

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission III / Thema 9: Bodendiversität und Biodiversität – räumlich, zeitlich, taxonomisch
 Titel der Tagung: Böden verstehen – Böden nutzen – Böden fit machen
 Veranstalter: DBG
 Termin und Ort der Tagung: 3.-9. September 2011, Berlin
 Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>

Die Wirkung von Selbstdifferenzierungsprozessen in Naturwäldern auf Bodenheterogenität und Pflanzenartenverteilung

Falko Hornschuch, Winfried Riek¹

Zusammenfassung

Selbstdifferenzierungsprozesse in Naturwäldern wirken sich auf die Bestandesstruktur, den Boden und (indirekt) auf die Bodenvegetation aus. Die Heterogenisierung in Naturwäldern erfolgt auf der α - und β -Diversitätsebene entsprechender Kompartimente. Bei Steigerung von Struktureichtum und Bodendiversität erhöht sich die α -Biodiversität (Artenvielfalt) im Kiefern- und Eichenwald, im Buchenwald ist das Ergebnis unklar. Auch die β -Biodiversität steigt (hohe floristische Unähnlichkeit, geringe Gleichverteilung). Aufgrund stärkerer Kontraste und dauerhafterer Muster wird die Artenverteilung in Naturwäldern stärker von den differenzierten Bestandesstruktur- und Bodeneigenschaften bestimmt als in Wirtschaftswäldern. Empirische Weiserwerte von Gefäßpflanzen und Moosen können die Bestände gut differenzieren, nicht aber Bestandesareale innerhalb der Bestände.

Schlüsselworte

Naturnähe, Strukturdiversität, Bodendiversität, Biodiversität, Bodenvegetation

Einleitung und Zielstellung

Bisher gibt es auf Bestandesebene nur wenige Untersuchungen zu Art und

Ausmaß der Bodenvariabilität und -heterogenität von Waldböden unterschiedlicher Natürlichkeit und deren Zusammenhang mit der Biodiversität. Da sich Natur- und Wirtschaftswälder hinsichtlich Art, Intensität und Dauer äußerer Störungen unterscheiden, ist zu erwarten, dass sich Bestandesstruktur-, Boden- und Biodiversität in Wäldern unterschiedlicher Naturnähe unterscheiden.

Folgende Hypothesen wurden formuliert:

- (1) Unterschiedliche Bewirtschaftungsintensitäten verursachen unterschiedliche Bestandes- und Vegetationsstrukturen sowie andere Bodendiversitäten und zwar (a) auf der α -Ebene (Variabilität) und (b) auf der β -Ebene der Diversität (kleinräum. Heterogenität). Hierbei wird davon ausgegangen, dass sich das Biodiversitätskonzept von Whittaker (1972) auf abiotische Merkmale übertragen lässt.
- (2) Es gibt eine Wechselwirkung zwischen den Ökosystem-Kompartimenten Bestandesstruktur – Bodenvegetation – Boden. Erhöhte α - und β -Diversität von Bestandesstrukturen und Bodenparametern in Naturwäldern führt zu höherer α - und β -Pflanzenartendiversität (Nischenbildung).

Methodik

Flächenauswahl und Probenahmedesign: In 6 Waldbeständen Brandenburgs und Nordwest-Polens – Flächenpaaren von Natur- und Wirtschaftswäldern der Baumarten Rot-Buche (*Fagus sylvatica* L.), Trauben-Eiche (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) und Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) – wurden entlang von 80 m langen Kreuztransekten nach einem geschachtelten Probenahmeschema an 221 Punkten aus 7 Tiefenstufen Mineralbodenproben gewonnen, analysiert und geostatistisch ausgewertet. Die benachbarten Probepunkte wiesen Abstände von 40, 80 oder 160 cm zueinander auf.

