©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tuexenia 21: 257–271. Göttingen 2001.

Reaktions- und Stickstoffzahlen nach Ellenberg als Indikatoren chemischer Kenngrößen der biologischen Aktivität oberflächennaher Torfe

– Hans Möller, Imke Agena, Anja Wetterau –

Zusammenfassung

Untersuchungen in nordwestdeutschen Mooren ergaben eine sehr gute Zeigerfunktion der Reaktions- und der Stickstoffzahlen nach ELLENBERG für das Glühverlust/Stickstoff-Verhältnis, die Ureaseaktivität und, mit Ausnahme entwässerter Erlenbrüche, den pH-Wert oberflächennaher Torfe.

Abstract: Ellenberg's reaction and nitrogen figures as indicators of chemical data of biological activity in nearsurface peat

Investigations in northwestern German mires have shown that ELLENBERG's reaction and nitrogen figures are very good indicators of loss-on-ignition/nitrogen ratio, urease activity and pH values of nearsurface peat, with the exception of drained alder swamp forests in the last-named case.

Keywords: Ellenberg's indicator values, loss-on-ignition/nitrogen ratio of peat, urease activity of peat, pH value of peat, northwestern German mires.

1. Problemstellung

Die von ELLENBERG (1974, 1979, 1991, 1992) aufgeführten Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas bezeichnen zunächst lediglich das ökologische Verhalten der Pflanzen gegenüber den Klimafaktoren Licht, Temperatur und Kontinentalität sowie hinsichtlich der edaphischen Faktoren Feuchtigkeit, Bodenreaktion, Stickstoffangebot, Salz- und Schwermetallbelastung.

Es hat sich gezeigt, daß die besagten Zeigerzahlen auch andere ökologische Größen indizieren können als solche, auf die sie primär bezogen sind. So fanden SEIDLING & ROHNER (1993) für vier deutsche Waldgebiete eine statistische Abhängigkeit des S-Wertes (Summe der im Boden austauschbar gebundenen basischen Ionen) und des Al/Ca-Verhältnisses des Bodens von der mittleren Reaktionszahl. DEGORSKI (1982) registrierte in polnischen Wäldern eine klare Beziehung zwischen mittlerer Reaktionszahl und Gehalt des Oberbodens an austauschbarem Calcium. MÖLLER (1997) ermittelte die Reaktions- und Stickstoffzahlen als Indikatoren für die Humusform terrestrischer Waldböden im Raum Hannover.

Im folgenden soll die Zeigerfunktion der Reaktions- und der Stickstoffzahlen von Pflanzengesellschaften nordwestdeutscher Moore für das Glühverlust/Stickstoff-Verhältnis (GV/N-Verhältnis), die Ureaseaktivität und den pH-Wert oberflächennaher Torfe untersucht werden.

Die Relation zwischen organischer Bodensubstanz und ihrem Stickstoffgehalt ist ein Maß für die biologische Aktivität zumindest von natürlichen und naturnahen Böden. Sie wird meist über das C/N-Verhältnis ausgedrückt (Verminderung der biotischen Bodentätigkeit mit zunehmendem C/N-Verhältnis der organischen Bodensubstanz; vgl. u.a. v. ZEZSCHWITZ 1968, GÖTTLICH 1980, REHFUESS 1990, SCHROEDER 1992).

Bei den vorliegenden Torfen verwenden wir anstelle des C/N-Quotienten das Glühverlust/Stickstoff-Verhältnis: Die organische Substanz von Torfen läßt sich direkt und zudem technisch einfach über den Glühverlust bestimmen. Hygroskopisch an Ton gebundenes Wasser in der bei 105°C vorbehandelten Probe (s. 2.2), das als solches in den Glühverlust eingeht, fällt bei Torfen gegenüber der organischen Substanz nicht ins Gewicht.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Unter Annahme eines mittleren C-Gehaltes der organischen Bodensubstanz von 50 % (vgl. u.a. SCHROEDER 1992, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998) gilt:

organisch gebundener Kohlenstoff (C_{org}) [%] = ca. 0,5 Glühverlust (GV) [%]

C/N = ca. 0,5 GV/N

Auch die Ureaseaktivität des Bodens steht in einer engen Beziehung zu seiner biologischen Tätigkeit: In Böden terrestrischer Waldökosysteme konnte eine hohe Koinzidenz von Ureaseaktivität und Humusform, dem morphologischen Ausdruck der biologischen Bodentätigkeit, nachgewiesen werden (s. MÖLLER 1981a, 1981b, 1987a, 1987b). In nordwestdeutschen Erlenwäldern zeigte sich eine enge Abhängigkeit der Ureaseaktivität des Torfs von seiner (nach dem C/N-Verhältnis beurteilten) biologischen Aktivität (s. MÖLLER 1979).

Unter sonst vergleichbaren standörtlichen Bedingungen nimmt die biotische Aktivität humushaltiger Horizonte (humoser A-Horizont, belebte Torfe) mit steigendem pH-Wert bis in den schwach alkalischen Bereich hinein zu (vgl. hierzu z.B. SCHROEDER 1992, Abb. 37).

2. Methoden

2.1. Kennwert der Zeigerzahlen einer Pflanzengesellschaft

Die Zeigerzahlen der Arten eines Pflanzenbestandes (dieser wiedergegeben durch eine Vegetationsaufnahme) oder einer Pflanzengesellschaft (diese vertreten durch eine Vegetationstabelle) können in verschiedener Weise durch einen einzigen Kennwert repräsentiert werden, so

a) durch Erfassung der zentralen Tendenz einer Zeigerzahlenreihe,

aa) durch das arithmetische Mittel der Zeigerzahlen,

ab) durch den Median der Zeigerzahlen mit Angabe seiner Position innerhalb der Medianklasse (s. MÖLLER 1992b, 1997),

b) durch einen Quotienten auf der Basis von zwei Klassen von Zeigerzahlen („Zeigerzahlen-Index") (s. MÖLLER 1987c, 1997).

Die Berechnung des arithmetischen Mittels von Zeigerzahlen ist mathematisch nicht unbedenklich:

1. Die Zeigerzahlen sind ordinale und keine kardinalen Größen.
2. Die Zeigerzahlen der Arten eines Pflanzenbestandes oder einer Vegetationstabelle sind in vielen Fällen auch nicht annähernd normal, d.h. im Sinne der Gaußschen Glockenkurve, verteilt (vgl. z.B. MÖLLER 1987c).

Näheres zur mathematischen Problematik des arithmetischen Mittels der Zeigerzahlen s. MÖLLER (1992b, 1997).

Wird vom arithmetischen Mittel der Zeigerzahlen ohne vorherige Eichung an Meßwerten auf den Standort geschlossen, so besteht der „Anfangsverdacht" einer minder scharfen Aussage als bei Verwendung mathematisch einwandfreier Zeigerzahlen-Kennwerte. Korreliert das arithmetische Mittel von Zeigerzahlen jedoch auf sehr hohem Niveau (Bestimmtheitsmaß ≥ 80 %) mit Meßwerten der Zielgröße, so verwenden wir es im folgenden anstelle der mathematisch einwandfreien Alternativen Median mit Angabe seiner Position in der Medianklasse (dessen Nachteil: höherer Rechenaufwand) und Zeigerzahlen-Index (dessen Nachteil: keine Wiedergabe einer Zeigerwertstufe). Wir relativieren hiermit die Empfehlung von MÖLLER (1997, S. 362/363), als Kennwert für eine Zeigerzahlen-Reihe generell den Median mit Positionsangabe vorzuziehen.

