STUDIA BOTANICA HUNGARICA
(Antea: Fragmenta Botanica)
XVI. 1982 p. 117-130

Methodische Diversitätsstudien an Diatomen des Baches Dera, Ungarn

Von

L. HAJDU, A. TALLER, D. JAKAB und L. BODROGHELYI

(Eingegangen am 25. November, 1981)

Abstract: Methodological Diversity Studies with Diatoms of creek Dera, Hungary. – Pollution of a little creek with domestic sewage detected first in terms of the dominant algal species and of Shannon diversity. A simple new method LV (Largest Value) diversity estimator is proposed for the approximation of the "total diversity" of a population. Relation of LV, i.e. max (H_i'), to other estimators: $LV > \tilde{H}'_{pop} > H_K > \bar{H}$ was also studied.

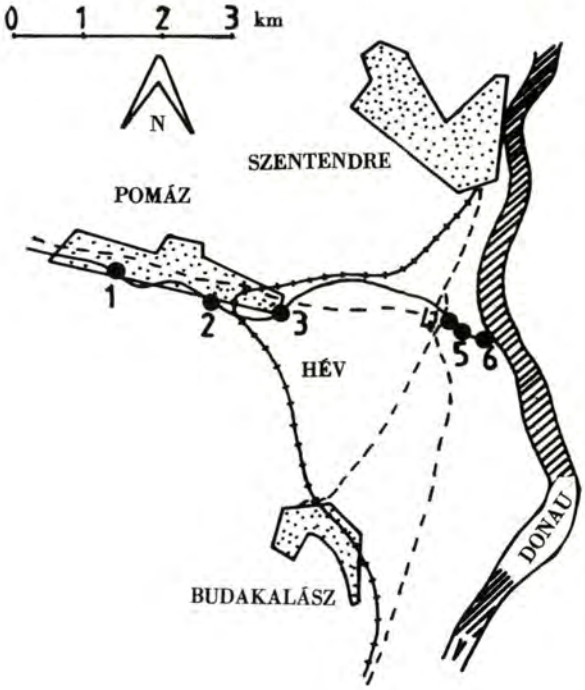
In unserem Aufsatz wird nicht nur eine Florenliste der Diatomeen des Dera Baches gegeben, sondern es wird aufgrund quantitativer Auszählungen – um die Verschmutzung besser verfolgen zu können – auch die Speziesdiversität berechnet. Höchstwertschätzverfahren wurde für die Schätzung der Gesamtdiversität einer Population entwickelt. Die Identifizierung und Auszählung der Algen wurde unter Leitung von L. Hajdu von drei Studenten (Mitverfassern) durchgeführt.

Material und Methoden

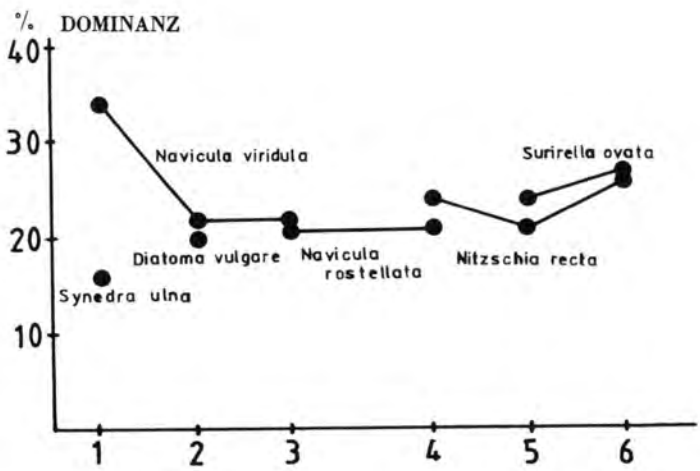
Der Bach Dera befindet sich nördlich von Budapest, mündet unter der Stadt Szentendre auf der rechten Seite in die Donau. Der Bach fliesst durch die Stadt Pomáz (Textabbildung 1), wo durch nicht geklärtes Haushaltsabwasser beträchtliche Belastung erfolgt. In Pomáz waren drei Probestellen (Nr. 1, 2 und 3). Eine sehr aggressiv Belastung erhält der Bach direkt vor der Mündung in die Donau. Diese Wirkung sollte durch zwei weitere Sammelstellen (5 und 6) erfasst werden. Punkt 4 dient als Kontrolle zu 5. Dieses Vorhaben war wegen der Abnahme der Fliessgeschwindigkeit sehr erschwert. Es war praktisch unmöglich die Wirkung der Verschmutzung und die des langsamer fliessenden Wassers zu trennen. Alle Steine waren mit Schlamm bedeckt. Nach Einfluss grösserer Mengen Schweinegülle (Punkt 6) werden die Algen sehr zurückgedrängt, dicke Watten vom "Abwasserpilz" Sphaerotilus unterdrücken alle anderen Organismen.

Von den Steinen wurden die Algen abgeschabt und anschliessend mit Formol fixiert. Künstliches Substrat (z.B. Objektträger) Wäre geeigneter, da dadurch die Unterschiede der verschiedenen Substratangebote einzelner Bachstrecken ausgeglichen werden könnten. Auf die Oberfläche der tropfförmigen Betonkörper (KLASVIK 1974) wurden Objektträger befestigt. Dadurch wurde entlang der Objektträger eine fast laminäre Strömung erreicht. Leider wurden die ausgesetzten Objektträger gestohlen oder zerstört, die gut versteckten hingegen mit einer Schlammschicht bedeckt, so dass die diesbezüglichen Bestrebungen erfolglos blieben. Unsere Ergebnisse beruhen also auf einer einzigen Probeserie, die am 17 Mai, 1976 gesammelt wurde.

Textabb. 1.
Der Bach Dera mit den sechs Probestellen



Textabb. 2.
Prozentuelle Häufigkeit der zwei dominierenden Arten an den sechs Probenstellen



Die Diatomeen wurden mit heissem H_2O_2 aufgeklärt und in Aroclor eingebettet. In diesen Präparaten wurden die Bestimmungen und die Auszählungen durchgeführt. Die Diversität wurde mit der Formel von Shannon (PIELOU 1975) berechnet.

$$H'' = \log_2 N - \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{s} n_i \log_2 n_i \right)$$

$$J'' = \frac{H''}{\log_2 s}$$

wo H'' die Shannon Diversität einer Probe in bit/Individuum, Intervall: $0-\log_2 s$;

$N = \sum_{i=1}^{s} n_i$ die Gesamtsumme aller Individuenzahlen in der Probe;

s die Zahl der Algenarten in der Probe;

J'' die Aquität (evenness), Intervall: 0-1 bedeutet.

