

# Naturwaldzellen als Ort bodenökologischer Forschung

## Räumliche und zeitliche Variabilität von Humusformen in der Naturwaldzelle Amelsbüren im Münsterland

Naturwaldzellen sind naturnahe Waldstandorte, die vollständig aus der Bewirtschaftung herausgenommen wurden mit dem Ziel, eine ungestörte Entwicklung der Waldgesellschaften zu gewährleisten. Wie groß sind die räumlichen Unterschiede innerhalb eines auf wenige Hektar abgegrenzten naturnahen Waldökosystems? Gibt es Anzeichen, dass sich Umweltveränderungen auf bodenökologische Prozesse auswirken? An der Schnittstelle zwischen Boden und Vegetation bieten Humusformen einen aussagekräftigen Indikator, um diesen Fragen nachzugehen und die räumliche wie zeitliche Entwicklung von Ökosystemen besser zu verstehen. In der Naturwaldzelle Amelsbüren im Münsterland wurden dazu über einen Zeitraum von etwa 30 Jahren (1985–2016) hinweg bodenökologische Parameter mit dem Schwerpunkt Humusformen und Bodenbiozönose untersucht.

Seit 1970 wurden in Nordrhein-Westfalen nach § 49 Landesforstgesetz auf einer Gesamtfläche von etwa 1.575 Hektar insgesamt 75 Naturwaldzellen ausgewiesen, die die natürlich vorkommenden Waldgesellschaften repräsentieren. Die Erforschung der Naturwaldzellen erfolgt durch regelmäßige bodenkundliche, vegetationskundliche und faunistische Untersuchungen (WALD UND HOLZ NRW o. J.).

### Humusformen

Die Humusform dient als wichtiger Indikator für die bodenbiologische Vielfalt und die an der Schnittstelle zwischen Vege-

tation und Boden ablaufenden Prozesse in Waldökosystemen. Sie ergibt sich aus der Abfolge sowie den morphologischen Merkmalen der organischen Auflagehorizonte (L-, Of- und Oh-Horizonte, Tab. 1) und des obersten Mineralbodenhorizontes (A-Horizont). Die morphologischen Merkmale bilden sich in enger Wechselwirkung mit den Aktivitäten der Zersetzerorganismen (Regenwürmer und Kleinringelwürmer wie Enchyträen, daneben weitere kleine Bodentiere und vor allem Mikroorganismen) heraus. So bedingen sich der Grad der Bioturbation (hier: von Bodenorganismen ausgeführte Durchmischung von Streuresten mit mineralischen Bestandtei-

Horizontsymbol	Beschreibung (vereinfacht nach AD-HOC-AG BODEN 2005)
L	Organischer Horizont aus unzersetzter bis wenig zersetzter Pflanzenstreu
Of	Organischer Horizont aus fragmentierten Pflanzenresten
Oh	Organischer Horizont aus humifizierten Pflanzenresten
A	Mineralischer Oberbodenhorizont
Ah	A-Horizont mit Humusakkumulation
Aeh	Schwach podsoliger Ah-Horizont mit Humuseinwaschung
Ahe	Podsolierter (gebleichter) A-Horizont (Ae) mit Humuseinwaschung
Sw	Stauwasserleitender, zeitweise stauwasserführender mineralischer Bodenhorizont
Ahe-Sw	Übergangs-Sw-Horizont mit Ahe-Merkmalen

Tab. 1: In diesem Artikel verwendete Horizontsymbole für die Charakterisierung der Oberbodenhorizonte inklusive der organischen Auflagehorizonte



Abb. 1: Die Naturwaldzelle Amelsbüren wird seit 1978 nicht mehr bewirtschaftet  
Foto: G. Broll, April 2018

len), die Abfolge der Auflagehorizonte sowie die chemischen Verhältnisse und das Gefüge des Oberbodens wechselseitig. Sowohl Regenwürmer als auch Enchyträen kommen in diversen Arten vor, die sich in ihrer Lebensform unterscheiden. Bei Regenwürmern wird zwischen Streubewohnern (epigäisch), Mineralbodenbewohnern (endogäisch) und Tiefgräbern (anecisch) unterschieden. In ähnlicher Weise sind Enchyträenarten durch ihr Vorkommen in verschiedenen pH-Wert-Bereichen sowie im L-, Of-, Oh- oder A-Horizont spezialisiert. Indirekt stehen somit Faktoren