Im übrigen korrelieren bei den vorliegenden Zeigerzahlen, wie im Falle terrestrischer Wälder im Raum Hannover (s. MÖLLER 1997), arithmetisches Mittel und (nach MÖLLER 1997 in einen dezimalen Rechenwert transformierter) Median mit Positionsangabe auf so hohem Niveau, daß beide Kenngrößen austauschbar sind: Der entsprechende Koeffizient beträgt bei den Reaktionszahlen 0,997 und bei den Stickstoffzahlen 0,995.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Bei der Berechnung des arithmetischen Mittels der Zeigerwerte fanden alle im jeweiligen Bestand vorhandenen Phanerogamen-Spezies Berücksichtigung, ungeachtet der Schicht oder der Anzahl der Schichten, in welcher die Arten im jeweiligen Bestand auftraten. Die Zeigerzahlen von Arten mit einem Deckungsgrad ≥ 50 % in mindestens einer Schicht wurden dreifach, die übrigen Spezies einfach gewichtet. Eine solche unterschiedliche Verrechnung der Zeigerzahlen ist angebracht, da eine Art bei Dominanz die Standortqualität i.a. treffsicherer ausdrückt als bei einem geringeren Deckungsgrad bzw. als es andere nicht dominante Arten tun. Alle Spezies wurden auch entsprechend ihrer Stetigkeit in der Vegetationstabelle gewichtet.

Den vorliegenden Untersuchungen liegen die Zeigerzahlen von ELLENBERG (1992) zugrunde.

Die Reaktionszahlen bedeuten:

1 Starksäurezeiger
3 Säurezeiger
5 Mäßigsäurezeiger
7 Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger
9 Basen- und Kalkzeiger

Die Stickstoffzahlen bedeuten:

1 stickstoffärmste Standorte anzeigend
3 auf stickstoffarmen Standorten häufiger als auf mittelmäßigen bis reichen
5 mäßig stickstoffreiche Standorte anzeigend, an armen und reichen seltener
7 an stickstoffreichen Standorten häufiger als an armen bis mittelmäßigen
8 ausgesprochener Stickstoffzeiger
9 an übermäßig stickstoffreichen Standorten konzentriert

Die geraden Werte stellen jeweils Zwischenstufen dar.

BÖCKER et al. (1983) fordern, bei mittleren Zeigerwerten nur eine Dezimale hinter dem Komma anzuführen. Wir folgen dieser Empfehlung, sofern sich der Mittelwert auf eine pflanzensoziologische Grundgesamtheit (Gesamtheit aller Bestände der betreffenden Gesellschaft) beziehen soll. Geben wir für eine Stichprobe aus einer Pflanzengesellschaft, wie im vorliegende Fall, zwei Dezimalen hinter dem Komma an, so soll damit lediglich ein empirischer statistischer Befund wiedergegeben werden. (Bestehen Zweifel an der Richtigkeit der Artenansprache oder an der Vollständigkeit der Artenliste, so ist auch bei Stichproben die Angabe nur einer Dezimale hinter dem Komma angebracht.)

2.2. Bodenuntersuchungen

Humifizierungsgrad des Torfs: n. v. POST (vgl. BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG 1994).

Bestimmung des Bodenvolumengewichts: Entnahme der Probe am gewachsenen Boden mit einem 100 ml-Stahlblechzylinder (Höhe = 4 cm) und Ermittlung des Trockensubstanzgewichts nach Trocknung an der Luft (Trocknung an der Luft, da die Ureaseanalysen am lufttrockenen und nicht am auf 105°C getrockneten Boden durchgeführt wurden).

Bestimmung des Glühverlustes: durch Verglühen des bei 105°C im Trockenschrank getrockneten Bodens im Muffelofen im Bereich von 550–800°C bis zur Gewichtskonstanz.

Bestimmung des organisch gebundenen Stickstoffs: nach KJELDAHL (vgl. STEUBING & FANGMEIER 1992), jedoch am auf 105°C im Trockenschrank getrockneten (und nicht am lufttrockenen) Boden. (Die Berechnung des GV/N-Verhältnisses setzt die gleiche Vorbehandlung der Proben für die Bestimmung des Glühverlusts und des Stickstoffs voraus.)

Der nach dem KJELDAHL-Verfahren ermittelte Gehalt an „organisch gebundenem Stickstoff" umfaßt auch das austauschbare und das gelöste Ammonium (NH_4^+), das jedoch mengenmäßig gegenüber dem organisch gebundenen Stickstoff zu vernachlässigen ist. Nitrat (NO_3^-) wird durch die vorliegende Methode nicht erfaßt, fällt jedoch gleichfalls gegenüber dem organisch gebundenen Stickstoff nicht ins Gewicht. Der nach KJELDAHL bestimmte Stickstoff ist somit mengenmäßig weitgehend identisch mit dem organisch gebundenen Stickstoff als auch mit dem Gesamtstickstoff. Dies gilt zumal für die Torfe mit ihrem hohen Gehalt an organischer Substanz.

Bestimmung der Ureaseaktivität nach KANDELER & GERBER, „gepufferte Methode" (vgl. SCHINNER et al. 1991), jedoch am lufttrockenen Boden.

Bestimmung des pH-Werts: elektrometrisch am naturfeuchten Boden am Tag nach der Probenahme unter Zusatz von 0,01 M $CaCl_2$-Lösung [= pH($CaCl_2$)] (Volumenverhältnis Boden : Flüssigkeit = 1 : 2,5) in Flüssigkeit unter dem schwimmendem Torfmaterial.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Die Bodenanalysen erfolgten an der oberen Torfschicht (Bereich 2–10 cm), „aus der ja die Pflanzen vorwiegend ihre Nahrung beziehen" (ELLENBERG 1996, S. 473).

Als Ureaseaktivität einer Bodenprobe wurde das arithmetische Mittel aus zwei Parallelanalysen angegeben, bei den übrigen Bodenfaktoren verwandten wir die Ergebnisse von Einzelbestimmungen.

Für die Bestimmung des Glühverlustes (GV) und des organisch gebundenen Stickstoffs (N) ergaben sich folgende relative Meßfehler: GV ± 5,37 %
N ± 5,59 %

2.3. Statistische Verfahren zur Verrechnung der Meßdaten

Zweifache Varianzanalyse, unbalancierter Fall, gemäß WEBER (1980).

Berechnung des PEARSONschen Korrelationskoeffizienten, Regressionsanalyse, Bestimmung des Meßfehlers von Bestimmungsmethoden gemäß RENNER (1970).

Zum Teil ergab sich erst nach der Transformation der x- und/oder der y-Werte in Logarithmen bzw. in Wurzelwerte eine lineare Beziehung zwischen zwei Größen.

Die angegebenen arithmetischen Mittel der Volumengewichte, der GV/N-Verhältnisse und der Ureaseaktivität sowie die Mediane der pH-Werte basieren bei mehreren Untersuchungszeitpunkten auf der Gesamtheit der Einzeldaten von allen Untersuchungszeitpunkten.

Statistische Symbole
$\overline{X}$ = arithmetisches Mittel
s = Standardabweichung
$\overline{X}_{Rz}$ = arithmetisches Mittel der Reaktionszahlen
$\overline{X}_{Nz}$ = arithmetisches Mittel der Stickstoffzahlen
Md = Median (=Zentralwert)
r = Korrelationskoeffizient nach Pearson
B (= r^2)= Bestimmtheitsmaß
$\tilde{x}$ = transformierter x-Wert
$\tilde{y}$ = transformierter y-Wert
n = Umfang der Stichprobe
P = Überschreitungswahrscheinlichkeit

Die Überprüfung der Korrelationskoeffizienten auf Signifikanz erfolgte auf dem 5 %-Niveau. Die hinter den Korrelationskoeffizienten angeführten Sternsymbole bezeichnen den Signifikanzgrad. Es bedeuten: : $P \leq 0{,}1$ %, : $P \leq 1$ %, : $P \leq 5$ %.

