©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 13, 183-196. Hannover 2001

Vergleichende Untersuchungen zur Struktur und Vegetation von Natur- und Wirtschaftswäldern des Tieflandes auf der Grundlage räumlich expliziter Vegetationsmodelle

- Werner Härdtle, Goddert von Oheimb, Christina Westphal, Lüneburg -

Abstract

The effects of forest management on the structure and the understorey vegetation of deciduous forests of the lowlands of Northern Germany is considered under two main topics:

- the development of the structure of natural forest reserves (beech forests) in dependency on the duration of the abandonment of forest management, shown on the basis of texture maps;
- effects of forest management and soil conditions on the species composition of the herb layer of deciduous forest (*Querco-Fagetea*).

In forest stands which are undisturbed by exogenous influences (e.g. forest mangement, fire, blow downs) over an adequate period of time the area occupied by different stages of development (e.g. optimal phase, terminal phase) shows a more or less distinct correlation to the duration of each of these stages of development. A good measure for the duration of an undisturbed development is the evenness of the texture of forest stands. The eveness of the texture is increasing with the duration of the abandonment of forest use and gains - after an adequate period of time - a maximum value which is typical for a certain forest type.

The seed bank of forest soils - particularly of the upper mineral layer - reflects the history of a forest and of the forest management up to more than one century as a lot of seeds of species of the *Artemisietea*, *Epilobietea* and *Stellarietea mediae* are able to germinate after decades and may appear in the herb layer when upper layers of the soil are disturbed. The number of species in the herb layer generally increases with intensity of forest management, mainly due to the establishment of species of the *Artemisietea, Epilobietea* and *Stellarietea mediae*, but sometimes due to the appearance of species of the *Querco-Fagetea* as well. With regard to a comparison of *Querco-Fagetea*-species in managed and unmanaged stands among vascular plants there may not exist any indicator species for nature forest reserves. In not or only on a small scale disturbed stands edaphic and structural conditions show a type specific effect on the alpha-diversity of the herb layer: species richness in stands of the *Alnion incanae* (excluding stands of the *Querco-Ulmetum*) is mainly correlated to soil moisture, in stands of the *Fagion* to soil activity and base supply, and in stands of the *Luzulo-Fagenion* and *Quercion roboris* to canopy density and interior light conditions.

1. Einleitung

Obgleich Laubwälder im norddeutschen Tiefland noch zu den oligo- bis mesohemeroben Ökosystemen zählen, hat sich auch deren Artengefüge während der vergangenen Jahrzehnte

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

mehr oder minder deutlich verändert. Der vielerorts heute praktizierte ökologische Waldbau versucht, in Wirtschaftswäldern zum einen dem Bedarf nach einer Erzeugung des Rohstoffes Holz und zum anderen Naturschutzerfordernissen in Waldökosystemen gleichermaßen Rechnung zu tragen. Um naturschutzorientierte Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis formulieren zu können, sind Untersuchungen hilfreich, welche die Auswirkungen von waldbaulichen Maßnahmen auf die Struktur und das Artengefüge von Wirtschaftswäldern analysieren und die Entwicklung von Naturwäldern nach ausbleibender Nutzung beschreiben. Im Gegensatz zu „Wirtschaftswäldern", die aktuell einer forstlichen Nutzung unterliegen, versteht man unter „Naturwäldern" oder „Naturwaldreservaten" solche Bestände, die einst einer Bewirtschaftung unterlagen und seit einem gewissen Zeitraum nunmehr aus der Nutzung entlassen sind (BfaNL 1991, WOLF & BOHN 1991). „Urwälder", die zu keiner Zeit durch den Menschen genutzt oder verändert wurden, sind in Mitteleuropa praktisch nicht mehr erhalten (ELLENBERG 1996).

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse vergleichender Untersuchungen zur Struktur und Vegetation von Natur- und Wirtschaftswäldern vorgestellt, die in verschiedenen Waldgebieten des norddeutschen Tieflandes durchgeführt wurden. Zwei Themenkomplexe werden dabei vorrangig betrachtet:

- die Entwicklung der Waldstruktur in Naturwäldern, dargestellt auf der Basis von Waldtexturkarten zur Beschreibung von Strukturveränderungen in Abhängigkeit von der Dauer der Nullnutzung sowie
- die Veränderung des Artengefüges der Waldbodenvegetation in Abhängigkeit von forstlichen Nutzungs- und edaphischen Parametern.

2. Untersuchungsgebiete und -flächen

Während naturnah bewirtschaftete Laubwälder im Tiefland in den verschiedenen Naturräumen (Jungmoräne, Sander, Altmoräne) in größeren Beständen und somit auch Untersuchungsflächen mit einer geeigneten Flächengröße erhalten sind, kommen Naturwälder beziehungsweise Waldflächen mit einer relativ langen ungestörten Dynamik im gesamten Tiefland selten und meist auch nur in geringer Flächenausdehnung vor. Als eine besonders geeignete Referenzfläche zum Studium der natürlichen Entwicklungsdynamik von Laub-, insbesondere Buchenwäldern des Tieflandes erweist sich die Kernzone „Serrahn" des Müritz-Nationalparks in Mecklenburg-Vorpommern, in der sich etwa 150 bis 200 Jahre alte Buchenbestände finden. Bereits 1848 wurde das Gebiet zum Jagdschutzgebiet erklärt und seit dieser Zeit forstlich nur eingeschränkt genutzt. Rund 100 Jahre später, im Jahre 1952, entstand das Naturschutzgebiet Serrahn, so dass sich im Gebiet heute - als Folge dieser Unterschutzstellung - auf einer Fläche von über 200 ha Buchenwälder finden, die seit annähernd fünf Jahrzehnten keiner waldbaulichen Nutzung unterlagen. Zusätzlich sind in die Kernzone Buchenwälder integriert, die seit etwa 10 Jahren aus der Nutzung entlassen sind. Soziologisch gehören die Buchenwälder der Serrahner Kernzone teils zum *Galio odorati-*, teils zum *Deschampsio-Fagetum* (Nomenklatur sensu DIERSCHKE 1986, POTT 1995, 1996).

Untersuchungen zum Artengefüge der Waldbodenvegetation und ihrer Entwicklung in Abhängigkeit von edaphisch-strukturellen Parametern wurden in naturnah bewirtschafteten Laubwäldern (*Alnion incanae, Fagion, Luzulo-Fagenion, Quercion roboris*) in Schleswig-Holstein durchgeführt. Den Vegetationsaufnahmen und dem Vergleich der Artenzahlen liegen Flächengößen von etwa 100 m^2 zugrunde. Für die Analyse der Wirkung von forstlichen Eingriffen auf die Bodenvegetation von Wäldern (*Fagion*, Kiefernforsten) standen Untersuchungsflächen im Forstamt Lübeck (Holstein) und im Forstamt Sellhorn (Lüneburger Heide) zur Verfügung.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

3. Kartierung von Waldentwicklungsphasen und Auswertung von Waldtexturkarten

Trotz der vielfältigen Struktur- und Entwicklungsunterschiede der im gemäßigten Europa vorkommenden Waldgesellschaften lassen sich in Bezug auf deren Strukturdynamik Gemeinsamkeiten heraustellen, da Waldbestände in Abhängigkeit von ihrem Entwicklungszustand in mehr oder minder regelmäßigen Zeitabständen bestimmte Entwicklungsphasen mit jeweils spezifischen Strukturverhältnissen durchlaufen (LEIBUNDGUT 1959, 1982, 1993, ZUKRIGL et al. 1963, MAYER 1971, FISCHER et al. 1990, KORPEL 1995, FISCHER 1995). Diese Entwicklungsphasen stehen in den verschiedenen Waldökosystemen in enger raum-zeitlicher Beziehung. Obgleich Vegetationsmodelle zur Raum-Zeit-Dynamik der Strukturverhältnisse von Waldökosystemen in mancherlei Hinsicht die Vielfalt möglicher Entwicklungsbilder idealisieren und somit reale Verhältnisse vereinfacht wiedergeben, liefern sie doch im Hinblick auf ein Verständnis von vegetationsdynamischen Zusammenhängen in Waldökosystemen und für die waldbauliche Praxis gut verwendbare Interpretationshilfen.