0–1 cm bzw. die Oh-Lage und für 4–8 cm Tiefe) erfolgte in den Jahren 1985, 1999, 2015 und 2016 an einer Auswahl von 20 repräsentativen Rasterpunkten (Abb. 3). Das C/N-Verhältnis (Verhältnis von organischem Kohlenstoff zu Gesamt-Stickstoff) dient als Indikator für die Zersetzungsrate der organischen Bodensubstanz, wobei enge C/N-Verhältnisse bis etwa 20 Zersetzungsprozesse begünstigen. Die Daten der Jahre 1985 und 2015 wurden vom Geologischen Landesamt beziehungsweise Geologischen Dienst NRW aufgenommen, die Daten von 1999 stammen aus KLOSTERMANN (2000) und KÜCKMANN (2000). Die Kartierung der Humusformen richtete sich nach AD-HOC AG BODEN (2005) (vergleichbar mit der neueren Klassifikation nach ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 2016, die eine weitergehende Differenzierung der Humusformen ermöglicht).

Die Untersuchung der Regenwurm- und Enchyträänzönosen wurde im Jahr 1992 an 20 repräsentativen Aufnahmestellen der Vegetationskartierung von 1985 durchgeführt (GRAEFE et al. 1995, Methodenbeschreibung siehe WINTER et al. 1999) (Abb. 4).

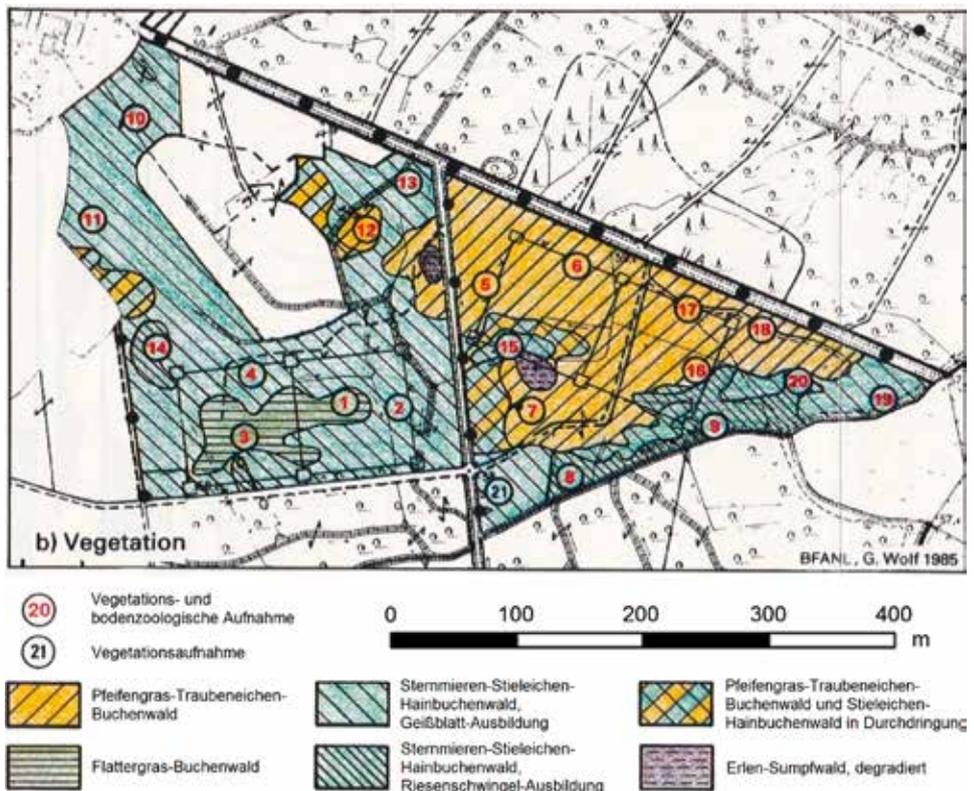


Abb. 4: Vegetationskarte der Naturwaldzelle Amelsbüren und Lage der 21 Vegetationsaufnahmen aus dem Jahr 1985. Die bodenzoologischen Aufnahmen und Humusprofilansprachen (rot 1 bis 20) wurden im Jahr 1992 an den gleichen Stellen durchgeführt (Karte verändert aus PAHLKE & WOLF 1990).

