

Der Kohlenstoffkreislauf im Bostalsee (Nordsaarland)

Ulrich Zaiß

In the man-made lake Bostalsee, structure and function of the carbon cycle were studied in the 3rd year after its completion. With a phytoplankton succession, typical for eutrophic lakes, the primary production was $661 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ on average in 1979. The concentration of the carbon fractions exhibited characteristic variations depending on primary production. The bacterial production amounted to $1.63 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ and was higher than the photo-synthetic production. The sediments rich in organic carbon functioned well in supplying phytoplankton with carbon dioxide, since they produced $352 \text{ mg CO}_2\text{-C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$.

Bacterial production, Bostalsee, carbon cycle, man-made lake, phytoplankton, primary production.

1. Einführung

Der Bostalsee, an den Ausläufern des Hunsrücks im nordöstlichen Saarland gelegen, ist künstlich geschaffen worden und dient als Freizeit- und Wassersportzentrum der Naherholung im Saarland. Im Jahre 1974 wurde der Staudamm fertiggestellt und mit der Überflutung des ehemals landwirtschaftlich genutzten Bostales begonnen, ohne daß vorher der spätere Seegrund oberflächlich ausgeräumt wurde. Dieser Probestau machte weitere Baumaßnahmen erforderlich, so daß mit dem endgültigen Stau erst im Winter 1975/76 begonnen werden konnte. Das Stauziel bei 400 m über NN wurde im Februar 1977 erreicht. Im März 1977 brach eine unter dem See durchführende Abwasserleitung, die die Ortschaften Bosen und Eckelhausen entwässerte. Bis zur Fertigstellung einer provisorischen Ringleitung im Laufe des gleichen Jahres flossen die ungeklärten Abwässer in den See. Im Jahre 1978 kam es zu einer sehr starken Algenentwicklung, die den Bostalsee als Badegewässer ungeeignet erscheinen ließ. Sein geringes Alter und die schlechten Startbedingungen machen den Bostalsee zu einem interessanten Studienobjekt im Hinblick auf seine zukünftige Entwicklung, wobei die hier vorgestellten Ergebnisse zum Kohlenstoffkreislauf Bestandteil einer umfangreichen, limnologischen Basisuntersuchung sind.

2. Material und Methoden

Der Bostalsee, dessen Einzugsgebiet geologisch dem Rotliegenden zuzuordnen ist, ist ein relativ instabil geschichteter See, da seine Umgebung nur geringen Windschutz bietet. Die Sprungschicht lag 1979 im Bereich von 10 m Wassertiefe, so daß auf die Seeoberfläche bezogen nur 30% des Sees geschichtet waren und das Hypolimnion 12% des Wasserinhalts umfaßte. Weitere hydrographische Kenndaten des Sees sind in Tab. 1 zusammengetragen. Hervorzuheben sind das relativ kleine, aber landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiet - es ist nur 10.6 mal so groß wie das Seereal - und die kurze Wassererneuerungszeit, die auf Grund mehrjähriger hydrologischer Messungen auf 1.5 Jahre veranschlagt wurde, im regenreichen Jahr 1979 aber 11 Monate betrug. Die Gliederung des Seebeckens sowie die Entnahmestellen der Sediment- und Wasserproben sind in Abb. 1 wiedergegeben.

Tab. 1: Hydrographische Kenndaten des Bostalsees

Seereal	118.5 ha	Wasserinhalt	$7.45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Einzugsgebiet	12.6 km ²	Maximale Tiefe	17 m
Nebenflüsse		Mittlere Tiefe	6.3 m
Bos	6.2 km ²	Wassererneuerungszeit	
Dämelbach	3.6 km ²	Durchschnitt	1.5 a
Seeuferlänge	6.8 km	1979	0.9 a

Die Probenahme erfolgte an der tiefsten Stelle (Entnahmestelle I) in der Nähe des Staudamms und im flacheren Südwestteil des Sees (II) in einem drei- bis vierwöchentlichen Rhythmus. Zur Bestimmung der Primärproduktion, der dazu benötigten Parameter, des Chlorophyllgehalts und der Algenbiomasse wurden Vertikalserien von 0 bis 6 m Tiefe entnommen. Die übrigen Parameter wurden in Abständen von 2 m von der Oberfläche bis zum Grund bestimmt. Die Bestimmung der chemischen Daten erfolgte nach den Deutschen Einheitsverfahren (1979). Zur Bestimmung der Primärproduktion diente die ¹⁴C-Methode. Die Hell- und Dunkelflaschen wurden im dritten Fünftel des Zeitraums zwischen Sonnenaufgang und -untergang exponiert. Die Umrechnung auf Tagesproduktion erfolgte nach VOLLENWEIDER (1974). Sedimentkerne von 0 bis 10 cm Schichttiefe wurden mit dem Schöpfer nach LENZ (Hydro-Bios, Kiel) entnommen. Die Bestimmung der Methan- und Kohlendioxidproduktion erfolgte nach ZAISS, KALTWASSER (1979).

