

# Primärproduktionsmessungen in den Donaustauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee nach der C-14-Methode

A. FRANTZ und J. SAS-HUBICKI

## 1. Einleitung und Problemstellung

Stauräume stellen stets einen Eingriff in den natürlichen Stoffhaushalt eines Fließgewässers dar. Im Hinblick auf die bereits bestehenden Staustufen an der Donau und auf die in naher Zukunft zu erwartenden Veränderungen durch den geplanten Ausbau von Kraftwerksketten einschließlich Kernkraftwerken ist mit bleibenden thermischen, lichtklimatischen, strömungsmäßigen und daher auch mit Veränderungen der derzeitigen biologischen Verhältnisse zu rechnen. Die Bestandsaufnahme und ständige Kontrolle des Eutrophierungszustandes der Donau scheint deshalb unerlässlich. Neben den konventionellen biologischen und chemischen Überwachungsmethoden bieten gerade Primärproduktionsuntersuchungen nach der äußerst empfindlichen C-14-Methode von STEEMANN NIELSEN (11) eine gute Ergänzung zur Erfassung des jeweiligen biologischen Charakters eines Gewässers. Diese Erwägung führte auch dazu, daß von Oktober 1970 bis Juli 1972 eine Reihe von Primärproduktionsmessungen in den Donaustauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee nach der C-14-Methode durchgeführt wurden.

Von den auf österreichischem Boden errichteten 4 Staustufen an der Donau weisen die aneinander anschließenden Stauräume Ybb-Persenbeug (Stromkilometer 2.060,4) und Wallsee (Stromkilometer 2.094,5) den Vorteil auf, daß im erstgenannten Stauraum wegen des bereits 1958 erfolgten Vollstaues mit einem abgeschlossenen biologischen Stabilisierungsprozeß gerechnet werden kann; im Stauraum Wallsee, der erst seit 1968 voll aufgestaut ist, könnten dagegen noch weitere Veränderungen stattfinden.

## 2. Methodik

Bei allen Untersuchungen wurden sowohl in situ-Messungen als auch Parallelversuche im Lichtthermostaten (Inkubator) bei einer konstanten

Beleuchtungsstärke von rund 4.000 lux vorgenommen. Die Entnahme der Planktonproben aus verschiedenen Wassertiefen zwischen 0 und maximal 15 m — entsprechend dem Einstau — erfolgte im allgemeinen mit einem Ruttner-Wasserschöpfer (21). Da aber in den Donaustauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee noch eine genügend hohe Fließgeschwindigkeit (0,4 bis 2,0 m/s) herrscht, der Schwebestoffgehalt relativ hoch ist und der Photosyntheseprozess deshalb vorwiegend in den oberflächennahen Schichten bis zu etwa 1,5 m Tiefe verläuft, sind zur besseren Differenzierung teilweise auch Wasserproben mit Hilfe einer Schlauchpumpe aus 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0 und 1,5 m gezogen worden. Sowohl für die in-situ- als auch für die Inkubator-Untersuchungen wurden je 100 ml dieser Wasserproben nach STEEMANN NIELSEN (11) parallel in Hell- und Dunkelflaschen abgefüllt, mit je  $3 \mu\text{Ci}$  C-14 in Form einer sterilen Natriumbicarbonatlösung versetzt und sodann die jeweils entsprechenden Hell- und Dunkelfläschchen einerseits anfänglich über einen Ausleger mittels einer Schnur, später an einer Bojenkette hängend, in den zugehörigen Wassertiefen und andererseits im Lichtthermostaten für je 4 Stunden (möglichst von 10 bis 14 Uhr) exponiert.

Vorversuche über die Abhängigkeit der Primärproduktion von der zugesetzten C-14 Menge und der Expositionszeit hatten nämlich für die in der Donau durchschnittlich vorhandene Planktonmenge  $3 \mu\text{Ci}$  C-14 als optimale Aktivität und 2 bis 4 Stunden als günstigste Expositionsdauer ergeben. Die Dunkelflaschen waren zusätzlich mit einer Aluminiumfolie umhüllt, um gleichzeitig jeden Lichteinfall sowie eine eventuelle Aufwärmung der Proben zu vermeiden. Hinsichtlich des Lichtthermostaten, der in der Bundesanstalt angefertigt und mit Leuchtröhren von Osram, Type L 20 W/30, ausgestattet worden ist, war — wie bereits erwähnt — eine Beleuchtungsstärke von rund 4.000 lux bei einer gleichmäßigen Ausleuchtung von jeweils 16 Probeflaschen gewährleistet.

