Mitt. POLLICHIA	68	143—155	4 Abb.	4 Tab.	Bad Dürkheim/Pfalz 1980
					ISSN 0341—9665

Martin POST

Beitrag zur Primärproduktion des Weinfelder und des Schalkenmehrener Maares*

Kurzfassung

POST, M. (1980): Beitrag zur Primärproduktion des Weinfelder und des Schalkenmehrener Maares. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 143—155, Bad Dürkheim/Pfalz.

Das oligotrophe Weinfelder und das eutrophe Schalkenmehrener Maar, untersucht vom März bis Juni 1977, unterschieden sich in der Sichttiefe, der Kompensationstiefe, der Temperatur- und Sauerstoffschichtung, im Nährstoffgehalt und in der Quantität des Phytoplanktons. Es wurden Zusammenhänge zwischen Lichteinstrahlung, Temperatur- und Sauerstoffschichtung sowie Phytoplanktonmaxima aufgezeigt. Für das Schalkenmehrener Maar wurde eine Bruttoprimärproduktion von 20—64 mg C/m³h ermittelt und die prozentuale Ausnutzung der Sonnenenergie angegeben.

Abstract

POST, M. (1980): Beitrag zur Primärproduktion des Weinfelder und des Schalkenmehrener Maares [Contribution to the primary production of the Weinfeld Maar and the Schalkenmehren Maar]. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 143—155, Bad Dürkheim/Pfalz.

Researches done from March to June 1977 about the oligotrophic Weinfeld Maar and the eutrophic Schalkenmehren Maar showed the differneces in visual ranges, contents of nutritive substances and the quantity of phytoplankton. Correlations between the action of light, the lamination of temperature and oxygen as well as the maxima of phytoplankton have been demonstrated. For the Schalkenmehren Maar as primary gross production of 20—64 mg C/m³ h has been worked out and the percentage of the exploited solar energy given.

Résumé

POST, M. (1980): Beitrag zur Primärproduktion des Weinfelder und des Schalkenmehrener Maares [Contribution à la production primaire des maars de Weinfeld et de Schalkenmehren]. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 143—155, Bad Dürkheim/Pfalz.

Les maars oligotrophique de Weinfeld et eutrophique de Schalkenmehren examinés de mars à juin 1977, se différencient par la profondeur de visibilité, la profondeur de compensation, la stratification de la température et de l'oxygène, le contenu nutritif et la quantité de phytoplancton. On a mis en evidence des rapports entre le rayonnement de la lumière, la stratification de la température et de l'oxygène et la présence maximale de phytoplancton. Pour le maar de Schalkenmehren on a recherché une production primaire brute de 20—64 mg C/m³h et donné le pourcentage d'utilisation de l'énergie solaire.

* Der 68. Band der „Mitt. POLLICHIA" ist überwiegend den Maaren der Eifel gewidmet.

Einleitung

Obwohl die Eifelmaare als ökologisch besonders interessante Binnengewässer gelten (THIENEMANN & VOIGT 1910, THIENEMANN 1914/15, SCHMIDT-RIES 1954/55 u. a.) sind bisher keine Ergebnisse von systematischen Untersuchungen zur quantitativen Erfassung der Biomasse des Phytoplanktons oder zur Bestimmung der pelagischen Primärproduktion bekannt. Auch Beobachtungen zum Auftreten und zur zeitlichen Abfolge der verschiedenen Phytoplanktonarten in diesen Seen wurden in Veröffentlichungen nur beiläufig erwähnt. Dies ist erstaunlich, da doch zur Untersuchung des Phytoplanktons in qualitativer und quantitativer Hinsicht sowie zur Erfassung seiner Produktionsleistung limnologisch gut abgesicherte und viel verwendete Methoden zur Verfügung stehen und mit Hilfe der gewonnenen Ergebnisse eindrucksvoll quantitative Veränderungen der Produktivität der Gewässer und damit ihres Trophiezustandes nachgewiesen werden können.

Die hier nun vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Abschätzung der Primärproduktion des Phytoplanktons in zwei ausgewählten Eifelmaaren liefern. Dabei wurden das oligotrophe Weinfelder Maar und das eutrophe Schalkenmehrener Maar vergleichend untersucht. Neben die Bestimmung der wichtigsten Phytoplanktonarten und die Erfassung ihrer Zellzahlen traten die Messung des Nährstoffgehalts und die Erfassung der Primärproduktionsraten. Die in situ-Messungen erstreckten sich jedoch aufgrund fehlender experimenteller Voraussetzungen nur auf das Schalkenmehrener Maar und umfaßten nur den Zeitraum März bis Juni 1977.

Material und Methoden

Im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar wurden von Ende März bis Ende Juni 1977 Probenentnahmen und Messungen jeweils in der Seemitte durchgeführt. Dabei konnte im Schalkenmehrener Maar eine verankerte Boje benutzt werden.

Bei jeder Schöpfprobe wurde die Temperatur von einem Thermometer in einem 2-Liter-Ruttner-Schöpfer abgelesen. Die Sauerstoffbestimmung erfolgte nach der Methode von WINKLER (zit. b. GRASSHOFF 1968). Ab 15.5.1977 stand zusätzlich ein elektrochemisches Sauerstoff/Temperaturmeßgerät OXIPORT OX 600 der Fa. LOVIBOND zur Verfügung, mit dem ergänzende Messungen zu den Schöpfproben durchgeführt wurden.