Bestandesstruktur: Es wurden die Stammkoordinaten, die Brusthöhdurchmesser (BHD) innerhalb eines Abstandes von 10 m zum Kreuztransekt und die Koordinaten aller Bohrpunkte ermittelt. Für jeden Probepunkt wurde ein Strukturindex als Summe der Quotienten aus (Stamm-) Kreisfläche und Abstand jedes, bis zu einem bestimmten Abstand stehenden Baumes ermittelt. An 49 Intensiv-Untersuchungspunkten des

¹ Hochschule für nachhaltige Entwicklung (FH) und Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Alfred-Möller-Str.1, 16225 Eberswalde

Kreuztransektes wurden Durchmesser-differenzierung (syn. Umgebungsmaß) und Winkelmaß (Aggregation/Klumpung) anhand „struktureller Vierergruppen“ (Meyer & Pogoda 2001) und in den Eichen- und Kiefernbeständen Kronentransparenz und Blattflächenindex anhand hemisphärischer Kronenbilder unter Verwendung der Software „Gap Light Analyzer (GLA) 2.0“ bestimmt.

Vegetation: An den 49 Intensiv-Untersuchungspunkten erfolgte auf 1 x 1 m-Quadraten eine vollständige Aufnahme der Gefäßpflanzen und Bodenmoose. Shannon- und Simpson-Index sowie Evenness wurden berechnet.

Boden: An allen 221 Punkten wurden der pH-Wert, Humus- (Veraschung), C- und N-Gehalt (CNS-Analysator) ermittelt. Die Basensättigung und die effektive Kationenaustauschkapazität wurden im Kiefern-Natur- und den Buchen-, Eichen- und Kiefern-Wirtschaftswäldern an allen 221, im Buchen- und Eichen-Naturwald an 49 Untersuchungspunkten analysiert. An den Intensiv-Untersuchungspunkten wurden weiterhin die aktuelle Bodenfeuchte nach einer Feuchte- und einer Trockenperiode sowie der Niederschlag im Kiefern-Naturwald gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Bestandesstruktur

In der Regel weisen naturnähere Wälder höhere Variationskoeffizienten (α -Diversität) ihrer Strukturparameter auf (Tab. 1). Bewirtschaftungsbedingt war die Kronentransparenz im Eichen-Wirtschaftswald (Einzelstammentnahme) allerdings variabler als im Naturwald (Optimalphase). Die Durchmesser-differenzierung als Variabilität des BHD an den 49 Probenpunkten ist, wie der Variationskoeffizient des BHD an der Gesamtstichprobe ein Strukturmerkmal der α -Ebene und zeigt eine höhere Diversität der Naturwälder.

Die Winkelmaß (Aggregation der Bestandesglieder) als Strukturmerkmal auf der β -Ebene war in allen Naturwaldvarianten höher, d.h. die Bäume kommen hier stärker geklumpt und weniger gleichmäßig verteilt vor (Tab. 1).

Boden

Viele Bodeneigenschaften variieren in den Naturwäldern stärker als in den bewirtschafteten Beständen (Tab. 1). Ausnahmen von dieser Regel lassen sich oft erklären, z.B. lässt die überall geringe Mull-Auflage in BN wenig Variabilität der Ofh-Mächtigkeit und entsprechend der differenzierteren Kronenstruktur im Eichen-Wirtschaftswald war auch die Bodenfeuchte nach Niederschlag dort

Tabelle 1: Variabilität von Struktur- und Bodenmerkmalen. VC: Variabilitätskoeffizient

