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

Tuexenia 7: 499–505. Göttingen 1987

Wege zur Ansprache der aktuellen Bodenazidität auf der Basis der Reaktionszahlen von Ellenberg ohne arithmetisches Mitteln dieser Werte

– Hans Möller –

Zusammenfassung

Eine Ansprache der Bodenreaktion auf der Basis von Vegetationsaufnahmen unter Verwendung des arithmetischen Mittels der ELLENBERGschen Reaktionszahlen ist mathematisch bedenklich. Als Alternativen werden genannt: 1. der Zentralwert (= Median) der Reaktionszahlen; 2. der neu entwickelte „Reaktionszahlen-Index" (I_R), der die Relation zwischen der Anzahl der Einzelvorkommen von Arten mit den Reaktionszahlen 6 bis 9 und der Anzahl sämtlicher Einzelvorkommen von Arten mit Reaktionszahlen bezeichnet.

Abstract

Soil reaction values could perhaps be obtained from vegetation samples by the arithmetical mean of ELLENBERG's (1974, 1979) reaction figures but is mathematically problematical. The following alternatives could be used: 1. the median of the reaction values; 2. the newly developed „reaction value index" (I_R), which gives the ratio of the numbers of occurrences with reaction values 6 to 9 to the number of all occurences (reaction values 1 to 9).

Problemstellung

Die Zeigerwerte nach ELLENBERG (1974, 1979) werden in zahlreichen vegetationskundlichen Arbeiten zur Ansprache des Standorts herangezogen. Als Beurteilungsgrundlage dienen dabei i.a. die für einen Pflanzenbestand bzw. für eine Vegetationstabelle berechneten arithmetischen Mittelwerte aus den betreffenden Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Feuchte-, Reaktions- und Stickstoffzahlen (Berechnungsverfahren s. ELLENBERG 1979 bzw. SPATZ et al. in ELLENBERG 1979).

Es wurde bereits von verschiedener Seite betont, daß dieses Vorgehen mathematisch nicht unbedenklich ist. So schreiben BÖCKER et al. (1983, S. 45): „Da Zeigerzahlen ordinale und keine kardinalen Größen sind, ist für die Charakterisierung von Vegetationsaufnahmen bzw. -einheiten nach strengem Maßstab nur die Darstellung von Zeigerwertspektren korrekt, wie bereits VOLLRATH u. SOLOMATIN (1976) feststellten. Da man die einzelnen Zeigerwertstufen nicht als Skaleneinheiten mit gleichem quantitativem Umfang definieren kann, ist die Bildung mittlerer Zeigerzahlen (durch Mittelwertbildung) mit Fehlern behaftet." (Unter „Mittelwertbildung" wird hier die Berechnung des arithmetischen Mittels verstanden.) Es kommt hinzu, daß die Zeigerzahlen der Arten eines Pflanzenbestandes bzw. einer Vegetationstabelle in vielen Fällen auch nicht annähernd im Sinne einer Gaußschen Glockenkurve verteilt sind (vgl. Abb. 1). Die Bildung des arithmetischen Mittels ist jedoch nur bei einer Normalverteilung der Werte sinnvoll (vgl. z.B. SACHS 1984).

Im folgenden soll am Beispiel der Reaktionszahlen überprüft werden, ob eine Bewertung des Standorts auf der Basis der ELLENBERGschen Zeigerzahlen gegeben sein kann, ohne daß diese Werte arithmetisch gemittelt werden. Als Grundlage dieser Untersuchung dienen Daten aus holsteinischen Erlenwäldern (MÖLLER 1970).

Material und Methoden

Die berücksichtigten Vegetationseinheiten sind Tabelle 1 zu entnehmen. Eingang in die Berechnungen fanden die Zeigerzahlen der Spezies aller Phanerogamen-Schichten (Baum-, Strauch- und Krautschicht), soweit es sich nicht um künstlich in den holsteinischen Raum ein-

