Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern
Band: 57 (2000)

Artikel: Ökologie des Bielersees
Autor: Tschumi, Pierre-André
Kapitel: 16: Messungen und Hochrechnungen unter der Lupe
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-318631

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

- Die Salmpopulationen des Pazifik und der kanadischen Flüsse erlitten ein ähnliches Schicksal: Nach Beginn der Befischung um 1880 erreichten die Erträge 1936 180 000 Tonnen. Dann aber folgte ein bis 1975 anhaltender Rückgang auf 20 000 Tonnen [64].
- Die Überfischung der Wale: 1953/54 wurden 54 000 Stück, 1964/65 65 000 Individuen (Rekordwert), 1974/75 noch 30 000 und 1978/79 nur noch 10 000 Stück erlegt [132]. Blauwale wurden nach 1966/67 kaum mehr gefangen (1953/54 noch 3000 Stück). Der Rückgang der Fänge erfolgte nicht nur dank (schlecht eingehaltenen) internationalen Schutzabkommen, sondern weil Wale überfischt werden. Wale brauchen 8–12 Jahre, um geschlechtsreif zu werden [10], ihre Tragzeit beträgt 11–16 Monate, und das meist einzige Junge wird mehr als 1 Jahr gesäugt. Wale können sich deshalb viel weniger rasch von Überfischung erholen als Felchen. Die Walfangindustrie dezimiert eine Art nach der andern. Dazu kommt, dass nun auch die Nahrung der Wale, der Krill (s. 11.2.3.1), vom Menschen mehr und mehr genutzt wird.

16. Messungen und Hochrechnungen unter der Lupe

Die meisten Aussagen über den Bielersee stützen sich auf Wasserproben und Messungen, die an der Probestelle Tüscherz-Wingreis erhoben wurden. Wir haben diesen Standort gewählt, weil er an der tiefsten Stelle des Sees liegt. Er war mit einer verankerten Boje gekennzeichnet und konnte auch bei Nebel mit Kompass oder Radar aufgesucht werden. Schon bald stellte sich die Frage: Sind die Ergebnisse der Probestelle Tüscherz repräsentativ für den ganzen See?

16.1 Temperatur

Vom Januar bis Dezember 1972 hat Peter Friedli [36] monatliche Messungen durchgeführt, gleichentags an 4 Probestellen: bei Tüscherz – etwa 2 km östlich der St. Peters-Insel –, im Lüscherzer Becken – und im Neuenstadter Becken. Die Temperaturen der 4 Probestellen waren in entsprechenden Tiefen (soweit vorhanden) ähnlich, wobei zum Beispiel die Temperatur der tiefsten Stelle des Neuenstadter-Beckens (30 m) gleich war wie diejenige der andern Probestellen in gleicher Tiefe. Dies bestätigen Messungen von Urs Pulver [89] an 6 Probestellen entlang einem Seetransekt zwischen Tüscherz–Wingreis und Sutz–Lattrigen. Auch hier variierten die Temperaturen in entsprechenden Tiefen des Transektes nur geringfügig.

Dichteunterschiede von Wassermassen verschiedener Temperaturen sorgen während der Sommerstagnation für horizontale Schichtung im ganzen See. Die bei Tüscherz erhobenen Temperaturen lassen sich somit auf die entsprechenden Tiefen des ganzen Sees übertragen. Bei oder nach starken Winden können zwischen verschiedenen Probestellen Unterschiede durch Sprungschichtneigungen zustandekommen (s. 2.3.2, ferner [83]). Messungen bei Windstille sind somit zuverlässiger als Erhebungen bei oder nach starken Winden.

