“ (SAUER 2001, S. 113).

- *Dicranum bonjeanii* (Sumpf-Gabelzahnmoos) kommt auf der Schwäbischen Alb zerstreut an offenen bis halbschattigen Standorten mit humusreichen Stellen über Kalk vor, besonders in Wachholderheiden. In Baden-Württemberg ist die Art „(...) aufgrund der Umwandlung und Zerstörung ihrer Lebensräume (...) deutlich zurückgegangen“ und daher gefährdet (G3), deutschlandweit ist sie „(...) in vielen Bundesländern vom Aussterben bedroht oder stark gefährdet“ (SAUER 2000, S. 141). *Dicranum bonjeanii* wurde in dieser Untersuchung einmal in einem Fichtenbestand angetroffen, der

mindestens der zweiten Waldgeneration angehörte und an Feld- und Wiesenland grenzte. Möglicherweise können Fichtenbestände dauerhafte Ersatzstandorte für diese Art sein.

- Auch das weniger eng an die Fichte gebundene *Brachythecium oedipodium* (Dünnes Kurzbüchsenmoos) soll an dieser Stelle in die Diskussion miteinbezogen werden. Es wurde in Baden-Württemberg bislang nur sehr zerstreut beobachtet. Jedoch ist es „im Gelände nur schwer zu erkennen und könnte daher gelegentlich auch übersehen worden sein“ (NEBEL et al. 2001, S. 378). FRAHM & FREY (1992, S. 458) notieren: „Früher selten; anscheinend in Nadelholzforsten in Ausbreitung“. Die 67 Fundstellen in dieser Arbeit sprechen dafür, dass sich diese ehemals seltene Art an die Kunstforsten adaptiert hat und nun ausbreitet.

Zusammenfassende Beurteilung der Situation der fichtengebundenen Arten: Für viele Gefäßpflanzen spielt das Bestandesinnere als Lebensraum eine eher untergeordnete und zufällige Rolle. Aufgrund ihrer oftmals weiten ökologischen Amplitude sind gehäufte Vorkommen dieser Arten als Hinweis für stärkeren Kultureinfluss (Hemerobie) zu sehen, also hinsichtlich des Kriteriums der Naturnähe nicht schützenswert. Zur Beurteilung von Waldbeständen sind weitere naturschutzfachliche Kriterien wie Seltenheit und Gefährdung zu überprüfen. Die Vorkommen vieler euryöker Gefäßpflanzen in fichtengeprägten Wirtschaftswäldern tragen demnach tendenziell zu einer naturschutzfachlichen Abwertung bei. Anders ist die Situation bei Betrachtung von Moosen und moderliebenden Gefäßpflanzen. Hier finden sich auch in Fichtenforsten seltene und gefährdete, damit schützenswerte Arten.

4.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die Praxis

- Einige wenige Arten sind eng an die Buche gebunden und werden durch 30% Fichtenbeimischung bereits verdrängt. Der reine Buchenwald und seine Artenausstattung hat damit eine eigene Qualität. Sie sollte auf einem Teil der Waldfläche unverfälscht erhalten bleiben.
- Mit zunehmenden Fichtenanteilen nimmt die Artenzahl stark zu, verglichen mit dem naturnahen Buchenwald. Vielfach sind dies lichtliebende, eher zufällig einstreuende, euryöke Arten. Jedoch wurden bei fichtengebundenen Moosen und Gefäßpflanzen auch seltene und gefährdete Arten beobachtet. Diese könnten durch eine Umwandlung sämtlicher Nadelholzreinbestände in Mischbestände ihren Lebensraum verlieren. Daher sollten auch die reinen Nadelwälder zu gewissen Anteilen als anthropogene Vegetationsform erhalten bleiben, so wie beispielsweise auch Wachholderheiden oder Streuwiesen.
- Die Vielfalt der Arten wird am Besten durch waldbauliche Vielfalt erhalten.

Danksagung

Herzlicher Dank gilt allen, die zu diesem Artikel beigetragen haben, insbesondere Dr. Stefanie Gärtner für die kritisch-konstruktiven Diskussionen und methodischen Beiträge, Michael Sauer, Michael Lüth und Dr. Martin Nebel für die Unterstützung bei der Bestimmung der Moose, Dieter Reineke, Günter Gottschlich und Dr. Arno Wörz für die Überprüfung kritischer Gefäßpflanzen sowie Monika Ganz und Dr. Winfried Maier für die abschließende Durchsicht des Manuskripts.

Große Unterstützung erfuhr die Arbeit durch das Forstpersonal auf der Schwäbischen Alb, welche bis hin zur Zurückstellung von Hiebsmaßnahmen reichte, wodurch trotz wiederholter „Jahrhundertsommer“ die Geländeerhebungen unbeeinträchtigt abgeschlossen werden konnten. Finanziell gefördert wurde die Arbeit durch das Ministerium Ländlicher Raum, das in Person von Dr. Frieder Dinkelaker offenes und reges Interesse an der Fragestellung bezeugte.

