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

Tuexenia 23: 381–396. Göttingen 2003.

Ein Zahlenwert zur Ansprache der biologischen Aktivität oberflächennaher Torfe auf der Basis der Lebensformen i.S. Raunkiaers

– Hans Möller –

Zusammenfassung

Auf der Basis der Lebensformen i.S. RAUNKIAERs wurde für Pflanzengesellschaften nordwestdeutscher Moore ein „Lebensformen-Index" (I_{Lf}) mit Indikation edaphischer Verhältnisse entwickelt. Dieser Zahlenwert ist zum einen ein unmittelbarer Indikator der biologischen Aktivität oberflächennaher Torfe. Zum anderen kann er, mit gewisser Einschränkung, der Ansprache spezifischer chemischer Kenngrößen der biologischen Aktivität dieser Torfe dienen.

Abstract: A numerical value indicating the biological activity of near-surface peat on the basis of life forms in the sense of Raunkiaer

A „life form index" (I_{Lf}) indicating edaphic properties was developed for plant communities of northwestern German mires, based on the life forms in the sense of RAUNKIAER. This numerical value is a direct indicator of the biological activity of near-surface peat. With certain reservations it can also be used as an indicator of chemical data on biological activity in the peat.

Keywords: plant life forms, biological activity of peat, loss-on-ignition/nitrogen ratio of peat, urease activity of peat, pH value of peat, northwestern German mires.

1. Problemstellung

RAUNKIAER (1907/1937) hat die Pflanzen nach der Lage ihrer Erneuerungsknospen in der ungünstigen Jahreszeit (Winter, Trockenzeit) bestimmten „Lebensformen" zugewiesen. Er unterschied fünf Grundtypen (Phanerophyten, Chamaephyten, Hemikryptophyten, Kryptophyten, Therophyten), die er jeweils noch untergliederte. Die RAUNKIAERschen Lebensformen wurden von verschiedenen Autoren, bei weitgehender Beibehaltung der genannten Grundtypen, erweitert und differenziert (s. z.B. ELLENBERG 1956, ELLENBERG & MÜLLER-DOMBOIS 1967, DIERSCHKE 1994).

„RAUNKIAER benutzte seine Lebensformen zunächst zur Charakterisierung unterschiedlicher Klimagebiete. Heute werden sie mehr zur synmorphologischen Kennzeichnung von Vegetationstypen verwendet" (DIERSCHKE 1994, S. 87). Offensichtlich stehen die Lebensformen auch in Beziehung zu den Bodenverhältnissen. So enthält das eutraphente *Hordelymo-Fagetum* (auf Böden mit der Humusform Mull) zahlreiche Geophyten, darunter viele Frühlings-Geophyten. Im mesotraphenten *Luzulo-Fagetum* (i.a. auf Böden mit der Humusform Moder) hingegen erscheinen Geophyten nur gelegentlich; andererseits treten hier bereits oligotraphente Zwergsträucher auf.

Im folgenden soll versucht werden, die Lebensformenverhältnisse von Pflanzengesellschaften nordwestdeutscher Moore jeweils mit einem einzigen Zahlenwert auszudrücken, welcher die biologische Aktivität des oberflächennahen Torfs indiziert. Die obere Torfschicht ist von zentraler ökologischer Bedeutung, da die Pflanzen ihre Mineralstoffe vorwiegend aus diesem Bereich beziehen (vgl. hierzu ELLENBERG 1996, S. 473).

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

2. Methoden

2.1. Berücksichtigte Lebensformen und entsprechende Zuordnung der vorgefundenen Arten

In den vorliegenden Untersuchungen folgen wir in der Fassung der Lebensformen ELLENBERG (1992). Dieser Autor unterscheidet, ohne eine feinere Untergliederung vorzunehmen, acht Haupttypen:

A Hydrophyt: aquatisch lebende Pflanze, deren Überwinterungsknospen normalerweise unter Wasser liegen.
C krautiger Chamaephyt: Knospen wie bei Z meist über der Erde und im Schneeschutz überwinternd.
G Geophyt: Überwinterungsknospen unter der Erdoberfläche, meist mit Speicherorganen.
In der vorliegenden Untersuchung wird über ELLENBERG (1992) hinaus zwischen Frühlings-Geophyt (FG) und Nichtfrühlings-Geophyt (NFG) differenziert.
H Hemikryptophyt: Überwinterungsknospen nahe der Erdoberfläche.
N Nanophanerophyt: Strauch oder Kleinbaum, meist 0,5–5 m hoch werdend.
P Phanerophyt: Baum, der mehr als 5m hoch werden kann.
T Therophyt: kurzlebig und ungünstige Zeiten als Samen überdauernd.
Z holziger Chamaephyt: Zwergstrauch, nur selten über 0,5 m hoch werdend.

Da die Nanophanerophyten und die Phanerophyten als solche zumindest in Mitteleuropa nicht an Böden einer bestimmten biologischen Aktivität gebunden sind, blieben sie im vorliegenden Zusammenhang außer Betracht. Gleichfalls unberücksichtigt sind reine Hydrophyten sowie Niedere Pflanzen (incl. Moose).

Aus dem Arteninventar der hier zugrundegelegten Vegetationstabellen ergaben sich folgende Zuweisungen zu den berücksichtigten Lebensformen (Zuordnung sowie Nomenklatur der Arten nach ELLENBERG 1992; in Klammern Stickstoffzahl nach ELLENBERG 1992; x = „indifferent"):

Zwergsträucher (Z): *Andromeda polifolia* (1), *Calluna vulgaris* (1), *Empetrum nigrum* (2), *Erica tetralix* (2), *Vaccinium myrtillus* (3), *V. uliginosum* (3), *V. vitis-idaea* (1)

sowohl Zwergstrauch als auch Nanophanerophyt (Z, N): *Myrica gale* (3)

sowohl krautiger Chamaephyt als auch Hydrophyt (C, A): *Potentilla palustris* (2)