## Räumliche Variabilität

Die Untersuchungen im Jahr 2015 zeigen eine hohe räumliche Variabilität von Humusformen innerhalb der Naturwaldzelle Amelsbüren (Abb. 3). Entsprechend den durch die unterschiedlichen Bodenprozesse geprägten Teilbereichen der Naturwaldzelle treten Humusformen von F-Mull bis Rohhumusartigem Moder im Westteil (Pseudovergleyung) und von Mullartigem Moder bis Rohhumus im Ostteil (Podsolierung und Pseudovergleyung/Vergleyung) auf. An feuchteren Stellen ist Feuchtmull zu finden. Darüber hinaus lässt sich eine

kleinräumige Variabilität bodenökologischer Prozesse auch auf Standortebene feststellen. Beispielsweise wurden 1985 am Rasterpunkt RP45 in drei Einzelproben aus vier bis acht Zentimetern Tiefe pH-Werte (in KCl) im Bereich von 4 bis 6,5 festgestellt. Insgesamt dominieren in der Naturwaldzelle Moder-Humusformen deutlich über Mull-Humusformen. Dies

zeigt sich auch an niedrigen pH-Werten (in KCl) durchweg unter pH 4, vielfach unter pH 3) und relativ weiten C/N-Verhältnissen im A-Horizont (Tab. 2).

Abbildung 5 zeigt die Humusformen gegliedert nach Waldgesellschaft. Im Pfeifengras-Traubeneichen-Buchenwald (a) ist eine mächtige feinhumusreiche Auflage ausgebildet, die an den meisten Stellen die Beprobungstiefe von zehn Zentimetern übersteigt. Vergleichsweise geringmächtiger ist die Auflage im Flattergras-Buchenwald (b) und in der Geißblatt-Ausbildung des Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwaldes (c). Der an fast allen Stellen mächtige Oh-Horizont kennzeichnet die Humusform als Moder. In der Riesenschwengel-Ausbildung des Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwaldes (d) fehlt dagegen der Oh-Horizont, was hier die Humusform als Mull kennzeichnet. Der Wechsel zwischen der Auflage-Humusform Moder und der Mineralboden-Humusform Mull geht mit einer entscheidenden Änderung in der Zusammensetzung der Bodenbiozönose einher. In den Mullprofilen treten endogäische (mineralbodenbewohnende) Regenwürmer auf, deren Bioturbationsleistung die Bildung eines Oh-Horizontes verhindert (Abb. 6).

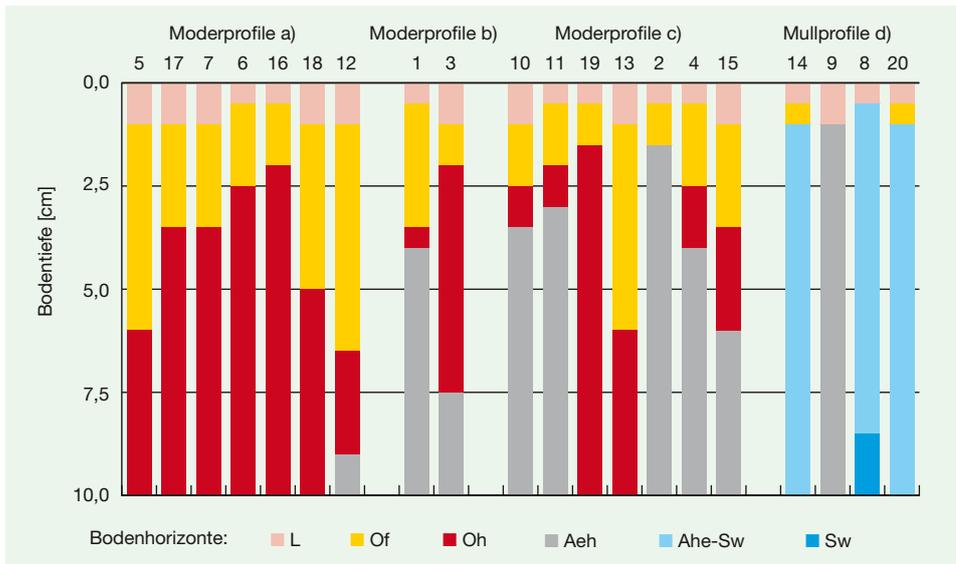
Noch deutlicher zeigt sich der biologische Unterschied zwischen Moder- und Mullprofilen in der Artenzusammensetzung und Vertikalverteilung der Kleinringel-