2.4. Übrige Abkürzungen und Symbole

(n.p.) = nicht veröffentlichte Staatsexamensarbeit
n.p. = nicht veröffentlichtes Datenmaterial ohne Textbezug
GV = Glühverlust
GV/N = Glühverlust/organisch gebundener Stickstoff

3. Untersuchte Ökosysteme

Als Öksystem gilt hier der biotisch-abiotische Komplex im Bereich einer Pflanzengesellschaft. Tabelle 1 nennt die Pflanzengesellschaften und die Herkunft der Vegetationsaufnahmen, welche der Berechnung der mittleren Zeigerzahlen zugrundegelegt wurden. In Tabelle 2 sind für die einzelnen Ökosysteme Anzahl der Untersuchungsgebiete, der Untersuchungsflächen, der Untersuchungszeitpunkte, der analysierten Torfproben sowie die Herkunft der bodenanalytischen Daten aufgeführt.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tabelle 1: Untersuchte Pflanzengesellschaften und Herkunft der Vegetationsaufnahmen

Öko-system	Pflanzengesellschaft	Herkunft der Vegetationsaufnahmen
1	**Offene Gesellschaften auf teil-entwässertem Hochmoor**	
1.I	*Eriophorum vaginatum*-DG (*Oxycocco-Sphagnetea* Br.-Bl. et Tx. 1943)	Wetterau 1996 (n.p.)
1.II	*Erica tetralix*-Dominanzgesellschaften (*Ericion tetralicis* Schwick. 1933)	
1.IIA	Reine *Erica tetralix*-DG	Agena 1996 (n.p.)
1.IIB	*Calluna vulgaris*-reiche *Erica tetralix*-DG, arm an *Molinia caerulea*	Wetterau 1996 (n.p.)
1.IIC	*Calluna vulgaris*-reiche *Erica tetralix*-DG, reich an *Molinia caerulea*	Möller 1992a
1.III	*Calluna vulgaris*-Dominanzgesellschaften	
1.IIIA	Reine *Calluna vulgaris*-DG	Agena 1996 (n.p.)
1.IIIB	*Vaccinium myrtillus*-reiche *Calluna vulgaris*-DG	Wetterau 1996 (n.p.)
1.IV	*Empetrum nigrum*-DG (*Oxycocco-Sphagnetea* Br.-Bl. et Tx. 1943)	Agena 1996 (n.p.)
1.V	*Molinia caerulea*-Dominanzgesellschaften	
1.VA	Reine *Molinia caerulea*-Dominanzgesellschaft	Agena 1996 (n.p.)
1.VB	*Erica tetralix*-reiche *Molinia caerulea*-DG	Möller 1992a
2	***Carici canescentis-Agrostietum caninae*** Tx. 1937	Möller 1990 n.p.
3	***Peucedano-Calamagrostietum canescentis*** Weber 1978	Möller 1990 n.p.
4	***Vaccinium myrtillus-Betula pendula-Pinus sylvestris*-Gesellschaft**	Wetterau 1996 (n.p.)
5	***Betula pubescens*-Gesellschaften**	
5.I	*Eriophorum vaginatum-Betula pubescens*-Ges.	Agena 1996 (n.p.)
5.II	*Sphagnum palustre-Betula pubescens*-Ges.	Möller 1996 n.p.
6	***Carici elongatae-Alnetum glutinosae*** W. Koch 1926	
6.I	Subassoziation von *Sphagnum* Möller 1970	Möller 1996 n.p.
6.II	Trennartenfreie Subassoziation Möller 1970, undifferenziert	Möller 1996 n.p.
6.III	Subassoziation von *Filipendula ulmaria* Möller 1970	Möller 1996 n.p.
7	***Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum glutinosae*** Möller 1979	
7.I	Subassoziation *lysimachietosum* Möller 1979	Möller 1996 n.p.
7.II	Subassoziation *phalaridetosum arundinaceae* Möller 1979	
7.IIA	Variante von *Caltha palustris* Möller 1979	Möller 1996 n.p.
7.IIB	Variante von *Equisetum maximum* Möller 1979	Möller 1996 n.p.
8	**Entwässerte Erlenbrüche**	
8.I	Lokalität Schulensee	Möller 1996 n.p.
8.II	Lokalität Postsee	Möller 1996 n.p.
8.III	Lokalität Ehlersdorf	Möller 1996 n.p.

DG = Dominanzgesellschaft

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tabelle 2: Anzahl der Untersuchungsgebiete, der Untersuchungsflächen, der Untersuchungszeitpunkte, der Bodenproben sowie Herkunft der Bodendaten

Ökosystem	Untersuchungsgebiete	Untersuchungsflächen	Untersuchungszeitpunkte	untersuchte Proben	Herkunft der Bodendaten
1.I	1	3	3	9	Wetterau 1996 (n.p.)
1.IIA	1	6	3	18	Agena 1996 (n.p.)
1.IIB	1	7	3	21	Wetterau 1996 (n.p.)
1.IIC	1	6	4	24	Möller 1992a, 1996 n.p.
1.IIIA	1	7	3	21	Agena 1996 (n.p.)
1.IIIB	1	7	3	21	Wetterau 1996 (n.p.)
1.IV	1	6	3	18	Agena 1996 (n.p.)
1.VA	1	7	3	21	Agena 1996 (n.p.)
1.VB	1	6	4	24	Möller 1992a, 1996 n.p.
2	1	3	4	12	Möller 1990 n.p., 1996 n.p.
3	1	5	4	20	Möller 1990 n.p., 1996 n.p.
4	1	7	3	21	Wetterau 1996 (n.p.)
5.I	1	5	3	15	Agena 1996 (n.p.)
5.II	4	4	1	4	Möller 1996 n.p.
6.I	3	3	1	3	Möller 1996 n.p.
6.II	6	6	1	6	Möller 1996 n.p.
6.III	3	4	1	4	Möller 1996 n.p.
7.I	4	4	1	4	Möller 1996 n.p.
7.IIA	4	4	1	4	Möller 1996 n.p.
7.IIB	1	3	1	3	Möller 1996 n.p.
8.I	1	3	1	3	Möller 1996 n.p.
8.II	1	2	1	2	Möller 1996 n.p.
8.III	1	3	1	3	Möller 1996 n.p.
Summe		111		281	

Untersuchungsorte der Ökosysteme (= ÖS) (mit Angabe der Topographischen Karte 1:25000):

ÖS 1.I, 1.IIB, 1.IIIB, 4: Totes Moor bei Neustadt (3422); ÖS 1.IIA, 1.IIIA, 1.IV, 1.VA, 5.I: Löhmoor bei Rotenburg/W. (2722); ÖS 1.IIC, 1.VB, 2, 3: Tunschlikers Moor bei Stinstedt (2320); ÖS 5.II: Hoheneichen (1727), Behl (1828), Heiliges Meer bei Hopsten (3611), Mardorf (3522); ÖS 6.I: Hoheneichen (1727), Behl (1828), Mardorf (3522); ÖS 6.II: Hoheneichen (1727), Görnitzer See (1728), Behl (1828), Pogeez (2230), Heiliges Meer bei Hopsten (3611), Niendorf (2829); ÖS 6.III: Dersau (2 Flächen) (1828), Sielbeck (1829), Pogeez (2230); ÖS 7.I: Hennstedt (1924), Homfeld (1924), Tönsheide (1924), Bienenbüttel (2828); ÖS 7.IIA: Hohenhude (1725), Vierersee (1828), Höltenklinken (2227), Ukleisee (1829); ÖS 7.IIB: Einhaus (2230); ÖS 8.I: Schulensee (1726); ÖS 8.II: Postsee (1727); ÖS 8.III: Ehlersdorf (1731).

4. Ergebnisse und Diskussion

In den Tabellen 3 und 4 sind die mittleren Reaktions- und Stickstoffzahlen sowie die Bodendaten der einzelnen Ökosysteme zusammengestellt.

Die Abbildungen 1 bis 4 dokumentieren, daß sowohl das arithmetische Mittel der Reaktionszahlen als auch das der Stickstoffzahlen sehr gute Indikatoren für das GV/N-Verhältnis und die Ureaseaktivität der untersuchten Torfe sind. Sämtliche Bestimmtheitsmaße liegen oberhalb von 80 %.

