

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG, Kommission K 2.5
Forest floor and climate change

Titel der Tagung:

"Böden – divers & multifunktional"

Veranstalter:

DBG

Termin und Ort der Tagung:

02.–08. September 2023, Halle (Saale)

Berichte der DBG (nicht begutachtete
online Publikation); <http://www.dbges.de>

Feuchthumusformen und der Bodenwasserhaushalt von Waldökosystemen im Münsterland

Tina Frank¹, Hans-Jörg Brauckmann¹,
Gabriele Broll¹

Zusammenfassung

Zur Weiterentwicklung von Monitoringverfahren für die Bewertung bodenökologischer Eigenschaften in Feuchtwäldern kann die Indikatorfunktion von Humusformen einen wichtigen Beitrag leisten. Im Projekt BioFeuchtHumus werden insbesondere die Feuchthumusformen (aero-hydromorphe Humusformen) betrachtet. Diese treten u.a. im atlantisch geprägten Münsterland in Eichenmischwäldern mit darunterliegendem Pseudogley auf und reagieren durch ihre Abhängigkeit vom Niederschlag und der Evapotranspiration besonders sensitiv auf Klimaveränderungen.

Auf den wechselfeuchten Waldflächen im Kernmünsterland werden im Projekt BioFeuchtHumus Messungen zur Bodenwasserspannung und -temperatur direkt an der Grenze von Mineralboden und Auflagehorizonten durchgeführt, um den

Wassereinfluss in der organischen Auflage zu erfassen. Dazu sind Bodenfeuchtesensoren (Tensiometer) an 8 Mikrostandorten in drei verschiedenen Tiefen installiert worden.

In den Ergebnissen wird deutlich, dass Feuchthumusformen im Münsterland auftreten und eindeutige Klassifizierungsmerkmale herausgearbeitet werden können. Außerdem wird sichtbar, wie die Bodenwasserspannung im Jahresverlauf schwankt. Vor allem in den Wintermonaten sind die Standorte bis in die organische Auflage wassergesättigt ($pF = 0$). In den Sommermonaten August und September erreichen die Standorte pF -Werte von bis zu 4,2.

Durch die Zusammenhänge zwischen Humusform und den Bodenparametern pF , C_{org} , N_t und pH lässt sich die Entwicklung der Feuchtwälder unter veränderten Klimabedingungen flächenhaft darstellen. Somit können die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt und auf die Verbreitungsmuster von Feuchthumusformen besser vorhergesagt werden.

Dies wird zudem Aufschluss über die zukünftige Funktionalität der heutigen Feuchtwald-Ökosysteme geben, was für die forstliche Praxis bezüglich notwendiger und sinnvoller Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel von großer Bedeutung ist.

Schlüsselwörter:

Feuchthumusformen,
wechselfeuchte Waldökosysteme,
Stauwasserböden,
Bodenwasserhaushalt

¹ Universität Osnabrück, Institut für Geographie
tina.frank@uni-osnabrueck.de

Einleitung

Im Projekt "Humusformen als Indikatoren für die Zersetzergesellschaft in feuchten Waldökosystemen", kurz: BioFeuchtHumus, soll ein Beitrag zur Bewertung bodenökologischer Eigenschaften in Feuchtwäldern geleistet werden. Dies wird im Rahmen von Klimaanpassungsmaßnahmen für den Forst und den Waldnaturschutz zukünftig notwendig sein. Hierbei wurde vor allem die Rolle von Humusformen in wechselfeuchten Laubwäldern bisher weitgehend vernachlässigt. Humusformen entstehen durch die Aktivität der Zersetzergesellschaft an der Schnittstelle von Vegetation und Boden und sind das Resultat aus der Zersetzung der Streu sowie Humifizierung und Mineralisation.

Die organischen Auflagehorizonte sowie der oberste Mineralbodenhorizont sind für die Analyse des Abbaus organischer Substanz interessant, da hier die Auswirkungen der Akkumulation und Zersetzung von Pflanzenstreu sowie der Zersetzung oberflächennaher Wurzelreste morphologisch deutlich werden.