Wie aus der Literatur bekannt (13, THOMAS W. H. u. a.) und auch eigene Messungen bestätigt haben, kann die Beleuchtungsstärke von 4 klux als sehr günstige Lichtbedingung für die Primärproduktion von Plankton angesehen werden. Ein weiterer wesentlicher Faktor für die Photosynthese ist die Temperatur. Prinzipiell läßt sich die gewünschte Temperatur im vorliegenden Inkubator durch Belüftung oder Wasserumlauf einstellen. Bei den nachfolgend beschriebenen Versuchen wurde aus Vergleichsgründen eine Temperatur zwischen 26 bis 28° C eingehalten, die besonders für Grünalgen (7, MOUNT J. D.) als optimal anzusprechen ist.

Unmittelbar nach Beendigung der Exposition wurde jede Planktonprobe über ein Membranfilter (SARTORIUS) von 50 mm  $\varnothing$  und 0,45  $\mu$

Porenweite abfiltriert, der Filtrerrückstand zur Entfernung adsorbierter anorganischer Kohlenstoffverbindungen mit schwacher Salzsäurelösung (von ca. 0,01%) nachgewaschen, mit Hilfe eines Klebemittels (UHU-STIC) die Filter auf Zählschälchen von 60 mm Ø aufgebracht, dann die Proben mit Formaldehyd fixiert und bei Zimmertemperatur im Abzug getrocknet. Die C-14-Aktivität der Proben, die ein Maß für die Primärproduktion (12, STEEMANN NIELSEN) darstellt, ist zur Vermeidung eventueller Verluste durch chemische Zerfallsprozesse sofort nach Trocknung der Proben in einem in Antikoinzidenz geschalteten Methandurchflußzähler AKM 60 X02 der Firma FRIESEKE & HOEPFNER ausgemessen worden. Die Abfüllung der Ampullen mit je 3  $\mu\text{Ci}$  C-14 in Form von nahezu trägerfreier aktiver steriler  $\text{NaHCO}_3$ -Lösung erfolgte vom Institut für Radiumforschung und Kernphysik in Wien. Zur Eichung der relativen Ampullenaktivität bediente man sich der Methode von GÄCHTER (3).

Als Berechnungsgrundlage für die Menge des während der Expositionszeit (4 Stunden) assimilierten Kohlenstoffes in  $\text{mg}/\text{m}^2$  diente die Formel

$$C_{\text{ass}} \text{ mg}/\text{m}^2 = \frac{1,06 \quad a \quad b \quad 1.000}{c}$$

In dieser Formel bedeuten

- a = die während der Expositionszeit von 4 Stunden fixierte Aktivität unter  $1 \text{ m}^2$  Wasseroberfläche über das gesamte produktive Tiefenprofil, angegeben als Nettoimpulsrate (Hellwerte abzüglich Dunkelwerte) in  $\text{cpm}^*$ ;
- b = gesamter anorganischer Kohlenstoff in  $\text{mg}/\text{l}$ , berechnet aus dem Säurebindungsvermögen;
- c = zugefügte relative Ampullenaktivität in  $\text{cpm}$ .

Der Faktor 1,06 berücksichtigt die Korrektur für den Isotopeneffekt, da C-14 bei der Assimilation um etwa 6% langsamer als C-12 eingebaut wird und der Faktor 1.000 ergibt sich aus der Umrechnung von  $1 \text{ l}$  auf  $1 \text{ m}^3$ .

Die Bestimmung der innerhalb von 4 Stunden fixierten Aktivität je Flächeneinheit des Stauraumes über das gesamte produktive Tiefenprofil erfolgte durch graphische Integration der Primärproduktionskurven, die an Hand der Nettozählraten (Hellassimilation abzüglich Dunkelassimilation) für die ausgemessenen Tiefen für die ganze trophogene Säule unter

\*)  $\text{cpm} = \text{counts per minute} = \text{Impulse pro Minute}$ .

1 m<sup>2</sup> Wasseroberfläche erstellt wurden; die Primärproduktionskurven, die dem Produkt aus produktiver Tiefe mal mittlerer Impulszahl flächengleich sind, wurden gravimetrisch ausgewertet.