Sauerstoffsättigungskonzentrationen wurden nach der Tabelle in den Arbeitsanleitungen des INSTITUT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1976) ermittelt. Der Nitratgehalt wurde nach der Salicylat-Methode (Spektralphotometer der Fa. BAUSCH & LOMB, Spectronic 700) und der Phosphatgehalt nach der Molybdat-Methode (Photometer der Fa. ZEISS, PMQ II), entsprechend den erwähnten Arbeitsanleitungen, gemessen.

Die Sichttiefe wurde mit einer runden weißen Scheibe von 25 cm ø ohne Sichtrohr bestimmt. Mit einem Quantameter nach JERLOV & NYGARD, gebaut und geeicht von Herrn Dr. LÜNING, Helgoland, wurde die Abnahme des ins Wasser eingestrahlten Quantenstroms gemessen. Der Photostrom wurde dabei von einem Mikroampèremeter angezeigt (Gesamtfehler der Messung ± 10%). Wegen der begrenzten Kabellänge konnte im Weinfelder Maar nur bis zur 10%-Tiefe gemessen werden. Die aufgeführten 1% Werte wurden geschätzt (2 × 10%-Tiefe ≙ 1%-Tiefe).

Die Planktonzählungen wurden nach der Anleitung von UTERMÖHL (1958) und SCHWOERBEL (1966) durchgeführt. Zur Bestimmung der Phytoplanktonvolumina wurden die Phytoplanktonzahlen vom 30. 6. 1977 mit dem Volumen der Einzelzellen multipliziert. Anschließend wurde das Gesamtvolumen durch Addition ermittelt. Die Volumina der einzelnen Arten wurden aus NAUWERCK (1963) entnommen und bei Abweichungen selbst gemessen.

Die Bestimmung der Primärproduktion erfolgte nach der Sauerstoff-Methode, die empfindlichere ^{14}C-Methode stand nicht zur Verfügung. Da Stichproben im Weinfelder Maar keine meßbaren Produktionsraten ergaben, können hier nur Werte für das Schalkenmehrener Maar angegeben werden. Im Schalkenmehrener Maar wurden in 0,1, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 und 7 m Tiefe an einem Seil je eine Hellflasche (125 ml Enghals-Steilbrustflaschen) und an einem anderen Seil je Tiefe eine Dunkelflasche ausgehängt. Die Exposition erfolgte von 10—14 Uhr. Eine zusätzliche Flasche pro Tiefe (Anfangsflasche) wurde sofort vor Expositionsbeginn fixiert. Nach MÜLLER (1966) kann aus den gemessenen Sauerstoffkonzentrationen in den Parallelen die Nettoproduktion, die Respiration und die Bruttoproduktion berechnet werden:

Nettoproduktion: $= (O_2\text{-Konz.}_{HFl} - O_2\text{-Konz.}_{AFl})/t$
Respiration: $= (O_2\text{-Konz.}_{AFl} - O_2\text{-Konz.}_{DFl})/t$
Bruttoproduktion: = Nettoproduktion + Respiration,

wobei die HFl die Hellflasche, AFl die fixierte Anfangsflasche, DFl die Dunkelflasche und t die Expositionszeit bedeutet. Zur Umrechnung der gemessenen Sauerstoffkonzentrationen in Kohlenstoffmengen wurde nach WESTLAKE (1969) und OHLE (1962) ein photosynthetischer Quotient von 1,2 und einen respiratorischer Quotient von 0,85 zugrunde gelegt.

$$1\,\text{mg}\,O_{2\,\text{produziert}} \triangleq \frac{0{,}375}{1{,}2}\,\text{mg}\,C_{\text{assimiliert}}.$$

Berechnung der Ausnutzung der Sonnenenergie: Die Quantametermessungen geben die Quantenstromdichte des sichtbaren Spektrums an. Normalerweise wird für die Berechnung der Ausnutzung der Sonnenenergie das gesamte Sonnenspektrum zugrunde gelegt. Daher wurde mit dem Doppelten (Erfahrungswert) der gemessenen Energie gerechnet. Unter Idealbedingungen spaltet 1 Mol Quanten 1 Mol Wasser im Chloroplasten jeder Zelle, d. h. pro fixiertes Mol C ist 1 Mol Quanten verwertet worden. Bei der Untersuchung zur Ausnutzung der Sonnenenergie wird nun verglichen, wieviel Mole Quanten im jeweiligen Untersuchungszeitraum eingestrahlt worden sind und wieviele davon genutzt wurden. Dazu wurde die volumenbezogene Bruttoproduktionsangabe über die Wassertiefe summiert, so daß sie in mg C/m²h angegeben werden konnte. Die eingestrahlte Lichtenergie wurde für die Expositionszeit durch Vergleich mit einem einmal aufgenommenen Tagesgang der Lichteinstrahlung aus den Meßwerten und dem jeweiligen Meßzeitpunkt berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Lichtverhältnisse

Im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar wurden die Sichttiefe gemessen und mit einem Quantameter jene Tiefe ermittelt, in der 1% der oberflächlichen Lichtmenge vorlag (Tab. 1). Die 1%-Tiefe gilt als guter Schätzwert für die Kompensationstiefe, also eine Tiefe, in der die Nettoproduktion gleich Null ist.

Tab. 1 zeigt deutliche Unterschiede zwischen den beiden Maaren. Sowohl die Sichttiefe als auch die Kompensationstiefe sind im Weinfelder Maar zwei- bis dreimal größer als im Schalkenmehrener Maar. Die geringe Sichttiefe im Schalkenmehrener Maar am 28.5.1977 war durch die beim Angelsportfest in großen Mengen eingebrachten Sägespäne verursacht.

