Beziehungen zwischen Struktur und Kryptogamenflora von unbewirtschafteten und bewirtschafteten Buchenwäldern im nordostdeutschen Tiefland

Werner Härdtle und Goddert von Oheimb

Abstract: In the present study we analysed the impact of the forest structure on the species composition of bryophytes and lichens of unmanaged and managed beech forests taking the old-growth forest Serrahn (Mueritz National Park) and stands of the forest district Wilhelminenhof (Federal State Mecklenburg-Vorpommern, NE Germany) as examples. The undisturbed forest dynamics typical of the beech forest in Serrahn (unmanaged since five decades) was clearly reflected in the forest structure. The mean basal area as well as the mean volume of living trees was significantly higher in Serrahn compared to the managed forests of Wilhelminenhof. In addition, the diversity, spatial patterns, and temporal dynamics of dead wood significantly differed in unmanaged and managed stands. These differences in structure and dynamics were mirrored in the species composition of cryptogams of the beech forests compared. In Serrahn the total number of both bryophyte and lichen species was higher. This finding was mainly attributable to a higher number of stenotopic and rare species typical of the beech forests of Serrahn. The presence of these species was mainly related to tree individuals with high diameters at breast height (dbh). Since high dbh values are positively correlated with both the number of habitats and the habitat quality required by these species, old trees with high dbh proved to be the most important phorophytes for cryptogams. Moreover, light conditions had a significant impact on the species composition of both forest types. Cryptogams typical of old-growth forests demand shady conditions and a consistent humidity and may suffer from the abrupt exposition to radiation and the lower humidity after logging. Aiming at the preservation of a diverse flora of cryptogams, forest management should ensure the continuous occurrence of big trees above the target diameter. In addition, a single tree selection felling method should be applied to minimise changes in the cryptogams' microclimate.

1 Einleitung

Buchenwälder in Mitteleuropa haben durch forstliche Nutzung in der Vergangenheit eine starke Veränderung ihrer Struktur und Dynamik erfahren. Buchenurwälder, die bislang keiner Nutzung durch den Menschen unterlagen, fehlen demzufolge in Mitteleuropa. Um dem forstlichen wie auch wissenschaftlichen Interesse an einer von Nutzung unbeeinflussten Bestandes- und Strukturdynamik Rechnung zu tragen, wurden im Bundesgebiet während der vergangenen Jahrzehnte so genannte Naturwaldreservate ausgewiesen, Waldgebiete also, die ehemals einer Nutzung durch die Forstwirtschaft unterlagen, nun aber einer vom Menschen weitestgehend unbeeinflussten Dynamik überlassen sein sollen. In ihnen lässt sich nicht nur die natürliche Konkurrenz und die Wuchsdynamik der in Mitteleuropa heimischen Baumarten studieren, sie geben zugleich auch solchen Waldlebensgemeinschaften einen Lebensraum, die vielfach an bestimmte Waldstrukturen gebunden sind und somit in Wirtschaftswäldern zunehmend seltener wurden oder dort mittlerweile völlig fehlen. Die vorliegende Arbeit versucht, am Beispiel von Waldkryptogamen die Auswirkungen von Strukturunterschieden in ungenutzten und genutzten Tieflagen-Buchenwäldern auf diese Waldlebensgemeinschaften zu untersuchen. Als Untersuchungsgebiete wurden dabei einerseits die Buchenwälder im Müritz-Nationalpark (Teil Serrahn, Mecklenburg-Vorpommern) ausgewählt, da sie durch ihre besondere Nutzungsgeschichte ein einmaliges Studiengebiet für die Erforschung der natürlichen Dynamik von Buchenwäldern mittlerer Nährstoffversorgung bieten. Andererseits wurden im Rahmen der Arbeit zugleich strukturelle und kryptogamenkundliche Analysen in Buchenwirtschaftswäldern durchgeführt, die gleichfalls in Mecklenburg-Vorpommern lagen und sich somit – im Vergleich zu den Serrahner Wäldern – unter ähnlichen klimatischen wie auch eda-

phischen Bedingungen entwickelten. Basierend auf diesen Ergebnissen sollte beurteilt werden, inwieweit sich die Kryptogamenflora unbewirtschafteter und bewirtschafteter Buchenwälder unterscheidet und welche Faktoren für die gegebenenfalls feststellbaren Unterschiede verantwortlich sind.

2 Methoden

2.1 Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen zur natürlichen Dynamik von langjährig unbewirtschafteten Buchenwäldern wurden auf einer 220 ha großen Fläche im Teilgebiet Serrahn des Müritz-Nationalparkes durchgeführt (im Folgenden „UG Serrahn“, Abb. 1). Das UG Serrahn befindet sich im Bereich der Neustrelitzer Seenlandschaft und gehört zum forstlichen Wuchsgebiet „Mittelmecklenburger Jungmoränenland“. Für Vergleichsuntersuchungen in Wirtschaftswäldern wurden Bestände gesucht, die hinsichtlich ihrer Standortsverhältnisse und der Altersstruktur des Hauptbestandes eine möglichst gute Übereinstimmung mit dem UG Serrahn aufweisen. Zudem sollte die Buche auf einer Fläche von mindestens 50 ha die dominierende Baumart darstellen. Auf der Grundlage dieser Auswahlkriterien wurden Buchenbestände im Revier Wilhelminenhof des Forstamtes Wilhelminenhof (UG Wilhelminenhof) ausgewählt, welches nördlich an das Teilgebiet Serrahn angrenzt (Abb. 1).