Schließlich wurde der Versuch unternommen, die assimilierte Menge an mg Kohlenstoff pro m<sup>2</sup> und Versuchstag abzuschätzen, wobei sich jedoch die Autoren völlig über die Schwächen und Unzulänglichkeiten der verschiedenen Berechnungsmethoden klar sind. Die hierfür nötigen Photometermessungen konnten allerdings aus arbeitstechnischen Gründen bisher nur diskontinuierlich mit Deck- und Unterwasserphotometer durchgeführt werden, welche mit Weston-Photozellen (Se) ausgestattet sind. Infolge der freundlichen Mithilfe der Herren Dr. MOTSCHKA O. und WESSELY E. von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, denen an dieser Stelle herzlich gedankt sei, war es jedoch möglich, diese Werte durch die Meßergebnisse der Globaleinstrahlung (in cal/cm<sup>2</sup>) für die zugehörigen Expositionstage und Expositionszeiten (4 Stunden) zu ergänzen. Nun erfaßt zwar die Messung der Globaleinstrahlung mittels eines Sternpyranometers einen Wellenlängenbereich von etwa 300 bis 3.000 nm, während der für die Photosynthese wirksame Bereich nur von etwa 300 bis 700 nm reicht; da aber der energetische Anteil der Strahlung über 1.000 nm weniger als 5% beträgt, wurde eine Abschätzung der Tagesprimärproduktion unter Berücksichtigung des Verhältnisses Gesamtglobaleinstrahlung am Expositionstag und Globaleinstrahlung für die Expositionszeit vorgenommen.

Alle Analysen zur Bestimmung des anorganischen Gesamtkohlenstoffes hat die Abteilung Chemie der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung in Wien gemacht, bzw. wurden diese Daten für die ersten Versuchsreihen aus den seit 10 Jahren für diese Stauräume zur Verfügung stehenden SBV- und pH-Werten ermittelt. Eine Serie von Primärproduktionsmessungen ist außerdem durch qualitative Planktonuntersuchungen ergänzt worden.

### 3. Messungen im Lichtthermostaten (Inkubator)

Von der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung in Wien wurden die ersten systematischen Primärproduktionsuntersuchungen mittels der C-14-Methode am 2. 10. 1970 im Stauraum Ybbs-Persenbeug vorgenommen und zunächst die Proben in den Hell- und Dunkelfläschchen nur im Inkubator ausgewertet, um eine erste allgemeine Orientierung über das Verhalten der Produktionsfähigkeit des Planktons im Längs- und Tiefenprofil für ein Fließgewässer bzw. einen Flußstau zu erhalten. Einerseits erfolgte deshalb die Entnahme nahe

der Stauwurzel (km 2.093) und in der Strommitte aus 0 und 3 m Tiefe, andererseits nahe dem Stauziel (km 2.061) aus 0, 3, 5 und 10 m Tiefe. Sowohl für die Bruttozählraten (Hellwerte) als auch für die Nettozählraten (Hellwerte abzüglich Dunkelwerte) aller im Lichtthermostaten exponierten Proben waren für beide Serien jeweils nahezu gleiche Werte zu beobachten. Die größte Differenz zwischen sämtlichen Bruttozählraten, aber auch zwischen sämtlichen Nettozählraten für diesen Tag betrug maximal  $\pm 8\%$ , wobei in dieser Schwankungsbreite noch sämtliche Fehlerquellen arbeits- und meßtechnischer Art inbegriffen waren. Da auch die klimatischen Bedingungen vor und zur Entnahmezeit sehr konstant waren, ließen obige Ergebnisse bereits darauf schließen, daß innerhalb eines Stauraumes und auch in verschiedenen Wassertiefen zu einem gegebenen Zeitpunkt keine bedeutenden Unterschiede hinsichtlich Planktonmenge vorhanden sein konnten. Im Jahre 1971 wurden nun, wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, diese Versuchsreihen in den Monaten Mai, Juni, Juli, August und Oktober für beide Stauräume Ybbs-Persenbeug und Wallsee und zwar jeweils nahe dem Stauziel fortgesetzt. Dabei ergab sich abermals die Tatsache, daß Proben, die aus verschiedenen Tiefen innerhalb einer Versuchsreihe stammten, nach 4 Stunden Expositionszeit im Lichtthermostaten bei 4.000 lux praktisch stets dieselbe Nettozählrate aufwiesen; die maximalen Differenzen zwischen den Nettozählraten innerhalb einer Versuchsreihe lagen auch hier bei  $\pm 8\%$ . Dies deutet darauf hin, daß in einem gegebenen Tiefenprofil überall dieselbe produktive Planktonmenge vorhanden war. Bei Messungen, die an aufeinanderfolgenden Tagen in den beiden Stauräumen getätigt worden waren, konnten weiters nur relativ wenig unterschiedliche Werte für die produktive Planktonmenge errechnet werden.

Dieser Umstand kommt klar in der drittletzten Spalte von Tabelle 1 zum Ausdruck, wo die mittleren Nettozählraten für jede im Inkubator getestete Versuchsreihe angeführt sind.