Auf die Beziehung zwischen 1%-Tiefe, Temperaturschichtung und Sauerstoffgehalt wird später eingegangen.

Tab. 1: Oberflächliche Lichtintensität, Sichttiefe und 1%-Tiefe im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar.

Datum	Uhrzeit	oberflächliche Lichtintensität (nE/cm²s)	Sichttiefe (m)	1%-Tiefe (m)
Weinfelder Maar				
4.4.1977	13.00	20	7	12
18.4.1977	14.00	74	8	18,4
30.4.1977	12.45	124	7,9	17,4
6.5.1977	12.45	38	8	19
18.5.1977	14.45	115	7	17
30.5.1977	15.00	128	7	15,2
15.6.1977	12.50	7	7	15,2
27.6.1977	11.40	124	7,8	18
Schalkenmehrener Maar				
31.3.1977	11.30	123	2,3	5,6
2.4.1977	11.55	33	2,3	5
5.4.1977	12.10	20	2,3	5,5
16.4.1977	12.30	116	2,8	5,5
20.4.1977	12.00	126	2,7	5,2
28.4.1977			2,9	6,5
1.5.1977	14.15	16	2,9	6,5
3.5.1977	13.00	85	2,6	6,5
16.5.1977	15.45	79	2,7	5,9
28.5.1977	11.15	116	1,4	5,6
31.5.1977	12.00	48		5,3
11.6.1977	12.00	115	2,1	6,2
13.6.1977	12.00	117	2,1	6,4
14.6.1977	12.00	60	3	7
22.6.1977	13.40	28	2,9	6,7
23.6.1977	11.30	87	2,9	8
24.6.1977	15.40	72	2,9	6,2
28.6.1977	12.00	106	3,6	8

Temperatur und Sauerstoff

Der Aufbau der Temperaturschichtung im Untersuchungszeitraum wurde anhand der Temperaturmessungen in Vertikalprofilen im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar verfolgt. Beide Maare erhielten stabile Schichtungen (Abb. 1). Das Metalimnion erstreckte sich im Weinfelder Maar von 6—12 m (27.6.1977) und im Schalkenmehrener Maar von 4—10 m (29.6.1977).

Beide Gewässer hatten gegenüber dem Zustand der 4°C-Homothermie am 27. 6. 1977 etwa gleichviel Wärme aufgenommen, nämlich das Weinfelder Maar $81{,}5 \cdot 10^{12}$J und das Schalkenmehrener Maar $75{,}2 \cdot 10^{12}$J. Der Wärmegewinn ist bei ersterem allerdings auf eine größere Wassersäule verteilt (vgl. Abb. 1).

Bis in die Zeit der Sommerstagnation behielt die Sauerstoffkurve im Weinfelder Maar den für oligotrophe Seen typischen, orthograden Verlauf. Im Schalkenmehrener Maar bildete sich eine negativ heterograde O_2-Kurve aus mit einem metalimnischen O_2-Minimum und Sauerstoffmangel über dem Grund (Abb. 1).

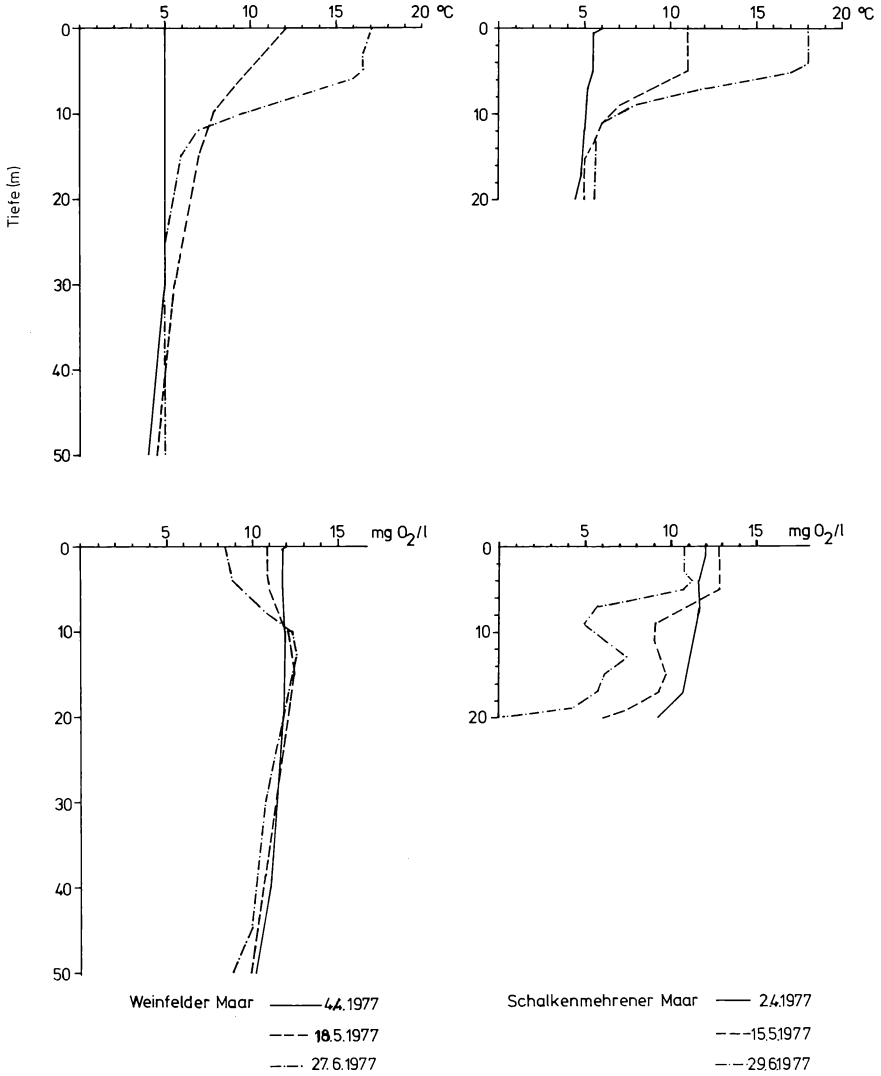

Abb. 1: Temperatur und Sauerstoff im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar.

