Material und Methoden

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **38 (1981)**

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

2. Unterscheiden sich die aus dem Standardversuch extrapolierten Tageswerte von den effektiv gemessenen Tageswerten?
3. Gibt es Möglichkeiten, die Tageswerte aus den Resultaten des Standardversuches genauer zu berechnen als bisher?

Zur Abklärung dieser Fragen wurden während eines Seejahres von März 1975 bis März 1976 in dreiwöchigem Abstand die Primärproduktion und die wichtigsten produktionsbestimmenden Faktoren an der Probestelle vor Tüscherz (Abb. 1) über jeweils 24 Stunden gemessen.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Physikalische Parameter

Die Globalstrahlung wurde mit einem Schwarzflächenpyranometer (Solarimeter CM 6) bei Nidau gemessen und von einem Integrator (CC 1; beide Geräte von Kipp & Zonen, Delft, Holland) aufsummiert und halbstündlich ausgedruckt. Der photosynthetisch aktive Energieanteil der Globalstrahlung (400–700 nm) wurde gleich wie bei Gächter [16] unter Berücksichtigung des vom Sonnenstand und vom Bewölkungsgrad abhängigen Reflexionsverlustes berechnet [67].

Die Extinktions- und Transmissionsmessungen wurden stets zwischen 10 bis 15 Uhr mit einem Unterwasserfotometer der Firma Philipp Schenk, Wien, in Kombination mit Farbfiltern der Firma Schott, Mainz, durchgeführt. Als Messgerät diente ein Multimeter "Model 45 4 Digit" der Firma Data Technology Corporation, Santa Ana, Cal., USA. Die Messungen wurden in Meterabständen bis zu maximal 23 m vorgenommen. Während der Stagnation wurden die prozentualen Transmissionen auf den unmittelbar unter der Wasseroberfläche gemessenen Wert bezogen. Während der Zirkulation beziehen sich die Transmissionswerte dagegen auf einen Oberflächenwert, der durch Regression aus den Messwerten ab 1 m Tiefe ermittelt wurde [97].

Die Sichttiefe wurde mehrmals täglich nach den Empfehlungen von Sauberer [67] mit einer Secchischeibe (Ø 30 cm) und einem ins Wasser getauchten Rohr gemessen.

Die Temperatur des Wassers wurde während der Stagnationsperiode fünfmal und während der Zirkulationsperiode mindestens dreimal in 24 Stunden in den Tiefenstufen 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 m und mit zusätzlichen Messungen im Bereich der Sprungschicht gemessen. Die Werte des elektrischen Temperaturmessgerätes wurden mit einem Kippthermometer der Firma Büchi, Bern, in 0 und 70 m geeicht.

Die meteorologischen Daten wurden fünfmal in 24 Stunden nach den Empfehlungen von Sauberer [67] registriert und durch Angaben der Meteorologischen Zentralanstalt (Messstation Biel) ergänzt.

Die hydrologischen Daten wurden uns vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft [9] und von den Bernischen Kraftwerken zur Verfügung gestellt.

2.2. Chemische Parameter

Die Proben für die chemischen Analysen wurden mittels einer PVC-Schöpfflasche des Typs Friedinger aus den Tiefen 0, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 und 70 m entnommen. Weitere chemische Parameter wurden im gleichen Jahr vom Institut für anorganische Chemie der Universität Bern (unpubl.) und vom Kantonalen Laboratorium für Gewässerschutz, Bern (unpubl.), gemessen.

Die Sauerstoffbestimmung erfolgte mit der nach Tschumi et al. [88] modifizierten Methode von Winkler [99].

Der anorganisch gelöste Phosphatphosphor im filtrierten Probewasser (Millipore HA 0,45 μm) wurde aufgrund der Empfehlungen von Vogler [90] mittels der Methode von Murphy und Riley [51/52] bestimmt. Die Proben wurden auf dem See mit Trockeneis in vorher mit konz. H_2SO_4 und A. bidest. behandelten Polyäthylenflaschen tiefgefroren und im Labor während maximal 10 Tagen bei –20° C aufbewahrt [6/40/71]. Vergleichsmessungen mit nicht gefrorenen Proben ergaben auch nach mehreren Wochen Aufbewahrungszeit nur unwesentliche Verluste, die im Vergleich zu den Verlusten, wie sie sonst in ungefrorenen Proben während eines mehrstündigen Transportes zum Labor entstehen, unbedeutend waren [14].

Die Proben für den Nitratstickstoff wurden stets zur selben Tageszeit (06.00 bis 08.00 Uhr) und zusammen mit denjenigen für den anorganisch gelösten Phosphatphosphor entnommen, gefroren, aufbewahrt und analysiert. Zur Analyse wurde die Methode von Scheringa [50/68/69] verwendet.