Das Bestimmtheitsmaß gibt an, zu welchem Anteil die Schwankungen des Merkmals y (zumindest rechnerisch) aus den Schwankungen des Merkmals x abgeleitet werden können.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tabelle 3: Mittlere Reaktionszahlen ($\overline{X}_{Rz}$) und mittlere Stickstoffzahlen ($\overline{X}_{Nz}$) der Pflanzengesellschaften; Glühverlust/Stickstoff-Verhältnis (GV/N), pH-Wert und Ureaseaktivität des oberflächennahen Torfs

Ökosystem	$\overline{X}_{Rz}$	$\overline{X}_{Nz}$	GV/N ($\overline{X} \pm s$)	pH($CaCl_2$) (Md)	Ureaseaktivität [mg NH_3-N· (100ml Boden)$^{-1}$·(2h)$^{-1}$] ($\overline{X} \pm s$)
1.I	2,47	1,65	59,5 ± 6,9	2,8	0,51 ± 0,22
1.IIA	1,83	1,83	67,6 ± 4,1	2,6	1,13 ± 0,59
1.IIB	1,66	1,74	76,8 ± 4,5	2,7	0,76 ± 0,41
1.IIC	1,74	1,84	69,3 ± 10,2	2,8	1,06 ± 0,51
1.IIIA	1,38	1,52	83,7 ± 19,9	2,5	0,73 ± 0,39
1.IIIB	1,53	1,64	74,1 ± 22,2	2,7	0,75 ± 0,36
1.IV	2,10	1,97	73,1 ± 14,5	2,6	0,46 ± 0,26
1.VA	2,25	2,07	61,1 ± 12,3	2,7	0,81 ± 0,58
1.VB	1,78	2,00	64,0 ± 7,0	2,9	1,43 ± 0,57
2	3,44	2,52	55,7 ± 2,6	3,9	1,99 ± 0,80
3	4,75	4,38	48,1 ± 6,9	3,7	3,08 ± 1,44
4	1,93	2,69	61,2 ± 13,3	2,7	0,65 ± 0,24
5.I	2,61	2,08	76,9 ± 15,4	2,7	0,43 ± 0,26
5.II	3,38	2,93	51,7 ± 8,8	3,2	1,76 ± 1,21
6.I	4,80	4,17	39,1 ± 2,1	3,2	3,07 ± 1,31
6.II	5,65	5,43	33,0 ± 1,3	5,6	4,31 ± 1,02
6.III	6,40	5,97	28,5 ± 4,1	6,0	9,29 ± 4,84
7.I	5,78	5,54	33,2 ± 3,7	5,2	2,95 ± 2,29
7.IIA	6,39	6,20	31,4 ± 3,0	6,2	6,85 ± 5,21
7.IIB	6,59	6,20	23,7 ± 14,6	6,2	5,15 ± 2,05
8.I	6,27	7,00	28,6 ± 0,5	5,4	11,00 ± 4,11
8.II	5,68	5,70	31,6 ± 0,1	3,8	6,36 ± 4,65
8.III	6,38	7,82	27,5 ± 0,2	4,1	4,77 ± 0,03

Als Bezugsbasis für die Ureaseaktivität wurde der Bodenraum (hier 100 ml Boden) gewählt: Relevant für die Pflanzen sind nicht die in einer definierten Bodenmasse (z.B. 100 g Boden) oder in einer Masse mit einem definierten Gehalt an organischer Substanz (z.B. Masse pro g GV), sondern die in der Masse eines definierten Boden r a u m s gegebenen Verhältnisse (vgl. u.a. SCHLICHTING et al. 1995, S. 216; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998, S. 249 u. S. 445). Das Erfordernis, Enzymaktivitäten (sowie Mineralstoffgehalte) auf den Bodenraum zu beziehen, gilt insbesondere beim Vergleich von Bodenmaterial mit deutlich verschiedenen Volumengewichten wie bei den analysierten Torfen (s. Tab. 4). So demonstriert eine Gegenüberstellung von Daten der Ökosysteme 5.II und 8.III (s. Tab. 5): Beide Einheiten besitzen eine ungefähr gleichhohe Ureaseaktivität pro 100 g oberflächennahen Torfs. Nach den Reaktions- und den Stickstoffzahlen zu urteilen, dürften die beiden Ökosysteme aber standörtlich deutlich differieren. In eben diese Richtung weisen auch die deutlich unterschiedlichen Ureaseaktivitäten pro Bodenraum. Die annähernd gleichgroßen auf die Masse bezogenen Ureasewerte bei offensichtlich sehr verschiedener Torfqualität resultieren daraus, daß im Ökosystem 5.II 100g oberflächennahen Torfs einen ca. dreimal so großen Raum einnehmen wie im Ökosystem 8.III.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tabelle 4: Humifizierungsgrad, Volumengewicht und Glühverlust des oberflächennahen Torfs

Ökosystem	Humifizierungsgrad n. v. POST	Volumengewicht [g Boden (100ml Boden)$^{-1}$] ($\bar{X}$)	Glühverlust [g · (100g Boden)$^{-1}$] ($\bar{X} \pm s$)
1.I	7–9	26,7	87,5 ± 7,0
1.IIA	8–9	20,9	91,4 ± 1,9
1.IIB	6–8	20,4	92,4 ± 2,3
1.IIC	8–9	19,6	93,7 ± 2,1
1.IIIA	9–10	26,0	90,6 ± 2,9
1.IIIB	7–9	19,9	92,7 ± 2,8
1.IV	8–9	19,5	94,8 ± 2,2
1.VA	7–10	19,1	93,7 ± 2,3
1.VB	8–9	20,2	91,5 ± 1,5
2	4	7,7	93,2 ± 0,7
3	7–8	13,8	90,2 ± 3,2
4	9	21,3	90,5 ± 4,5
5.I	3–4	11,2	95,9 ± 2,3
5.II	4–5	9,8	91,9 ± 5,5
6.I	5–6	13,7	93,1 ± 2,8
6.II	6–8	15,7	84,5 ± 5,4
6.III	9–10	26,9	49,3 ±19,6
7.I	9–10	17,6	69,0 ±18,4
7.IIA	9–10	17,0	64,4 ±17,4
7.IIB	10	18,9	43,4 ±25,4
8.I	10	18,1	75,2 ±12,0
8.II	10	15,3	91,1 ± 1,1
8.III	10	28,4	51,6 ± 1,1

Tabelle 5: Vergleich von zwei Ökosystemen bezüglich der Ureaseaktivität (UA) [mg NH_3-N· (100ml Boden)$^{-1}$·(2h)$^{-1}$] pro Bodenmasse und pro Bodenraum

Ökosystem	UA·(100g B.)$^{-1}$	UA·(100ml B.)$^{-1}$	$\bar{X}_{Rz}$	$\bar{X}_{Nz}$	g B.·(100g B.)$^{-1}$	ml B.·(100g B.)$^{-1}$
5.II	17,95	1,76	3,38	2,93	9,8	1020
8.III	16,80	4,77	6,38	7,82	28,4	352

In jenen Fällen, in denen die Ureaseaktivität auf denselben Moorflächen zu 3 bzw. 4 verschiedenen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode bestimmt wurde (s. Tab. 2), zeigten sich keine signifikanten saisonalen Schwankungen (Test: Zweifache Varianzanalyse; A-Gruppen = Ökosysteme; B-Gruppen = Untersuchungszeitpunkte; 5%-Signifikanzniveau). Ebenfalls die von MÖLLER in terrestrischen Waldökosystemen durchgeführten Untersuchungen ergaben keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den zu 4 bzw. 6 verschiedenen Zeitpunkten einer Vegetationsperiode im Humuskörper ermittelten Ureaseaktivitäten (MÖLLER n.p. i. Verbdg. mit MÖLLER 1987a, 1987b, 1990). Auch BURNS (1978) registrierte eine saisonale Unabhängigkeit der Ureaseaktivität des Bodens. Auf eine relativ hohe Konstanz von Enzymaktivitäten des Bodens haben bereits u.a. HOFMANN & HOFFMANN (1955) hingewiesen. Als Ursache hierfür nennen sie eine weitgehende Sorbierung und damit Immobilisierung der von Mikroorganismen bzw. Pflanzen und Bodentieren erzeugten Enzyme durch die Ton- und die Humussubstanz. Wir gehen demnach davon aus, daß auch die von uns für ein Ökosystem zu einem einzigen Zeitpunkt in der Vegetetationsperiode ermittelte Ureaseaktivität repräsentativ für dieses Ökosystem ist. Es sei jedoch darauf aufmerksam gemacht, daß u.a. PALMA & CONTI (1990; zit. n. ALEF 1991) eine Abhängigkeit der Ureaseaktivität des Bodens von der Jahreszeit feststellten.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