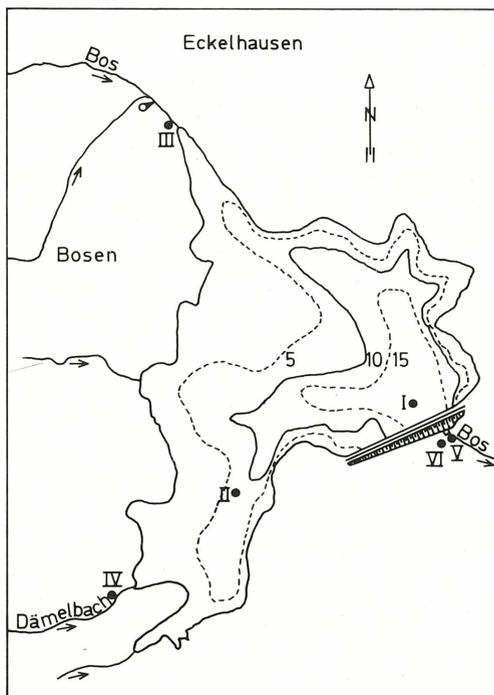


Abb. 1: Bostalsee mit Isobathen und Entnahmestellen (I ff.).

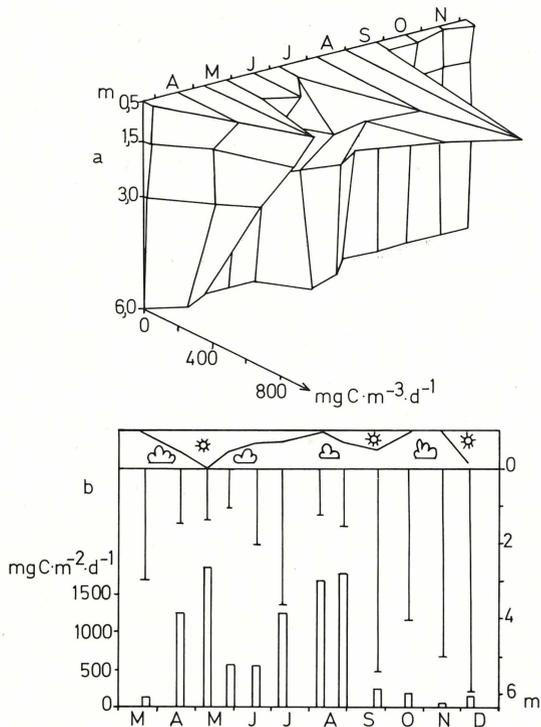


Abb. 2: a) Primärproduktion im Jahresverlauf und Tiefenprofil
 b) Anteilige Bewölkung des Himmels während der Exposition;
 Sichttiefen und Arealproduktion im Jahresverlauf von 1979

3. Ergebnisse

3.1 Die Primärproduktion

Zu Beginn des Jahres 1979 war der Bostalsee zugefroren und das Eis mit einer 20 bis 30 cm starken Schneeschicht bedeckt. Das Eis brach in der dritten Märzwoche. Erst danach konnte die Primärproduktion nennenswert einsetzen, da sich die Lichtverhältnisse schlagartig besserten. Die Primärproduktion, in Abb. 2a im Jahresverlauf und Tiefenprofil dargestellt, nahm schnell zu und erreichte im Mai eine maximale Arealproduktion von $1.85 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Von Ende Mai bis Anfang Juli nahm die Primärproduktion im Oberflächenbereich ab. Dies hatte ein sommerliches Klarwasserstadium zur Folge, das sich in der vorübergehenden Zunahme der Sichttiefe (Abb. 2b) zeigte. Das nun in tiefere Schichten eindringende Sonnenlicht ermöglichte eine Zunahme der Photosynthese in 6 m Tiefe, so daß die auf die Seeoberfläche bezogene Primärproduktion (Abb. 2b) im Juli wieder zunahm. Im August wurde ein erneutes Maximum der Photosynthese beobachtet. Die höchste Volumenproduktion im Jahre 1979 konnte am 27. August mit $1.04 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ gemessen werden. Im September ging die Primärproduktion frühzeitig stark zurück, obwohl die einsetzende Herbstzirkulation eine bessere Nährstoffversorgung ermöglichte. Gleichzeitig nahm die Sichttiefe bedeutend zu und erreichte im Dezember bei strahlend blauem Himmel 5.9 m. Die grob geschätzte, zur Zeit der Exposition herrschende Bewölkung ist in Abb. 2b dargestellt.