Standorte mit dem Bodentyp Pseudogley machen in Deutschland mehr als 10 % der Fläche aus (Abb. 1) und sind durch ihre Abhängigkeit vom Niederschlag und der Evapotranspiration besonders sensitiv gegenüber Klimaveränderungen (Kuratorium Boden des Jahres, 2015).

Auch die Ansprache aerohydromorpher Humusformen ist in der aktuellen Humusformen-Klassifikation relativ unklar, da eindeutige Merkmale sowie diagnostische Horizonte zur Klassifizierung fehlen. In diesem Projekt soll daher diese Lücke geschlossen werden. Die Ausweisung eindeutiger diagnostischer Merkmale für Humusformen in Feuchtwäldern ermöglicht die Weiterentwicklung der Systematik für aerohydromorphe Humusformen.

Die Wasserverfügbarkeit im Wald bestimmt auch das Wachstum der Vegetation. Auswertungen der Bodenzustandserhebung Wald aus den 90er Jahren konnten aufzeigen, dass sich die Jahre mit erhöhtem Wasserstress für die Vegetation häufen. Aufgrund des Klimawandels ist eine Reduzierung der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationsperiode und damit ein Rückgang des Bodenwasserangebotes zu erwarten (von Wilpert, 2016).

Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Wie ist der Jahresverlauf der Bodenfeuchte in einem wechselfeuchten Waldökosystem?
- Welche diagnostischen Merkmale eignen sich zur Differenzierung der Feuchthumusformen?

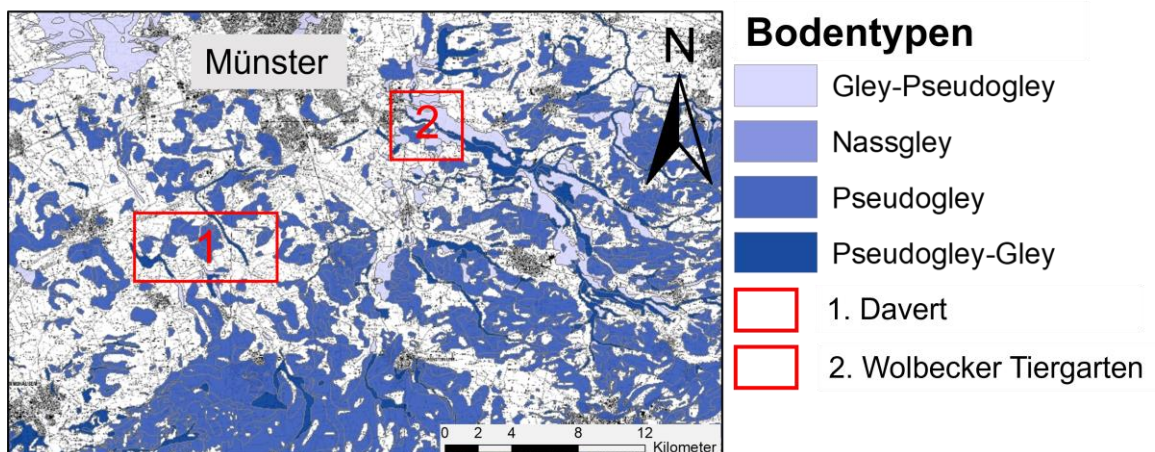


Abb. 1 Verbreitung der Bodentypen im FHH Waldgebiet Davert (Ausschnitt der DTK 25, verändert nach BK 5, Geologischer Dienst NRW, 2023)

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet Davert liegt im südlichen Münsterland und ist durch Stieleichen- und Hainbuchenmischwälder mit vereinzelt Erlen- und Eschen-Vorkommen auf staunassen Pseudogleyen charakterisiert. Die Pseudogleye sind durch lehmig-tonige Grundmoränen und Decksand über Grundmoränen und den dadurch auftretenden Texturunterschieden während der Saaleeiszeit entstanden (= primäre Pseudogleye).

Das Versuchsdesign umfasst drei Standortkategorien: Kategorie 1 sind die 8 Mikrostandorte zur Bodenfeuchtemessung direkt unter den Feuchthumusformen. Zusätzlich wurden hier bodenbiologische Untersuchungen durchgeführt. Kategorie 2 beinhaltet 56 weitere Feuchthumusstandorte an denen ebenfalls die bodenbiologischen Untersuchungen erfolgten. In der Kategorie 3 finden sich weitere Standorte an denen die Kartierung der Humusformen (aeromorphe und aerohydromorphe) durchgeführt wird.