Um Wirtschafts- und Naturwälder bezüglich ihrer Struktur und der Flächenausdehnung der vorkommenden Entwicklungsphasen vergleichen zu können, müssen die unterscheidbaren Entwicklungsphasen physiognomisch-strukturell definiert werden. Im Rahmen der Strukturuntersuchungen in Buchenwäldern der Nationalpark-Kernzone Serrahn wurden die in Tab. 1 erläuterten Definitionen der verschiedenen Waldentwicklungsphasen zugrundegelegt.

Aus der räumlichen Verteilung beziehungsweise dem räumlichen Mosaik der so definierten Entwicklungsphasen lassen sich mit Hilfe computergestützter Verfahren Texturkarten erarbeiten, indem mit Hilfe von Bilderkennungsprogrammen aus Color-Infrarot-Luftbildaufnahmen die räumliche Ausdehnung einzelner Entwicklungsphasen erfasst und räumlich gegeneinander abgegrenzt werden (AFL 1999). Für die in Abb. 1 dargestellte Texturkarte des Serrahner Gebietes wurden insgesamt 14 CIR-Luftbilder im Maßstab von 1:10.000 ausgewertet (Datenerfassungsprogramm „Microstation" der Firma Bentley, Photogrammetrisches Auswertegerät AC 1 der Firma Wild; vgl. GROSS & REIDELSTÜRZ 2000).

In Waldgebieten mit ungestörter Bestandesentwicklung über mehrere Baumgenerationen, d.h. bei fehlender Nutzung und ausbleibenden Störungen wie großflächiger Windwurf oder Feuerereignisse, steht nach LEIBUNDGUT (1993) der Flächenanteil einzelner Entwicklungsphasen in mehr oder minder enger Relation zu deren zeitlichen Dauer. Dies bedeutet, dass lang andauernde Entwicklungsphasen, in Buchenwäldern beispielsweise die Optimalphase, nach einer langen ungestörten Bestandesentwicklung den höchsten Flächenanteil erlangen würden, wobei - entsprechend zur zeitlichen Dauer - stets auch andere Entwicklungsphasen vertreten wären. Wie Abb. 1 zeigt, weisen im Untersuchungsgebiet Serrahn Bestände der Terminalphase einen überproportional hohen Flächenanteil auf. Dieser Umstand kann als Indiz dafür gewertet werden, dass die Waldtextur durch eine frühere forstliche Nutzung uniformiert beziehungsweise der Bestand innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes begründet wurde. Somit weicht die Flächenrelation der verschiedenen Entwicklungsphasen - trotz der mittlerweile fünf Jahrzehnte andauernden Nullnutzung - deutlich von jenen Verhältnissen ab, wie sie für Urwälder bezeichnend sind (Abb. 2).

Abb. 2 gibt, anhand einer Auswahl von Beispielen, einen Vergleich der Flächenanteile von verschiedenen Waldentwicklungsphasen, die von diesen in Wirtschafts-, Natur- und Urwäldern eingenommen werden. Bezeichnenderweise dominiert in Buchenwirtschaftswäldern die Optimalphase mit Flächenanteilen von über 90 %, da unter betriebswirtschaftlichen Aspekten der Holzzuwachs in dieser Phase besonders günstig ist und waldbauliche Maßnahmen dementsprechend auf deren Entwicklung beziehungsweise Erhaltung zielen. Bestände der Terminal- und Zerfallsphase fehlen weitgehend, z.B. in den niedersächsischen Buchenwaldgebieten

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Tab. 1: Strukturelle Kennzeichnung der Waldentwicklungsphasen der Buchenwälder in der Kernzone „Serrahn" des Müritz-Nationalparks.

Entwicklungsphase	Beschreibung im Luftbild	Terrestrische Beschreibung
Verjüngungsphase	Verjüngung unter Altbestand deutlich auf > 50 % der Fläche erkennbar; i.d.R. zweischichtiger Bestand; Altbestand auf bis zu 50 % der Fläche möglich;	In Lücken oder unter zerfallendem Altbestand; Deckung der Verjüngung bzw. des Jungbestandes unter Derbholzstärke: > 50%; Überschirmungsgrad Altbestand: < 0,5; Bestandeshöhe: < 9 m;
Stangenholzphase	Einzelkronen nicht abgrenzbar; Keine vertikale Differenzierung; Überschirmungsgrad 1,0; Bestand dicht; Oberfläche faserig aufgerauht; Kein Altbestand, einzelne Überhälter möglich;	Beginnend mit Erreichen der Derbholzstärke; Sehr geringe vertikale Differenzierung zwischen den Stangenhölzern (kein Altbestand, einzelne Überhälter möglich); Überschirmungsgrad: ca. 1,0; Stammzahlen: bis 1000 Individuen / ha; Bestandeshöhe: ca. 9 bis 20 m;
Optimalphase	Einzelkronen meist abgrenzbar; Geringe vertikale Differenzierung; Überschirmungsgrad 0,9 - 1,0; Bestandeshöhe ca. 20 bis 35 m;	Geringe vertikale Differenzierung; Überschirmungsgrad: ca. 1,0; Stammzahlen: ca. 200 bis 1000 Individuen / ha; Bestandeshöhe: ca. 20 bis 35 m;
Altersphase	Große Einzelkronen abgrenzbar; Geringe vertikale Differenzierung; Wenig Schatten in der Kronendachoberfläche; Überschirmungsgrad > 0,8; Mehr als 100 Kronen / ha; Bestandeshöhe ca. 30 bis 35 m;	Kronendachlücken, häufig infolge Ausfall einzelner Altbuchen, können durch Seitenzuwachs der Kronen geschlossen bzw. verkleinert werden; Überschirmungsgrad: ca. 0,8 bis 0,95; Stammzahl der Oberschicht: ca. 100 bis 200 Individuen / ha; Bestandeshöhe: ca. 30 bis 40 m; Verjüngung unter Altbestand möglich; Anteil an stehendem und liegendem Totholz steigt deutlich an;
Zerfallsphase	Einzelkronen sehr gut abgrenzbar; Viele Schattanteile in der Oberfläche; Große vertikale Differenzierung; Verjüngung im Unterstand zumindest teilweise erkennbar; Überschirmungsgrad < 0,8; Stammzahl ca. 100 / ha; Totholzanteil; Bestandeshöhe ca. 35 bis 40 m;	Kronendachlücken können von Altbäumen nicht mehr geschlossen bzw. verkleinert werden; Überschirmungsgrad: 0,5 bis 0,8 bzw. Überschirmungsgrad 0,3 bis 0,5 und Deckung der Verjüngung bzw. Jungbestand unter Derbholzstärke: < 50%; Stammzahl der Oberschicht: ca. 100 Individuen / ha; Bestandeshöhe: ca. 35 bis 40 m; Hoher Anteil an stehendem und liegendem Totholz;
Lücken im Kronendach	Lücken im Kronendach; Deckung der Verjüngung bzw. des Jungbestandes unter Derbholzstärke: < 50%;	Überschirmungsgrad Altbestand: < 0,3; Deckung der Verjüngung bzw. des Jungbestandes unter Derbholzstärke: < 50%; Sehr hoher Anteil an stehendem und liegendem Totholz;

Hünstollen, Königsbuche, Vogelherd und Lohn in den 70er Jahren vor ihrer Ausweisung als Naturwaldreservate (vgl. MEYER 1995). Nach etwa 25- bis 30jähriger Nullnutzung steigen in diesen Waldgebieten erwartungsgemäß die Flächenanteile der Terminal- und der Zerfallsphase, teils auch der Verjüngungsphase deutlich an. Auch in Urwäldern nehmen oftmals Bestände der Optimal- und Terminalphase den größten Flächenanteil ein, im Gegensatz zu Wirtschafts- und Naturwäldern sind alle übrigen Entwicklungsphasen aber stets auch ausgebildet (vgl. Beispiele in Abb. 2).