5. Literaturverzeichnis

- ANDERS, S. & HOFMANN, G. (1997): Vielfalt der Vegetation von Wäldern und Forsten. Schriftenreihe des BML „Angewandte Wissenschaft“ **465**: 94 - 108.
- BRUNNER, A. (1998): A light model for spatial explicit forest stand models. *Forest Ecology and Management* **107**: 19 - 46.
- DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE (Hrsg.) (2004): Der Beitrag der Waldwirtschaft zum Aufbau eines länderübergreifenden Biotopverbundes. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege **76**: 1 – 104.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (Hrsg.) (1953): Klima-Atlas von Baden-Württemberg. Bad Kissingen, 37 S.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Aufl., Ulmer, Stuttgart, 1095 S.
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (1992): Moosflora. 3. überarbeitete Auflage, Ulmer, Stuttgart, 528 S.
- HAEUPLER & MUER (HRSG.) (2000): Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Ulmer, Stuttgart, 759 S.
- HAUFF, R. (1965): Die Bodenvegetation älterer Fichtenbestände auf aufgeforsteten Schafweiden der Mittleren Alb. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* **15**: 39 – 42.

- JENSSEN, M.& HOFMANN, G. (2002): Pflanzenartenvielfalt, Naturnähe und ökologischer Waldumbau. *AFZ/Der Wald* **8**: 402 - 405.
- KÖBERLE, F. (1975/76): Erläuterungen zu den Standortskarten des Fbz. Zwiefalten. Erläuterungsband (unveröffentlicht), 285 S.
- MLR - MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2002): 11 Regionale Waldentwicklungstypen. Unveröffentlicht.
- MÜLLER, T. (1975): Natürliche Fichtengesellschaften der Schwäbischen Alb. Beiträge zur naturkundlichen Forschung Südwestdeutschlands **34**: 233 – 249.
- MÜLLER, T.; OBERDORFER, E.; PHILIPPI, G. (1974): Die potentielle natürliche Vegetation von Baden-Württemberg. Beihefte zu den Veröffentlichungen der Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg **6**: 45 S.
- NEBEL, M.& SCHOEPE, G. (2001): Thuidiaceae. In: Nebel, M.& Philippi, G. (Hrsg.): Die Moose Baden-Württembergs. Bd. 2, Ulmer, Stuttgart, 529 S.
- NEBEL, M.; SAUER, M.; SCHOEPE, G. (2001): Brachytheciaceae. In: Nebel, M.& Philippi, G. (Hrsg.): Die Moose Baden-Württembergs. Bd.2, Ulmer, Stuttgart, 529 S.
- NIHLGÅRD, B. (1970): Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and a planted spruce forest in South Sweden. *Oikos* **23**: 69-81.
- OBERDORFER, E. (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II, 2. stark bearb. Aufl., Fischer, Stuttgart, New York, 355 S.
- PFÜNDEL, T.; WALTER, E.& MÜLLER, T. (2000): Die Pflanzenwelt der Schwäbischen Alb. 2. verbesserte Auflage, Verlag des Schwäbischen Albvereins, Stuttgart, 239 S.
- PHILIPPI, G. (1990 a): Pyrolaceae. In: Sebald, O.; Seybold, S.; Philippi, G. (Hrsg.): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 2, Ulmer, Stuttgart, 442 S.
- PHILIPPI, G. (1990 b): Lycopodiaceae; Aspidiaceae. In: Sebald, O.; Seybold, S.; Philippi, G. (Hrsg.): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 1, Ulmer, Stuttgart, 613 S.
- POTT, M. (2003): Von Strukturparametern zu Nachhaltigkeitskriterien. Dissertation, Fakultät für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München, <http://tumb1.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/ww/2003/pott.pdf>, 9.9.2004, 121 S.
- REINEKE, D.& RIETDORF, K. in KRETZSCHMAR, F. (1999): Pflege- und Entwicklungsplan Naturschutzgebiet Degenreuschen-Rauschachen. Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar **42**: 51 – 81.
- SAUER, M. (2000): Dicranaceae. In: NEBEL, M.& PHILIPPI, G. (Hrsg.): Die Moose Baden-Württembergs. Bd. 1, Ulmer, Stuttgart, 512 S.
- SAUER, M. (2001): Mniaceae. - In: NEBEL, M.& PHILIPPI, G. (Hrsg.): Die Moose Baden-Württembergs. Bd. 2, Ulmer, Stuttgart, 529 S.
- SCHALL, B. (1988): Die Vegetation der Waldwege und ihre Korrelation zu den Waldgesellschaften in verschiedenen Landschaften Süddeutschlands mit einigen Vorschlägen zur Anlage und Pflege von Waldwegen. *Ber. Akad. Naturschutz Landschaftspflege* **12**: 105-140.
- SCHNEIDER, C.& POSCHLOD, P. (1999): Waldvegetation und Nutzungsgeschichte am Beispiel der Schwäbischen Alb. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* **8**: 135-146.
- SCHMIDT, M.; V.OHEIMB, G.; KRIEBITSCH, W.; ELLENBERG, H.: (2002): Liste der im norddeutschen Tiefland typischen Waldgefäßpflanzen. *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft* **206**: 1 – 37.
- SCHÖN, M. (1990): Die Wald- und Forstgesellschaften auf Buntsandstein bei Coburg und Kronach. Unveröffentl. Diplomarbeit, Lehrstuhl Pflanzenökologie, Universität Bayreuth, 104 S.
- TER BRAAK, C.J.F.& SMILAUER, P.(1998): CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, 351 S.
- WECKESSER, M. (2003): Die Bodenvegetation von Buchen-Fichten-Mischbeständen im Solling – Struktur, Diversität und Stoffhaushalt. Dissertation, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Georg-August-Universität Göttingen, Cuvillier, Göttingen, 157 S.
- WERNER, H. (1957/58): Erläuterungsband zur forstlichen Standortskarte des Forstbezirks Pfronstetten, unveröff., 95 S.
- WERNER, H. (1958/59): Erläuterungsband zur forstlichen Standortskarte des Forstbezirks Zwiefalten, unveröff., 117 S.
- WULF, M. (1997): Plant species as indicators of ancient woodland in northwestern Germany. *Journal of Vegetation Science* **8**: 635 – 642.
- ZERBE, S. (1992): Fichtenforste als Ersatzgesellschaften von Hainsimsen-Buchenwäldern. *Vegetation, Struktur und Vegetationsveränderungen eines Forstökosystems. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A* **100**: 173 S., Göttingen.

