© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

BFB-Bericht, 58 5 - 20 Illmitz,1986

# BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER EPIPELISCHEN ALGENFLORA DES NEUSIEDLERSEES MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG IHRER POPULATIONSDYNAMIK, BIOMASSE UND PRODUKTION.

KHONDKER, M. [1] und DOKULIL, M.[2]

[1]University of Dhaka, Dept. of Botany, Dhaka-2, Bangladesh

[2]Institut für Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 5310 Mondsee, Austria

## 1. EINLEITUNG

Die Gesamtproduktion eines Ökosystems besteht neben dem Phytoplankton aus anderen wichtigen Biozönosen. In Flachseen und Teichen sind dies vor allem der Bewuchs durch benthische Algen und die Makrophyten (Stanley 1976a).

In den gemäßigten Breiten der Erde stammen die meisten Arbeiten über die epipelische Algenflora aus Großbritannien (Aleem 1950; Round 1955; Round 1957 a,b,c,d; Moss 1968, 1969; Moss und Karim 1969; Hickman 1971; Hickman und Round 1970). Die deutsche und holländische Wattensee, sowie einige Seen in Dänemark, Finnland, Holland und Frankreich sind jüngst untersucht worden (Asmus 1982; Gargas 1970, 1971; Cadée und Hegeman 1974, 1977; Hunding 1971, 1973; Hunding und Hargrave 1973; Kairesalo 1977, 1980; Sorsa 1979; Gons 1982 und Romagoux 1979, 1980). Arbeiten über die Populationsdynamik und Produktion der epipelischen Algen kanadischer und nordamerikanischer Binnengewässer sind ebenfalls zahlreich (Hickman 1974, 1975, 1976, 1978 a,b; Moore 1974 a,b, 1981 a,b; Gruendling 1971; Burkholder et al. 1965; Stanley 1976 a,b; Stanley und Daley 1976; Matheke und Horner 1974).

Im Neusiedlersee, einem der größten Flachseen Mitteleuropas, wurde die nicht-planktische Algenforschung bisher vernachlässigt. Hinweise über die Artenzusammensetzung der epipelischen und der Aufwuchs-Algen sind bei Kusel-Fetzmann (1979) zu finden. Sommer (1977) hat die Produktionsverhältnisse des Periphytons im Schilfgürtel des Neusiedlersees untersucht. Schiemer (1979) berichtet Biovolumina epipelischer Algen nach unpublizierten Daten von M. Prosser. Insgesamt aber fehlte bisher ausreichende Information über die Struktur der epipelischen Algengesellschaft in der Freiwasserzone des Sees und deren Produktionsverhältnisse.

## 2. MATERIAL UND METHODEN

Geographisch-morphometrische, sedimentologische und andere Angaben den Neusiedlersee betreffend sind den Monographien von Löffler (Hg., 1974 und 1979) zu entnehmen.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Die Entnahme der Proben erfolgte mit einem Gilson-Corer von 5 cm Durchmesser. Zur Gewinnung der quantitativen Proben wurde eine etwas modifizierte Technik nach Eaton und Moss (1966) angewendet, welche im wesentlichen die Kieselalgen erfaßt. Die Bestimmung der Primärproduktion wurde im Labor in einem Inkubator mit abgestuften Lichtintensitäten nach der Sauerstoff- und der $^{14}C$-Methode ausgeführt (Hickman 1969). Für weitere methodische Details sei auf Khondker (1984) verwiesen.

Wegen der Windwirkung bleibt der offene Seeboden meistens unbesiedelt. Epipelische Algen können dort nur im Winter unter der Eisdecke vorkommen, sonst findet man diese Biozönose nur auf dem Buchtsediment (Kusel-Fetzmann 1979). Die vorliegende Untersuchung wurde daher auf das weiche Buchtsediment vor Neusiedl am See und an der Wulkaeinmündung begrenzt, weil die Chlorophyll-a Werte der epipelischen Algen selbst im Winter zum offenen See hin deutlich abnehmen (Abbildung 1).

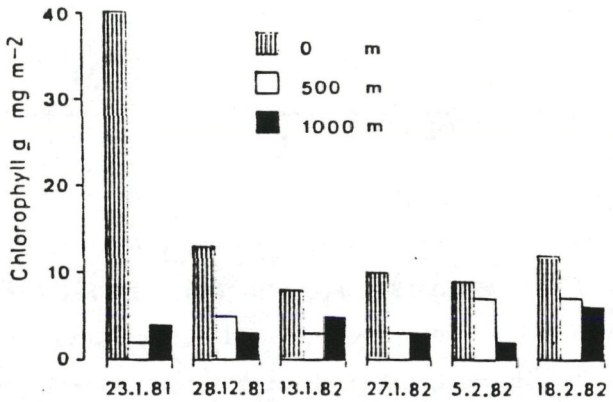


ABB. 1: HORIZONTALVERTEILUNG DER EPIPELISCHEN CHLOROPHYLL-A KONZENTRATION IN RICHTUNG OFFENER SEE UNTER DER EISDECKE.

## 3. ERGEBNISSE

### 3.1. Artenzusammensetzung und Populationsdynamik

Von den aufgefundenen Arten können insgesamt 73 als sedimentbewohnend bezeichnet werden; davon sind 50 Kiselalgen, 15 Euglenen, 6 Grün- und 2 Blaualgen. Als Neufunde, da nicht in der Liste bei Löffler (1979) aufscheinend, dürfen die folgenden Arten bzw. Varietäten gelten:

*Fragilaria brevistriata* var. *inflata* (Pant.) Hust.
*F. harrissonii* var. *dubia* Grun.
*Navicula cryptocephala* var. *veneta* (Kütz.) Rabh.
*N. consentanea* Hust.
*N. gregaria* Donkin
*Pinularia brebissonii* var. *genuinea* O. Müller
*Amphiprora alata* Kütz.
*Nitzschia ascicularis* var. *closterioides* Grun.
*Nitz. tryblionella* var. *levidensis* (W. Sm.) Grun.
*Nitz. tryb.* var. *debilis* (Arnok.) A. Mayer

*Euglena deses* var. *intermedia* Klebs
*Phacus hamatus* Pochm.
*P. obulus* Pochm.
*P. undulatus* (Sku.) Pochm.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



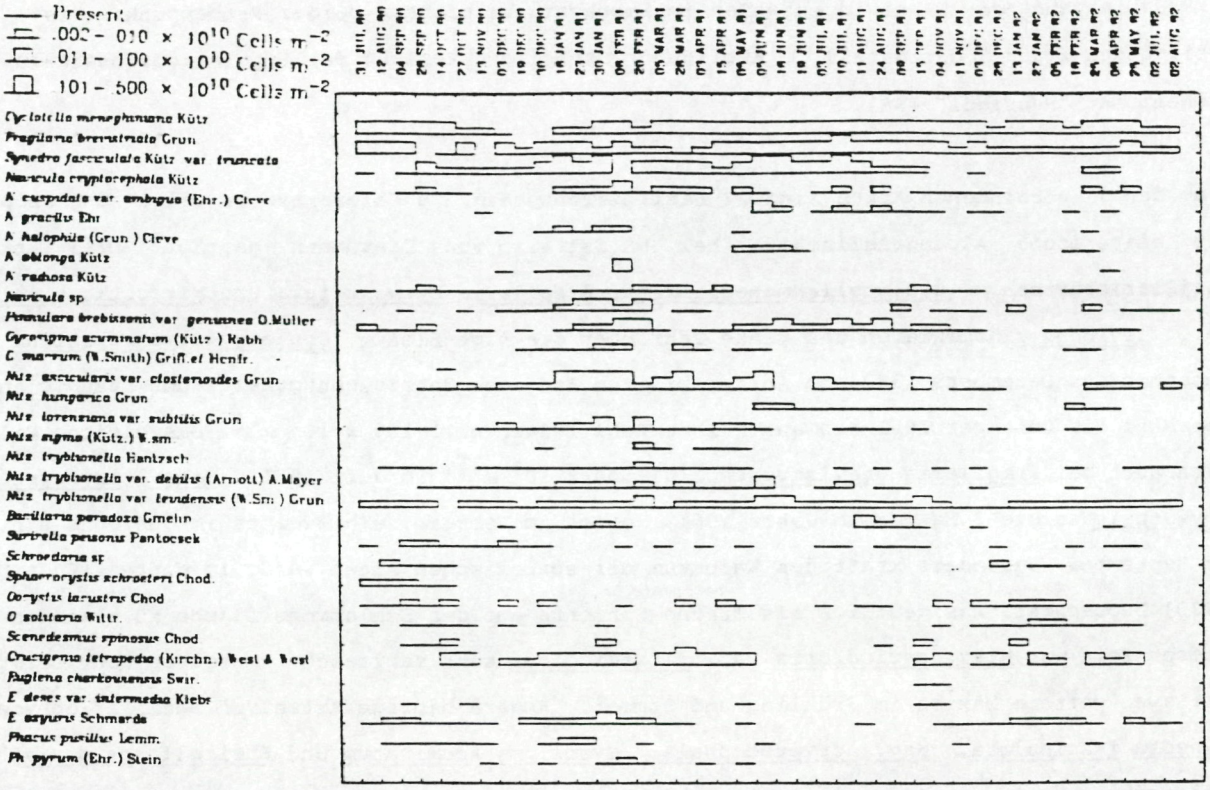


ABB. 2: PERIODIZITÄT DER EPIPELISCHEN ALGEN AM PROBENPUNKT NEUSIEDL (NS).