Qualitative Ergebnisse

Alle Präparate wurden untersucht, A. Taller ververtigte von den Algen Tuschzeichnungen. Mit Hilfe von Standardbestimmungsbüchern wurden in den Proben 34 Algentaxa identifiziert. Die Zahlen hinter den Namen weisen auf die Abbildungen hin.

Achnanthes lanceolata 2, Achnanthes conspicus 15, Amphora ovalis var. pediculus 3, Caloneis amphisbaena 5, Caloneis amphisbaena var. Fenzlii 6, Cyclotella Meneghiniana 4, Cymatopleura solea 1, Diatoma vulgare var. ovalis 10, Diatoma vulgare var. producta 7, 8, 9, Fragilaria Magocsyi 11, Gomphonema olivaceum 12, 13, Gyrosigma acuminatum 14, Meridion circulare 16, Navicula dicephala 17, Navicula hungarica var. capitata 18, Navicula laeta 19, Navicula placentula f. jenisseyensis 25, Navicula rostellata 22, Navicula viridula 20, 21, Navicula viridula var. slesvicensis 23, Nitzschia acicularis 26, Nitzschia dissipata 24, Nitzschia frustulum var. perminuta 34, Nitzschia Hantzschiana 28, Nitzschia linearis 29, 30, Nitzschia recta 27, Nitzschia tryblionella var. levidensis 33, Pinnularia microstauron var. Brebissonii 39, Pinnularia interrupta 40, Thoicosphenia curvata 43, Surirella ovata 41, Surirella ovata var. crumena 42, Synedra affinis var. fasciculata 31, 32, Synedra ulna 35, 36, 37, 38.

Im folgenden versuchten wir die Probestellen mit den zwei dominanten Arten zu charakterisieren (vgl. Abb. 2.).

In der Stadt Pomáz dominierte noch Navicula viridula. Am Stadtrand erscheint Navicula rostellata in gleichere Mengen. Bei Punkt 4 verliert Navicula viridula sehr an Bedeutung, die Proportion von N. rostellata bleibt gleich gross, es kommt die neue Charakterart Nitzschia recta hinzu. Neben Nitzschia recta nimmt in Proben 5 und 6 Surirella ovata an Bedeutung zu. Diese zwei Arten sind mit mehr Zellen vertreten als alle anderen Arten insgesamt in Probe 6.

Aus der einschlägigen Literatur (CHOLNOKY 1968, KALBE 1980) geht hervor, das alle diese Arten saprobiont, alkaliphil, sind und eutrophe Gewässer bevorzugen. Soll es tatsächlich keine Unterschied geben? Es geht ein den Tip. hervor, dass in Probe 3 und 4 die dominierende Art sich wechselt. Der Grund ist uns unbekannt. Anhand unserer heutigen ökologischen Kenntnisse lässt es sich nicht erklären, warum Navicula viridula verschwindet und Nitzschia recta mit Surirella ovata gesellschaftet dominiert.

Diversitätsstudien

An den sechs Probenstellen wurden je drei Präparate angefertigt, in jedem Präparat wurden viermal 100 Zellen gezählt und die Artenzusammensetzung in jeder Hundertergruppe (Basisprobe = subsample) gesondert protokolliert. Die quantitative Datentabelle wird hier aus Platzmangel nicht angeführt. Von den Daten wurden kumulativ die Diversitätswerte und die Hilfparameter (J'' und s) berechnet. Hier handelt es sich um eine speziell, gezielte Art von Kumulation.

Diese Kumulation (pooling) wird am Beispiel der Proben von Punkt 6 folgendermassen durchgeführt. Für jede Basisprobe (100 Zellen) wird die Diversität berechnet. Dies sind H'_i Werde in der Abbildung 3. Die Basisproben werden nach zunehmendem Diversitätswert geordnet. Die Diversität wird erst in zunehmender (Abb. 3, untere Linien), dann in abnehmender Reihenfolge (ebenda, obere Kurven) kumuliert. Als Beispiel nehmen wir zuerst die zunehmende Serie. Diversität der Basisprobe mit dem kleinsten Diversitätswert wird als erster Punkt in das Diagramm eingezeichnet. Dann nehmen wir die zweite (zweitkleinste H'') Basisprobe. Die Zellzahlen als ob wir mit der Auszählung nicht bei 100 aufgehört hätten, sondern bei 200. Für diese verschmolzenen zwei Proben wird die Diversität wiederum berechnet. Datenfolgend wird noch die dritte Basisprobe zu den ersten zwei auf die erläuterte Weise addiert, also von 1 bis 3 wird kumuliert. Dieses Verfahren wird weiter verfolgt, bis alle Basisproben (von 1 bis 12) kumuliert sind. Bei abnehmender Kumulation fangen wir bei der zwölften Basisprobe an (diese Probe besitzt die grösste Diversität) und wird mit der elften Probe verschmolzen usw.

Es ergibt sich die Frage, welchen Sinn diese Untersuchungen haben? Bei alltäglichen Arbeiten haben wir keine Zeit für solche Kumulationen! Es ist bei weitem nicht gesagt worden, dass dieser langwierigen Prozess jedesmal wiederholt werden muss. Aber aufgrund dieses Beispiels können wir ein günstiges Auszählungsverfahren erarbeiten, die die möglichst beste Diversitätsschätzung mit minimalem Arbeitsaufwand kombiniert. Diese Kumulation ist nicht sehr günstig wenn wir $\bar{H}'_{pop}$ (PIELOU 1975) mit kleinerer Probengrösse erfassen wollen. Nehmen wir beispielsweise an, dass wir in jeder Probe nur zum Auszählen von 300 Zellen Zeit haben. Erste Möglichkeit: ohne Aufspalten in Basisproben wird bis 300 gezählt. Wir können aber denselben Vorgang auch so auffassen, als ob wir 3 Basisproben kumuliert hätten. Wie aus der Abbildung ersichtlich bringt uns diese Kumulation sehr langsam zu richtigem Schätzwert. Die Schätzung ist in mosaikartiger (patchy) Umwelt noch schlechter. Nehmen wir an, wir haben Pech gehabt und haben die Proben 1, 2, 3 ausgezählt. Mit 2.55 haben wir eine 13% Unterschätzung von H_K. Wenn aber die Proben 10, 11, 12 ausgezählt wurden, bedeutet 3.05 eine 4.1% Überschätzung von H_K. Für $\bar{H}'_{pop}$ ist diese Schätzung noch besser. Ein bloser Blick auf die kumulative Diversitätskurven (Textabb. 3.) lässt sofort erkennen, dass mit Hilfe kleiner Zufallsproben $\bar{H}'_{pop}$ mit grosser Wahrscheinlichkeit und in bedeutendem Masse unterschätzt wird. Diese Eigenschaft gab die Idee für eine neue Methode zur besseren Schätzung der Diversität.