JOCHEN ENGELHARD
 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
 Waldbau-Institut
 Tennenbacher Straße 4
 D-79106 Freiburg
 email: jochen.engelhard@waldbau.uni-freiburg.de

PROF.DR. ALBERT REIF
 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
 Waldbau-Institut
 Tennenbacher Straße 4
 D-79106 Freiburg
 email: albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de

Anhang zu Engelhard & Reif - Tabellen 1 bis 4:

Tabelle 1

Aufnahme- fläche	Fichtenüber- schirmung	Artenzahl Gefäßpflanzen	Artenzahl Moose	Gesamt- Artenzahl
1232	100%	45	23	68
1630	100%	37	19	56
1631	100%	40	23	63
1877	100%	49	27	76
3313	100%	56	20	76
3314	100%	54	21	75
3315	100%	50	19	69
3316	100%	61	26	87
3520	100%	64	22	86
3521	100%	61	23	84
7155	100%	37	17	54
7156	100%	35	14	49
7157	100%	43	19	62
7158	100%	50	19	69
7159	100%	36	13	49
7262	100%	32	24	56
7263	100%	55	24	79
7373	100%	44	19	63
Mittelwert		47,2	20,7	67,8
1629	<100-90%	30	16	46
3212	<100-90%	46	23	69
3626	<100-90%	54	16	70
3627	<100-90%	43	19	62
3628	<100-90%	44	15	59
3629	<100-90%	56	23	79
5443	<100-90%	52	26	78
5444	<100-90%	56	21	77
5547	<100-90%	53	24	77
1102	<100-90%	35	19	54
1231	<100-90%	42	20	62
Mittelwert		46,5	20,2	66,6
3749	<90-75%	47	19	66
1113	<90-75%	29	11	40
1114	<90-75%	36	12	48
1227	<90-75%	46	24	70
1732	<90-75%	49	22	71
3623	<90-75%	52	15	67
3624	<90-75%	52	15	67
3625	<90-75%	58	18	76
5340	<90-75%	48	20	68
5446	<90-75%	52	23	75
7372	<90-75%	36	24	60
1101	<90-75%	36	22	58
4247	<90-75%	50	15	65
Mittelwert		45,5	18,5	63,9
1115	<75-60%	34	13	47
1775	<75-60%	38	25	63
1121	<75-60%	35	15	50
1230	<75-60%	35	22	57
3104	<75-60%	42	19	61
3853	<75-60%	41	22	63
4131	<75-60%	39	17	56

5445	<75-60%	46	24	70
7267	<75-60%	28	21	49
1521	<75-60%	54	15	69
7371	<75-60%	51	25	76
1116	<75-60%	41	13	54
3110	<75-60%	39	16	55
Mittelwert		40,2	19,0	59,2
5341	<60-50%	53	19	72
1228	<60-50%	44	18	62
1309	<60-50%	47	19	66
7264	<60-50%	22	17	39
3107	<60-50%	34	15	49
3622	<60-50%	42	21	63
3850	<60-50%	37	17	54
5134	<60-50%	41	5	46
Mittelwert		40,0	16,4	56,4
3101	50->40%	37	20	57
1776	50->40%	35	24	59
5342	50->40%	49	15	64
1105	50->40%	33	17	50
1106	50->40%	35	17	52
3419	50->40%	31	7	38
5133	50->40%	35	5	40
5239	50->40%	45	2	47
3852	50->40%	33	14	47
Mittelwert		37,0	13,4	50,4
1103	40->25%	28	12	40
1104	40->25%	26	11	37
1107	40->25%	31	10	41
1110	40->25%	30	10	40
3102	40->25%	36	16	52
3106	40->25%	35	18	53
4132	40->25%	31	16	47
1111	40->25%	36	10	46
1417	40->25%	29	16	45
1420	40->25%	26	15	41
1522	40->25%	37	15	52
3855	40->25%	24	9	33
4133	40->25%	30	16	46
4135	40->25%	40	17	57
4140	40->25%	24	9	33
7266	40->25%	25	10	35
1312	40->25%	34	12	46
Mittelwert		30,7	13,1	43,8
1108	25->10%	28	7	35
1117	25->10%	35	10	45
1118	25->10%	26	7	33
1119	25->10%	30	9	39
1304	25->10%	33	10	43
3103	25->10%	28	8	36
3105	25->10%	24	11	35
3108	25->10%	28	12	40
4145	25->10%	27	12	39
1109	25->10%	29	7	36
1112	25->10%	28	9	37
1125	25->10%	34	8	42
1523	25->10%	34	9	43