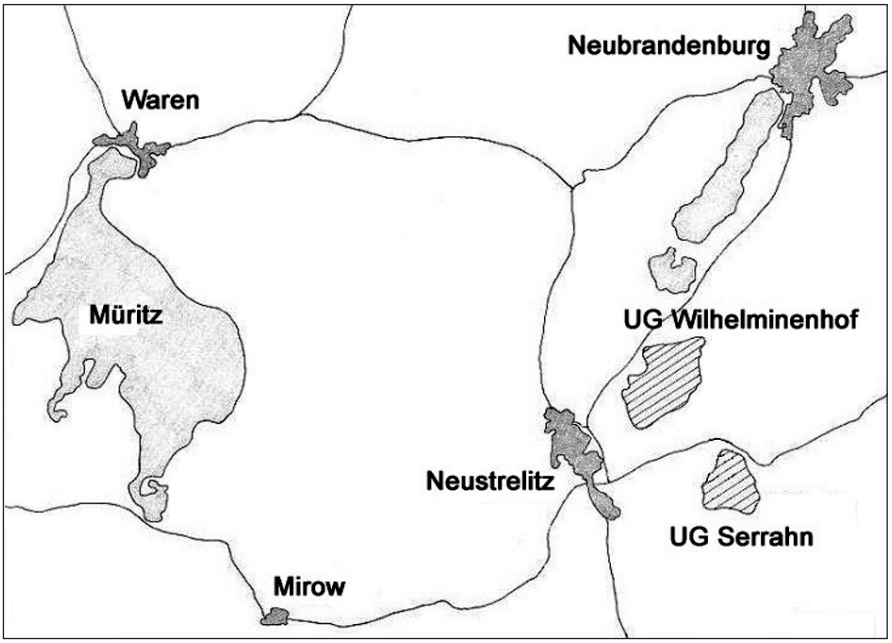

Abb. 1: Karte des Untersuchungsraumes mit der Lage der Untersuchungsgebiete Serrahn und Wilhelminenhof.

Die Jahresmittel-Temperatur liegt im Untersuchungsraum bei 7,8 °C und im Jahresdurchschnitt fallen 593 mm Niederschlag. Ausgangsmaterial der Bodenbildung waren Ablagerungen der Weichselvereisung. Das natürliche Mosaik der Bodenformen wird von Sand-Braunerden, Bändersand-Braunerden und Tieflehm- bzw. Lehm-Fahlerden gebildet. Vorherrschende Humusformen sind Übergänge vom Rohhumus zum mullartigen Moder. Die potentielle natürliche Vegetation auf basenärmeren Böden ist der Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum) und auf nährstoffreicheren Standorten der Waldmeister-Buchenwald (Galio-Fagetum).
Im Buchenwaldgebiet Serrahn stellt die Buche auf einer Fläche von 220 ha die dominierende Baumart dar. Eine Rekonstruktion der Nutzungsgeschichte dieser Abteilungen für die Zeit nach 1945 zeigt, dass seit 1961 auf rund 109 ha keine Hiebsmaßnahmen stattfanden (Tempel 2003). In den ältesten Beständen erreicht die Buche ein Alter von etwa 220 Jahren. Auch im UG Wilheminenhof ist die Rotbuche vorherrschende Baumart, wobei hier in den ältesten Beständen ein Maximalalter von bis zu 190 Jahren erreicht wird. Das Gebiet wird derzeit als Wirtschaftswald genutzt.

2.2 Analyse der Waldstruktur

Aus der räumlichen Verteilung der gemäß Tabelle 1 definierten Entwicklungsphasen wurde eine Waldtexturkarte erarbeitet, indem mit Hilfe von Bilderkennungsprogrammen aus Color-Infrarot-Luftbildern die räumliche Ausdehnung einzelner Entwicklungsphasen erfasst und gegeneinander abgegrenzt wurde. Für die Waldtexturanalysen im UG Serrahn wurden 14 CIR-Luftbilder ausgewertet (Maßstab 1:10.000, Brennweite 300 mm, Aufnahmezeitpunkt 23. Juli 1996). Alle homogenen Teilflächen der Waldoberfläche wurden durch visuelle Interpretation gegen benachbarte, andersartige Flächen abgegrenzt (Delinierung). Die Grenzlinien der Flächen wurden gleichzeitig mit der Interpretation photogrammetrisch kartiert (Datenerfassungsprogramm Microstation, Auswertegerät AC 1 der Firma Wild; Bearbeitung durch das Fachbüro Procul Consulting). Unabhängig von der Delinierung der Entwicklungsphasen wurde eine Kartierung aller Lücken im Kronendach der obersten Bestandesschicht in einem besonderen Arbeitsgang durchgeführt. Als Lücke wurde eine Unterbrechung des Kronendaches in der Oberschicht bezeichnet, die auf den Ausfall eines oder mehrerer Altbäume zurückzuführen ist. Strukturvergleiche zwischen Natur- und Wirtschaftswald wurden auf Basis eines Vergleiches von Waldentwicklungsphasen durchgeführt. Um dies zu erreichen, wurden im UG Serrahn 150 und im UG Wilhelminenhof 61 Stichprobenflächen von 0,1 ha Größe ausgewählt. Stichprobenflächen repräsentierten alle der in Tabelle 1 definierten Waldentwicklungsphasen (sog. Beurteilungsstichproben). Die Aufnahme des lebenden Bestandes und des Totholzes in den Probekreisen erfolgte gemäß Landesamt für Forstplanung Mecklenburg-Vorpommern (1998). Die Dimensionsverteilung des Derbholzbestandes wurde mit der Durchmesserdifferenzierung TD (mit $0 \leq TD \leq 1$) nach Füldner (1996) quantifiziert. Je höher der Wert, desto größer sind die Dimensionsunterschiede von benachbarten Bäumen.

