

Merkmale von Böden unter rezenten Wäldern, die auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen stocken

Christina Lüst und Luise Gianì

Abstract: The target of this study was to find distinct indicators of former agricultural land use where recent forests are found nowadays. For that purpose pedological investigations were conducted in recent forests with sites of former arable and former forest land use at Stühe and Twiestholz, both belonging to the forestry office Hasbruch (district Oldenburg). The history of the sites was studied with the help of historical records (Oldenburger Vogteikarte 1790). The former arable land and recent forest sites show differences in respect of thicker humus-enriched top soils, increased phosphate contents, increased phytolith contents and improved soil physics with decreased bulk densities. No differences are found in respect of pH, exchangeable cations and C/N ratios. Consequently, profile morphology, bulk density, humus pools, phosphate enrichment and phytolith enrichment are distinct indicators of former arable land use.

Einleitung

In Westeuropa hat der Waldanteil seit dem 19. Jh. stark zugenommen. Viele der heutigen Wälder stehen auf früher landwirtschaftlich genutzten Flächen (DUPOUEY et al. 2002). Es wird entsprechend zwischen historisch alten Wäldern mit mindestens 200-jähriger kontinuierlicher Bewaldung und rezenten Wäldern, die im Allgemeinen aufgeforstete Acker-, Wiesen-/Weiden- oder Heideflächen darstellen, unterschieden (WULF 1994). Wissenschaftlich von großem Interesse ist die Frage, ob sich eine frühere landwirtschaftliche Nutzung in den Böden der rezenten Wälder profilmorphologisch und/oder bodenchemisch, -physikalisch und -biologisch abbildet.

Ergebnisse früherer Untersuchungen

Bodentypologisch gibt es keine Möglichkeit, zwischen historisch alten und rezenten Wäldern zu unterscheiden. Für England zeigten WILSON et al. (1990), dass historisch alte Wälder auf allen Bodentypen vorkommen; auch RUF & WULF (eingereicht) stellten heraus, dass sie auf dem gesamten Spektrum regional vorkommender Böden stocken.

Als ein weiteres Unterscheidungskriterium wurden die Feuchtigkeitseizerwerte (ELLENBERG et al. 1992) diskutiert, weil KOERNER et al. (1997) und BOSSUYT & HERMY (2000) für viele rezente Wälder erhöhte Werte fanden. Diese Korrelation gilt in der Regel aber nur für die jüngste Aufforstungsperiode im 20. Jh., in der vor allem feuchte bis nasse Standorte aufgeforstet wurden, aber nicht für die im 19. Jh., in der eher trockene, sandige Standorte einer Aufforstung zugeführt wurden (RUF & WULF, eingereicht).

Als guter Indikator früherer landwirtschaftlicher Nutzung wird das $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ -Verhältnis ($\delta^{15}\text{N}$) angesehen (KOERNER et al. 1997, 1999, JUSSY et al. 2002), da es durch angeregte Nitrifikation zur verstärkten Fraktionierung der Stickstoffisotope (JOHANNISSON 1996) und damit zu einer Anreicherung des schweren ^{15}N -Isotops im Boden kommt. Allerdings konnte dies nicht in jedem Fall bestätigt werden (RUF & WULF, eingereicht).

Die Bodenazidität mit pH-Wert oder Reaktionszeigerwerten der Vegetation wird als ein weiteres Merkmal historischer landwirtschaftlicher Nutzung angenommen, weil die Versauerung ein gut dokumentierter Prozess in historisch alten Wäldern ist (WILSON et al. 1997, VERHEYEN et al. 1999, KOERNER et al. 1997) und eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung in rezenten Wäldern zumindest eine weitergehende Versauerung bremsst. Weitere damit im Zusammenhang stehende Unterscheidungsgrößen sind nach WILSON et al. (1997) und VERHEYEN et al. (1999) die austauschbaren Kationen, die Kationenaustauschkapazität oder die pflanzenverfügbaren Nährstoffe.

