

Langfristige (1968 - 1990) und jahreszeitliche Dynamik der planktischen Diatomeen im Neusiedler See

M. Dokulil & J. Padisák*

Institut für Limnologie, Abt. Mondsee, Österreichische Akademie der Wissenschaften
Gaisberg 116, A-5310 Mondsee

* Ungarisches naturwissenschaftliches Museum, Abt. Botanik/
Institut für Limnologie, Ungarische Akademie der Wissenschaften
H-8237 Tihany

Kurzfassung: Nach Artenzahl und Menge repräsentieren die Diatomeen die wichtigste Algengruppe im Neusiedler See/Fertő (Österreich/Ungarn), einem großen Flachsee. Verglichen mit den hunderten Arten des Periphytons ist die Artenzahl der Planktondiatomeen allerdings gering. Die Dynamik dieser Populationen wird von wenigen Arten geprägt, zu denen *Chaetoceros muelleri*, *Cyclotella spp.* (im wesentlichen *C. meneghiniana*), kleine zentrische Formen, kleine *Fragilaria*-Arten (v.a. *F. construens*), *Synedra acus*, *Campylodiscus clypeus* und *Surirella peisonis* gehören. Im Gegensatz zu den meisten anderen Seen weisen die Diatomeen im Neusiedler See keinen ausgeprägten Jahresgang auf. Zwischen Jänner und Dezember bewegen sich die Biomassewerte zwischen 294 und 778 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Mittelwert 550 $\mu\text{g l}^{-1}$) was im 22-jährigen Durchschnitt etwa 50% der Gesamtbiomasse ausmacht. Einige Arten, wie etwa *Surirella*, *Campylodiscus* und *Chaetoceros* sind im Sommer quantitativ häufiger. Die kleinen Nitzschien hingegen haben zu dieser Zeit ihr Minimum. Andere Arten treten das ganze Jahr über in ziemlich gleichen Mengen auf. Der Anteil der Diatomeen an der Gesamtbiomasse lag in den 60er und 70er Jahren um 70% und ging in der darauffolgenden Dekade auf 30-40% zurück als Folge der zunehmenden Bedeutung zunächst der Grünalgen und später der Blaualgen. In den letzten Jahren traten die Kieselalgen wieder vermehrt auf und ihr Anteil an der Gesamtbiomasse stieg wieder auf 60%. Die geringe saisonale Abfolge in der Biomasse des Phytoplanktons geht wohl auf die ständige Lichtlimitation des Wachstums infolge der hohen Trübung des Wassers im Neusiedler See zurück. Zwischen der Biomasse der Diatomeen und dem Seston Gehalt des Wassers besteht eine gute Beziehung ($r = 0,55$; $p < 0,1$). Zu Orthophosphat, Nitrat und Ammonium ließ sich hingegen keine Korrelation herstellen. Für die Änderungen der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons in den 70er Jahren war jedoch die Veränderung der Nährstoffverhältnisse im See von entscheidender Bedeutung.

Abstract: Diatoms represent the main group of algae concerning both their quantity and species number in the large shallow lake, Neusiedler See/Fertő (Austria/Hungary). However, compared to the hundreds of species that can be found in the periphyton, the number of planktonic diatoms is small. Quantitative changes are characterized by a few species such as *Chaetoceros muelleri*; *Cyclotella spp.*, mostly *Cyclotella meneghiniana*; small unicellular centric diatoms; small *Nitzschia spp.*; small *Navicula spp.*; small *Fragilaria spp.*, mostly *Fragilaria construens*; *Synedra acus*, *Campylodiscus clypeus*, *Surirella peisonis*. In contrast to their behaviour in most of the other lakes, diatoms do not exhibit strong seasonality in Neusiedler See. Their quantity between January and December is 294-778 $\mu\text{g l}^{-1}$ (mean: 550 $\mu\text{g l}^{-1}$), which corresponds to about 50 % of the total biomass (22-year average). Several species, like *Surirella*, *Campylodiscus* and *Chaetoceros* appear in larger quantity in summer; small *Nitzschia spp.* show a summer minimum, while the others are rather evenly distributed throughout the year. The contribution of diatoms to total biomass oscillated around 70 % in the late 60s - early 70s. Then in the subsequent decade it decreased to 30-40 % as a consequence of the increasing significance of first green and then blue-green algae. In the last 3 years diatoms reappeared in larger amounts, their contribution was around 60 %. The inherently high turbidity of the open water of the lake and therefore the presumably continuous light limitation of phytoplankton growth may provide a reason for the weak seasonality in phytoplankton biomass. A close correlation was found between the biomass of diatoms and the seston content of the water ($r = + 0,55$, $P < 0,1$), while diatom biomass proved to be independent of orthophosphate, nitrate and ammonia concentration in correlation analyses. Nevertheless, among causes for the definite compositional changes in phytoplankton in the 70s, changes in nutrient conditions might have played an important role.