Hemikryptophyten (H): *Agrostis canina* (2), *A. stolonifera* (5), *Ajuga reptans* (6), *Alliaria petiolata* (9), *Angelica sylvestris* (4), *Athyrium filix-femina* (6), *Calamagrostis canescens* (5), *Caltha palustris* (6), *Cardamine amara* (4), *Cardamine pratensis* (x), *Carex canescens* (2), *C. elongata* (6), *C. paniculata* (5), *C. remota* (x), *Chrysosplenium alternifolium* (5), *Ch. oppositifolium* (5), *Cirsium oleraceum* (5), *C. palustre* (3), *Crepis paludosa* (6), *Deschampsia cespitosa* (3), *Drosera rotundifolia* (1), *Dryopteris carthusiana* (3), *D. dilatata* (7), *D. filix-mas* (6), *Epilobium palustre* (2), *Eriophorum vaginatum* (1), *Eupatorium cannabinum* (8), *Festuca gigantea* (6), *Filipendula ulmaria* (5), *Galium palustre* (4), *Geum rivale* (4), *G. urbanum* (7), *Holcus lanatus* (5), *Humulus lupulus* (8), *Hydrocotyle vulgaris* (2), *Juncus effusus* (4), *Lotus uliginosus* (4), *Lysimachia vulgaris* (x), *Lythrum salicaria* (x), *Molinia caerulea* (2), *Myosotis palustris* (5), *Peucedanum palustre* (4), *Primula elatior* (7), *Ranunculus acris* (x), *R. repens* (7), *Rhynchospora alba* (2), *Rumex acetosa* (6), *R. sanguineus* (7), *Scutellaria galericulata* (6), *Silene dioica* (8), *Stellaria nemorum* (7), *St. uliginosa* (4), *Urtica dioica* (9), *Valeriana procurrens* (6), *Viola palustris* (3)

sowohl Hemikryptophyten als auch Hydrophyten (H, A): *Berula erecta* (6), *Carex elata* (5), *C. lasiocarpa* (3), *C. pseudocyperus* (5), *C. rostrata* (3), *Glyceria fluitans* (7), *G. maxima* (9), *Lycopus europaeus* (7), *Mentha aquatica* (5), *Scrophularia umbrosa* (7)

sowohl Hemikryptophyt als auch krautiger Chamaephyt (H, C): *Poa trivialis* (7)

Nichtfrühlings-Geophyten (NFG): *Circaea lutetiana* (7), *Equisetum arvense* (3), *E. sylvaticum* (4), *E. telmateia (= maximum)* (5), *Scirpus sylvaticus* (4), *Thelypteris palustris* (6)

Frühlings-Geophyten (FG): *Anemone nemorosa* (x) (nur zwei Vorkommen), *Ranunculus ficaria* (7)

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

sowohl Nichtfrühlings-Geophyten als auch Hydrophyten (NFG, A): *Calla palustris* (4), *Carex acutiformis* (5), *C. gracilis* (4), *Equisetum fluviatile* (5), *Eriophorum angustifolium* (2), *Iris pseudacorus* (7), *Phragmites australis* (7)

sowohl Nichtfrühlings-Geophyten als auch Hemikryptophyten (NFG, H): *Glechoma hederacea* (7), *Oxalis acetosella* (6), *Phalaris arundinacea* (7)

Therophyten (T): *Galeopsis bifida* oder *tetrahit* (6), *Galium aparine* (8), *Impatiens noli-tangere* (6), *Polygonum hydropiper* (8), *Senecio sylvaticus* (8)

sowohl Therophyten als auch Hemikryptophyten (T, H): *Geranium robertianum* (7), *Moehringia trinervia* (7)

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.)

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 schwimmenden Torfmaterial.

Die Bodenanalysen erfolgten an der oberen Torfschicht (Bereich 2–10 cm).

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

2.3. Statistische Verfahren

Statistische Symbole

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel
s = Standardabweichung
Md = Median (=Zentralwert)
r = Maßkorrelationskoeffizient nach PEARSON
B (= r^2) = Bestimmtheitsmaß
$r_{S,B}$ = Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN mit Berücksichtigung der Bindungen
$\tilde{x}$ = transformierter x-Wert
$\tilde{y}$ = transformierter y-Wert
n = Umfang der Stichprobe
P = Überschreitungswahrscheinlichkeit

Die statistischen Verfahren richten sich nach SACHS (1992).

Bei gleichzeitiger Berücksichtigung aller 23 Ökosysteme gelang es auch nach Transformation der x- und/oder y-Werte nicht, eine lineare Beziehung zwischen dem I_{Lf} und Meßdaten herzustellen. In diesen Fällen erfolgte keine Berechnung der Regression, und der Grad des Zusammenhangs von I_{Lf} und Meßwerten wurde über den Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMANN wiedergegeben. Nur bei isolierter Verrechnung der Daten von Teilkol-

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

lektiven der 23 Ökosysteme war es teilweise möglich, nach Transformation der I_{Lf}- bzw. der Meßwerte in Logarithmen, negative Kehrwerte oder Wurzelwerte eine lineare Beziehung zu erhalten und damit eine lineare Regression und einen „linearen Korrelationskoeffizienten" zu berechnen.

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

Die Überprüfung der Korrelationskoeffizienten auf Signifikanz erfolgte auf dem 5%-Niveau. Die hinter den Korrelationskoeffizienten angeführten Sternsymbole bezeichnen den Signifikanzgrad. Es bedeuten:

*** : $P \leq 0{,}1$ %
: $P \leq 1$ %
: $P \leq 5$ %
n.s. : $P > 5$ % (nicht signifikant)

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
I_{Lf} = Lebensformen-Index

3. Untersuchte Ökosysteme

Als Ökosystem gilt hier der biotisch-abiotische Komplex im Bereich einer Pflanzengesellschaft. Tabelle 1 nennt die Pflanzengesellschaften und die Herkunft der Vegetationsaufnahmen, welche der Berechnung der Lebensformen-Indizes 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.

Tabelle 1: Untersuchte Pflanzengesellschaften und Herkunft der Vegetationsaufnahmen

Ökosystem	Pflanzengesellschaft	Herkunft der Vegetationsaufnahmen
1	**Offene Gesellschaften auf teilentwässertem 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 1992
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*)	Agena 1996 (n.p.)
1.V	*Molinia caerulea*-Dominanzgesellschaften	
1.VA	Reine *Molinia caerulea*-DG	Agena 1996 (n.p.)
1.VB	*Erica tetralix*-reiche *Molinia caerulea*-DG	Möller 1992
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.)