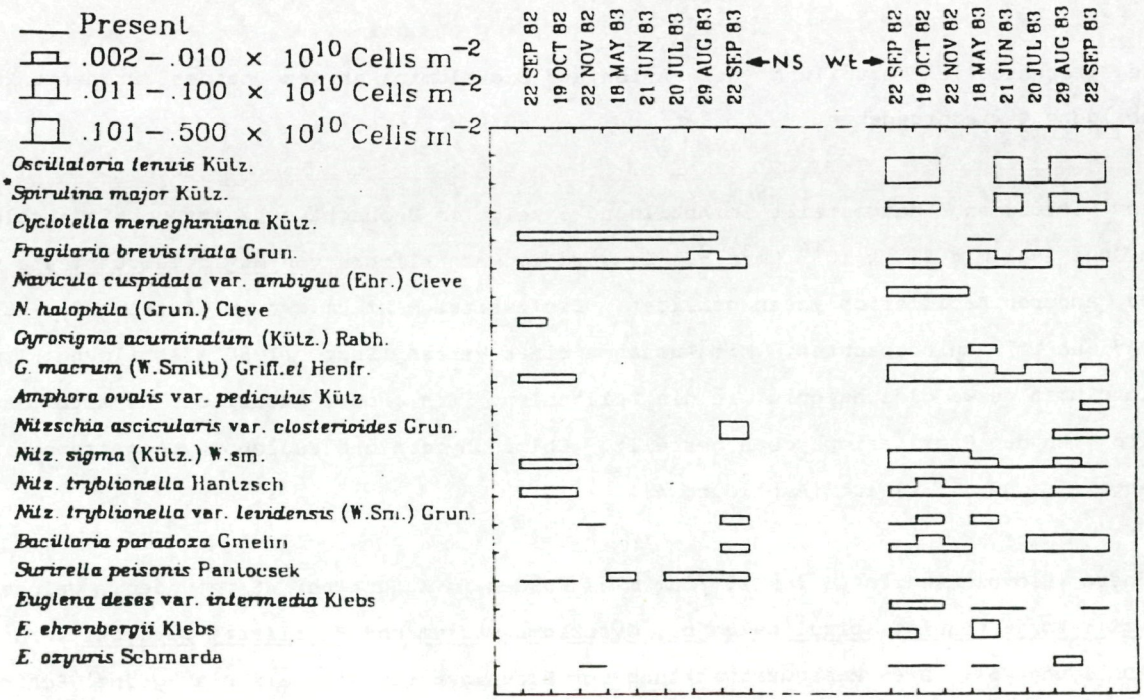


ABB. 3: VERGLEICH DER PERIODIZITÄT DER EPIPELISCHEN ALGEN AN PROBENPUNKT NEUSIEDL UND AN DER WULKAMÜNDUNG.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Der Jahresgang der Individuenzahlen im Beobachtungszeitraum beider Probenpunkte ist in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Populationsentwicklung beim Probenpunkt "Neusiedl" (NS).

Von den 33 vorhandenen Arten sind 22 Bacillariophyceae, 6 Chlorophyceae und 5 Euglenophyceae. Die epipelische Algengesellschaft bei NS ist also von Diatomeen geprägt. Drei Arten von Bacillariophyceen - Cyclotella meneghiniana, Fragilaria brevistriata und Nitzschia tryblionella var. levidensis dominieren das ganze Jahr über die Algenflora. Cyclotella meneghiniana ist mit Ausnahme des Dezembers 1980 vom Anfang bis zum Ende des Untersuchungszeitraums ständig anwesend. Von März bis Dezember 1981 schwankte ihre Zahl zwischen 11-100 x $10^7$ $m^{-2}$. Das gleiche Bild zeigt sich auch bei Fragilaria brevistriata (101-500 x $10^7$ $m^{-2}$) im Juli 1981. Nitz. tryblionella var levidensis zeigte 3 Maxima im Jahre 1981, eines im Februar, ein zweites im Juni und ein drittes im September. Besonders kräftiges Wachstum der epipelischen Algen wurde im Winter (Ende Dezember 1980) beobachtet, was deutlich als braune Schichte auf der Schlammoberfläche zu erkennen war. Zu dieser Zeit war Nitz. ascicularis var. closterioides sehr zahlreich. Im selben Jahr zeigte diese Art zwei weitere Maxima im Frühling und Sommer. Andere häufige Arten von Bacillariophyceen sind Synedra fasciculata, Nav. cryptocephala, Gyrosigma acuminatum und Surirella peisonis. Von den Chlorophyceen waren Oocystis solitaria und Crucigenia tetrapedia häufig, von den Euglenen Euglena oxyuris und Phacus pusillus.

An der Wulkamündung (WE) dominieren die Arten Nitzschia sigma, Gyrosigma macrum, Oscillatoria tenuis und Spirulina major, wobei die letzten drei bei NS nicht vorkommen (Abbildung 3).

Die prozentuelle Verteilung der Arten und Biovolumina an den beiden Probenpunkten ist in Abbildung 4 wiedergegeben.

Das Biovolumen, dargestellt in Abbildung 5 zeigt im Beobachtungszeitraum ein absolutes Maximum im Juni 1981 mit 832 x $10^{10}$ $\mu m^3 m^{-2}$. Es wird im wesentlichen von Navicula cuspidata var. ambigua und anderen Bacillariophyceen gebildet. Ein zweites Maximum ist im Winter 1981 - 82 mit 772 x $10^{10}$ $\mu m^3$ $m^{-2}$ zu beobachten. Mit Ausnahme eines Wertes (Sept. 1980, Abbildung 5) schwankt das Biovolumen etwa gleichsinnig wie die Zellzahlen. Ein großer Anteil der Gesamtbiomasse (69 %) wird von den Bacillariophyceen gestellt. Chlorophyceen und Euglenophyceen treten in geringerer Menge (1 % und 15 %) auf (Abbildung 4).

Höhere Biovolumswerte (3.3 x $10^{13}$ $\mu m^3 m^{-2}$) wurden im August bei WE gefunden, welche von 4 Arten Oscillatoria tenuis, Spirulina major, Gyrosigma macrum und Bacillaria paradoxa verursacht wurden (Abbildung 5). Die Massenentwicklung der Blaualgen erschien als blau-grüne Schicht auf der Schlammoberfläche. Ungefähr 46 % des gesamten Biovolumens entfallen auf Oscillatoria tenuis (Abbildung 4).