Die Schätzung mit dem Höchstwert, also $\max(H''_L)$ bietet eine andere Möglichkeit zum Auszählen und Auswerten. Die als Beispiel genommene Dreihunderterprobe wird nicht aufeinmal, sondern in drei Basisproben gezählt und protokolliert. Die Diversität wird für alle drei Basisproben berechnet. Von diesen drei Alternativen wird die grösste Diversität gewählt und mit diesem Wert wird die Gesamtdiversität der Population geschätz.

Bei Umweltschutzfragen wird für die Abnahme der Diversität eine grössere Aufmerksamkeit entgegen gebracht, eine geringe Überschätzung ist deswegen ein kleinerer Fehler, als eine bedeutende Unterschätzung. Im letzteren Fall würden Fehlergebnisse peinlichere Folgen haben.

Aus Abbildung 3 kann ferner noch entnommen werden, dass bei der Kumulation die Artenzahl monoton zunimmt. Der zweite Diversitätskomponent, die Aquität nimmt bei den nach der Diversität geordneten Proben nicht monoton ab, die bei den zwei Typen von Kumulation erhaltenen Kurven besitzen sogar einen Schnittpunkt.

Das Prinzip der neuen Methode wurde am Beispiel der Probestelle 6 veranschaulicht, im folgenden wird der Diversitätsverlauf für alle sechs Proben erörtert.

In Abbildung 4-6 sind die Diversitätswerte abgebildet. Auf der horizontalen Axe werden die sechs Probestellen, waagerecht wird die Diversität dargestellt.

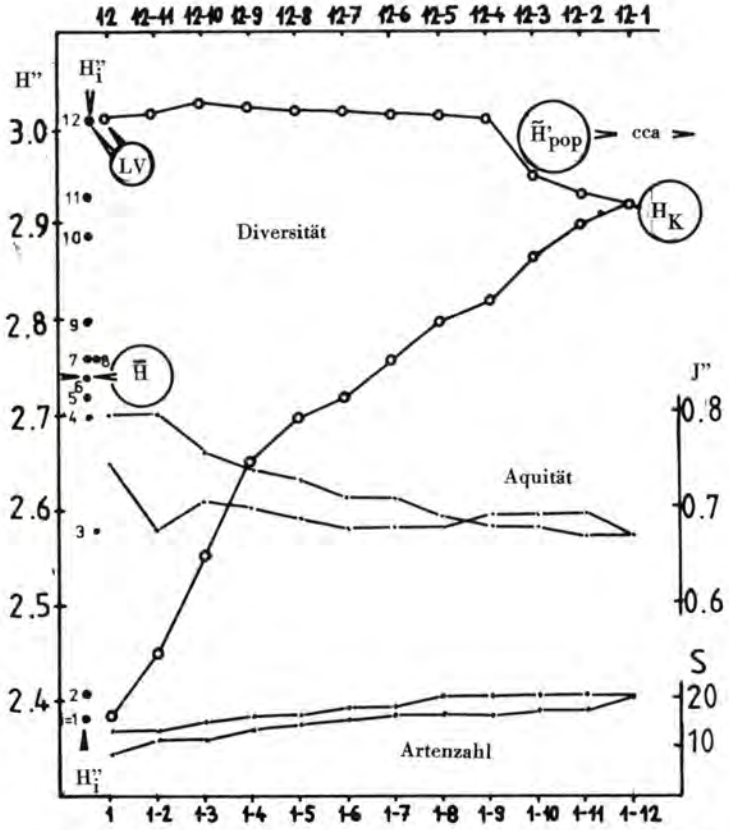
Die einzelnen Punkte der Abbildung 4 repräsentieren die Diversität der Basisproben, die aus hundert Zellen bestehen. Um die Tendenz der Punktwolke besser erkennen zu können, wurde die untere und obere Grenzlinie gezogen. Die arithmetischen Mittelwerte wurden für jede Probestelle aufgrund der 12 Hunderterproben berechnet. Die Berechnung des arithmetischen Mittels der Basisprobendiversitäten: $\bar{H}$, gibt die dritte Methode zur Schätzung der Gesamtdiversität. Die vierte Methode wäre die Berechnung von $\bar{H}'_{pop}$, in unserem Versuch wurde der dazu nötige Probenumfang nicht erreicht, eine ungefähre Position ist in Abbildung 3 vermerkt.

Aus Abbildung 4 geht hervor, dass die Probengrösse von 100 Zellen zu niedrig ist, es bestehen sehr grosse Unterschiede zwischen den Schätzungen. Wenn die 12 Basisproben, für jede Probestelle zu Vierhunderten (also für jedes Preparat) kumuliert werden (Abb. 5), sind die Unterschiede erheblich kleiner. Die Kumulation aller 12 Proben gibt die beste Schätzung (Abb. 6, Kurve A), ist aber mit hohem Arbeitsaufwand verbunden. Welches Verfahren korreliert

am besten mit Kurve A? Tabelle 1 enthält die Korrelationskoeffizienten der Schätzverfahren.

Tabelle 1. Korrelationskoeffizienten zwischen den Ergebnissen der Diversitätsschätzverfahren. A: kumulativer Diversitätswert von 12 Hunderterproben, B: kumulative arithmetische Mittel der Diversitätswerte der für drei Vierhunderterproben, C: arithmetische Mittel der Diversitätswerte der 12 Hunderterproben, D: Kurve der Höchstwerte der Vierhunderterproben, E:

Textabb. 3.