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

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	*sphagnetosum* Möller 1970	Möller 1996 n.p.
6.II	Trennartenfreie Subassoziation Möller 1970, undifferenziert	Möller 1996 n.p.
6.III	*filipenduletosum* Möller 1970	Möller 1996 n.p.
7	***Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum glutinosae*** Möller 1979	
7.I	*lysimachietosum* Möller 1979	Möller 1996 n.p.
7.II	*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	

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

Ökosystem	Unter-suchungs-gebiete	Unter-suchungs-flächen	Unter-suchungs-zeitpunkte	unter-suchte 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 1992, 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 1992, 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), Bienen-

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

büttel (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

4.1. Konzeption des Lebensformen-Indexes für Moore

Um die in nordwestdeutschen Mooren gegebenen Lebensformenverhältnisse eines Pflanzenbestandes oder einer Pflanzengesellschaft mit einem Zahlenwert zu erfassen, welcher die biologische Aktivität des Torfs indiziert, wurde der folgende „Lebensformen-Index" (I_{Lf}) entwickelt:

$$I_{LF}\,(Moore) = \frac{0{,}33 f_{(C+H+NFG)} + 2 f_{(FG+T)}}{2 f_z + f_{(C+H+NFG)} + 2 f_{(FG+T)}}$$

$f_{Z(C,\,H,\,NFG,\,FG,\,T)}$ = absolute Häufigkeit (Frequenz) der Zwergsträucher (krautigen Chamaephyten, Hemikryptophyten, Nichtfrühlings-Geophyten, Frühlings-Geophyten, Therophyten)

Für die absolute Häufigkeit f kann auch die relative Häufigkeit h eingesetzt werden.

Der obige I_{Lf} basiert auf folgender Konzeption:

Bei Zugrundelegung von Pflanzengesellschaften sind die Arten entsprechend ihrer Stetigkeit in der Vegetationstabelle zu gewichten. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird das Vorkommen dominanter Arten (Deckungsgrad ≥ 50 %) zusätzlich mit dem Faktor 3 gewichtet. Dies ist angebracht, da eine Spezies bei Dominanz die Standortqualität i.a. treffsicherer ausdrücken dürfte als bei einem geringeren Deckungsgrad bzw. als es andere, nicht dominante Arten tun.

Nennt ELLENBERG (1992) für eine Art zwei terrestrische Lebensformen, so sind beide Lebensformen jeweils mit dem Faktor 0,5 in die Berechnung des I_{Lf} eingegangen. Gibt er für eine Spezies neben einer terrestrischen die Lebensform „Hydrophyten" an, dann zählte nur die terrestrische Lebensform (mit dem Faktor 1).

Die berücksichtigten Lebensformen wurden zu drei Gruppen zusammengefaßt:

1. Zwergsträucher (hier aus den Familien *Ericaceae* und *Empetraceae*), die zumindest in nordwestdeutschen Mooren eine geringe biologische Bodenaktivität anzeigen;
2. Frühlings-Geophyten und Therophyten, welche wenigstens im Untersuchungsgebiet zu Torfen mit einer höheren biotischen Aktivität tendieren dürften;
3. krautige Chamaephyten, Hemikryptophyten und Nichtfrühlings-Geophyten, die je nach Art den Schwerpunkt ihrer Verbreitung auf Böden geringer oder mäßiger oder höherer biologischer Tätigkeit haben, im statistischen Durchschnitt (!) aber Böden einer mittleren biotischen Tätigkeit besiedeln dürften.

Einen Hinweis auf die von den Vertretern der verschiedenen Lebensformen jeweils angezeigte biologische Bodenaktivität geben die Stickstoffzahlen nach ELLENBERG (1992) (s. 2.1.). Diese Zeigerwerte können nach ELLENBERG (1992) auch als „Nährstoffzahlen" fungieren und bezeichnen damit ebenfalls die Bodentrophie. Wenn auch biologische Tätigkeit und Trophie des Bodens nicht identisch sind (s. 4.2.), so ist doch zu erwarten, daß die Trophie und die Stickstoffzahlen als deren Ausdruck in enger Beziehung zur biologischen Bodenaktivität stehen.

Aus der obigen Formel ergibt sich: Bei ausschließlichem Auftreten von Zwergsträuchern ist der I_{Lf} 0, bei alleinigem Vorhandensein von Frühlings-Geophyten und/oder Therophyten wäre er 1. Kommen nur krautige Chamaephyten, Hemikryptophyten und Nichtfrühlings-Geophyten vor, dann erreicht der I_{Lf} einen Wert von 0,33. Ein Index von 0,33 liegt in etwa in der Mitte der von 0,01 bis 0,59 reichenden Skala der hier berechneten I_{Lf}-Werte (vgl. Tabelle 3).

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

Tabelle 3: Lebensformen-Indizes (I_{Lf}) der Pflanzengesellschaften; Glühverlust/Stickstoffverhältnis (GV/N), Ureaseaktivität und pH-Wert des oberflächennahen Torfs

Ökosystem	I_{Lf}	GV/N ($\bar{x} \pm s$)	Ureaseaktivität [mg NH_3-N· (100ml Boden)$^{-1}$·(2h)$^{-1}$] ($\bar{x} \pm s$)	pH($CaCl_2$) (Md)
1.I	0,24	59,5 ± 6,9	0,51 ± 0,22	2,8
1.IIA	0,07	67,6 ± 4,1	1,13 ± 0,59	2,6
1.IIB	0,06	76,8 ± 4,5	0,76 ± 0,41	2,7
1.IIC	0,08	69,3 ± 10,2	1,06 ± 0,51	2,8
1.IIIA	0,01	83,7 ± 19,9	0,73 ± 0,39	2,5
1.IIIB	0,02	74,1 ± 22,2	0,75 ± 0,36	2,7
1.IV	0,04	73,1 ± 14,5	0,46 ± 0,26	2,6
1.VA	0,24	61,1 ± 12,3	0,81 ± 0,58	2,7
1.VB	0,16	64,0 ± 7,0	1,43 ± 0,57	2,9
2	0,33	55,7 ± 2,6	1,99 ± 0,80	3,9
3	0,36	48,1 ± 6,9	3,08 ± 1,44	3,7
4	0,01	61,2 ± 13,3	0,65 ± 0,24	2,7
5.I	0,28	76,9 ± 15,4	0,43 ± 0,26	2,7
5.II	0,30	51,7 ± 8,8	1,76 ± 1,21	3,2
6.I	0,35	39,1 ± 2,1	3,07 ± 1,31	3,2
6.II	0,38	33,0 ± 1,3	4,31 ± 1,02	5,6
6.III	0,40	28,5 ± 4,1	9,29 ± 4,84	6,0
7.I	0,42	33,2 ± 3,7	2,95 ± 2,29	5,2
7.IIA	0,49	31,4 ± 3,0	6,85 ± 5,21	6,2
7.IIB	0,48	23,7 ± 14,6	5,15 ± 2,05	6,2
8.I	0,48	28,6 ± 0,5	11,00 ± 4,11	5,4
8.II	0,33	31,6 ± 0,1	6,36 ± 4,65	3,8
8.III	0,59	27,5 ± 0,2	4,77 ± 0,03	4,1