Tab. 1: Strukturelle Kennzeichnung der Waldentwicklungsphasen sowie prozentualer Flächenanteil in den Serrahner Buchenwäldern.

Entwicklungsphase	**Kennzeichnung**	**Flächen [%]**
Verjüngungsphase	Verjüngung unter Altbestand deutlich auf > 50 % der Fläche erkennbar; Überschirmungsgrad Altbestand: < 0,5; i. d. R. zweischichtiger Bestand	5,4
Stangenholzphase	Einzelkronen auf Luftbild nicht abgrenzbar; keine oder sehr geringe vertikale Differenzierung; Überschirmungsgrad 1,0; Bestand dicht; Kronenoberfläche faserig aufgerauht; einzelne Überhälter möglich	3,3
Optimalphase	Einzelkronen auf Luftbild meist abgrenzbar; geringe vertikale Differenzierung; Überschirmungsgrad 0,9–1,0; Bestandeshöhe ca. 20–35 m	3,7
Altersphase	Große Einzelkronen abgrenzbar; geringe vertikale Differenzierung; Überschirmungsgrad > 0,8; mehr als 100 Kronen / ha;	75,3
Zerfallsphase	Einzelkronen sehr gut abgrenzbar; große vertikale Differenzierung; Verjüngung im Unterstand zumindest teilweise erkennbar; Überschirmungsgrad 0,5–0,8 oder Überschirmungsgrad 0,3–0,5 und Deckung der Verjüngung < 50%; Stammzahl der Oberschicht ca. 100 / ha; Totholzanteil oft über 30%	7,6
Lücken im Kronendach	Lücken im Kronendach; Überschirmungsgrad Altbestand: < 0,3; Deckung der Verjüngung bzw. des Jungbestandes unter Derbholzstärke: < 50%	4,7

2.3 Analyse der Kryptogamenflora

In jeweils 45 Stichprobenkreisen von Natur- und Wirtschaftswald wurde die Moos- und Flechtenflora auf einer Fläche von 400 m² erfasst. Dabei wurden in der Alters-, Zerfalls-, Verjüngungsphase sowie in Lücken je 10 und in der Stangenholzphase je 5 Probekreise eingerichtet. Die Kartierung der Epigäen erfolgte auf 100 m²-Flächen nach der Methode von Braun-Blanquet (Dierssen 1990). Epiphyten und Epixyle wurden an drei Bäumen beziehungsweise Totholzobjekten je Probekreis im Bereich vom Stammfuß bis in ca. 2 m Höhe bzw. bei liegendem Totholz auf der gesamten Oberfläche kartiert. Zur Charakterisierung des Arteninventars wurden die Zeigerzahlen für die Substratreaktion sowie die Licht- und Feuchtezahlen nach Ellenberg et al. (2001) ausgewertet. Die Zuordnung der Flechtenarten zu einer Hemerobiestufe folgte Litterski (1999).

3 Ergebnisse

3.1 Waldstrukturanalyse

In den Buchenbeständen des UG Serrahn wies die Altersphase mit 75 % einen überproportional hohen Flächenanteil auf (Tab. 1). Auf etwa 8 % der Fläche betrug der Überschirmungsgrad durch Ausfall von Altbäumen weniger als 0,8 (sog. Zerfallsphase). In der

Verjüngungsphase war die Überschirmung des Altbestandes kleiner als 0,5, während der Deckungsgrad der Verjüngung mehr als 50 % erreichte. Diese Entwicklungsphase war auf etwa 5 % der Fläche ausgebildet. Die geringsten Flächenanteile nahmen die Stangenholz- und die Optimalphase ein (Tab. 1). Lücken im Kronendach bestanden auf etwa 5 % der kartierten Fläche.

Im Vergleich von Natur- und Wirtschaftswald unterschieden sich die Verjüngungs- und die Stangenholzphase am deutlichsten hinsichtlich der vertikalen Bestandesstruktur (Tab. 2). Im Wirtschaftswald haben Lichtungshiebe die Zahl der Altbuchen in der Verjüngungsphase stark reduziert. Stammzahlreiche Stangenhölzer, in denen die Altbäume komplett geräumt worden sind, waren im UG Wilhelminenhof auf Flächengrößen von bis zu mehreren Hektar zu finden. Im UG Serrahn war die Stangenholzphase als Ergebnis der natürlichen Eigendynamik dagegen lediglich sehr kleinräumig ausgebildet, weshalb auf den Probekreisen von 0,1 ha neben den Stangenhölzern auch Altbestand und Verjüngung erfasst wurden (Tab. 2). Unabhängig von der Bewirtschaftung war eine ausgesprochene Dominanz der Buche in der Verjüngung festzustellen (ca. 97 % der Pflanzen). Im Vergleich zum UG Serrahn zeichneten sich die Wirtschaftswälder jedoch durch erheblich höhere Pflanzenzahlen aus (Tab. 2). In den Lücken und in der Zerfallsphase bestanden die hohen Individuendichten allerdings zu über 98 % aus ein- bis zweijährigen Individuen.