	Buche		Eiche		Kiefer	
	BN	BW	EN	EW	KN	KW
VC Strukturindex (r < 6m) [%]	35,59	34,14	90,08	50,97	124,15	27,25
VC Kronentransparenz [%]	n.a	n.a.	12,63	20,83	14,10	10,86
VC BHD [%]	99,56	58,29	50,00	20,92	61,30	20,88
Durchmesser-differenzierung [o.E.]	0,556	0,429	0,367	0,188	0,353	0,181
Winkelmaß [o.E.]	0,663	0,602	0,684	0,653	0,673	0,592
VC akt. Feuchte n. Niederschlag [%]	24,58	19,79	28,23	37,55	39,00	25,50
VC Ofh-Mächtigkeit [%]	82,56	84,19	47,66	31,54	36,22	20,30
VC Protonengehalt [%]	50,54	38,81	32,41	30,94	29,85	29,35
VC Humusgehalt [%]	36,67	30,66	56,63	36,39	58,07	59,98
VC AKe [%]	48,67	18,95	35,75	18,43	41,89	37,91
VC BS [%]	36,90	32,66	60,28	35,93	42,20	37,35
VC C-Gehalt [%]	39,33	32,27	54,39	37,02	60,97	66,23
VC N-Gehalt [%]	35,46	33,32	62,80	39,63	58,96	56,58
VC C/N [%]	9,26	11,79	14,80	11,93	12,27	17,54
Autokorr.länge Ofh-Mächtigkeit [m]	12,72	3,82	7,84	3,88	4,74	7,00
Autokorr.länge Protonengehalt [m]	5,51	5,16	--	11,44	7,32	4,20
Autokorr.länge Humusgehalt [m]	8,40	1,64	7,20	6,40	3,62	15,12
Autokorr.länge AKe [m]	n.b.	3,24	n.b.	2,91	2,87	10,80
Autokorr.länge BS [m]	n.b.	6,48	n.b.	9,18	5,72	3,55
Autokorr.länge C-Gehalt [m]	12,60	(2,49)	6,60	(4,20)	3,98	12,92
Autokorr.länge N-Gehalt [m]	26,40	(2,20)	6,60	(2,17)	3,62	10,88
Autokorr.länge C/N [m]	7,20/25,00*	6,00	7,20	2,35	7,80	18,48

variabler als im Naturwald. Als weitere Besonderheit sind Kohlenstoff- bzw. humusbezogene Parameter im Kiefern-Wirtschaftswald variabler.

Wie die Variationskoeffizienten (α -Ebene) sind auch die Autokorrelationslängen (β -Ebene) in den Naturwäldern größer, d.h. es bilden sich größere, zusammenhängendere Bodenmuster. Das gilt auch – von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen – für alle analysierten Einzelelemente. Wieder sind allerdings im Kiefern-Wirtschaftswald die beim Humus-, C-Vorrat, C/N-Verhältnis und AKe Autokorrelationslängen größer als im Naturwald, was wahrscheinlich mit Holzkohleresten (black carbon) in KW zusammenhängen könnte.

Vegetation

Wie die Artenzahl-Areal-Kurven zeigen, ist die Flächengröße von 49 m² für die Erfassung der Gesamtartenzahl zu gering (Abb. 1). In Bezug auf die Eichen- und Kiefernbestände kann aber von höheren Artenzahlen in den Naturwäldern ausgegangen werden. Im Buchen-Wirtschaftswald findet sich aufgrund der Lichtstellung (Schirmschlag) eine hohe Artenzahl auf relativ kleiner Fläche ein, im Naturwald wurde dagegen nur ein Dunkelstadium (Optimalphase) beprobt und es ist durchaus möglich, dass der Naturwald auf seinem Minimumareal höhere Artenzahlen aufweist. Die Artenzahl allein ist jedoch kein geeignetes Naturnähe-Kriterium (Hornschuch & Riek 2009).

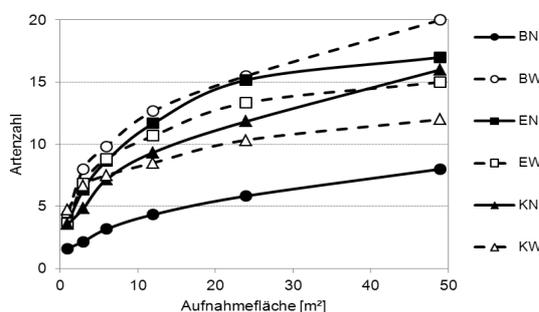


Abb. 1: Artenzahl-Areal-Kurven für die Bodenvegetation

Die floristische Ähnlichkeit (Jaccard-Index) innerhalb des Bestandes als Merkmal der β -Diversität ist in den Naturwaldvarianten von Eiche und Kiefer jeweils höher als die im Wirtschaftswald (Abb. 2). In den beiden Buchenwaldvarianten ist sie vergleichbar, wobei die Artenzahl auf 49 m² in BN sehr

klein ist. Eine Vergrößerung des Areals oder Erhöhung berücksichtigter Teilareale würde in dem heterogenen Bestand vermutlich einen deutlichen Unterschied ergeben.