Einleitung

Der Neusiedler See an der Grenze zwischen Österreich und Ungarn ist mit 300 km² Fläche der größte Flachsee Mitteleuropas (mittlere Tiefe 1,3 m). Das Wasser des Sees ist alkalisch (pH 7,5 - 10) und weist einen hohen Bikarbonatgehalt auf (1000 - 2000 µS). Wegen der ständigen windbedingten Trübung des Sees durch anorganische Partikel beträgt die Sichttiefe nur 8 bis 52 cm und die euphotische Zone dementsprechend 0,37 bis 1,80 m (Löffler 1979).

Die Erforschung der Diatomeenflora des Sees begann bereits im vorigen Jahrhundert durch Grunow (1860, 1862, 1863), der bereits 50 Kieselalgen-Arten feststellte. Pantocsek (1912) beschrieb 149 Arten, von denen aber zahlreiche heute als Synonyme angesehen werden müssen. In den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts beschrieb Hustedt (1959) zahlreiche neue Arten und schätzte die Gesamtzahl auf etwa 150. Quantitative Untersuchungen des Periphytons auf Schilfhalmern im ungarischen Seeteil in den achtziger Jahren (Buczko & Padišák 1987-88) ergaben bei 15.500 Bestimmungen 194 Taxa. Weitere Informationen zur Erforschung der Diatomeenflora des Sees finden sich in Kusel-Fetzmann (1979).

Diese Angaben lassen erkennen, daß der See außerordentlich reich an Kieselalgen-Arten ist. Allerdings kommen die meisten von ihnen nur im Periphyton des Schilfgürtels vor. Die Anzahl der planktischen Arten ist weit geringer. Quantitative Untersuchungen im Freiwasser des Sees in den letzten beiden Jahrzehnten lassen erkennen, daß die Diatomeen einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung des Phytoplanktons haben (Dokulil 1979, Padišák 1984). Im folgenden werden die jahreszeitlichen und langfristigen quantitativen Aspekte des Diatomeen-Planktons im offenen Seeteil für die Jahre 1968 bis 1990 beschrieben. Angaben zu den anderen Algengruppen finden sich in Dokulil & Padišák (1993).

Material und Methoden

Für die vorliegende Analyse wurden 920 Proben aus dem ungarischen und österreichischen Seeteil der Jahre 1968 bis 1990 verwendet. Die Anzahl der Proben pro Jahr ist der Abbildung 1 zu entnehmen.

Die Identifizierung und quantitative Erfassung erfolgte an Lugol-fixiertem Material nach der Methode von Utermöhl mit Hilfe des umgekehrten Mikroskops. In jeder Probe wurden mindestens 400 Zellen erfaßt, was einem 95%-Konfidenzintervall von $\pm 10\%$ entspricht. Die Frischgewichtsbiomasse errechnet sich aus den Zellzahlen und den durchschnittlichen Volumina der Taxa (Dokulil 1979).

In dieser Studie werden nur die häufigsten Diatomeenarten des Planktons berücksichtigt (*Cyclotella* spp., im wesentlichen *C. meneghiniana* KÜTZ.; kleine einzellige zentrische Kieselalgen als Sammelgruppe; *Chaetoceros mülleri* LEMM.; *Synedra acus* KÜTZ.; kleine Arten von *Fragilaria*, hauptsächlich *F. construens* (EHR.). GRUN.; kleine Formen von *Navicula* und *Nitzschia*; *Surirella peisonis* PANT. und *Campylodiscus clypeus* EHR.). Von Zeit zu Zeit im Plankton auftretende Arten des Periphytons werden nicht berücksichtigt.

Ursprung der Daten:

1. 1958: F. Ruttner, Österreichischer Seeteil
2. 1968 - 1980: M. Dokulil, Österreichischer Seeteil
3. 1979 - 1984: J. Padišák, Ungarischer Seeteil, Probenentnahme teilweise durch die Feldstation Fertőrákos
4. 1984 - 1990: J. Padišák, Österreichischer Seeteil, Probenentnahme durch die Biologische Station Neusiedler See
5. 1985: Biomassedaten zur Verfügung gestellt vom Wasserwirtschaftsamt Győr (É. T. Bartalis)

Für den Langzeitvergleich wurden die Biomassen jahresweise arithmetisch gemittelt. Zur Darstellung der durchschnittlichen jahreszeitlichen Phytoplanktondynamik wurden die Ergebnisse aller Jahre monatsweise arithmetisch gemittelt.