Ein Vergleich der Licht-, Temperatur- und Sauerstoffmessung zeigt, daß sich im Weinfelder Maar die Kompensationstiefe unterhalb des Metalimnions befand, was in der Sprungschicht Produktion und Anreicherung von Sauerstoff ermöglichte. Im Schalkenmehrener Maar lag die 1%-Tiefe im Metalimnion, so daß die sicherlich anwesenden Destruenten das vorliegende metalimnische O_2-Minimum erzeugt haben.

Nitrat und Phosphat

Nach der Frühjahrsvollzirkulation konnte im Schalkenmehrener Maar eine mehr oder minder gleichmäßige Verteilung des Nitratgehalts in der ganzen Wassersäule festgestellt werden (Abb. 2). Sie ist auch im Weinfelder Maar zu vermuten. Im Frühsommer war bei beiden Maaren eine Verarmung des Epilimnions an Nitrat zu beobachten. Gleichzeitig reicherte sich besonders im Schalkenmehrener Maar Nitrat im Hypolimnion an, nahm zum Grunde hin wegen des dortigen geringen O_2-Gehalts aber wieder ab.

Im Weinfelder Maar wies das gemessene Vertikalprofil von Ortho-Phosphat Maxima im oberen und im untersten Bereich des Hypolimnions auf (Abb. 2). Im Schalkenmehrener Maar lagen die Maxima des Ortho- und des Gesamtphosphats im Metalimnion und ebenfalls über der Sohle des Gewässers. Die Maxima sind Bereiche verstärkter Destruktion und damit Phosphatfreisetzung (vgl. Diskussion zur Licht-, Temperatur- und O_2-Messung). In den bodennahen Wasserschichten kann im Schalkenmehrener Maar unter den geringen O_2-Konzentrationen Freisetzung von Phosphat aus dem Sediment hinzukommen.

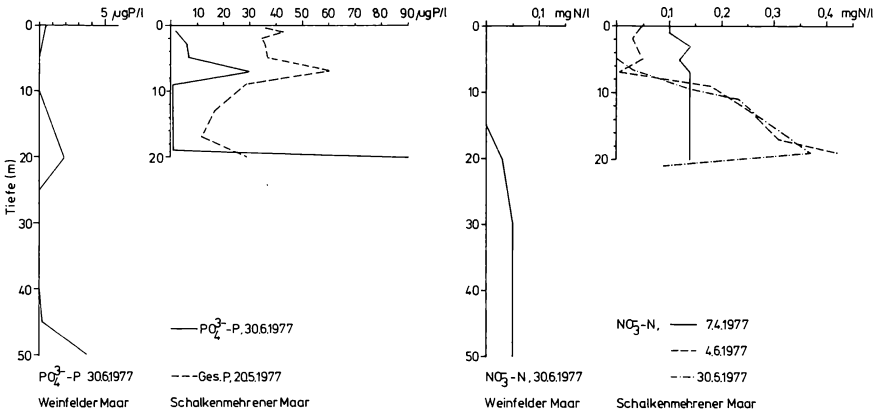

Abb. 2: Phosphat und Nitrat im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar.

Phytoplankton

In Tab. 2 sind alle im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar gefundenen Phytoplanktonarten aufgeführt. Es handelt sich um Netzplankton (56 µm Maschenweite) und um Arten, die bei der Planktonzählung entdeckt wurden.

Tab. 2: Phytoplanktonarten im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar im Frühling und Frühsommer 1977. In die Liste sind auch jene Arten mit aufgenommen, die HICKEL in Proben bestimmt hat, die STABEL am 25. 5. 1977 gesammelt hat. Die Arten sind mit „H" gekennzeichnet. „HP" bedeutet, daß die entsprechende Art von HICKEL und POST gefunden wurde.