Tab. 2: Anzahl der Stichprobenkreise (n) sowie mittlere Stammzahlen pro Hektar in den verschiedenen Schichten der einzelnen Entwicklungsphasen im UG Serrahn (S) und UG Wilhelminenhof (W). Abk.: SD = Standardabweichung; OS = Stammzahl in der Oberschicht; MS + US = Stammzahl des Derbholzes in Mittel- und Unterschicht; Dick. = Anzahl der Pflanzen in der Dickung (ab 2 m Höhe bis 7 cm BHD); Jungw. = Anzahl der Pflanzen bis 2 m Höhe.

	n S	n W	OS S	OS W	MS+US S	MS+US W	Dick. S	Dick. W	Jungw. S	Jungw. W
Altersphase	**70**	**14**	**158**	**149**	**21**	**9**	**585**	**15**	**2,829**	**11,014**
SD			44	21	26	12	1,068	26	2,913	36,707
Zerfallsphase	**23**	**31**	**97**	**108**	**40**	**15**	**1,328**	**29**	**5,287**	**79,535**
SD			26	33	59	21	1,333	80	5,141	94,992
Verjüngungsphase	**18**	**5**	**96**	**22**	**58**	**100**	**4,101**	**5,570**	**4,400**	**9,560**
SD			36	19	55	102	1,756	3,616	4,633	3,462
Lücke	**21**	**7**	**62**	**60**	**74**	**4**	**806**	**6**	**6,324**	**121,629**
SD			25	29	162	8	790	15	4,999	110,737
Stangenholzphase	**18**	**4**	**52**	**0**	**573**	**2,123**	**2,432**	**950**	**400**	**0**
SD			26	0	204	341	949	474	586	0

Nutzungsbedingt waren im Wirtschaftswald geringere Grundflächen und niedrigere Derbholzvorräte zu finden als im Naturwald, wobei dieser Unterschied in der Verjüngungsphase am deutlichsten war (Tab. 3). In den bewirtschafteten Beständen war die Durchmesserdifferenzierung TD des Derbholzbestandes mit Ausnahme der Stangenholzphase geringer als im UG Serrahn (Tab. 3). Während sich die Werte in den verschiedenen Entwicklungsphasen der Serrahner Bestände deutlich unterschieden, waren sie in den Wirtschaftswäldern vergleichsweise einheitlich und zeigten relativ geringe Dimensionsunterschiede von benachbarten Bäumen an.

Auf den 150 Stichprobenkreisen im UG Serrahn betrug das Totholzvolumen im Mittel 142 m^3/ha. Im Vergleich der Entwicklungsphasen wurden jedoch große Unterschiede deutlich (Tab. 3). Die Totholzmengen waren in der Altersphase am niedrigsten und stiegen in der Zerfallsphase um mehr als das 2,5-fache an. Die höchsten Werte wurden in den Lücken erreicht. Die hohe Streuung der Werte belegt die uneinheitliche Verteilung des Totholzes auf die einzelnen Stichproben. Stehendes und liegendes Totholz waren insgesamt im Verhältnis ein Drittel zu zwei Drittel am Totholzvorrat beteiligt. Ein Viertel des Totholzvolumens der Buche entfiel im UG Serrahn auf den Totholztyp Hochstumpf. Das Totholzaufkommen in den bewirtschafteten Wäldern war mit durchschnittlich 12 m^3/ha deutlich geringer als im UG Serrahn. In Ansätzen zeigte sich auch hier eine Abhängigkeit der Totholzmengen von der Entwicklungsphase (Tab. 3). Sägestubben und liegende Stammteile/Starkäste nahmen insgesamt etwa 40 % des Totholzvorrates ein. Stehendes Totholz in Form von Hochstümpfen und

ganzen Bäumen war im Wirtschaftswald sehr unregelmäßig verteilt (13 % bzw. 8 % des Totholzvorrates). Der Totholztyp „liegender ganzer Baum“ wurde auf den Probekreisen nicht angetroffen.

Tab. 3: Mittlere Grundfläche (G/ha), mittlerer Vorrat (V/ha) und mittlere Durchmesserdifferenzierung (TD) des lebenden Bestandes > 7 cm BHD sowie mittleres Totholzvolumen (TH/ha) im UG Serrahn (S) und UG Wilhelminenhof (W).

	G/ha (m^2) S	G/ha (m^2) W	V/ha (m^3) S	V/ha (m^3) W	TD S	TD W	TH/ha (m^3) S	TH/ha (m^3) W
Altersphase	**38,5**	**32,7**	**675,3**	**573,4**	**0,307**	**0,248**	**61,5**	**9,7**
SD	7,5	3,1	143,9	63,6	0,069	0,064	45,6	7,7
Zerfallsphase	**26,9**	**24,6**	**489,4**	**421,4**	**0,317**	**0,266**	**163,5**	**10,6**
SD	6,1	4,9	128,6	83,3	0,120	0,101	82,0	11,8
Verjüngungsphase	**26,5**	**7,7**	**488,5**	**133,5**	**0,404**	**0,280**	**200,7**	**25,7**
SD	7,4	5,1	145,5	100,2	0,124	0,155	81,7	19,1
Lücke	**18,1**	**13,6**	**319,4**	**233,6**	**0,360**	**0,257**	**284,8**	**13,2**
SD	8,4	4,3	167,8	69,7	0,087	0,086	86,0	10,6
Stangenholzphase	**22,5**	**29,5**	**361,2**	**249,3**	**0,285**	**0,289**	**209,5**	**7,1**
SD	6,0	3,6	126,5	34,7	0,056	0,018	109,5	2,5