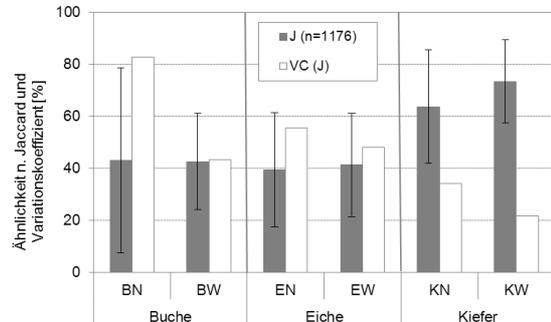


Abbildung 2: Jaccard-Index der Bodenpflanzenarten und seine Variabilität

In den Naturwäldern gibt es einen relativ großen Anteil an Arten, die nur auf wenigen Quadraten nachgewiesen wurden, weil sie geklumpt vorkommen, die also eine nur geringe Stetigkeit aufweisen (Abb. 3). Demgegenüber ist der Anteil an homogen über die Fläche verteilten Arten in den Wirtschaftswäldern groß. Dieses Merkmal kann mit der Evenness, dem Gleichverteilungsmaß ausgedrückt werden (Abb. 4).

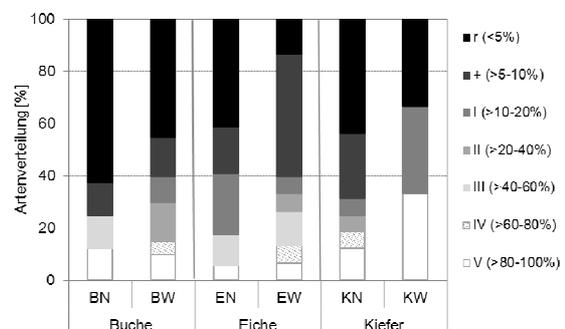


Abbildung 3: Verteilung der Bodenpflanzenarten auf Stetigkeitsklassen

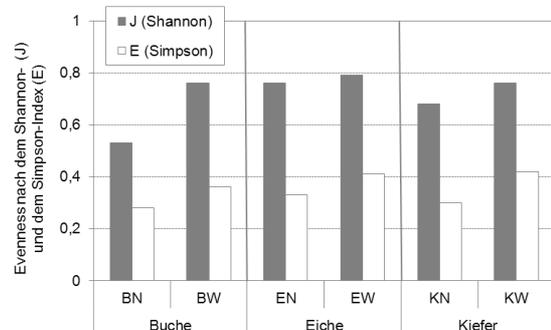


Abbildung 4: Evenness der Bodenvegetation

Es lässt sich demnach ein Zusammenhang zwischen Naturnähe (Struktur- und Artenreichtum) und Bodenheterogenität mit

floristischer Unähnlichkeit zwischen Teilarealen innerhalb des Bestandes konstatieren.

Beziehung zwischen den Ökosystemkompartimenten

Bei isolierter Betrachtung der Ökosystemkompartimente lässt sich also nachweisen, dass sich die Naturwälder i.d.R. durch eine höhere Diversität ihrer Merkmale auf der α - und β -Ebene auszeichnen. In Abb. 5 bis 8 ist dargestellt, welche Zusammenhänge zwischen dem Auftreten ausgewählter Pflanzenarten und Merkmalen des Bodens bzw. der Bestandesstruktur in den Eichen- und Kiefernbeständen bestehen (das Dunkelstadium von BN weist nur wenige Arten auf.)

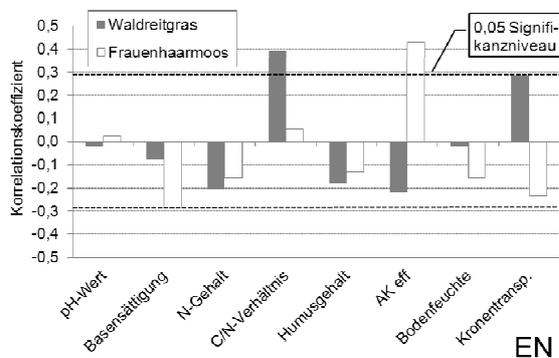


Abbildung 5: Korrelationen zwischen zwei Pflanzenarten und Boden- bzw. Bestandesstrukturmerkmalen im Eichen-Naturwald