Weinfelder Maar	Schalkenmehrener Maar
Cyanophyceae	Cyanophyceae
H *Coelosphaerium* sp.	H *Aphanocapsa* sp.
C. Kützingianum NÄGELI	*Coelosphaerium Kützingianum* NÄGELI
	Oscillatoria sp.
Chlorophyta	Chlorophyta
Pandorina morum (MÜLLER) BORY	*Eudorina elegans* EHRENBERG
HP *Chlamydocapsa planctonica* (W. et G. S. WEST) FOTT	*Pandorina morum* (MÜLLER) BORY
Planktosphaeria gelatinosa G. M. SMITH	*Schizochlamys delicatula* WEST
Pediastrum Boryanum (TURPIN) MENEGHINI	*Planktosphaeria gelatinosa* G. M. SMITH
Sphaerocystis Schroeteri CHODAT	H *Pediastrum duplex* MEYEN
Dictyosphaerium pulchellum WOOD	HP *P. Boryanum* (TURPIN) MENEGHINI
Oocystis sp.	*Golenkinia radiata* CHODAT
Tetraedron minimum (A. BRAUN) HANSGIRG *v. apiculato-scrobiculatum* (REINSCH, LAGERHEIM) SKUJA	HP *Sphaerocystis Schroeteri* CHODAT
Eremosphaera viridis DE BARY	HP *Botryococcus Braunii* KÜTZING
H *Ankistrodesmus* sp.	*Dictyosphaerium pulchellum* WOOD
A. falcatus (CHODAT) RALFS	*Lagerheimia* ssp.
A. falcatus v. radiatus (CHODAT) LEMMERMANN	*Chodatella ciliata* (LAGERHEIM) LEMMERMANN
HP *Elakatothrix gelatinosa* WILLE	*C. longiseta* LEMMERMANN
Scenedesmus sp.	*C. quadriseta* LEMMERMANN
Kruzigenia rectangularis (A. BRAUN) GAY	HP *Oocystis* sp.
H *Staurodesmus mamillatus*	*O. lacustris* CHODAT
HP *Cosmarium* sp.	H *Tetraedron minimum*
H *Mesotaenium* sp.	*T. minimum v. apiculato-scrobiculatum* SKUJA
HP *Staurastrum* sp.	*Ankistrodesmus falcatus* (CHODAT) RALFS
Closterium sp.	*A. falcatus v. radiatus* (CHODAT) LEMMERMANN
	A. falcatus v. acicularis (A. BRAUN) G. S. WEST
	HP *Elakatothrix gelatinosa* WILLE
	Scenedesmus sp.
	H *S. arcuatus* LEMMERMANN
	S. quadricauda (TURPIN) BRÉBISSON
	Kruzigenia rectangularis (A. BRAUN) GAY
	Coelastrum microporum NÄGELI
	Closterium sp.
	Cosmarium sp.
	Staurastrum sp.
	H *S. cingulum*
	Euglenophyta
	HP *Trachelomonas* sp.
	Cryptophyta
	H *Rhodomonas lacustris* PASCHER et RUTTNER

Tab. 2 Fortsetzung

Weinfelder Maar	Schalkenmehrener Maar
Dinophyta	Dinophyta
Ceratium hirundinella (O. F. MÜLLER) BERGH	HP *Ceratium hirundinella* (O. F. MÜLLER) BERGH
HP *Peridinium Willei* HUITFELD-KAAS	H *Peridinium* ssp.
Gymnodinium mirabile PENARD	*P. Willei* HUITFELD-KAAS
	Gymnodinium fuscum (EHRENBERG) STEIN
Chrysophyceae	Chrysophyceae
Diceras Chodati REVERDIN	*Diceras Chodati* REVERDIN
Dinobryon bavaricum IMHOF	H *Dinobryon divergens* IMHOF
Stichogloea Doederleinii (SCHMIDLE) WILLE	
Synura uvella EHRENBERG	
Bacillariophyceae, Centrales	Bacillariophyceae, Centrales
Cyclotella comta (EHRENBERG) KÜTZING	*Cyclotella comensis* GRUNOW
C. glomerata BACHMANN	HP *C. comta* (EHRENBERG) KÜTZING
C. stelligera CLEVE & GRUNOW	*C. comta v. glabriuscula* GRUNOW
Stephanodiscus astraea (EHRENBERG) GRUNOW	*C. ocellata* PANTOCSEK
	Stephanodiscus astraea (EHRENBERG) GRUNOW
Bacillariophyceae, Pennales	Bacillariopyceae, Pennales
Tabellaria flocculosa (ROTH) KÜTZING	*Asterionella formosa* HASSALL
Fragilaria construens (EHRENBERG) GRUNOW	*A. gracillima* (HANTZSCH) HEIBERG
F. lapponica GRUNOW	*Tabellaria flocculosa* (ROTH) KÜTZING
H *Synedra* sp.	*Centronella Reichelti* VOIGT
S. acus v. radians (KÜTZING) HUSTEDT	*Fragilaria construens* (EHRENBERG) GRUNOW
Cocconeis placentula EHRENBERG	*F. construens v. binodis* (EHRENBERG) GRUNOW
Cymbella prostata (BERKELEY) CLEVE	*F. construens v. subsalina* HUSTEDT
Stauroneis anceps EHRENBERG	*F. construens v. venter* (EHRENBERG) GRUNOW
S. phoenicenteron EHRENBERG	*F. brevistriata* GRUNOW
Gyrosigma attenuatum (KÜTZING) RABENHORST	*F. intermedia* GRUNOW
Navicula pupula KÜTZING	*F. pinnata* EHRENBERG
Pinnularia major KÜTZING	H *Synedra* sp.
Surirella bifrons EHRENBERG	*S. acus v. angustissima* GRUNOW
	S. capitata EHRENBERG
	Diatoma vulgare BORY
	Cocconeis pediculus EHRENBERG
	Gyrosigma attenuatum (KÜTZING) RABENHORST
	Achnanthes lanceolata BORY *v. elliptica* CLEVE
	Cymbella parva (W. SMITH) CLEVE
	C. ventricosa KÜTZING
	Gomphonema constrictum EHRENBERG *v. capitata* CLEVE

Der jahreszeitliche Verlauf der Artenzusammensetzung ist im folgenden beschrieben. Im Weinfelder Maar überwogen am 30.4.1977 die zentralen Diatomeen *(Cyclotella stelligera* und andere) mit ca. 300 000 Zellen/l. Außderdem wies die Blaualge *Coelosphaerium Kuetzingianum* höhere Zelldichten auf (bis 25 000 Kolonien/l). Weitere auffällige Arten waren *Ankistrodesmus falcatus, Elakatothrix gelatinosa, Staurastrum* sp., *Perdinium Willei* und einige Pennatae, darunter *Tabellaria flocculosa.* In der Probe vom 18.5.1977 tauchte *Chlamydocapsa planctonica* neu auf. Die Verhältnisse am 30.6.1977 sind der Tab. 3 zu entnehmen. Besonders fällt auf, daß die chrysosphaerale Alge *Stichogloea Doederleinii* in der Sprungschicht eine Zellzahl von 20000000/l erreichte und damit eindeutig dominierte.