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

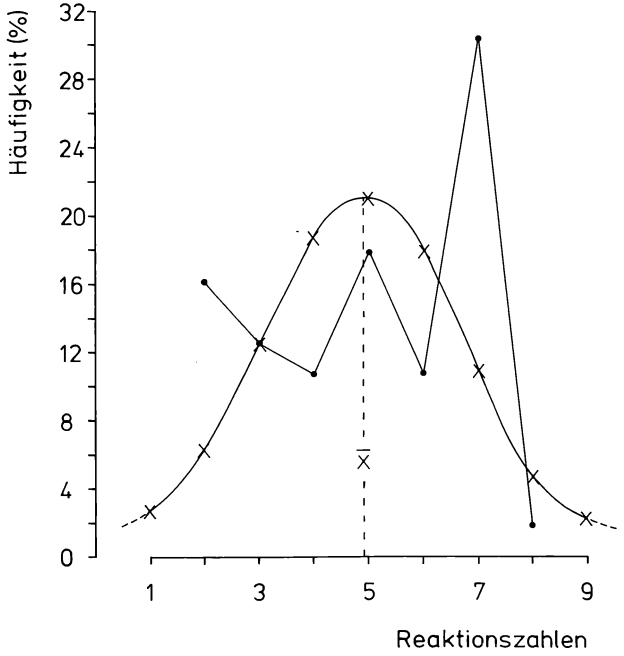


Abb. 1: Vergleich von theoretischer Normalverteilung (x—x) und tatsächlich vorgefundener Verteilung (●—●) der Reaktionszahlen am Beispiel der Aufnahmen 44 bis 48 aus Vegetationstabelle 1 (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae*, trennartenfreie Subassoziation) von MÖLLER (1970) ($\bar{x} \pm s = 4{,}93 \pm 1{,}90$).

gebrachte Arten wie *Alnus incana* und *Aesculus hippocastanum* handelte. Trat eine Spezies innerhalb einer Vegetationsaufnahme in mehreren Schichten auf, so wurde ihr Vorkommen lediglich einfach gewichtet. In jenen Fällen, in denen von einem Untersuchungspunkt bei nur einer pH-Bestimmung mehrere pflanzensoziologische Aufnahmen vorlagen, verrechneten wir die Reaktionszahlen aus sämtlichen Vegetationsaufnahmen von diesem Ort. Berücksichtigt wurde dabei jedes Einzelvorkommen einer Art, für die ELLENBERG (1979) eine Reaktionszahl angegeben hat (unter Einschluß der kursiv gedruckten Zeigerzahlen, d.h. der provisorischen Einstufungen). Unter „Einzelvorkommen" wird jedes Auftreten einer Spezies in einer Vegetationsaufnahme verstanden.

Tabelle 1: Berücksichtigte Ökosysteme

A–D: *Carici elongatae-Alnetum*

- A: *Sphagnum*-Subassoziation
- B: Subassoziation von *Deschampsia caespitosa*
- C: Trennartenfreie Subassoziation
- D: Subassoziation von *Filipendula ulmaria;* Subassoziation von *Urtica* und *Phalaris*

E: Cardamine amara – Erlenwälder (= *Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum glutinosae* Möller 1979)

F: Entwässerte Erlenwälder

Die pH-Werte beziehen sich auf die oberen 30 cm des Torf- bzw. Anmoorkörpers. Bei Unterscheidung von mehreren Schichten bzw. Horizonten in diesem Bereich wurden die einzelnen dort gemessenen pH-Zahlen arithmetisch gemittelt (Entlogarithmieren der pH-Zahlen, Mitteln der entlogarithmierten Werte, Transformieren dieser Mittelwerte in pH-Zahlen).

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

Nicht berücksichtigt wurden 3 „Ausreißer"-Wertepaare (Vegetationstab. 3, Aufn. 10–13; Vegetationstab. 4, Aufn. 5–9; Vegetationstab. 8, Aufn. 6–9).

Die Berechnung von arithmetischem Mittel und Standardabweichung, die Ermittlung der theoretischen Normalverteilung sowie die Regressions- und Korrelationsanalysen erfolgten nach RENNER (1970). – Bei der Bestimmung des Zentralwerts (= Medians) gibt es bei einer geraden Anzahl von Daten zwei mittlere Werte. In diesem Fall wurde, wie allgemein üblich, der Median („Pseudomedian") durch arithmetisches Mitteln dieser beiden Werte erhalten (vgl. z.B. SACHS 1984).

Die verwandten statistischen Smybole bedeuten:

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel
s = Standardabweichung
$\tilde{x}$ = transformierter x-Wert (Symbol n. KÖHLER et al. 1984)
r = (einfacher) Korrelationskoeffizient
B = Bestimmtheitsmaß ($= r^2$)
*** = Überschreitungswahrscheinlichkeit ≤ 0,1%.