3.2 Die Sukzession der Phytoplankter und ihre Nährstoffversorgung

Die Sukzession der für die phototrophe Kohlendioxidfixierung maßgeblich verantwortlichen Primärproduzenten ist in Abb. 3 wiedergegeben. Da es zu keiner deutlichen Populationsschichtung kam, sind die Durchschnittswerte des Epilimnions angegeben. Unter dem schneebedeckten Eis zu Beginn des Jahres konnte erwartungsgemäß nur eine geringe Phytoplankton-Biomasse ermittelt werden. Es dominierten in diesem Zeitraum die Blaualge *Aphanizomenon gracile*, die vermutlich als Überbleibsel des Vorjahres vorlag, da die Trichome zum Teil stark fragmentiert waren, und gegen Ende Februar Cryptomonaden. Nach dem Eisbruch erschien zunächst die Grünalge *Coelastrum microporum*, die aber bald von der Kieselalge *Asterionella formosa* verdrängt wurde. Diese Diatomeen-Art prägte im April und Mai das Frühjahrsmaximum mit einer Biomasse von $4.4 \mu\text{l/l}$, nahm dann aber im Sommer stark ab.

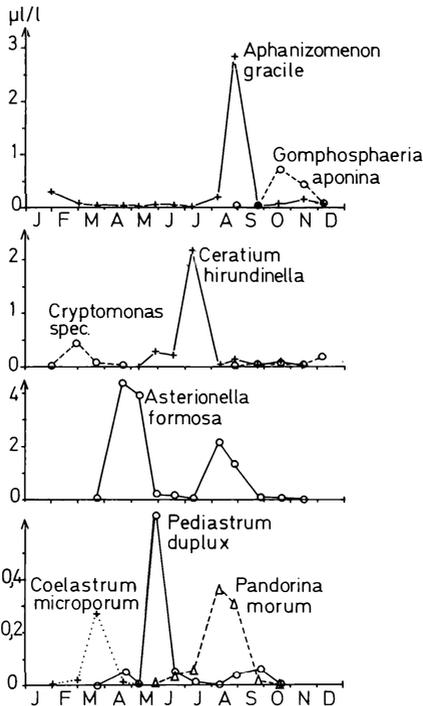


Abb. 3: Sukzession der dominierenden Phytoplanktonarten im Laufe des Jahres 1979

Ende Mai setzte sich mit geringerer Biomasse *Pediastrum duplex* durch, bevor im Juni eine minimale Algenkonzentration von nur 0.9 µl/l registriert wurde. Nach dem sommerlichen Klarwasserstadium kam zunächst *Ceratium hirundinella* auf, gefolgt von *Pandorina morum* und einer weiteren *A. formosa*-Population. Im Spätsommer setzte sich erneut *Aphanizomenon gracile* durch und prägte mit einer Biomasse von 2.85 µl/l das zweite Algenmaximum. Nach dieser Massenentfaltung traten die anderen Primärproduzenten nur noch in geringeren Zahlen auf. Am stärksten entwickelte sich in dem Zeitraum bis zum Jahresende die Blaualge *Gomphosphaeria aponina*. Neben diesen wenigen, dominierenden Phytoplanktern spielten die in Tab. 2 mit aufgeführten Arten eine weniger bedeutende Rolle.

Tab. 2: Artenliste des Phytoplanktons

<i>Cyanophyta</i>	<i>Chlorophyta</i>
<i>Gomphosphaeria aponina</i>	<i>Pandorina morum</i>
<i>Aphanizomenon gracile</i>	<i>Eudorina elegans</i>
<i>Anabena spiroides</i>	<i>Chlorococum</i> spec.
<i>Pyrophyta</i>	<i>Pediastrum duplex</i>
<i>Ceratium hirundinella</i>	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
<i>Cryptomonas</i> spec.	<i>Lagerheimia chodati</i>
<i>Chromophyta</i>	<i>Oocystis</i> spec.
<i>Synura uvella</i>	<i>Ankistrodesmus</i> spec.
<i>Ochromonas</i> spec.	<i>Scenedesmus</i> spec.
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	<i>Coelastrum microporum</i>
<i>Tabellaria fenestrata</i>	<i>Closterium</i> spec.
<i>Diatoma elongatum</i>	<i>Cosmarium bioculatum</i>
<i>Asterionella formosa</i>	<i>Staurastrum paradoxum</i>