5238	25->10%	40	2	42
1314	25->10%	31	10	41
3854	25->10%	25	14	39
4130	25->10%	24	9	33
4139	25->10%	24	3	27
5136	25->10%	25	3	28
7265	25->10%	20	8	28
Mittelwert		28,7	8,4	37,1
1122	10->0%	38	12	50
1418	10->0%	25	10	35
2101	10->0%	30	10	40
2103	10->0%	20	9	29
3111	10->0%	13	10	23
3418	10->0%	23	5	28
4136	10->0%	26	10	36
7474	10->0%	38	6	44
1120	10->0%	30	7	37
1123	10->0%	32	7	39
1124	10->0%	33	11	44
1229	10->0%	31	6	37
1313	10->0%	36	6	42
1419	10->0%	21	9	30
1527	10->0%	26	8	34
2102	10->0%	20	7	27
2106	10->0%	35	8	43
2107	10->0%	37	9	46
2108	10->0%	29	9	38
3109	10->0%	23	7	30
3417	10->0%	25	5	30
4134	10->0%	23	5	28
4137	10->0%	27	6	33
4138	10->0%	31	8	39
8161	10->0%	30	3	33
9168	10->0%	26	6	32
Mittelwert		28,0	7,7	35,7
1126	0%	28	2	30
1301	0%	29	5	34
1302	0%	20	7	27
1303	0%	22	5	27
1305	0%	31	6	37
1306	0%	22	5	27
1307	0%	20	6	26
1308	0%	19	7	26
1310	0%	22	3	25
1311	0%	18	6	24
1415	0%	25	15	40
1416	0%	26	7	33
1524	0%	22	6	28
1525	0%	30	5	35
1526	0%	25	6	31
1528	0%	21	8	29
2104	0%	28	5	33
2105	0%	30	8	38
3851	0%	21	7	28
4141	0%	27	5	32
4142	0%	25	4	29
4143	0%	25	8	33
4144	0%	20	5	25

4146	0%	19	0	19
4248	0%	35	5	40
5135	0%	30	4	34
5237	0%	39	1	40
5648	0%	29	5	34
5649	0%	29	7	36
5750	0%	25	9	34
5751	0%	16	5	21
5852	0%	35	2	37
6153	0%	23	3	26
6154	0%	26	5	31
8160	0%	31	4	35
9269	0%	18	3	21
9370	0%	27	1	28
Mittelwert		25,4	5,3	30,6

Tabelle 2

Durch Standortvariablen erklärte Varianz der Deckungswerte in %				
Standortvariable	RDA ₁	RDA ₂	DCCA ₁	DCCA ₂
Baumartenüberschirmung	19,1	27,5	13,2	16,9
Laubstreu O _l +O _f	17	22,6	11,6	14,6
Laubstreu O _f	12,6	19,1	8,8	11,3
Klimavariablen gemeinsam ₃	8,7	11,5	6,7	7,5
Nadelstreu O _l +O _f	6,8	8,1	7,6	9,8
Licht	7,5	9,5	5,2	6,1
C/N-Verhältnis	5,3	7,4	5,6	6,9
Gründigkeit 25 (Bohrungen)	5,2	3,9	5,2	5
pH-Wert in 0-5cm Tiefe	5,6	7,2	5,9	7,2
Oh	4,6	5,2	5,4	6
Gründigkeit (4 Bohrungen)	3,6	3,1	3	2,9

RDA = Redundancy Analysis (lineare Zusammenhänge werden erfasst)
DCCA = Detrendet Canonical Correlation Analysis (unimodale Zusammenhänge werden erfasst)

1) = Datensatz ohne Einbezug der Gesamtdeckung
2) = Datensatz unter Einbezug der Gesamtdeckung
3) = Hauptachsen einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) aus 13 Klimavariablen
z.B. Meereshöhe, Jahrsdurchschnittstemperatur, Jahresniederschlag u.a.

