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

Tuexenia 17: 349–365. Göttingen 1997

Reaktions- und Stickstoffzahlen nach Ellenberg als Indikatoren für die Humusform in terrestrischen Waldökosystemen im Raum Hannover

– Hans Möller –

Zusammenfassung

ROGISTER (1978) stellte in belgischen und nordwestfranzösischen Wäldern eine enge Beziehung zwischen Humusform und dem Produkt mittlere Reaktionszahl mal mittlere Stickstoffzahl fest. In der vorliegenden Arbeit konnte ein solcher Zusammenhang auch für Wälder in Hannover und im Bergland südlich von Hannover nachgewiesen werden. Es zeigte sich ferner, daß die für sich betrachteten Reaktions- und Stickstoffzahlen die Humusform genausogut indizieren wie das Produkt aus diesen Größen. Das arithmetische Mittel der Zeigerzahlen, der Zeigerzahlen-Median mit Angabe seiner Position in der Medianklasse und ein Zeigerzahlen-Quotient („Zeigerzahlen-Index") geben die Humusqualität auf vergleichbarem Niveau wieder.

Abstract: Ellenberg's reaction and nitrogen figures as indicators of humus type in terrestrial forest ecosystems in the area around Hanover

ROGISTER (1978) found, in forest communities of Belgium and N.W. France, that there is a close correlation between the humus type and the product of Ellenberg's reaction and nitrogen figures. In the present study it is shown that this correlation is also valid for forest ecosystems in the area around Hanover. Furthermore, the reaction figures and the nitrogen figures, themselves can indicate the humus type equally well as can the product of these figures. The arithmetic mean of the indicator values, the median of the indicator values plus its position within the median class, and an indicator value quotient („indicator value index") indicate the humus type at a comparable level.

Keywords: Area of Hanover, Ellenberg's reaction and nitrogen figures, forest communities, humus type.

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 Bodenfaktoren Feuchtigkeit, Bodenreaktion, Stickstoffangebot sowie 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 ermittelten SEIDLING & ROHNER (1993) anhand von Daten aus vier deutschen Waldgebieten eine statistische Abhängigkeit des S-Werts (Summe der im Boden austauschbar gebundenen basischen Kationen) und des Al/Ca-Verhältnis 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. JUNKER (1978, zit. n. ELLENBERG 1992) stellte in Waldgesellschaften bei Göttingen einen Zusammenhang von mittlerer Stickstoffzahl und C/N-Verhältnis des oberen Mineralbodenbereichs fest.

ROGISTER (1978) ermittelte für Waldgesellschaften Belgiens und Nordwestfrankreichs eine enge Beziehung zwischen dem Produkt mittlere Reaktionszahl mal mittlere Stickstoffzahl und der Humusform (vgl. Tab. 4).

Die Humusform ist der morphologische Ausdruck der biologischen Bodenaktivität. Die biotische Aktivität des Bodens vermindert sich kontinuierlich auf dem Wege von Mull über Moder in Richtung Rohhumus (vgl. u. a. SCHEFFER & ULRICH 1960, v. ZEZSCHWITZ

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

1969, FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 1980, REHFUESS 1981). Gleichzeitig verschlechtert sich u.a. die N-, Ca- und Mg-Versorgung der Pflanzen (vgl. u.a. FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 1980).

Ein Zusammenhang von Reaktions- und Stickstoffzahlen mit der Humusform ist plausibel: Die in der Humusform erkennbare biologische Bodenaktivität wird durch die aktuelle Bodenazidität beeinflußt und ist verantwortlich für die Intensität der Stickstoffmineralisation.

Im folgenden soll für 16 terrestrische Waldökosysteme in Hannover (Eilenriede) und im Bergland südlich von Hannover überprüft werden:

1. Repräsentiert ebenfalls in diesem Bereich das Produkt aus mittlerer Reaktions- und mittlerer Stickstoffzahl die Humusform?
2. Läßt sich die Humusform auch lediglich über die Reaktionszahlen bzw. über die Stickstoffzahlen ansprechen?
3. Korrelieren die Reaktionszahlen bzw. die Stickstoffzahlen mit Kenngrößen der Humusform wie Mächtigkeit des Pakets aus Vermoderungs- und Humusstofflage, C/N-Verhältnis und Ureaseaktivität im humosen Oberboden?
4. Wie sind die verschiedenen Kennwerte der Verteilung der Zeigerzahlen (arithmetisches Mittel, Median, Zeigerzahlen-Quotient) bezüglich ihrer Indikatorfunktion für die Humusform zu bewerten?

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

Untersuchte Ökosysteme

Aus Tabelle 1 sind die berücksichtigten Ökosysteme zu entnehmen. Die syntaxonomische Einordnung der Pflanzengesellschaften erfolgte, soweit möglich, nach DIERSCHKE (1989). In allen Fällen handelte es sich um Bestände im Alter von ca. 80 bis 160 Jahren. Tabelle 2 informiert über Gestein, Bodenart und Bodentyp. In Tabelle 3 sind die vorgefundenen Humusformen mit entscheidenden Kenngrößen zusammengestellt.

Methoden

1. Kennwerte der Verteilung der Zeigerzahlen

Die Zeigerzahlen einer Vegetationsaufnahme oder -tabelle können in verschiedener Weise durch einen einzigen Kennwert (im folgenden „Zeigerzahlen-Kennwert") repräsentiert werden:

a) durch Erfassung der zentralen Tendenz der Zeigerzahlenreihe
aa) durch das arithmetische Mittel der Zeigerzahlen.

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 vorliegenden 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.)

ab) durch den Median mit Angabe seiner Position innerhalb der Medianklasse entsprechend MÖLLER (1992).

Der Median (= Zentralwert) ist der Wert, der die nach der Größe angeordnete Reihe von Daten halbiert. Bei ungeradem Umfang der Reihe fällt der Median mit dem Wert in der Mitte zusammen, und es sind je (n-1):2 Einzelwerte kleiner bzw. größer als der Median. Bei geradem Umfang der Reihe wird der Median als arithmetisches Mittel aus den beiden mittleren Einzelwerten berechnet. Die Nachteile des

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

Tabelle 1: Berücksichtigte Ökosysteme

Öko-system	Pflanzengesellschaft	Lokalität	Datenquelle
IA	Corydalis-Buchenmischwald	Eilenriede	MÖLLER 1987a
IB	Reiner Ficaria-Buchenmischwald		
IC	Reiner Anemone nemorosa-Buchenmischwald		
ID	Convallaria-Buchenmischwald		
IE	Pteridium-Nadelholzforst		
		Limberg/ Gestorf	
	Fichten-Ersatzgesellschaft des Luzulo-Fagetum		

Tabelle 2: Bodenarten/Gesteine und Bodentypen der berücksichtigten Ökosysteme

Öko-system	Bodenart im humosen A	Bodenart/Gestein unterhalb des humosen A	Bodentyp
IA	lS, mS	lS, mS, pp. über Tonmergel	Gley (Go oben reliktisch)
IB	mS, lS	mS, lS	Gley (Go oben reliktisch)
IC	mS	mS, sG	Gley (Go oben reliktisch)
ID	mS	mS, gS	Gley (Go oben reliktisch)
IE	mS	mS	Gley-Podsol
IIA			
IIB			
IIC			

sG = sandiger Kies (Grand)
lS = lehmiger Sand
lT = lehmiger Ton

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

Tabelle 3: Humusform und Parameter der Humusform: (Of + Oh) (cm); C/N, Ureaseaktivität (UA) (mg NH_3-N · 100 ml^{-1} Boden · h^{-1}) und pH ($CaCl_2$) im humosen Oberboden