Standort	Humusform			pH (KCl), Mittelwerte 4–8 cm		C/N-Verhältnis (aus Elementaranalyse), Mittelwerte 4–8 cm	
	1985	2015	2016	1985	2016	1999	2016
RP16	MO	MRR	MOR	3,26	3,27	14	14
RP17	MO	MRR	MOR	2,69	2,84	16; 22 <sup>1</sup>	20
RP20	MR	MRR	MOR	2,71	2,99	24; 27 <sup>1</sup>	32
RP31	MOM	MOR	MOA	2,84	2,85	20	19
RP45	MUO	MOA	MOM	4,00; 5,32; 6,49 <sup>1</sup>	2,96	15	17
RP71	MO	MRR	MOR	2,69	3,09	21	25

MUO = F-Mull; MOM = Mullartiger Moder; MO = Typischer Moder (nicht näher spezifiziert); MOA = Typischer Moder, feinhumusarm; MOR = Typischer Moder, feinhumusreich; MR = Rohhumusartiger Moder (nicht näher spezifiziert); MRR = Rohhumusartiger Moder, feinhumusreich

<sup>1</sup>Einzelwerte (Mittelwerte nicht bestimmt)

Tab. 2: Detaillierte Untersuchungsergebnisse zu sechs Standorten im Westteil der Naturwaldzelle (auf Pseudogley). Humusform und pH-Wert 1985 und 2015: Geologischer Dienst NRW; C/N-Verhältnis 1999: KLOSTERMANN (2000), KÜCKMANN (2000). Angaben zu pH-Wert und C/N-Verhältnis sind jeweils Mittelwerte aus zwei Parallelen (bei hoher lokaler Heterogenität von Standorteigenschaften drei Parallelen).



Waldgesellschaften:  
 a) Pfeifengras-Traubeneichen-Buchenwald  
 b) Flattergras-Buchenwald  
 c) Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwald, Geißblatt-Ausbildung  
 d) Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwald, Riesenschwingel-Ausbildung

Abb. 5: Humusprofilaufnahmen an Vegetationsaufnahmestellen in der Naturwaldzelle Amelsbüren, gegliedert nach den Waldgesellschaftstypen in PAHLKE & WOLF (1990). Vegetationskundliche Aufnahme: G. WOLF 1985, Humusprofilansprache: U. GRAEFE 1992. Für Erläuterungen der Bodenhorizonte siehe Tab. 1.

würmer (Abb. 7). Im Moder dominieren vier Arten, die sich vertikal differenziert einnischen. Während *Cognettia sphagnetorum* hauptsächlich in den oberen Zentimetern (L- und Of-Horizonte) aktiv ist, bevorzugt *Achaeta camerani* die tieferen Bereiche (Ah-Horizont). Das massenhafte Vorkommen der wissenschaftlich noch nicht gültig beschriebenen Enchyträen-Art *Achaeta* sp. (amel) im Oh-Horizont ist ein besonderes Merkmal der Naturwaldzelle Amelsbüren. Die Mullprofile haben insgesamt höhere Artenzahlen (Abb. 8). *Cognettia sphagnetorum* tritt ebenfalls in den L- und Of-Horizonten der Mullprofile auf. Die im Mineralboden lebende Art *Achaeta camerani* hat hier einen Schwerpunkt in den oberen Tiefenstufen, die bereits in den Ah-Horizont hineinreichen (Abb. 5).

Abbildung 8 zeigt die vollständige Übersicht des gefundenen Artenspektrums in soziologischer Anordnung. Die Kennarten für Moder sind gleichzeitig Starksäurezeiger, die für Mull Schwachsäurezeiger und die für Feuchte haben einen Feuchtezeigerwert höher als F5 auf der Ellenberg-Skala (GRAEFE & SCHMELZ 1999). Insgesamt wurden acht Regenwurm- und 22 Kleinringelwurmartarten (überwiegend Enchytraeiden) nachgewiesen. Die Mullprofile sind durch einen hohen Anteil Feuchte anzeigender Arten gekennzeichnet. Mit dem Kleinringelwurm *Rhyacodrilus falciformis* ist sogar ein Vertreter der überwiegend aquatisch lebenden Tubificiden (Schlammröhrenwürmer) dabei. Die Übersicht zeigt zudem die starke biologische Ähnlichkeit der Moderprofile und den starken biologischen