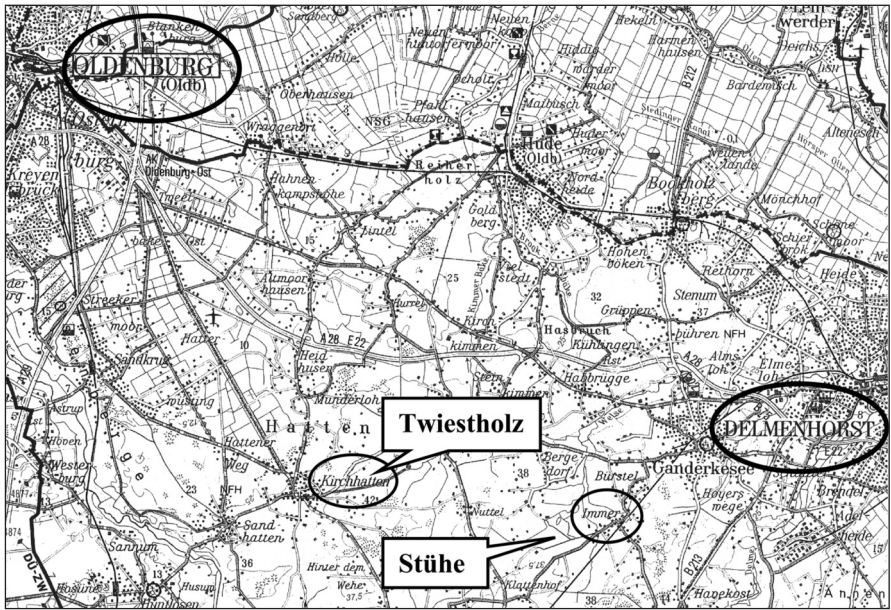


Abb. 1: Lageskizze der Untersuchungsflächen.

Ein gutes Kriterium ehemaliger landwirtschaftlicher Nutzung in rezenten Wäldern scheint der Phosphat-Gehalt zu sein, weil Phosphor nur sehr schwer verlagerbar ist und lange im Boden verbleibt (GEBHARDT 1982). Aber auch hierzu gibt es widersprüchliche Ergebnisse (RUF & WULF, eingereicht).

Als ein weiteres Unterscheidungskriterium kann sich der Gehalt an Phytoopalen erweisen, da LIENEMANN (1989) erhöhte Phytoopale in alten Plaggeneschen und Böden auf Wölbläckern fand, die auf den langjährigen Getreideanbau zurückgeführt werden. Darüber hinaus erscheint die Ausbildung verschiedener Samenbanken mit überdauerungsfähigen Samen aus der ehemaligen Nutzung als ein mögliches Kriterium. Ob diese Parameter verlässlich eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung widerspiegeln, wurde bisher noch nicht untersucht.

Die bisherigen Untersuchungen haben für viele potentielle Indikatoren einer ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzung also widersprüchliche oder sogar keine Ergebnisse in Hinblick auf ihre Eignung gezeigt. Ziel dieser Untersuchung war es deshalb, nach eindeutigen Bodenmerkmalen für eine historische landwirtschaftliche Nutzung von rezenten Wäldern zu suchen.

Untersuchungsgebiet

Die untersuchten Flächen befinden sich im Stühe und im Twiestholz (Abb. 1). Beide Waldgebiete gehören zum Staatlichen Forstamt Hasbruch im Landkreis Oldenburg. Die recherchierte Landnutzungsgeschichte beruht auf den Bestandeslagerbüchern 1955–1995 und der Forstchronik (MEYER-BRENKEN 1955) des Forstamtes Hasbruch sowie dem ersten exakten Kartenmaterial der Region, der Oldenburger Vogteikarte von 1790. An beiden Standorten wurde jeweils eine Fläche mit ehemaliger landwirtschaftlicher Nutzung und rezentem Baumbestand sowie eine weitere ohne ehemalige landwirtschaftliche Nutzung und ebenfalls rezentem Baumbestand beprobt. Die genutzte Fläche von Stühe (126a₂ [Flächenbezeichnung des Forstamtes]) (NW-Teil) (als genutzt und/oder Profil 1 bezeichnet) ist auf der Vogteikarte als kleiner Acker, die ungenutzte Fläche (127a) (als ungenutzt und/oder Profil 2 bezeichnet) gleichzeitig als Wald ausgewiesen. Über die Dauer der ackerbaulichen Nutzung kann keine Angabe gemacht werden. Die ungenutzte Fläche erhielt 1997 eine Kompensationskalkulation mit ca. 3 t Kalk pro ha. Für das Twiestholz wurde eine gegenwärtig bewaldete, aber 1790 als Acker ausgewiesene Fläche (221 b) (als genutzt u./o. Profil 3 bezeichnet) und eine zum gleichem Zeitpunkt als Wald bezeichnete Fläche (221 c) (als ungenutzt u./o. Profil 4 bezeichnet) ausgewählt und beprobt. Auf beiden Flächen fand 1990 eine Kompensationskalkulation mit 3 t Magnesiumkalk pro ha statt.