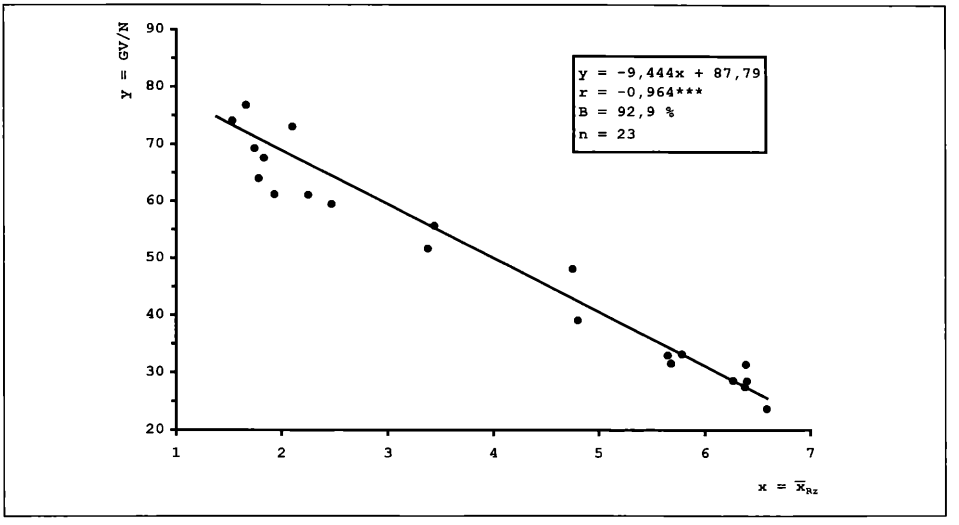


Abb. 1: Abhängigkeit des mittleren Glühverlust/Stickstoff-Verhältnisses (GV/N) des oberflächennahen Torfs von der mittleren Reaktionszahl ($\overline{X}_{Rz}$).

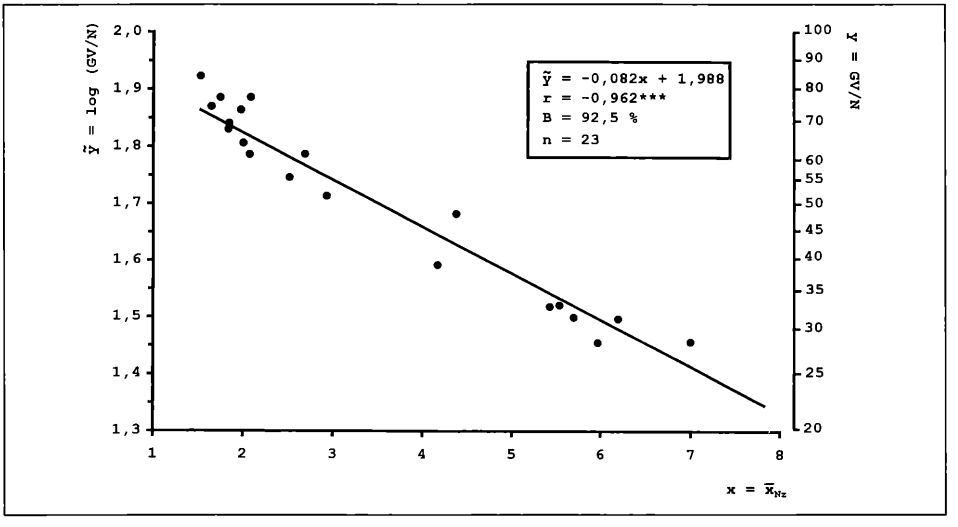


Abb. 2: Abhängigkeit des mittleren Glühverlust/Stickstoff-Verhältnisses (GV/N) des oberflächennahen Torfs von der mittleren Stickstoffzahl ($\overline{X}_{Nz}$).

Abbildung 5 zeigt eine enge Abhängigkeit der Ureaseaktivität pro 100 ml Boden vom GV/N-Verhältnis. Dies bedeutet: Ist der GV/N-Quotient ein Maß für die biologische Bodenakivität, so wird diese zumindest bei den vorliegenden Torfen auch durch die Ureaseaktivität erfaßt.

Sowohl die mittleren Reaktions- als auch die mittleren Stickstoffzahlen indizieren, entwässerte Erlenwälder ausgenommen, die pH($CaCl_2$)-Werte des oberflächennahen Torfs relativ gut (vgl. Abb. 6 und 7): Niedrige $\overline{X}_{Rz}$- und niedrige $\overline{X}_{Nz}$-Werte (< 3) sind durchgehend mit niedrigen pH($CaCl_2$)-Zahlen verbunden. Im Bereich höherer Reaktions- und Stickstoffzahlen (> 5) liegen die pH($CaCl_2$)-Zahlen der nicht entwässerten Moore (Ökosysteme 6.II, 6.III, 7.I, 7.IIA, 7IIIB) sämtlich oberhalb von 5, während die entsprechenden Werte aus

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

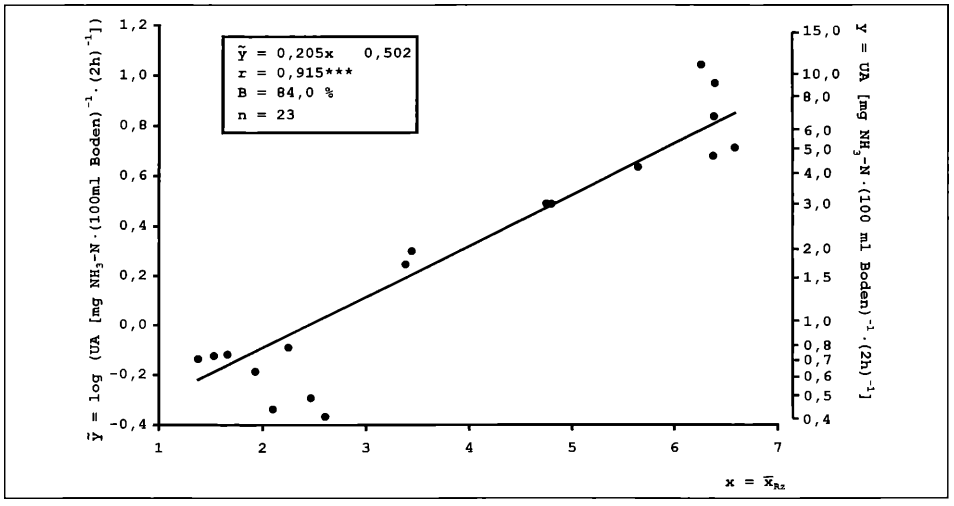


Abb. 3: Abhängigkeit der mittleren Ureaseaktivität (UA) des oberflächennahen Torfs von der mittleren Reaktionszahl ($\overline{X}_{Rz}$).

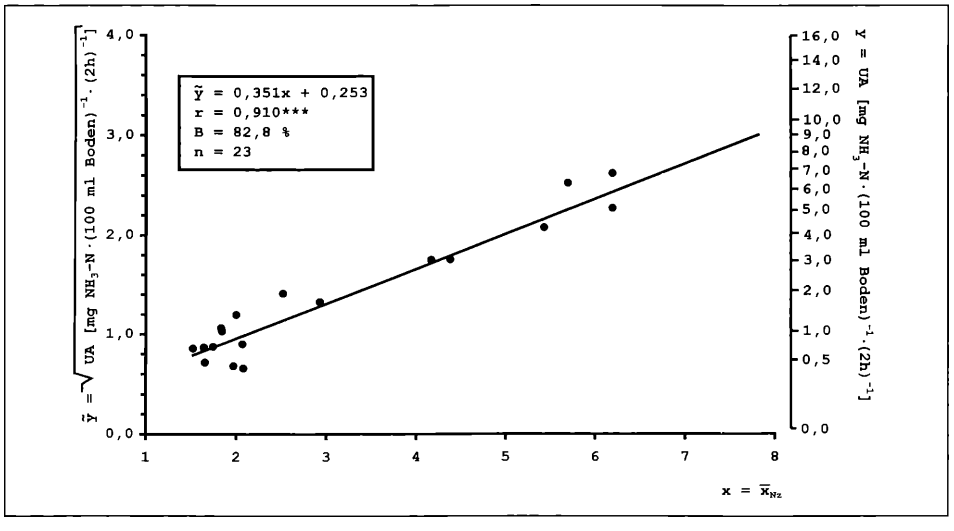


Abb. 4: Abhängigkeit der mittleren Ureaseaktivität (UA) des oberflächennahen Torfs von der mittleren Stickstoffzahl ($\overline{X}_{Rz}$).