3.2 Kryptogamenflora

In Zuge der Kryptogamenkartierung wurden insgesamt 54 Moos- und 34 Flechtenarten nachgewiesen. Im Naturwald wurden tendenziell höhere Gesamtartenzahlen, eine größere Anzahl an Arten der Roten Liste und höhere mittlere Artenzahlen pro Probekreis ermittelt als im Wirtschaftswald (Abb. 2 und 3). Der Anteil oligo- und mesohemerober Flechtenarten, d. h. naturnahe bis gering menschlich beeinflusste Verhältnisse anzeigender Arten, betrug im UG Serrahn etwa 5 % und 35 % (Abb. 4). Im UG Wilhelminenhof trat keine oligohemerobe Flechte auf, und der Anteil der mesohemeroben Arten lag bei ca. 25 %. Ebenfalls 25 % der Arten deutete auf einen mäßig bis stark menschlich beeinflussten Standort hin (eu-polyhemerobe Arten).
Tabelle 4 fasst solche Arten zusammen, für die in einem der beiden Untersuchungsgebiete eine signifikant höhere Häufigkeit festgestellt wurde. Die Arten mit deutlich höherer Stetigkeit im UG Serrahn siedelten überwiegend auf Rinde beziehungsweise Totholz und zeigten schattige bis halbschattige, frische und mäßig saure Verhältnisse an. Im UG Wilhelminenhof traten Bodenmoose bzw. Rohbodenpioniere signifikant häufiger auf, welche als Halbschatt- bzw. Halblicht- und zudem als Trockniszeiger einzustufen sind und (stark) saure Verhältnisse anzeigen.

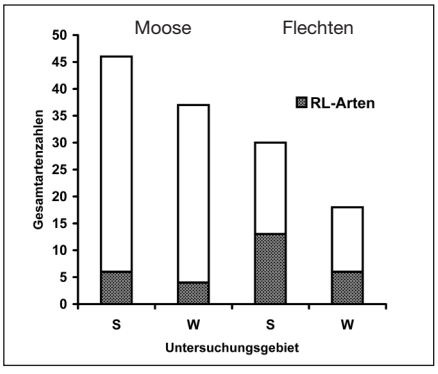

Abb. 2: Gesamtartenzahlen und Arten der Roten Liste in den Untersuchungsgebieten Serrahn (S) und Wilhelminenhof (W).

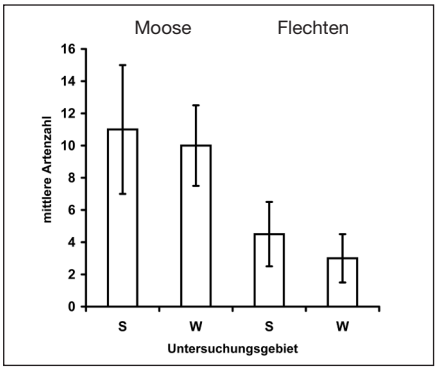

Abb. 3: Mittlere Artenzahlen von Moosen und Flechten (und Standardabweichung) in den 400 m^2-Stichprobenkreisen der Untersuchungsgebiete Serrahn (S) und Wilhelminenhof (W; n jeweils 45).

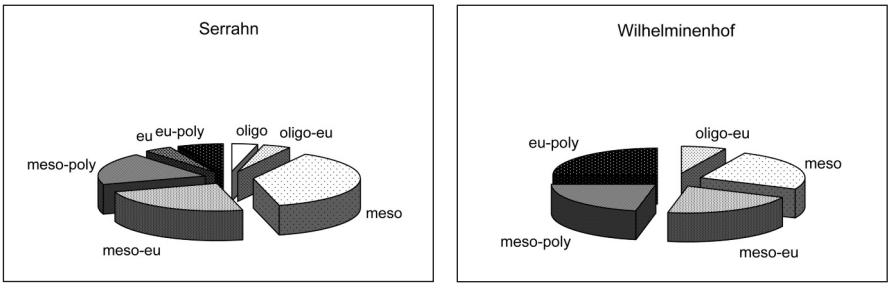

Abb. 4: Hemerobiespektren der Flechten nach LITTERSKI (1999) in den Untersuchungsgebieten Serrahn und Wilhelminenhof. Abk.: oligo = oligohemerob, meso = mesohemerob, eu = euhemerob, poly = polyhemerob.

Tab. 4: Arten mit signifikant höherer Stetigkeit (fettgedruckte Probekreisnachweise, Chi-Quadrat-Test, $p < 0,05$) in einem der beiden Untersuchungsgebiete (n je 45 400 m^2-Probekreise). Betrachtet werden alle Arten mit min. 5 Probekreisnachweisen.
Abk.: Substrat: Ri = Rinde, T = Totholz, E = Erde; Rote Liste: Gefährdung nach der Roten Liste in Mecklenburg-Vorpommern (MV) und Deutschland (D) (LUDWIG et al. 1996, WIRTH et al. 1996); Zeigerwerte: R = Reaktionszahl, L = Lichtzahl, F = Feuchtezahl (ELLENBERG et al. 2001).