Die Versorgung der Primärproduzenten mit anorganischem Stickstoff war im Laufe des Jahres 1979 stets außerordentlich gut. Den Algen standen durchschnittlich 51 µmol/l Nitrat und 4.3 µmol/l Ammonium zur Verfügung. Dagegen sank die Konzentration an Eisen im Juli bis unter die Nachweisgrenze und könnte für das sommerliche Klarwasserstadium ausschlaggebend gewesen sein. Neben dem Eisen verringerten sich aber auch die Konzentrationen der einzelnen Phosphatfraktionen von Mai bis Juli, wie Abb. 4 zeigt. Orthophosphat konnte am 27. August an Entnahmestelle I im Epilimnion nicht mehr nachgewiesen werden. Im flacheren Südwestteil des Sees waren nur 0.03 µmol/l vorhanden. Die schlechte Phosphatversorgung im Epilimnion hielt bis Ende September an. Danach erhöhte sich, bedingt durch die Herbstzirkulation und den verstärkten Eintrag der Zuläufe Bos und Dämelbach, die Phosphatkonzentration wieder. Die maximale Entwicklung der Blaualge *Aphanizomenon gracile* fiel mit dem Orthophosphatminimum zusammen. Dies ist möglich, da sich Cyanophyceen physiologisch an eine schlechte Phosphatversorgung anpassen, indem sie ihr intern gespeichertes Phosphat je nach Bedarf mobilisieren, wie ZAISS (1978) am Beispiel einer Cyanophyteen-Blüte zeigte, die unter Phosphatlimitierung wuchs. Obwohl die Phosphatkonzentration danach wieder anstieg, konnte keine stärkere Algenproduktion im September und Oktober beobachtet werden. Da auch alle anderen anorganischen Nährstoffe in ausreichender Konzentration vorlagen und in dieser Jahreszeit noch genügend Licht vorhanden ist, muß mit einer Hemmung des Algenwachstums gerechnet werden. Solche Hemmungen sind bereits mehrfach nach Cyanophyteen-Entwicklungen beschrieben worden (u.a. STEINBERG 1979) und konnten in einem Fall auf eisenkomplexierende Ausscheidungsprodukte zurückgeführt werden (MURPHY et al. 1976), die nur von Cyanophyteen wieder aufgenommen werden können. Ähnlich wirkende Substanzen sind auch als Antibiotika bekannt.

3.3 Die Bakterien und ihre Aktivität

Die Koloniezahl der saprophytischen Bakterien im Verlaufe des Untersuchungsjahres ist in Abb. 5a dargestellt. Die Saprophyten sind in die epi- (0 bis 10 m) und die hypolimnischen aufgeteilt. Drei mikroskopische Direktzählungen im Frühjahr, Sommer und Herbst ergaben, daß mit einer Gesamtzahl der Bakterien im Epilimnion gerechnet werden muß, die um 2.5 bis 3 Zehnerpotenzen höher war. Zum Vergleich ist in dieses Diagramm die Biomasse der Algen mit aufgenommen. Es zeigte sich eine deutliche Gegenläufigkeit beider Organismengruppen. Im Epilimnion nahm die Zahl der aeroben, saprophytischen Bakterien immer dann zu, wenn die Algenbiomasse und mit ihr die Photosyntheserate zurückgingen. Die Maxima der Saprophyten traten dadurch jeweils einige Zeit nach den Maxima der Algen auf, zu einem Zeitpunkt, an dem das zuvor produzierte organische Material in größeren Mengen freigesetzt wurde. Da die an der Oberfläche produzierte Algenbiomasse nach dem

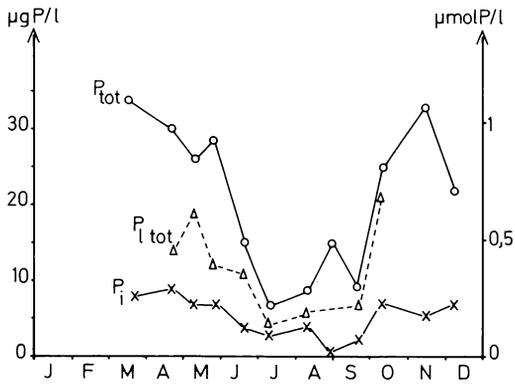


Abb. 4: Jahresverlauf der durchschnittlichen Konzentrationen an Gesamtphosphat (P_{tot}), löslichem Gesamtphosphat ($P_{l\ tot}$) und Orthophosphat (P_i) im Epilimnion.