Erlenbrüchen mit abgesenktem Grundwasser bis auf ca. 4 abfallen können (Ökosysteme 8.II, 8.III). Auch der Torf solcher Erlenwälder dürfte sich unter dem Einfluß eines basenreichen Grundwassers gebildet haben, aber nach der Absenkung des Grundwasserspiegels versauert sein (verminderte Pufferung durch Ausbleiben der Zufuhr von Kalziumhydrogenkarbonat durch das Grundwasser). Dies läßt sich zumindest für das Ökosystem 8.III nachweisen, wo 1968 im oberflächennahen Torf ein pH(1M KCl)-Wert von 6,8 gemessen wurde (vgl. MÖLLER 1970), während er 1996 auf einen mittleren pH($CaCl_2$)-Wert von 4,1 abgefallen war. (In 1M KCl gemessene pH-Werte dürften sich nicht wesentlich von in 0,01 M $CaCl_2$ bestimmten Werten unterscheiden.)

Ebenfalls in terrestrischen Wäldern (Raum Hannover) sind hohe Reaktionszahlen teils mit hohen, teils mit niedrigen pH($CaCl_2$)-Zahlen (Spanne ca. 4 bis 6,5) verbunden. Es ist anzunehmen, daß hier ursprünglich schwach saure bis schwach alkalische, aber gering

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

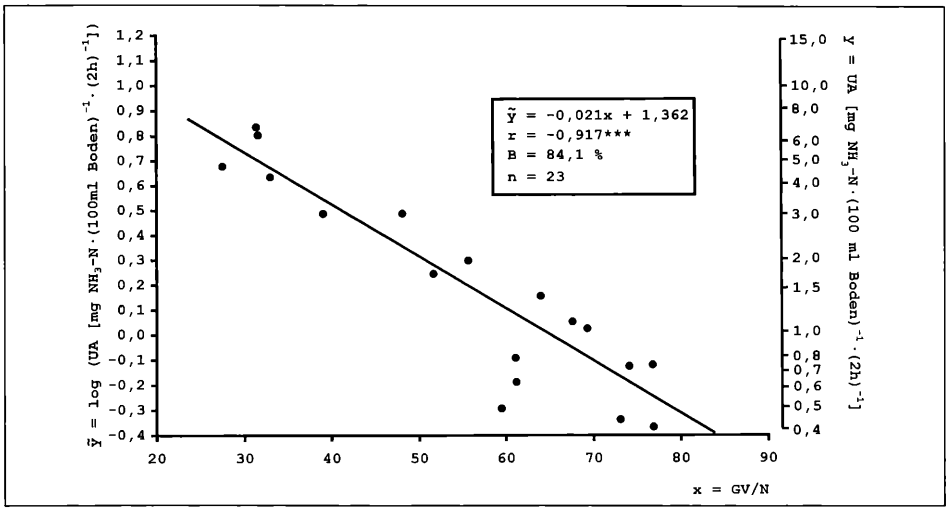


Abb. 5: Abhängigkeit der mittleren Ureaseaktivität (UA) vom mittleren Glühverlust/Stickstoff-Verhältnis (GV/N) im oberflächennahen Torf.

gepufferte Böden durch die sauren Depositionen der letzten Jahrzehnte merklich versauert sind (vgl. jeweils MÖLLER 1997).

Bleiben die entwässerten Erlenwälder (Ökosysteme 8.I, 8.II, 8.III) außer Betracht, so indizieren die Reaktionszahlen zumindest annähernd jene pH-Bereiche, welche sie nach ELLENBERG (1992) bezeichnen sollen (vgl. die Regressionsgerade in Abbildung 6) (z.B. pH = ca. 3 bei $\overline{X}_{Rz}$ = ca. 3, pH = ca. 6,5 bei $\overline{X}_{Rz}$ = ca. 6).

Die vorliegenden mittleren Reaktionszahlen sind auf sehr hohem Niveau mit mittleren Stickstoffzahlen annähernd gleicher Höhe korreliert (s. Abb. 8). Ein ähnlicher Zusammenhang ergab sich für mesophile Wälder der Region Hannover (s. MÖLLER 1997).

Eine Verbindung von Reaktionszahlen mit Stickstoffzahlen gleicher Größe gilt nicht allgemein: Bei Gesellschaften auf trockenen Böden über Kalkgestein können mit hohen Reaktionszahlen niedrige Stickstoffzahlen korrelieren. So ergaben sich nach BÖCKER et al. (1983) für 7 Assoziationen des Verbandes *Quercion pubescenti-petraeae* Süddeutschlands bei mittleren Reaktionszahlen von 6,7 bis 7,7 (Median: 7,2) mittlere Stickstoffzahlen von 3,0 bis 5,1 (Median: 3,4). ROGISTER (1978) registrierte im *Quercetum pubescenti-petraeae* („*Querceto-Lithospermetum*") sogar eine negative Korrelation von Reaktions- und Stickstoffzahlen.

Tabelle 6: Indikation der Haupttrophiestufen durch mittleres Glühverlust/Stickstoff-Verhältnis, mittlere Ureaseaktivität und zentralen pH-Wert* des oberflächennahen Torfs

Trophiestufe	C/N n. SUCCOW (1988)	GV/N ca.	Ureaseaktivität [mg NH_3-N· (100ml Boden)$^{-1}$·(2h)$^{-1}$] ca.	pH($CaCl_2$) ca.
oligotroph	> 33	> 66	< 1,0	< 2,8
mesotroph	33 bis 20	66 bis 40	1,0 bis 3,3	2,8 bis 4,1
eutroph	< 20	< 40	> 3,3	> 4,1

*) ohne entwässerte Erlenbrüche

Grundlage für die Ermittlung der in Tabelle 6 zusammengestellten Kennwerte der Moortrophie sind die entsprechenden von Succow (1988, Tab. 13) für Moore der ehemaligen DDR genannten C/N-Verhältnisse. Aus diesen C/N-Bereichen wurden die entsprechenden GV/N-Bereiche abgeleitet (GV/N = 2 C/N, s.o.). Auf der Basis der GV/N-Quotienten berechneten wir dann (nach der Regression in Abbildung 5) die entsprechenden Ureaseaktivitäten und (nach der Regression in Abbildung 9) die entsprechenden pH-Werte.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

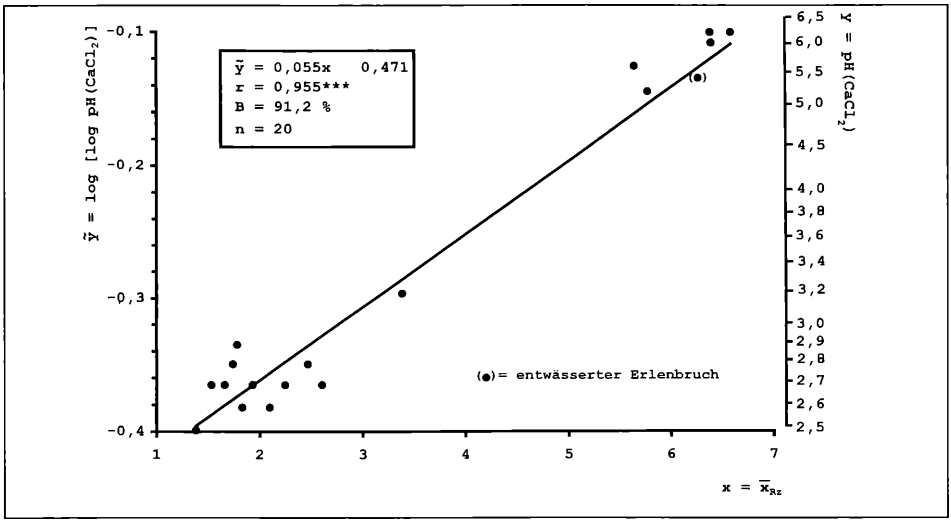


Abb. 6: Abhängigkeit des zentralen $pH(CaCl_2)$-Werts des oberflächennahen Torfs von der mittleren Reaktionszahl ($\overline{X}_{Rz}$) (Korrelation und Regression ohne entwässerte Erlenbrüche).