Tabelle 3

Gefäßpflanzen
Artengruppe "Bu" fehlt unter Fichte,
Alliaria petiolata Cav. et Gr. (Knoblauchsrauke)
Anemone ranunculoides L. (Gelbes Windröschen)
Arum maculatum L. (Aronstab)
Carex alba Scop. (Weiße Segge)
Carex montana L. (Berg-Segge)
Carpinus betulus L. (Hainbuche)
Convallaria majalis L. (Maiglöckchen)
Daphne mezereum L. (Gewöhnlicher Seidelbast)
Euphorbia amygdaloides L. (Mandelblättrige Wolfsmilch)
Geranium sylvaticum L. (Wald-Storchschnabel)
Hedera helix L. (Efeu)
Heracleum sphondylium L. (Wiesen-Bärenklau)
Lilium martagon L. (Türkenbund-Lilie)
Maianthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt (Schattenblümchen)
Monotropa hypopitys L. (Fichtenspargel)
Polygonatum multiflorum (L.) All. (Vielblütige Weißwurz)
Primula elatior (L.) Hill (Große Schlüsselblume)
Pulmonaria obscura Dum. (Dunkles Lungenkaut)
Quercus petraea (Mattuschka) Liebl. (Trauben-Eiche)
Ranunculus ficaria L. (Scharbockskraut)
Rubus fruticosus L. Subsektion Rubus (<i>Suberecti</i> Lindley) (Brombeere)
Tilia platyphyllos Scop. (Sommer-Linde)
Ulmus glabra Huds. (Berg-Ulme)
Viburnum lantana L. (Wolliger Schneeball)
Vicia dumetorum L. (Hain-Wicke / Hecken-Wicke)
Artengruppe "BuFi (Bu)" von Buche bis Fichte, buchengefördert
Acer campestre L. (Feld-Ahorn)
Acer pseudoplatanus L. (Berg-Ahorn)
Anemone nemorosa L. (Busch-Windröschen)
Asarum europaeum L. (Europäische Haselwurz)
Campanula trachelium L. (Nesselblättrige Glockenblume)
Carex digitata L. (Finger-Segge)
Crataegus laevigata / rosiformis (Poiret) DC. / Janka (Zweiggriffeliger / Großkelchiger Weißdorn)
Dentaria bulbifera L. (Zwiebeltragende Zahnwurz)
Fagus sylvatica L. (Rotbuche)
Fraxinus excelsior L. (Gewöhnliche Esche)
Geum urbanum L. (Echte Nelkenwurz)
Lamium galeobdolon (L.) Nath. (Goldnessel)
Lathyrus vernus (L.) Bernh. (Frühlings-Platterbse)
Milium effusum L. (Fluttergras)
Phyteuma spicatum L. (Ährige Teufelskralle)
Poa nemoralis L. (Hain-Rispengras)
Potentilla sterilis (L.) Garcke (Erdbeer-Fingerkraut)
Prunus avium L. (Vogelkirsche)
Rosa arvensis Huds. (Kriechende Rose)
Stachys sylvatica L. (Wald-Ziest)
Viola reichenbachiana Jord. (Wald-Veilchen)
Artengruppe "BuFi (Neutr)" von Buche bis Fichte, unter beiden gleichermaßen
Acer platanoides L. (Spitz-Ahorn)
Galium odoratum (L.) Scop. (Waldmeister)
Melica nutans L. (Nickendes Perlgras)

Artengruppe "BuFi (Fi)" von Buche bis Fichte, fichtengefördert

Abies alba Mill. (Weiß-Tanne)
Adoxa moschatellina L. (Moschuskaraut)
Ajuga reptans L. (Kriechender Günsel)
Athyrium filix-femina L. (Gemeiner Frauenfarn)
Brachypodium sylvaticum (Huds.) P. B. (Wald-Zwenke)
Bromus ramosus Huds. ssp. *benekenii* (Lange) (Benekens Wald-Trespe)
Cardamine impatiens L. (Spring-Schaumkraut)
Carex flacca Schreb. (Blaugrüne Segge)
Carex muricata agg. cf. *muricata* L. (Artengr. Sparrige Segge cf. Sparrige Segge)
Carex remota L. (Winkel-Segge)
Carex sylvatica Huds. (Wald-Segge)
Carex umbrosa Host (Schatten-Segge)
Circaea lutetiana L. (Gewöhnliches Hexenkraut)
Corylus avellana L. (Hasel)
Deschampsia cespitosa (L.) P. B. (Rasenschmiele)
Dryopteris carthusiana (Vill.) H. P. Fuchs (Gewöhnlicher Dornfarn)
Dryopteris dilatata (Hoffm.) A. Gray (Breitblättriger Dornfarn)
Dryopteris filix-mas (L.) Schott (Gemeiner Wurmfarne)
Epilobium montanum L. (Berg-Weidenröschen)
Epipactis helleborine (L.) Crantz (Breitblättrige Stendelwurz)
Epipactis purpurata Sm. (Violette Stendelwurz)
Festuca gigantea (L.) Vill. (Riesen-Schwingel)
Fragaria vesca L. (Wald-Erdbeere)
Galeopsis tetrahit L. (Gewöhnlicher Hohlzahn)
Galium aparine L. (Kletten-Labkraut)
Geranium robertianum L. (Stinkender Storchschnabel)
Hieracium murorum L. (Wald-Habichtskraut)
Hordelymus europaeus (L.) C. O. Harz (Waldgerste)
Impatiens noli-tangere L. (Rühr-mich-nicht-an)
Lonicera xylosteum L. (Rote Heckenkirsche)
Luzula luzuloides (Lam.) Dandy et Wilmott (Weiße Hainsimse)
Luzula pilosa (L.) Willd. (Behaarte Hainsimse)
Malus sylvestris (L.) Mill. (Holz-Apfel)
Mercurialis perennis L. (Wald-Bingelkraut)
Moehringia trinervia (L.) Clairv. (Dreinervige Nabelmiere)
Neottia nidus-avis (L.) Rich. (Nestwurz)
Oxalis acetosella L. (Wald-Sauerklee)
Paris quadrifolia L. (Einbeere)
Picea abies (L.) H. Karsten (Fichte)
Poa angustifolia L. (Schmalblättriges Rispengras)
Poa chaixii Vill. (Wald-Rispengras)
Polygonatum verticillatum (L.) All. (Quirlblättrige Weißwurz)
Prunella vulgaris L. (Kleine Brunelle)
Quercus robur L. (Stiel-Eiche)
Ranunculus lanuginosus L. (Wolliger Hahnenfuß)
Rubus idaeus L. (Himbeere)
Salix caprea L. (Sal-Weide)
Sambucus nigra L. (Schwarzer Holunder)
Sambucus racemosa L. (Roter Holunder)
Sanicula europaea L. (Wald-Sanikel)
Senecio ovatus (Gaertn., Mey. et Scherb.) Willd. (Fuchs´ Kreiskraut)
Sorbus aucuparia L. (Vogelbeere)
Taraxacum spec. Zinn (Löwenzahn)
Veronica chamaedrys L. (Gamander-Ehrenpreis)
Vicia sepium L. (Zaun-Wicke)