Zur Aufnahme der Feuchthumusformen wurde ein eigener Aufnahmebogen erstellt. Insbesondere die Streuart, die Merkmale der Laubblattreste sowie die „Schmierigkeit“ der organischen Auflagen sind von großer Bedeutung zur morphologischen Beschreibung der Feuchthumusformen. Die Benennung der einzelnen Feuchthumusformen wurde nach KA 6 (AG Boden 2024) und der forstlichen Standortaufnahme (Arbeitskreis Standortkartierung, 2016) durchgeführt.

Die Station zur Erfassung der Bodenfeuchte wurde im Teilstück Inkmannsholz installiert. Die Station dient zur Quantifizierung der Bodenwasserspannung (pF-Wert) direkt an der Grenze zwischen organischer Auflage und Mineralboden.

Weitere Sensoren wurden in den Bodentiefen 20 cm und 30 cm installiert. Insgesamt wurden 20 Tensiometer der Fa. Ecostech an vier Mikrostandorten verbaut, um die Wasserspannung halbstündig zu messen. Zusätzlich wurde eine Klimastation installiert, die u.a. den Bestandsniederschlag, die Windrichtung und -geschwindigkeit, Lufttemperatur und Luftdruck aufnimmt.

Ergebnisse

Das Untersuchungsgebiet zeichnet sich durch stark saure bis sehr stark saure pH-Werte aus. Auf den Mullstandorten sind etwas höhere pH-Werte im mineralischen Oberboden (0-5 cm) zu finden (pH 4-5) als auf den Moderstandorten (pH 3-4). Das C/N-Verhältnis (12-14) ist eng bis mäßig eng und spricht für eine rasche Humifizierung und Mineralisierung. Durch das vereinzelte Erlen- und Eschenvorkommen haben wir eine schnell zersetzbare Streu. Es findet sich eine ausgeprägte Krautvegetation an den Standorten (Linnemann et al., 2023).

Insbesondere verschieden ausgeprägte Formen von Feuchtmull und Feuchtmoder sind in der Davert zu finden. An den 64 Untersuchungsstandorten wurde folgende Feuchthumusformen kartiert:

- Feucht L-Mull: 27 Standorte
- Feucht F-Mull: 19 Standorte
- Feuchtmoder: 18 Standorte

Insbesondere die Standorte mit Feucht F-Mull und die mit Feuchtmoder lassen sich noch weiter differenzieren. Häufig finden sich an den Feuchtmull Standorten erkennbare Redoxmerkmale bis an die organische Auflage. Schwarze „schmierige“ Blätter, die stapelartig im Owl- und Owf-Horizont zusammenliegen, zeigen einen eindeutigen (**w**asserbeeinflusst = **w**) Wassereinfluss.