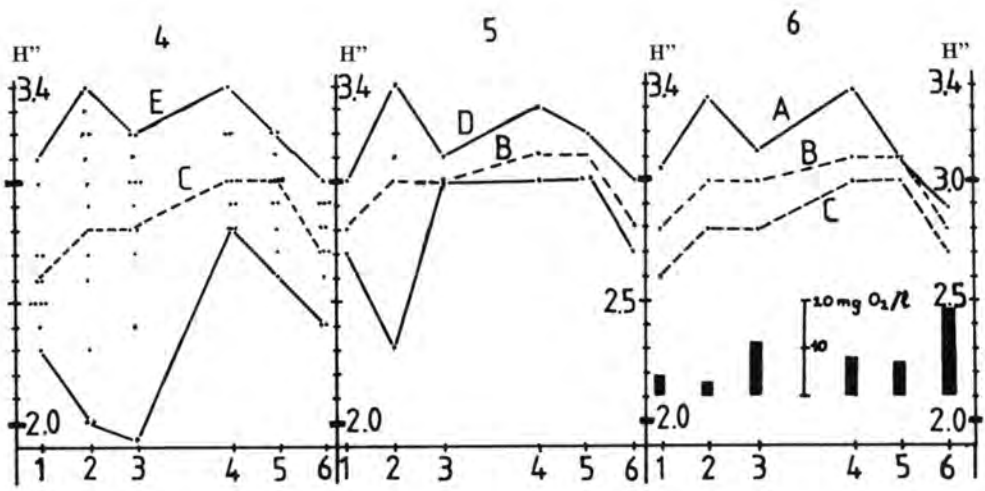
Die einzelnen Diversitätswerte von 12 Basisproben der Sammelstelle Nr. 6 sind die H'_i Punkte neben der waagerechten Axe. An der unteren horizontalen Axe sind die Zeichen für Aufwärtskumulation, an den oberen, die für Abwärtskumulation angegeben. Die Kurven stellen den Verlauf der Diversität, der Aquität, der Artenzahl bei den zwei Kumulationsmethoden dar. Die oberen Kurven sind die abwertskumulierten. Die vier Schätzwerte für Gesamtdiversität sind angegeben. $\bar{H}$: arithmetische Mittelwert der 12 H'_i Werte, H_K: kumulierte Diversität der 12 Proben, $\tilde{H}'_{pop}$: nur die ungefähre Position kann angegeben werden, da die Bedingungen nicht erfühlt sind, LV: also max (H'_i), i = 1, 12 ist Höchstwert der Diversitätsschätzung. Wegen stark ausgeprägter Schiefheit der Kumulationskurve gibt LV gute Schätung für H_K und noch besseren für $\tilde{H}'_{pop}$.

Kurve der Höchstwerte der Hunderterproben. Signifikanz: x 5%, xx 1%, xxx 0.1%. Von dieser Matrix wurde mit der WPGMA Fusionsmethode das Dendrogramm der Abbildung 7 hergestellt.

A	1.0000	0.6923	0.5419	0.8960^{xx}	0.9890^{xxx}
B	0.6923	1.0000	0.9442^{xx}	0.7470	0.7614^{x}
C	0.5419	0.9442^{xx}	1.0000	0.6371	0.6104
D	0.8960^{xx}	0.7470	0.6371	1.0000	0.9428^{xx}
E	0.9890^{xxx}	0.7614^{x}	0.61041	0.9428^{xx}	1.0000

Da wir über $\widetilde{H}'_{pop}$ nicht verfügen, gibt H_K = A die beste Schätzung. Die Schätzverfahren die mit A korrelieren sind für die Praxis zu empfehlen.

Aus der Korrelationsmatrix und aus dem Dendrogramm (Abb. 7) geht hervor, dass die Kurven D und E sehr stark mit A korrelieren, diese geben praktisch denselben Diversitätsverlauf. Die LV Methode hat sich in diesem Fall sehr gut bewährt. Es muss sofort hinzugefügt werden, dass wir nicht immer so gute Schätzungen bekommen werden, aber die Methode ist wesentlich besser als die Schätzung mit den Mittelwerten. B und C ähneln zwar zueinander, aber es besteht keine Korrelation zu A. Wenn wir die Kurven A mit B und C vergleichen, kann man schon auf den ersten Block erkennen, dass die zwei Mittelwertlinien im Punkt 3 und 5 kein Gefälle zeigen.

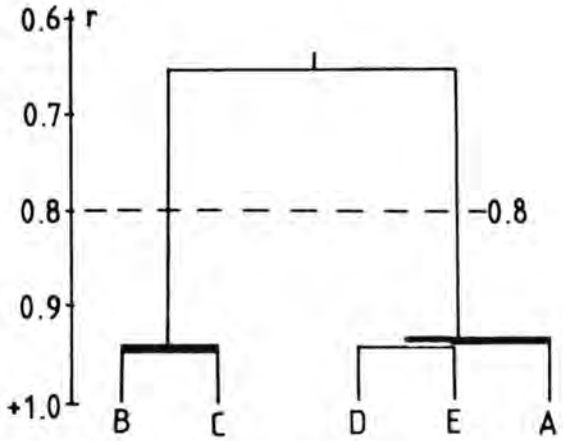


Textabb. 4.:
Diversitätswerte für die einzelnen Hunderterproben. An jeder der sechs Probestellen sind 12 Proben. Arithmetische Mittelwert der Diversitätswerte (C) und obere Grenzlinie der Punktwolke (E) ist vermerkt.

Textabb. 5.:
Diversitätswerte für die einzelnen Vierhunderterproben, je Probestelle sind drei solche Proben. Die obere Hüllkurve ist mit D, der arithmetische Mittelwert mit B gekennzeichnet.

Textabb. 6.:
Kurve A ist der Diversitätsverlauf 12 kumulierter Proben (H_K Punkte). B und C sind die zwei Mittelwertkurven von Abb. 5. bzw. 4. Unten zeigt ein Histogramm die Verschmutzung mit Hilfe der O_2 Verbrauch (Mn) Werte an.

Textabb. 7.:
Ähnlichkeitsbaum gebildet mit WPGMA von der Korrelationsmatrix. A, B, C, D, E sind die Kurven der verschiedenen Schätzverfahren.



In unserem Beispiel bedeutete A, D und E gleich grossen Arbeitsaufwand beim Auszählen. Wenn die Zahl der Basisproben verringert wird, kann die Güte der Schätzung abnehmen. Die früheren Erfahrungen zeigen, dass bei Algen der Probenumfang nicht kleiner als 300 oder noch besser: als 1000 Zellen sein darf. Im weiteren wird derselbe Versuch mit zwölfmal 1000 Zellen wiederholt um nachweisen zu können ob diese Tendenz auch für grössere Proben gültig ist.