Artengr. "Zwi (Bu)" fehlt in Reinbeständen, buchengefördert

Cephalanthera rubra (L.) Rich. (Rotes Waldvögelein)
 Chaerophyllum aureum L. (Gold-Kerbel)
 Cotoneaster integerrimus Med. (Gewöhnliche Zwergmispel)
 Euonymus europaeus L. (Gewöhnliches Pfaffenhütchen)
 Festuca heterophylla Lam. (Verschiedenblättriger Schwingel)
 Prenanthes purpurea L. (Hasenlattich)
 Ranunculus auricomus L. (Gold-Hahnenfuß)
 Ribes alpinum L. (Alpen-Johannisbeere)
 Viburnum opulus L. (Gewöhnlicher Schneeball)

Artengr. "Zwi (Fi)" fehlt in Reinbeständen, fichtengefördert

Aegopodium podagraria L. (Giersch)
 Atropa bella-donna L. (Tollkirsche)
 Calamagrostis epigejos (L.) Roth (Land-Reitgras)
 Carex pallescens L. (Bleiche Segge)
 Cephalanthera damasonium (Mill.) Druce (Weißes Waldvögelein)
 Elymus caninus L. (Hunds-Quecke)
 Epilobium tetragonum L. (Vierkantiges Weidenröschen)
 Geranium columbinum L. (Tauben-Storchschnabel)
 Gymnocarpium dryopteris (L.) Newm. (Eichenfarn)
 Helleborus foetidus L. (Stinkende Nieswurz)
 Hieracium lachenalii C. Gmel. (Gewöhnliches Habichtskraut)
 Juncus effusus L. (Flatter-Binse)
 Lapsana communis L. (Rainkohl)
 Luzula campestris campestris (L.) DC. (Feld-Hainsimse)
 Lysimachia nemorum L. (Hain-Gilbweiderich)
 Melica uniflora Retz. (Einblütiges Perlgras)
 Polystichum aculeatum (L.) Roth (Gelappter Schildfarn)
 Prunus padus L. (Traubenkirsche)
 Rhamnus catharticus L. (Echter Kreuzdorn)
 Ribes uva-crispa L. (Stachelbeere)
 Solanum dulcamara L. (Bittersüßer Nachtschatten)
 Stellaria media (L.) Villars (Vogelmiere)
 Torilis japonica (Houtt.) DC. (Gewöhnlicher Klettenkerbel)
 Veronica montana L. (Berg-Ehrenpreis)
 Vicia sylvatica L. (Wald-Wicke)
 Vinca minor L. (Immergrün)
 Viola riviniana Rchb. (Hain-Veilchen)

Artengruppe "Fi" fehlt unter reiner Buche

Actaea spicata L. (Christophskraut)
 Agrostis stolonifera L. (Weißes Straußgras)
 Agrostis capillaris L. (Rotes Straußgras)
 Alchemilla glabra Neygenf. (Kahler Frauenmantel)
 Alchemilla xanthochlora Rothm. (Gelbgrüner Frauenmantel)
 Anthoxanthum odoratum L. (Gewöhnliches Ruchgras)
 Arctium nemorosum Lej. et Court. (Hain-Klette)
 Arrhenatherum elatius (L.) P. B. ex J. et C. Presl (Glatthafer)
 Betula pendula Roth (Hänge-Birke)
 Campanula patula L. (Wiesen-Glockenblume)
 Campanula persicifolia L. (Pfirsichblättrige Glockenblume)
 Campanula rotundifolia L. (Rundblättrige Glockenblume)
 Cardamine flexuosa With. (Wald-Schaumkraut)
 Carex ornithopoda Willd. (Vogelfuß-Segge)
 Cerastium fontanum Baumg. (Gewöhnliches Hornkraut)
 Circaea alpina L. (Alpen-Hexenkraut)