Hingegen waren zwischen Untersuchungen, die nach längeren Zeitabschnitten, z. B. nach einem Monat erfolgten, schon größere Unterschiede für die Nettoimpulsraten und damit für die produktive Planktonmasse zu beobachten. Aus Tabelle 1 ist beispielsweise zu entnehmen, daß für den Stauraum Ybbs-Persenbeug am 30. 6. 1971 rund 20.000 cpm je Probe gemessen worden sind; in Wallsee hat man für die Parallelversuche am darauffolgenden Tag, dem 1. 7. 1971, im Mittel ähnliche Werte, und zwar rund 17.000 cpm je Probe als Nettozählrate gefunden; am 12. 8. 1971, nach mehr als einem Monat, wurden dagegen nur 7.200 cpm gemessen. Hervorzuheben ist jedoch, daß im gesamten Unter-

suchungszeitraum schon sehr beträchtliche Unterschiede in den Nettozählraten von etwa 3.300 cpm (26. 7 1972 — Wallsee) bis zu 23.500 cpm (24. 5. 1972 — Wallsee) aufgetreten sind. Da nun die Nettoimpulsraten bei der C-14-Methode ein Maß für die Menge des assimilierten Kohlenstoffes darstellen, bedeutet dies, daß die Produktivität der vorhandenen Planktonmasse zeitlich großen Schwankungen unterworfen ist.

Tabelle 1

Übersichtliche Zusammenstellung der Primärproduktionsuntersuchungen in den Stauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee und deren Ergebnisse bei Lichtthermostaten- und in situ-Versuchen

Stauraum	Entnahmezeit	Wasserführung in m <sup>3</sup> /s	Global- einstrahlung		Wasser- temperatur in °C	Nettozählrate in cpm/4 Std. bei 4.000 lux	mg C <sub>ass</sub> m <sup>2</sup> 4 Std.		mg C <sub>ass</sub> /m <sup>2</sup> d
			in cal/cm <sup>2</sup> u. 4 Std. Exp.	in cal/cm <sup>2</sup> d			—	—	
Ybbs-Psbg., SW	2. 10. 70	1.540	35,0	61,4	12,5	10.879	—	—	
Ybbs-Psbg., SZ	2. 10. 70	1.540	35,0	61,4	12,5	11.214	—	—	
Ybbs-Psbg., SZ	24. 5. 71	1.642	198,8	595,1	17,1	17.252	148,0	443,3	
Wallsee, SZ	25. 5. 71	1.682	236,9	547,5	16,8	14.753	304,0	702,5	
Ybbs-Psbg., SZ	30. 6. 71	2.298	65,4	262,8	16,0	20.000	108,3	435,2	
Wallsee, SZ	1. 7. 71	2.343	23,5	83,2	15,1	17.032	160,7	568,7	
Ybbs-Psbg., SZ	11. 8. 71	1.187	244,0	449,1	20,2	6.050	86,0	184,1	
Wallsee, SZ	12. 8. 71	1.278	66,8	234,3	20,4	7.241	33,7	118,2	
Ybbs-Psbg., SZ	19. 10. 71	914	141,8	275,0	10,9	8.887	49,8	96,5	
Wallsee, SZ	20. 10. 71	932	136,8	222,1	10,3	8.217	204,3	331,8	
Wallsee, SZ	24. 5. 72	1.432	252,9	541,1	13,9	23.543	768,1	1.643,0	
Wallsee, SZ	26. 7. 72	2.060	55,9	121,2	18,1	3.315	55,4	120,2	

SW = nahe der Stauwurzel

SZ = nahe dem Stauziel

#### 4. In situ-Untersuchungen in den Stauräumen

Während der Jahre 1971 und 1972 wurden parallel zu den Inkubatoruntersuchungen auch in situ-Primärproduktionsmessungen in den Stauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee durchgeführt. Hierbei hat sich

im Gegensatz zu Seeuntersuchungen (1, 2, 4, 8, 9, 10, 15) generell gezeigt, daß infolge der relativ starken Trübung die Primärproduktion in der Donau mit zunehmender Tiefe rasch abnimmt. Die maximale Primärproduktion trat in der Untersuchungszeitspanne zwischen 0 und 0,5 m Tiefe auf. Aus den gleichzeitig verfügbaren Meßergebnissen von Deck- und Unterwasserphotometer ging hervor, daß für die in-situ Experimente 4.000 lux offensichtlich eine optimale Beleuchtungsstärke darstellten und diese — in Abhängigkeit vom Wetterzustand — im allgemeinen zwischen 0 und 0,5 m Tiefe vorzufinden war.