Humus in Waldböden, AG Waldböden

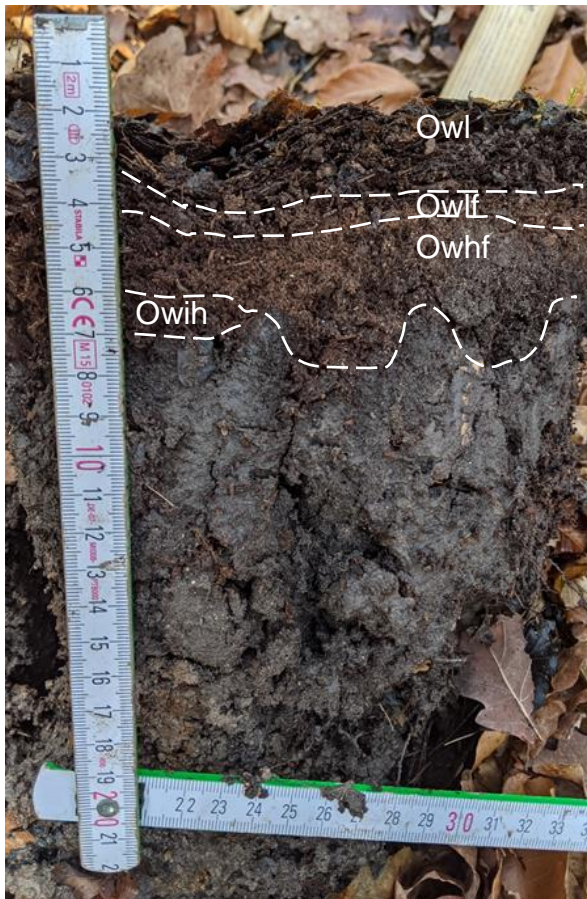


Abb. 2 Bodenmonolith mit der aerohydromorphen Humusform feinhumusreicher Feuchtmoder

Weitere Erkennungsmerkmale sind die Krümelstruktur und ein erhöhtes Aufkommen von Regenwürmern insbesondere im mineralischen Ah-Horizont unter Feuchtmull. In den aufgenommenen Feuchtmodern finden wir mächtige Owf-Horizonte, die sich noch weiter in Owlf- und Owfh-Horizonte gliedern lassen (Abb. 2).

Somit ist je nach Mächtigkeit eine Unterscheidung in feinhumusarmer oder feinhumusreicher Feuchtmoder möglich. Darüber hinaus wird deutlich, dass die Bodenwasserspannung im Laufe des Jahres erheblichen Schwankungen unterliegt (Abb. 3). Insbesondere in den Wintermonaten sind die Standorte bis in die organische Auflage hinein wassergesättigt ($pF = 0$). Im Gegensatz dazu erreichen die Standorte in den trockenen Sommermonaten, speziell im August und September, pF -Werte von bis zu 4,2.

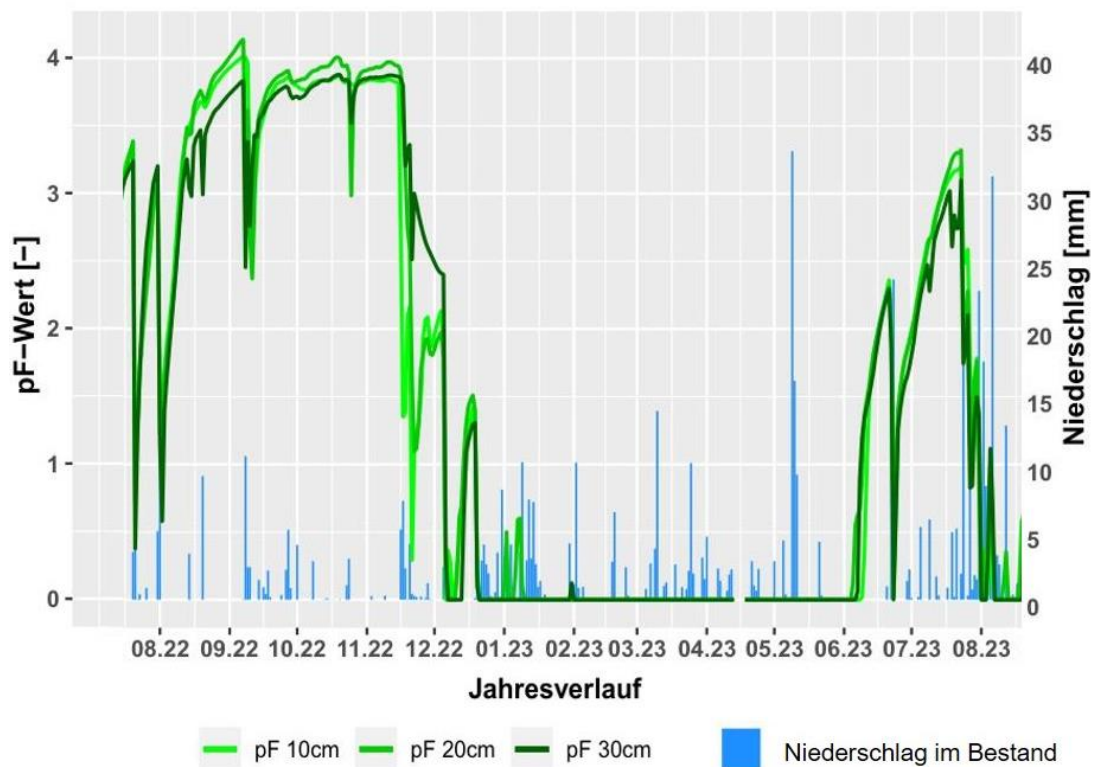


Abb. 3 Bodenwasserspannung im Hauptwurzelraum am Standort B5 im Inkmannsholz/Davert