Um die geschilderten Texturvergleiche auf einer quantifizierenden Ebene auszuwerten, bietet sich an, den „Shannon-Weaver-Index" oder die „Evenness" der Texturvielfalt eines Waldes in Anlehnung an die zur Berechnung der Artendiversität einer Bezugsfläche herangezogenen Verfahren zu ermitteln (vgl. HAEUPLER 1982, MEYER 1995, HOBOHM 2000). In Bezug auf die in Abb.2 betrachteten Waldgebiete liefert eine Berechnung der Textur-Evenness inso-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

fern sinnvoll interpretierbare Resultate, da die Evenness - im Gegensatz zum Shannon-Index - von der Größe der verglichenen Waldflächen und der Anzahl der in einem Waldgebiet vorkommenden Entwicklungsphasen unabhängig ist.

Abb.3 zeigt, dass die Textur-Evenness besonders in Wirtschaftswäldern gering ist, mit der Dauer einer Nullnutzung ansteigt und in Urwäldern maximale Werte erreicht. Dies deutet an, dass sich bei einer hinreichend langen und von exogenen Störungen (Nutzung, großflächiger Windwurf, Feuer) weitgehend unbeeinflussten Waldentwicklung ein Texturzustand einstellt, in dem die Flächenanteile der verschiedenen Entwicklungsphasen eine waldtypenspezifische

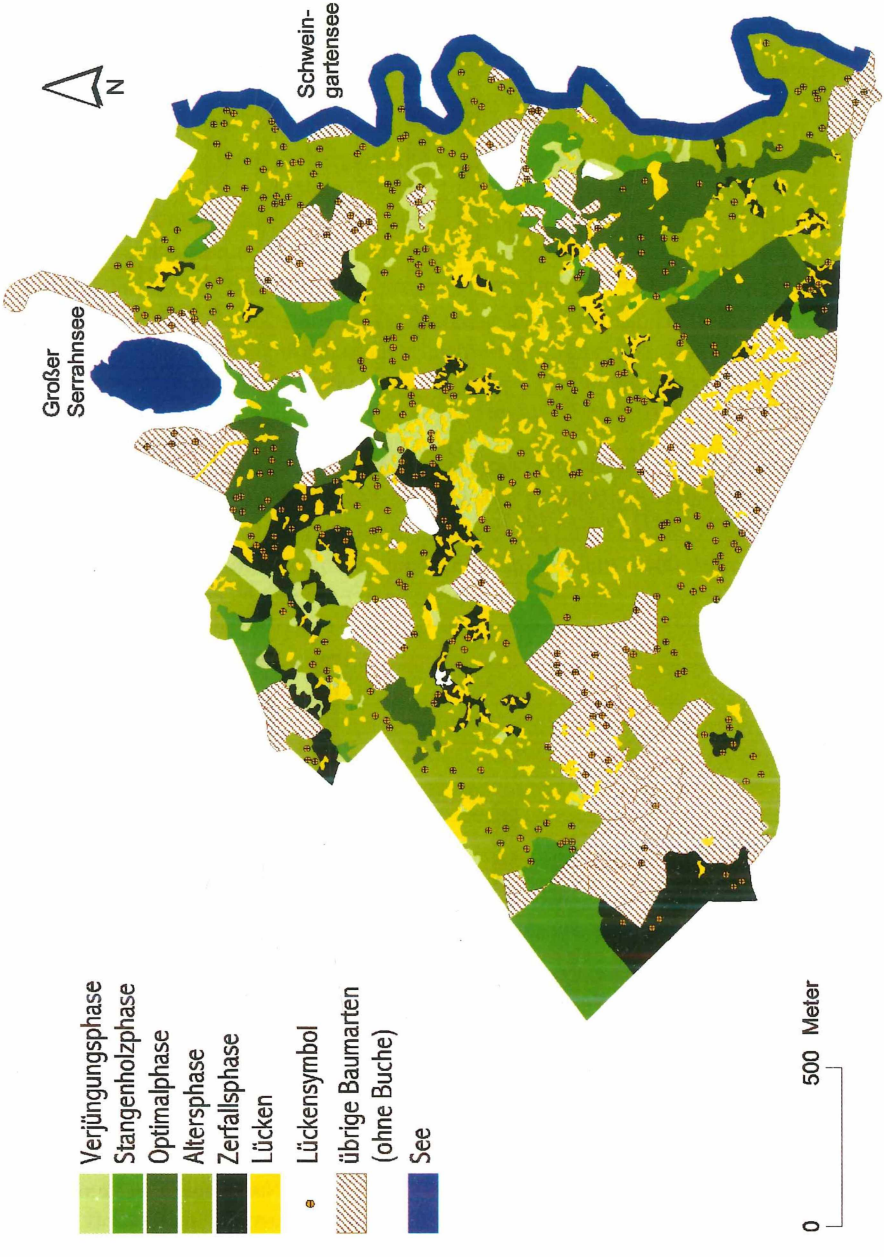

Abb. 1: Karte der Waldtextur des Buchenwaldreservates „Serrahn" im Müritz-Nationalpark, nach CIR-Luftbildern.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Verteilung und die Textur-Evenness gleichfalls typenspezifische Maximalwerte erreichen. Die Waldtextur kann somit - unter den genannten Voraussetzungen - als ein Kriterium für die Dauer einer ungestörten Bestandesdynamik dienen.

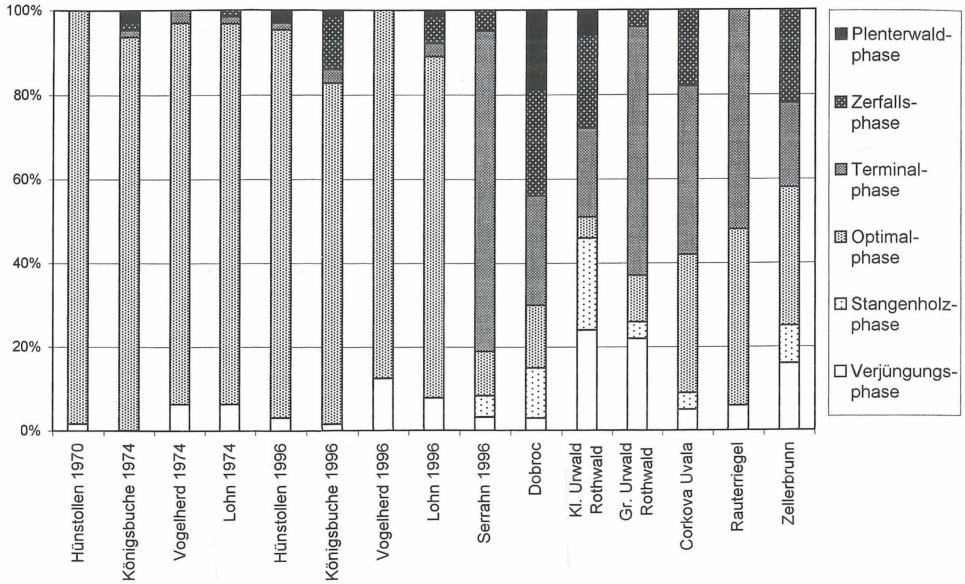

Abb. 2: Vergleich der Texturverhältnisse in verschiedenen Wirtschafts-, Natur- und Urwäldern (nach Angaben von MAYER & NEUMANN 1981, LINDNER 1989, MAYER & MORITZ 1989, SCHREMPF 1989, LEIBUNDGUT 1993, MEYER 1995).