Im Schalkenmehrener Maar dominierte am 30.3. *Synedra acus v. angustissima* mit 250 000 Zellen/l. Sie war entsprechend der vollständigen Durchmischung des Sees fast gleichmäßig über die Wassersäule verteilt. Am 3.5.1977 dominierten die zentralen Diatomeen mit bis zu 1 500 000 Zellen/l (ca. 60% *Cyclotella comta,* 30% *Cyclotella ocellata).* Daneben hatten die Grünalgen *Oocystis* sp., *Scenedesmus* ssp. und *Tetraedron minimum v. apiculato-scrobiculatum* größere Bedeutung. Am 16.6.1977 hatte die Zahl der zentralen Diatomeen bei unveränderter Artenzusammensetzung bis auf 1 000000 Zellen/l abgenommen. Auch die Pennaten nahmen ab, während die Grünalgen an Bedeutung zunahmen und Arten wie *Sphaerocystis Schroeteri* (180000 Zellen/l), *Pediastrum Boryanum* (8 000 Zellen/l), *Chodatella* sp. (7 000 Zellen/l) zu den bekannten Arten *Oocystis* sp. (340 000 Zellen/l), *Tetraedron* (280 000 Zellen/l), *Scenedesmus* (500 000 Zellen/l) und *Staurastrum* (2 500 Zellen/l) hinzukamen. Die Artenverteilung am 30.6.1977 war ähnlich, die Zellzahlen lagen aber durchweg höher als am 16.6.1977 (Tab. 3).

Die auffälligen und häufigen Arten die gezählt wurden, sind der Tab. 3 zu entnehmen. Für alle Phytoplanktonarten gilt, daß entsprechend der Ausdehnung des jeweiligen Epilimnions eine einigermaßen gleichmäßige Anwesenheit in allen Proben des Epilimnions festgestellt wurde. Im Metalimnion wurden durch die Lichtverhältnisse für beide Gewässer unterschiedliche Auswirkungen registriert. Im Weinfelder Maar lag die Kompensationstiefe unter der Sprungschicht. Infolgedessen waren im Metalimnion starke Anhäufungen an Phytoplanktonorganismen anzutreffen. Im Schalkenmehrener Maar lag das Metalimnion im Bereich der Kompensationstiefe. Daher nahm dort die Zellzahl der Phytoplanktonorganismen rapide ab.

Tab. 3 zeigt weiterhin, daß im Weinfelder Maar die Zellzahlen gleicher Arten um mindestens den Faktor 10 unter denen des Schalkenmehrener Maares lagen. Dieselbe Tendenz wird auch bei einem Vergleich der Phytoplanktonvolumina deutlich (Tab. 4). Das oligotrophe Weinfelder Maar ist aus quantitativer Sicht arm an Phytoplankton, während das eutrophe Schalkenmehrener Maar erheblich höhere Phytoplanktonmengen aufweist.

Primärproduktion

Die Primärproduktion wurde aus der Sauerstoffproduktion bzw. dem -verbrauch mit der Hell-Dunkel-Flaschen-Methode ermittelt. Stichproben im Weinfelder Maar ergaben mit diesem, im Vergleich zur ^{14}C-Methode unempfindlicheren Verfahren keine meßbaren Produktionswerte. Die Ergebnisse der Bruttoproduktion im Schalkenmehrener Maar sind in Abb. 3 wiedergegeben. Die Werte für die Nettoproduktion und die Respiration sind Post (1977) zu entnehmen.

Tab. 3: Phytoplanktonzählung (× 10^3 Zellen/l) am 30. 6. 1977 im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar

Arten Tiefe (m)	*Coelosphaerium Kuetzingianum*	*Chlamydocapsa planctonica*	*Sphaerocystis Schroeteri*	*Pediastrum Boryanum*	*Botrycoccus Braunii* (× 10^3 Kol./l)	*Chodatella* sp.	*Oocystis* sp.	*Tetraedron minimum v. apiculato-scrobiculatum*	*Eremosphaera viridis*	*Ankistrodesmus falcatus*	*Elakatothrix gelatinosa*	*Scenedesmus* ssp.	*Krucigenia* sp.	*Staurastrum* sp.	*Trachelomonas* sp.	*Peridinium Willei*	*Gymnodinium fuscum*	*Diceras Chodati*	*Stichogloea Doederleinii*	Centrales	Pennales
Weinfelder Maar																					
5	22,2	38,6					8		1	20	207	12,4		0,01		0,2			0	28,2	20
10	560	42					54,8		2	506	126	92		6,8		1			20000	654	53
15	216	24					28		0,4	201	45,8	80		4,8					1000	202,4	71
25	32,4	4					16,4		1,6	32	9,6			3					102	306	28
40	10,6	4,4					5,3		0	7,8	2,7			0,4					20	236,6	80,8
Schalkenmehrener Maar																					
1			232	6,9	6,7	111	680	216				56	32	11	13	5,2		10		1231	60
3			235	4,5	115	75	650	800				460	22	9		8,5				1200	60
5			173	10,3	1,3	193	686	337				498	0	12,7	11	4,2		1		782	55
7				9,5	4,1	28	527	308				516	0	4,4	9,9	9		0		2785	
9			8	6,2	4,2	8,4	390	101				375	0	1,2	5,8	9	2	0		925	259
13			18,1	3,5	4,4	1,6	88,2	40				75,4	0	0,7	3,6	3	0,1	0		465	254
21																				230	