Öko-system	Probe-flächen	Humusform	(Of+Oh) (cm) ($\bar{x}$)	C/N($\bar{x}$)	UA($\bar{x}$)	pH(Md)
IIA	5	LMu	0,00	14,2	2,88	5,0
IIIB	3	LMu	0,00	n.b.	16,22	6,4
IA	7	LMu, (FMu)	0,20	16,4	1,76	4,0
IB	4	LMu	0,00	16,1	1,49	3,9
IIIC	10	LMu, (FMu)	0,12	n.b.	5,63	5,9
IIID	5	LMu, FMu	0,40	n.b.	3,93	4,3
IIIA	5	LMu, (FMu)	0,30	n.b.	2,11	6,5
IIB	5	FMu	0,70	16,3	2,33	4,4
IC	6	MuMo	1,27	20,5	1,09	3,4
IIIE	8	FMu, MuMo	3,02	n.b.	1,69	3,7
IIC	6	MuMo	3,33	19,7	1,12	3,4
IIIF	5	FMu	1,30	n.b.	1,67	3,65
ID	9	TyMo	5,36	20,6	0,92	3,1
IE	6	Ro	15,72	39,3	0,58	3,05
V	10	RoMo	6,80	32,1	0,68	2,9
IV	10	TyMo	4,65	27,3	1,42	2,9

LMu = L-Mull FMu = F-Mull MuMo = Mullartiger Moder
TyMo = Typischer Moder RoMo = Rohhumusartiger Moder
Ro = Rohhumus n.b. = nicht bestimmt

„reinen" Zeigerzahlenmedians, d. h. des Medians ohne Positionsangabe, (u. a. zufälliges „Springen" zwischen zwei Zeigerwertstufen) wurden von mir bereits früher (MÖLLER 1987b) dargelegt und von KOWARIK & SEIDLING (1989) wiederholt.

Die Position des Medians in seiner Klasse wird dadurch bezeichnet, wie hoch der relative Anteil der unterhalb des Medians gelegenen Werte der Medianklasse an den Werten der Medianklasse unter Ausschluß des Medians ist:

$$\text{Pos. Md. i. Mk} = \frac{f\,\text{MK uMd}}{f\,\text{MK uMd} + f\,\text{MK oMd}}$$

Pos. Md i. MK = Position des Medians in der Medianklasse
f MK uMd = Frequenz der Zeigerzahlen der Medianklasse unterhalb des Medians
f MK oMd = Frequenz der Zeigerzahlen der Medianklasse oberhalb des Medians

Aus der gesamten Zeigerzahlenreihe kann die Position des Medians innerhalb seiner Klasse wie folgt ermittelt werden:

Wenn n = ungerade, gilt:

$$\text{Pos}_{\text{Md}}\text{ i. Mk} = \frac{\frac{n-1}{2} - (\Sigma f)_{\text{uMk}}}{f_{\text{Mk}} - 1}$$

Wenn n = gerade, gilt:

$$\text{Pos}_{\text{Md}}\text{ i. Mk} = \frac{\frac{n}{2} - (\Sigma f)_{\text{uMk}}}{f_{\text{Mk}}}$$

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

Es bedeuten:

Pos_{Md} i. Mk	= Position des Medians innerhalb der Medianklasse
n	= Zeigerzahlen sämtlicher Arten der Vegetationsaufnahme bzw. sämtlicher Vorkommen von Arten in der Vegetationstabelle
f_{Mk}	= Frequenz in der Medianklasse
$(\Sigma f)_{uMk}$	= Summe der Frequenzen unterhalb der Medianklasse

Der obige Positionswert kann zwischen 0 (kein übriger Wert der Medianklasse steht unterhalb des Medians) und 1 (alle übrigen Werte der Medianklasse befinden sich unterhalb des Medians) schwanken. Je höher die Stellung des Medians in seiner Klasse, desto stärker tendiert die gesamte Zeigerzahlenreihe nach oben.

Ist der Median der einzige Wert in seiner Zeigerwertstufe, was in der Praxis allerdings so gut wie nie vorkommt, dann ist die obige Formel nicht anzuwenden. Für diesen Fall wird vorgeschlagen, dem Median „0/0" hinzuzufügen. (Oberhalb und unterhalb des Medians sind jeweils 0 Werte der Zeigerwertstufe des Medians vorhanden.)

Liegt der Median nicht innerhalb einer Klasse von Zeigerzahlen, sondern zwischen zwei Zeigerzahlenklassen, dann wird er als arithmetisches Mittel aus der unteren und der oberen Zeigerwertstufe berechnet.

Befindet sich der Median z. B. zwischen der Klasse der Fünfen und der der Sechsen, dann ist er 5,5.

ac) durch Überführung des Medians mit Positionsangabe in einen dezimalen Rechenwert.

Um auf der Basis des Zeigerzahlenmedians Korrelations- und Regressionsrechnungen durchführen zu können, wurde der Median mit Positionsangabe in einen dezimalen Rechenwert transformiert.

Bei einer geraden Anzahl von Zeigerzahlen gilt:

$$\text{Md/Pos. trans.} = \text{uKR} + \frac{f\,\text{uMd}}{f\,\text{Mk}}$$

Bei einer ungeraden Anzahl von Zeigerzahlen gilt:

$$\text{Md/Pos trans.} = \text{uKR} + \frac{f\,\text{uMd}}{f\,\text{Mk}} + \frac{1}{f\,\text{Mk}\ \ 2}$$

uKR	= Md – 0,5
Md/Pos. trans.	= in einen dezimalen Rechenwert überführter Median mit Positionsangabe in der Medianklasse
uKR	= unterer Rand der Medianklasse
f uMd	= Frequenz der Zeigerzahlen der Medianklasse unterhalb des Medians
f Mk	= Frequenz der Zeigerzahlen der Medianklasse
Md	= Medianwert (eine ganze Zahl)

Die obige Transformation des Medians mit Positionsangabe in einen dezimalen Rechenwert hat folgende Grundlagen:

Die neun Zeigerwertstufen werden als Klassen mit einer jeweiligen Klassenbreite von 1 aufgefaßt. Als Klassenrand wird jeweils die Mitte von zwei aufeinanderfolgenden Zeigerwertstufen angesetzt. Dies bedeutet, daß die Zeigerzahlen der Medianklasse zwischen der Größe (Stufe der Medianklasse – 0,5) (= unterer Klassenrand) und der Größe (Stufe der Medianklasse + 0,5) (= oberer Klassenrand) liegen.

Wird die Medianklasse z. B. von Sechsen gebildet, so befindet sie sich zwischen den Klassenrändern 5,5 und 6,5.