Diskussion

Am Untersuchungsstandort Inkmannsholz konnten sich aufgrund der dort vorkommenden Standortsfaktoren Feuchthumusformen mit unterschiedlichen morphologischen Eigenschaften ausprägen. Der Status Quo des Wasserhaushaltes für den Jahresverlauf von August 2022 bis August 2023 zeigt die wechselfeuchten Bedingungen der Standorte an. Insbesondere im Herbst stiegen die pF-Werte aufgrund von ausbleibenden Niederschlägen in den Sommermonaten und mit Zunahme der Temperatur deutlich an. Die Zersetzergesellschaft ist unter diesen Bedingungen dann eher inaktiv. Zusätzlich konnte aufgezeigt werden, dass die Standorte bis zu 151 Tage lang eine vollständige Wassersättigung bis an die Bodenoberfläche aufweisen. Die Ausbildung der Humusform ist somit sehr vom Boden(sub)typen geprägt.

Dies zeigen auch die Ergebnisse einer Masterarbeit zu den Verbreitungsmustern von Feucht- und Nasshumusformen in der Westfälischen Bucht und im Niederrheinischen Tiefland, welche als Ergänzung zu den Untersuchungsgebieten des Projekts bearbeitet wurde (Haberer et al., 2023).

Bei den Feuchthumusformen im Projekt ließ sich in der Abfolge Feucht L-Mull < Feucht F-Mull < Mullartiger Feuchtmoder < Feuchtmoder eine zunehmende Akkumulation von organischer Substanz ausmachen. Hauptsächlich an den Mullstandorten fand sich eine aktive Zersetzergesellschaft aufgrund höherer pH-Werte (Beylich et al. 2023). Die relativ engen C/N Verhältnisse an diesen Standorten und die dort vorkommende leicht zersetzbare Streu unterstützen diese Aussage.

Auch konnte dargestellt werden, dass besonders das Mikrorelief, welches im Unter-

suchungsgebiet aus kleinen Senken besteht eine diverse Krautvegetation anzeigt, woraus Zeigerpflanzen für die Feuchthumusformen ermittelt werden können (Linnemann et al., 2023). Auch Anschlag et al. (2017) konnten bereits in alpinen Nadelwäldern einen Zusammenhang zwischen der Krautschicht und den dort auftretenden Humusformen (Oh-Mächtigkeit) zeigen. Dabei lassen sich die mächtigen organischen Auflagen der Feuchtmoderstandorte durch die anaeroben Bedingungen vor Ort erläutern. Das Pflanzenmaterial wird durch die gehemmte Sauerstoffzufuhr langsamer abgebaut und mehr Kohlenstoff kann gespeichert werden (Jansen, 2004). Erber und Broll (2000-2003) beschrieben diesen Bereich in der organischen Auflage als anoxische Zone (Erber and Broll, 2003, 2005, 2006).

Die Verknüpfung von Humusformen mit den Daten zur Bodenwasserspannung, C_{org} , N_t und pH ermöglicht die räumliche Abbildung der Entwicklung von Feuchtwäldern unter sich ändernden klimatischen Bedingungen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, um die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt und die Verbreitungsmuster von Feuchthumusformen besser vorherzusagen.

Ausblick

Die gewonnenen Erkenntnisse liefern auch wichtige Informationen über die zukünftige Funktionalität der heutigen wechselfeuchten Waldökosysteme, was für die forstliche Praxis hinsichtlich notwendiger und sinnvoller Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel von großer Bedeutung ist.