Die Höchstwertmethode besitzt einen noch alltäglicheren Anwendungsbereich. Wenn wir die Gesamtdiversität eines grösseren Sees z.B. des Balatons feststellen wollen, müsste man kumulative hierarchische Diversität berechnen. Die Artenlisten der verschiedenen Zeitpunkte und (oder) an verschiedenen Punkten gesammelte Proben werden kumuliert und aus diesen verschmolzenen Proben wird die Diversität berechnet. Dieser Prozess ist sehr langwierig. Wie oben schon gezeigt kann der gesuchte Wert mit dem grössten Diversitätswert - geschätz werden. Diese Möglichkeit wird jetzt von uns als grösste Vorteil der Methode gehalten. Die Berechnung des arithmetischen Mittelwertes der Diversitätswerte (jährlicher Mittelwert für einen Punkt oder Mittelwert mehrerer Probestellen zu gleichem Zeitpunkt) ist nach dem oben erörterten Gedankengang abzuraten. Auf diese Weise würde man die exakte hierarchische Diversität sehr unterschätzen.

Es muss jedoch betont werden, dass diese Methode nur eine Idee, ein Vorschlag ist, der für verschiedene Probe zahlen, für stark mosaikartige Gesellschaften usw. nach getestet werden muss.

Diversität und Verschmutzung

Um von den theoretischen Erwägungen zur Praxis zurückzukommen, sollen die Verhältnisse des untersuchter erörtert werden. Die Kurve A zeigt an, dass oberhalb Pomáz (also vor Punkt 1) eine Belastung erfolgt, die mit dieser Probenanordnung nicht exakt erfasst wurde, nur geschätzt werden kann. Von der niedrigen Diversität bei Punkt 1 erholt sich die Diatomeengesellschaft bis Punkt 2. Am Ende von Pomáz lässt sich die Einwirkung der Haushaltsabwässer erkennen. Zwischen Punkt 3 und 4 fliesst der Bach zwischen Ackerfeldern. Hier wird das Wasser nicht zusätzlich verschmutzt der Selbstreinigung wegen steigt die Diversität im gegensatz zu Kontrollpunkt 4 sehr an. Starke Verschmutzung und gleichzeitige Abnahme der Fliessgeschwindigkeit bei Punkt 5 und 6 drückt die Diversität stark herab. Zwischen der Diatomeendiversität und dem Permanganat O_2 Verbrauch besteht keine (-0.5970 nicht signifikant) Korrelation, siehe Abb. 6.

Diskussion

In der Fachliteratur gibt es mehrere Verfahren zur Schätzung der Gesamtdiversität. ZAHL (1977) hat unlängst jackknife für die Diversitätsstudien erarbeitet. PIELOU (1966, 1975) hat zuerst das kumulative Verfahren vorgeschlagen um die richtige Probenzahl und Gesamtdiversität erfassen zu können. In unserer Abb. 3 wurden die verschiedenen Schätzwerte eingezeichnet. Mehrere Autoren haben schon erkannt, dass: "... mean diversity of individual samples underestimates species diversity..." (WILHM, 1970), oder arithmetischen Mittelwerten jedenfalls abzuraten ist. Deswegen ist es sehr fraglich ob es sinnvoll ist mit Diversitätsangaben ANOVA zu machen, wie SLOCK (1979) es getan hatte. H_K ist die Diversität für 12 kumulierte Proben. Der "Schnabel", gebildet von den zwei Diversitätskurven, ist noch sehr stumpf, um $\bar{H}'_{pop}$ besser schätzen zu können, müsste man weiter zählen. Wenn wir die Diversitätswerte auf die klassische Weise randomisiert gezeichnet hätten, wurde noch kein zufriedenstellendes "levelling off" stattfinden. Unser LV Estimator passt folgendermassen in die Reihenfolge von HENDRICKSON (1979): $\bar{H} < H_K < \bar{H}'_{pop} <$ LV. LV Esimator gibt also die höchste Schätzung.

Ein zentrales Problem der Algenforschung: wie gross die Probe sein soll, wieviel Algenzellen ausgezählt werden müssen. ZORIKI & HIROSE (1974) empfehlen z.B. eine Probenzahl von 400-600 Zellen. ELORANTA (1978) schlägt 300-1500 Zellzahlen vor. Man könnte viele mühevolle Arbeit ersparen, wenn auch kleinere Probengrössen zufriedenstellend wären.

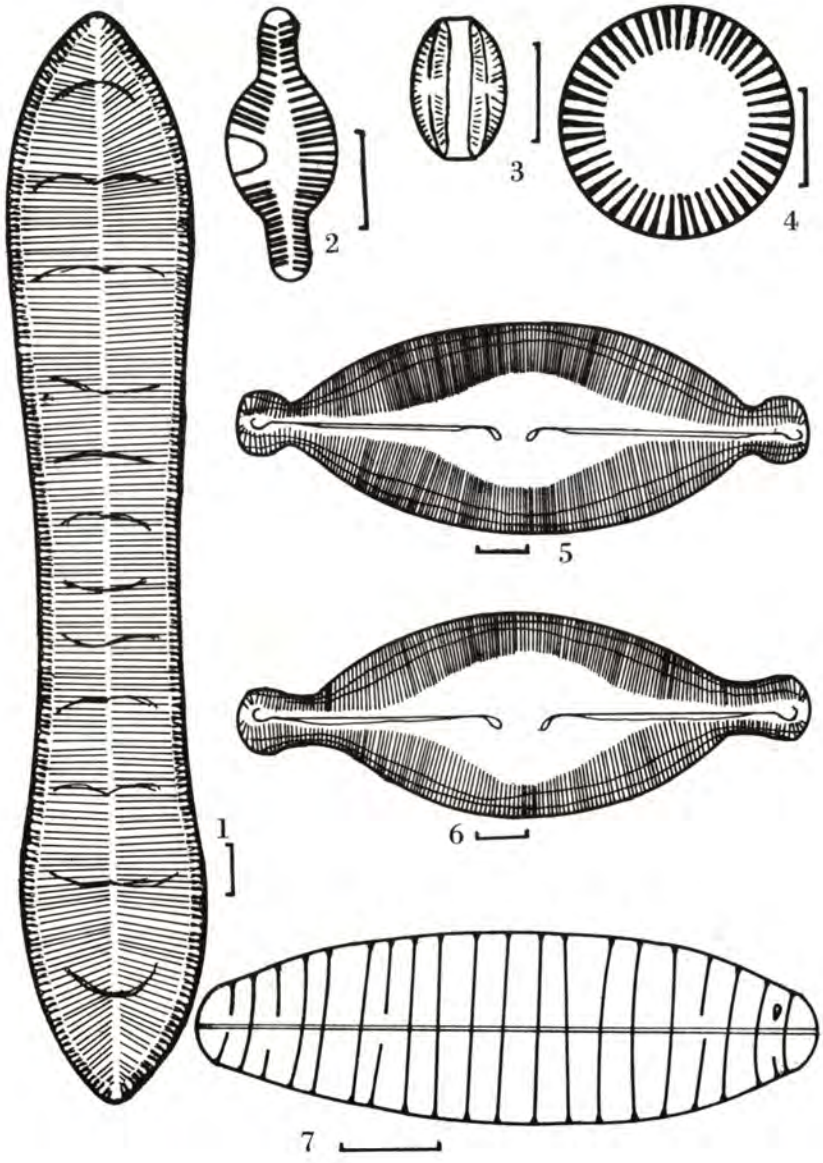
Weniger als 300-400 Zellen zu nehmen ist schon riskant, aus Abb. 4 könnte man drei Hunderterproben so auswählen, dass die max (H'_1) Werte irreführend werden. Faustregel: wenn man aus irgendeinem Grund mit kleineren Proben arbeiten will, muss man mehrere nehmen. Die 12 Hunderterproben haben die gleichen Höchstwerte gegeben wie 3 Vierhunderterproben. Mit der Verringerung der Probenzahl wäre diese Koinzidenz weniger ausgeprägt.