Im Juni/Juli 2002 wurden auf diesen Flächen vier Bodenprofile gegraben, profilmorphologisch untersucht und zur laboranalytischen Bearbeitung beprobt. Im August 2002 erfolgte die Probenahme zur Samenbank-Untersuchung. Zur Charakterisierung der Bodenprofile und -proben wurden folgende Eigenschaften untersucht: Profilmorphologie (nach AG BODEN 1994), Bodenfarbe (mit Hilfe der Munsell Soil Color, MUNSELL COLOR 1975), Volumendaten, Bodendichte und Gesamtphosphat (modifiziert nach SCHLICHTING et al. 1995), Korngrößenverteilung und pH-Wert (nach SCHLICHTING et al. 1995), C und N (Verbrennung und spektrometrische Messung im C/N/S-Analyser, Fison Instruments, NA 2000) und Phytoopale (nach GEBHARDT et al. 1967). Die Untersuchung der Samenbank erfolgte nach der von FISCHER (1987) beschriebenen Methode.

Ergebnisse

Abgesehen vom Sd-Horizont in Profil 4 sind die Bodenarten (Tab. 1) und die Körnung (nicht dargestellt) aller untersuchten Profile sehr ähnlich, so dass von einer geologischen Nähe und damit Vergleichbarkeit der Standorte ausgegangen werden kann.

Tab. 1: Profilmorphologische Eigenschaften der untersuchten Profile im Stübe von Profil 1 (1.1–1.5, genutzt) und Profil 2 (2.1–2.4, ungenutzt) sowie im Twiestholz von Profil 3 (3.1–3.5, genutzt) und Profil 4 (4.1–4.4, ungenutzt) (n. b. = nicht bestimmt).

Profil-Nr.	Horizont cm	Tiefe	Bodenfarbe	Bodenart	Sonstiges
1.1	O	+3	n. b.	n. b.	
1.2	E-Ah	-5	10YR2/1	Su2	
1.3	E1	-20	10YR2/2	Sl2	
1.4	E2	-43	10YR3/2	Su2	
1.5	Sd	-83+	10YR4/4	Sl4	Rostflecken, Konkretionen., Tonlinsen
2.1	O	+6	n. b.	n. b.	
2.2	Ah	-9	10YR2/1	Sl2	
2.3	Sw	-46	10YR5/3	Sl2	Konkretionen, Geschiebe
2.4	Sd	-66+	10YR4/4	Sl4	Rostflecken, Konkretionen, Tonlinsen
3.1	O	+5	n. b.	n. b.	
3.2	R-Ahe	-1	n. b.	n. b.	
3.3	R	-26	10YR2/1,2	Su2	
3.4	Bv-Sw	-68	10YR4/4	Sl3	Konkretionen
3.5	Sd	-98+	10YR4/4,6	Sl4	Konkretionen, Tonlinsen, (Rostflecken)
4.1	O	+5	n. b.	n. b.	
4.2	Ahe	-3	10YR2/1	Sl2	
4.3	Bv-Sw	-43	10YR4/4	Su2	Geschiebe
4.4	Sd	-73+	10YR4,5/4	Sl2	Rostflecken, Konkretionen, Geschiebe

Profil 1 ist durch drei bis zu 23 cm mächtige, humusreiche Horizonte gekennzeichnet (Abb. 2). Profil 3 weist zwei bis zu 25 cm mächtige und humose Horizonte auf. Die ehemals nicht genutzten Flächen mit den Profilen 2 und 4 sind jeweils nur durch einen 3 bzw. 6 cm mächtigen humosen Horizont charakterisiert. Diese unterschiedliche Profilmorphologie spiegelt sich in der Bodenfarbe (Tab. 1) und den Kohlenstoffgehalten und Humusvorräten (Tab. 2) wider. Bezogen auf die humosen Oberböden sind in den ehemals landwirtschaftlich genutzten Böden 2–6 Mal größere Humusmengen vorhanden.

Die ehemals landwirtschaftlich genutzten Profile 1 und 3 zeigen in den humusreichen E- bzw. R-Horizonten mit 43,5–48,3 % geringere Substanzvolumina, entsprechend mit 51,7–56,5 % höhere Porenvolumina sowie mit 1,1–1,2 geringere Lagerungsdichten als die Profile 2 und 4 in vergleichbarer Tiefe (Tab. 2). Die Humusanreicherung ist demnach mit einer deutlichen Verbesserung der physikalischen Bodeneigenschaften verbunden.