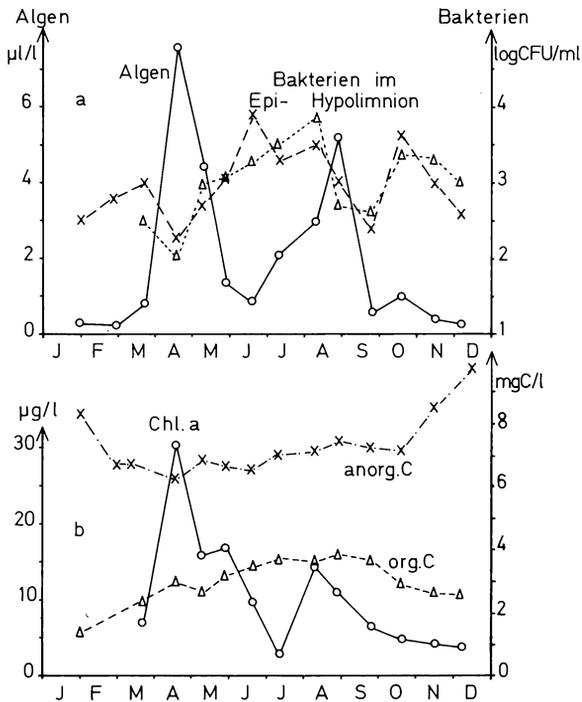


Abb. 5: a) Biomasse der Algen und Koloniezahl der Bakterien im Jahresverlauf 1979
b) Konzentrationen an Chlorophyll a, anorganischem und organischem Kohlenstoff

Absterben einige Zeit für die Sedimentation benötigte, nahm im Hypolimnion die Zahl der Bakterien etwas verzögert zu. Im Hypolimnion wurden die meisten saprophytischen Bakterien Anfang August, etwa drei Monate nach der im Frühjahr erfolgten Algenentwicklung gefunden. Dagegen vergingen von der hohen Algenkonzentration im Spätsommer bis zum zweiten hypolimnischen Bakterienmaximum nur anderthalb Monate. Durch die Herbstzirkulation wurde das freigesetzte organische Material schneller über das ganze Tiefenprofil verteilt, so daß die Bakterienmaxima in Epi- und Hypolimnion zeitlich zusammenfielen.

Die Aktivität der Bakterien, d.h. der Abbau des organischen Materials, ließ sich nicht am Gehalt des organischen Kohlenstoffs im epilimnischen Wasser ablesen (Abb. 5b). Zur Berechnung des organischen Kohlenstoffs aus dem chemischen Sauerstoffbedarf wurden die für Glucose geltenden Werte zu Grunde gelegt. Mit der Entwicklung des Phytoplanktons - in dieser Abbildung durch den Parameter Chlorophyll a dargestellt - nahm im Laufe des Frühjahres und Sommers der Gehalt an organischem Kohlenstoff zu. Während des sommerlichen Klarwasserstadiums sank die Konzentration nicht ab. Sie stieg im Gegenteil weiter an und erreichte am Ende der Vegetationsperiode am 27. August mit der Massenentwicklung von *Aphanizomenon gracile* ihren Maximalwert. Erst danach überwog der bakterielle Abbau organischer Substanz die Produktion, so daß die Konzentration des gebundenen Kohlenstoffs abnahm. Gleichzeitig stieg der Gehalt des anorganischen Kohlenstoffs wieder an. Carbonat durchlief erwartungsgemäß einen zum organischen Kohlenstoff gegenläufigen Zyklus, indem während der Vegetationsperiode verringerte Konzentrationen im Epilimnion vorlagen.

Tab. 3: Jahresverlauf von phototropher und heterotropher Produktion im Epilimnion (Angaben in $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)

Datum	Produktion		Datum	Produktion	
	phototroph	heterotroph		phototroph	heterotroph
21.3.	134	360	9. 8.	1690	4590
19.4.	1260	452	27. 8.	1790	1510
8.5.	1850	393	25. 9.	228	1340
28.5.	539	1120	17.10.	168	741
19.6.	554	4290	14.11.	26	165
10.7.	1270	3720	5.12.	117	840

Die Produktion bakterieller Biomasse kann unter Vorbehalt aus der CO_2 -Dunkelfixierung berechnet werden. Nach KUSNETZOV, ROMANENKO (1966) und OVERBECK (1972) u.a. macht die heterotrophe CO_2 -Fixierung rund 6% der bakteriellen Biomasseproduktion aus. Auf der Basis dieses 6%-wertes ergaben sich im Jahresverlauf 1979 im Bostalsee die in Tab. 3 wiedergegebenen Produktionszahlen. Sie sind den Werten der Primärproduktion gegenübergestellt. Die heterotrophe Produktion nahm im Laufe des Sommers stark zu und bildete vom 19. Juni bis zum 9. August ein ausgeprägtes Maximum. Dies fiel deutlich mit den hohen Saprophytenzahlen im Sommer zusammen. Ein Zusammenhang zwischen heterotropher und phototropher Produktion schien nicht zu bestehen, denn im Frühjahr und Sommer verhielten sich beide Produktionen gegenläufig. Im August traten sie allerdings gemeinsam mit hohen Werten hervor. Die heterotrophe Produktion lag im Epilimnion durchschnittlich bei $1.63 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ und war damit 2.6 mal so hoch wie die Primärproduktion.