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

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

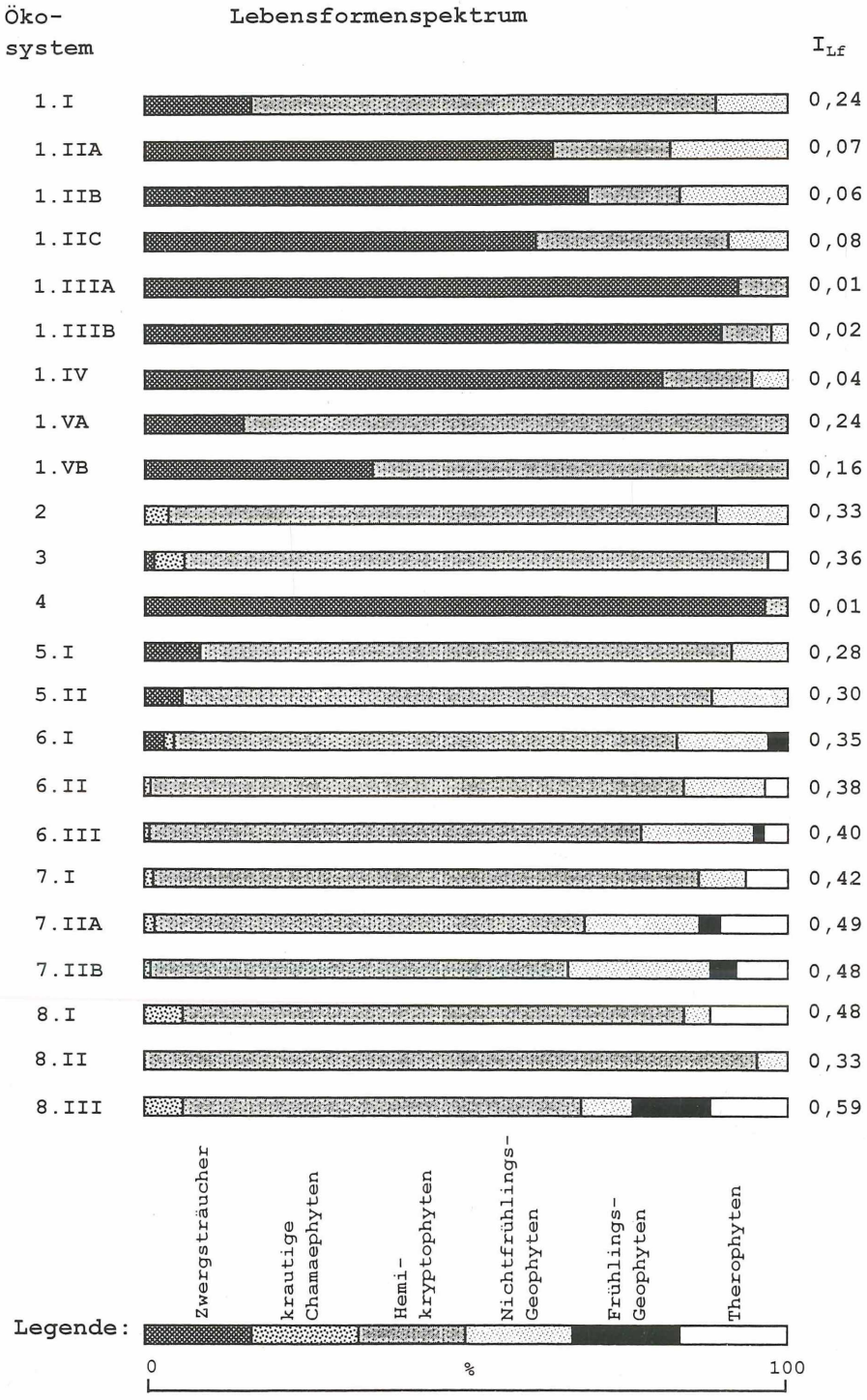

Abb. 1: Lebensformenspektren der Pflanzengesellschaften (dreifache Gewichtung des Auftretens der Dominanten).

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

Der theoretische Höchstwert des I_{Lf} von 1, der sich bei ausschließlichem Auftreten von Frühlings-Geophyten und/oder Therophyten ergäbe, wird realiter auch nicht annähernd erreicht: Selbst in extrem eutraphenten Moorgesellschaften überwiegen immer noch die Hemikryptophyten und Nichtfrühlings-Geophyten (vgl. hierzu auch Abbildung 1).

Der obige I_{Lf} mit $0{,}33f_{(C+H+NFG)}$ im Zähler der Formel und jeweils zweifacher Gewichtung der f_Z- und $f_{(FG+T)}$-Werte erwies sich als besonders gut mit den vorliegenden Meßdaten korreliert. Alternativ berechnete Indizes mit anderer Gewichtung der f-Werte ergaben eine weniger enge Korrelation zu den Meßwerten.

Da der obige I_{Lf} zunächst lediglich für (nordwestdeutsche) Moore entwickelt wurde, erhielt er einen entsprechenden Zusatz. Dieser wird im folgenden fortgelassen, da sich der I_{Lf} hier generell auf Moore bezieht.

4.2. Eichung des I_{Lf} als Indikator für die biologische Aktivität des Torfs

Im folgenden soll der I_{Lf} auf seine Indikatorfunktion für die biologische Aktivität des oberflächennahen Torfs überprüft werden. Als Eichgröße dient das Glühverlust/Stickstoff-Verhältnis (GV/N-Verhältnis) des Torfs.

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, das als solches in den Glühverlust eingeht, fällt bei Torfen gegenüber der organischen Substanz nicht ins Gewicht.

Da etwaig im Boden vorhandene Karbonate erst oberhalb von 900 °C (nennenswert) thermisch dissoziieren dürften (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998, S. 64) (dann Freisetzung von CO_2), beeinflussen sie bei der vorliegenden Glühtemperatur von 550–800 °C (s. 2.2) den Glühverlust nicht oder nicht nennenswert.