Alternativen zum arithmetischen Mittel der Reaktionszahlen

1. Der Zentralwert (= Median) der Reaktionszahlen

Als ein Ersatz für die Verwendung des arithmetischen Mittels der Reaktionszahlen bietet sich zunächst der Zentralwert (= Median) dieser Zeigerzahlen an. „Der Median hat gegenüber dem durchschnittlichen Wert $\bar{x}$ als Lagemaß den Vorteil, daß er auch bei ordinal skalierten Merkmalen verwandt werden kann . . ." (HARTING et al. 1984, S. 32/33).

Wie Abbildung 2 zeigt, besteht im vorliegenden Fall eine relativ enge Beziehung von zentraler Reaktionszahl und pH(KCl) des Substrats. Die Verwendung des Medians der Reaktions-

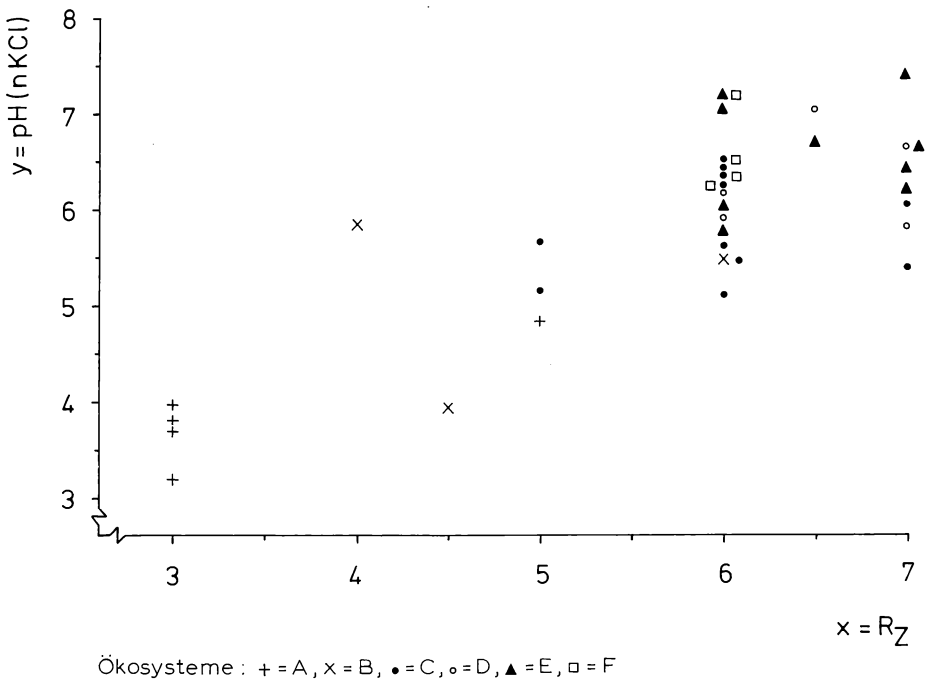


Abb. 2: Beziehungen zwischen den zentralen Reaktionszahlen (R_z) und den pH(n KCl)-Werten in holsteinischen Erlenwäldern nach Daten von MÖLLER (1970). (Die pH-Werte gelten für die oberen 30 cm des Torf- bzw. Anmoorkörpers. Näheres s. Text.)