Wie bereits erwartet, geben die pH-Werte keine Hinweise auf eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung (Tab. 2). Insgesamt zeigen die pH-Werte (CaCl_2) mit 3,1–4,6 stark bis sehr stark saure Bodenverhältnisse. Die 1997 für Profil 2 durchgeführte Kompensationskalkung ist noch erkennbar, während die 1990 am Standort Twiestholz durch Kalkung aufgebaute Pufferkapazität bereits wieder verbraucht ist. Ebenso indifferent präsentieren sich die C/N-Verhältnisse, die damit auch nicht als Unterscheidungskriterium in Frage kommen.

Tab. 2: Bodenphysikalische und -chemische Eigenschaften der untersuchten Profile im Stübe von Profil 1 (1.1–1.5, genutzt) und Profil 2 (2.1–2.4, ungenutzt) sowie im Twiestholz von Profil 3 (3.1–3.5, genutzt) und Profil 4 (4.1–4.4, ungenutzt) (n. b. = nicht bestimmt, n. n. = nicht nachweisbar, n. e. = nicht errechnet, * = der humosen Horizonte).

Profil-Nr.	Substanz-Volumen	Poren-Volumen	d_B g cm ⁻³	pH		C %	N ‰	C/N-Verhältnis	Humusvorrat* kg ha ⁻¹	P mg kg ⁻¹
	Vol.-%	Vol.-%		H ₂ O	CaCl ₂					
1.1	n. b.	n. b.	n. b.	3,7	2,9	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
1.2	45,2	54,8	1,1	3,6	2,8	3,6	3,1	11,5	87120	307,4
1.3	43,5	56,5	1,1	3,6	3,0	1,9	1,6	11,8	148000	387,7
1.4	54,2	45,8	1,4	3,7	3,6	1,0	0,5	21,1	119600	266,7
1.5	59,5	40,5	1,6	3,9	3,5	0,2	0,2	9,3	n. e.	70,8
2.1	n. b.	n. b.	n. b.	4,6	3,8	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2.2	41,8	58,2	1,0	4,2	3,5	3,8	3,1	12,3	163728	254,5
2.3	57,7	42,3	1,5	3,9	3,8	0,5	0,3	20,1	n. e.	73,8
2.4	60,2	39,8	1,6	3,7	3,5	0,2	0,2	10,4	n. e.	68,3
3.1	n. b.	n. b.	n. b.	3,1	2,5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
3.2	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
3.3	48,3	51,7	1,2	3,3	2,6	2,0	1,7	12,1	210000	343,0
3.4	56,9	43,1	1,5	3,7	3,3	0,4	0,5	14,1	96096	92,9
3.5	62,5	37,5	1,7	3,7	3,3	0,2	0,4	7,8	n. e.	83,6
4.1	n. b.	n. b.	n. b.	3,5	2,9	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
4.2	53,0	47,0	1,2	3,5	2,8	4,1	2,7	14,7	58320	271,4
4.3	54,1	45,9	1,4	3,9	3,4	0,7	0,6	16,2	n. e.	169,2
4.4	65,2	34,8	1,7	3,9	3,4	0,1	n. n.	n. b.	n. e.	82,1

Ein deutlicher Indikator ehemaliger landwirtschaftlicher Nutzung ist der Phosphatgehalt. Die Profile 1 und 3 sind bis in größere Bodentiefen von 26–43 cm mit Phosphat angereichert (Tab. 2). Ihre Phosphatgehalte sind auch in Relation zum Humusgehalt deutlich höher als in den Profilen 2 und 4; abgesehen vom E-Ah-Horizont in Profil 1 betragen die C/P-Verhältnisse in den humosen Horizonten der ehemals landwirtschaftlich genutzten Böden ca. 50, während für die Profile 2 und 4 mit 150 der dreifache Wert errechnet wurde.