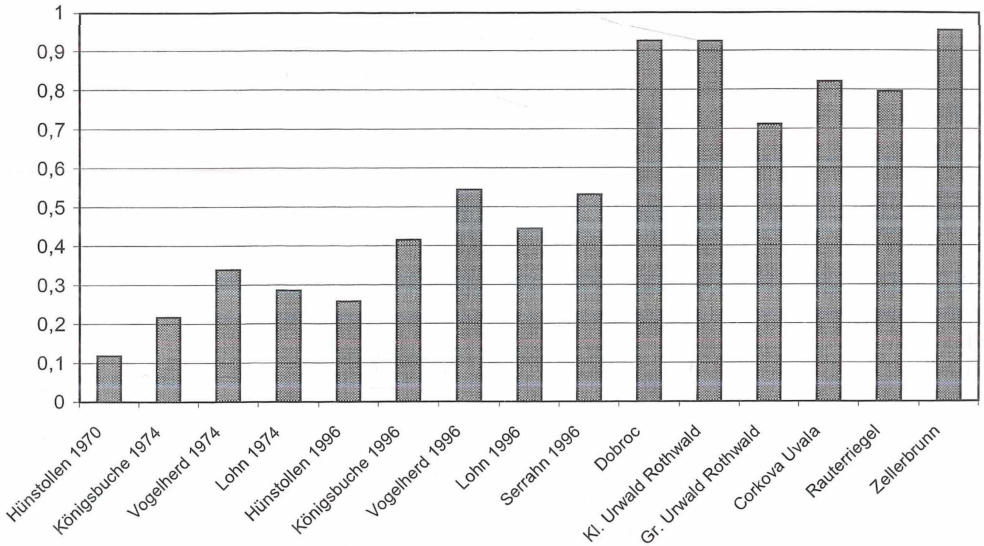

Abb. 3: Vergleich der Textur-Evenness in verschiedenen Wirtschafts-, Natur- und Urwäldern (berechnet in Anlehnung an MEYER 1995).

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

4. Zur Veränderung des Artengefüges der Waldbodenvegetation in Abhängigkeit von forstlichen Nutzungs- und edaphischen Parametern

Zur Beurteilung der Auswirkungen forstlicher Maßnahmen auf Waldökosysteme kommt nicht nur der Struktur, sondern auch der Bodenvegetation ein wichtiger Indikatorwert zu. Dementsprechend haben GRABHERR et al. (1995, 1998) die „Naturnähe der Bodenvegetation" als wichtiges Wertungskriterium zur Hemerobiebeurteilung österreichischer Waldökosysteme herangezogen. Auch die Forstwirtschaft erachtet, folgt man dem Beschluß der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder Europas in Helsinki 1993, die Erhaltung der biologischen Vielfalt und der alpha-Diversität von Waldökosystemen als ein vorrangiges Ziel ihres Handelns.

Das Artengefüge der Waldbodenvegetation indiziert nicht nur deren aktuelle Wuchsbedingungen, sondern spiegelt oftmals auch die früheren Bewirtschaftungsverhältnisse und somit die Nutzungsgeschichte eines Waldbestandes wider. Im Folgenden soll dies am Beispiel von Samenbank- sowie anhand von vegetationskundlichen Vergleichsuntersuchungen in genutzen und nicht genutzen Waldbeständen erläutert werden. Anschließend wird am Beispiel standortskundlicher Untersuchungen die Wirkung edaphisch-struktureller Faktoren auf die Artenvielfalt verschiedener Laubwald-Gesellschaften aufgezeigt.

Vergleicht man die Samenbanken des Mineralbodens (0 - 5 cm) unterschiedlich alter Kiefernwaldflächen, die vormals einer Ackernutzung unterlagen, so zeigt sich, dass viele Samen von Offenlandarten im Waldboden auch nach einer 35jährigen, teils sogar nach einer über 100jährigen Waldbestockung (z.B. *Juncus bufonius, Ornithopus perpusillus*) keimfähig sind (Abb. 4; USG Forstamt Sellhorn, Lüneburger Heide). Diese Arten, die zunächst nur in der Samenbank vertreten sind, können dann in der aktuellen Waldvegetation auftreten, wenn im Zuge einer Waldbewirtschaftung der Mineralboden offengelegt wird (bspw. bei Holzeinschlag oder -bringung) und sich somit die Keimungs- und Entwicklungsbedingungen für diese Sippen verbessern. Betrachtet man die Entwicklung der Samenbank eines Waldbodens nach Aufforstung eines Ackerstandortes über einen Zeitraum von etwa 160 Jahren, so nimmt erwartungsgemäß der Anteil an *Querco-Fagetea*-Arten zu und jener der Offenlandarten kontinuier-

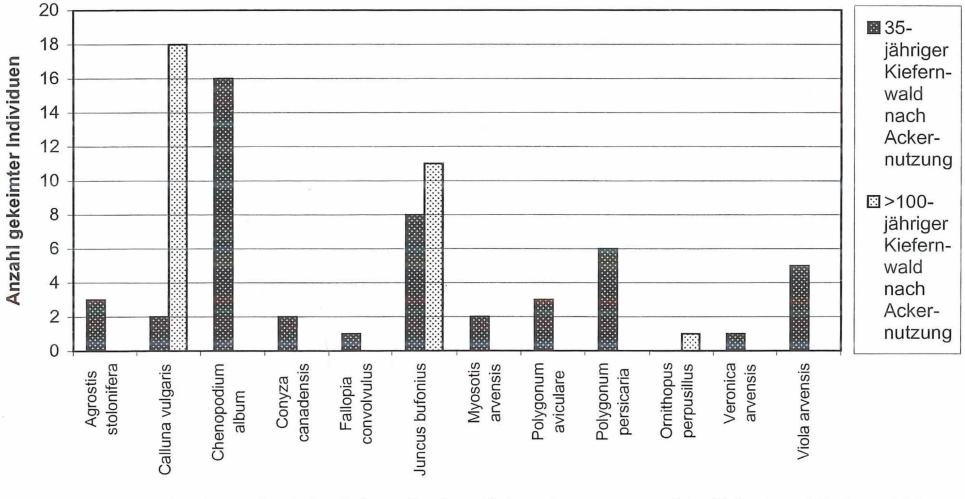

Abb. 4: Arten der Samenbank im Mineralboden (0-5 cm) von unterschiedlich alten Kiefernwäldern, die auf ehemaligen Ackerstandorten aufgeforstet wurden (Forstamt Sellhorn, Lüneburger Heide; nach WESTPHAL 2000, verändert).

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

lich ab (Abb. 5). Bemerkenswert ist, dass sich im Mineralboden auch 160 Jahre nach einer früheren Ackernutzung noch keimfähige Samen der Offenlandarten finden, während diese in der Humusauflage nach etwa 100jähriger Waldbestockung nur noch in geringen Anteilen vorhanden sind. (vgl. FISCHER 1987, KRETZSCHMAR 1994, SCHMIDT 1994). Die beschriebenen Untersuchungen zeigen, dass die Samenbank eines Waldbodens, insbesondere des Mineralkörpers, frühere Nutzungsverhältnisse eines Waldstandortes bis zu über einem Jahrhundert dokumentieren kann und diese - günstige Keimungs- und Entwicklungsbedingungen vorausgesetzt - auch auf das Artengefüge der aktuellen Waldbodenvegetation Einfluß nehmen kann. Neben der Samenbank sind zugleich Bodenmoose besonders geeignet, die Eingriffsgeschichte an einem Waldstandort zu indizieren. Nach WESTPHAL (2000) nehmen beispielsweise Arten wie *Brachythecium rutabulum, Lophocolea bidentata* oder *Eurhynchium praelongum* nach Kalkungsmaßnahmen und Düngung zu, während die Moose *Orthodontium lineare, Scleropodium purum* und *Hypnum cupressiforme* auf nicht gestörten beziehungsweise nicht bearbeiteten Waldböden ihre Vorkommensschwerpunkte haben.