Resultate und Diskussion

Eine Betrachtung der gesamten Zeitspanne seit 1958 läßt keinen einheitlichen Trend der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons erkennen (Abb. 2). Eine deutliche Zunahme war nur in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre zu beobachten. Der Anteil der Diatomeen an der Gesamtbiomasse lag in den späten sechziger und frühen siebziger Jahren um 70% (Abb. 3). In den Jahren danach ging der Prozentsatz als Folge des vermehrten Auftretens von Grünalgen und später der Blaualgen auf 30-40% zurück. In den Jahren 1988 - 1990 stieg der Anteil der Kieselalgen wiederum auf 60% an. Die Gesamtmenge der Diatomeen entsprach 1990 praktisch der des Jahres 1958. Zwischen der Biomasse der Diatomeen und der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons besteht ein enger statistischer Zusammenhang ($r = +0,90$; $p < 0,01$), was auf die Bedeutung dieser Algengruppe im Plankton des Neusiedler Sees hinweist.

Die internen Langzeitveränderungen der Zusammensetzung der Diatomeenassoziation lassen sich besser bei Betrachtungen einzelner Gruppen bzw. Arten erkennen. Im Gegensatz zu den zentrischen Arten, welche im Betrachtungszeitraum an Bedeutung verloren, haben die Pennalen in den achtziger Jahren quantitativ deutlich zugenommen (Abb. 4).

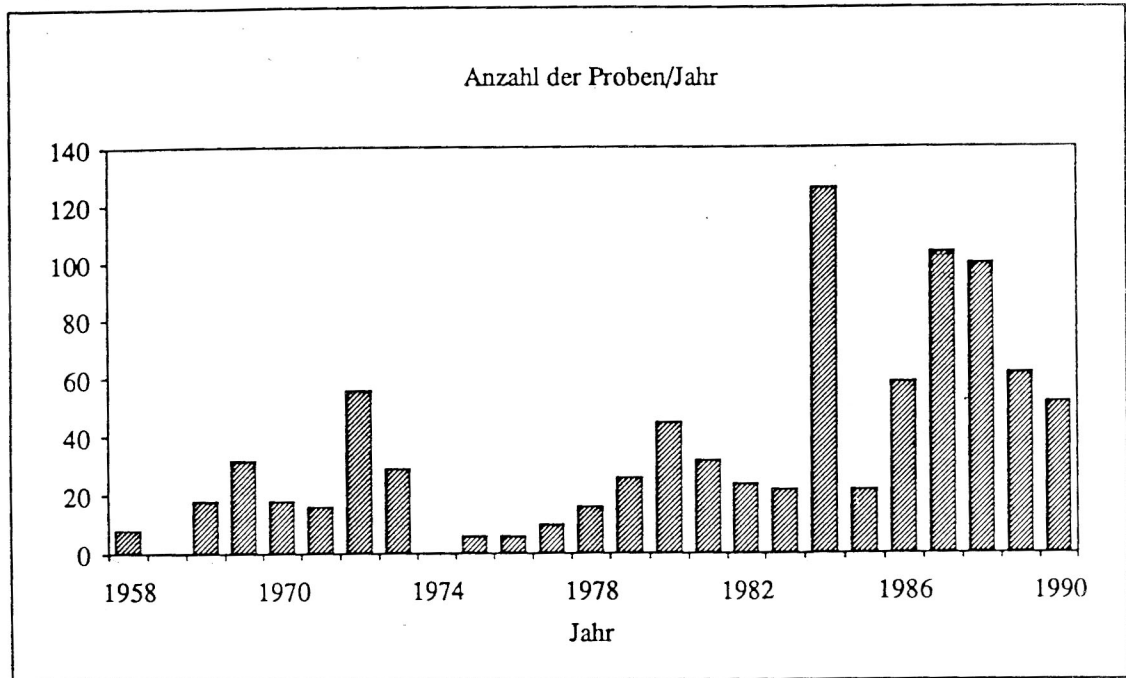


Abb. 1: Zahl der Phytoplanktonproben pro Jahr aus dem Neusiedler See für das Jahr 1958 und die Periode 1968 bis 1990