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



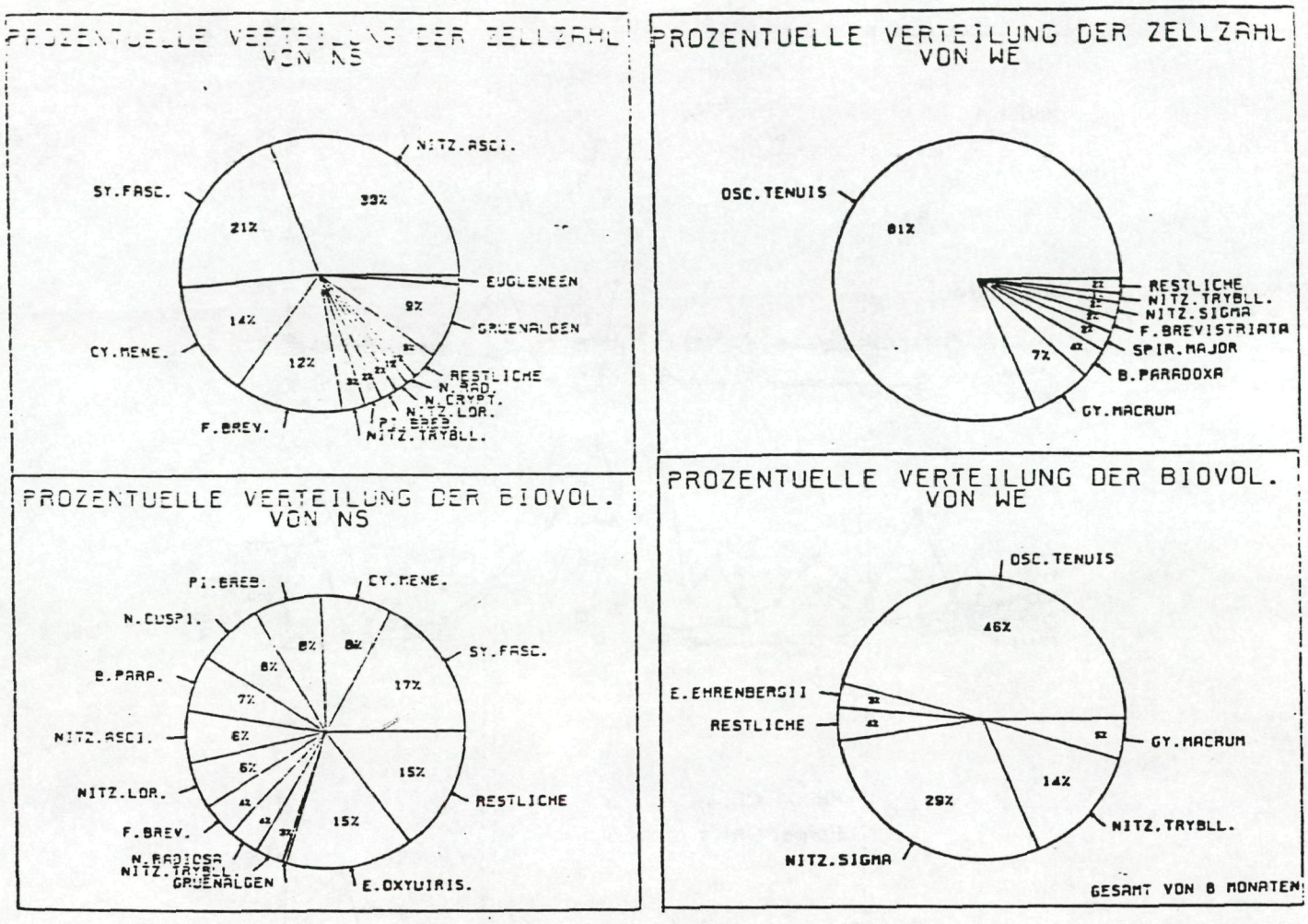


ABB. 4: PROZENTANTEILE DER BEIDEN ALGENPARAMETER AM PROBENPUNKT NEUSIEDL (NS) UND AN DER WULKA - MÜNDUNG (WE).

Die Chl-a Konzentration bei NS schwankte zwischen 4 und 87 mg $m^{-2}$, das Jahresmittel betrug 24 mg $m^{-2}$. Höhere Chl-a Konzentrationen wurden bei länger andauernder Eisdecke gemessen (Abbildung 5). Von Ende Februar bis Anfang Mai 1981 schwankten sie im Bereich von 7-30 mg $m^{-2}$. Anfang Juni 1981 erfolgte ein Anstieg auf 59 mg $m^{-2}$. Anschließend waren bis September 1983 wiederum niedrige Werte zu beobachten.

Vergleichsweise höhere Chl-a Werte ergeben sich bei WE; zwischen 25-115 mg $m^{-2}$ mit einem Monatsmittel von 44 mg $m^{-2}$, das ist etwa 2 x so viel wie bei NS. Während der Blaualgenblüte nahm die Chl-a Konzentration bis 115 mg $m^{-2}$ zu und ging erst zurück als die Algenschicht durch Gasblasen von der Schlammoberfläche abgehoben wurde (Abbildung 5).

Der prozentuelle Anteil des Chlorophylls an der Frischgewichtsbiomasse beträgt infolge der Dominanz der Diatomeen bei NS 0.62 - 1.49 %. Bei der Wulkamündung, wo Blaualgen vorherrschen, liegen die Werte mit 0.13 - 0.57 % deutlich niedriger.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



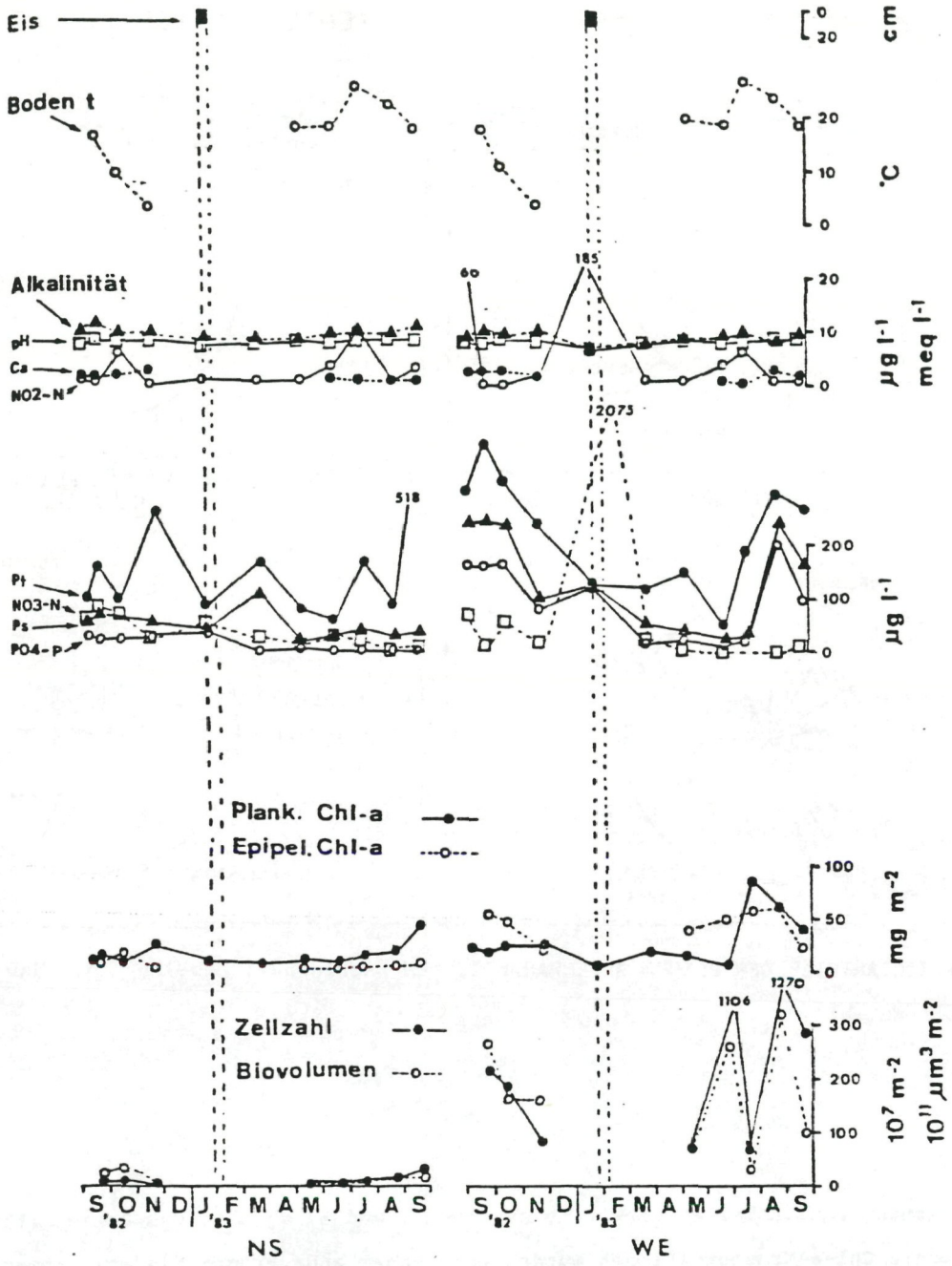


ABB. 5: ZEITLICHE SCHWANKUNG DER EPIPELISCHEN ALGENPARAMETER UND DER PHYSIKOCHEMISCHEN VERHÄLTNISSE BEIM PROBENPUNKT NEUSIEDL/SEE.

Wie im Falle des Phytoplanktons (Dokulil 1979) war auch bei den epipelischen Algen eine stark positive Korrelation zwischen Zellzahl, Biovolumen und Chlorophyll-a festzustellen.

Nur die obersten 6 cm der Weichschlammauflage sind von epipelischen Algen besiedelt, wobei eine drastische Abnahme der Menge mit zunehmender Tiefe zu beobachten ist (Abb. 6).