Die Ergebnisse für den Stauraum Ybbs-Persenbeug sind einerseits in Tabelle 1 zusammengestellt und außerdem in Kurvenform im Hinblick auf die gemessenen Nettoimpulsraten in Abb. 1 wiedergegeben. Aus Abb. 1 läßt sich erkennen, daß die Kurvenform und damit der Zusammenhang zwischen Primärproduktion und Tiefe vorwiegend durch das vorhandene Lichtklima bestimmt wird. Je nach Wetterlage schwankte die produktive Tiefe zwischen 4 und 7,8 m. Abgesehen davon differierten die für verschiedene Jahreszeiten eruierten Meßwerte nicht allzu stark; so schwankte die Nettoimpulsrate für 0,5 m Tiefe für den Stauraum Ybbs-Persenbeug zwischen 915 (19. 10. 1971) und 1.742 cpm (30. 6. 1971). Die korrespondierenden Primärproduktionswerte reichten für 4 Stunden Expositionszeit von 49,8 mg  $C_{ass}/m^2$  (19. 10. 1971) bis 148,0 mg bzw. variierten sie unter Berücksichtigung der jeweiligen Tagesglobaleinstrahlung zwischen 96,5 mg  $C_{ass}/m^2 \cdot d$  und 443,3 mg  $C_{ass}/m^2 \cdot d$ , was in guter Übereinstimmung mit der zugehörigen Lichtenergie und auch der Wassertemperatur steht.

Für den Stauraum Wallsee zeigten die Primärproduktionskurven — wie aus Abb. 2 hervorgeht — für die verschiedenen Versuchstage zwar wieder eine ähnliche Form, doch waren die Schwankungen sowohl hinsichtlich der gemessenen Nettoimpulsraten wie auch der errechneten Assimilationswerte wesentlich größer. Beispielsweise differierten die Nettoimpulsraten für 0,5 m Wassertiefe (Abb. 2) zwischen 410 cpm am 26. 7. 1972 und maximal 12.229 cpm am 24. 5. 1972. Die größten Unterschiede in den Assimilationswerten, bezogen auf eine 4stündige Expositionszeit, wurden mit 33,7 mg  $C_{ass}/m^2$  am 12. 8. 1971 und maximal 168,1 mg  $C_{ass}/m^2$  am 24. 5. 1972 festgestellt. Bezogen auf den jeweiligen Versuchstag variierten die Meßergebnisse — wie Tabelle 1 zeigt — von 118,2 mg  $C_{ass}/m^2 \cdot d$  bis 1.643 mg  $C_{ass}/m^2 \cdot d$ . Diese Werte stimmen gut mit den bei Inkubatorversuchen gewonnenen Ergebnissen überein, wo ebenfalls für den 24. 5. 1972 eine maximale Nettozählrate von 23.543 cpm beobachtet wurde. Außerdem liegt erwartungsgemäß

auch eine gute Übereinstimmung zwischen Primärproduktion und Strahlungsenergie vor; am 12. 8. 1971 wurde bei 4stündiger Expositionszeit eine Assimilation von nur 33,7 mg  $C_{ass}/m^2$  gemessen, allerdings war die Globaleinstrahlung während dieser Zeit mit 66,8 cal/cm<sup>2</sup> gleichfalls sehr gering. Am 24. 5. 1972 dagegen betrug der Assimilationswert bei 4stündiger Exposition 768,1 mg  $C_{ass}/m^2$  und die entsprechende Globaleinstrahlung erreichte immerhin 252,9 cal/cm<sup>2</sup>. Möglicherweise sind die großen Schwankungen in der Primärproduktion für den Stauraum Wallsee u. a. damit zu erklären, daß oberhalb noch keine durchgehende Kraftwerkskette besteht und daher stärkere Trübungsänderungen vorhanden sind als im Stauraum Ybbs-Persenbeug. Die produktive Tiefe bewegt sich nach den Unterwasserphotometermessungen im Stauraum Wallsee zwischen 3 und 7 m.