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

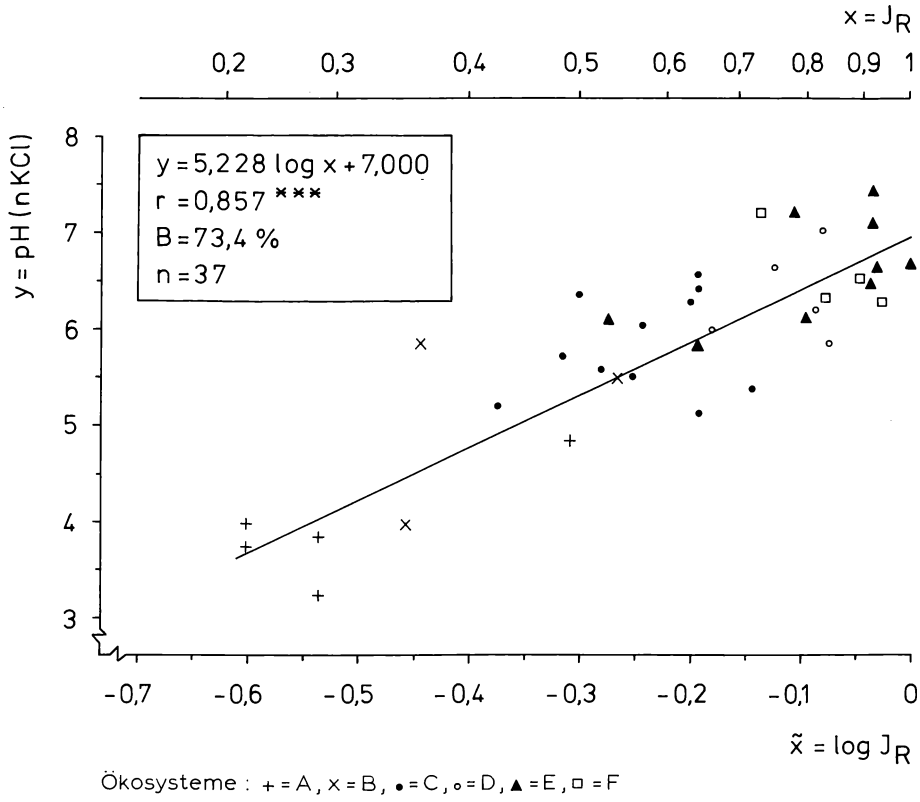


Abb. 3: Beziehungen zwischen den Logarithmen der Reaktionszahlen-Indices (log I_R) und den pH(n KCl)-Werten in holsteinischen Erlenwäldern nach Daten von MÖLLER (1970). (Die pH-Werte gelten für die oberen 30 cm des Torf- bzw. Anmoorkörpers. Näheres s. Text.)

zahlen hat im hier gegebenen Zusammenhang jedoch zwei Nachteile:
1. Es können nur relativ wenige Abstufungen der Bodenazidität zum Ausdruck gebracht werden.
2. Bisweilen ist es eine Frage des Zufalls, ob die zentrale Reaktionszahl um eine Einheit höher oder niedriger ausfällt. Nehmen wir z.B. an, es liegen 183 Einzelvorkommen von Arten mit Reaktionszahlen vor, der Zentralwert (d.h. der 92. der nach ihrer Größe geordneten Werte) sei 7 und der 91. Rang sei mit der Reaktionszahl 6 besetzt. In diesem Fall reicht bereits das (zufällige) Auftreten von zwei weiteren Einzelvorkommen mit der Reaktionszahl 6 aus, um den Zentralwert von der Zahl 7 zur Zahl 6 zu verschieben.

2. Der Reaktionszahlen-Index (I_R)

Als weitere Alternative zur Verwendung des arithmetischen Mittels der Reaktionszahlen wird der hier neu entwickelte „Reaktionszahlen-Index"

$I_R = \frac{n_{R6..9}}{n_{R1..9}}$ vorgeschlagen, der für eine Vegetationsaufnahme bzw. Vegetationstabelle die Relation zwischen der Anzahl (n) der Einzelvorkommen mit den Reaktionszahlen (R) 6 bis 9 und der Summe sämtlicher Einzelvorkommen mit Reaktionszahlen angibt. Der I_R liegt zwischen 0 (völliges Fehlen von Arten mit den Reaktionszahlen 6 bis 9) und 1 (völliges Fehlen von Arten mit den Reaktionszahlen 1 bis 5).

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

Tabelle 2. Beziehungen zwischen den Reaktionszahlen-Indices (I_R) und den pH(nKCl)-Werten des Torf- bzw. Anmoorkörpers sowie zwischen dem I_R und dem arithmetisch gemittelten Reaktionszahlen ($\bar{x}_R$)

	Regression	r	B(%)
a	$pH(nKCl) = 3{,}905\ I_R + 3{,}334$	$0{,}815^{***}$	66,4
b	$pH(nKCl) = 5{,}228 \log I_R + 7{,}000$	$0{,}857^{***}$	73,4
c	$pH(nKCl) = 1{,}094\ \bar{x}_R - 0{,}471$	$0{,}860^{***}$	74,0
d	$pH(nKCl) = 13{,}250 \log \bar{x}_R - 4{,}127$	$0{,}868^{***}$	75,3
e	$\bar{x}_R = 3{,}504\ I_R + 3{,}470$	$0{,}930^{***}$	86,5
	$I_R = 0{,}247\ \bar{x}_R - 0{,}770$	$0{,}930^{***}$	86,5
f	$\log \bar{x}_R = 0{,}384 \log I_R + 0{,}838$	$0{,}962^{***}$	92,5
	$\log I_R = 2{,}406 \log \bar{x}_R - 2{,}032$	$0{,}962^{***}$	92,5