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



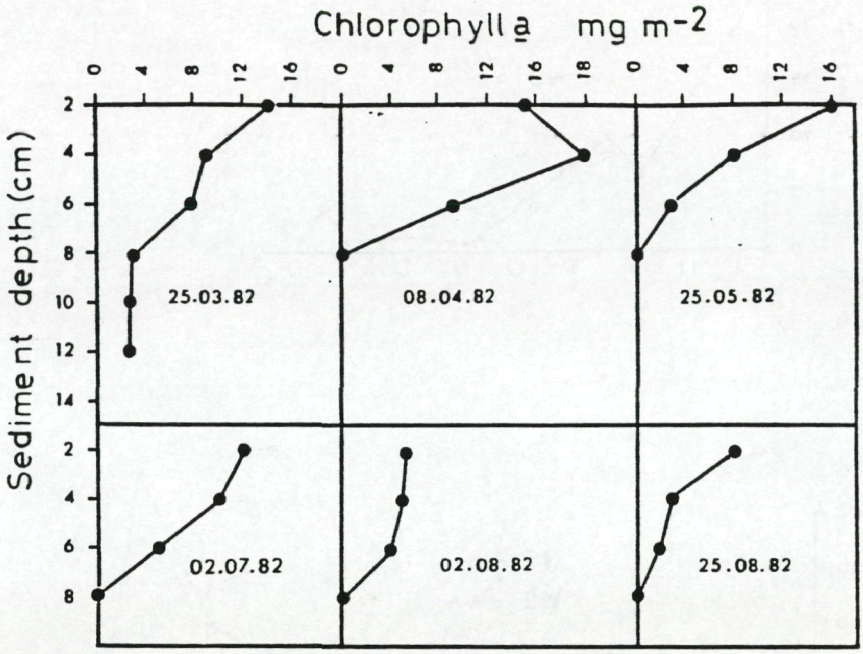


ABB. 6: VERTIKALVERTEILUNG DER CHLOROPHYLL-A KONZENTRATION IM SEDIMENTPROFIL.

### 3.2. Primärproduktion

Die Produktion der epipelischen Algen wurde aus Messungen der Photosyntheserate ermittelt. Da anfängliche Versuche zur Bestimmung "in situ" scheiterten, mußte auf Laborexperimente im Lichtinkubator zurückgegriffen werden. Diese Meßwerte stellen die "potentielle Produktion" dar, welche aber nach Hunding (1971) einen guten Näherungswert darstellt. Wie Hunding und Hargrave(1973) feststellten, beträgt die tatsächliche Produktion nur 13 bis 54 % der potentiellen.

Die Stundenwerte der Photosyntheseraten sind in Abbildung 7 dargestellt. In Neusiedl lagen die Werte zwischen 0.6 und 23 mg C $m^{-2}h^{-1}$. Material von der Wulkamündung assimilierte zwischen 25 und 116 mg C $m^{-2}h^{-1}$. Mit 1,17 mg C mg Chl-$a^{-1}h^{-1}$ war der durchschnittliche Aktivitätskoeffizient hier deutlich höher als bei Neusiedl (0,48 mg C mg Chl-$a^{-1}h^{-1}$). Für das Phytoplankton ermittelte Dokulil (1973) 6 mal höhere Werte (4.36 - 6.55 mg C mg Chl-$a^{-1}h^{-1}$).

Setzt man mit Grontved (1965) die tatsächliche Produktion zu 50 % der tatsächlichen an und benützt seine Umrechnungsformel, so ergibt sich eine geschätzte Tagesproduktion von 0.0004 - 0.2750 g C $m^{-2}d^{-1}$.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



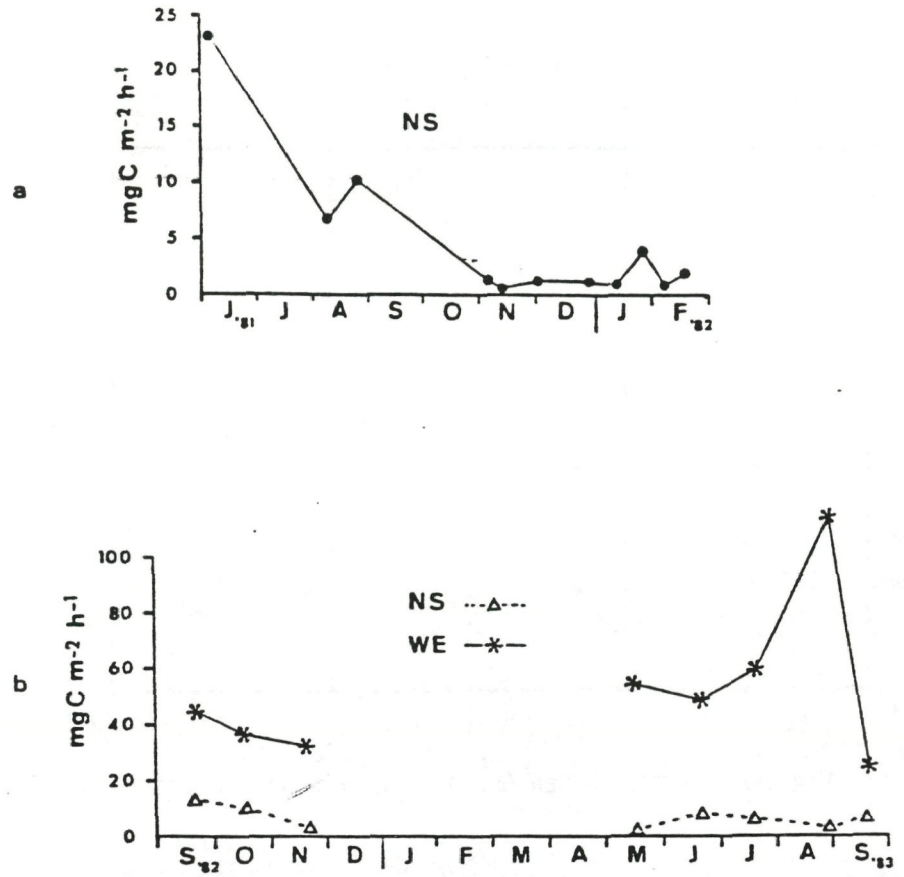


ABB. 7: A) POTENTIELLE PRODUKTION DER EPIPELISCHEN ALGEN BEIM PROBENPUNKT NEUSIEDL/SEE
B) POTENTIELLE PRODUKTION DER BEIDEN PROBENSTELLEN NEUSIEDL UND WULKAMÜNDUNG.

## 4. DISKUSSION

Das Arten-Spektrum der epipelischen Algen im Neusiedlersee ist nicht rein epipelisch sondern eine gemischte Gesellschaft, da es einen Austausch zwischen planktischen, epiphytischen und epipelischen Formen gibt. Dokulil (1975) berichtet über die Verteilung benthischer Diatomeen in der Wassersäule. Nitzschia ascicularis var. closterioides, Nitz. lorenziana und Cyclotella meneghiniana, welche im Plankton vorkommen, wurden in dieser Arbeit als epipelisch registriert. Ähnliche Verhältnisse finden sich in zahlreichen Flachseen wie etwa im Myvatn (Jonasson 1979). Auch im Vechtensee (Gons 1982) und im Lake Michigan (Stevenson und Stoermer 1981) wurden reichlich planktische Formen im Benthos gefunden.

Wegen der unzureichenden Information kann nur wenig über die ehemalige Struktur der epipelischen Algengesellschaft des Neusiedlersees ausgesagt werden. Vergleicht man mit Befunden von Loub (1955) und Hustedt (1959 a, b), so ist festzustellen, daß einige früher häufige und charakteristische Diatomeen, wie Surirella peisonis und Campylodiscus clypeus, kaum mehr anzutreffen sind. Dies dürfte auf die Veränderungen des Salzgehaltes und der Nährstoffsituation zurückzuführen sein. Trotz etwa gleichgebliebener Artenzahl konnten einige für den See neue Arten bzw. Varietäten gefunden werden.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Von den 73 registrierten Arten zeigen nur 29 (40 %) ausgeprägte jahreszeitliche Schwankungen. Einige Arten wie Cyclotella meneghiniana, Fragilaria brevistriata und Nitzschia tryblionella var. levidensis sind fast das ganze Jahr anwesend, andere treten unregelmäßig auf (z.B. Navicula cryptocephala, Gyrosigma acuminatum, Oocystis lacustris und Crucigenia tetrapedia), wieder andere entwickeln sich nur zu bestimmten Zeiten oder in bestimmten Jahren gut (z.B. Nitzschia ascicularis var. closterioides). Ein derartig gehäuftes Auftreten zu bestimmten Zeiten wird offenbar von bisher kaum bekannten Faktoren gesteuert (Round 1972).