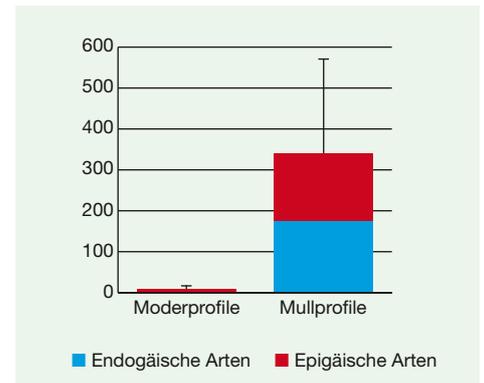


Abb. 6: Vergleich der durchschnittlichen Regenwurm-Abundanz (Individuen/m<sup>2</sup>) zwischen Moderprofilen (siehe Abb. 5: a, b und c) und Mullprofilen (d), differenziert nach Lebensformtyp. Im Moder ist die Aktivität der Regenwürmer insgesamt sehr gering. Im Mull sind epigäische und endogäische Arten gleichermaßen beteiligt. Der anecische Lebensformtyp fehlt hier.

Unterschied zu den Mullprofilen. Dagegen bildet sich die morphologische Differenzierung der Auflage-Humusformen in die Untergruppen Moder und Rohhumus in den untersuchten Anneliden-Gemeinschaften (Ringelwürmer) nicht ab. Bei den Mullprofilen sind das Fehlen der anecischen Regenwürmer und das Vorhandensein zahlreicher Feuchtezeiger Hinweise auf die Ausbildung der aerohydromorphen Humusform Feuchtmull.

### Zeitliche Entwicklung

Die 1985 aufgenommenen Daten spiegeln die Standortssituation nur wenige Jahre nach Ausweisung der Naturwaldzelle wider. Bereits in diesen Daten findet sich eine große Flächenvariabilität. Mit dieser Kartierung konnte gezeigt werden, dass die Verteilung der pH-Werte einem kleinräumigen Nebeneinander verschiedener Boden- und Vegetationseinheiten sowie Humusformen entspricht (PAHLKE & WOLF 1990). Während die pH-Werte im Ostteil der Naturwaldzelle

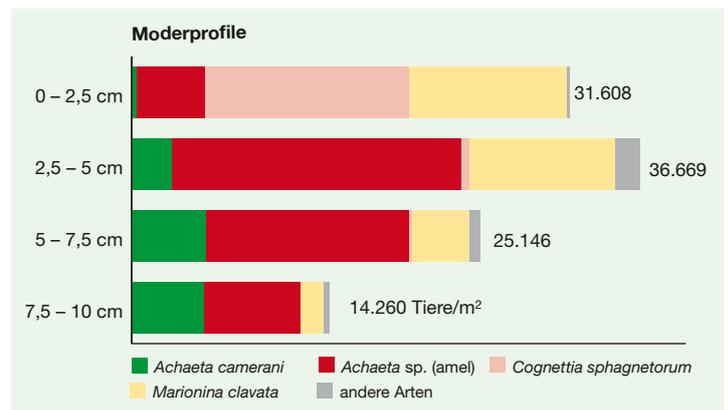
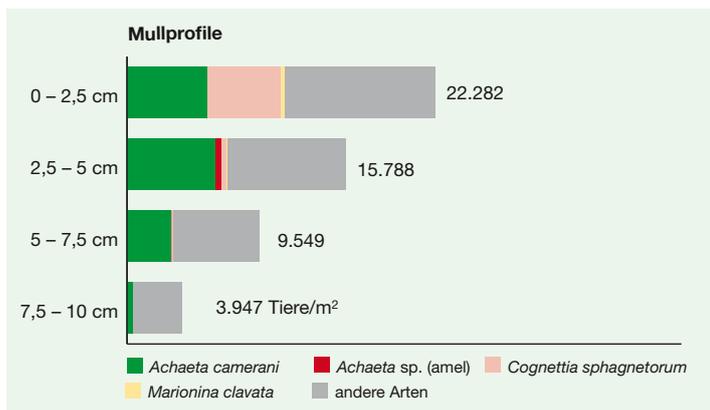


Abb. 7: Durchschnittliche Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer in den Moderprofilen (a, b und c) und den Mullprofilen (d). Dominante Enchyträen-Arten sind farblich differenziert dargestellt.