Um einen Einblick in die sehr problematische Frage des Einflusses der Expositionszeit auf die daraus extrapolierte Tagesprimärproduktion bei in-situ Messungen im Fließgewässer zu gewinnen, wurden zusätzlich parallel 2 Versuchsreihen mit verschiedener Expositionszeit gemacht. Aus arbeitstechnischen Gründen wurden diese Experimente aber nicht in den Stauräumen selbst, sondern in der Donau bei Wien, Stromkilometer 1.927,5, und zwar im Bunenschatten durchgeführt, um etwas verminderte Fließgeschwindigkeiten zu simulieren. Bei diesen Experimenten am 20. 7. 1972 sind die Wasser- bzw. Planktonproben einerseits kurz vor Sonnenaufgang entnommen und von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang und andererseits — wie sonst üblich — nur für 4 Stunden (von 10 bis 14 Uhr) in Tiefen von 0, 0,25, 0,50, 0,75, 1,0 und 1,50 m exponiert worden; entsprechende Photometermessungen liegen ebenfalls vor. Die aus den Nettoimpulsraten (Hellwerte abzüglich Dunkelwerte) ermittelten Assimilationskurven sind in Abb. 3 dargestellt und vermitteln für den Ganztagesversuch recht eindrucksvoll die Verschiebung des Produktionsmaximums knapp unter die Wasseroberfläche; dies dürfte auf die anscheinend für die Primärproduktion doch recht wirksame wenn auch energiearme Strahlung zu Tagesanfang und Tagesende zurückzuführen sein. Von Interesse ist ferner, daß das Verhältnis der Primärproduktion für 4 Stunden und den gesamten Versuchstag, das aus dem Quotienten der entsprechenden Flächenintegrale für die Produktionskurven mit 2,85 berechnet wurde, einigermaßen gut im Einklang mit der Relation für die entsprechenden Globaleinstrahlungswerte von 564,5 und 241,2 cal/cm<sup>2</sup>, d. h. mit dem daraus resultierenden Wert von 2,34 steht.

Im Zusammenhang mit der Versuchsserie vom 26. 7. 1972 wurden — wie bereits angedeutet — auch qualitative biologische Planktonbestim-

mungen vorgenommen. Die dabei aus dem Stauraum Wallsee aus verschiedenen Tiefen geschöpften Wasserproben enthielten vorherrschend folgende Planktonarten:

an Chlorophyceen: *Protococcales* und *Scenedesmus quadricauda*,  
an Diatomeen: *Asterionella formosa*, *Cyclotella chaetoceras* und *Cyclotella operculata*.

#### 5. Diskussion der Meßergebnisse und Vorschläge für die allgemeine Überwachung des Gewässerzustandes der Donau mittels der Primärproduktion

Erwartungsgemäß war in den getesteten Stauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee stets eine gute Durchmischung des Donauwassers und damit auch des Planktons vorzufinden. Deshalb traten während der Entnahmezeit der Proben praktisch auch keine markanten Unterschiede hinsichtlich der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers wie Temperatur, pH-Wert, etc. im Bereich der produktiven Tiefe auf. Abgesehen von Menge, Art und Zustand des vorhandenen Planktons sowie des oben angeführten Chemismus und der Temperatur des Wassers wirkte sich vor allem ein Faktor — nämlich das Lichtklima — entscheidend auf die Primärproduktion aus. Wie schon aus diesen Erwägungen, aber auch aus den zahlreichen Arbeiten vieler Autoren (2, 5, 8, 9, 14) über die Primärproduktion — vorwiegend an Seen — hervorgeht, können die Resultate bei in-situ Messungen daher nur Momentanzustände des Planktons angeben, die von der jeweils herrschenden und sehr veränderlichen Wetterlage sowie vom Lichtklima während der Expositionszeit beeinflußt sind. Da in den Stauräumen infolge der Fließbewegung eine Schichtung des Planktons fehlt, innerhalb kurzer Zeitabstände also dauernd Veränderungen des limnischen Gewässerzustandes eintreten und Kurzzeitmessungen sowie die daraus extrapolierten Tagesproduktionen — auf welche Weise die Extrapolation auch erfolgen mag — sehr viele Fehlerquellen einschließen (13), wäre für eine absolute Bestimmung der Primärproduktion in Stauräumen eine kontinuierliche Messung der Produktionsrate erforderlich. Geeignete Geräte hierfür wurden bereits entwickelt und in einigen Fällen kontinuierliche Primärproduktionsuntersuchungen auch schon durchgeführt (6, MOTT).

Bei Inkubator-Untersuchungen fällt der Einfluß des ständig wechselnden Lichtklimas weg und es wird die gegebene Produktionsfähigkeit des Planktons unter konstanten Lichtbedingungen erfaßt. Diese Lichtbedingungen, d. h. die Beleuchtungsstärke wie auch den Wellenlängenbereich,

kann man dort durch zusätzliche, geeignete Filter im gewünschten Umfang einstellen.