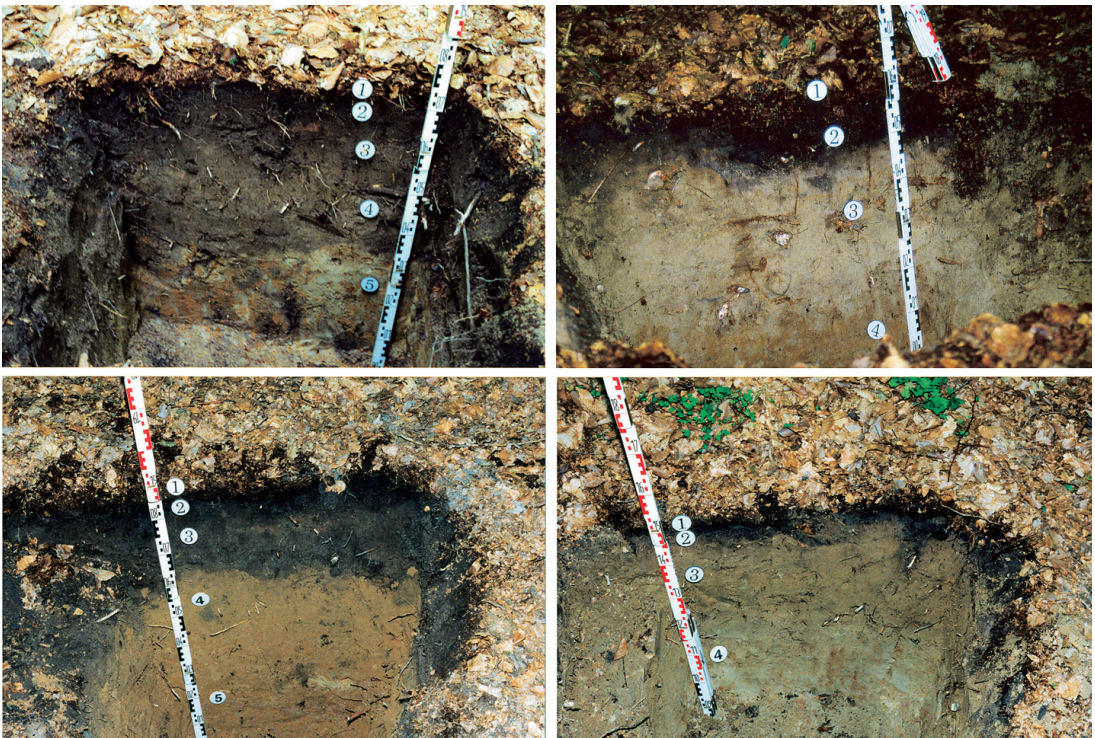


Abb. 2: Bodenprofile der untersuchten Flächen im Stübe, Profil 1, genutzt (oben links), Profil 2, ungenutzt (oben rechts), und im Twiestholz, Profil 3, genutzt (unten links) und Profil 4, ungenutzt (unten rechts).

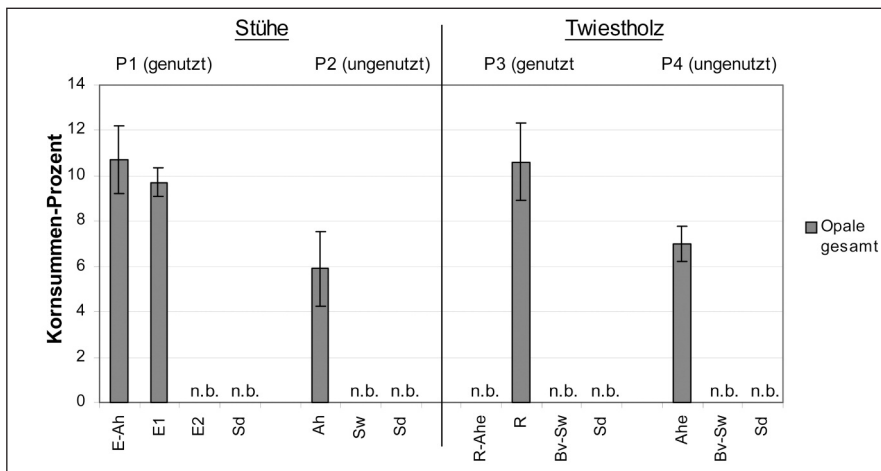


Abb. 3: Opal-Gehalte der Mittel- und Feinschluff-Fraktion in den humosen Horizonten der genutzten und ungenutzten Böden im Stühe und im Twiestholz.