Das Intervall der Medianklasse von 1 wird als Strecke mit Teilabschnitten von $1/f$ Mk verstanden. Bestimmt wird zunächst der Streckenabschnitt vom unteren Klassenrand bis zur Mitte der gesamten Zeigerzahlenreihe. Bei einer geraden Anzahl von Zeigerzahlen (in der gesamten Reihe) ist der betreffende Abschnitt f uMd/f Mk. Dieser Wert erhöht sich bei einer ungeraden Anzahl von Zeigerzahlen um $1/f$ Mk 2, da der vom Median eingenommene Streckenabschnitt halb zur unteren Hälfte und halb zur oberen Hälfte der gesamten Zeigerzahlenreihe gerechnet wird. Die Summe aus Wert des unteren Klassenrandes und Streckenabschnitt zwischen unterem Klassenrand und Mitte der gesamten Zeigerzahlenreihe ergibt Md/Pos. trans.

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

Zu demselben Ergebnis gelangt man durch Anwendung der Formel, die KOWARIK & SEIDLING (1989, S. 141; zit. v. ELLENBERG 1992, S. 46/47) der Berechnung des Medians, wie sie ihn verstehen, zugrundelegen. Die von SACHS (1988) übernommene Formel wurde zur Schätzung des Medians durch lineare Interpolation bei gruppierten stetigen Daten konzipiert. Sie kann jedoch auch bei gleichen Daten in der Medianklasse, wie dies bei Zeigerzahlen der Fall ist, der Bestimmung der Position des Medians in der Medianklasse dienen.

Der die Stellung des Medians in der Medianklasse beschreibende dezimale Rechenwert darf nicht mit dem Zeigerzahlen-Median selbst verwechselt werden. Dieser ist (sofern er nicht zwischen zwei Zeigerzahlenstufen liegt) definitiv ganzzahlig.

b) durch einen Quotienten auf der Basis von zwei KIassen von Zeigerzahlen entsprechend dem „Reaktionszahlen-Index" (I_R) von MÖLLER (1987b). Dieser gibt für eine Vegetationsaufnahme oder -tabelle die Relation zwischen der Anzahl der Reaktionszahlen 6 bis 9 und der Anzahl aller Reaktionszahlen an.

Allgemein auf Zeigerzahlen bezogen, läßt sich formulieren:

$$I_Z = \frac{n_z\,6 \quad 9}{n_z\,1 \quad 9}$$

I_Z = Zeigerzahlen-Index
$n_Z\,6 \quad 9$ = Anzahl der Zeigerzahlen 6, 7, 8, 9 in der Vegetationsaufnahme oder -tabelle
$n_Z\,1 \ldots 9$ = Anzahl aller Zeigerzahlen in der Vegetationsaufnahme oder -tabelle

Die Klasseneinteilung 1–5/6–9 führte bei den vorliegenden Reaktions- und Stickstoffzahlen zu einer engeren Korrelation zu den Meßwerten als andere Klassenbildungen.

Bei der Berechnung der Zeigerzahlen-Kennwerte wurde jedes Einzelvorkommen in der Vegetationstabelle, unabhängig von der Artmächtigkeit, einfach gewichtet. (Unter „Einzelvorkommen" wird jedes Auftreten einer Art in einer Vegetationsaufnahme verstanden.)

Da die Zeigerzahlen unseres Materials mit denen von ROGISTER (1978) verglichen werden und dieser Autor nur die Spezies der Krautschicht berücksichtigte, bleiben die Zeigerwerte der Bäume und Sträucher (inklusive der Jungwüchse) in der vorliegenden Arbeit außer Betracht.

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.

2. Bodenuntersuchungen

2.1. Morphologische Ansprache von Humusform und Bodentyp:nach BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG (1982).

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

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

2.3. Bestimmung des pH-Werts: elektrometrisch am naturfeuchten Boden am Tag nach der Probenahme unter Zusatz von 0,01 M $CaC1_2$-Lösung (Volumenverhältnis Boden : Flüssigkeit = 1 : 2,5).
2.4. Bestimmung des organisch gebundenen Kohlenstoffs: durch nasse Veraschung nach der Lichterfelder Methode (vgl. SCHLICHTING & BLUME 1966).
2.5. Bestimmung des organisch gebundenen Stickstoffs: nach KJELDAHL (vgl. STEUBING 1965).
2.6. Bestimmung der Ureaseaktivität: a) Ökosysteme IA bis IE, IIA bis IIC, IV, V: nach HOFFMANN & TEICHER (1961) (vgl. STEUBING 1965); Ökosysteme IIIA bis IIIE: nach KANDELER & GERBER (1988), „ungepufferte Methode" (vgl. SCHINNER et al. 1991). In Abweichung von den Versuchsanleitungen Bestimmung nicht am naturfeuchten, sondern am lufttrockenen Boden. – Als Maß für die Ureaseaktivität dient jeweils die unter definierten Bedingungen im Brutversuch aus Harnstoff freigesetzte Menge an NH_3-N.

Die unter 2.2. bis 2.6. genannten Analysen wurden bei den Ökosystemen IA bis IE zu sechs verschiedenen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode durchgeführt. Bei den übrigen Ökosystemen erfolgten die Untersuchungen zu nur einem Zeitpunkt in der Vegetationsperiode. Pro Bodenprobe wurden zwei Parallelbestimmungen durchgeführt.

3. Statistische Verfahren: nach WEBER (1980)

Die angegebenen arithmetischen Mittel der C/N-Verhältnisse und Ureaseaktivitäten sowie die Mediane der pH- Werte basieren bei den Ökosystemen IA bis IE auf den Daten von allen sechs Untersuchungszeitpunkten.

Zum Teil ergab sich erst nach Transformation der y-Werte in Logarithmen bzw. in Wurzelwerte eine lineare Beziehung zwischen zwei Parametern. Konnte auch nach entsprechender Transformation keine lineare Beziehung zwischen zwei Größen hergestellt werden, so wurde anstelle des Korrelationskoeffizienten nach PEARSON der Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN berechnet.

4. Abkürzungen und Symbole

$\bar{x}$	= arithmetisches Mittel
$\bar{x}_R$	= arithmetisches Mittel der Reaktionszahlen
$\bar{x}_N$	= arithmetisches Mittel der Stickstoffzahlen
Md	= Median
Md_R	= Median der Reaktionszahlen
Md_N	= Median der Stickstoffzahlen
Md/Pos.	= Median mit Angabe seiner Position in der Medianklasse
Md/Pos. trans.	= in einen dezimalen Rechenwert transformierter Md/Pos.
I_R	= Reaktionszahlen-Index
I_N	= Stickstoffzahlen-Index
r	= Korrelationskoeffizient nach PEARSON
r_S	= Korrelationskoeffizient nach SPEARMAN
$\tilde{y}$	= transformierter y-Wert
P	= Überschreitungswahrscheinlichkeit

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

***: $P \leq 0{,}1\%$
**: $P \leq 1\%$
*: $P \leq 5\%$

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 5 belegt auch für die Ökosysteme aus dem Raum Hannover eine enge Beziehung zwischen Humusform und dem Wert $\bar{x}_R$ $\bar{x}_N$: Sie zeigt drei klar voneinander abgesetzte Blöcke von Pflanzengesellschaften, in denen jeweils Humusformgruppe und Höhe des genannten