Tabelle 3. pH(nKCl)-Werte, die in den vorliegenden Substraten nach der Regressionsgeraden $pH(nKCl) = 5{,}228 \log I_R + 7{,}000$ bei Reaktionszahlen-Indices (I_R) zwischen 0,25 und 1 zu erwarten sind (pH-Zahlen gerundet)

I_R	pH(nKCl)	I_R	pH(nKCl)
0,25	3,85	0,65	6,00
0,30	4,25	0,70	6,20
0,35	4,60	0,75	6,35
0,40	4,90	0,80	6,50
0,45	5,20	0,85	6,65
0,50	5,40	0,90	6,75
0,55	5,65	0,95	6,90
0,60	5,85	1	7,00

Ein Vergleich der Zeigerzahlen verschiedener Vegetationstypen auf der Basis von Verteilungen unter besonderer Gewichtung von zwei Hauptgruppen erfolgte bereits in einer früheren Arbeit (s. MÖLLER 1981).

Abbildung 3 sowie Tabelle 2 demonstrieren, daß der I_R (bzw. dessen Logarithmus) bei dem vorliegenden Untersuchungsmaterial sehr eng mit der aktuellen Azidität des Bodens korreliert ist. Damit hat der Reaktionszahlen-Index zumindest für die holsteinischen Erlenwälder seine Brauchbarkeit bewiesen. – In Tabelle 3 sind für Reaktionszahlen-Indices zwischen 0,25 und 1 die pH-Werte genannt, welche nach der in Abbildung 3 dargestellten Regressionsgeraden in den vorliegenden Substraten (obere 30 cm des Torf- bzw. Anmoorkörpers) erwartet werden können.

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

Die registrierte enge Beziehung zwischen dem I_R und der aktuellen Bodenazidität ist in Anbetracht der folgenden Umstände besonders beachtenswert:
1. Es fand pro Untersuchungsfläche nur eine pH-Messung statt.
2. Die pH-Messungen erfolgten an den verschiedenen Untersuchungsstellen zu keinem einheitlichen Zeitpunkt.
3. Bei Vorliegen von mehreren Vegetationsaufnahmen pro Erlenbestand ließ sich nach den Daten von MÖLLER (1970) keine Zuordnung der Probenahmestelle zu einer bestimmten Vegetationsaufnahme vornehmen.

Es sei darauf aufmerksam gemacht, daß im vorliegenden Fall ebenfalls das arithmetische Mittel der Reaktionszahlen (bzw. der Logarithmus dieses Mittelwerts) auf etwa dem gleichen Niveau mit den pH(nKCl)-Werten korreliert wie der Reaktionszahlen-Index (bzw. dessen Logarithmus) (vgl. in Tab. 2 die Spalten c u. d mit den Spalten a u. b). Dies bedeutet, daß die aktuelle Bodenazidität hier auch über ein mathematisch bedenkliches Verarbeiten der Reaktionszahlen angesprochen werden kann. Aus den hohen Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen dem arithmetischen Mittel der Reaktionszahlen ($\bar{x}_R$) und dem Reaktionszahlen-Index (I_R) bzw. für die Beziehung zwischen den Logarithmen dieser Größen geht hervor, daß eine Veränderung des I_R sehr eng von einer gleichsinnigen Veränderung von $\bar{x}_R$ begleitet ist (vgl. Tab. 2, Spalten e u. f).

Gegenüber den anderen diskutierten Möglichkeiten zur Ansprache der aktuellen Bodenazidität auf der Basis der ELLENBERGschen Zeigerwerte bietet der Reaktionszahlen-Index folgende Vorteile:
1. Er ermöglicht die Erfassung von feineren Abstufungen der Bodenazidität als die zentrale Reaktionszahl.
2. Bezüglich seiner Aussagekraft unterscheidet er sich vom arithmetischen Mittel der Reaktionszahlen ($\bar{x}_R$) zumindest im vorliegenden Fall lediglich geringfügig, ist im Gegensatz zu $\bar{x}_R$ jedoch mathematisch unbedenklich. Dies sollte ein entscheidender Grund dafür sein, den I_R den arithmetisch gemittelten Reaktionszahlen vorzuziehen. Im übrigen ist nicht einzusehen, daß im Rahmen von geobotanischen Arbeiten einerseits eine methodisch einwandfreie Verrechnung von Meßdaten angestrebt wird, andererseits aber bei der Verwendung der ELLENBERGschen Zeigerzahlen ohne Not ein mathematisch nicht einwandfreies Verfahren praktiziert werden soll.
3. Der Reaktionszahlen-Index setzt lediglich zwei Klassen von Reaktionszahlen voraus (Reaktionszahlen-Bereiche 1 bis 5 bzw. 6 bis 9). Dies heißt u.a., daß er von einer veränderten Bewertung der Zeigerfunktion einzelner Arten innerhalb dieser Klasssen unbeeinflußt bleibt.