Für allgemein gültige und vergleichbare Aussagen über die Primärproduktion bzw. die Produktionsfähigkeit des Planktons in der Donau und deren Beeinflussung, insbesondere durch Stauräume, aber auch generell durch Abwässer und thermische Belastung, wäre das parallele Studium der Primärproduktion mittels der C-14 Methode an verschiedenen, markanten Stellen der Donau, im In- und Ausland erstrebenswert. Dazu würden sich bevorzugt Inkubatoruntersuchungen eignen, wobei die Lichtthermostate sowohl hinsichtlich Beleuchtungsstärke, Lichtfilter und Temperatur vereinheitlicht werden müßten und gleiche Entnahmezeiten und und Expositionsdauer zu beachten wären.

Auf diese Weise könnte man im gesamten Donaubereich zu vergleichbaren Angaben über die Eutrophie des Gewässers und die Produktionsfähigkeit des Planktons kommen.

## 6. Zusammenfassung

Die Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung in Wien hat vom Oktober 1970 bis Juli 1972 eine Reihe von Primärproduktionsuntersuchungen mittels der C-14-Methode in den Donaustauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee durchgeführt. Hierzu wurden die Proben parallel im Lichtthermostat wie auch in-situ exponiert. Aus den Werten für die Inkubatoruntersuchungen, die bei konstanter Beleuchtungsstärke von 4.000 lux durchgeführt worden sind, ließen sich verhältnismäßig gute Aussagen über die für die Versuchstage charakteristische Produktionsfähigkeit des Planktons machen. Die in-situ Messungen zeigten dagegen infolge der starken Abhängigkeit von den jeweils vorherrschenden und häufig wechselnden lichtklimatischen Bedingungen große Unterschiede in den Meßwerten; für den Stauraum Ybbs-Persenbeug variierten die für 4 Stunden Expositionszeit ermittelten Produktionswerte zwischen 49,8 und 148 mg  $C_{ass}/m^2$ , bzw. lagen die aus der Global einstrahlung für den jeweiligen Versuchstag berechneten Werte in einem Bereich zwischen 96,5 und 443,5 mg  $C_{ass}/m^2$ . d; im Stauraum Wallsee schwankten die entsprechenden Werte zwischen 33,7 und 768,1 mg  $C_{ass}/m^2$  bzw. zwischen 118,2 und 1.643,0 mg  $C_{ass}/m^2$ . d. Obwohl die C-14-Methode an sich sehr zuverlässig und empfindlich — besonders für schwach durchleuchtete und planktonarme Gewässer — ist, schließt die Berechnung der Tagesprimärproduktion aus in-situ Versuchen bei beliebiger Expositionszeit, auf welche Weise sie auch immer erfolgt, gewisse