	UG Serrahn Substrat				UG Wilhelminenhof Substrat				Rote Liste		Zeigerwerte		
	Ri	**T**	**E**	**total**	**Ri**	**T**	**E**	**total**	**MV**	**D**	**R**	**L**	**F**
Ceratodon purpureus	2	6	13	15	1	3	29	**29**	–	–	x	8	2
Dicranella heteromalla	–	1	21	21	–	–	44	**44**	–	–	2	5	4
Dicranoweisia cirrata	–	7	–	**7**	1	1	–	1	–	–	5	7	5
Eurhynchium striatum	1	1	6	**7**	–	–	–	–	–	–	6	5	5
Homalothecium sericeum	1	4	4	**8**	–	–	–	–	–	–	7	8	2
Metzgeria furcata	9	4	–	**11**	5	1	–	6	3	V	6	5	4
Orthodicranum montanum	42	27	39	**45**	36	33	7	40	–	–	2	6	5
Pohlia nutans	1	2	26	27	1	1	36	**37**	–	–	2	5	4
Sharpiella seligeri	1	30	16	**35**	1	11	17	23	–	–	4	5	5
Cladonia coniocraea	22	9	1	**27**	11	6	1	12	–	–	4	5	x
Dimerella pineti	14	4	–	**16**	6	2	–	7	–	–	4	3	4
Graphis scripta	12	1	–	**11**	2	–	–	2	3	3	5	3	4
Lecanora expallens	3	–	–	3	13	1	–	**13**	–	–	4	5	3
Lepraria incana	42	33	–	**44**	34	32	–	38	–	–	3	4	3
Porina aenea	25	5	–	**24**	12	4	–	14	–	–	5	3	4
Pyrenula nitida	12	7	–	**15**	–	–	–	–	2	2	5	3	4

4 Diskussion

4.1 Waldstruktur

Im UG Serrahn dominiert in starkem Maße die Altersphase, während die übrigen Entwicklungsphasen lediglich geringe Flächenanteile einnehmen (Tab. 1). Damit unterscheidet sich die Flächenrelation der Entwicklungsphasen von derjenigen, die in verschiedenen Urwäldern festgestellt worden ist (z. B. KORPEL 1995, TABAKU 2000). Der hohe Anteil der Altersphase in Serrahn muss vor dem Hintergrund der durch die frühere Bewirtschaftung bedingten Phasensynchronisation gesehen werden. Verglichen mit Urwäldern handelt es sich in Serrahn um einen Altbestand, der sich in einer vergleichsweise kurzen Zeitspanne (ca. 60 Jahre) etabliert hat. Der Verjüngungsprozess hat vor etwa drei Jahrzehnten begonnen und wird sich noch einige Jahrzehnte fortsetzen. Untersuchungen im Naturwald Fontainebleau/Frankreich zeigen, dass sich die Verjüngungsabläufe mit jeder neuen „Bestandesgeneration“ über einen längeren Zeitraum erstrecken und die strukturelle Homogenität in zunehmend kleinere Einheiten übergeht (KOOP 1989). Eine durch ungestörte Entwicklungsprozesse vollzogene Umwandlung von relativ homogenen in urwaldähnliche Bestandesstrukturen benötigt somit einen Zeitraum von mehreren Jahrhunderten.

Die Naturverjüngung der Serrahner Buchenwälder setzt sich im Mittel aus deutlich weniger Individuen pro Hektar zusammen als diejenige südosteuropäischer Buchenurwälder, in denen Verjüngungsvorräte von 7.000 bis 30.000 Pflanzen/ha registriert wurden (KORPEL 1995, TABAKU 2000). Naturverjüngungen mit extrem hohen Individuenzahlen, wie sie in Wirtschaftswäldern z. B. nach Schirmschlägen auf größerer Fläche auftreten, sind jedoch sowohl für Natur- als auch Urwälder untypisch.
Totholz als ein entscheidendes Element natürlicher Waldökosysteme ist bislang in relativ geringer Menge in Wirtschaftswäldern vorhanden (oft deutlich unter 20 m^3/ha, vgl. WINTER et al. 2003). Für europäische Buchenurwälder werden mittlere Totholzvorräte überwiegend in einer Größenordnung von 30 bis 120 m^3/ha angegeben (z. B. KORPEL 1995, TABAKU 2000). Ebenso wie auch im UG Serrahn festgestellt, unterliegt das Totholzvolumen in den Urwäldern großen Schwankungen in den verschiedenen Entwicklungsphasen. Die phasenbezogenen Totholzmengen betragen zwischen wenigen m^3/ha in Optimalphasen und über 300 m^3/ha in Zerfallsphasen (KORPEL 1995, TABAKU 2000). Damit befinden sie sich in einer Größenordnung, die annähernd auch in den Entwicklungsphasen in Serrahn gegeben ist.

4.2 Kryptogamenflora

Der insgesamt höhere Artenreichtum an Kryptogamen in Serrahn ist in erster Linie auf den höheren Anteil an seltenen Arten zurückzuführen, die (teilweise ausschließlich) in diesem Waldgebiet vorkommen. Hierfür sind grundsätzlich folgende Ursachen denkbar:

- ein höherer Anteil an alten Bäumen mit größerem BHD (Brusthöhendurchmesser) (und somit längerer Substratkontinuität sowie größerer Substratfläche),
- ein höherer Totholzanteil bzw. ein größeres Angebot an (Mikro-)Habitaten, die von entsprechenden Arten präferiert bzw. für deren Entwicklung benötigt werden, sowie
- Faktoren, welche die Ausbreitung und Etablierung der Diasporen mit steuern.