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

Tabelle 4: Beziehung zwischen dem Produkt $\bar{x}_R \cdot \bar{x}_N$ und der Humusform nach ROGISTER (1978)

$\bar{x}_R \cdot \bar{x}_N$	Humusform
>28,5	"aktiver Mull"*
27,5 - 23,0	Typischer Mull*, Kalkmull*
23,0 - 19,0	saurer Mull
18,2 - 14,4	Mullartiger Moder (Mull-Moder)
14,4 - 6,4	Moder
<6,4	Rohhumus

* entspricht L-Mull n. BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG (1982)

Tabelle 5: Produkt $\bar{x}_R \cdot \bar{x}_N$, Reaktionszahlen-Kennwerte und Humusform

Öko-system	Probe-flächen	Humusform	$\bar{x}_R.\bar{x}_N$	$\bar{x}_R$	Md_R/Pos.	Md_R/Pos. trans.	I_R
IIA	5	LMu	51,2	7,15	7/0,65	7,15	0,98
IIIB	3	LMu	48,2	7,05	7/0,67	7,17	0,95
IA	7	LMu, (FMu)	47,5	6,96	7/0,49	6,99	0,98
IB	4	LMu	45,4	6,74	7/0,36	6,86	0,94
IIIC	10	LMu, (FMu)	45,5	6,69	7/0,26	6,76	0,92
IIID	5	LMu, FMu	43,9	6,68	7/0,21	6,71	0,94
IIIA	5	LMu, (FMu)	42,7	6,67	7/0,18	6,69	0,92
IIB	5	FMu	38,7	6,38	6/0,91	6,41	0,84
IC	6	MuMo	34,4	6,08	6,5	6,50	0,79
IIIE	8	FMu, MuMo	35,5	5,88	6/0,45	5,96	0,73
IIC	6	MuMo	30,9	5,47	6/0,14	5,67	0,55
IIIF	5	FMu	25,2	4,97	5/0,60	5,09	0,40
ID	9	TyMo	22,2	4,88	5/0,60	5,10	0,38
IE	6	Ro	20,8	4,35	4/0,40	3,92	0,23
V	10	RoMo	14,2	3,30	3/0,71	3,19	0,05
IV	10	TyMo	11,4	3,00	3/0,40	2,91	0,03

LMu = L-Mull FMu = F-Mull MuMo = Mullartiger Moder
TyMo = Typischer Moder RoMo = Rohhumusartiger Moder

Produkts koinzidieren. Unsere Ergebnisse weichen von denen ROGISTERs (1978) in folgenden Punkten ab:

1. Während ROGISTER anhand der Höhe des Werts $\bar{x}_R \cdot \bar{x}_N$ sechs Humusformen voneinander absetzen konnte, läßt unser Material nur eine Differenzierung in drei Humusformgruppen zu. Dies mag darin begründet sein, daß unserer Gliederung lediglich 16 Pflanzengesellschaften im Gegensatz zu 142 bei ROGISTER zugrundeliegen.

2. Bei gleicher Humusform ist das Produkt $\bar{x}_R \cdot \bar{x}_N$ im Untersuchungsmaterial aus dem Raum Hannover i.a. deutlich höher als bei ROGISTER (vgl. Tab. 4 u. 5). Die absoluten Werte sind hier allerdings nicht voll vergleichbar:

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

Tabelle 6: Stickstoffzahlen-Kennwerte und Humusform

Öko-system	Probe-flächen	Humusform	$\bar{x}_N$	Md_N/Pos.	Md_N/Pos. trans.	I_N
IIA	5	LMu	7,16	7/0,87	7,34	0,88
IIIB	3	LMu	6,83	7/0,40	6,90	0,88
IA	7	LMu, (FMu)	6,82	7/0,56	7,06	0,73
IB	4	LMu	6,74	7/0,27	6,77	0,80
IIIC	10	LMu, (FMu)	6,80	7/0,46	6,96	0,79
IIID	5	LMu, FMu	6,57	7/0,07	6,57	0,73
IIIA	5	LMu, (FMu)	6,40	6/0,88	6,36	0,76
IIB	5	FMu	6,06	6/0,43	5,93	0,64
IC	6	MuMo	5,65	5/1	5,46	0,48
IIIE	8	FMu, MuMo	6,03	6/0,41	5,91	0,62
IIC	6	MuMo	5,65	6/0,28	5,79	0,67
IIIF	5	FMu	5,08	5/0,36	4,87	0,38
ID	9	TyMo	4,55	5/0,00	4,55	0,17
IE	6	Ro	4,78	3/1	3,46	0,39
V	10	RoMo	4,29	3/0,88	3,36	0,31
IV	10	TyMo	3,81	3/0,85	3,33	0,16

LMu = L-Mull FMu = F-Mull MuMo = Mullartiger Moder
TyMo = Typischer Moder RoMo = Rohhumusartiger Moder
Ro = Rohhumus

a. ROGISTER (1978) dürfte sich auf die Zeigerwerte von ELLENBERG (1974) gestützt haben (der Autor selbst nennt keine entsprechende Jahreszahl), die nicht in allen Fällen mit der Bewertung der Arten von ELLENBERG (1992) übereinstimmen.

b. Es ist anzunehmen, daß ROGISTER die Zeigerzahlen im Gegensatz zu uns nicht einfach, sondern je nach Artmächtigkeit der Spezies verschieden gewichtet hat, wie es ELLENBERG (1974) empfahl.

Die Tabellen 5 und 6 dokumentieren: Bei den von uns untersuchten Ökosystemen zeigen die jeweils für sich betrachteten mittleren Reaktions- und Stickstoffzahlen ($\bar{x}_R$ und $\bar{x}_N$) die Humusform(gruppe) genausogut an wie das Produkt aus diesen Werten.

Aus den Reaktions- und Stickstoffzahlen-Kennwerten kann nicht nur auf die Humusform(gruppe) als Ganzes, sondern auch auf Kenngrößen der Humusform geschlossen werden. Als solche wurden berücksichtigt:

1. die Mächtigkeit des Pakets aus Vermoderungslage (= Of-Lage) und Humusstofflage (= Oh-Lage):

Bei einer hohen biologischen Bodenaktivität und einer dadurch bedingten günstigen Humusform (L-Mull) fehlen organische Auflagen (mit Ausnahme einer vorübergehenden frischen Streulage = Ol-Lage). Läßt die biotische Tätigkeit des Bodens nach, so bildet sich auf dem Mineralkörper eine Vermoderungslage (Humusform F-Mull), die bei einer weiteren Verschlechterung der Humusqualität durch eine Humusstofflage ergänzt wird (Humusformen Moder und Rohhumus). Je stärker das Paket aus den stationären organischen Auflagen ausfällt, desto ungünstiger ist die Humusform.