Auf Grund zahlreicher Untersuchungen kommt Round (1960b) zu dem Schluß, daß Seen der gemäßigten Breiten (ohne oder nur mit kurzfristiger, dünner Eisbedeckung) im allgemeinen einen zweigipfeligen (bimodalen) Jahresverlauf der benthischen Algenbiomasse aufweisen. Im Gegensatz dazu zeigen arktische Seen und Flüsse nur ein Maximum, meist im August-September (unimodal). Trotz der relativ langen Eisbedeckung des Neusiedlersees - nach Dobesch und Neuwirth (1979) im Mittel 54 Tage - scheint der bimodale Kurvenverlauf zumindest teilweise gültig zu sein. Höhere Biovolumen finden sich meist im Herbst und Frühjahr. Im Winter treten große Unterschiede von Jahr zu Jahr je nach Eisbedeckung auf. Eine starke Entfaltung der epipelischen Algen kommt nur bei längerer Eisbedeckung in Frage (vergl. Abbildung 5).

Dies zeigt sich deutlich an den Daten von M. Prosser (Schiemer 1979), wo die Hauptentwicklung der epipelischen Algen in den Spätherbst und Winter fällt. Daneben finden sich kleinere Maxima im Sommer. Wie in dieser Arbeit (Abbildung 1) zeigt sich auch in seinen Daten die starke Beschränkung des benthischen Algenwachstums auf die schilfnahen Sedimentflächen. Schon in 450 m Entfernung vom Schilfrand in Richtung offener See sind nur mehr geringfügige Biomassen ohne ausgeprägten Jahresgang festzustellen.

In Tabelle 1 werden Zellzahlen, Biovolumen und die Chlorophyll Konzentration Ergebnissen aus Europa, Afrika und Nordamerika gegenübergestellt. Die Zellzahl stimmt mit Befunden aus der holländischen Wattensee (Colijn et al. 1976) überein. Höhere Zellzahlen finden sich in amerikanischen Tundra-Teichen (Stanley 1980), im Lake Chilwa (Moss 1979) und vor allem in den Teichen und Flüssen von Baffinland (Moore 1974a, b). Extrem hohe Zellzahlen fand Romagoux (1979) im Lac Pavin. Wesentlich geringere Werte waren im Großen Sklavensee und im Lake Gordon zu verzeichnen (Moore 1980, 1981b), sowie im Shear Water in England (Hickman und Round 1970). In dem zuletzt genannten See wurde auch die geringste Chlorophyllkonzentration gemessen (3,74 mg $m^{-2}$), was etwa 1/10 der im Neusiedlersee gefundenen Werte entspricht. Der Mittelwert von 34 mg $m^{-2}$ fällt in den Bereich der von Colijn und Dijkema (1981) für die Wattensee und von Ho (1979) für den Schöhsee angegeben wird. Auch die Messungen in Lake Chilwa (Moss 1979) gehören hierher. Größenordnungsmäßig stimmt er mit Daten von Lazarek (1980) aus dem Gordsjön überein. Hohe Pigmentkonzentrationen traten im Vorderen Finstertalersee, im Suomunjärvi und vor allem im Lac Pavin auf. Niedrige Werte finden sich in kanadischen und englischen Gewässern.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Ob ein direkter Zusammenhang zwischen Chl-a und Biovolumen besteht, läßt sich auf Grund der vorliegenden Information nicht entscheiden. Der Jahresmittelwert des Biovolumens vom NS ist vergleichsweise niedrig und entspricht Angaben aus arktischen bzw. nordischen Seen (Moore 1979, Björk-Ramberg 1981). Quantitative Veränderungen der Biomasse der epipelischen Algen des Neusiedlersees traten nicht auf, wie die Daten der Jahre 1971-1973 (Schiemer 1979) beweisen. Höhere Biovolumswerte fand Pfeifer (1974) in einem österreichischen Hochgebirgssee. Deutlich mehr Biomasse ist in den Seen und Flüssen des Baffinlandes, sowie im Myvatnsee festzustellen. Außerordentlich hohe Werte berichten Kowalczewski und Pieczynska (1976) aus dem Lake Mikolajskie. Wie bei den Zellzahlen sind auch die Biovolumswerte des Gordonsees und des großen Sklavensees am geringsten.

| Ort | Zellzahl $\times 10^{10}\ m^{-2}$ | Biovolume $\times 10^{13}\ \mu m^3\ m^{-2}$ | Chl-a $mg\ m^{-2}$ | Autor |
|---|---|---|---|---|
| Malawi, Lake Chilwa | 0,90-6,50 | - | 15,5-56,5 | Moss 1979 |
| U.S.A., Tundra-teiche | 2-4 | - | - | Stanley 1980 |
| Baffinland $\bar{x}$ von 7 Flüsse | 13 | 11 | - | Moore 1974a |
| Baffinland, $\bar{x}$ von 10 Teichen | 40 | 52 | - | Moore 1974b |
| Arktische Seen | - | 1,5-3,75 | - | Moore 1979 |
| Grosser Sklavensee $\bar{x}$ von 9 Probenpunkten | 0,58 | 0,19 | - | Moore 1980 |
| Gordonsee, 0,1-5m Tiefe | 0,35 | 0,0039 | - | Moore 1981b |
| Kanada, $\bar{x}$ von 5 Seen | - | - | 13,06 | Hickman 1978a |
| Kanada, $\bar{x}$ von 3 Seen | - | - | 17,00 | Hickman 1978b |
| U.K., Shear Water | 0,064 | - | 3,74 | Hickman & Round 1970 |
| U.K., Abbots Pool | - | - | 7,60 | Moss 1969 |
| U.K., $\bar{x}$ von Priddy Pool und Abbots Pool | - | - | 4,65 | Hickman 1971 |
| Polen, Lake Mikolajskie | - | 141 | - | Kowalczewski & Pieczyńska 1976 |
| Holland, Wattensee | 1 | - | - | Colijn et al 1976 |
| Holland, Wattensee | - | - | 20-100 | Colijn & Dijkema 1981 |
| Holland, Vechtensee | - | - | 17 | Gons 1982 |
| Frankreich, Lac Pavin | 100 | - | 300 | Romagoux 1979 |
| Iceland, Myvatn | - | 16 | - | Jónasson 1979 |
| Schweden, Gardsjön | - | - | 25 | Lazarek 1980 |
| Schweden, Gunn-Hajaure Lake | - | 0,56-2,01 | - | Björk-Ramberg 1981 |
| Finnland, Suomunjärvi | - | - | 114 | Sorsa 1979 |
| B.R.D., Schöhsee | - | - | 6,67-42,13 | Ho 1979 |
| Austria, Finstertalersee | - | 4,53 | 146 | Pfeifer 1974 |
| Austria, Neusiedlersee $\bar{x}$, 10 m vom Schilf | - | 1,3 | - | Schiemer 1979 |
| Austria, Neusiedlersee $\bar{x}$ von NS und WE | 1,6 | 1,0 | 34 | Vorliegende Arbeit |

TAB. 1: VERGLEICHSDATEN DER EPIPELISCHEN ZELLZAHLEN, BIOVOLUMEN UND CHLOROPHYLL-A KONZENTRATIONEN VERSCHIEDENER GEWÄSSER NACH LITERATURANGABEN.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Zur Produktion der epipelischen Algen findet man drei verschiedene Datenarten in der Literatur, "In situ", potentielle und geschätzte Produktion. Daten von verschiedenen Autoren und die Ergebnisse vom Neusiedlersee sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die geschätzte epipelische Algenproduktion des Neusiedlersees (0,05 g C $m^{-2}d^{-1}$), ist mit den Ergebnissen vom Lac Pavin (Romagoux 1980), Pääjärvi (Kairesalo 1977) und Tundrateichen (Stanley 1980) vergleichbar. Obwohl gute Übereinstimmung der Biomasse mit der holländischen Wattensee gefunden wurde, ist die Produktion etwa 5 x niedriger. Die Produktionswerte eines kanadischen Flachsees (Marionsee) ist ca. 50 % höher als die des Neusiedlersees (Hargrave 1969, Gruendling 1971). Niedrige Produktionsraten wurden von schwedischen und finnischen Gewässern (Björk-Ramberg 1981 und Sorsa 1979), sowie vom Ikroaviksee in Alaska berichtet (Stanley 1976a). Alle anderen Seen in Tabelle 2 weisen wesentlich höhere Produktionsraten auf. Extrem hoch wird die benthische Produktion von Burkholder et al. (1985) im Long Island Sound geschätzt.