Waldgesellschaften:	a) Pfeifengras-Traubeneichen-Buchenwald												b) Flattergras-Buchenwald						c) Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwald, Geißblatt-Ausbildung						d) Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwald, Riesenschwingel-Ausbildung			
Aufnahmenummer:	5	17	7	6	16	18	12	1	3	10	11	19	13	2	4	15	14	9	8	20								
<b>Regenwürmer</b>																												
<i>Lumbricus rubellus</i>										1	2	1	1		1	1	4	2	3	4								
<i>Dendrobaena octaedra</i>								2		3		1	1		1		3		3									
<i>Dendrobaena pygmaea</i>																				3								
<i>Aporrectodea rosea</i>																			3									
<i>Aporrectodea caliginosa</i>															1		4		2	3								
<i>Aporrectodea limicola</i>																	2		5	3								
<i>Octolasion tyrtaeum</i>																			1									
<i>Eiseniella tetraedra</i>																				3								
<b>Kleinringelwürmer</b>																												
<i>Cognettia sphagnetorum</i>	5	4	4	4	4	4	4	4	1	4	2	4	4	4	4	4		4	3	2								
<i>Marionina clavata</i>	5	4	4	4	5	4	5	5	3	3		4	3	4	3	5	1	1		1								
<i>Achaeta</i> sp. (amel)	5	4	4	5	5	5	5		4	5	3	3	5	4	5	5				2								
<i>Achaeta brevivasa</i>				2	3	2	2		3																			
<i>Achaeta aberrans</i>				2					2																			
<i>Achaeta camerani</i>									1						2	1	4											
<i>Mesenchytraeus glandulosus</i>										1		1																
<i>Oconnorella cambrensis</i>																3												
<i>Achaeta</i> sp. (dzwi)																												
<i>Achaeta</i> sp. (heal)																												
<i>Achaeta</i> sp. (serp)																												
<i>Enchytraeus buchholzi</i>																												
<i>Enchytraeus christenseni</i>																												
<i>Fridericia bulboides</i>																												
<i>Achaeta unibulba</i>																												
<i>Enchytronia</i> sp. (omni)																												
<i>Marionina argentea</i>																												
<i>Marionina filiformis</i>																												
<i>Marionina vesiculata</i>																												
<i>Mesenchytraeus armatus</i>																												
<i>Cognettia glandulosa</i>																												
<i>Rhyacodrilus falciformis</i>																												
<b>Zahl der Arten:</b>	3	5	3	4	4	4	3	4	6	7	3	7	5	5	7	6	9	8	18	10								
<b>Abundanzklassen:</b>	Regenwürmer										Kleinringelwürmer						Kennarten											
1	bis 10										bis 1.000																	
2	über 10 bis 30										über 1.000 bis 3.000																	
3	über 30 bis 100										über 3.000 bis 10.000																	
4	über 100 bis 300										über 10.000 bis 30.000																	
5	über 300 Individuen/m <sup>2</sup>										über 30.000 Individuen/m <sup>2</sup>																	
																	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow;"></div> Moder                 <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; background-color: green;"></div> Mull                 <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px; background-color: lightblue;"></div> Feuchtmull             </div>											

Abb. 8: Anneliden-Gemeinschaften an den vegetationskundlichen Aufnahmestellen in der Naturwaldzelle Amelsbüren (Bodenzoologische Aufnahme U. Graefe, November 1992, nach GRAEFE et al. 1995).

in vier bis acht Zentimetern Tiefe größtenteils deutlich unter 3,0 lagen – häufig sogar im extrem sauren Bereich zwischen 2,4 und 2,8 –, wiesen die Flächen im Westteil eine weniger starke Versauerung auf. Die Werte lagen dort – immer noch im sehr sauren Bereich – größtenteils zwischen 3,0 und 3,8. Derartig niedrige pH-Werte führen dazu, dass sich sowohl bei der Vegetation als auch bei den Zersetzerorganismen eine Artzusammensetzung einstellt, die an stark saure Bedingungen angepasst ist. So kommen viele an Bioturbationsprozessen beteiligte Bodenorganismen wie beispielsweise

anecische Regenwürmer bei pH-Werten unter circa 4,2 nicht vor, was die Herausbildung eines Humifizierungshorizontes (Oh) begünstigt. Die 1985 beobachtete Standortheterogenität ist bis heute erhalten geblieben (Abb. 3). Unterschiedliche Humusformen wurden jeweils auch in den Kartierungen von 2015 und 2016 eng verzahnt nebeneinander beschrieben. Insgesamt sind keine starken Veränderungen der Humusformen festzustellen – nur an einzelnen Standorten zeigen sich seit 1985 leichte Verschiebungen der Humusformen hin zu verstärkter Ak-