2. das C/N-Verhältnis im humosen Oberboden:

Allgemein besteht die Tendenz, daß sich die Humusqualität mit einer „Erweiterung" des C/N-Quotienten im Humuskörper verschlechtert (vgl. z.B. MÜLLER 1956; WITTICH

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

1963; CZERNEY 1966; v. ZEZSCHWITZ 1969, 1980; BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG 1982). Zur Diagnose der Humusform wird bei Mull und Mullartigem Moder allgemein das C/N-Verhältnis im Ah, bei Typischem Moder und Rohhumus meist der C/N-Quotient des Oh herangezogen. Bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Böden mit und ohne Oh legen wir jedoch, der besseren Vergleichbarkeit wegen, einheitlich das C/N-Verhältnis im humosen Oberboden (Ah, Aeh, Ahe) zugrunde (vgl. auch BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG 1982, Tabelle 23). In jedem Falle dürfte sich der C/N-Quotient des humosen A-Horizonts mit einer Verschlechterung der Humusform vergrößern. Bei den vorliegenden Ökosystemen ergibt sich für die Beziehung zwischen dem C/N-Verhältnis im humosen A-Horizont und der Mächtigkeit der stationären Auflagen, einem wie dargelegt morphologischen Maß der Humusqualität, ein Korrelationskoeffizient von 0,936!

3. die Ureaseaktivität im humosen A-Horizont:

Verschiedene Untersuchungen (MÖLLER 1981a, 1981b, 1987a) zeigten eine deutliche Verminderung der Ureaseaktivität im humosen Oberboden (Ah, Aeh, Ahe) auf dem Wege von Mull über Moder bis zum Rohhumus.

Die Tabellen 7 und 8 sowie die Abbildungen 1,2,3 bezeugen:

Sowohl mit zunehmenden Reaktionszahlen-Kennwerten ($\bar{x}_R$, Md_R/Pos. trans., I_R), als auch mit steigenden Stickstoffzahlen-Kennwerten ($\bar{x}_N$, Md_N/Pos. trans., I_N) vermindert sich die Stärke der stationären organischen Auflagen (Of + Oh), „verengt" sich der C/N-Quotient und erhöht sich die Ureaseaktivität im humosen Oberboden. Sämtliche Korrelationskoeffizienten sind statistisch gesichert, die meisten befinden sich zwischen 0,8 und 0,9.

Die einheitliche Verrechnung der vorliegenden Ureasedaten ist nur mit Einschränkung zulässig:

1. Die Bestimmungsmethoden waren verschieden (s.o.).
2. Bei den Ökosystemen IA bis IE resultieren die Mittelwerte aus Messungen von sechs verschiedenen Zeitpunkten, bei den übrigen Ökosystemen beziehen sich die Mittelwerte auf einen einzigen Untersuchungszeitpunkt.

Es ist anzumerken, daß die Reaktionszahlen in gleicher Höhe mit den Größen des Stickstoffhaushalts (C/N-Verhältnis, Ureaseaktivität des humosen Oberbodens) korrelieren wie die Stickstoffzahlen.

Bei den vorliegenden mesophilen Ökosystemen (arithmetisches Mittel aus den mittleren Feuchtezahlen aller 16 Ökosysteme: $5{,}42 \pm 0{,}40$) sind mit steigenden Reaktionszahlen steigende Stickstoffzahlen verbunden (vgl. $\bar{x}_R$ und $\bar{x}_N$, Md_R/Pos. und Md_N/Pos., I_R und I_N in Tab. 5 und 6 sowie die entsprechenden Korrelationskoeffizienten in Tab. 9). Ein solcher Zusammenhang 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.

Bei einem Vergleich der in den einzelnen Ökosystemen ermittelten Reaktionszahlen-Kennwerte mit den gemessenen pH-Werten fällt auf:

1. Die Reaktionszahlen-Kennwerte korrelieren auf einem niedrigeren Niveau mit den pH-Werten als mit der Stärke der stationären organischen Auflagen (Of+Oh) und dem C/N-Verhältnis im humosen A-Horizont (vgl. Tab. 7).

2. Im Bereich hoher Reaktionszahlen ($\bar{x}_R > 6{,}6$; Md/Pos. > 7/0,18; $I_R > 0{,}92$) zeigen die pH-Werte die beträchtliche Bandbreite von 3,9 bis 6,5 (vgl. Tab. 5 mit Tab. 3, s. Abb. 4). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam SEIDLING (1984), der im Spandauer Forst (Berlin) bei mittleren Reaktionszahlen von 5,5 bis 6,5 pH($CaCl_2$)-Werte von ca. 3,2 bis 7,2 maß (vgl. SEIDLING & ROHNER 1993, Abb. 4).

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

Tabelle 7: Korrelationskoeffizienten (r) und Regressionen für die Beziehungen von Reaktionszahlen- und Stickstoffzahlen-Kennwerten zu (Of + Oh) (cm) sowie C/N und pH (0,01 m $CaCl_2$) im humosen Oberboden

$\bar{x}_R$	$\sqrt{Oh+Of}$	16	-0,831***	$\tilde{y}$ -0,707x + 5,308
Md_R/Pos. trans.	$\sqrt{Oh+Of}$	16	-0,848***	$\tilde{y}$ = -0,681x + 5,191
I_R	$\sqrt{Oh+Of}$	16	**-0,854***	$\tilde{y}$ -2,812x + 3,100
$\bar{x}_N$	$\sqrt{Oh+Of}$	16	-0,838***	$\tilde{y}$ = -0,903x + 6,492
Md_N/Pos. trans.	$\sqrt{Oh+Of}$	16	**-0,891***	$\tilde{y}$ = -0,731x + 5,370
I_N	$\sqrt{Oh+Of}$	16	-0,784***	$\tilde{y}$ -3,666x + 3,383
$\bar{x}_R$	log C/N	10	-0,867***	$\tilde{y}$ -0,084x + 1,779
Md_R/Pos. trans.	log C/N	10	**-0,894***	$\tilde{y}$ -0,081x + 1,764
I_R	log C/N	10	-0,885***	$\tilde{y}$ = -0,337x + 1,517
$\bar{x}_N$	log C/N	10	-0,825**	$\tilde{y}$ -0,103x + 1,896
Md_N/Pos. trans.	log C/N	10	**-0,928***	$\tilde{y}$ -0,087x + 1,784
I_N	log C/N	10	-0,731*	$\tilde{y}$ = -0,410x + 1,537
$\bar{x}_R$	log pH	16	**0,781***	$\tilde{y}$ = 0,069x + 0,205
Md_R/Pos. trans.	log pH	16	0,755***	$\tilde{y}$ 0,063x + 0,237
I_R	log pH	16	0,775***	$\tilde{y}$ 0,265x + 0,427
$\bar{x}_N$	log pH	16	0,794***	$\tilde{y}$ = 0,089x + 0,085
Md_N/Pos. trans.	log pH	16	0,778***	$\tilde{y}$ = 0,066x + 0,228
I_N	log pH	16	**0,807***	$\tilde{y}$ 0,392x + 0,373

Die Verbindung hoher Reaktionszahlen mit sehr unterschiedlichen pH-Werten läßt sich folgendermaßen deuten: In ursprünglich schwach sauren bis schwach alkalischen Oberböden mit geringerer Pufferung sind die pH-Werte durch die sauren Depositionen der letzten Jahrzehnte merklich abgefallen. Andererseits verblieben Böden, die bis in den Ah-Horizont hinein durch $CaCO_3$ gut gepuffert sind (Mull-Rendzinen!) in einem pH-Bereich um den Neutralpunkt. Mögliche Ursachen dafür, weshalb Arten mit hohen Reaktionszahlen auf stark versauerten Böden auch gegenwärtig noch existenzfähig sind, wurden von mir (MÖLLER 1987a) am Beispiel der Eilenriede (Stadtwald von Hannover) diskutiert.