ARCHIBALD (1972) erwähnt als Nachteil der Diversität, dass man bei niedrigen Verschmutzungen sowohl kleinere, als auch grössere Diversitätswerte finden kann. Die Punktwolke wird nur bei stärkeren Verschmutzungen niedergedrückt. Wenn aber laut LV Estimator immer die Höchstwerte für massgebend gelten, verschwindet sofort dieser scheinbare Widerspruch. Es wird postuliert: jedes Ökosystem kann am besten mit den Diversitätshöchstwerten charakterisiert werden. Diese Maxima werden von zeitlich wiederholten Proben an allen Probestellen ausgewählt, oder ein bestimmter Zeitpunkt wird mit den Diversitätsmaximum von räumlich verteilten Proben charakterisiert.

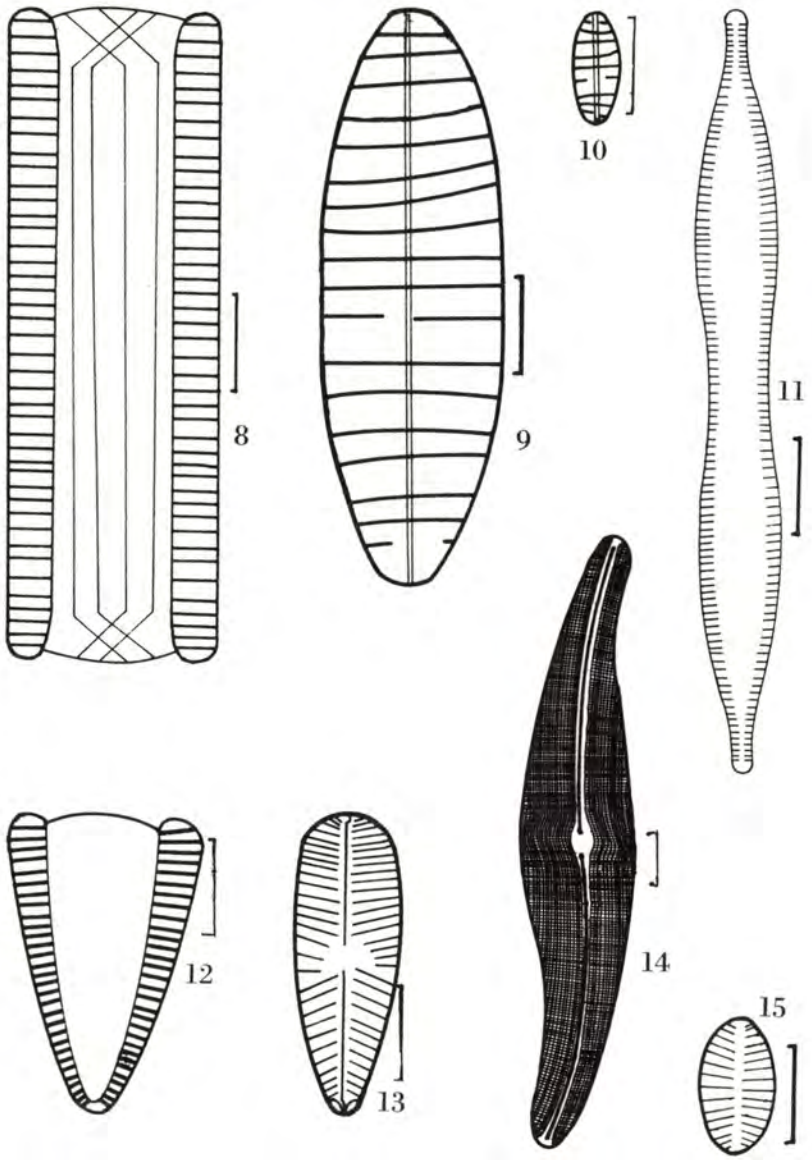
Aus publizierten Zoobenthosangaben von MINTO (1977) wurde LV Estimator auch getestet. Für Probe A erfolgte eine Überschätzung von 12%, für B von 5%, schliesslich für C von 4%. Für die Daten von WILHM (1972, p. 231) erhalten wir nur einer (16) Überschätzung. Überschätzungen dieser Grösse sind noch tolerabel, da Diversitätswerte mit über 20% Unterschied nach der Faustregel von CAIRNS (1967) als verschieden betrachtet werden können.

Die Idee vom LV Estimator ist nicht neu, nur der Einfachheit halber wurde er nicht mit besonderem Namen versehen. Schon DICKMAN (1968) meint, dass wenn mit Individuenzahlen gearbeitet wird, ist die hierarchische Diversität des Ökosystems praktisch gleich der Diversität der Bakterien, bei Biomassenangaben besitzt das Zooplankton dominierenden Einfluss. Die hierarchische Diversität ist also von der Gruppe mit der maximalen Diversität determiniert. Diversität einer Flussstrecke wird nicht kumuliert festgestellt, sondern mit der Diversität der meistdiversen Algengruppe (Diatomeen) angegeben. Proben und taxonomische Einheiten sind hier deswegen gleichzusetzen, weil beide Kumulationseinheiten bedeuten.