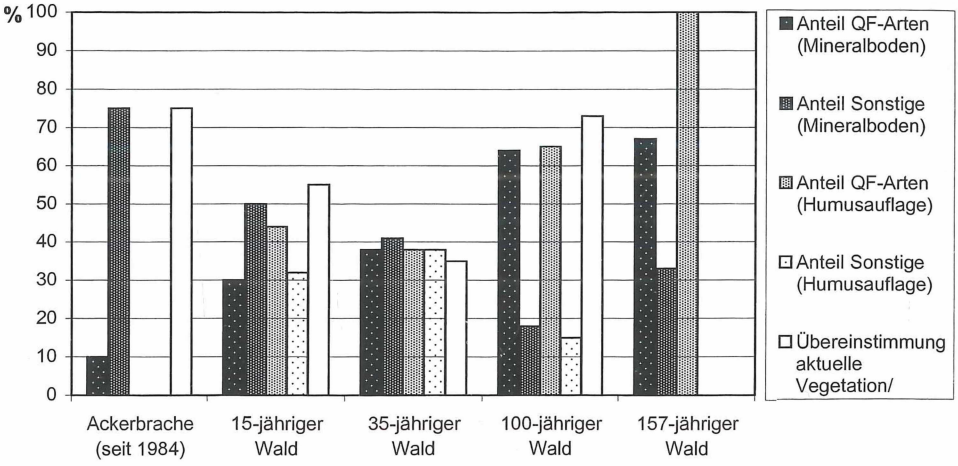

Abb. 5: Vergleich der Samenbanken unterschiedlich alter Wälder, die auf ehemaligen Ackerstandorten aufgeforstet wurden (Forstamt Sellhorn, Lüneburger Heide; nach WESTPHAL 2000, verändert).

Betrachtet man in der Bodenvegetation die Anzahl an *Querco-Fagetea* in Abhängigkeit von ihrer Häufigkeit in bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Laubwäldern, so zeigt sich, dass Wirtschaftswälder im Vergleich zu Naturwäldern artenreicher sind (Abb. 6; USG Forstamt Lübeck, Holsteinische Jungmoräne). Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass durch eine Waldbewirtschaftung infolge der damit verbundenen Störungen günstigere Lichtverhältnisse in Bödennähe sowie vermehrt Kleinstandorte geschaffen werden, die einzelnen Waldarten Ansiedelungsmöglichkeiten bieten. Beispielsweise kann sich in Buchenwäldern im Zuge der Holzbringung und der damit verbundenen Bodenverdichtung durch eine Stauwasserbildung die Bodenfeuchtigkeit erhöhen, so dass auf den entsprechenden Störstellen Arten des *Alnion incanae* Siedlungsmöglichkeiten finden. Die Artenzahl des Buchenwaldes erhöht sich dadurch störungsbedingt (vgl. BRUNET et al. 1996, 1997, SCHMIDT 1998, 1999, VON OHEIMB et al. 1999, WESTPHAL 2000). In diesem Zusammenhang muß berücksichtigt werden, dass im Zuge einer Waldbewirtschaftung insbesondere die Anzahl der Schlagflur- und Ruderalarten (insbes. des *Geo-Alliarion*) ansteigt, während die der *Querco-Fagetea*-Arten deutlich weniger zunimmt oder auch unverändert bleiben kann (vgl. BRUNET et al. 1996, VON OHEIMB et al. 1999). Die geschilderten Befunde relativieren die Bedeutung des Kriteriums „Artenvielfalt" im Hinblick auf eine Naturnähe- beziehungsweise ökologische Bewertung von

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Waldflächen. Ein Vergleich der in Wirtschafts- und Naturwäldern vorkommenden *Querco-Fagetea*-Arten deutet ferner an, dass es unter diesen zumindest in Mitteleuropa keine „Weiserarten" für Naturwälder gibt (vgl. GRAAE & HESKJAER 1997, VON OHEIMB et al. 1999).

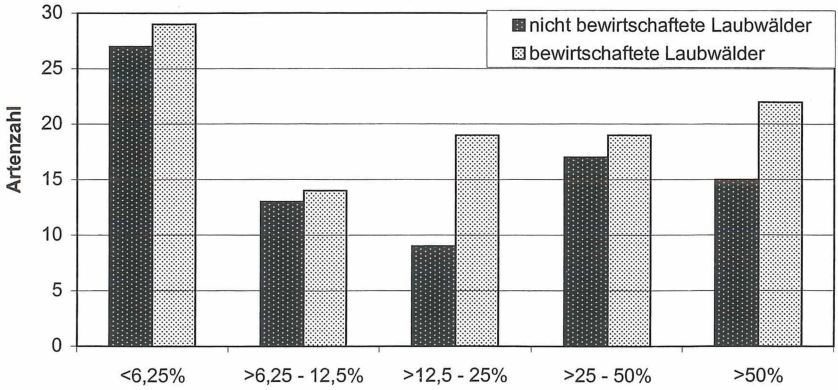

Abb. 6: Vergleich der Anzahl an *Querco-Fagetea*-Arten (Bodenvegetation) in Abhängigkeit von ihrer Häufigkeit in bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Laubwäldern (Forstamt Lübeck, Holsteinische Jungmoräne; nach VON OHEIMB et al. 1999).

Neben anthropogenen Faktoren nehmen in Waldgesellschaften der *Querco-Fagetea* auch edaphisch-strukturelle Parameter maßgeblich Einfluss auf die Anzahl der in der Bodenvegetation vorkommenden Arten. Im Folgenden werden Untersuchungsergebnisse aus naturnah bewirtschafteten Altwäldern Schleswig-Holsteins vorgestellt. Diesen Untersuchungen liegen Analysen der Vegetations-, der Nährstoff- und der profilmorphologischen Verhältnisse zugrunde. Zur Standortkennzeichnung wurden, neben einer Aufnahme der Vegetation, folgende Parameter ermittelt: Mächtigkeiten der O-, Ah-, Ae-, Bhs- und Gr-Horizonte, pH(H_2O)-Wert, austauschbare Basen, Basensättigung, Kalkgehalt des Unterbodens, C/N-Verhältnis, mittlere Feuchtezahl (sensu ELLENBERG et al. 1992), Deckung der Baumschicht. Diese Daten wurden mittels einer PCA ausgewertet und die einzelnen Aufnahmeflächen - bezogen auf die Syntaxa *Alnion incanae, Fagion* und *Quercetalia* und unter Angabe der Artenzahl der Aufnahmefläche - mittels Ordination in einem Ökogramm dargestellt.

Die Ordination der Auenwaldstandorte liefert zwei Ökogrammachsen, welche die Bodennässe (Einzelmerkmale: Mächtigkeit der G_r-Horizonte, mittlere Feuchtezahl) beziehungsweise die Basenversorgung (Einzelmerkmale: pH-Wert, austauschbare Basen, Kalkgehalt im Unterboden, Basensättigung) und das Lichtangebot für die Bodenvegetation (ausgedrückt durch die Deckung der Baumschicht) beschreiben (Abb. 7). Das Diagramm zeigt, dass sich die Standorte der zwei getrennt betrachteten Waldgesellschaften deutlich im Hinblick auf den Faktor Bodennässe unterscheiden. Zugleich weisen die Bestände der Jungmoräne eine günstigere Basenversorgung und ein stärker geschlossenes Kronendach auf. Eine Auswertung der Artenzahlen der Aufnahmeflächen lässt erkennen, dass in Auenwäldern Schleswig-Holsteins die Artenzahl in erster Linie mit der Bodennässe positiv korreliert ist. Dies bedeutet, dass der Artenreichtum der *Alnion incanae*-Bestände mit der Bodenvernässung zunimmt. Dieser Umstand erklärt sich dadurch, dass der Artenreichtum von Feuchtwäldern maßgeblich auf den hohen Anteil an nässeliebenden oder -toleranten Stauden zurückzuführen ist, die zugleich in Grünlandgesellschaften für Bestände der *Molinietalia* bezeichnend sind. Diese Arten werden durch eine zunehmende Bodennässe in Feuchtwäldern begünstigt. Sofern im Jahresverlauf - wie in Hartholzauen - kein Überstau der Flächen eintritt, sind entsprechende Wälder aufgrund des günstigen Nährstoffangebotes zugleich auch reich an *Fagetalia*-Arten. Mit einer

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

durchschnittlichen Artenzahl von etwa 55 pro 100 m² zählen solche Feuchtwälder zu den artenreichsten Pflanzengesellschaften des norddeutschen Tieflandes.