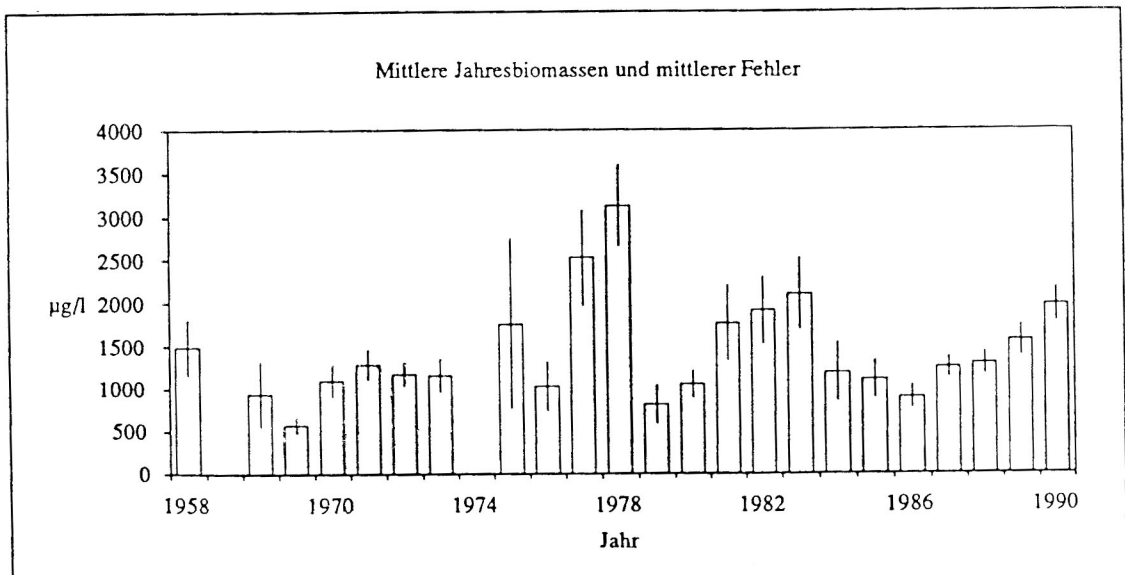


Abb. 2: Änderung der mittleren Jahresbiomasse des Phytoplanktons im Neusiedler See für das Jahr 1958 und die Periode 1968 bis 1990

Zu Beginn der 70er Jahre waren *Cyclotella* und kleine zentrische Diatomeen in größeren Mengen anzutreffen. *Chaetoceros* trat nur in den achtziger Jahren in signifikanten Zellzahlen auf, war aber immer ein Bestandteil des Planktons. Schon Hustedt (1959) nennt *Chaetoceros* als wichtiges Element des Diatomeenplanktons, ohne Angaben über die tatsächlichen Mengen zu machen. Die langfristige Entwicklung von *Surirella peisonis*, *Synedra acus* und den kleinen *Nitzschia*-Arten ist einander ähnlich (Abb. 5). Nach einem Minimum etwa in der Mitte des Untersuchungszeitraums sind die Biomassen dieser Arten nun wieder annähernd gleich hoch wie zu Beginn. Die kleinen Navicula-Arten waren nur in einem Jahr (1970) von Bedeutung. Deutlich zugenommen haben seit 1979 die kleinen *Fragilaria*-Arten sowie *Campylodiscus clypeus*, der im Jahr 1981 ein Maximum aufweist.

Im Gegensatz zu anderen Seen, zeigen die Diatomeen-Arten im Neusiedler See keine ausgeprägte jahreszeitliche Dynamik, da die Konzentrationen an gelöstem Silikat ganzjährig so hoch sind, daß es niemals zu Si-Limitation kommt. Lediglich *Chaetoceros* und *Surirella* kommen vorwiegend im Sommer vor. Die kleinen Nitzschien hingegen treten am häufigsten im Frühjahr und Herbst auf (Abb. 6). Die Saisonalität sowie die langfristige Entwicklung der Kieselalgen im Neusiedler See lassen zwei wesentliche Charakteristiken des Phytoplanktons erkennen: zum einen ist die jahreszeitliche Dynamik außerordentlich wenig ausgeprägt, zum anderen sind die größten Änder-