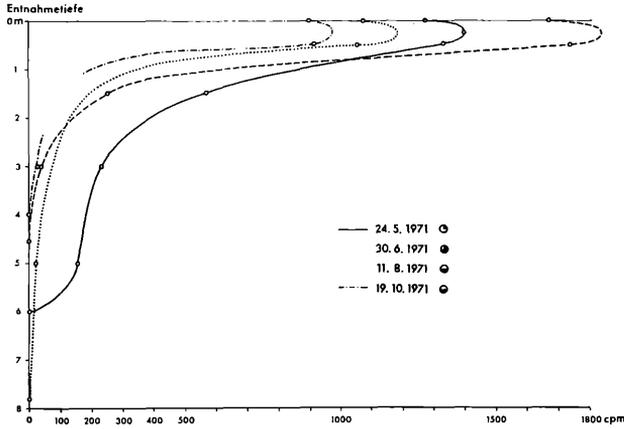


Abbildung 1  
Stauraum Ybbs-Persenbeug  
Primärproduktionsraten

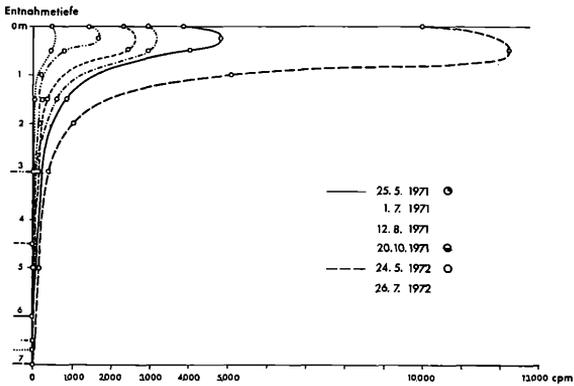


Abbildung 2  
Stauraum Wallsee  
Primärproduktionsraten

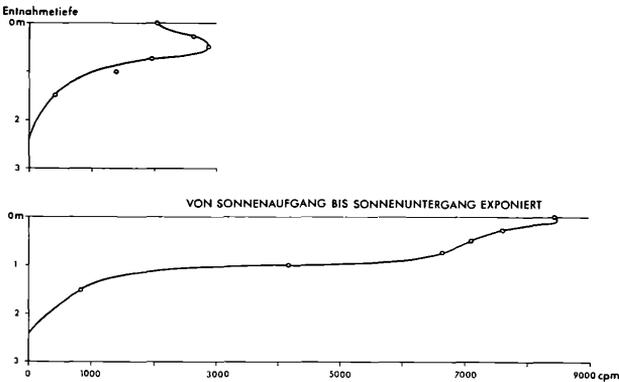


Abbildung 3  
Donau — Wien  
Primärproduktionsraten

Fehlerquellen ein. Es wird der Vorschlag gemacht, die Messungen zur Feststellung der Produktionsfähigkeit des Planktons zwecks besserer Vergleichbarkeit der Werte allgemein in den einzelnen Donauländern in genormten Lichtthermostaten unter vereinheitlichten Bedingungen durchzuführen.

#### L i t e r a t u r

1. ELSTER, H. J. (1965): Absolute and Relative Assimilation Rates in Relation to Phytoplankton Populations. — Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 18 Suppl.: 77—103, Pallanza.
2. FINDENEGG, I. (1964): Types of planktic primary production in the lakes of the Eastern Alps as found by the radioactive carbon method. — Verh. Internat. Verein. Limnol., XV, 352—359, Stuttgart.
3. GACHTER, R. (1968): Bestimmung der Primärproduktion mit Hilfe der C-14-Methode — Methoden zur Untersuchung von Binnengewässern. — Limnol. Abt. EAWAG, 1—10, Dübendorf.
4. — (1968): Phosphorhaushalt und planktische Primärproduktion im Vierwaldstättersee (Horwer Bucht). — Vol. 30 Fasc. 1, 1—66, Basel.
5. IVATIN, A. V. (1966): Primary Production and Destruction of Organic Matter in Kujbyshev Reservoir. — Akad. d. Wissen. d. USSR, Biologija Wnutriennich, Wod 8, 15—19, Leningrad.
6. MOTT, W. E. (1970): Isotopic Techniques in the Study and Control of Environmental Pollution. — Nuclear Techniques in Environmental Pollution Proc. IAEA — SM — 142 a/1, 19, Wien.
7. MOUNT, J. D. (1969): Statement in Hearings on Environmental Effects of Producing Electric Power. — U. S. Gov. Print. Office, Part. 1, 357.
8. OHLE, W. (1961): Tagesrhythmen der Photosynthese v. Planktonbiocoenosen. — Verh. Internat. Verein. Limnol., XIV, 113—119.
9. RODHE, W. (1958): Primärproduktion und Seetypen. — Verh. internat. Ver. Limnol., XIII, 121—141.
10. — (1965): Standard Correlations between Pelagic Photosynthesis and Light. — Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 18 Suppl.: 365—381, Pallanza.
11. STEEMANN NIELSEN, E. (1952): The Use of Radioactive Carbon (C-14) for Measuring Organic Production in the Sea. — J. du Cons., 18, 117—140.
12. STEEMANN NIELSEN, E., HANSEN, V. K. (1959): Measurements with the Carbon-14 Technique of the Respiration Rates in Natural Populations of Phytoplankton. — Deep-Sea Research, Vol. 5, 222—223, London.
13. THOMAS, W. H. (1961): Physiological Factors Affecting the Interpretation of Phytoplankton Production Measurements. — Proceedings of the Conference on Primary Productivity Measurement, Marine and Freshwater, 147—162.
14. VOLLENWEIDER, R. A. (1971): Primary Production in Aquatic Environments. — IBP Handbook No. 12, Blackwell Scientific Publications, Oxford 1—213.
15. SAS-HUBICKI, J. (1971): Unveröffentlichte Ergebnisse über Primärproduktionsmessungen im Zeller See.

Anschrift der Verfasser: Oberrat Dr. Anny FRANTZ und Dipl.-Ing. Julius SAS-HUBICKI, beide Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, Schiffmühlenstraße 120, A - 1223 Wien.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1972-1973

Band/Volume: [1972-1973](#)

Autor(en)/Author(s): Frantz Anny, Sas-Hubicki J.

Artikel/Article: [Primärproduktionsmessungen in den Donaustauräumen Ybbs-Persenbeug und Wallsee nach der C-14-Methode 15-26](#)