Cirsium palustre (L.) Scop. (Sumpf-Kratzdistel)
Cirsium vulgare (Savi) Ten. (Gewöhnliche Kratzdistel)
Clinopodium vulgare L. (Wirbeldost)
Cornus sanguinea L. (Roter Hartriegel)
Crepis capillaris (L.) Wallr. (Kleinköpfiger Pippau)
Dactylis glomerata L. (Wiesen-Knäuelgras)
Epilobium angustifolium L. (Schmalblättriges Weidenröschen)
Epilobium ciliatum Rafin. (Drüsiges Weidenröschen)
Euphorbia cyparissias L. (Zypressen-Wolfsmilch)
Festuca rubra L. (Rot-Schwingel)
Galium album Mill. (Weißes Labkraut)
Galium mollugo L. (Wiesen-Labkraut)
Galium rotundifolium L. (Rundblättriges Labkraut)
Galium sylvaticum L. (Wald-Labkraut)
Hieracium pilosella L. (Kleines Habichtskraut)
Huperzia selago (L.) Bernh. (Tannenbärlapp)
Hypericum hirsutum L. (Behaartes Johanniskraut)
Hypericum maculatum Crantz (Geflecktes Johanniskraut)
Hypericum perforatum L. (Echtes Johanniskraut)
Impatiens parviflora DC. (Kleinblütiges Springkraut)
Lathyrus pratensis L. (Wiesen-Platterbse)
Leucanthemum ircutianum DC. (Wiesen-Margerite)
Lolium perenne L. (Ausdauernder Lolch)
Lotus corniculatus L. (Gewöhnlicher Hornklee)
Moneses uniflora L. (Moosauge)
Mycelis muralis (L.) Dum. (Mauerlattich)
Myosotis arvensis (L.) Hill. (Acker-Vergißmeinnicht)
Myosotis sylvatica (Ehrh.) Hoffm. (Wald-Vergißmeinnicht)
Orthilia secunda (L.) House (Birngrün)
Phleum pratense L. (Wiesen-Lieschgras)
Pimpinella saxifraga L. (Kleine Bibernelle)
Pinus sylvestris L. (Wald-Kiefer)
Platanthera bifolia (L.) Rich. (Weiße Waldhyazinthe)
Poa trivialis L. (Gewöhnliches Rispengras)
Potentilla erecta (L.) Rausch. (Blutwurz)
Potentilla neumanniana Reichenb. (Frühlings-Fingerkraut)
Prunus spinosa L. (Schlehe)
Ranunculus acris L. (Scharfer Hahnenfuß)
Ranunculus bulbosus L. (Knolliger Hahnenfuß)
Ranunculus serpens Schrank (Hain- / WurzelnderHahnenfuß)
Ranunculus repens L. (Kriechender Hahnenfuß)
Rubus saxatilis L. (Steinbeere)
Scrophularia nodosa L. (Knotige Braunwurz)
Sonchus asper (L.) Hill (Rauhe Gänsedistel)
Sorbus aria (L.) Crantz (Mehlbeere)
Stachys alpina L. (Alpen-Ziest)
Stellaria alsine Grimm (Quell-Sternmiere)
Thalictrum aquilegifolium L. (Akeleiblättrige Wiesenraute)
Trifolium medium L. (Mittlerer Klee)
Trifolium pratense L. (Rotklee)
Trisetum flavescens (L.) P. B. (Gewöhnlicher Goldklee)
Triticum spec L. (Weizen)
Tussilago farfara L. (Huflattich)
Urtica dioica L. (Große Brennessel)
Valeriana officinalis L. s.l. (Arznei-Baldrian)
Veronica officinalis L. (Echter Ehrenpreis)
Vicia cracca L. (Vogel-Wicke)
Viola hirta L. (Rauhhaariges Veilchen)

Moose

Artengruppe "Bu" fehlt unter Fichte,

Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp. (Kriechender Sumpfdeckel)
 Eurhynchium hians (Hedw.) Sande Lac. (Kleines Schönschnabelmoos)
 Fissidens taxifolius Hedw. (Eibenblättriges Spaltzahnmoos)
 Plagiochila porelloides (Torrey ex Nees) Lindenb.

Artengruppe "BuFi (Bu)" von Buche bis Fichte, buchengefördert

Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp. (Rauhes Kurzbüchsenmoos)
 Brachythecium salebrosum (Weber & Mohr) Schimp. (Glattstieliges Kurzbüchsenmoos)
 Brachythecium velutinum (Hedw.) Schimp. (Samt-Kurzbüchsenmoos)
 Hypnum cupressiforme Hedw. (Zypressen-Schlaafmoos)
 Isoetecium alopecuroides (Dubois) Isov. (Großes Mausschwanzmoos)

Artengruppe "BuFi (Fi)" von Buche bis Fichte, fichtengefördert

Atrichum undulatum (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (Großes Katharinenmoos)
 Eurhynchium angustirete (Broth.) T. J. Kop. (Stumpfbältriges Schönschnabelmoos)
 Eurhynchium striatum (Hedw.) Schimp. (Spitzblättriges Schönschnabelmoos)
 Herzogiella seligeri (Brid.) Z. Iwats. (Schlesisches Stumpfenmoos)
 Lophocolea heterophylla (Schrad.) Dum.
 Plagiochila asplenioides (L.) Dum.
 Plagiothecium denticulatum (Hedw.) Schimp. / laetum Schimp. (Gezähnt. / Glänzend. Plattm.)
 Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T. J. Kop. (Spieß-Kriechsternmoos)
 Plagiomnium undulatum (Hedw.) T. J. Kop. (Gewelltblättriges Kriechsternmoos)
 Polytrichum formosum Hedw. (Wald-Bürstenmoos)
 Rhytidiadelphus loreus (Hedw.) Warnst. (Riemenstengel-Kranzmoos)
 Rhytidiadelphus triquetrus (Hedw.) Warnst. (Großes Kranzmoos)
 Thuidium tamariscinum (Hedw.) Schimp. (Tamarisken-Thujamoos)