ungen der Biomassen und der Artenzusammensetzung in der Mitte der 70er Jahre zu beobachten. Die Ursachen für diese Änderungen sind wohl hauptsächlich in der veränderten Kapazität des Schilfgürtels zu suchen, der überdies in wesentlichen Bereichen zusätzlich durch geänderte Schilfbewirtschaftungsmaßnahmen geschädigt wurde. Darüber hinaus verschwanden zu diesem Zeitpunkt auch praktisch alle untergetauchten Makrophyten. Beides äußerte sich in einer Zunahme der Nährstoff-Konzentrationen im freien See von vorher 5-10 $\mu\text{g l}^{-1}$ auf etwa 150 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Herzig 1990). Diese Steigerung der Düngestoffmengen spiegelte sich nicht so deutlich wie in anderen Seen in den Biomassen des Phytoplanktons wieder, was wohl auf die ständige Lichtlimitation infolge der hohen Trübung zurückzuführen ist. Letzteres mag wohl zum Teil auch die Ursache für die schwach ausgeprägte jahreszeitliche Dynamik im Neusiedler See sein. Die wöchentlichen Proben der Jahre 1987 bis 1990 lassen keinen Zusammenhang der Nährstoffe Ammonium, Nitrat und anorganischem Phosphat zur Biomasse der Kieselalgen erkennen. Die großvolumigen Diatomeen-Arten, wie *Surirella*, *Campylodiscus* und die Ketten der *Fragilaria*, sind in ihrem Vorkommen im freien Wasser stark abhängig von der Wettersituation, insbesondere vom Wind. Die Biomassen dieser Arten sind daher stark mit der Menge an Schwebstoffen korreliert ($r = +0,55$; $p < 0,1$).

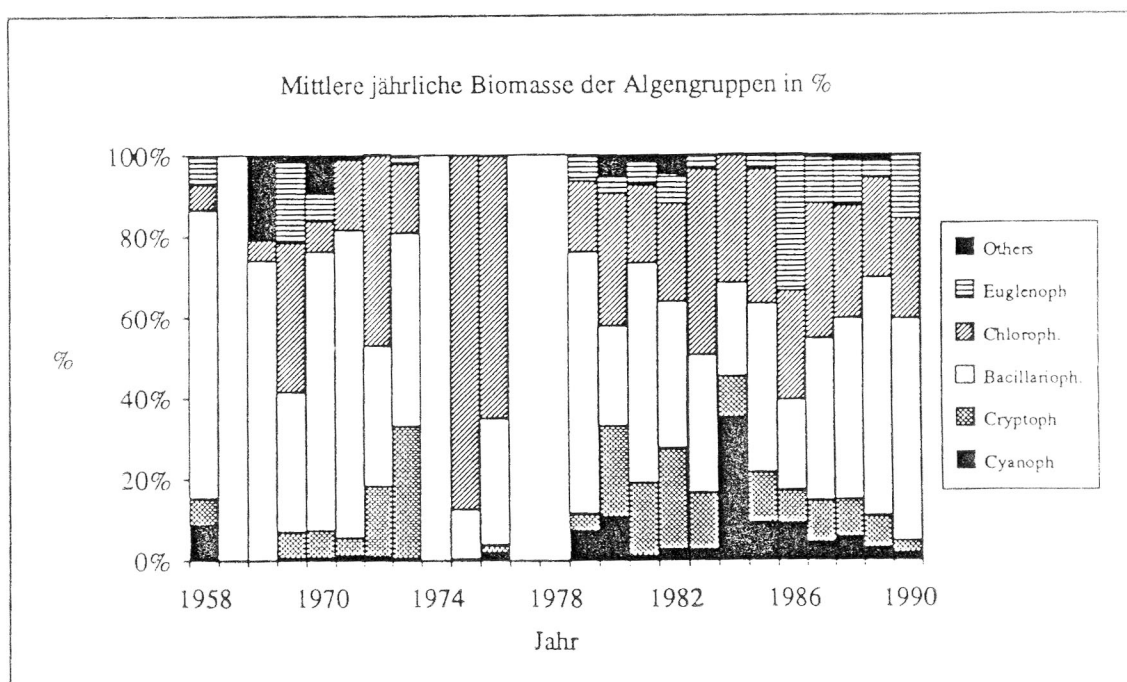


Abb. 3: Prozentanteil verschiedener Algengruppen an der mittleren Jahresbiomasse des Phytoplanktons im Neusiedler See für das Jahr 1958 und die Periode 1968 bis 1990