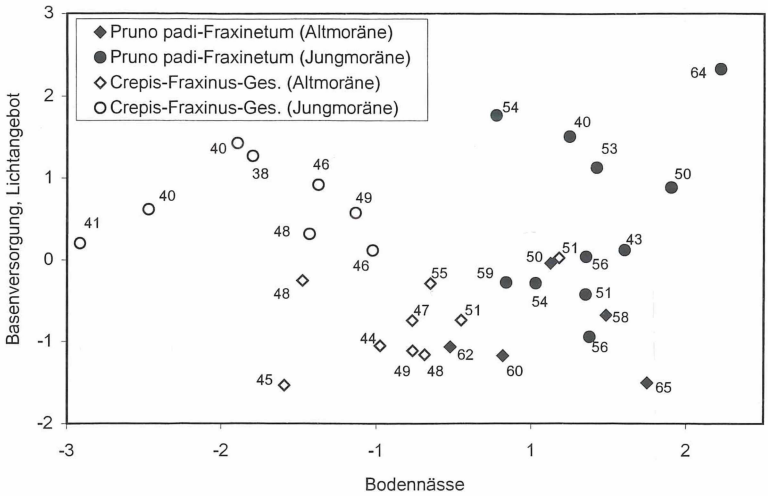

Abb. 7: Ordination schleswig-holsteinischer *Alnion incanae*-Standorte mittels einer PCA. Die x-Achse (Varianzanteil 14 %) repräsentiert die Bodennässe der Standorte, die y-Achse (Varianzanteil 28 %) die Basenversorgung und das Lichtangebot im Bestandesinnern. Die zu jedem Plot angegebene Ziffer steht für die Artenzahl der betreffenden Untersuchungsfläche (etwa 100 m²; nach Angaben von HÄRDTLE 1995).

Das Ordinationsdiagramm der *Fagion*-Gesellschaften weist zwei Achsen aus, welche die Basenversorgung (Einzelmerkmale: pH-Wert, austauschbare Basen, Basensättigung) beziehungsweise die Bodenaktivität (Einzelmerkmale: C/N-Verhältnis, O- und A_h-Mächtigkeit) beschreiben (Abb. 8). Danach zeichnen sich Waldgersten-Buchenwälder gegenüber Waldmeister-Buchenwäldern nicht nur durch ein günstigeres Basenangebot, sondern zugleich durch eine deutlich höhere Bodenaktivität und Bodenfeuchte aus (vgl. GÖNNERT 1989). Der Artenreichtum von *Fagion*-Gesellschaften korreliert eng mit der Bodenaktivität und der Basenversorgung und ist vom Lichtangebot weitgehend unabhängig. Demzufolge sind basenreiche, biologisch aktive Buchenwaldstandorte besonders artenreich. Da viele *Fagetalia*-Arten an ungünstige Lichtbedingungen adaptiert sind beziehungsweise ihre Entwicklungszyklen vor einer Belaubung des Kronendaches abschließen, ist der Lichtfaktor in *Fagion*-Gesellschaften weitestgehend ohne Einfluß auf die Artenzahl, wenn die Anzahl der Nicht-Waldarten in entsprechenden Beständen gering ist. Zu vergleichbaren Befunden kommt LEUSCHNER (1999) bei einer Analyse von Buchenaltbeständen in Mittel- und Nordwestdeutschland, wobei der Autor zusätzlich eine enge negative Korrelation zwischen der Artenzahl und der Feinwurzeldichte der Baumschicht in den Humushorizonten feststellt.

Das Ökogramm für Bestände des *Luzulo-Fagenion* und des *Quercion roboris* wird von zwei Achsen gebildet: Die x-Achse beschreibt den Vernässungs- und den Podsolierungsgrad des Bodens (Einzelmerkmale: Mächtigkeit der O-, A_e- und B_{hs}-Horizonte) sowie das Lichtangebot im Bestandesinnern. Die y-Achse repräsentiert die Basenversorgung (Abb. 9). Erkennbar ist, dass sich Drahtschmielen-Buchenwälder und Birken-Eichenwälder wenig bezüglich ihrer Basenversorgung unterscheiden (vgl. LEUSCHNER et al. 1993, HEINKEN 1995, HÄRDTLE et al. 1996). Besonders nass und stark podsoliert sind Böden unter Beständen des *Betulo-Quercetum typicum*, deren Illuvialhorizonte (B_{hs}) oftmals Mächtigkeiten von einem Meter und mehr erreichen (Gley-Podsole, Pseudogley-Podsole). In diesen Wäldern ist zugleich der

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Eichen-Anteil relativ hoch und das Kronendach besonders licht, so dass ein günstiges Lichtklima für die Bodenvegetation besteht (vgl. HEINKEN 1995, PALLAS 2000). Wie Abb. 9 zeigt, nimmt in bodensauren Buchen- und Eichenmischwäldern maßgeblich dieser Faktor Einfluss

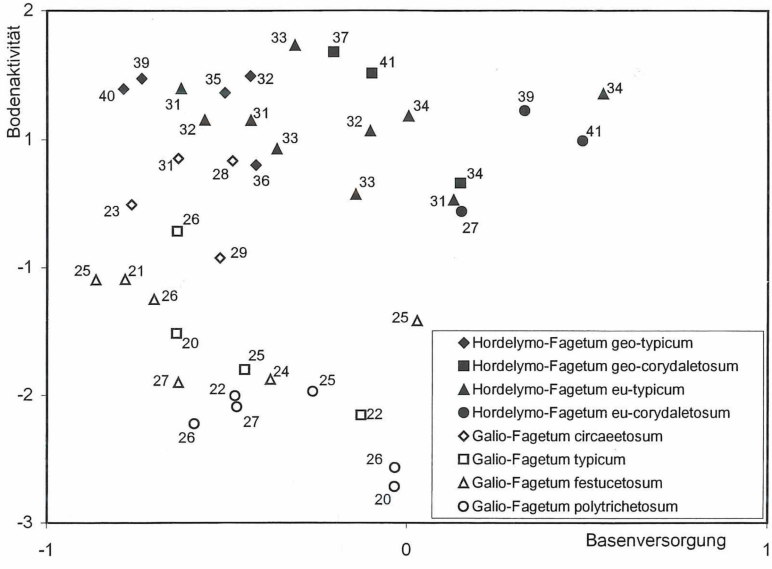

Abb. 8: Ordination schleswig-holsteinischer *Fagion*-Standorte mittels einer PCA. Die x-Achse (Varianzanteil 53 %) repräsentiert die Basenversorgung der Standorte, die y-Achse (Varianzanteil 19 %) die Bodenaktivität. Die zu jedem Plot angegebene Ziffer steht für die Artenzahl der betreffenden Untersuchungsfläche (etwa 100 m²; nach Angaben von HÄRDTLE 1995).