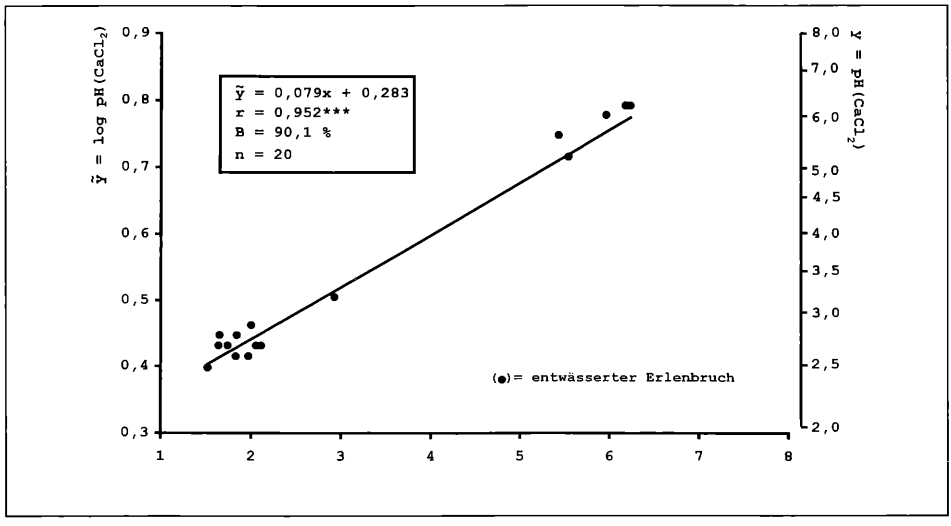


Abb. 7: Abhängigkeit des zentralen $pH(CaCl_2)$-Werts des oberflächennahen Torfs von der mittleren Stickstoffzahl ($\overline{X}_{Nz}$) (Korrelation und Regression ohne entwässerte Erlenbrüche).

Nach den obigen Ergebnissen kann in nordwestdeutschen Mooren künftig von den mittleren Reaktions- und den mittleren Stickstoffzahlen einer Pflanzengesellschaft auf die zu erwartende Größenordnung des GV/N-Verhältnisses (s. Abb. 1 u. 2), der Ureaseaktivität (s. Abb. 3. u. 4) und, mit der erwähnten Einschränkung, des pH-Werts (s. Abb. 6 u. 7) geschlossen werden. Diese Daten der biologischen Aktivität des Bodens gestatten es, nach Tabelle 6 auch die Trophie des betreffenden Moorökosystems anzusprechen.

Die in Tabelle 6 dargelegte Beziehung zwischen hohem pH-Wert und hoher Trophiestufe gilt nicht allgemein. So weist SUCCOW (1988) darauf hin, daß im nördlichen Europa auch im basenreichen Milieu lediglich oligotrophe bis mesotrophe Moore gebildet werden.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

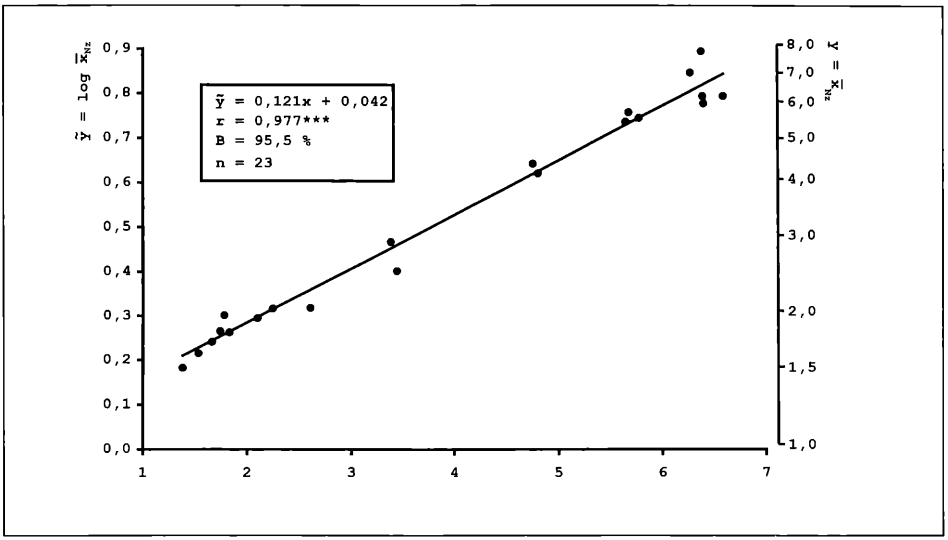


Abb 8.: Abhängigkeit der mittleren Stickstoffzahl ($\overline{X}_{Nz}$) von der mittleren Reaktionszahl ($\overline{X}_{Rz}$).

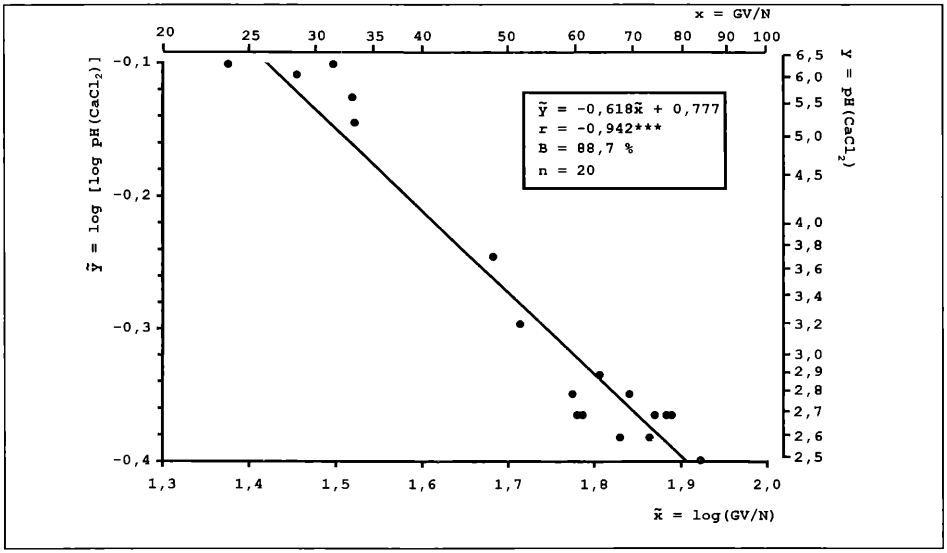


Abb. 9: Abhängigkeit des zentralen pH ($CaCl_2$)-Werts vom mittleren Glühverlust/Stickstoff-Verhältnis (GV/N) im oberflächennahen Torf.

Die vorgelegten Ergebnisse lassen folgende allgemeine Schlüsse zu:

1. Reaktions- und Stickstoffzahlen können u.U. bezüglich bestimmter ökologischer Aussagen austauschbar sein.
2. Auch das mathematisch nicht einwandfreie arithmetische Mittel von Zeigerzahlen kann zumindest in bestimmten Fällen standörtliche Eigenschaften scharf indizieren.
3. Eigenschaften des oberflächennahen Torfs (hier dessen GV/N-Verhältnis, Ureaseaktivität und pH-Wert) können Eigenschaften des gesamten Wurzelraums der Pflanze repräsentieren (enge Abhängigkeit der genannten Größen von den Reaktions- und Stickstoffzahlen, welche die jeweiligen Verhältnisse im gesamten von der Pflanze durchwurzelten Raum wiedergeben).

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Im übrigen belegen die vorliegenden Untersuchungen ein weiteres Mal die hohe Indikatorfunktion der Zeigerwerte von ELLENBERG.

Danksagung

Frau Dr. Kathrin Sbrzesny sei herzlich gedankt für die Reinschrift des Textes, der Tabellen und der Abbildungen. Ferner sei ihr sowie Frau Andrea Wundram gedankt für die Beteiligung an den Bodenanalysen.