Artengr. "Zwi (Bu)" fehlt in Reinbeständen, buchengefördert

Bryum rubens Mitt. (Rötliches Birnmoos)
 Brachythecium populeum (Hedw.) Schimp. (Pappel-Kurzbüchsenmoos)
 Fissidens exilis Hedw. (Kleines Spaltzahnmoos)
 Homalia trichomanoides (Hedw.) Bruch & Schimp. (Streifenfarn-Flachmoos)
 Homalothecium lutescens (Hedw.) H. Rob. (Goldmoos)
 Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwaegr. (Eichhörnchenschwanz-Moos)
 Plagiothecium nemorale (Mitt.) A. Jaeger (Hain-Plattmoos)
 Thuidium recognitum (Hedw.) Lindb. (Echtes Thujamoos)

Artengr. "Zwi (Fi)" fehlt in Reinbeständen, fichtengefördert

Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske (Spießmoos)
 Ctenidium molluscum (Hedw.) Mitt. (Weiches Kamm-Moos)
 Metzgeria furcata (L.) Dum.
 Plagiomnium rostratum (anon.) T. J. Kop. (Geschnäbeltes Kriechsternmoos)
 Plagiothecium laetum Schimp. (Glänzendes Plattmoos)
 Tetraxis pellucida Hedw. (Durchsichtiges Georgsmoos)

Artengruppe "Fi" fehlt unter reiner Buche

Bryum flaccidum Brid. (Schlaffes Birnmoos)
 Blepharostoma trichophyllum (L.) Dum.
 Brachythecium oedipodium (Mitt.) A. Jaeger (Dünnes Kurzbüchsenmoos)
 Brachythecium starkei (Brid.) Schimp. (Berg-Kurzbüchsenmoos)
 Cirriphyllum piliferum (Hedw.) Grout (Pinsel-Haarblattmoos)
 Dicranum bonjeanii De Not. (Sumpf-Gabelzahnmoos)
 Dicranum scoparium Hedw. (Besen-Gabelzahnmoos)
 Dicranella heteromalla (Hedw.) Schimp. (Einseitwendiges Kleingabelzahnmoos)
 Eurhynchium praelongum (Hedw.) Schimp. (Verschiedenblättriges Schönschnabelmoos)
 Hylocomium splendens (Hedw.) Schimp. (Etagenmoos)
 Lepidozia reptans (L.) Dum.

Lophocolea bidentata (L.) Dum.
 Mnium hornum Hedw. (Schwanenhals-Sternmoos)
 Mnium spinulosum Bruch & Schimp. (Gezähneltes Sternmoos)
 Plagiomnium affine (Blandow) T. J. Kop. (Verwandtes Kriechsternmoos)
 Plagiothecium undulatum (Hedw.) Schimp. (Gewelltes Plattmoos)
 Pleurozium schreberii (Brid.) Mitt. (Rotstengelmoos)
 Ptilium crista-castrensis (Hedw.) De Not. (Federmoos)
 Rhizomnium punctatum (Hedw.) T. J. Kop. (Punktirtes Wurzelsternmoos)
 Rhytidiadelphus squarrosus (Hedw.) Warnst. (Sparriges Kranzmoos)
 Scleropodium purum (Hedw.) Limpr. (Grünstengelmoos)

Tabelle 4

An Fichte gebundene Gefäßpflanzen	
Agrostis stolonifera	Lotus corniculatus
Agrostis capillaris	Luzula campestris
Alchemilla glabra	Lysimachia nemorum
Alchemilla xanthochlora	Moneses uniflora
Anthoxanthum odoratum	Myosotis arvensis
Arrhenatherum elatius	Myosotis sylvatica
Calamagrostis epigejos	Orthilia secunda
Campanula patula	Phleum pratense
Campanula persicifolia	Pimpinella saxifraga
Campanula rotundifolia	Pinus sylvestris
Carex pallescens	Platanthera bifolia
Cerastium fontanum	Polystichum aculeatum
Circaea alpina	Potentilla erecta
Clinopodium vulgare	Potentilla neumanniana
Cornus sanguinea	Prunus padus
Crepis capillaris	Prunus spinosa
Elymus caninus	Ranunculus acris
Epilobium ciliatum	Ranunculus bulbosus
Epilobium tetragonum	Ranunculus serpens
Euphorbia cyparissias	Rhamnus catharticus
Festuca rubra	Rubus saxatilis
Galium album	Sonchus asper
Galium mollugo	Stellaria alsine
Geranium columbinum	Thalictrum aquilegifolium
Gymnocarpium dryopteris	Trifolium medium
Hieracium lachenalii	Trifolium pratense
Hieracium pilosella	Trisetum flavescens
Huperzia selago	Triticum spec.
Hypericum hirsutum	Tussilago farfara
Juncus effusus	Valeriana officinalis s.l.
Leucanthemum ircutianum	Vicia cracca
Lolium perenne	