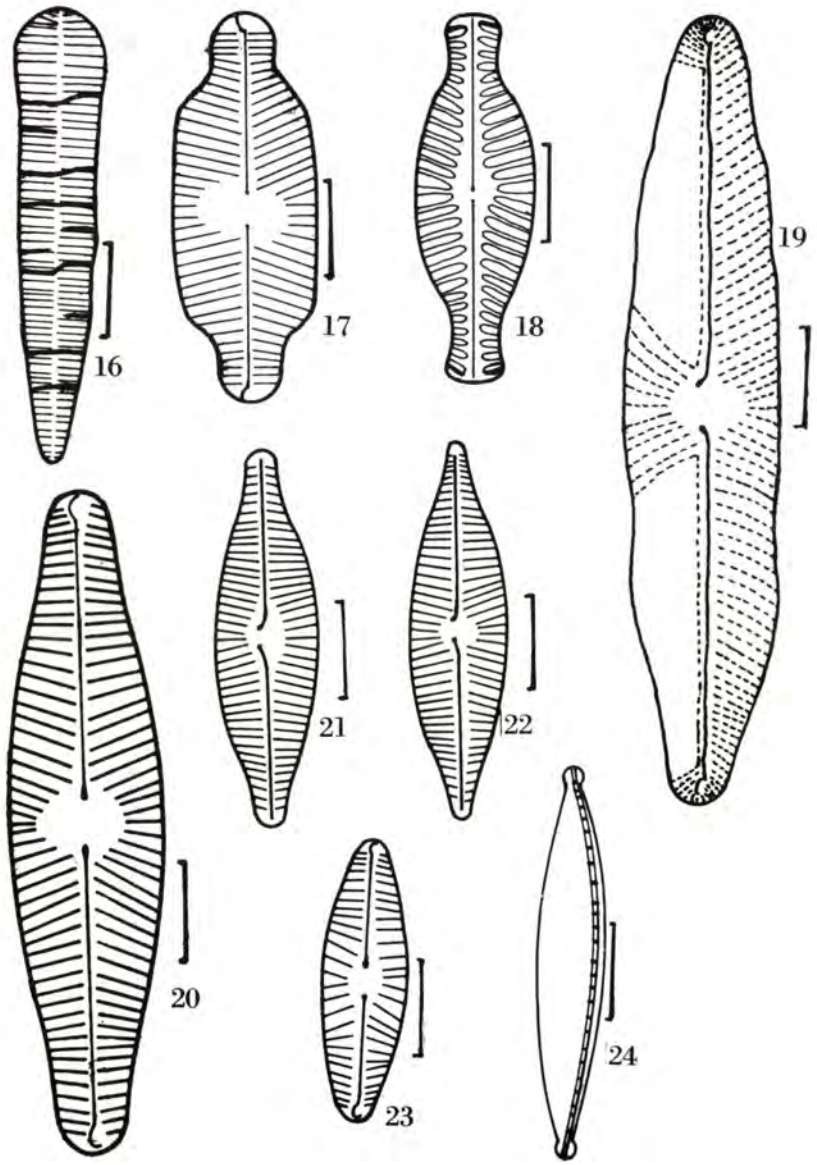
Ein ganz gewöhnliche Beispiel. Der Informationsgehalt eines Textes kann am besten mit dem Informationsgehalt des meistinformativen Teils angegeben werden. Diese Beispiel zeigt sofort, wie wichtig die Grösse der Probe-Textteile sind. Absätze als "Zufallsproben" vom Text sind besser geeignet zur Schätzung des Informationsgehaltes als Sätze. Wenn aber unbedingt "Satzproben" genommen werden müssen, dann müssen es viele sein, um der Informationsgehalt richtig schätzen zu können.



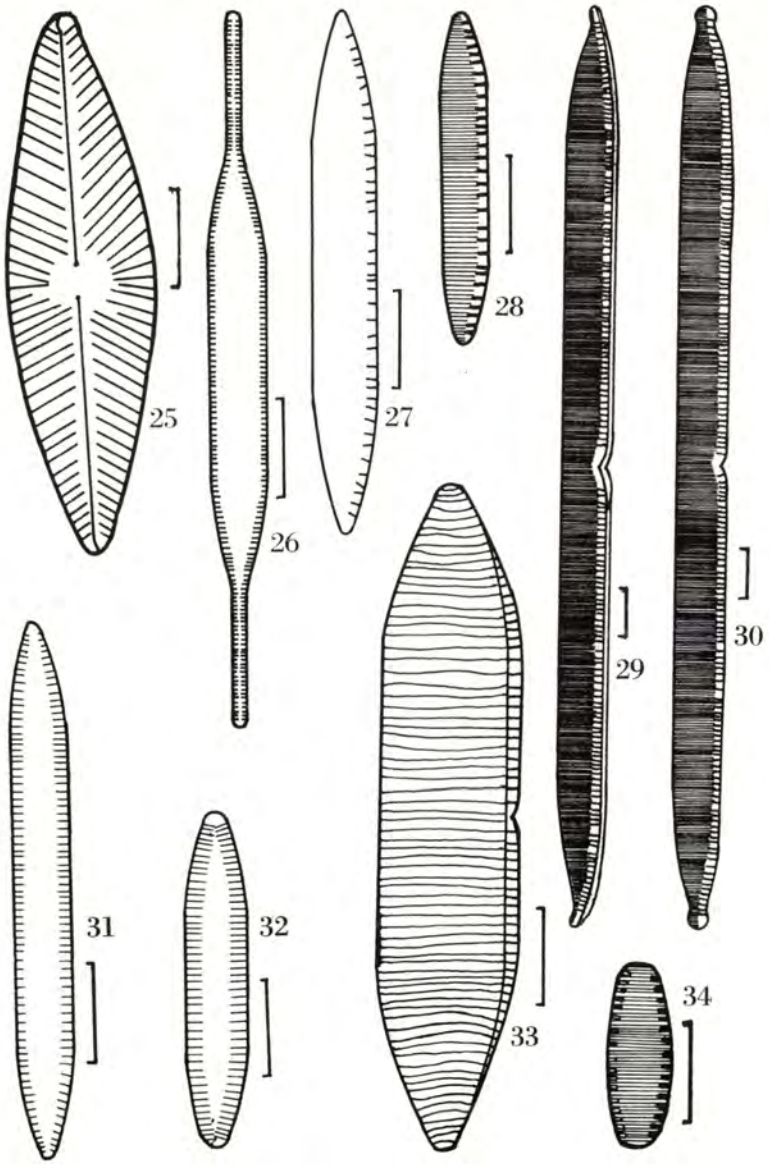
1. Cymatopleura solea, 2. Achnanthes lanceolata, 3.Amphora ovalis var. pediculus, 4. Cyclotella Menegniniana, 5. Caloneis amphisbaena, 6. Caloneis amphisbaena var. Fenzilii, 7. Diatoma vulgare var. producta