Offen bleibt derzeit, welchen Veränderungen Feuchtwälder im Zuge des Klimawandels in der Fläche (also im gesamten Münsterland bzw. in ganz Deutschland)

ausgesetzt sind und sich verändernde Wasserhaushaltsbedingungen auf die Feuchthumusformen auswirken. Um sich der Antwort auf diese Fragen zu nähern, ist in einem weiteren Arbeitspaket ein Upscaling-Ansatz mittels räumlicher Modellierung, basierend auf flächenhaft verfügbaren Umweltdaten und repräsentativ erhobenen Indikatoren für bodenökologische Prozesse (z.B. die Humusform), erforderlich. Hierbei werden unter Anwendung regionaler Klimawandel-Szenarien die bisherigen Modelle erweitert, um die zukünftig zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt und auf die Verbreitungsmuster von Feuchthumusformen vorhersagen zu können.

Danksagung

Wir danken dem Waldklimafonds, welcher vom BMEL und BMUV gemeinsam getragen wird, für die Finanzierung des Projektes (2219WK41A4). Ebenfalls geht ein Dank an unsere Projektpartner vom Landesbetrieb Wald & Holz, Nordrhein-Westfalen, dem Institut für Angewandte Bodenforschung, Hamburg (IFAB) und der NABU Naturschutzstation Münsterland für die Unterstützung und Zusammenarbeit im Projekt.

Literatur

AG Boden. Bodenkundliche Kartieranleitung (2024). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Hannover, (noch unveröffentlicht).

Anschlag, K., Tatti, D., Hellwig, N., Sartori, G., Gobat, J.-M., Broll, G. (2017). Vegetation-based bioindication of humus forms in coniferous mountain forests. *J. Mt. Sci.* Bd. 14, S. 662–673.

Arbeitskreis Standortkartierung (2016). 'Forstliche Standortsaufnahme', Eching: IHW-Verlag, 7. Auflage.

Graefe, U.; Frank, T.; Beylich, A.; Brauckmann, H.-J.; Broll, G. (2023). Untersuchungen der Anneliden-Fauna (Regenwürmer und

Kleinringelwürmer) von Feuchthumusformen im Münsterland – ein Beitrag zum Projekt „BioFeuchtHumus“. *Mitteilungen der DBG*, Bd. 121.

Erber, C., Broll, G. (2003). Feuchthumus und Torf als Indikatoren für einen sich verändernden Wasserhaushalt – zwei Beispiele aus dem Sauerland, in: *Forstwissenschaftliche Fakultät der Uni Freiburg und Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburger Forstliche Forschung*, Bd. 49, S. 33–42.

Erber, C., Broll, G. (2005). Ausbildung von Feuchtmoder-Humusformen in Abhängigkeit von der Sauerstoff-Verfügbarkeit, in: *DBG (Ed.), Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, Bd. 107, S. 301–302.

Erber, C., Broll, G. (2006). Topsoil Changes in former wet Forest Stands in North-Western Germany. *Hydrology and Management of Forested Wetlands*, S. 552–559.

Haberer, J., Schilli, C., Frank, T., Broll, G. (2023). Vorkommen von Feucht- und Nasshumusformen an zwei Standorten im westlichen Münsterland. *Mitteilungen der DBG*, Bd. 121

Jansen, C. (2004). Untersuchungen zu Tiefenprofilen von Sauerstoffgehalten in organischen Auflagehorizonten feuchter Waldstandorte des Sauerlandes mit Hilfe von Sauerstoff-Mikroelektroden. Diplomarbeit, Westfälische Wilhelms Universität, Münster.

Kuratorium Boden des Jahres (2015). Stauwasserboden: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Aktuelles/Archiv/Boden_des_Jahres_2015_Stauwasserboden. Umweltbundesamt, 2015.

Linnemann, B., Santora, L., Frank, T., Wöllecke, J., Elmer, M., Fornfeist, M., Broll, G. (2023). Feuchthumusformen und Bodenvegetation in Waldökosystemen im Münsterland. *Mitteilungen der DBG*, Bd. 121

Wilpert, K. von; Hartmann, P.; Puhmann, H.; Schmidt-Walter, P.; Meesenburg, H.; Müller, J.; Evers, J. (2016). Bodenwasserhaushalt und Trockenstress. In: Nicole Wellbrock, Andreas Bolte und Heinz Flessa (Hg.): *Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland. Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008*. Braunschweig (Thünen Report, 43), S. 343–386.