Erwähnung verdient, daß die Stickstoffzahlen-Kennwerte auf etwas höherem Niveau als die Reaktionszahlen-Kennwerte mit den gemessenen pH-Werten korrelieren (s. Tab. 7).

Es ist nunmehr zu erörtern, wie die verschiedenen Reaktionszahlen- bzw. Stickstoffzahlen-Kennwerte hinsichtlich ihrer Indikatorfunktion für die Humusform zu beurteilen sind.

Die Tabellen 5 und 6 zeigen, daß die drei Humusformgruppen in gleicher Schärfe durch die jeweiligen arithmetischen Mittelwerte ($\bar{x}_R$ bzw. $\bar{x}_N$), Mediane mit Positionsangabe (Md_R/Pos. bzw. Md_N/Pos.) und Zeigerzahlen-Quotienten (I_R bzw. I_N) voneinander abgehoben werden. Den Tabellen 7 und 8 ist zu entnehmen, daß sowohl bei den Reaktionszahlen als auch bei den Stickstoffzahlen die verschiedenen Zeigerzahlen-Kennwerte auf vergleichbar hohem Niveau mit den hier berücksichtigten drei Kenngrößen der Humusform korrelieren. Allenfalls zeichnet sich die Tendenz ab, daß unter den Stickstoffzahlen-Kennwerten der transformierte Median mit Positionsangabe enger mit der Stärke der stationären organischen Auflagen (Of + Oh) und dem C/N-Verhältnis des humosen A-Horizonts verbunden ist als der arithmetische Mittelwert und der entsprechende Index. Daß die einzelnen Reaktionszahlen- bzw. Stickstoffzahlen-Kennwerte in ihrer Aussagekraft für die Humusform weitgehend austauschbar sind, belegen indirekt auch die hohen Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen diesen Größen (s. Tab. 9).

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

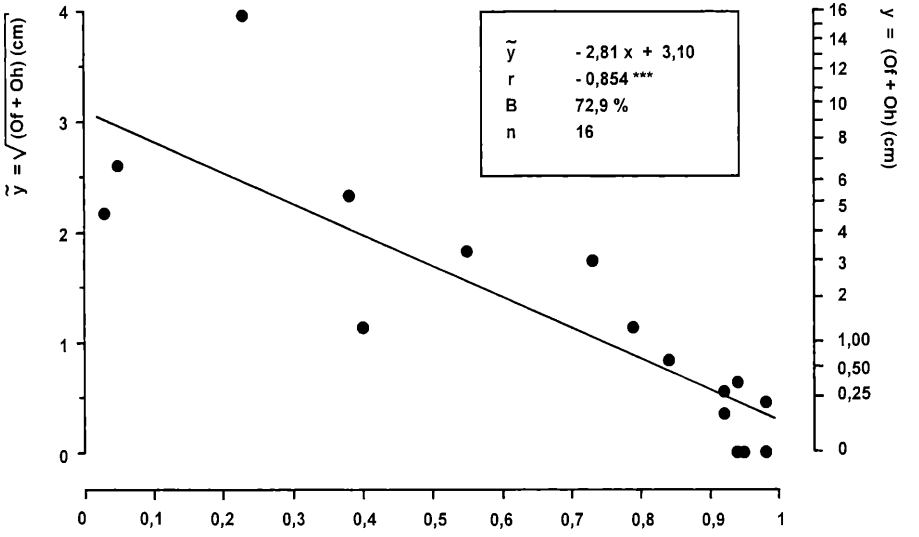


Abb. 1: Indikatorfunktion des Reaktionszahlen-Index (I_R) für die Mächtigkeit der stationären organischen Auflagen (Of + Oh).

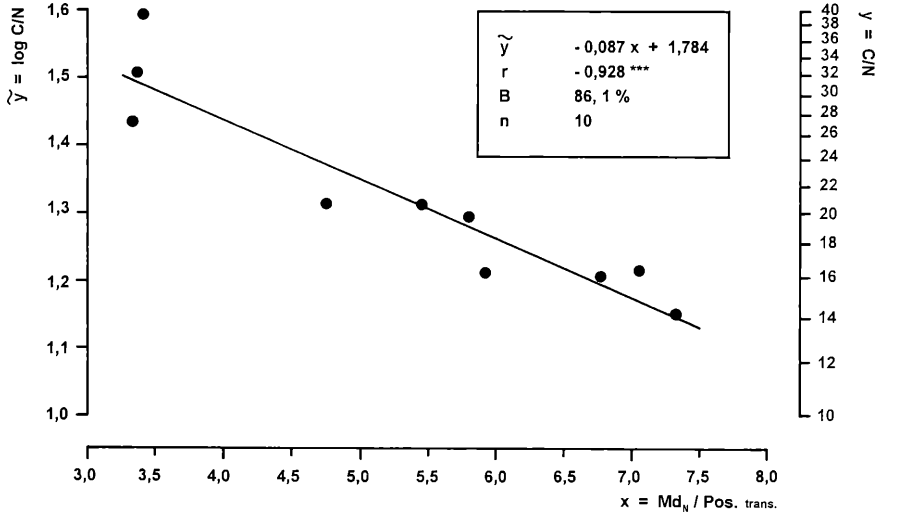


Abb. 2: Indikatorfunktion des Stickstoffzahlen-Medians mit Angabe seiner Position in der Medianklasse nach Transformation in einen dezimalen Rechenwert (Md_N/Pos. trans.) für das C/N-Verhältnis im humosen Oberboden.

Es war nicht von vornherein zu erwarten, daß die arithmetischen Mittel der Reaktions- und Stickstoffzahlen die Humusform genausogut oder doch fast genausogut indizieren wie die anderen Zeigerzahlen-Kennwerte. Im Gegensatz zum Zeigerzahlen-Median oder zum Zeigerzahlen-Index ist nämlich das arithmetische Mittel von Zeigerwerten mathematisch nicht unbedenklich:

1. Die Zeigerzahlen sind ordinale und keine kardinalen Größen. Nur im Falle der bei Kardinalzahlen gegebenen metrischen Skala ist die Bildung des arithmetischen Mittels mathema-

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

Tabelle 8: Rangkorrelationskoeffizienten mach SPEARMAN (r_s) für die Beziehungen von Reaktionszahlen- und Stickstoffzahlen-Kennwerten zur Ureaseaktivität (UA) (mg NH_3-N 100 ml^{-1} Boden h^{-1}) und im humosen Oberboden

x-Wert	y-Wert		r_s
$\bar{x}_R$	UA	16	0,779**
Md_R/Pos. trans.	UA	16	0,758**
I_R	UA	16	0,761**
$\bar{x}_N$	UA	16	0,814**
Md_N/Pos. trans.	UA	16	0,800**
I_N	UA	16	0,747**

Tabelle 9: Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen $\bar{x}_R$ $\bar{x}_N$, Reaktionszahlen- und Stickstoffzahlen-Kennwerten

Tabelle 9. Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen $\bar{x}_R$·$\bar{x}_N$, Reaktionszahlen- und Stickstoffzahlen-Kennwerten