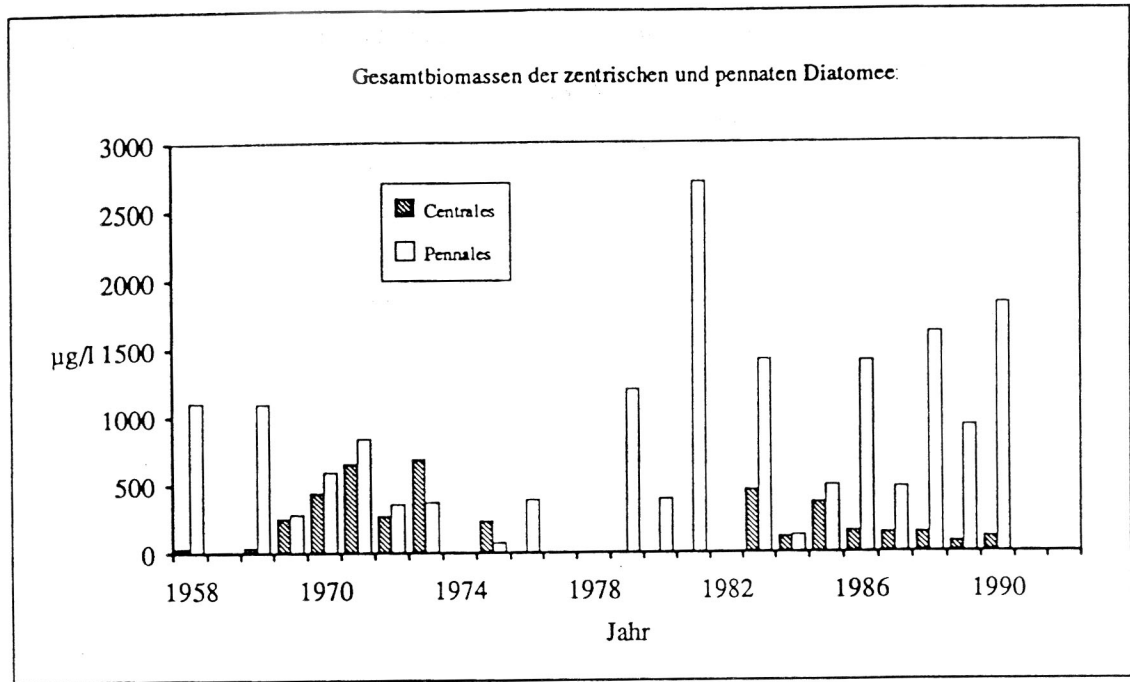


Abb. 4: Mittlere Jahresbiomasse der zentrischen und pennaten Diatomeen im Neusiedler See für das Jahr 1958 und die Periode 1968 bis 1990

Acknowledgements

Sampling in the Hungarian part of the lake was made with the help of the Fertő Laboratory of the Northern Transdanubian District Water Authority (Fertőrákos). I thank the staff of the Biologische Station Illmitz, especially Mr. Robert Klein and Mr. Franz Rauchwarter, for their essential support during the field and laboratory work. The water chemical data used in this paper are from the archives of the Biologische Station Illmitz, Burgenland, Austria. Additional support was provided by the Hungarian Science Foundation (Project OKTA No. 6285).

Literatur

- Buczko, K. & J. Padišák, 1987-88. Perifiton vizsgálat a Fertő Átjáró tavában I. Kovaalgák. [A study of the periphyton of "átjáró tó", Lake Fertő, Hungary, I. Diatoms]. *Botanikai Közlemények* 74-75: 127-140.
- Dokulil, M., 1979. Seasonal pattern of phytoplankton. In: *Neusiedlersee. Limnology of a shallow lake in central Europe* (ed. H. Löffler): 203-231. Junk Publ. The Hague, Boston, London.
- Dokulil, M. & J. Padišák, 1993. Langzeitveränderungen der Zusammensetzung und der Populationsdynamik des Phytoplanktons im Neusiedlersee (1958, 1968-1990). *BFB Bericht* 77: 127.
- Grunow, A., 1860. Über neue oder ungenügend bekannte Algen. *Verh. K. K. zool. bot. Ges. Wien* 10: 503-582.
- Grunow, A., 1862. Die österreichischen Diatomaceen nebst Anschluß einiger neuer Arten von anderen Lokalitäten und einer kritischen Übersicht der bisher bekannten Gattungen. *Verh. K. K. zool. bot. Ges. Wien* 12: 315-472, 545-588.
- Grunow, A., 1863. Über einige neue und ungenügend bekannte Arten und Gattungen von Diatomaceen. *Verh. K. K. zool. bot. Ges. Wien* 13: 137-162.
- Herzig, A., 1990. Zur limnologischen Entwicklung des Neusiedler Sees. *AGN, Internat. Symp. Schutz und Entwicklung großer mitteleuropäischer Binnenseenlandschaften, Bodensee - Neusiedlersee - Balaton, Tagungsband*: 91-97.
- Hustedt, F., 1959. Die Diatomeenflora des Neusiedler Sees im Österreichischen Burgenland. *Öst. Bot. Z.* 106: 390-430.
- Kusel-Fetzmann, E., 1979. The algal vegetation of Neusiedlersee. In: *Neusiedlersee. Limnology of a shallow lake in central Europe* (ed. H. Löffler): 171-202. Junk Publ. The Hague, Boston, London.