3.4 Die Sedimente

Abb. 6 gibt die Meßwerte der Sedimentparameter wieder. Bei den angegebenen Mittelwerten wurden die epilimnischen Sedimente der Entnahmestelle II zu 70% und die hypolimnischen der Entnahmestelle I zu 30% berücksichtigt. Diese Prozentsätze entsprechen ihrem Anteil in Beziehung auf das Seearial. Die Zahl der aeroben, saprophytischen Bakterien lag im Jahresverlauf durchschnittlich bei $4.3 \cdot 10^6$ je Gramm Feuchtsediment. Von April bis August stieg die Zahl um zwei Zehnerpotenzen an und fiel zum Jahresende hin langsam wieder ab. Die Produktion von Kohlendioxid und Methan nahm einen ähnlichen Jahresverlauf. Höchste Gasproduktionsraten wurden im August gefunden, in einem Zeitraum, in dem auch die größten Bakterienzahlen im Hypolimnion gefunden wurden. Da der größte Teil der Sedimente ständig in Kontakt mit sauerstoffhaltigem Wasser war, wurde wesentlich mehr Kohlendioxid als Methan produziert. Die Sedimente der tiefsten Stelle des Sees erwiesen sich dabei als aktiver. Hier wurde 1.5 mal so viel Kohlendioxid produziert wie in den weniger tief gelegenen Sedimenten. Bei der Methanproduktion unterschieden sich die Sedimente noch stärker, denn Sediment der Probestelle I bildete 5.8 mal mehr Methan als Sediment der Probestelle II.

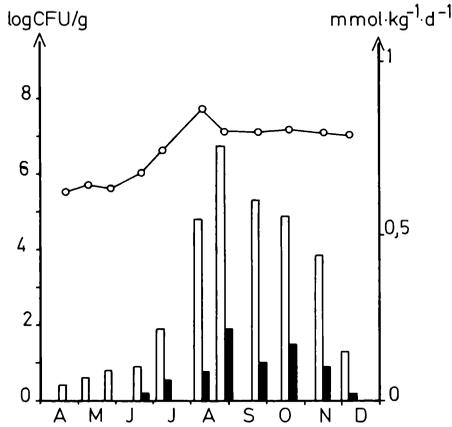


Abb. 6: Koloniezahl der aeroben, saprophytischen Bakterien, Kohlendioxid- (weiße Säulen) und Methanproduktion (schwarze Säulen) im Sediment.

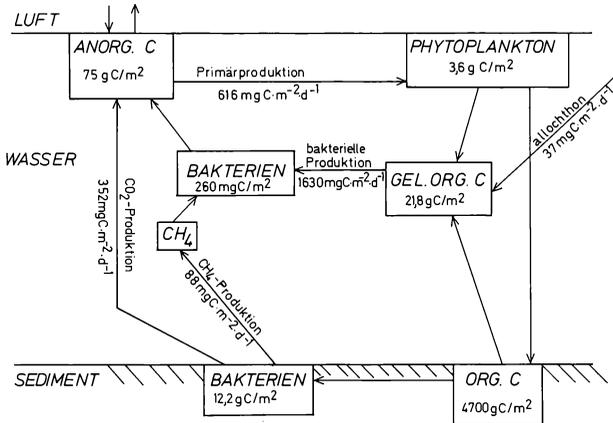


Abb. 7: Schema des Kohlenstoffkreislaufs im Bostalsee (Durchschnittswerte des Jahres 1979).

4. Diskussion

Trägt man die im Bostalsee gemessenen Parameter und Aktivitäten in ein Schema des Kohlenstoffkreislaufs ein, so ergibt sich das in Abb. 7 dargestellte Bild. Hierin sind die im Verlauf des Jahres erhaltenen Werte gemittelt und auf das Epilimnion von 0 bis 10 m Wassertiefe bezogen. Die Sedimentwerte beziehen sich auf die Schicht von 0 bis 10 cm.

Anorganischer Kohlenstoff stellte mit 75 g C/m² die größte C-Fraktion im Epilimnion dar, obwohl der Bostalsee zu den kalkarmen und damit zu den CO₂-armen Seen zu rechnen ist. Mit einer Primärproduktion von 616 mg C · m⁻² · d⁻¹ – das entsprach einer Jahresproduktion von 224 g C/m² – muß der See als eutroph bezeichnet werden, wenn man die von VOLLENWEIDER (1968) zusammengetragenen Produktionswerte anderer Seen vergleichend heranzieht. Die Biomasse des Phytoplanktons betrug im Jahresdurchschnitt 3.6 g C/m². Für diese Berechnung wurde der Kohlenstoffgehalt des Phytoplanktons mit 10% des Feuchtgewichts und das spezifische Gewicht mit 1 nach VOLLENWEIDER (1968) veranschlagt.