	$\bar{x}_R$·$\bar{x}_N$	$\bar{x}_R$	Md_R/Pos. trans.	I_R	$\bar{x}_N$	Md_N/Pos. trans.	I_N
$\bar{x}_R$·$\bar{x}_N$		0,985	0,967	0,982	0,994	0,980	0,943
$\bar{x}_R$	0,985		0,993	0,991	0,970	0,968	0,901
Md_R/Pos. trans.	0,967	0,993		0,987	0,948	0,965	0,870
I_R	0,982	0,991	0,987		0,968	0,968	0,898
$\bar{x}_N$	0,994	0,970	0,948	0,968		0,975	0,965
Md_N/Pos. trans.	0,980	0,968	0,965	0,968	0,975		0,922

tisch einwandfrei. Nur hier sind gleichgroße Intervalle „objektiv gleichwertig, gleichgültig in welchem Bereich der Skala sich dieses Intervall befindet". Bei Zeigerzahlen liegt eine topologische Skala vor. „Bei topologischen Skalen können nur Median und Modus angegeben werden. Eine topologische Skala bringt nur eine Ordnung, aber keine Abstände zum Ausdruck." (Zitate n. HEILER & RINNE 1971, S. 23.) Dies bedeutet z. B., daß bei der Stickstoffzahl 8 das Stickstoffangebot nicht unbedingt viermal so hoch ist wie bei der Stickstoffzahl 2. ELLENBERG (1992, S. 45) weist allerdings darauf hin, daß zumindest die T-, K-, N- und S-Zahlen „gewissermaßen quasi-kardinal" sind.

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

Die Gaußsche Verteilungskurve ist primär auf stete Daten bezogen. Bei diskreten Daten wie den Zeigerzahlen ist jedoch eine entsprechende Annäherung möglich: „Um die Normalverteilung auf diskrete Daten anwenden zu können, ist es notwendig, die Daten so zu behandeln, als seien sie stetig" (SPIEGEL 1983, S. 132; vgl. hier auch Abb. 7–6).

Das arithmetische Mittel gilt aber nur dann als repräsentativ für eine Datenreihe, wenn Normalverteilung vorliegt. „Im allgemeinen wird zur statistischen Untersuchung der Mittelwert verwendet, wenn die Population symmetrisch ist ... Der Median erweist sich dagegen geeigneter bei unsymmetrischen Verteilungen, da in solchen Fällen der Mittelwert zu stark auf

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

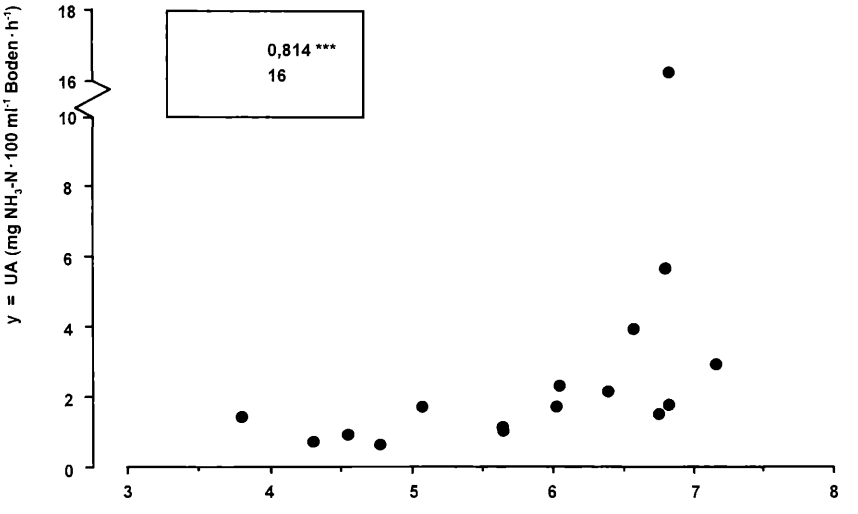


Abb. 3: Indikatorfunktion des arithmetischen Mittels der Stickstoffzahlen ($\bar{x}_N$) für die Ureaseaktivität (UA) im humosen Oberboden.

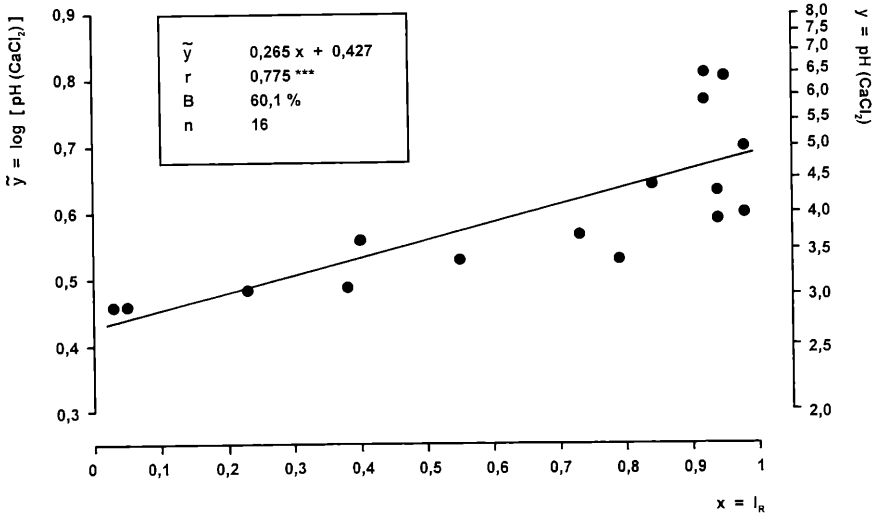


Abb. 4: Indikatorfunktion des Reaktionszahlen-Index (I_R) für den pH($CaCl_2$)-Wert im humosen Oberboden.

die länger auslaufende Seite der Kurve hin verschoben ist, um als repräsentativ für die Mehrheit angesehen werden zu können" (RIDGMAN 1981, S. 20).

Bezüglich der Verrechnung von Zeigerzahlen nach ELLENBERG können aus den obigen Befunden zumindest für die vorliegenden Ökosysteme verschiedene Konsequenzen gezogen werden:

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

1. Interessiert, ungeachtet der Korrektheit des Berechnungsverfahrens, nur die Ansprache des Standorts, so kann am bisher allgemein üblichen arithmetischen Mittel von Zeigerzahlen festgehalten werden.

2. Wird ein mathematisch nicht einwandfreies Verfahren prinzipiell abgelehnt, dann bieten sich als brauchbare Alternativen zum arithmetischen Mittel der Zeigerzahlen der Zeigerzahlen-Median mit Positionsangabe sowie der Zeigerzahlen-Index an.

Ich präferiere den Zeigerzahlen-Median mit Angabe seiner Position in der Medianklasse:

1. Im Gegensatz zum arithmetischen Mittel der Zeigerwerte ist er mathematisch unbedenklich.

2. Er verkörpert, im Gegensatz zum Zeigerzahlen-Index, eine definierte Zeigerwertstufe und gibt so (wie das arithmetische Mittel der Zeigerzahlen) eine unmittelbare Vorstellung der ökologischen Situation.