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

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

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

Für oberflächennahe Torfe nordwestdeutscher Erlenwälder ergibt sich aus den Daten von MÖLLER (1979, Tabelle 1) auf der Basis der Mittelwerte aus den Bereichen der Gesellschaften IA, IB, IC, IIA, IIB, und III folgende mittlere Relation zwischen C_{org} und GV:

C_{org} [%] = 0,496 GV [%]
s = ± 0,016 GV [%]
n = 6

(Die Mittelwerte aus Einheit IIC blieben in der Berechnung unberücksichtigt, da ihnen auch Daten aus Beständen auf Anmoor zugrundeliegen.)

Abbildung 2 dokumentiert, daß mit zunehmendem GV/N-Verhältnis des Torfs nahezu durchgehend abnehmende I_{Lf}-Werte verbunden sind, was sich in einem mit –0,896 recht hohen Rangkorrelationskoeffizienten niederschlägt. Dieser $r_{S,B}$ vergrößert sich noch auf –0,954, wenn „ausreißerverdächtige Wertepaare" (GV/N 61,2; I_{Lf} 0,01) und (GV/N 76,9; I_{Lf} 0,28) unberücksichtigt bleiben. Ist das GV/N-Verhältnis Ausdruck der biologischen Aktivität des Torfs, dann gilt dies somit auch für den I_{Lf}. Er ist zumindest geeignet, relative Unterschiede in der biologischen Tätigkeit verschiedener Torfe wiederzugeben.

Aus der (rechnerischen) Abhängigkeit des I_{Lf} vom GV/N-Verhältnis des oberflächennahen Torfs läßt sich auch die Indikatorfunktion des I_{Lf} für die Moortrophie ableiten.

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

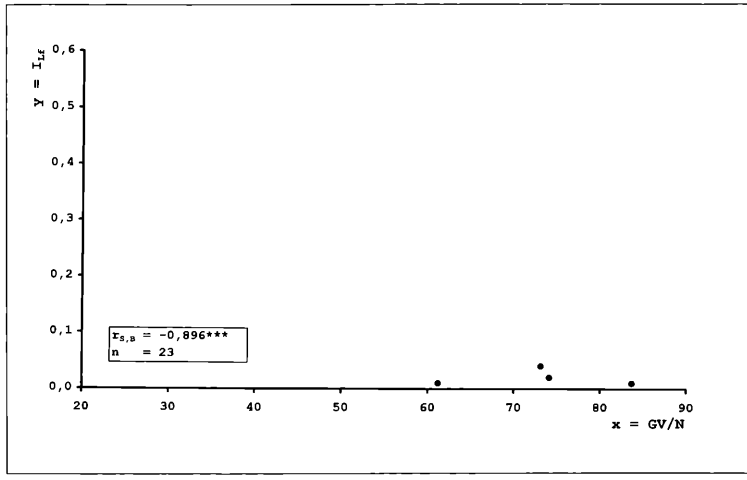

Abb. 2: Abhängigkeit des I_{Lf} vom GV/N-Verhältnis des oberflächennahen Torfs.

„In der terrestrischen Ökologie wird unter Trophie der Grad der Versorgung eines Ökosystems mit pflanzenverfügbaren Nährstoffen verstanden, ohne die tatsächliche Ausnutzung, d.h. die Primärproduktion zu berücksichtigen" (BICK 1993, S. 28). Konkreter formuliert, beinhaltet Trophie im terrestrischen Sinne die Gesamtheit an Nährstoffen, welche im Wurzelraum der Pflanzen, bezogen auf eine definierte Bodenoberfläche, in pflanzenverfügbarer Form vorliegen. Die Trophie ist somit eine quantitative Größe.

Das C/N- bzw. GV/N-Verhältnis drückt als Quotient a priori nur eine Qualität aus, und zwar die qualitativ verstandene biologische Bodenaktivität. Diese bezeichnet die Geschwindigkeit der im Boden ablaufenden biotisch bedingten Umsetzungen. (Biologische Aktivität im quantitativen Sinne ist der Umfang der unter einer definierten Bodenoberfläche pro Zeiteinheit ablaufenden biotisch verursachten Prozesse.) (Definitionen im Anschluß an MÖLLER 1981a.)

Offensichtlich indiziert das C/N- bzw. GV/N-Verhältnis des Bodens aber auch die Bodentrophie. So verwendet v. ZEZSCHWITZ (1969) das C/N-Verhältnis im Humuskörper als Maß für die Trophie terrestrischer Waldböden. SUCCOW & JOOSTEN (2001) betrachten das C/N-Verhältnis des oberflächennahen Torfs als eine entscheidende Kenngröße der Moortrophie.

Tabelle 5 gibt die Indikatorfunktion des I_{Lf} für die Trophie der vorliegenden Moore wieder.

Tabelle 5: Indikation der Moortrophie über den I_{Lf} (Näheres s. Text).

Trophiestufe	C/N n. SUCCOW & JOOSTEN (2001) (verkürzt)	GV/N ca.	I_{Lf} ca.
oligotroph	> 33	> 66	< 0,12
mesotroph	33 bis 20	66 bis 40	0,12 bis 0,37
eutroph	< 20	< 40	> 0,37

Grundlage für diese Zuordnung von I_{Lf} und Trophieebene ist die von SUCCOW & JOOSTEN (2001, Tabelle 3–13) genannte Beziehung zwischen C/N-Bereich des oberflächennahen Torfs und Trophiestufe. Aus diesen C/N- wurden die entsprechenden GV/N-Bereiche berechnet (GV/N = 2 C/N). Auf der Basis dieser GV/N-Quotienten ermittelten wir nach Abbildung 2 die den drei Haupttrophiestufen zuzuordnenden I_{Lf}-Werte.

Die der Abbildung 2 zu entnehmende allgemeine Tendenz einer Vergrößerung des I_{Lf} mit steigender biologischer Aktivität des Torfs bzw. zunehmender Moortrophie gilt auch innerhalb engerer soziologisch-ökologischer Komplexe (vgl. hierzu jeweils Tabelle 3 und Abbildung 1):

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

Im Bereich der offenen Gesellschaften auf teilentwässertem Hochmoor bezeichnen die Ökosysteme mit einer Dominanz von Zwergsträuchern (Ökosysteme 1.IIA, 1.IIB, 1.IIC, 1.IIIA, 1.IIIB, 1.IV) mit einem $I_{Lf} \leq 0{,}08$ bei einem mittleren GV/N-Verhältnis des Torfs > 65 eine geringere Moortrophie als die von Hemikryptophyten beherrschten Ökosysteme (Ökosysteme 1.I, 1.VA, 1.VB) mit einem $I_{Lf} \geq 0{,}16$ bei einem GV/N-Verhältnis des Torfs < 65.