| Ort | Datenart* | Produktion g C $m^{-2}$ $d^{-1}$ | Experimentart | Autor |
|---|---|---|---|---|
| U.S.A., Lake Tahoe | Täglich | 0,0111-0,0171 | In situ | Flint et al. 1977 |
| U.S.A., Tundrateich | Jährlich | 0,0274 | Geschätzte | Stanley 1980 |
| U.S.A., Ikroaviksee | Jährlich | 0,0063 | Geschätzte | Stanley 1976a |
| U.S.A., Tundrateich | Jährlich | 0,0258 | Simuliert | Stanley 1976b |
| U.S.A., Long Island Sound | Täglich | 4-5 | Geschätzte | Burkholder et al. 1985 |
| U.S.A., Boraxsee | Jährlich | 0,7300 | - | Wetzel 1964 |
| Kanada, Marionsee | Jährlich | 0,1096 | In situ | Hargrave 1969 |
| Kanada, Marionsee | Jährlich | 0,1205 | In situ | Gruendling 1971 |
| Polen, Mikolajskie Lake | Jährlich | 0,3370 | Unbekannt | Kowalczewski & Fyeczyńske 1976 |
| Iceland, Myvatn | Jährlich | 0,1370 | Unbekannt | Jónasson 1979 |
| Schweden, Gunnilajaure | Jährlich | 0,0077-0,0110 | In situ | Björk-Ramberg 1981 |
| Dänemark, Furese | Jährlich | 0,8137 | Potential | Hunding 1971 |
| Dänemark, Furese | Jährlich | 0,3918 | Geschätzte | Hunding 1971 |
| Finnland, Pääjärvi | Täglich | 0,0300 | In situ | Kairesalo 1977 |
| Finnland, Suomunjärvi | Jährlich | 0,0005 | In situ | Sorsa 1979 |
| Holland, Wattensee | Jährlich | 0,2740 | In situ | Cadée & Hegeman 1974 |
| Holland, Wattensee | Jährlich | 0,2329 | In situ | Cadée & Hegeman 1977 |
| Holland, Vechtensee | Täglich | 0,3000 | In situ | Gons 1982 |
| Frankreich, Lac Pavin | Jährlich | 0,0466 | In situ | Romagoux 1980 |
| B.R.D., Schöhsee | Täglich | 0,1980 | Geschätzte | Ho 1979 |
| B.R.D., Wattensee | Jährlich | 0,1863 | In situ | Asmus 1982 |
| Austria Neusiedlersee | Jährlich (Phytoplankton) | 0,1945 | Geschätzte | Schiemer 1979 |
| Austria Neusiedlersee | - | 0,1010<br>0,0500 | Potential<br>Geschätzte | Vorliegende Arbeit |

* Zur Berechnung der täglichen Werte wurden die jährlichen Daten mit 365 dividiert.

TAB. 2: VERGLEICHSDATEN EPIPELISCHER PRIMÄRPRODUKTION NACH LITERATURANGABEN.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Die Ursachen für die relativ niedrigen Biomasse- und Produktionswerte der epipelischen Algen des Neusiedlersees sind wohl in der Instabilität des Sediments und den Lichtverhältnissen zu suchen. Wegen der geringen Tiefe des Sees greift die Windwirkung in weiten Bereichen bis zum Boden durch (Dokulil 1975). Die daraus resultierende Sedimentaufwirbelung macht eine Besiedlung des Seebodens im offenen See während der eisfreien Periode praktisch unmöglich. Nennenswerte benthische Algenbiomassen können sich daher nur in Randbereichen des Sees entwickeln. Selbst dort bleibt aber die Produktion gering, weil die starke anorganische Trübung des Sees nur niedrige Lichtintensitäten (≥ 1 %) an der Sedimentoberfläche zuläßt.

Anders liegt der Fall im Winter bei Eisbedeckung. Zunächst treten stabile Verhältnisse an der Sedimentoberfläche auf, das Lichtklima wird durch Sedimentation der trübenden Partikel relativ besser und die besondere Nährstoffsituation kann dann zu kräftigem epipelischem Algenbewuchs führen, wie dies bei längerer Eisbedeckung (etwa Winter 1981/82) zu beobachten ist. Infolge der heftigen Algenentwicklung kommt es unter der Eisdecke zu einer ausgeprägten Sauerstoffschichtung (Neuhuber und Hammer 1979).

Ähnliche Verhältnisse dürften auch in anderen Flachseen (Blaton, Steinhuder Meer, Lough Neagh etc.) vorzufinden sein. Leider ist derzeit kein Datenmaterial darüber vorhanden.

Wie in zahlreichen anderen Beispielen (Westlake 1980) ist also das Licht einer der entscheidenden Faktoren für das benthische Algenwachstum im Neusiedlersee. Die geringen Licht mengen (0,1 % und darunter, maximal 10 $\mu E\ m^{-2}\ s^{-1}$) führen zu einer ständigen Lichtlimitierung der Algen. Eine Adaptation an diese Verhältnisse läßt sich aber nicht nachweisen. Ein $I_k$-Wert (= Lichtintensität bei beginnender Lichtsättigung) kann nicht angegeben werden. Hunding (1971) und Stanley und Daley (1976) ermittelten $I_k$-Werte zwischen 60 und 200 $\mu E\ m^{-2}\ s^{-1}$ je nach Jahreszeit. Im Sommer lagen die Werte im allgemeinen höher. Lichthemmung wurde nicht oder erst oberhalb von 600 $\mu E\ m^{-2}\ s^{-1}$ beobachtet. Es scheint also zuzutreffen, daß epipelische Populationen einen weiten Bereich der Lichtintensität nutzen können, wie dies bereits von Hunding (1971) behauptet wurde. Im Gegensatz dazu beobachtete Gargas (1971) eine deutliche Anpassung an die Lichtverhältnisse. Epipelische Algen tieferer Zonen erreichen bereits bei etwa 200 µE Sättigung, sind also schwachlichtangepaßt.

Das Neusiedlerseesediment wird von Diatomeen, Blaualgen und Euglenen dominiert, wie es auch für andere organische Sedimente typisch ist. Nach Patrick (1977) sind Ammonium, Nitrat und Phosphate die Elemente, die in großer Menge von Diatomeen verbraucht werden. Das quantitativ stärkere Auftreten und die höhere Produktion beim Probenpunkt WE ist wohl neben den besseren Lichtbedingungen an dieser Stelle auch auf die 3 - 8 x höhere Nährstoffkonzentration zurückzuführen.

Zur Kennzeichnung der zeitlich-räumlichen Schwankungen der epipelischen Flora des Neusiedlersees kann also kaum ein einzelner Faktor herangezogen werden. Wie in anderen Fällen (Hustedt 1959b, Dokulil 1984), ist die Zusammensetzung, Abundanz und Produktion der epipelischen Diatomeenflora das Resultat des Zusammenspiels mehrerer Faktoren.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Abschließend soll die Bedeutung der epipelischen Algen für das gesamte Ökosystem Neusiedlersee aufgezeigt werden. Stellt man die durchschnittliche Tagesproduktion der verschiedenen Lebensgemeinschaften der Primärproduzenten einander vergleichend gegenüber (Tabelle 3), so zeigt sich, daß die benthischen Algen einen verhältnismäßig kleinen Beitrag (1,5 %) zur täglichen Produktion des Sees liefern. Die tatsächliche Bedeutung für die benthische Nahrungskette ist aber ungleich größer. Zahlreiche Arten des Meio- und Macrobenthos, wie Monhystera macramphis, Chaetogaster langi, Hypsibius augusti und Tanypus punctipennis, ernähren sich vorwiegend von epipelischen Algen. Diatomeen, wie Gyrosigma acuminatum, Nitzschia tryblionella und Surirella peisonis, werden von Chironomiden bevorzugt (Schiemer 1979). Wie Hacker (1974) zeigen konnte, besteht der Darminhalt von Blicca björkna bis zu 40 % aus bodenlebenden Algen.

| Gemeinschaft | Produktion $g\ C\ m^{-2} d^{-1}$ | Prozentueller Anteil (%) | Autor |
|---|---|---|---|
| Phytoplankton (Offener See) | 0,2350 | 7,10 | Dokulil pers. Mitting. |
| Phytoplankton (im Schilf) | 0,0200 | 0,60 | Dokulil pers. Mitting. |
| [1] Periphyton (auf Schilf) | 0,0116 | 0,35 | Sommer 1977 |
| Epipelische Algen | 0,0500 | 1,51 | Vorliegende Arbeit |
| [2] Submersen Makrophyten | 0,0120 | 0,36 | Schiemer 1979 |
| [3] *Utricularia* | 0,2424 | 7,32 | Maier 1979 |
| *Phragmites communis* | 2,7400 | 82,75 | Sieghardt pers. Mitting. |
| Gesamt | 3,3110 | 100 | - |

1 $\bar{x}$ von I, II und III. Positionen (pro $m^2$ Wasserfläche).