2.3. Biologische Parameter

Die Chlorophyll a-Konzentrationen wurden zweimal innerhalb von 24 Stunden (1. Tag: etwa 2 Std. vor Sonnenuntergang = Probe A; 2. Tag: etwa 10 Uhr = Probe M) aus den Tiefen 0, 1, 2, 3, 5, 10 m und in einer integrierenden Schlauchmischprobe [42/59/84] von 0–10 m bestimmt. Die auf dem See filtrierten (Whatman GF/C, 1 ml 2 %-Magnesiumhydroxidcarbonatsuspension, Mehrfachfiltrierapparat der Firma Hölzel, München) Proben wurden sofort mit Trockeneis tiefgefroren und im Labor bei –20° C im Dunkeln aufbewahrt. Der Aufschluss und die Extraktion des Chlorophylls erfolgte während 3 Minuten in 90 % Aceton mit einem Hochgeschwindigkeitshomogenisator (Firma Du Pont/Sorvall, Newtown, Conn., USA) bei 50 000 U/min [21/44]. Zur Berechnung der photometrisch gemessenen Chlorophyll- und Phaeophytinkonzentrationen wurden die Formeln von Golterman et al. [22] verwendet.

Das Phytoplankton wurde gleichzeitig mit den Chlorophyllproben als Schlauchmischproben von 0–10 m entnommen und mit Lugolscher Lösung [94] fixiert. Die Proben wurden am Umkehrmikroskop [42/89] ausgezählt und die Biomasse der einzelnen Arten mittels der berechneten Zellvolumina [14] bestimmt.

Die Primärproduktion wurde mittels der von Pütter [60] und Gaarder und Gran [15] erstmals beschriebenen Sauerstoffmethode gemessen. In allen Tiefenstufen (0, 1, 2, 3, 5, 10 m) wurden Mehrfachmessungen (je 3 Null-, Hell- und Dunkelflaschen; Volumen 120 ml) durchgeführt [13] und alle Schritte von der Wasserentnahme auf dem See bis zur Titration im Labor streng standardisiert [88]. Dabei erhielten wir eine vorwiegend vom Sestongehalt abhängige Methodenstreuung[2] von 0,03 mg O_2/1 im Sommer, von 0,005 mg O_2/1 im Frühjahr und Herbst und von < 0,005 mg O_2/1 im Winter [14]. An den 18 Probetagen des Seejahres 1975/76 wurden je vier Versuche (Tab. 1: I–IV) angesetzt. Die flächenspezifischen Produktions- und Respirationswerte der Biozönose wurden nach der Trapezregel aus den Mittelwerten der einzelnen Tiefenstufen linear interpoliert. Zur Umrechnung des freigesetzten Sauerstoffs in Kohlenstoff wurde der aus der erweiterten Assimilationsgleichung nach Stumm und Morgan [81] berechnete photosynthetische Quotient von 1,3 verwendet.

$$106\ CO_2 + 16\ NO_3^- + HPO_4^{2-} + 122\ H_2O + 18\ H^+ \text{ (+ Spurenelemente; Energie)}$$

$$\underset{R}{\overset{P}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{Algenprotoplasma}}{\left\{ C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P_1 \right\}} + 138\ O_2$$

Tabelle 1: Pro Versuchstag ausgeführte Primärproduktionsversuche: Bezeichnung, gemessene Parameter und Expositionszeiten (Abkürzungen vgl. Kapitel 2.4.)

Table 1: Measurements of primary production on each sampling date: Symbol of exposure periods, measured parameters and duration of exposure periods (for abbreviations see chapter 2.4.)

Periode	Parameter	Exp. zt.
I	Re_I	SU–SA
II	BP_{II}, Re_{II}, NP_{II}	SA–12.00
III	BP_{III}, Re_{III}, NP_{III}	09.00–15.00
IV	BP_{IV}, Re_{IV}, NP_{IV}	12.00–SU

2 Methodenstreuung = $s_M = \sqrt{\frac{\Sigma\,(SQ)}{\Sigma\,(F)}}$; SQ = Summe der Abweichungsquadrate; F = Freiheitsgrade

2.4. Abkürzungen / abbreviations

BP	=	Bruttoproduktion / gross primary production
Chl a	=	Chlorophyll a / chlorophyll a
E	=	Globalstrahlung / total incident radiation
Exp.zt.	=	Expositionszeit bzw. Expositionsdauer der PP-Versuche / duration of primary production experiments
FG	=	Frischgewicht des Phytoplanktons / phytoplankton freshweight
NP	=	Nettoproduktion / net primary production
Phaeo	=	Phaeophytin / phaeophytin
PP	=	Primärproduktion / primary production
PQ	=	Photosynthetischer Quotient / photosynthetic quotient
Re	=	Respiration / respiration
SA	=	Sonnenaufgang / sunrise
ST	=	Sichttiefe / Secchi disk depth
SU	=	Sonnenuntergang / sunset
T	=	Tageslänge (SA–SU) / day length (SA–SU)
tr.Z.	=	Trophogene Zone / trophogenic layer
WG	=	Wirkungsgrad der PP / efficiency of primary production
z_{opt}	=	Tiefe der maximalen PP / depth of maximum production rate
24 h	=	Tageslänge (SU–SU) / 24 hour period (SU–SU)
I	=	Expositionsperiode von SU–SA / exposure period from sunset to sunrise
II	=	Expositionsperiode von SA–12.00 / exposure period from sunrise to 12.00
III	=	Standardexpositionsperiode von 09.00–15.00 / standard exposure period from 09.00 to 15.00
IV	=	Expositionsperiode von 12.00–SU / exposure period from 12.00 to sunset