Die Bildung des gelösten organischen Kohlenstoffs wurde nicht bestimmt. Seine Konzentration war im Vergleich mit holsteinischen (STABEL 1977) oder bayerischen Seen (STABEL, STEINBERG 1976) im unteren Bereich des Normalen. Die Menge der meßbaren, gelösten organischen Substanz befindet sich im Fließgleichgewicht zwischen der allochthonen und autochthonen Nachlieferung sowie dem heterotrophen Abbau. Die allochthone Zufuhr von organischem Kohlenstoff durch die Bäche war gering, da in ihnen die Konzentration nie mehr als 2 mg C/l betrug. Die durch den Bruch der Abwasserleitung 1977 zugeführte Menge an organischer Substanz muß nach 2 Jahren als abgebaut angesehen werden, da es sich um leicht abbaubares Material handelte. Ferner wird diese Annahme durch die niedrige Konzentration des gelösten organischen Kohlenstoffs bestätigt. Da die bakterielle Produktion aber enorm groß war, muß mit einer schnellen Nachfuhr des organischen Materials gerechnet werden. Die bei der Primärproduktion in den Algen festgelegte Substanz kann dazu nur einen kleinen Beitrag leisten, da bei der gemessenen Primärproduktion die 'turnover'-Zeit des Phytoplanktons im Mittel nur 5.8 Tage betrug. Von größerer Bedeutung sind die simultan von den Algen exkretierten, gelösten organischen Verbindungen, die je nach Umweltbedingung das in den Algen festgelegte Primärprodukt übertreffen können (vgl. u.a. FOGG 1966, 1971; NALEWAJKO, LEAN 1972). HERBST, OVERBECK (1978) zeigten am Beispiel von *Oscillatoria redeket*, daß diese ausgeschiedenen Verbindungen sehr schnell von den Begleitbakterien verwertet werden können. Ähnliche Prozesse könnten durchaus im Bostalsee die große bakterielle Produktion bei geringer Konzentration an organischem Material erklären.

Eine bakterielle Produktion, die die phototrophe Produktion übertraf, wurde bereits mehrfach beschrieben (KUSNETZOV, ROMANENKO 1966, OVERBECK 1972). Dabei handelte es sich um Gewässer mit großer allochthoner Zufuhr, in denen solche Verhältnisse verständlich sind. Ferner unterliegt der dieser Produktionszahl zu Grunde liegende 6%-Wert enormen Schwankungen (SOROKIN 1966, OVERBECK 1972, 1974), so daß die mittlere heterotrophe Produktion von $1.63 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ nur als grobe Annäherung betrachtet werden kann. Aber selbst unter dieser Einschränkung kann nicht allein die phototrophe Produktion gelöster organischer Verbindungen dafür verantwortlich sein.

Da die landwirtschaftlich genutzten Flächen vor Inbetriebnahme des Sees nicht entfernt wurden, war der jetzige Seeboden reich an organischem Kohlenstoff. Unter 1 m^2 Seefläche übertraf er alle anderen Kohlenstofffraktionen beträchtlich. Da der größte Teil des Epilimnions in Kontakt mit dem Sediment stand, dürfte der Nachschub des gelösten organischen Materials aus dem Sediment nicht unterschätzt werden, denn eine reiche Bodenfauna und Mikroflora sorgte vor allem in den warmen Sommermonaten für den Abbau des alten Pflanzenmaterials. Einen Anhaltspunkt dafür bieten die Gasproduktionsraten. Besonders hoch war die Kohlendioxidproduktion mit $352 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Diese Menge entsprach 57% des bei der Primärproduktion fixierten Kohlendioxids. Rechnet man noch den Kohlenstoff des Methans hinzu, so müßten, wenn es sich um einen älteren See handelte, dessen Sedimente vornehmlich durch Ablagerung des Planktons mit organischem Material versorgt werden, mehr als 71% der bei der phototrophen Produktion gebildeten organischen Substanz ins Sediment gelangen. Dies ist ausgeschlossen, denn Untersuchungen von OHLE (1962) haben gezeigt, daß der größte Teil des produzierten Materials sehr schnell schon im Epilimnion abgebaut wird. Im Plußsee (Holstein) wurden in den ersten 5 m schon 70 bis 93.1% der Primärproduktion abgebaut. In Seen, in denen die Methanproduktion die CO_2 -Produktion überwog, wurden nach RUDD, HAMILTON (1978) nur 13% und nach CAPPENBERG (1975) nur 29% des in der phototrophen Schicht produzierten Materials in Methankohlenstoff überführt.