2 $\bar{x}$ von 1971 und 1972.

3 $\bar{x}$ von Lacunae und natürlichen Schilfbestand. Für Jahresgang wurden die Fläche unter der Kurve berücksichtigt.

Umrechnung des Kohlenstoffes erfolgt: 50% des Trockengewichtes/Gewicht der Kohlehydrate.

Jährliche Daten wurde mit 365 dividiert.

TAB. 3: PRIMÄRPRODUKTION VERSCHIEDENER LEBENSGEMEINSCHAFTEN DES NEUSIEDLERSEES.

Benützt man die Zahlen in Tabelle 3 zur Berechnung der täglichen Produktion auf der gesamten Seefläche (offener See ca. 100 $km^2$, Schilfgürtel ca. 200 $km^2$), so erhält man 23,5 t C $d^{-1}$ (= 96,3 %). Die Gesamtproduktion des Neusiedlersees pro Tag beträgt im Mittel 638,7 t C. Der Anteil sämtlicher Algengesellschaften daran beträgt 9,56 %, was die Bedeutung der Mikrophytenproduktion für den See deutlich macht.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Die epipelischen Algen eines Flachsees (Neusiedlersee) werden mit besonderer Berücksichtigung der Populationsdynamik, Biomasse und Produktion untersucht.

Hierzu werden verschiedene Algen- und physikochemische Parameter des Standortes beschrieben, verglichen und diskutiert. Die Gesamtuntersuchungsperiode beträgt 31 Monate (1980/1983).

Die epipelische Flora wird von Diatomeen dominiert und erweist sich als auf dem Sediment zeitlich und räumlich sehr dynamisch, wobei sie den charakteristischen Schwankungen der gemäßigten Breiten folgt.

Im ganzen wurden 73 Taxa (50 Bacillariophyta, 6 Chlorophyta, 15 Euglenophyta und 2 Cyanophyta) gefunden. Die Artenzahl blieb gegenüber früheren Studien gleich. Zwei ehemals häufige Arten, nämlich Surirella peisonis und Campylodiscus clypeus, waren kaum mehr in Schlammproben anwesend. Biomasse (im Mittel 1,00 x $10^{13}$ $\mu m^3 m^{-2}$) und Produktion (im Mittel 0,05 g C $m^{-2}d^{-1}$) sind positiv mit der Zellzahl (im Mittel 306 x $10^7$ $m^{-2}$) korreliert. Die mittlere Chl-a Konzentration betrug 34 mg $m^{-2}$ und fiel in die Bereiche, die von Wattensee (Colijn und Djkema 1981); Schöhsee (Ho 1979) und Lake Chilwa (Moss 1979) berichtet werden. Die epipelische Produktion erweist sich als 25 % der Phytoplanktonproduktion (Schiemer 1979) und ist ca. 4 mal höher als die der Periphytonproduktion (Tabelle 3) des Neusiedlersees. Der Mittlere Aktivitätskoeffizient (P/B, mg C mg Chl-$a^{-1}h^{-1}$) lag zwischen 0,48 - 1,17 und die maximale Effizienz ist ca. 6 mal geringer als die der planktischen Algen. Das Licht spielte für die Entwicklung und Produktion der epipelischen Algen eine entscheidende Rolle, wobei kaum eine Relation zwischen Biomasse und chemischen Parametern gefunden wurde.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

ALEEM, A.A. 1950. The diatom community inhabiting the mudflats at Whitstable. New Phytol. 49: 174-188.

ASMUS, R. 1982. Field measurements on seasonal variation of the activity of primary producers on a sandy tidal flat in the northern Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 16: 389-402.

BJÖRK-RAMBERG, S. 1981. The ecology of epipelic Algae in a subarctic Lake. Acta. Univ. Ups. Abstracts of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science, 619, S. 13, Uppsala.

BURKHOLDER, P.R., REPAK, A. und SIEBERT, J. 1965. Studies on some Long Island Sound littoral communities of microorganisms and their primary productivity. Bull Torrey Bot. Club 92: 378-402.

CADÉE, G.C. 1977. Distribution of primary production of the benthic microflora and accumulation of organic matter on a tidal flat area, Balgzand, Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 11: 24-41.

CADÉE, G.C. und HEGEMAN, J. 1974. Primary production of the benthic microflora living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 8: 260-291.

COLIJN, F. und DIJKEMA, K.S. 1981. Species composition of benthic diatoms and distribution of cholorophyll-a on an intertidal flat in the Dutch Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 4: 9-21.

COLIJN, F., NIENHUIS, D., DE JONGE, V.N. und KOEMAN, R.P.T. 1976. Distribution and seasonal periodicity of sediment inhabiting diatoms in the Waddensea and the Ems-Dollard Estuary. Acta. bot. neerl. 25: 122-133.

DOBESCH, H. und NEUWIRTH, F. 1979. Climatic conditions. In: H. LÖFFLER (Ed.) Neusiedlersee: The Limnology of a shallow Lake in Central Europe. Dr.W.Junk, The Hague, Monogr. Biol. 37: 49-64.

DOKULIL, M. 1973. Planktonic primary production within the Phragmites community of lake Neusiedlersee (Austria). Pol. Arch. Hydrobiol. 20: 175-180.

DOKULIL, M. 1975. Horizontal- und Vertikalgradienten in einem Flachsee (Neusiedlersee, Österreich). Verh. Ökol. Wien 1975, 177-187.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



DOKULIL, M. 1979. Seasonal pattern of phytoplankton. In: H. LÖFFLER (Ed.) Neusiedlersee: The Limnology of a shallow lake in Central Europe. Dr. W. Junk, The Hague, Monogr. Biol. 37: 203-231.

DOKULIL, M. 1984. Assessment of components controlling phytoplankton photosynthesis and bacterioplankton production in a shallow, alkaline, turbid lake (Neusiedlersee, Austria). Int. Rev. ges. Hydrobiol. 69: 679-727.

EATON, J.W. und MOSS, B. 1966. The estimation of numbers and pigment content in epipelic algal populations. Limnol. Oceanogr. 11: 584-595.

FLINT, R.W., RICHARDS, R.C. und GOLDMAN, C.R. 1977. Adaptation of styrofoam substrate to benthic algal productivity studies in Lake Tahoe, California - Nevada. J. Phycol. 13: 407-409.

GARGAS, E. 1970. Measurement of primary production, dark fixation and vertical distribution of microbenthic algae from the Oresund. Ophelia 8: 231-235.

GARGAS, E. 1971. "Sun-shade" adaption in microbenthic algae from the Oresund. Ophelia 9: 107-112.

GONS, H.J. 1982. Structural and functional characteristics of epiphyton and epipelon in relation to their distribution in Lake Vechten. Hydrobiologia 95: 79-114.

GRONTVED, J. 1965. Productivity of microbenthic vegetation in the Dannish Wadden Sea. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. Sonderbd. 2: 275-276.

GRUENDLING, G.K. 1971. Ecology of the epipelic algal communities in Marion Lake, British Columbia. J. Phycol. 7: 239-249.

HARGRAVE, B.T. 1969. Epibenthic algal production and community respiration in the sediments of Marion Lake. J. Fish. Res. Board Ca. 26: 2003-2026.

HICKMAN, M. 1969. Methods for determining the primary productivity of epipelic and epipsammic algal associations. Limnol. Oceanog. 14: 936-941.

HICKMAN, M. 1971. Standing crops and primary productivity of the epipelon of two small ponds in North Somerset, U.K. Oecologia 6: 238-253.

HICKMAN, M. 1974. The epipelic diatom flora of a small lake on Baffin Island, Northwest Territories, Canada. Arch. Protistenk. 116: 270-279.

HICKMAN, M. 1975. Studies on the epipelic diatom flora of some lakes in the southern Yukon Territory. Arch. Hydrobiol. 76: 420-448.

HICKMAN, M. 1976. Seasonal cycles of epipelic diatoms at a shallow station in a large Lake. Arch. Protistenk. 118: 365-375.

HICKMAN, M. 1978a. Ecological studies on the epipelic algal community in five prairie-parkland lakes in central Alberta. Can. J. Bot. 56: 991-1009.

HICKMAN, M. 1978b. Studies in the epipelic algal community - seasonal changes and standing crops at shallow littoral stations in four lakes. Arch. Protistenk. 120: 1-15.