Die Opalgehalte der humosen Horizonte liegen zwischen 5,9–10,7 % (Abb. 3). Deutlich wird, dass die ehemals genutzten Profile 1 und 3 höhere Gehalte aufweisen als die Profile 2 und 4. Obwohl nicht zwischen lithogenen Opalen und Phytoopalen (Abb. 4) unterschieden werden konnte, ist aufgrund der ähnlichen geologischen Verhältnisse aller Standorte von vergleichbaren lithogenen Opalgehalten auszugehen. Die gefundenen Unterschiede zeigen damit klar eine Anreicherung von Phytoopalen durch die ehemalige Nutzung. Diese Phytoopale entstammen wahrscheinlich dem ehemals angebauten Getreide, da besonders grasartige Pflanzen reich an verwitterungsresistenten Phytoopalen sind (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

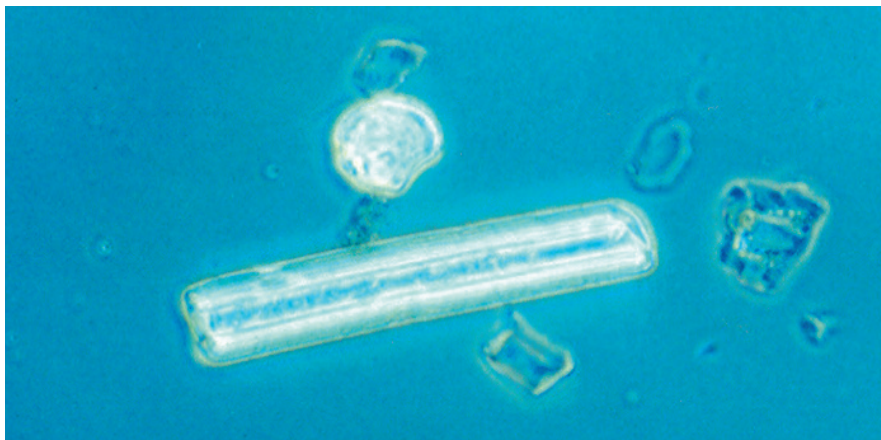


Abb. 4: Phytoopale (länglich, leuchtend weiß) in der Grobschluff-Fraktion (Kanadabalsam-Dauerpräparat). Photo aus BRUNS (1993).

Die Samenbankuntersuchung ergab keinen Nachweis für ehemals angebaute Kulturkräuter, vermutlich da deren Überdauerungsfähigkeit zu gering ist (THOMPSON et al. 1997). Es wurden allerdings einige andere Arten gefunden, die auf Äckern oder in Wiesen vorkommen und aus der Zeit der Nutzung stammen könnten. Von den in Stühe nur im ehemals genutzten Boden nachgewiesenen Arten mit längerer Überdauerungsfähigkeit gibt es lediglich einen Einzelfund von *Juncus bufonius*; im Twiestholz wurden *Hypericum humifusum* und *Juncus bufonius* mit erhöhter Individuenzahl (10 bzw. 7) sowie einmal *Spergularia arvensis* gefunden. Es erscheint allerdings verfrüht, aus diesen Funden gute Kriterien für die Unterschiede zwischen ehemals genutzten und ungenutzten Flächen ab-

leiten zu können. Die Individuenzahl ist zu gering, die Datenrundlage ist sehr lückenhaft und Kontaminationen können nicht ausgeschlossen werden. Weitere Untersuchungen müssen auf quantitativer Ebene mit statistischem Design erfolgen.

Diskussion

In dieser Untersuchung haben sich einige Parameter als verlässliche und andere als unverlässliche Kennzeichen einer ehemaligen Nutzung herausgestellt. Gute Merkmale sind die mächtigen humosen Horizonte der Profile 1 und 3. Entsprechende Horizonte von natürlich entwickelten Böden sind, wie in den Profilen 2 und 4, wesentlich geringer. Mächtige Ah-Horizonte für Böden historisch alter Wälder wurden auch von WULF (1994) gefunden. Der große Vorteil dieses profilmorphologischen Parameters liegt darin, dass er bereits im Gelände Aussagen ermöglicht. Die Unterschiede in der Profilmorphologie führen folglich auch zu unterschiedlichen bodensystematischen Ansprüchen. Während die Profile 1 und 3 nach KA5 (Ad-hoc AG Boden 2005) der Klasse der Kultusole angehören und bodentypologisch einen Plaggenesch (Profil 1) und einen Regosol (Profil 3) darstellen, sind die Profile 2 und 4 zu den natürlichen Böden zu stellen und als Pseudogleye anzusprechen.

Als ebenfalls verlässliche Kennzeichen einer ehemaligen Nutzung haben sich die großen Humusvorräte und die verbesserte Bodenphysik erwiesen. Hier nicht untersucht aber dennoch zu erwarten ist, dass sich daraufhin deutlich verbesserte Lebensbedingungen für die Bodenorganismen eingestellt haben.