kumulation toter organischer Substanz in Form von Auflagehorizonten. Insbesondere vor dem Hintergrund von seit 1985 deutlich variierenden stofflichen Einträgen sowie großräumigen Klimaveränderungen hätte man eine stärkere Veränderung der Humusformen in der Naturwaldzelle Amelsbüren erwarten können. Ein Beispiel für eine Veränderung der Humusform ist der Standort RP45, der 1985 noch als F-Mull klassifiziert wurde. Die damals kartierte Mull-Humusform wurde 1992 durch die hohe Anzahl an Lumbriciden (endogäisch wie epigäisch) (*Lumbrici-*

*cus rubellus* > *Aporrectodea caliginosa* > *Dendrobaena octaedra* > *Aporrectodea limicola* gestützt (Abb. 8, Standort 14). In aktuellen Kartierungen der letzten Jahre lässt sich eine Tendenz zu stärkerer Akkumulation toter organischer Substanz erkennen (2016: Mullartiger Moder, 2015: feinhumusarmer Typischer Moder). Die beobachtete Verschiebung der Humusform schlägt sich auch in den 2016 gemessenen pH-Werten im Vergleich zu 1985 nieder. Mit einem pH-Wert etwa von drei liegt dieser deutlich unter den 1985 gemessenen Werten (Tab. 2). Aktuelle Untersuchungen mit ähnlichen Ergebnissen zur zeitlichen Entwicklung der Kohlenstoffvorräte im Oberboden finden sich im Rahmen der bundesweiten Bodenzustandserhebung Wald. Während auf Bundesebene keine signifikante Änderung festgestellt wurde, nehmen die Kohlenstoffvorräte im Wuchsgebiet Westfälische Bucht im Mittel zu (GRÜNEBERG et al. 2016). Gemeinsam mit den Ergebnissen der Bodenzustandserhebung bietet die bodenökologische Forschung im Rahmen des Naturwaldzellen-Programms in Nordrhein-Westfalen eine wichtige Grundlage für die Erfassung und Bewertung der zeitlichen Entwicklung von Waldböden.

## Schlussfolgerungen

Untersuchungen zu Humusformen, Regenwurm- und Enchyträenzönosen sowie zum pH-Wert und zum C/N-Verhältnis haben eine hohe räumliche Variabilität offenbart, die innerhalb der gesamten Naturwaldzelle einerseits mit der Verbreitung von Pseudogley und Podsol, andererseits mit dem Vorkommen verschiedener Waldgesellschaften zusammenhängt. Daneben variieren die bodenökologischen Eigenschaften vielfach auch kleinräumig auf Standortebe- und ermöglichen somit eine hohe Bodenbiodiversität. Diese mosaikartige Verteilung hat sich im Zeitraum von 1985 bis 2016 erhalten, wobei leichte Verschiebungen an einzelnen Standorten erkennbar sind. Bodenökologische Forschung in Naturwaldzellen, wie hier vorgestellt, wird auch in Zukunft eine wichtige Rolle zur Dokumentation von Umweltveränderungen in naturnahen Waldökosystemen einnehmen können.

## Literatur

AD-HOC AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 5. Auflage.  
 AG HUMUSFORMEN (o.J.): Arbeitsgruppe Humusformen – Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft. Link: <https://www.humusformen.de/> (letzter Aufruf: 21.05.2018).  
 ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (2016): Forstliche Standortaufnahme. Eching: IHW-Verlag, 7. Auflage.