Es wäre zu überprüfen, ob die Stickstoffzahlen (n. ELLENBERG 1992) von *Eriophorum vaginatum* (Dominante in Einheit 1.I) mit 1 und von *Molinia caerulea* (Dominante in den Einheiten 1.VA und 1.VB) mit 2 nicht zu tief angesetzt sind.

Innerhalb des *Carici elongatae-Alnetum* haben die mesotraphente Subassoziation von *Sphagnum* (Ökosystem 6.I) (mittleres GV/N-Verhältnis des Torfs 39,1) und die meso- bis eutraphente Trennartenfreie Subassoziation (Ökosystem 6.II) (mittleres GV/N-Verhältnis des Torfs 33,0) mit 0,35 bzw. 0,38 einen niedrigeren I_{Lf} als die eutraphente Subassoziation von *Filipendula ulmaria* (Ökosystem 6.III) (mittleres GV/N-Verhältnis des Torfs 28,5) mit einem I_{Lf} von 0,40.

Beim *Chrysosplenio-Alnetum* ergibt sich für die auf die Altmoräne beschränkte Subassoziation *lysimachietosum* (Ökosystem 7.I) (mittleres GV/N-Verhältnis des Torfs 33,2) mit 0,42 ein niedrigerer I_{Lf} als für die Varianten der auf die Jungmoräne konzentrierten Subassoziation *phalaridetosum* (Ökosysteme 7.IIA und 7.IIB) (mittleres GV/N-Verhältnis des Torfs 31,4 bzw. 23,7) mit einem I_{Lf} von 0,49 bzw. 0,48.

Auch im Bereich der entwässerten Erlenbrüche (Ökosysteme 8.I, 8.II, 8.III) ist mit einem höheren Trophiegrad (geringeres GV/N-Verhältnis des Torfs) ein größerer I_{Lf} verbunden.

4.3. Der I_{Lf} als Indikator für chemische Kenngrößen der biologischen Aktivität des Torfs

Es soll nunmehr die Indikatorfunktion des I_{Lf} für folgende Kenngrößen der biologischen Aktivität des Torfs geklärt werden: GV/N-Verhältnis (als „Standardgröße" der biotoischen Aktivität von Torfen), Ureaseaktivität und pH-Wert.

Nach Abbildung 3 sind mit steigendem Lebensformen-Index fast durchgehend fallende GV/N-Verhältnisse des Torfs korreliert (in der Darstellung Wertepaare und $r_{S,B}$ wie in Abbildung 2, jedoch x-Achse und y-Achse vertauscht). Es kann demnach, mit Gültigkeit für das ganze Untersuchungsmaterial, von verschieden großen I_{Lf}-Werten mit einiger Sicherheit auf relative Unterschiede im GV/N-Verhältnis des Torfs geschlossen werden. Bei zwei Teilkollektiven von Ökosystemen, dem Bereich der Gesellschaften auf teilentwässertem Hochmoor (Ökosysteme 1.I bis 1.VB) sowie im Bereich der Moorwälder mit *Betula pubescens* bzw. *Alnus glutinosa* (Ökosysteme 5.I bis 8.III), kann das bei einem bestimmten I_{Lf} zu erwartende GV/N-Verhältnis des Torfs jeweils über eine lineare Regression berechnet werden (s. Abbildungen 4 u. 5).

Neben dem C/N- bzw. GV/N-Verhältnis ist auch die Ureaseaktivität ein Indikator für die biologische Aktivität des Bodens: In verschiedenen terrestrischen Waldökosystemen konnte eine hohe Koinzidenz von Ureaseaktivität im Humuskörper und Humusform, dem morphologischen Ausdruck der biotischen Tätigkeit des Bodens, nachgewiesen werden (vgl. MÖLLER 1981a, 1981b, 1987a, 1987b).

Bei den vorliegenden Torfen besteht eine enge Abhängigkeit der Ureaseaktivität vom GV/N-Verhältnis, d.h. von einer als gesichert zu betrachtenden Kenngröße der biologischen Bodenaktivität:

$$\log UA = -0{,}021\,(GV/N) + 1{,}362$$
$$r = -0{,}917^{***}$$
$$B = 84{,}1\%$$
$$n = 23$$

UA = Ureaseaktivität [mg NH_3-N (100ml Boden)$^{-1}$ · (2h)$^{-1}$]

Graphische Darstellung der obigen Regression s. MÖLLER et al. (2001, Abbildung 5).

Die Aussagekraft des I_{Lf} für die Ureaseaktivität des Torfs ist, trotz eines hochsignifikanten Zusammenhangs zwischen beiden Größen, nur begrenzt: Aus Abbildung 6 läßt sich entnehmen, daß die Ureaseaktivität [mg NH_3-N (100ml Boden)$^{-1}$ (2h)$^{-1}$] bei einem I_{Lf}

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

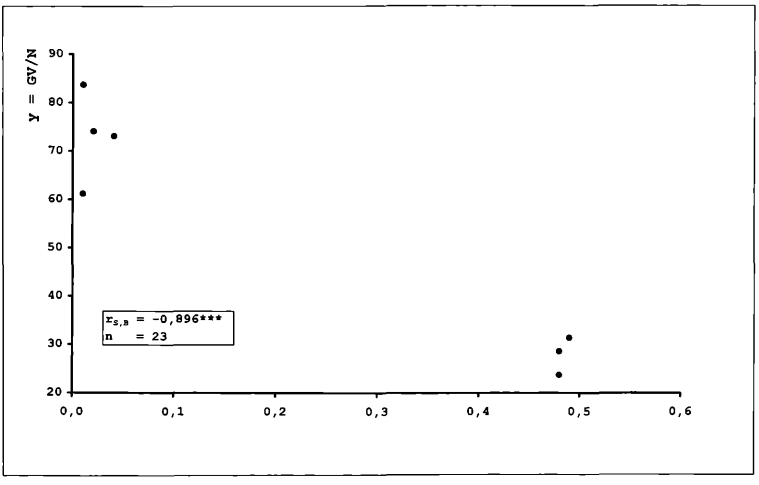

Abb. 3: Abhängigkeit des GV/N-Verhältnisses des oberflächennahen Torfs vom I_{Lf}.