3. Nach Transformation in einen dezimalen Rechenwert kann er, wie das arithmetische Mittel der Zeigerzahlen und der Zeigerzahlen-Index, zu Korrelations- und Regressionsanalysen herangezogen werden.

Die dargelegte Indikatorfunktion der Reaktions- und Stickstoffzahlen für die Humusform gilt zunächst lediglich für den Untersuchungsraum und hier auch nur für die berücksichtigten Pflanzengesellschaften (Buchenmischwald, *Galio odorati-Fagetum*, *Hordelymo-Fagetum*, *Luzulo-Fagetum* und dessen Fichten-Ersatzgesellschaft). Es wäre zu überprüfen, inwieweit die vorgelegten Ergebnisse auf andere geographische Räume und auf andere Pflanzengesellschaften übertragbar sind.

Eine Diagnose der Humusform über Zeigerzahlen nach ELLENBERG erübrigt sich, wenn der Humuskörper unmittelbar zugänglich ist. Bei Vegetationsaufnahmen aus der Vergangenheit oder von einem weiter entfernten Ort kann es jedoch sinnvoll sein, die mutmaßliche Humusform über Reaktions- bzw. Stickstoffzahlen anzusprechen.

Danksagung

Für die Reinzeichnung der Diagramme danke ich Frau cand. rer. nat. Martina RÜTHNICK, Gehrden, herzlich.

Literatur

BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG (1982), Hrsg.: Arbeitsgruppe Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. 3., verb. u. erw. Aufl. – Hannover: 331 S.

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

CZERNEY, P. (1966): Bodenkundlich-chemische Eigenschaften verschiedener Waldhumusformen unter besonderer Berücksichtigung des Fichtenhumus. – Diss. TU Dresden (Tharandt).

DEGORSKI, M. (1982): Usefulness 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.

DIERSCHKE, H. (1989): Artenreiche Buchenwald-Gesellschaften Nordwest-Deutschlands. – Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 1: 107–148. Göttingen.

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. 9–166. Göttingen.

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

FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME (1980), Hrsg. Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung. 4. Aufl. – Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

HEILER, S., RINNE, H. (1971): Einführung in die Statistik. – Verl. Anton Hain, Meisenheim am Glan: 132 S.

JUNKER, U. (1978): Beziehungen zwischen Saugspannung und Wassergehalt bei charakteristischen Waldböden in der Umgebung von Göttingen. – Staatsexamensarbeit Univ. Göttingen: 84 S.

KOWARIK, I., SEIDLING, W. (1989): Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG. – Zu Problemen und Einschränkungen einer sinnvollen Methode. – Landschaft u. Stadt 21 (4): 132–143.

MÖLLER, H. (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 von Enzymen für die biologische Aktivität des Bodens. – Flora 171: 367–386. Jena.

– (1981b): Beziehungen zwischen Enzymaktivität und Humusqualität in Böden des Luzulo-Fagetum und seiner Fichten-Ersatzgesellschaft im Deister. – Acta Oecol., Oecol. Gener. 2(4):

313–325. Paris.

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

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

– (1992): Zur Verwendung des Medians bei Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG. – Tuexenia 12: 25–28. Göttingen.

–, PRÜSSMANN, D. (1983): Zum Einfluß des Fichtenreinanbaus auf Morphologie, C/N-Verhältnis, C- und N-Mengen sowie pH-Wert des Humuskörpers ehemaliger Luzulo-Fagetum-Böden des Deisters. – Ber. Naturhist. Ges. Hannover 126: 153–172. Hannover.

MÜLLER, E.H. (1956): Die Bodenkartierung zum Zwecke der forstlichen Standorterkundung in Nordrhein-Westfalen. – Allg. Forst- u. Jagdz. 127 (8/9): 157–164. Frankfurt/Main.

REHFUESS, K.E. (1981): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. – Parey, Hamburg u. Berlin: 192 S.

RIDGMAN, W.J. (1981): Experiment und Statistik in der Biologie. – Fischer. Stuttgart, New York: 239 S.

RITTER, W. (1994): Die Waldgesellschaften des Limbergs bei Gestorf (Springe) unter besonderer Berücksichtigung ihrer Beziehungen zu Gestein und Boden. – Unveröff. Diplomarb. Inst. f. Geobotanik, Univ. Hannover: 114 S.

ROGISTER, J.E. (1978): De ecologische mR- en mN-waarden van de kruidlaag en de humuskwaliteit van bosplantengezelschappen. – Station Rech. Eaux et Forêt Groenendaal-Hoeilaart (Belg.), Trav. A 20 III: 29 S.

SACHS, L. (1988): Statistische Methoden. 6., erw. Aufl. – Springer, New York, Berlin, Heidelberg: 124 S.

SCHEFFER, F., ULRICH, B. (1960): Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. III. Teil. Humus und Humusdüngung. 1. Bd. – Enke, Stuttgart: 266 S.

SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, E. (1991): Bodenbiologische Arbeitsmethoden. – Springer, Berlin, Heidelberg, New York, ...: 213 S.

SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P. (1966): Bodenkundliches Praktikum. – Parey, Hamburg u. Berlin: 209 S.

SEIDLING, W, (1984): Über den Zusammenhang mittlerer Zeigerwerte der Vegetation und entsprechender Bodenparameter im Wald- und Forstgebiet des Berliner Forst Spandau. – Diplomarb., FB 23, FU Berlin, vervielf. Mskr.: 99 S.

–, ROHNER, M.S. (1993): Zusammenhänge zwischen Reaktions-Zeigerwerten und bodenchemischen Parametern am Beispiel von Waldbodenvegetation. – Phytocoenologia 23: 301–317. Berlin, Stuttgart.

SPIEGEL, M.R. (1983): Statistik. – McGraw-Hill Book Company GmbH, Hamburg, New York, 358 S.

STEUBING, L. (1965): Pflanzenökologisches Praktikum. – Parey, Hamburg u. Berlin: 262 S.

WALTER, H. (1960): Einführung in die Phytologie III. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Teil: Standortslehre. – Ulmer, Stuttgart: 566 S.

WEBER, E. (1980): Grundriß der biologischen Statistik. 8., überarb. Aufl. – Fischer, Stuttgart, New York: 652 S.

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

WITTICH, W. (1963): Bedeutung einer leistungsfähigen Regenwurmfauna unter Nadelwald für Streuzersetzung, Humusbildung und allgemeine Bodendynamik. – Schr.reihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen 30: 3–60. Frankfurt/M.
ZEZSCHWITZ, E. von (1969): Beziehungen zwischen dem C/N-Verhältnis der Waldhumusformen und dem Basengehalt des Bodens. Ein Beitrag zur Kenntnis der Trophie. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf. 16: 143–174. Krefeld.
– (1980): Analytische Kennwerte typischer Humusformen westfälischer Bergwälder. – Z. Pfl. Ernähr., Bodenk. 143 (6): 692–700. Weinheim.

Prof. Dr. Hans Möller
Institut für Geobotanik der Universität
Nienburger Straße 17
D-30167 Hannover

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: NS_17

Autor(en)/Author(s): Möller Hans

Artikel/Article: Reaktions- und Stickstoffzahlen nach Ellenberg als Indikatoren für die Humusform in terrestrischen Waldökosystemen im Raum Hannover 349-365