Literatur

AGENA, I. (1996): Vegetationskundliche Untersuchungen in einem Teilbereich des Löhmoores (Ldkr. Rotenburg/W.) (unter Verwendung zusätzlicher Torfanalyse-Daten aus dem Frühjahr 1996). – Staatsexamensarb. Inst. Geobotanik Univ. Hannover (n.p.): 160 S.

ALEF, K. (1991): Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie. Aktivitäten, Biomasse, Differenzierung. – ecomed, Landsberg: 284 S.

BOECKER, R., KOWARIK, I., BORNKAMM, R. (1983): Untersuchungen zur Anwendung der Zeigerwerte nach Ellenberg. – Verh. Ges. Ökol. 11: 35–56. Göttingen.

BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG (1994), Hrsg.: Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland. 4., verb. u. erw. Aufl. – Hannover: 392 S.

BURNS, R.G. (1978): Enzyme activity in soil: Some theoretical and practical considerations. – In BURNS, R.G. (ed.): Soil enzymes: 295–340. – Academic Press; London, New York, San Francisco.

DEGORSKI, M. (1982): Usefullness of Ellenberg bioindicators in characteristic plant communities and forest habitats on the basis of data from the range „Grabowy" in Kampinos Forest. – Ekol. Pol. (Warsaw) 30: 453–477.

ELLENBERG, H. (1974): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobot. 9. Göttingen: 97 S.

– (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. – Scripta Geobot. 9. Göttingen: 122 S.

– (1991): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen (ohne Rubus). – In: ELLENBERG, H., WEBER H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl. 1992. – Scripta Geobot. 18: 9–166. Göttingen.

– (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5., verb. Aufl. – Ulmer, Stuttgart: 1096 S.

GÖTTLICH, K. (1980): Moor- und Torfkunde. 2. Aufl. – Schweizerbart, Stuttgart: 338 S.

HOFMANN, E. & HOFFMANN, G. (1955): Über die Herkunft, Bestimmung und Bedeutung der Enzyme im Boden. – Z. Pflanzenern. u. Bodenk. 70: 9–16. Weinheim.

MÖLLER, H. (1970): Soziologisch-ökologische Untersuchungen in Erlenwäldern Holsteins. – Mitt. Arbgem. Flor. Schl.-Holst. u. Hambg. 19: 1–109. Kiel.

– (1979): Untersuchungen zum Saccharase- und Ureasegehalt von Bruchwaldtorfen und Anmoorhumus nordwestdeutscher Erlenwälder. – Telma: 175–192. Hannover.

– (1981a): Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen der Urease- und Saccharaseaktivität des Bodens und der Humusform, vorgenommen an drei Melico-Fagetum-Ökosystemen des Deisters. Ein Beitrag zur Indikatorfunktion für die biologische Aktikvität des Bodens. – Flora 171: 367–386. Jena.

– (1981b). Beziehungen zwischen Enzymaktivität und Humusqualität in Böden des Luzulo-Fagetum und seiner Fichten-Ersatzgesellschaft im Deister. Zur Indikatorfunktion von Enzymen für die biologische Aktivität des Bodens. – Acta Oecologia. Oecol. Gener. 2 (4): 313–325. Paris.

– (1987a): Die Ureaseaktivität organischer Auflagen als Indikator für die biologische Aktivität des Bodens in drei Ökosystemen der Eilenriede (Stadtwald von Hannover, BRD). – Flora 179: 381–398. Jena.

– (1987b). Beziehungen zwischen Vegetation und Humuskörper in der Eilenriede (Hannover), einem Stadtwald mit menschlich beeinflußten Böden. – Tuexenia 7: 427–446. Göttingen.

– (1987c): Wege zur Ansprache der aktuellen Bodenazidität auf der Basis der Reaktionszahlen von Ellenberg ohne arithmetisches Mitteln dieser Werte. – Tuexenia 7: 499–505. Göttingen.

– (1990): Einfluß kalkhaltiger Dünger auf C/N-Verhältnis, Urease- und Saccharaseaktivität von Vermoderungslagen in Fichtenforsten des Deisters nach ein- bis zweijähriger Einwirkung. – Tuexenia 10: 487–496. Göttingen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

– (1992a): Ureaseaktivität sowie aktuelles N- und P-Angebot des oberflächennahen Torfs im an *Erica tetralix* und im an *Molinia caerulea* reichen Folgestadium des *Erico-Sphagnetum magellanici* (am Beispiel des Naturschutzgebietes „Tunschlikers Moor/Auf der Rhede", Landkreis Cuxhaven). – Telma 22: 199–215. Hannover.
– (1992b): Zur Verwendung des Medians bei Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG. – Tuexenia 12: 25–28. Göttingen.
– (1997): Reaktions- und Stickstoffzahlen nach Ellenberg als Indikatoren für die Humusform in terrestrischen Waldökosystemen im Raum Hannover. – Tuexenia 17: 349–365. Göttingen.
REHFUESS, K.E. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. 2. Aufl. – Parey, Berlin u. Hamburg: 294 S.
RENNER, E. (1970): Mathematisch-statistische Methoden in der praktischen Anwendung. – Parey, Berlin u. Hamburg: 116 S.
ROGISTER, J.E. (1978): De ecologische mR- en mN-waarden van de kruidlaag en de humuskwaliteit van bosplantengezelschappen. – Station Rech. Eaux et Forêts Groenendaal-Hoeilaart (Belg.), Trav. A 20 III: 29 S.
SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14., neu bearb. Aufl. von SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.P., BRÜMMER, G., HARTGE, K.H., SCHWERTMANN, U. – Enke, Stuttgart: 494 S.
SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER E. (1991): Bodenbiologische Arbeitsmethoden. – Springer; Berlin, Heidelberg, New York, ..: 213 S.
SCHLICHTING, E., BLUME, H.P., STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler. 2., neubearb. Aufl. – Blackwell; Oxford, Boston, London, ...: 295 S.
SCHROEDER, D. (1992): Bodenkunde in Stichworten. 5., rev. u. erw. Aufl. von Blum, W.E.H. – Borntträger; Berlin, Stuttgart: 175 S.
SEIDLING, W., ROHNER, M.S. (1993): Zusammenhänge zwischen Reaktions-Zeigerwerten und bodenchemischen Parametern am Beispiel von Waldbodenvegetation. – Phytocoenologia 23: 301–317. Berlin, Stuttgart.
STEUBING, L., FANGMEIER, A. (1992): Pflanzenökologisches Praktikum. Gelände- und Laborpraktikum der terrestrischen Pflanzenökologie. – Ulmer, Stuttgart: 205 S.
SUCCOW, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde. – G. Fischer, Jena: 342 S.
WEBER, E. (1980): Grundriß der biologischen Statistik. Anwendungen der mathematischen Statistik in Forschung, Lehre und Praxis. 8. Aufl. – G. Fischer; Stuttgart, New York: 652 S.
WETTERAU, A. (1996): Vegetationskundliche Erfassung einer teilentwässerten Moorfläche am Nordostufer des Steinhuder Meeres (unter zusätzlicher Verwendung von Bodenproben aus dem Frühjahr 1996). – Staatsexamensarb. Inst. Geobotanik Univ. Hannover (n.p.): 129 S.
ZEZSCHWITZ, E. von (1968): Beziehungen zwischen dem C/N-Verhältnis der Waldhumusformen und dem Basengehalt des Bodens. Ein Beitrag zur Kenntnis der Trophie. – Fortschr. Geol. Rheinl. Westf. 16: 143–174. Krefeld.

Prof. Dr. Hans Möller
Wilhelm-Raabe-Str. 2
31832 Springe

Imke Agena
Vahrenwalder Str. 28
30165 Hannover

Anja Wetterau
von-Weber-Str. 13
31535 Neustadt a. Rbg.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: NS_21

Autor(en)/Author(s): Möller Hans, Agena Imke, Wetterau Anja

Artikel/Article: Reaktions- und Stickstoffzahlen nach Ellenberg als Indikatoren chemischer Kenngrößen der biologischen Aktivität oberflächennaher Torfe 257-271