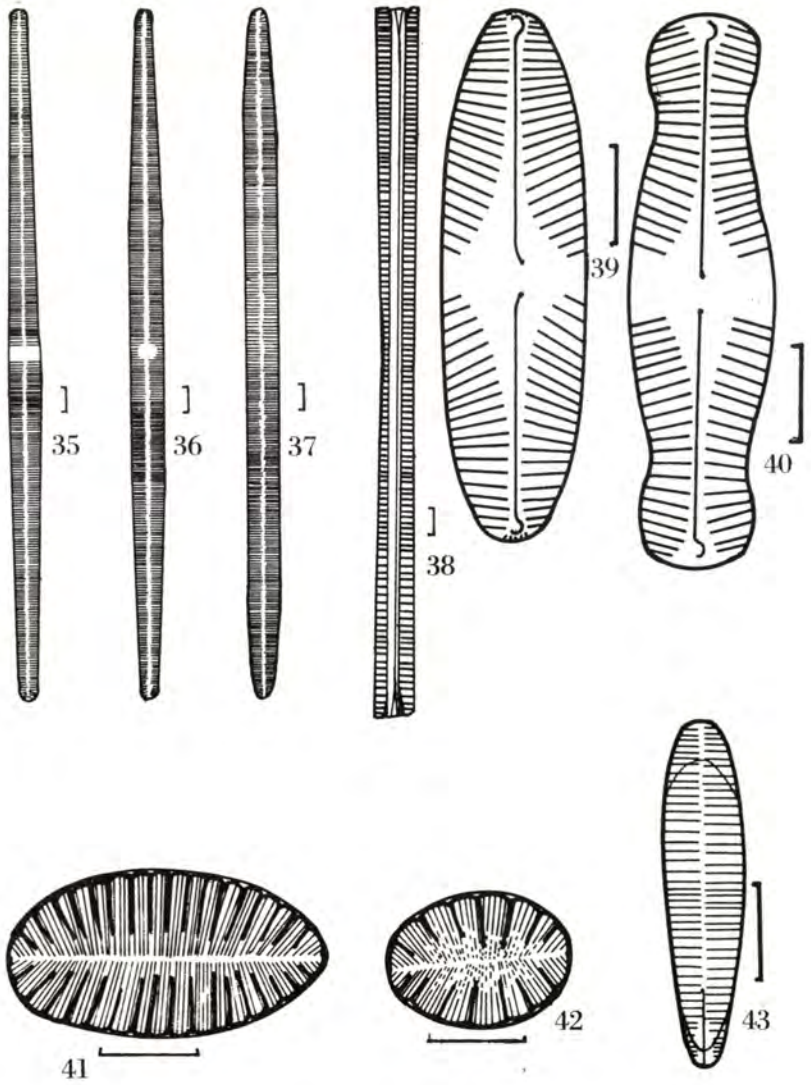
8-9. Diatoma vulgare var. producta, 10. Diatoma vulgare var. ovalis, 11. Fragilaria Magocsyi, 12, 13. Gomphonema olivaceum, 14. Gyrosigma acuminatum, 15. Achnanthes conspicus



16. Meridion circulare, 17. Navicula dicephala, 18. Navicula hungarica var. capitata, 19. Navicula laeta, 20, 21. Navicula viridula, 22. Navicula rostellata, 23. Navicula viridula var. slesvicensis, 24. Nitzschia acicularis



25. Navicula placentula f. jenisseyensis, 26. Nitzschia acicularis, 27. Nitzschia recta, 28. Nitzschia Hantzschiana, 29, 30. Nitzschia linearis, 31, 32. Synedra affinis var. fasciculata, 33. Nitzschia tryblionella var. levidensis, 34. Nitzschia frustulum var. perminuta



35-38. Synedra ulna, 39. Pinnularia microstauron var. Brebissonii, 40. Pinnularia interrupta, 41. Surirella ovata, 42. Surirella ovata var. crumena, 43. Thoicosphenia curvata

SCHRIFTTUM

ARCHIBALD, R.E.M. (1972): Diversity in Some South African Diatom Associations and Its Relation to Water Quality. - Wat.Res., 6: 1229-1238.

CAIRNS, J.Jr. (1967): The Use of Quality-control Techniques in the Management of Aquatic Ecosystems. - Wat.Res.Bull., 3: 47-53.

CHOLNOKY, B.J. (1968): Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. - Cramer Verl., 699 pp.

DICKMAN, M. (1968): Some Indices of Diversity. - Ecology, 49: 1191-1193.

ELORANTA, P. (1978): Effects of Size of Sample Counted in Phytoplankton Analyses. - Ann.Bot. Fenn., 15: 169-176.

HENDRICKSON, J.A. (1979): Estimates of Species Diversity from Multiple Samples. - In J.F. Grassle, G.P. Patil, W. Smith, & C. Taillie (eds.): Ecological Diversity in Theory and Practice, pp. 145-158.

KALBE, L. (1980): Kieselalgen in Binnengewässern. - Neue Brehm Bücherei, Bd. 467, Zweite Aufl., 206 pp.

KLASVIK, B. (1974): Computerized analysis of stream algae. - Växtekol.Stud., 5, Uppsala, pp. 1-104.

MINTO, M.L. (1977): A Sampling Device for the Invertebrate Fauna of Aquatic Vegetation. - Freshwater Biology, 7: 425-430.

PIELOU, E.C. (1966): The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. - J.Theor.Biol., 13: 131-144.

PIELOU, E.C. (1975): Ecological Diversity. - J. Wiley, 165 pp.

SLOCK, J.A. (1979): The Use of Short-Count Methods on Field Collected Diatom Communities to Determine Water Quality of Small Streams. - Proc.Iowa Acad.Sci., 86: 141-144.

WILHM, J.L. (1970): Effect of sample size on Shannon's formula - SWest.Nat., 14: 441-445.

ZAHL, S. (1977): Jackknifing an index of diversity. - Ecology, 58: 907-913.

ZORIKI, T. & HIROSE, K. (1974): Relation Between the Counted Number of Species and the Counted Number of Frustules of Diatoms. - Bull.Jap.Soc.Phycol., 22: 143-148.

Anschrift der Verfasser: Dr. L. HAJDU
Botanische Abteilung des
Ungarischen Naturwissenschaftlichen Museums
Budapest, Pf: 222
H-1476

A. TALLER
Solymár
Pacsirta u. 10
H-2083

D. JAKAB
Budapest
Uri u. 4.
H-1014

L. BODROGHELYI
Budapest
Bem rakpart 54
H-1027
UNGARN