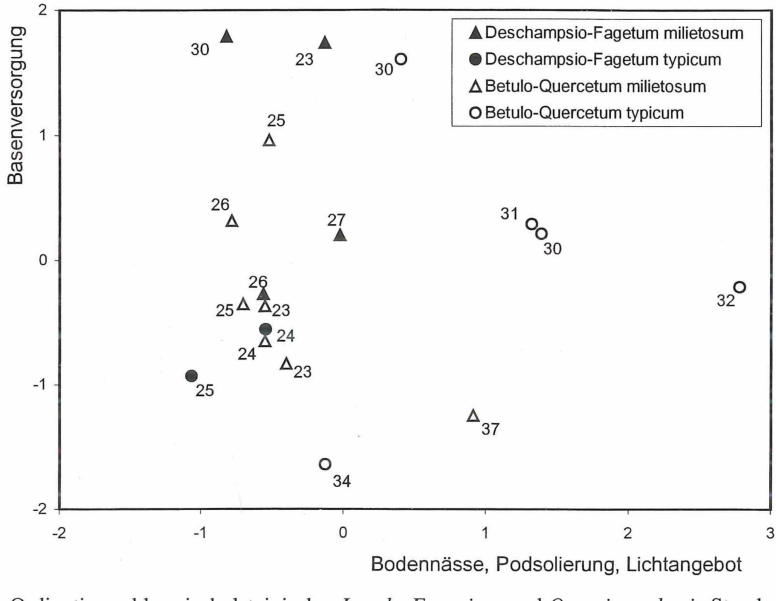

Abb. 9: Ordination schleswig-holsteinischer *Luzulo-Fagenion*- und *Quercion roboris*-Standorte mittels einer PCA. Die x-Achse (Varianzanteil 46 %) repräsentiert den Podsolierungsgrad der Standorte und das Lichtangebot im Bestandesinnern, die y-Achse (Varianzanteil 26 %) die Basenversorgung. Die zu jedem Plot angegebene Ziffer steht für die Artenzahl der betreffenden Untersuchungsfläche (etwa 100 m²; nach Angaben von HÄRDTLE 1995).

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

auf die Anzahl der in der Bodenvegetation vorkommenden Arten, da *Quercion roboris*-Arten lichtbedürftig sind und sich diese bei zunehmendem Kronenschluß beziehunsgweise unter dem stark schattenden Kronendach der Buche nicht entwickeln (vgl. BRUNET et al. 1997). Zudem weisen Drahtschmielen-Buchenwälder kaum Arten auf, die den bodensauren Eichenmischwäldern fehlen, so dass Bestände des *Luzulo-Fagenion* durchschnittlich artenärmer sind als jene des *Quercion roboris* (vgl. BRUNET et al. 1996: 265).

Man kann resümieren, dass zumindest in Laubwäldern des Tieflandes die alpha-Diversität der Bodenvegetation in naturnah bewirtschafteten Altwäldern von Vegetationstypen-spezifisch wirkendenen Standortfaktoren wie der Bodenfeuchte, der Nährstoffversorgung oder dem Lichtangebot mitbestimmt wird. Das von edaphisch-strukturellen Verhältnissen geprägte Artengefüge der Bodenvegetation wird häufig durch die Wirkung nutzungsgeschichtlicher Faktoren überzeichnet, die in Wäldern bis zu mehr als einem Jahrhundert nachweisbar ist.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse vergleichender Untersuchungen zur Struktur und Vegetation von Natur- und Wirtschaftswäldern vorgestellt, die in verschiedenen Waldgebieten des norddeutschen Tieflandes durchgeführt wurden. Zwei Themenkomplexe werden vorrangig betrachtet:

- die Entwicklung der Waldstruktur in Naturwäldern, dargestellt auf der Basis von Waldtexturkarten zur Beschreibung von Strukturveränderungen in Abhängigkeit von der Dauer der Nullnutzung sowie
- die Veränderung des Artengefüges der Waldbodenvegetation in Abhängigkeit von forstlichen Nutzungs- und edaphischen Parametern.

In Waldgebieten mit hinreichend langer und von exogenen Störungen (bspw. Nutzung, großflächiger Windwurf, Feuer) weitgehend unbeeinflussten Entwicklung steht der Flächenanteil einzelner Entwicklungsphasen in mehr oder minder enger Relation zur zeitlichen Dauer dieser Entwicklungsphasen. Ein gutes Maß für die Dauer einer ungestörten Bestandesentwicklung ist die Textur-Evenness. Diese nimmt in der Regel in Naturwäldern in Abhängigkeit von der Dauer der Nullnutzung kontinuierlich zu, bis sie - eine hinreichend lange und unbeeinflusste Waldentwicklung vorausgesetzt - einen Waldtypen-spezifischen Maximalwert erreicht.

Die Samenbank eines Waldbodens, insbesondere des Mineralkörpers, kann die Nutzungsgeschichte eines Waldstandortes bis zu über einem Jahrhundert dokumentieren, da die Samen vieler Offenlandarten eine entsprechend lange Zeit keimfähig bleiben und nach Störungen des Waldbodens in der Bodenvegetation auftreten können. Bewirtschaftete Bestände sind in der Regel artenreicher als nicht bewirtschaftete, wobei forstliche Maßnahmen besonders Schlagflur- und Ruderalarten, seltener auch echte Waldarten fördern. Ein Vergleich der in Wirtschafts- und Naturwäldern vorkommenden *Querco-Fagetea*-Arten deutet an, dass es unter diesen zumindest in Mitteleuropa keine „Weiserarten" für Naturwälder gibt. In nicht oder nur wenig gestörten Beständen wirken edaphische und strukturelle Gegebenheiten typenspezifisch auf die Artenvielfalt der Bodenvegetation: Der Artenreichtum korreliert in Auenwäldern (ohne Berücksichtigung von Hartholzauenwäldern) am engsten mit der Bodennässe, in Buchenwäldern mit der Bodenaktivität und der Basenversorgung und in bodensauren Buchen- und Eichenwäldern mit dem Lichtangebot im Bestandesinnern.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Literatur

AFL - ARBEITSGRUPPE FORSTLICHER LUFTBILDINTERPRETEN (1999): Luftbild-Interpretationsschlüssel II. Bestimmung der natürlichen Alterklasse und der Baumarten von Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild (CIR-Luftbild). - LÖBF-Mitteilungen **4/99**: 51-56. Recklinghausen.

BfaNL - BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (1991): Naturwaldreservate. - Schriftenr. Vegetationskde. **21**: 1-248. Bonn Bad-Godesberg.

BRUNET, J., FALKENGREN-GRERUP, U., RÜHLING, A., TYLER, G. (1997): Regional differences in floristic change in South Swedish oak forests as related to soil chemistry and land use. - J. Veg. Sci. **8**: 329-336.

BRUNET, J., FALKENGREN-GRERUP, U., TYLER, G. (1996): Herb layer vegetation of south Swedish beech and oak forests - effects of management and soil acidity during one decade.- For. Ecol. Manage. **88**: 259-272.

DIERSCHKE, H. (1989): Artenreiche Buchenwald-Gesellschaften Nordwest-Deutschlands. - Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. **1**: 107-148.

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. - 5. Aufl., Ulmer, Stuttgart: 1096 S.

ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - 3. Aufl., Scirpta Geobot. **18:** 1-248.

FISCHER, A. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen. - Diss. Bot. **110**: 1-234.

FISCHER, A. (1995): Forstliche Vegetationskunde. - Pareys Studientexte 82, Berlin/Wien: 315 S.

FISCHER, A., ABS, G., LENZ, F. (1990): Natürliche Entwicklung von Waldbeständen nach Windwurf. Ansätze einer „Urwaldforschung" in der Bundesrepublik. - Forstw. Cbl. **109**: 309-326.

GÖNNERT, Th. (1989): Ökologische Bedingungen verschiedener Laubwaldgesellschaften des Nordwestdeutschen Tieflandes. - Diss. Bot. **136**: 1-225.

GRAAE, B.J., HESKJAER, V.S. (1997): A comparison of understorey vegetation between untouched and managed deciduous forest in Denmark. - For. Ecol. Manage. **96**: 111-123.

GRABHERR, G., KOCH, G., KIRCHMEIR, H., REITER, K. (1995): Hemerobie österreichischer Waldökosysteme - Vorstellung eines Forschungsvorhabens im Rahmen des österreichischen Beitrages zum MAB-Programm der UNESCO. - Zeitschr. f. Ökol. u. Natursch. **4**: 131-136.