Tab. 4: Phytoplanktonvolumina im Weinfelder und Schalkenmehrener Maar im mm³/l, gemessen am 30. 6. 1977.

Tiefe (m)	Phytoplanktonvolumina Weinfelder Maar	Schalkenmehrener Maar
1	—	14,1
3	—	15,1
5	0,13	9,3
7	—	29,0
9	—	10,9
10	3,5	—
13	—	5,6
15	0,7	—
25	0,18	—
40	0,1	—

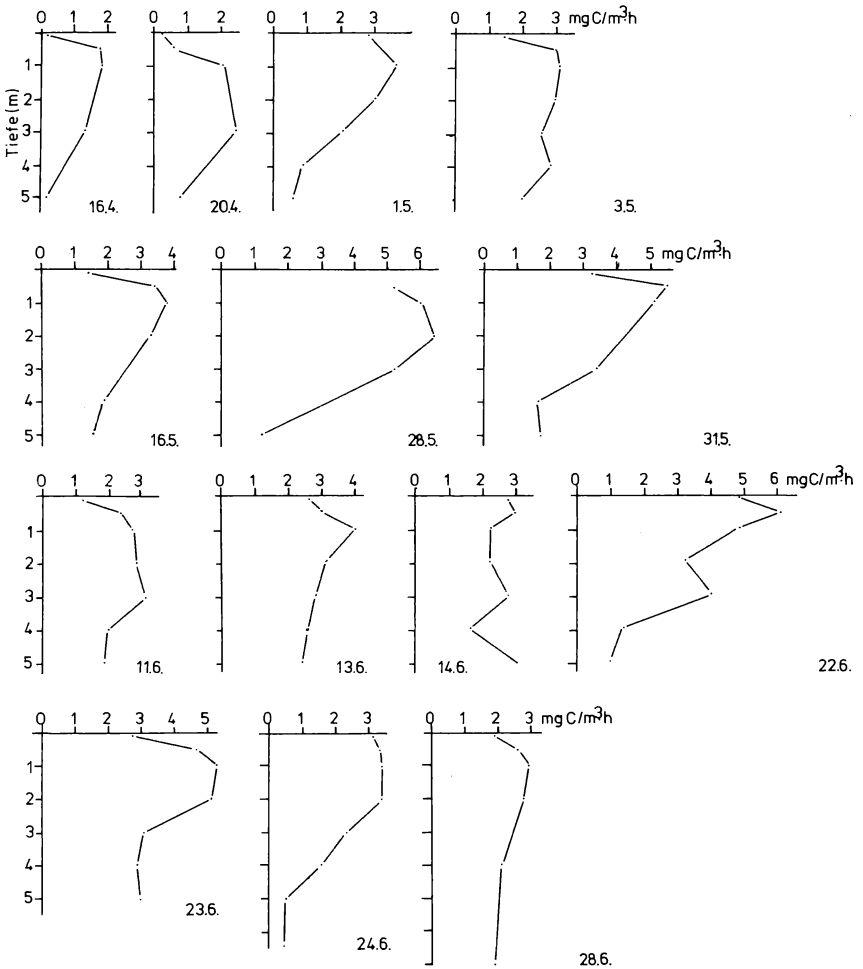

Abb. 3: Bruttoprimärproduktion im mg C/m³h im Schalkenmehrener Maar im Zeitraum April bis Juni 1977.

Die meisten Kurven der Bruttoproduktion im Schalkenmehrener Maar zeigten Lichthemmung in der obersten Schicht (Abb. 3). In 1 m Tiefe wurden häufig die höchsten Produktionsraten gemessen. Zur Tiefe hin nahm die Produktion ab.

Liegt der Ort der maximalen Produktion direkt an der Oberfläche, so wirkt das Licht als der die Primärproduktion begrenzende Faktor. Befinden sich die höchsten Produktionsraten nicht an der Oberfläche, so wirken die Nährstoffe wachstumsbegrenzend. In diesem Fall eignen sich die Produktionswerte gut zum Vergleich verschiedener Seen (FINDENEGG 1964). Beim Schalkenmehrener Maar lagen die maximalen Produktionsraten zwischen 20 (16.4.1977) und 64 mg C/m³h (28.5.1977). Damit ist das Schalkenmehrener Maar als eutrophes Gewässer einzustufen (SCHEGG 1971).

Die Nettoproduktion zeigte im Vertikalprofil ein Maximum meist in der 1-m-Schicht. Sie verläuft also ähnlich der Bruttoproduktion. Die Respirationswerte zeigten kein einheitliches Profil, lassen aber eine jahreszeitliche Beurteilung zu. Im April wurden bei niedrigen Temperaturen kleine Respirationswerte gemessen. Bis Ende Mai stiegen die Werte an und sanken bis Ende Juni etwas.