Entgegen den Annahmen von WILSON et al. (1997), KOERNER et al. (1997) und VERHEYEN et al. (1999) hat diese Untersuchung gezeigt, dass pH-Werte und die Nährstoff-Dynamik keine verlässlichen Kriterien für eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung rezenter Waldflächen darstellen. Das gleiche gilt für die austauschbaren Kationen, die Kationenaustauschkapazität oder die pflanzenverfügbaren Nährstoffe. Auch RUF & WULF (eingereicht) stellten diesbezüglich keinen eindeutigen Trend fest, der aus bodenkundlicher Sicht allerdings auch nicht erwartet werden kann. Aziditätsunterschiede können geogen präformiert sein oder durch Kalkungen großflächig anthropogen verändert worden sein. Auch Unterschiede in den organischen Auflagen, die in den historisch alten Wäldern häufig mächtiger sind als in den rezenten Wäldern, sind unzuverlässig, weil sie ebenfalls stark standörtlich geprägt sind oder durch Kompensationskalkungen veränderbar sind. Entsprechende Auswirkungen betreffen die Gehalte an Kohlenstoff, Stickstoff, die C/N-Verhältnisse, die damit ebenso als verlässlicher Parameter für eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung rezenter Wälder ausscheiden wie die Stickstoff-Zeigerwerte der Pflanzen. Vermutlich ist hierin auch die Ursache zu suchen, wenn nicht verlässlich eine Anreicherung von ^{15}N gefunden wird (RUF & WULF, eingereicht).

Diese Untersuchung hat ergeben, dass das Phosphat ein eindeutiger Indikator für eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung darstellt. Die Phosphatanreicherung wird seit langem als sicheres Merkmal dafür angesehen (GEBHARDT 1982). Dies trifft allerdings nicht auf jede beliebige ehemalige Landnutzung, wie z. B. Acker, Wiese, Weide oder Heide zu, sondern gilt aufgrund der besonderen Wirtschaftsform nur für die Ackernutzung. Bleibt dies unberücksichtigt, wie es vermutlich bei RUF & WULF (eingereicht) der Fall war, kommt es zu einer Fehleinschätzung des Indikators Phosphat-Gehalt.

Die Frage, ob überdauerungsfähige Samen die Nutzungsgeschichte wiedergeben, konnte nicht abschließend geklärt werden. Selbst wenn weitere Untersuchungen dies bestätigten, spricht der immense Arbeitsaufwand und die Versuchsdauer gegen eine Etablierung dieser Methode für diese Fragestellung.

Eindeutige Kriterien für eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung von heutigen Waldbeständen sind nach den Ergebnissen dieser Untersuchung:

- Profilmorphologie,
- Poren- und Substanzvolumen, Bodendichte,
- Humusvorräte,
- Phosphatanreicherung,
- Phytoopalanreicherung.

Diese Kriterien gelten allerdings nur für eine ehemalige Ackernutzung. Obwohl aus bodenkundlicher Sicht angenommen werden kann, dass die hier gefundenen Indikatoren einer ehemaligen Ackernutzung heutiger rezenter Wälder auch für andere Standorte zu treffen, müssen zur Verifizierung weitere Untersuchungen erfolgen.

Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war es, eindeutige Bodenindikatoren für eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung heutiger rezenter Wälder zu finden. Dazu wurden an zwei Standorten (Stühe und Twiestholz des Forstamtes Hasbruch, Landkreis Oldenburg) mit ähnlichem Baumbestand jeweils eine Fläche, die laut Oldenburger Vogteikarte von 1790 unter Ackernutzung war, und eine Fläche, die damals als Wald dargestellt war, eingehend bodenkundlich untersucht. Die ehemals landwirtschaftlich genutzten, heutigen Waldstandorte unterschieden sich durch mächtigere humusangereicherte Oberböden. Darüber hinaus wiesen sie höhere Phosphatgehalte, höhere Phytoopolgehalte und verbesserte physikalische Eigenschaften mit geringeren Bodendichten auf. Keine Unterschiede bestanden bezüglich der pH-Werte, der austauschbaren Kationen und der C/N-Verhältnisse. Eindeutige Kriterien einer ehemaligen ackerbaulichen Nutzung sind demnach: Profilmorphologie, Bodendichte, Humusvorräte, Phosphatanreicherung und Phytoopalanreicherung.

Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. 5. Aufl. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 438 S.
- BOSSUYT, B. & M. HERMY (2000): Restoration of the understorey layer of recent forest bordering ancient forest. – *Applied Vegetation Science* **3**: 43–50.
- BRUNS, I. (1993): Vergleich der Bodenentwicklung alter Waldböden unter kontinuierlicher Forstnutzung gegenüber Waldböden, die im 18. Jhd. zeitweilig landwirtschaftlich bzw. durch Heidekultur genutzt wurden. – Unveröff. Diplomarbeit, Universität Oldenburg. 104 S.
- DUPOUEY, J. L., E. DAMBRINE, J. D. LAFFITE & C. MOARES (2002): Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. – *Ecology* **83**: 2978–2984.
- ELLENBERG, H., H. E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH, W. WERNER & D. PAULISSEN (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl. – *Scripta Geobotanica* **18**: 1-258.
- FISCHER, A. (1978): Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen. – *Dissertationes Botanicae* 110. Gebrüder Borntraeger, Berlin & Stuttgart. 234 S.
- GEBHARDT H., B. MEYER & F. SCHEFFER (1967): Mineralogische Schnelluntersuchung von Böden mit dem Phasenkontrastmikroskop. – *Zeiss-Mitteilungen* **7**: 309-322.
- GEBHARDT, H. (1982): Phosphatkartierung und bodenkundliche Geländeuntersuchungen zur Eingrenzung historischer Siedlungs- und Wirtschaftsflächen der Geestinseln Flögeln, Kreis Cuxhaven. – *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet* **14**: 1–10.
- JOHANNISSON, C. (1996): ^{15}N abundance as an indicator of N-saturation of coniferous forest. – Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå.
- JUSSY, J. H., W. KOERNER, E. DAMBRINE, J. L. DUPOUEY & M. BENOIT (2002): Influence of former land use on net nitrate production in forest soils. – *European Journal of Soil Science* **53**: 367–374.
- KOERNER, W., J. L. DUPOUEY, E. DAMBRINE & M. BENOIT (1997): Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France. – *Journal of Ecology* **85**: 351–358.
- KOERNER, W., E. DAMBRINE, J. L. DUPOUEY & M. BENOIT (1999): $\delta^{15}\text{N}$ of forest soil and understorey vegetation reflect the former agricultural land use. – *Oecologia* **121**: 421-425.
- LIENEMANN, J. (1989): Anthropogene Böden Nordwestdeutschlands in ihrer Beziehung zu historischen Bodennutzungssystemen. – August Lax, Hildesheim. 117 S.
- MEYER-BRENKEN (1955): *Forstamtschronik des Staatlichen Forstamtes Hasbruch*. – Unveröffentlichtes Manuskript, Forstamts-Bibliothek Hasbruch.
- MUNSELL COLOR (1975): *Munsell Soil Color Charts*. – Munsell Color, Baltimore. 1 Farbkarte + Beilage.
- RUF, A. & M. WULF (eingereicht): The agricultural legacy in forest soil characteristics – a review.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15. Aufl. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg & Berlin.
- SCHLICHTING, E., H.-P. BLUME & K. STAHR (1995): *Bodenkundliches Praktikum: eine Einführung in pedologische Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler*. – Blackwell, Oxford. 295 S.
- THOMPSON, K., J. P. BAKKER & R. M. BEKKER (1997): *The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity*. – Cambridge University Press, Cambridge [u.a.].
- VERHEYEN, K., B. BOSSUYT, M. HERMY & G. TACK (1999): The land use history (1278-1990) of a mixed hardwood forest in western Belgium and its relationship with chemical soil characteristics. – *Journal of Biogeography* **26**: 1115–1128.

- WILSON, B. R., A. J. MOFFAT & S. NORTCLIFF (1990): The nature of soils under ancient woodland in southern England. – *Quarterly Journal of Forestry* **84**: 173–180.
- WILSON, B. R., A. J. MOFFAT & S. NORTCLIFF (1997): The nature of three ancient woodland soils in southern England. – *Journal of Biogeography* **24**: 633–646.
- WULF, M. (1994): Überblick zur Bedeutung des Alters von Lebensgemeinschaften, dargestellt am Beispiel „historisch alter Wälder. – *NNA-Berichte* **7**(3): 3–14

Anschriften der Verfasser:

Christina Lüst & Luise Giani
Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
CvO-Universität Oldenburg
D – 26111 Oldenburg