BUTZKE, H., GENSSLER, H., KRAUSE, A., ROST, F., WACHTER, H., WOLF, G., WOLFF-STRAUB, R., ZAK, K. & E. VON ZEJSCHWITZ (1981): Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen. Teil III: Westfälische Bucht. Recklinghausen: Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen (= Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen, 6).  
 GRAEFE, U. & R.M. SCHMELZ (1999): Indicator values, strategy types and life forms of terrestrial Enchytraeidae and other microannelids. Newsletter on Enchytraeidae 6: 59–67.  
 GRAEFE, U., RUSZKOWSKI, B. & H.-C. FRÜND (1995): Abschlussbericht über bodenzologische Untersuchungen im Rahmen der Waldbodenzustandserfassung in Nordrhein-Westfalen – Untersuchungsjahre 1991–1993. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen, 87 S.  
 GRÜNEBERG, E., RIEK, W., SCHÖNING, I., EVERS, J., HARTMANN, P. & D. ZICHE (2016): Kohlenstoffvorräte und deren zeitliche Veränderungen in Waldböden. In: WELLBROCK, N., BOLTE, A. & H. FLESSA (Hrsg.): Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland: Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008. Thünen Report 43. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, I-181–I-209.  
 KLOSTERMANN, G. (2000): Die Bodenacidität an Pseudogleystandorten in der Naturwaldzelle „Amelsbüren“ bei Münster – Ein Beitrag zur Langzeitentwicklung der Bodeneigenschaften in säurebelasteten Waldstandorten Nordrhein-Westfalens. Diplomarbeit. Institut für Landschaftsökologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.  
 KÜCKMANN, A. (2000): Die Bodenacidität an Podsolstandorten mit Stauwasser-einfluss in der Naturwaldzelle Amelsbüren bei Münster – Ein Beitrag zur Langzeitentwicklung der Bodeneigenschaften in säurebelasteten Waldstandorten Nordrhein-Westfalens. Diplomarbeit. Institut für Landschaftsökologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.  
 PAHLKE, U. & G. WOLF (1990): Bodenkundliche Spezialuntersuchungen und Vegetationskartierung in der Naturwaldzelle Amelsbüren (Kernmünsterland). In: Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen. Teil V, Nachträge. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen, 12: 73–79.  
 WALD UND HOLZ NRW (o.J.): Das Naturwaldzellen-Programm Nordrhein-Westfalen. Link: <https://www.wald-und-holz.nrw.de/wald-in-nrw/naturwaldzellen/> (letzter Aufruf: 27.03.2018).

WINTER, K., BOGENSCHÜTZ, H., DORDA, D., DOROW, W.H.O., FLECHTNER, G., GRAEFE, U., KÖHLER, F., MENKE, N., SCHAUERMANN, J., SCHUBERT, H., SCHULZ, U. & J. TAUCHERT (1999): Programm zur Untersuchung der Fauna in Naturwäldern. Eching: IHW-Verlag.

## Zusammenfassung

Die im Münsterland gelegene Naturwaldzelle Amelsbüren umfasst einen Mischwald aus Stieleichen, Traubeneichen, Buchen und Hainbuchen an einem bodensauren Standort. Hier fanden bereits vor der Ausweisung der Naturwaldzelle in den 1970er-Jahren bodenökologische Untersuchungen statt, die seitdem fortgeführt wurden. Die Ergebnisse zeigen eine hohe räumliche Heterogenität der Humusformen, Regenwurm- und Enchyträenzönosen, pH-Werte und C/N-Verhältnisse. Deren Veränderungen auf den Flächen der Naturwaldzelle von 1985 bis 2016 sind insgesamt gering. In einigen Bereichen lässt sich ein Wechsel der Humusformen hin zu verstärkter Akkumulation toter organischer Substanz in Auflagehorizonten verzeichnen. Die Untersuchungen belegen einen deutlichen Zusammenhang zwischen Waldgesellschaft und Humusform, vor allem mit Blick auf die bodenbiologischen Eigenschaften des Oberbodens. Die Analysen bestätigen die Bedeutung der Humusform als integrierender bodenökologischer Parameter für die Bewertung der bodenbiologischen Aktivität.

## Autoren

Dr. Niels Hellwig  
 M.Sc. Mariam El Hourani  
 Prof. Dr. Gabriele Broll  
 Institut für Geographie  
 Universität Osnabrück  
 Seminarstraße 19ab  
 49074 Osnabrück  
[niels.hellwig@uni-osnabrueck.de](mailto:niels.hellwig@uni-osnabrueck.de)  
[melhourani@uni-osnabrueck.de](mailto:melhourani@uni-osnabrueck.de)  
[gabriele.broll@uni-osnabrueck.de](mailto:gabriele.broll@uni-osnabrueck.de)

Dipl.-Biol. Ulfert Graefe  
 IFAB Institut für Angewandte  
 Bodenbiologie GmbH  
 Tornberg 24a  
 22337 Hamburg  
[ulfert.graefe@ifab-hamburg.de](mailto:ulfert.graefe@ifab-hamburg.de)

Dr. Gerhard Milbert  
 AG Humusformen der Deutschen  
 Bodenkundlichen Gesellschaft,  
 ehemals: Geologischer Dienst NRW  
[gmilbert@outlook.de](mailto:gmilbert@outlook.de)