GRABHERR, G., KOCH, G., KIRCHMEIR, H., REITER, K. (1998): Hemerobie österreichischer Waldökosysteme. - Veröff. d. Österreichischen MAB-PROGRAMM, Bd. **17**: 493 S.

GROSS, C.P., REIDELSTÜRZ, P. (2000): Sukzessionsforschung und Ableitung waldbaulich nutzbarer Informationen in naturnahen Buchenwäldern mit langjährig ungestörter Walddynamik im Nordostdeutschen Tiefland. Teilprojekt: Kartierung der Waldentwicklungsphasen aus Color-Infrarot-Luftbildern. - Abschlußbericht Procul Consulting, Manuskript: 12 S. u. Anh.

HAEUPLER, H. (1982): Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation. Untersuchungen zum Diversitätsbegriff. - Diss. Bot. 65: 1-268.

HÄRDTLE, W. (1995): Vegetation und Standort der Laubwaldgesellschaften (*Querco-Fagetea*) im nördlichen Schleswig-Holstein. - Mitt. Arb.gem. Geobot. Schl.-Holst. u. Hamb. **48**: 1-441.

HÄRDTLE, W., MENZEL, U., SCHRAUTZER, J. (1996): Ökologische Potenz und standörtlicher Zeigerwert der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) auf Podsol-Böden des nordwestdeutschen Tieflandes. - Verh. GfÖ **26**: 161-172.

HEINKEN, Th. (1995): Naturnahe Laub- und Nadelwälder grundwasserferner Standorte im niedersächsischen Tiefland: Gliederung, Standortsbedingungen, Dynamik. - Diss. Bot. **239**: 1-311.

HOBOHM, C. (2000): Biodiversität. - Quelle & Meyer, Wiebelsheim: 214 S.

KORPEL, S. (1995): Die Urwälder der Westkarpaten. - Fischer, Stuttgart. 310 S.

KRETZSCHMAR, F. (1994): Zur Bedeutung der Samenbank in Böden unter Wiedengesellschaften. - Ber. d. Reinh. Tüxen-Ges. **6**: 179-193.

LEIBUNDGUT, H. (1959): Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. - Schweiz. Z. Forstw. **110**: 111-124.

LEIBUNDGUT, H. (1982): Europäische Urwälder der Bergstufe. - Haupt, Bern/Stuttgart: 306 S.

LEIBUNDGUT, H. (1993): Europäische Urwälder. - Haupt, Bern/Stuttgart. 260 S.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

LEUSCHNER, Ch. (1999): Zur Abhängigkeit der Baum- und Krautschicht mitteleuropäischer Waldgesellschaften von der Nährstoffversorgung des Bodens. - Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. **11**: 109-131.

LEUSCHNER, CH., RODE, M. W., HEINKEN. T. (1993): Gibt es eine Nährstoffmangel-Grenze der Buche im nordwestdeutschen Flachland? - Flora **192**: 239-249.

LINDNER, H. (1989): Das Naturwaldreservat Zellerbrunn in der Forstverwaltung Gußwerk der Österreichischen Bundesforste. - In: MAYER, H., ZUKRIEGL, K., SCHREMPF, W., SCHLAGER, G. u. Mitarb. (Hrsg.): Urwaldreste, Naturwaldreservate und schützenswerte Naturwälder in Österreich. - Inst. f. Waldbau, Univ. f. Bodenkultur, Wien: 707-737.

MAYER, H. (1971): Das Buchen-Naturwaldreservat Dobra/Kampleiten im niederösterreichischen Waldviertel. - Schweiz. Z. Forstw. **122**: 45-66.

MAYER, H., NEUMANN, M. (1981): Struktureller und entwicklungsdynamischer Vergleich der Fichten-Tannen-Buchenurwälder Rothwald/Niederösterreich und Corkowa Urwald, Kroatien. - Forstw. Cbl. **100**: 111-132.

MAYER, H., MORITZ, J (1989): Das Fichten-Naturwaldreservat Rauterriegel am Eisenhut bei Turrach. - In: MAYER, H., ZUKRIEGL, K., SCHREMPF, W., SCHLAGER, G. u. Mitarb. (Hrsg.): Urwaldreste, Naturwaldreservate und schützenswerte Naturwälder in Österreich. - Inst. f. Waldbau, Univ. f. Bodenkultur, Wien: 312-337.

MEYER, P. (1995): Untersuchung waldkundlicher Entwicklungstendenzen und methodischer Fragestellungen in Buchen- und Buchenmischbeständen niedersächsischer Naturwaldreservate. - Cuvillier Verlag, Göttingen: 239 S.

OHEIMB, G. V., ELLENBERG, H. jun., HEUVELDOP, J., KRIEBITZSCH, W.-U. (1999): Einfluß der Nutzung unterschiedlicher Waldökosysteme auf die Artenvielfalt und -zusammensetzung der Gefäßpflanzen in der Baum-, Strauch- und Krautschicht unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten des Naturschutzes und des Verbißdruckes durch Wild. - Mitt. d. Bundesforsch. f. Forst- und Holzwirtsch. **195**: 279-450.

PALLAS, J. (2000): Zur Synsystematik und Verbreitung der europäischen bodensauren Eichenmischwälder. - Abh. Westf. Mus. Naturkde. **62**(3): 3-125.

POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. - 2. Aufl., Ulmer, Stuttgart. 622 S.

POTT, R. (1996): Biotoptypen. Schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen. - Ulmer, Stuttgart. 448 S.

SCHMIDT, W. (1994): Sukzession und Sukzessionslenkung auf Brachäckern - Neue Ergebnisse aus einem Dauerflächenversuch. - Scripta Geobot. **20**: 65-104.

SCHMIDT, W. (1998): Die Bodenvegetation als Indikator für die biotische Mannigfaltigkeit von Wäldern - Beispiele aus Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern. - Verh. GfÖ **29**: 133- 143.

SCHMIDT, W. (1999): Bioindikation und Monitoring von Pflanzengesellschaften - Konzepte, Ergebnisse, Anwendungen, dargestellt an Beispielen aus Wäldern. - Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. **11**: 133-155.

SCHREMPF, W. (1989): Waldbauliche Untersuchungen im Fichten-Tannen-Buchen-Urwald Rothwald und in Urwald-Folgebeständen. - In: MAYER, H., ZUKRIEGL, K., SCHREMPF, W., SCHLAGER, G. u. Mitarb. (Hrsg.): Urwaldreste, Naturwaldreservate und schützenswerte Naturwälder in Österreich. - Inst. f. Waldbau, Univ. f. Bodenkultur, Wien: 1-124.

WESTPHAL, Ch. (2000): Theoretische Gedanken und beispielhafte Untersuchungen zur Naturnähe von Wäldern im Staatlichen Forstamt Sellhorn (Naturschutzgebiet Lüneburger Heide). - Diss. Univ. Lüneburg, 213 S. u. Anh.

WOLF, G., BOHN, U. (1991): Naturwaldreservate in der Bundesrepublik Deutschland und Vorschläge zu einer bundesweiten Grunddatenerfassung. - Schr.R. Vegetationskde. **21**: 9-19.

ZUKRIGL, K., ECKHART, G., NATHER, J. (1963): Standortskundliche und waldbauliche Untersuchungen in Urwaldresten der niederösterreichischen Kalkalpen. - Mitt. d. forstl. Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn **62**: 1-244.

Anschrift der Verfasser:
Prof. Dr. Werner Härdtle, Dipl. Biol. Goddert von Oheimb, Dr. Christina Westphal, Universität Lüneburg, Fachbereich Umweltwissenschaften/Ökologie, Scharnhorststr. 1, D21332 Lüneburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Härdtle Werner, Oheimb Goddert von, Westphal Christina

Artikel/Article: Vergleichende Untersuchungen zur Struktur und Vegetation von Natur- und Wirtschaftswäldern des Tieflandes auf der Grundlage räumlich expliziter Vegetationsmodelle 183-196