Demgegenüber weist der I_R folgende Nachteile auf:
1. Er gestattet wahrscheinlich keine differenzierte Ansprache der Bodenazidität innerhalb des schwach sauren bis schwach alkalischen Sektors (Reaktionszahlen-Indices einheitlich 1 oder nahe bei 1). Es ist allerdings die Frage, ob Unterschiede im pH-Wert innerhalb des Bereichs von ca. 6,5 bis 8,5 ökologisch relevant sind.
2. Sollen nicht nur relative Unterschiede in der aktuellen Azidität verschiedener Substrate, sondern auch absolute pH-Bereiche erfaßt werden, dann läßt der I_R erst nach Eichung an empirisch ermittelten pH-Werten eine entsprechende Aussage zu.

Ausblick

Oben wurde die Brauchbarkeit des Reaktionszahlen-Index für die Erfassung der Bodenazidität holsteinischer Erlenwälder nachgewiesen. Es ist von Interesse, ob der I_R auch in anderen Landschaften bzw. in anderen Biotopen zur Beurteilung der pH-Verhältnisse des Substrats herangezogen werden kann. Ferner ist zu überprüfen, ob analog zum I_R zu entwickelnde Feuchte-, Stickstoff- und Salzzahlen-Indices zur Ansprache der entsprechenden Umweltfaktoren geeignet sind.

Für die Diskussion, die meine zeitweilig unterdrückten Bedenken gegen die Verwendung des arithmetischen Mittels der Zeigerzahlen wiederbelebte, danke ich den Herren Th. FLINTROP und C. PEPPLER,

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

Göttingen. Nicht zuletzt danke ich Frau stud. rer. nat. Claudia STASCHEWSKI, Langenhagen, für die gewissenhafte Reinschrift der Diagramme.

Schriften

BÖCKER, R., KOWARIK, I., BORNKAMM, R. (1983): Untersuchungen zur Anwendung der Zeigerwerte nach Ellenberg. – Verh. Ges. Ökol. 11: 35–56. Göttingen.
ELLENBERG, H. (1974): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobot. 9: 97 S. Göttingen.
– (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. verb. Aufl. – Scripta Geobot. 9: 1–28 u. 39–122. Göttingen.
HARTUNG, J., ELPELT, B., KLÖSENER, K.-H. (1984): Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 2. Aufl. – R. Oldenbourg; München, Wien.
KÖHLER, W., SCHACHTEL, G., VOLESKE, P. (1984): Biometrie. – Springer; Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 255 S.
MÖLLER, H. (1970): Soziologisch-ökologische Untersuchungen in Erlenwäldern Holsteins. – Mitt. Arbgem. Flor. Schl.-Holst. 19: 109 S. Kiel.
– (1979): Das Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum glutinosae (Meij. Drees 1936), eine neue Alno-Padion-Assoziation. – Mitt. Flor.-soz.Arbeitsgem. N.F. 21: 167–180. Göttingen.
– (1981): 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.
RENNER, E. (1970): Mathematisch-statistische Methoden in der praktischen Anwendung. – Parey, Berlin u.Hamburg. 116 S.
SACHS, L. (1984): Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. 6. Aufl. – Springer; Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 552 S.
SPATZ, G., PLETL, L., MANGSTL, A. (1979): Programm OEKSYN zur ökologischen und synsystematischen Auswertung von Pflanzenbestandsaufnahmen. – In: ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. verb. Aufl. – Scripta Geobot. 9: 29–38. Göttingen.

Anschrift des Verfassers:
Priv.-Doz. Dr. Hans Möller
Lehrgebiet für Geobotanik der Universität
Nienburger Straße 17
D-3000 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: 1987

Band/Volume: NS_7

Autor(en)/Author(s): Möller Hans

Artikel/Article: Wege zur Ansprache der aktuellen Bodenazidität auf der Basis der Reaktionszahlen von Ellenberg ohne arithmetisches Mitteln dieser Werte 499-505