Diese Zahlen zeigen, daß der Kohlenstoffkreislauf im Bostalsee deutliche Unterschiede zu älteren Seen aufweist. Er bietet dadurch die Möglichkeit, die limnologische Entwicklung eines Sees in der Neuzeit mitzuverfolgen, der zwar nicht wie Talsperren großen Spiegelschwankungen ausgesetzt ist, jedoch mit einem fruchtbaren Seeboden vorbelastet ist.

Für ihre engagierte Assistenz bei allen Arbeiten danke ich Frau A. Sauer und Herrn Th. Couturier. Diese Untersuchung wurde von der Wasserwirtschaftsverwaltung des Saarlandes gefördert.

Literatur

- CAPPENBERG T.E., 1975: Interrelations between sulfate-reducing and methane-producing bacteria in bottom deposits of a freshwater lake. Utrecht (Elinkwijk BV): 100 p.
- Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, 1979. 3. Aufl. Weinheim (Verlag Chemie).
- FOGG G.E., 1966: The extracellular products of algae. Oceanogr. Mar. Biol. Rev. 4: 195-212.
- FOGG G.E., 1971: Extracellular products of algae in freshwater. Ergebn. Limnol. 5: 1-25.

- HERBST V., OVERBECK J., 1978: Metabolic coupling between the algae *Oscillatoria redekei* and accompanying bacteria. *Naturwiss.* 65: 589.
- KUSNETZOV S.J., ROMANENKO V.J., 1966: Produktion der Biomasse heterotropher Bakterien und die Geschwindigkeit ihrer Vermehrung im Rybinsk-Stausee. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 16: 1493-1500.
- MURPHY T.P., LEAN D.R.S., NALEWAJKO C., 1976: Blue-green algae: Their excretion of iron-selective chelators enables them to dominate other algae. *Science* 192: 900-902.
- NALEWAJKO C., LEAN D.R.S., 1972: Growth and excretion in planktonic algae and bacteria. *J. Phycol.* 8: 361-366.
- OHLE W., 1962: Der Stoffhaushalt der Seen als Grundlage einer allgemeinen Stoffwechselfeldynamik der Gewässer. *Kiel. Meeresforsch.* 18: 107-120.
- OVERBECK J., 1972: Experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung der bakteriellen Produktion im See. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 18: 176-187.
- OVERBECK J., 1974: Microbiology and biochemistry. *Mitt. Int. Ver. Limnol.* 20: 198-228.
- RUDD J.W.M., HAMILTON R.D., 1978: Methane cycling in a eutrophic shield lake and its effects on whole lake metabolism. *Limnol. Oceanogr.* 23: 337-348.
- SOROKIN J.I., 1966: On the carbon dioxide uptake during the cell synthesis by microorganisms. *Z. allg. Mikrobiol.* 6: 69-73.
- STABEL H.-H., STEINBERG C., 1976: Gelöste organische Moleküle im Walchensee. *Gewässer Abwasser* 60/61: 100-112.
- STABEL H.-H., 1977: Zur Problematik der Bestimmung gelöster Kohlenhydrate mit der Anthron-Methode. *Arch. Hydrobiol.* 80: 216-226.
- STEINBERG C., 1979: Phytoplankton als Bioindikator für den trophischen Zustand von Seen dargestellt an Phytoplanktonstudien zweier oberbayerischer Seen. *Tagungsber. Ak. Naturschutz Landschaftspfl. (Laufen)* 3: 83-116.
- VOLLENWEIDER R.A., 1968: Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. *Water management research DAS/CS1/68.27.* Paris (OECD): 255 p.
- VOLLENWEIDER R.A., 1974: A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. *IBP Handbook No 12.* 2nd ed. Oxford (Blackwell): 225 p.
- ZAISS U., 1978: Daily rhythm of regulation of polyphosphate metabolism in an algal bloom of *Oscillatoria redekei*. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 20: 2298-2301.
- ZAISS U., KALTWASSER H., 1979: Über den Einfluß wasserbaulicher Maßnahmen auf die mikrobiologische Gasproduktion in Fließgewässersedimenten. *Arch. Hydrobiol.* 87: 314-326.

Adresse

Dr. Ulrich Zaiß
 Fachrichtung Mikrobiologie
 Universität des Saarlandes
 D-6600 Saarbrücken 11

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [9_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Zaiß Ulrich

Artikel/Article: [Der Kohlenstoffkreislauf im Bostalsee \(Nordsaarland\) 69-77](#)