HICKMAN, M. und ROUND F.E. 1970, Primary production and standing crops of epipsammic and epipelic algae. Br. Phycol. J. 5: 247-255.

HO, S.-C. 1979. Struktur, Artendiversität und Primärproduktion der epiphytischen Algengemeinschaften im Schöhsee (Holstein), Westdeutschland. Diss. Univ. Kiel (Abstract).

HUNDING, C. 1971. Production of benthic microalgae in the littoral zone of a eutrophic lake. Oikos 22: 389-397.

HUNDING, C. 1973. Diel variation in oxygen production and uptake in a microbenthic littoral community of a nutrient poor-lake. Oikos 24: 352-360.

HUNDING, C. und HARGRAVE, B.T. 1973. A comparison of benthic microalgal production measured by $^{14}C$ and oxygen methods. J. Fish Res. Board Can. 30: 309-312.

HUSTEDT, F. 1959a: Die Diatomeenflora des Neusiedler Sees im österreichischen Burgenland. Öst. Bot. Z. 106: 390-430.

HUSTEDT, F. 1959b. Bemerkungen über die Diatomeenflora des Neusiedlersees und des Salzlachengebietes. In: Landschaft Neusiedlersee. Wiss. Arb. Bgld. 23: 129-133.

JONASSON, P.M. 1979. The Lake Myvatn ecosystem, Iceland. Oikos 32: 289-305.

KAIRESALO, T. 1977. On the production ecology of epipelic and littoral plankton communities in lake Pääjärvi, southern Finland. Ann. Bot. Fennici 13: 114-118.

KAIRESALO, T. 1980. Comparison of in situ photosynthetic activity of epiphytic, epipelic and planktonic algal communities in an oligotrophic lake, southern Finland. J. Phycol. 16: 57-62.

KHONDKER, M. 1984. Beiträge zur Kenntnis der epipelischen Algenflora des Neusiedlersees mit besonderer Berücksichtigung ihrer Populationsdynamik, Biomasse und Produktion. Diss. Univ. Wien, 105 S.

KOWALCZESKI, A. und PIECZYNSKA, E. 1976. Algae. In: E. PIECZYNSKA (Ed.) Selected problems of lake littoral ecology. 55-68 Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

KUSEL-FETZMANN, E. 1979. The algal vegetation of Neusiedler See. In: H. LÖFFLER (Ed.) Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in central Europe. Monogr. Biol. 37: 171-202.

LAZAREK, S. 1980. Cyanophytan mat communities in acidified Lakes. Naturwissenschaft 67: 67.

LÖFFLER, H. 1974. Der Neusiedlersee. Naturgeschichte eines Steppensees. Fritz Molden Verlag, Wien, 175 S.

LÖFFLER, H. 1979. Neusiedlersee: Limnology of a shallow lake in central Europe. Dr. W. Junk, The Hague, Monogr. Biol. 37: 543 S.

LOUB, W. 1955. Algeniozönosen des Neusiedler Sees. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss., Math.-nat.Kl. I, 164-81-107.

MAIER, R. 1979. Production of Utricularia vulgaris L. In: H. Löffler (Ed.) Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in central Europe. Dr. W. Junk, The Hague, Monogr. Biol. 37: 273-279.

MATHEKE, G.E.M. und HORNER, R. 1974. Primary productivity of the benthic microalge in the Chukchi Sea near Barrow, Alaska. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1779-1786.

MOORE, J.W. 1974a. The benthic algae of southern Baffin Island. I. Epipelic communities in rivers. J. Phycol. 10: 50-57.

MOORE, J.W. 1974b. Benthic algae of southern Baffin Island. II. The epipelic algal communities of temporary ponds. J. Ecol. 62: 809-819.

MOORE, J.W. 1979. Distribution and abundance of attached, littoral algae in 21 lakes and streams in the Northwest Territories. Can. J. Bot. 57: 568-577.

MOORE, J.W. 1980. Epipelic and epiphytic algal communities in Great-Slave-Lake. Can. J. Bot. 58: 1165-1173.

MOORE, J.W. 1981a. Epipelic algal communities in a eutrophic northern lake contaminated with mine wastes. Water Rs. 15: 97-105.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



MOORE, J.W. 1981b. Benthic algae in littoral and profundal areas of a deep meromictic lake. Can. J. Bot. 59: 1026-1033.

MOSS, B. 1968. The chlorophyll content of some benthic algal communities. Arch. Hydrobiol. 65: 51-62.

MOSS, B. 1969. Algae of two Somersetshire pools: standing crops of phytoplankton and epipelic algae as measured by cell numbers and chlorophyll-a. J. Phycol. 5: 158-168.

MOSS, B. 1979. Algae in Lake Chilwa and the waters of its catchment area. In: M. KALK, A.J. McLACHLAN and C. HOWARD-WILLIAMS (Ed.) Lake Chilwa, Dr. W. Junk, The Hague, Monogr. Biol. 35: 95-103.

MOSS, B. und ABDEL KARIM, A.G. 1969. Phytoplankton associations in two pools and their relationships with associated benthic flora. Hydrobiologia 33: 567-600.

NEUHUBER, F. und HAMMER, L. 1979. Oxygen conditions. In: H. LÖFFLER (Ed.) Neusiedlersee: The Limnology of a Shallow Lake in Central Europe. Dr. W. Junk, The Hague, Monogr. Biol. 37: 121-130.

PFEIFER, H. 1974. Das Phytobenthos des vorderen Finstertaler Sees. Diss. Univ. Innsbruck 119 S.

ROMAGOUX, J.-C. 1979. Characterization of the microphytobenthos in a volcanic meromictic lake (Lac Pavin, France). I. Chlorophyll, biomass and detemination of the annual cycle. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 64: 303-343.

ROMAGOUX, J.-C. 1980. Characterization of the microphytobenthos in a volcanic meromictic lake. II. Productivity and relationships. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 65: 849-869.

ROUND, F.E. 1955. Some observations on the benthic algal flora of four small ponds. Arch. Hydrobiol. 50: 111-135.

ROUND, F.E. 1957a. Studies in the bottom living algae in some lakes of the English Lake District. I. Some physico-chemical features of the sediments related to algal productivities. J. Ecol. 45: 133-148.

ROUND, F.E. 1957b. Studies in the bottom living algae in some lakes of the English Lake District. II. The distribution of Bacillariophyceae on the sediments. J. Ecol. 45: 343-360.

ROUND, F.E. 1957c. The distribution of Bacillariophyceae on some littoral sediments of the English Lake district. Oikos 8: 17-37.

ROUND, F.E. 1957d. Studies in the bottom living algae in some lakes of the English Lake District. III. The distribution on the sediments of algal groups other than the Bacillarionphyceae. J. Ecol. 45: 649-664.

ROUND, F.E. 1960. The diatom flora of a salt marsh on the River Dee. New. Phytol. 59: 332-348.

SCHIEMER, F. 1979. The benthic community of the open lake. In: H. LÖFFLER (Ed.) Neusiedlersee: Limnology of a shallow lake in Central Europe. Dr. W. Junk, The Hague, Monogr. Biol. 37: 337-384.

SOMMER, U. 1977. Produktionsanalysen am Periphyton im Schilfgürtel des Neusiedlersees. Diss. Univ. Wien 122 S.

SORSA, K. 1979. Primary prodiction of epipelic algae in lake Suomunjärvi, Finnish North Karelia. Ann. Bot. Fennici 16: 351-366.

STANLEY, W.D. 1976a. Productivity of epipelic algae in Tundra Ponds and a lake near Barrow, Alaska. Ecology 57: 1015-1024.

STANLEY, W.D. 1976b. A carbon flow model of epipelic algal productivity in Alaskan Tundra Ponds. Ecology 57: 1034-1042.

STANLEY, W.D. 1980. Epipelic algae. In: J.E. HOBBIE (Ed.) Limnology of Tundra Ponds, Barrow, Alaska U.S. IBP Synthesis series 13. Dowdon, Hutchinson und Ross, Inc. 193-223.

STANLEY, W.D. und DALEY, R.J. 1976. Environmental control of primary productivity in Alaskan Tundra Ponds. Ecology 57: 1025-1033.

WETZEL, G.W. 1964. A comparative study of the primary productivity of higher aquatic plants, periphyton, and phytoplankton in a large, shallow lake. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 49: 1-61.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: BFB-Bericht (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland, Illmitz 1

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: 58

Autor(en)/Author(s): Khondker M., Dokulil Martin T.

Artikel/Article: Beiträge zur Kenntnis der epipelischen Algenflora des Neusiedlersees mit besonderer Berücksichtigung ihrer Populationsdynamik, Biomasse und Produktion 5-20