- Löffler, H., 1979. Neusiedlersee. Limnology of a shallow lake in central Europe. Junk Publ. The Hague, Boston, London.
- Padisák, J. 1984., The algal flora and phytoplankton biomass of the Hungarian part of Lake Fertő II.: Southern open bays. BFB-Bericht 68: 145-157.
- Pantocsek, J. 1912., A Fertő tó kovamoszat viránya. Pozsony, pp. 1-43.

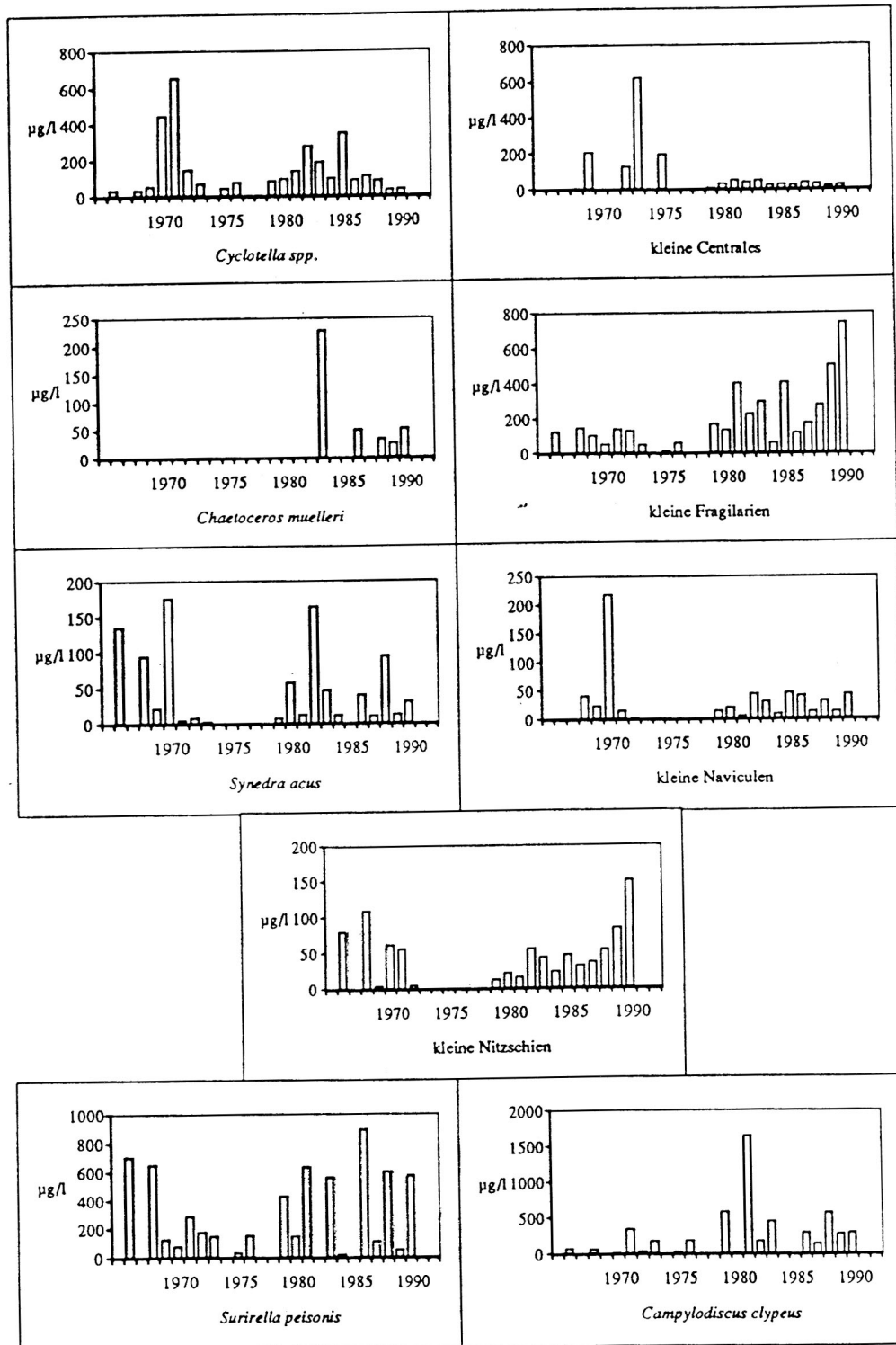


Abb. 5: Mittlere Jahresbiomasse der häufigsten Planktondiatomeen im Neusiedler See für das Jahr 1958 und die Periode 1968 bis 1990