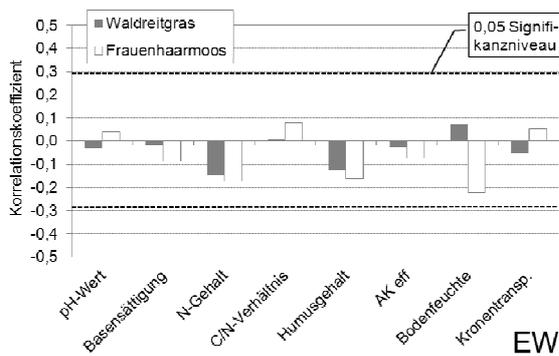


Abbildung 6: Korrelationen zwischen zwei Pflanzenarten und Boden- bzw. Bestandesstrukturmerkmalen im Eichen-Wirtschaftswald

In den Naturwäldern gibt es teilweise signifikante Korrelationen, während die differenzierten Bestandes- und Bodeneigenschaften in den Wirtschaftswäldern die dortige Artenverteilung weniger stark beeinflussen. Offenbar liegt das daran, dass in Naturwäldern die Strukturen und Muster kontrastreicher und dauerhafter sind als in bewirtschafteten Beständen.

Mit mittleren empirischen Zeigerwerten von Gefäßpflanzen und Moosen (z.B. ELLENBERG et al.: R-, N-, F-Zahl, ANDERS et al.: DK_T , DK_F) konnten zwar die Bestände gemäß ihren mittleren Bodenkennwerten (pH, BS, Humusgehalt, Feuchte) eingeordnet werden, die kleinräumige Variabilität der Bodenmerkmale innerhalb der Bestände spiegeln sie jedoch nicht wider.

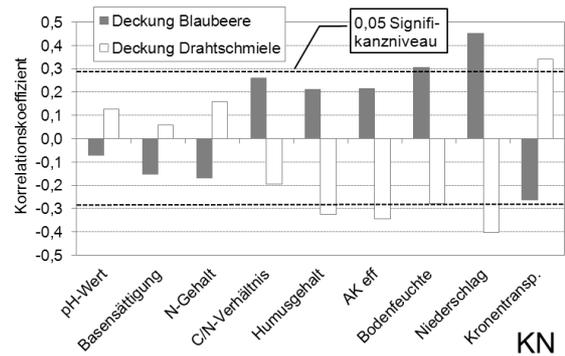


Abbildung 7: Korrelationen zwischen zwei Pflanzenarten und Boden- bzw. Bestandesstrukturmerkmalen im Kiefern-Naturwald

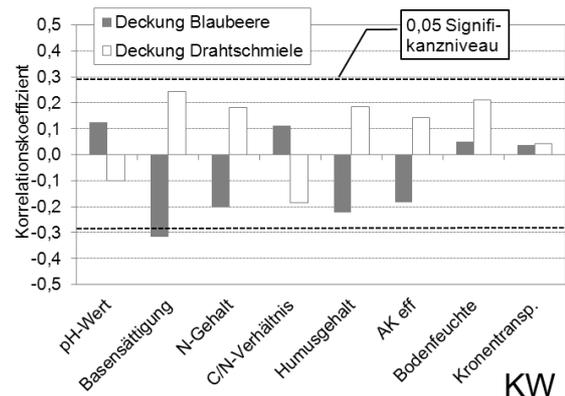


Abbildung 8: Korrelationen zwischen zwei Pflanzenarten und Boden- bzw. Bestandesstrukturmerkmalen im Kiefern-Wirtschaftswald

Literatur

Hornschuch F., Riek W. (2009): Bodenheterogenität als Indikator von Naturnähe? – 1. Bewertung der Natürlichkeit anhand verschiedener Kompartimente und Diversitätsebenen unter besonderer Berücksichtigung des Bodens (Literaturstudie). *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* **7**, 35-53.

Meyer, P., Pogoda, P. (2001): Entwicklung der räumlichen Strukturdiversität in nordwestdeutschen Naturwäldern. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* **172** (12): 213-220.

Whittaker R.H. (1972): Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* **21**, 213-251.