2.5. Berechnungsweise der PP_{SA-SU} und der PP_{24h}

2.5.1. Versuch III

Die PP der Biozönose während der Standardexpositionsperiode III wurde nach (1)–(6) auf die PP_{SA-SU} und die PP_{24h} umgerechnet:

$$BP_{SA-SU} = \frac{BP_{Exp.\ zt.\ (III)}}{E_{Exp.\ zt.\ (III)}} \cdot E_{SA-SU} \qquad (1)$$

$$Re_{SA-SU} = \frac{Re_{Exp.\ zt.\ (III)}}{Exp.\ zt.\ (III)} \cdot T \qquad (2)$$

$$NP_{SA-SU} = BP_{SA-SU} - Re_{SA-SU} \qquad (3)$$

$$BP_{24h} = BP_{SA-SU} \qquad (4)$$

$$Re_{24h} = \frac{Re_{Exp.\ zt.\ (III)}}{Exp.\ zt.\ (III)} \cdot 24h \qquad (5)$$

$$NP_{24h} = BP_{24h} - Re_{24h} \qquad (6)$$

Die nach 2.5.1. erhaltenen Werte werden als "berechnete" Tagesbruttoproduktion (1), Tagesrespiration (2), Tagesnettoproduktion (3) bzw. als "berechnete" Bruttoproduktion in 24 Stunden (4), Respiration in 24 Stunden (5), Nettoproduktion in 24 Stunden (6) bezeichnet und sind direkt mit den in früheren Jahren [58/87] bestimmten Werten vergleichbar.

2.5.2. Versuche I, II, IV

Die mittels der Versuche I, II und IV bestimmte PP_{SA-SU} bzw. PP_{24h} wurde nach (7)–(12) ermittelt:

$$BP_{SA-SU} = BP_{II} + BP_{IV} \qquad (7)$$

$$Re_{SA-SU} = Re_{II} + Re_{IV} \qquad (8)$$

$$NP_{SA-SU} = NP_{II} + NP_{IV} = BP_{SA-SU} - Re_{SA-SU} \qquad (9)$$

$$BP_{24h} = BP_{SA-SU} = BP_{II} + BP_{IV} \qquad (10)$$

$$Re_{24h} = Re_I + Re_{II} + Re_{IV} \quad (11)$$

$$NP_{24h} = BP_{24h} - Re_{24h} = NP_{SA\text{-}SU} - Re_I \quad (12)$$

Die nach 2.5.2. erhaltenen Werte werden als "gemessene" Tagesbruttoproduktion (7), Tagesrespiration (8), Tagesnettoproduktion (9) bzw. als "gemessene" Bruttoproduktion in 24 Stunden (10), Respiration in 24 Stunden (11) und Nettoproduktion in 24 Stunden (12) bezeichnet.

Die Beschränkung auf nur drei Expositionsperioden zur Ermittlung der "gemessenen" PP und auf die wichtigsten produktionsbestimmenden Faktoren stellt einen Kompromiss dar zwischen den wünschbaren Messungen in Form von wenigstündigen, aufsummierten Kurzzeitexperimenten über mindestens 24 Stunden mit möglichst vielen, mehrmals täglich erfassten und für die PP entscheidenden Zusatzparametern einerseits und dem mit den vorhandenen Mitteln realisierbaren Aufwand andererseits.

3. DER BIELERSEE

Der stark windexponierte Bielersee (Abb. 1/Tab. 2) liegt am Südfuss des Juras im Schweizerischen Mittelland. Die St. Petersinsel unterteilt den See in die zwei kleineren Teilbecken von Neuenstadt und Lüscherz und in das Hauptbecken von Tüscherz. Die ursprünglichen natürlichen Zuflüsse sind die Schüss und der Twannbach aus dem Jura, sowie die Zihl aus dem Neuenburgersee. Anlässlich der 1. Juragewässerkorrektion (JGK) wurde im Jahre 1878 die Aare, die vormals direkt von Aarberg nach Büren floss, durch den Aare-Hagneck-Kanal in den See eingeleitet, wodurch die Menge des Zuflusswassers von rund 50 auf 240 m^3/s [9] erhöht wurde. Heute gelangen nach Santschi

Tabelle 2: Charakteristische Daten des Bielersees

Table 2: Characteristics of Lake Biel

Geographische Lage		47°05'N / 7°10'E
Mittlerer Pegel		429 m ü. M.
Oberfläche		39,3 km^2
Uferlänge		46,8 km
Volumen		1,2 km^3
Maximale Länge		15 km
Maximale Breite		4 km
Mittlere Breite		2,6 km
Maximale Tiefe		74 m
Mittlere Tiefe		30 m
Einzugsgebiet		8305 km^2
Einwohner im Einzugsgebiet	ca.	1 Mio.
Mittlere Abflussmenge (1904–1980)		240 m^3/s
Theoretische mittlere Wassererneuerungszeit	ca.	60 Tage