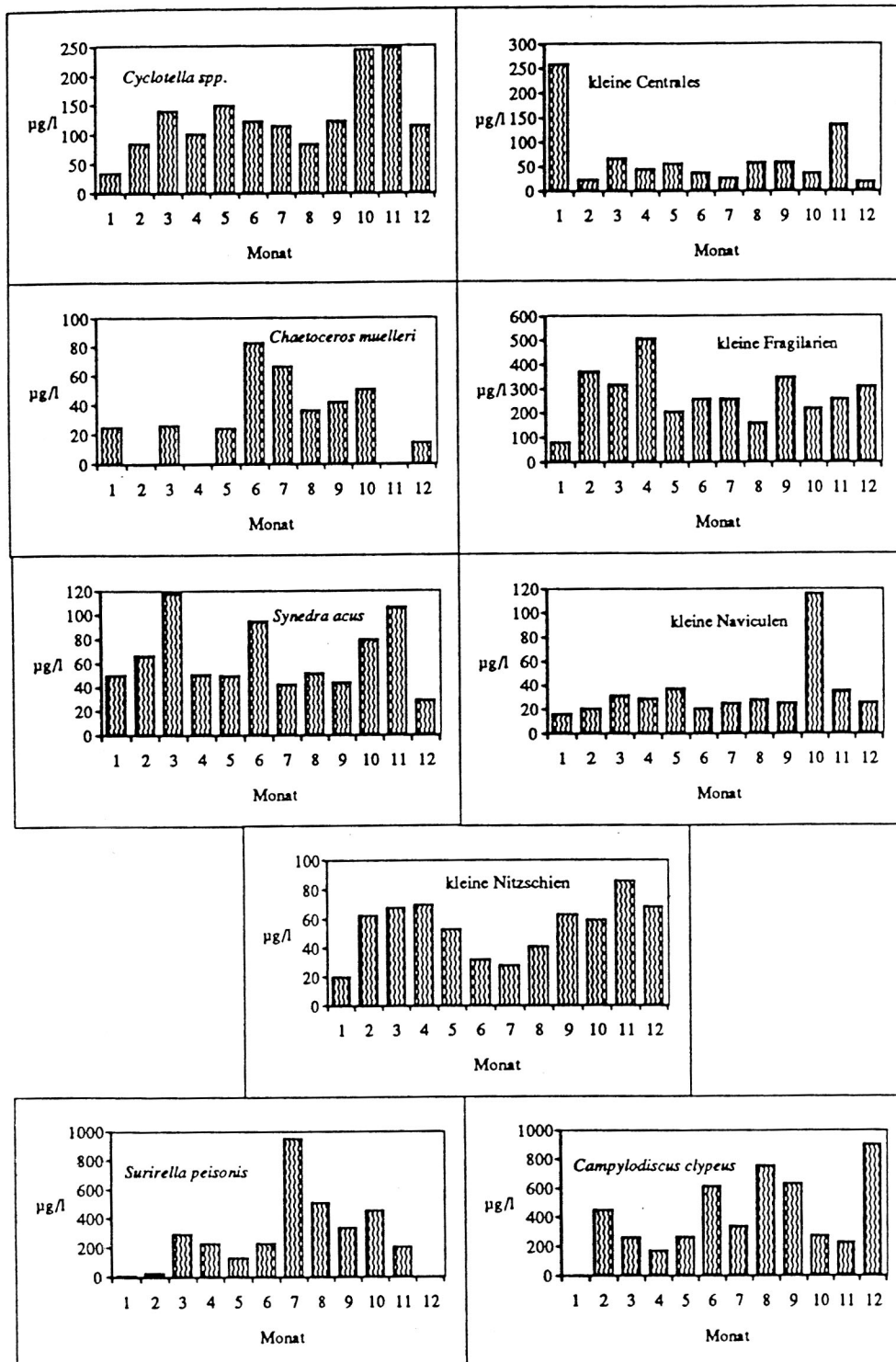


Abb. 6: Verlauf der mittleren monatlichen Biomassen (als Durchschnitt aller 22 untersuchten Jahre) der häufigsten Planktondiatomeen im Neusiedler See