Wie Tabelle 3 zeigt, kommen in Serrahn nicht nur höhere Stammzahlen pro Flächeneinheit vor, sondern diese weisen zugleich auch – besonders in der Altersphase – einen höheren BHD auf. Damit ist im Naturwald nicht nur eine größere Substratfläche gegeben, sondern auch das Angebot an besiedelbarer Substratfläche besteht zeitlich betrachtet länger (gleiche Zuwachsraten für Bäume in beiden Untersuchungsgebieten unterstellt). Da allgemein die Artenzahl mit der zur Besiedlung zur Verfügung stehenden Fläche zunimmt (DÖBBELER 2004), dürfte allein dieser Faktor zu höheren Artenzahlen in Serrahn führen. Zugleich aber nimmt mit zunehmendem Alter potentieller Trägerbäume die Wahrscheinlichkeit zu, dass diese (einem stochastischen Prozess folgend) auch von Diasporen einer gegebenen Spenderpopulation erreicht werden.
Größere Substratflächen können allerdings den höheren Artenreichtum im Naturwald für sich genommen nicht ausreichend erklären. Ein wichtiger Faktor ist zugleich, dass eine höhere Anzahl an spezifischen (Mikro-)Habitaten im Naturwald (z. B. Borkenstrukturen, Wuchsanomalien, Astbrüche, Mulmtaschen, Gesamtmenge an und Anteil an starkem Totholz) epiphytischen und xylobionten Kryptogamenarten im Naturwald deutlich verbesserte Ansiedlungs- und Lebensbedingungen bietet (SCHUMACHER 2000, FRIEDEL et al. 2006). Dies wird durch den höheren Anteil an stenöken wie auch oligo- bis mesohemerober Kryptogamenarten im UG Serrahn angezeigt, die zugleich typisch für eine seit längerer Zeit ungestörte Walddynamik sind. Zudem zeigt die Gruppe der in Serrahn signifikant häufiger auftretenden Arten an, dass an den Wuchsorten entsprechender Populationen ein ausgeglichenes, durch eine höhere Luftfeuchte gekennzeichnetes Waldinnenklima besteht, welches viele waldspezifische Kryptogamenarten präferieren (ERNST & HANSTEIN 2001). Dagegen sind im Wirtschaftswald Licht- und Trockniszeiger häufiger, da in den stärker aufgelichteten Beständen höhere Sonneneinstrahlung und Luftturbulenzen bestehen, welche die Austrocknungsgefahr empfindlicher Moose und Flechten erhöhen (THÜS & SCHÖLLER 2002).
Neben der höheren Anzahl an Mikrohabitaten kann zugleich die Substratqualität eine Ansiedlung stenöker Waldkryptogamen fördern. Wie verschiedene Autoren zeigten (BARKMAN 1958, AUDE & POULSEN 2000), ändert sich die chemische Qualität der Borkenoberflä-

che mit zunehmendem Baumalter. So nimmt beispielsweise der pH-Wert der Borkenoberfläche mit dem BHD (und somit dem Baumalter) zu, so dass subneutrophytische Arten wir *Pyrenula nitida* und *Metzgeria furcata* auf alten Baumindividuen verbesserte Wuchsbedingungen vorfinden (Friedel et al. 2006).
Ein auf den Schutz seltener Waldkryptogamen zielendes Forstmanagement sollte daher versuchen, stets einen gewissen Anteil an Einzelbäumen natürlich altern und absterben zu lassen (Waldtypen-spezifische Alt- und Totholzkonzepte). Dadurch wird sichergestellt, dass einerseits eine gewisse Substratkontinuität an starkem Baumholz und Totholz auch in einem Wirtschaftswald gegeben ist, andererseits besiedelte alte wie auch tote Bäume mit Spenderpopulationen ein gewisses Angebot an Diasporen zur erneuten Besiedlung von Bäumen zur Verfügung steht.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie untersuchten wir den Einfluss der Waldstruktur auf die Artenzusammensetzung von Moosen und Flechten in unbewirtschafteten und bewirtschafteten Buchenwäldern am Beispiel des alten Waldes Serrahn (Müritz National Park) und von Buchenbeständen des Forstamtes Wilhelminenhof (Mecklenburg-Vorpommern, Nordostdeutschland). Die ungestörte Walddynamik, typisch für den Buchenwald in Serrahn (unbewirtschaftet seit fünf Jahrzehnten), spiegelte sich in der Waldstruktur deutlich wider. Die mittlere Grundfläche als auch die das mittlere Volumen lebender Bäume war signifikant höher in Serahn als in den Wirtschaftswäldern im Wilhelminenhof. Außerdem unterschieden sich die Diversität, die räumlichen Parameter und die zeitliche Dynamik von Totholz in bewirtschafteten und unbewirtschafteten Beständen. Diese Unterschiede von Struktur und Dynamik spiegelten sich in der Artenzusammensetzung der Kryptogamen in den verglichenen Buchenwäldern wider. In Serrahn war die Gesamtzahl der Moos- und Flechtenarten höher. Dieses Ergebnis war hauptsächlich der höheren Zahl der für die Buchenwälder von Serrahn typischen, stenotopen und seltenen Arten zuzuschreiben. Die Vorkommen dieser Arten waren hauptsächlich mit verknüpft Bäumen, die hohe Stammdurchmesser auf Brusthöhe (DBH) aufwiesen. Da hohe dbh-Werte positiv mit der Zahl der Habitate und der von diesen Arten verlangten Habitatqualität korrelierten, erwiesen sich alte Bäume mit hohem DBH als für die Kryptogamen wichtigste Phorophyten. Darüberhinaus hatten die Lichtbedingungen einen signifikanten Einfluss auf die Artenzusammensetzung beider Waldtypen. Die für alte Wälder typischen Kryptogamen brauchen schattige Bedingungen und eine gleichmäßige Feuchtigkeit, sie leiden unter dem plötzlichen Strahlungseinfluss und der geringeren Feuchtigkeit nach Holzeinschlägen. Für das Ziel des Schutzes einer vielfältigen Kryptogamenflora sollte das Forstmanagement den kontinuierlichen Bestand großer Bäume oberhalb des Zieldurchmessers sicherstellen. Zusätzlich sollte eine Methode des Fällens einzelner Bäume angewandt werden um die Änderungen des Kryptogamen-Mikroklimas zu vermeiden.