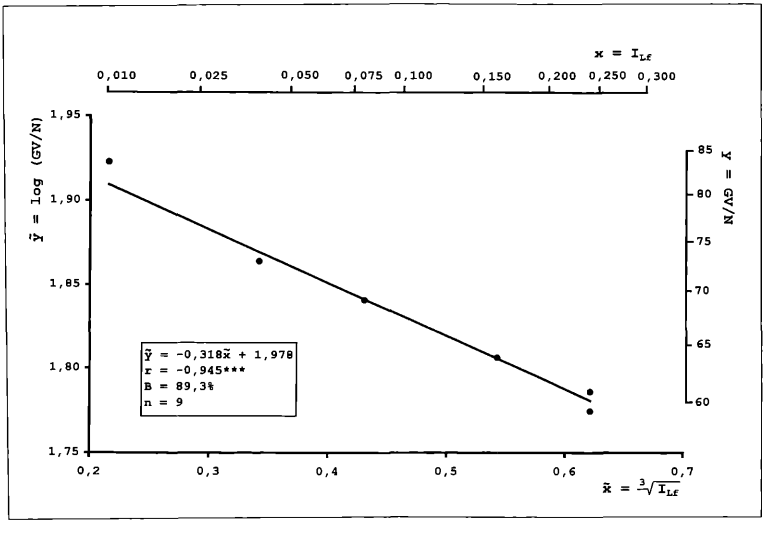

Abbildung 4: Abhängigkeit des GV/N-Verhältnisses des oberflächennahen Torfs vom I_{Lf} im Bereich der Ökosysteme auf teilentwässertem Hochmoor (Ökosysteme 1.I bis 1.VB).

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

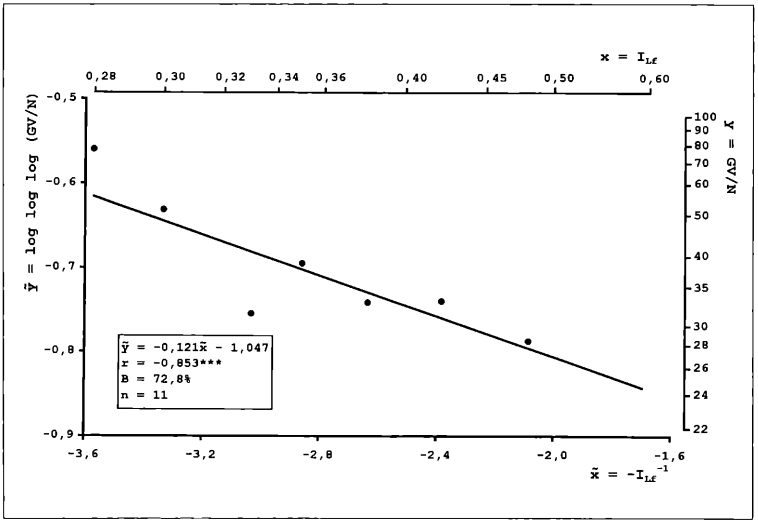

Abbildung 5: Abhängigkeit des GV/N-Verhältnisses des oberflächennahen Torfs vom I_{Lf} im Bereich der Waldökosysteme mit *Betula pubescens* bzw. *Alnus glutinosa* (Ökosysteme 5.I bis 8.III).

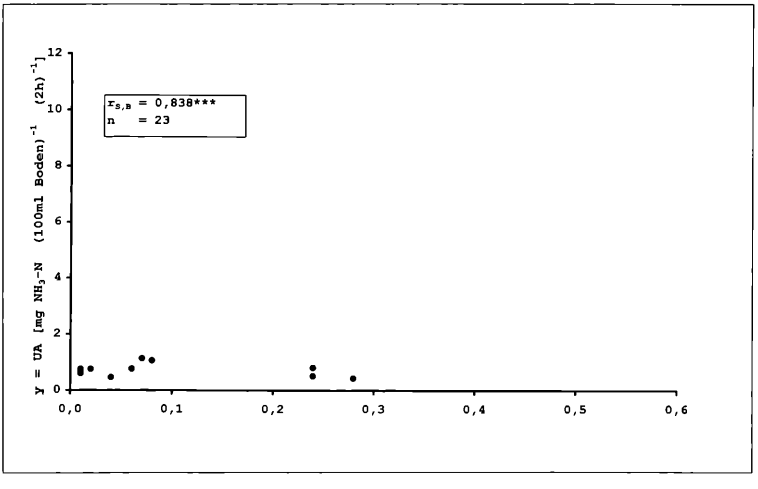

Abbildung 6: Abhängigkeit der Ureaseaktivität (UA) des oberflächennahen Torfs vom I_{Lf}.

< 0,3 zwischen ca. 0,5 und ca. 1,5 und bei einem I_{Lf} > 0,3 zwischen ca. 2 und 11 liegt. Bei vergleichbarem I_{Lf} > 0,3 sind recht unterschiedliche Ureaseaktivitäten zu registrieren.

Die Begründung zum Bezug der Ureaseaktivität auf den Bodenraum (hier 100ml) und nicht auf die Bodenmasse (z.B. 100g) s. MÖLLER et al. (2001). Offensichtlich weist die Ureaseaktivität des Bodens keine oder nur geringe saisonale Schwankungen auf, so daß hier auch die Meßergebnisse von einem einzigen Untersuchungszeitpunkt für das betreffende Ökosystem repräsentativ sind (Näheres s. MÖLLER et al. 2001).

In Tabelle 4 sind die Volumengewichte und Glühverluste des oberflächennahen Torfs wiedergegeben. Mit diesen Daten läßt sich die Ureaseaktivität pro 100ml Boden in die pro Bodenmasse (z.B. 100g) bzw. pro Einheit an organischer Substanz (z.B. 1g Glühverlust) umrechnen. Zur weiteren Information ist der Humifizierungsgrad des Torfs aufgeführt.

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

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

Ebenfalls der pH-Wert des oberflächennahen Torfs ist eng mit dem GV/N-Verhältnis dieses Torfs korreliert.

log log pH($CaCl_2$) = –0,618 log (GV/N) + 0,777
r = –0,942***
B = 88,7 %
n = 20

(Berechnung ohne Berücksichtigung der entwässerten Erlenwälder.)