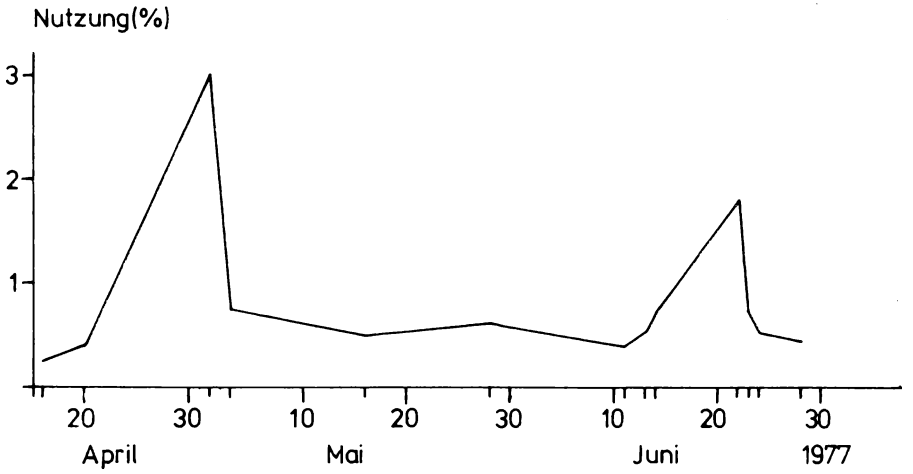

Abb. 4: Photosynthetisch genutzte Lichtquanten in % der eingestrahlten Quanten des gesamten Spektrums im Schalkenmehrener Maar im Zeitraum April bis Juni 1977.

Die prozentuale Ausnutzung der Sonnenenergie stellt einen Indikator für die Summe der Auswirkungen der biotischen und abiotischen Faktoren auf die Photosynthese als Maß für die Bruttoprimärproduktion dar (TILZER 1972). Für das Schalkenmehrener Maar ist das Ergebnis dieser Untersuchung in Abb. 4 wiedergegeben. Im April 1977 waren im Epilimnion noch genügend Nährstoffe vorhanden, aber die Temperaturen waren anscheinend zu gering für eine hohe Produktion. Das Nutzungsgefälle von Anfang Mai bis Mitte Juni 1977 läßt bei höheren Temperaturen die begrenzende Wirkung der Nährstoffe vermuten. Das Nutzungsmaximum am 22.6.1977 läuft damit zusammen, daß von Mitte bis Ende Juni die Anzahl des Phytoplanktons zunahm (Zählungen vom 16.6. und 30.6.1977).

Literaturverzeichnis

FINDENEGG, J. (1964): Bestimmung des Trophiegrades von Seen nach der Radiocarbonmethode. — Naturwissenschaften, **51**: 368, Berlin.

GRASSHOFF, K. (1968): Sauerstoffbestimmung nach Winkler. — In: SCHLIEPER, C. (Hrsg.) (1968): Methoden der meeresbiologischen Forschung: 19—21, Jena (Fischer).

INSTITUT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1976): Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung. — Jena (Fischer).

MÜLLER, W. (1966): Hell-Dunkelflaschen-Sauerstoffmethode. — Limnologica, **4**: 281—290, Berlin.

NAUWERCK, A. (1963): Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken. — Symbolae Bot. Upsalienses, **17**: 1—163, Uppsala.

OHLE, W. (1962): Der Stoffhaushalt der Seen als Grundlage einer allgemeinen Stoffwechseldynamik der Gewässer. — Kieler Meeresforsch., Sonderheft **18**: 107—120, Kiel.

POST, M. (1977): Planktonökologische Untersuchungen am Schalkenmehrener und Weinfelder Maar. — Staatsexamensarbeit an der Abteilung für Systematik und Geobotanik der RWTH Aachen.

SCHEGG, E. (1971): Produktion und Destruktion in der trophogenen Schicht. Untersuchungen ökologischer Parameter im polytrophen Rotsee und in der mesotrophen Horwer Bucht (Vierwaldstätter See). — Schweiz. Z. Hydrol., **33**: 425—532, Basel.

SCHMIDT-RIES, H. (1954/55): Beiträge zur Physiographie der Eifelmaare. — Gewäss. Abwäss., **9/10**: 7—112, Düsseldorf.

SCHWOERBEL, J. (1966): Methoden der Hydrobiologie. — Stuttgart (Franckh).

THIENEMANN, A. (1914/15): Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. **70**: 249—302 und **71**: 273—389, Bonn.

— VOIGT, W. (1910): Vorläufiger Bericht über die Untersuchungen der Eifelmaare im August und September 1910. — Sber. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westf., **1910** (E): 81—84, Bonn.

TILZER, M. (1972): Dynamik und Produktivität von Phytoplankton und pelagischen Bakterien in einem Hochgebirgssee (Vorderer Finstertaler See, Österreich). — Arch. Hydrobiol. Suppl., **40**: 201—273, Stuttgart.

UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. — Mitt. Int. Verein. Limnol., **9**: 1—38, Stuttgart.

WESTLAKE, D. F. (1965): Some problems in the measurement of radiation under water. — Photochemistry and Photobiology, **4**: 849—868, Oxford u. a.

(Bei der Schriftleitung eingegangen am 8. 12. 1980)

Anschrift des Verfassers:

Martin Post, Marienstraße 12, D-5760 Arnsberg 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: 68

Autor(en)/Author(s): Post Martin

Artikel/Article: Beitrag zur Primärproduktion des Weinfelder und des Schalkenmehrener Maares 143-155