Literatur

Aude, E. & R. S. Poulsen (2000): Influence of management on the species composition of epiphytic cryptogams in Danish Fagus forests. – Applied Vegetation Science **3**: 81–88.

Barkman, J. J. (1958): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. – Van Gorkum, Assen. 628 S., Suppl.

Dierssen, K. (1990): Einführung in die Pflanzensoziologie (Vegetationskunde). – Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt. 241 S.

Döbbeler, H. (2004): Simulation und Bewertung von Nutzungsstrategien unter heutigen und veränderten Klimabedingungen mit dem Wuchsmodell SILVA 2.2. – Dissertation. Universität Göttingen, Göttingen. 494 S.

Ellenberg, H., H. E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner & D. Paulissen (2001): Zeigerwerte von Gefäßpflanzen in Mitteleuropa. 3. Aufl. – Scripta Geobotanica **18**: 1–262.

Ernst, G. & U. Hanstein (2001): Epiphytische Flechten im Forstamt Sellhorn – Naturschutzgebiet Lüneburger Heide. – NNA-Berichte **2**: 28–83.

Friedel, A., G. von Oheimb, J. Dengler & W. Härdtle (2006): Species diversity and species composition of epiphytic bryophytes and lichens – a comparison of managed and unmanaged beech forests in NE Germany. – Feddes Repertorium **117**: 172–185.

Füldner, K. (1996): Die „strukturelle Vierergruppe“ – ein Stichprobenverfahren zur Erfassung von Strukturparametern in Wäldern. – In: K. v. Gadow & T. Beisch (Hrsg.): Beiträge zur Waldinventur: 13–29. Cuvillier, Göttingen.

Koop, H. (1989): Forest dynamics – SILVI-STAR: A comprehensive monitoring system. – Springer, Berlin. 229 S.

Korpel, S. (1995): Die Urwälder der Westkarpaten. – Fischer, Stuttgart [u. a.]. 310 S.

Landesamt für Forstplanung Mecklenburg-Vorpommern (1998): Anweisung zur Grundaufnahme in Naturwaldreservaten und Naturwaldvergleichsflächen in Mecklenburg-Vorpommern. – Unveröff. Manuskript. 18 S.

Litterski, B. (1999): Pflanzengeographische und ökologische Bewertung der Flechtenflora Mecklenburg-Vorpommerns. – Dissertationes Botanicae **307**: 1–391.

Ludwig, G., R. Düll, G. Philippi, M. Ahrens, S. Caspari, M. Koperski, S. Lütt, F. Schulz & G. Schwab (1996): Rote Liste der Moose (Anthocerophyta et Bryophyta) Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **28**: 198–306.

Meyer, P., V. Tabaku & B. v. Lüpke (2003): Die Struktur albanischer Rotbuchen-Urwälder – Ableitungen für eine naturnahe Buchenwirtschaft. – Forstwissenschaftliches Centralblatt **122**: 47–58.

Röhe, P. (2003): Naturnahe Buchenwirtschaft im Landeswald Mecklenburg-Vorpommern. – Forst und Holz **58**: 440–445.

Schumacher, A. (2000): Die Ökologie der Moose in mitteleuropäischen Buchenwäldern unter dem Einfluss der Forstwirtschaft. – Dissertationes Botanicae **331**: 1–176.

Tabaku, V. (2000): Struktur von Buchen-Urwäldern in Albanien im Vergleich mit deutschen Buchen-Naturwaldreservaten und -Wirtschaftswäldern. – Cuvillier, Göttingen. 206 S.

Tempel, H. (2003): Wald- und Nutzungsgeschichte. – In: Sukzessionsforschung und Ableitung waldbaulich nutzbarer Informationen in naturnahen Buchenwäldern mit langjährig ungestörter Dynamik im nordostdeutschen Tiefland. Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsbericht: 16–166. Universität Lüneburg, Lüneburg.

Thüs, H. & H. Schöller (2002): Floristische und ökologische Untersuchungen an Kleinstandorten hygrophytischer Flechten auf Obstbäumen im Mainzer Trockengebiet (Rheinland-Pfalz, Deutschland). – Herzogia **15**: 147–158.

Winter, S, M. Flade, H. Schumacher & G. Möller (2003): Biologische Vielfalt und Forstwirtschaft – Naturschutzstandards für die Bewirtschaftung von Buchenwäldern im norddeutschen Tiefland. Sachbericht zum vom BfN geförderten F + E – Vorhaben. Bd. 1. – Landesanstalt für Großschutzgebiete, Eberswalde. 445 S.

Wirth, V., H. Schöller, P. Scholz, G. Ernst, T. Feuerer, A. Gnüchtel, M. Hauck, P. Jacobsen, V. John & B. Litterski (1996): Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **28**: 307–368.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Werner Härdtle & Goddert von Oheimb
Leuphana Universität Lüneburg
Institut für Ökologie und Umweltchemie
Scharnhorststraße 1
D–21335 Lüneburg
E-Mail: haerdtle@uni-lueneburg.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Drosera

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: 2009

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

Artikel/Article: Beziehungen zwischen Struktur und Kryptogamenflora von unbewirtschafteten und bewirtschafteten Buchenwäldern im nordostdeutschen Tiefland 45-54