Graphische Darstellung der obigen Regression s. MÖLLER et al. (2001, Abbildung 9).

Drückt das GV/N-Verhältnis des vorliegenden Torfs dessen biologische Tätigkeit aus, so gilt dies somit auch für den entsprechenden pH-Wert.

Abbildung 7 zeigt eine deutliche Abhängigkeit des pH($CaCl_2$)-Werts vom I_{Lf}. Zwischen I_{Lf} - und pH-Bereich besteht folgende Beziehung:

I_{Lf}	pH($CaCl_2$)
<0,30	<3,2
>0,30	>3,2

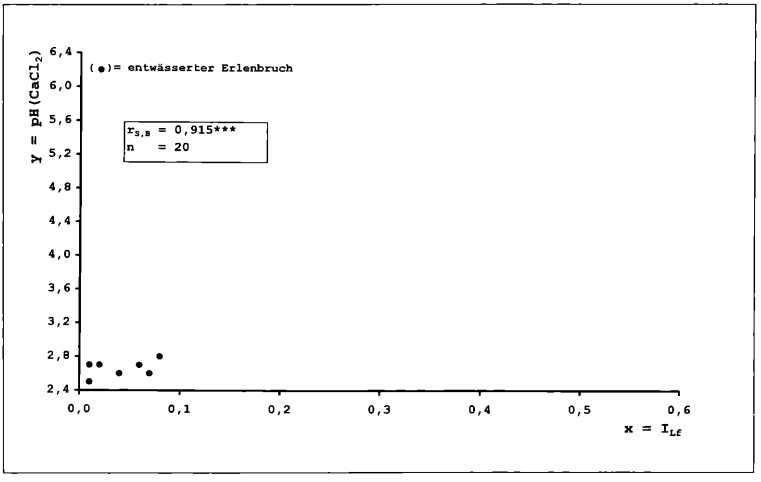

Abbildung 7: Abhängigkeit des pH($CaCl_2$)-Werts des oberflächennahen Torfs vom I_{Lf} ($r_{S,B}$ ohne Berücksichtigung der entwässerten Erlenwälder).

Die im Torf eutropher Erlenwälder mit ursprünglichen Wasserständen (Grundwasser tangiert die Mooroberfläche) gegebene Koinzidenz von hohem pH-Wert und hoher biologischer Aktivität kann nach Absenkung des Grundwasserspiegels entkoppelt sein. Aus diesem Grunde blieben die entwässerten Erlenwälder (Ökosysteme 8.I, 8.II und 8.III) bei der Berechnung der Korrelation zwischen pH-Wert des oberflächennahen Torfs und I_{Lf} unberücksichtigt.

In der obersten Torfschicht des Ökosystems 8.III, in dem 1968 ein pH(KCl)-Wert von 6,8 gemessen wurde (s. MÖLLER 1970), ergab sich 1996 ein mittlerer pH($CaCl_2$)-Wert von 4,1 (vgl. Koordinatenpunkt I_{Lf} 0,59; pH 4,1 in Abbildung 7) (offensichtliche Ursache der Versauerung: Ausbleiben der Zufuhr des neutralisierenden Kalziumhydrogenkarbonats, das

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

im vorliegenden Geschiebemergelbereich im Grundwasser reichlich vorhanden ist). Diese deutliche Erhöhung der Azidität des oberflächennahen Torfs hat offenbar die biologische Bodentätigkeit bzw. die Freisetzung von Mineralstoffen aus der Torfsubstanz (noch) nicht vermindert: Der I_{Lf} von 0,59 und die mittlere Stickstoffzahl (n. ELLENBERG 1992) von 7,82 (s. MÖLLER et al. 2001) sind im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sogar jeweils Höchstwerte.

Ausblick

Es sollte versucht werden, auch für andere Biotope Lebensformen-Indizes zur Ansprache edaphischer Verhältnisse zu entwerfen sowie einen „klimatischen Lebensformen-Index" (bzw. entsprechende Indizes) für den Vergleich verschiedener Klimabereiche zu entwickeln.

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.

BICK, H. (1993): Ökologie. Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte. 2. Aufl. – G. Fischer; Stuttgart, Jena, New York: 335 S.

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.

DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. – Ulmer, Stuttgart: 683 S.

ELLENBERG, H. (1956): Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. – In: WALTER, H. (Hrsg.): Einführung in die Phytologie. Band IV, Teil 1. – Ulmer, Stuttgart: 136 S.

– (1992): 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. – 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.

–, MÜLLER-DOMBOIS, D. (1967): A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. – Ber. Geobot. Inst. ETH Stift. Rübel 37: 56–73. Zürich.

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

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.

– (1992): 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 Bei-

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

spiel des Naturschutzgebietes „Tunschlikers Moor/Auf der Rhede", Landkreis Cuxhaven). – Telma 22: 199–215. Hannover.
–, AGENA I., WETTERAU, A. (2001): Reaktions- und Stickstoffzahlen nach Ellenberg als Indikatoren chemischer Kenngrößen der biologischen Aktivität oberflächennaher Torfe. – Tuexenia 21: 257–271. Göttingen.
RAUNKIAER, C. (1907/1937): Planterigets Livsformer og deres Betydning for Geografien. – Kjöbenhavn. Kristiania. (Engl. Übersetzung 1937 von H. GILBERT-CARTER: Plant life forms. Clarendon Press. Oxford. 104 S.).
REHFUESS, K.E. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. 2. Aufl. – Parey, Berlin u. Hamburg: 294 S.
SACHS, L. (1992): Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. 7. Aufl. – Springer; Berlin, Heidelberg, New York... : 846 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.
SCHROEDER, D. (1992): Bodenkunde in Stichworten. 5., rev. u. erw. Aufl. von BLUM, W.E.H. – Bornträger; Berlin, Stuttgart: 175 S.
STEUBING, L., FANGMEIER, A. (1992): Pflanzenökologisches Praktikum. Gelände- und Laborpraktikum der terrestrischen Pflanzenökologie. – Ulmer, Stuttgart: 205 S.
SUCCOW, M., JOOSTEN, H. (Hrsg.) (2001): Landschftsökologische Moorkunde. 2., neubearb. Aufl.. – Schweizerbart, Stuttgart: 622 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

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: NS_23

Autor(en)/Author(s): Möller Hans

Artikel/Article: Ein Zahlenwert zur Ansprache der biologischen Aktivität oberflächennaher Torfe auf der Basis der Lebensformen i.S. Raunkiaers 381-396