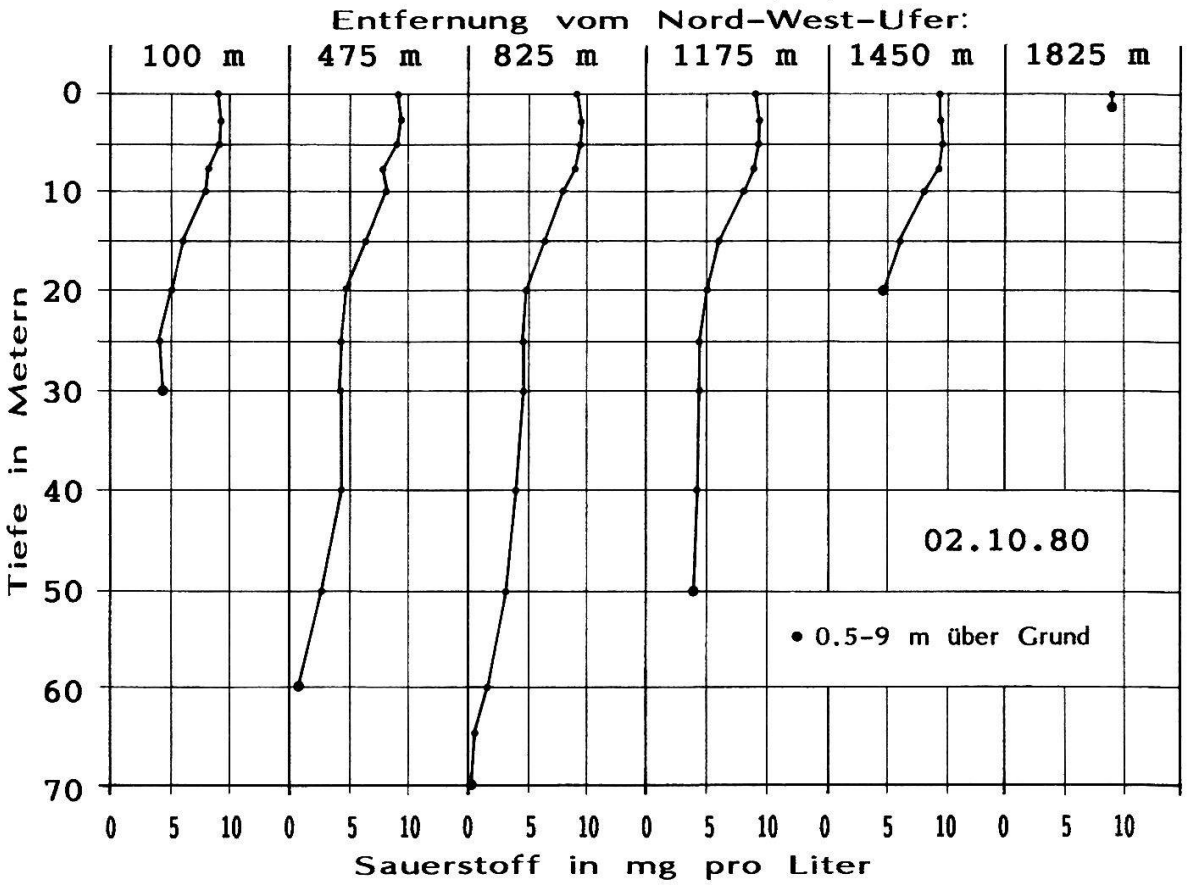

Abbildung 38: Die einem Seetransekt entlang durch URS PULVER [89] gemessenen O_2-Konzentrationen sind in entsprechenden Tiefen sehr ähnlich. Dies zeigt, dass an einer einzigen Probestelle erhobene Werte für den See repräsentativ sind. 825 m vom Nordwestufer liegt unsere Hauptprobestelle «Tüscherz».

16.2 Sauerstoff

16.2.1 Konzentrationen in verschiedenen Tiefen

Die Sauerstoffprofile der unter 16.1 erwähnten Probestellen von PETER FRIEDLI unterscheiden sich ebenfalls nur wenig voneinander. Im Transekt von URS PULVER vom 2.10.1980 *(s. Abbildung 38)* herrschten an der Oberfläche aller 6 Probestellen rund 8 mg/l O_2. In 20 m Tiefe mass er an 5 ausreichend tiefen Probestellen ziemlich genau 5 mg/l O_2, in 30 m Tiefe an 4 Probestellen rund 4,5 mg/l.

Die an der Probestelle Tüscherz erhobenen Konzentrationen können auf die entsprechenden Tiefen des ganzen Sees übertragen werden, wobei auch hier infolge Sprungschicht-Neigungen Unterschiede zwischen Probestellen möglich sind. Extrapolation von einem Standort auf den See sind daher bei Windstille wiederum zuverlässiger als bei oder nach starkem Wind.

16.2.2 Der Sauerstoffgehalt unter dem m^2 Seeoberfläche

Eine simple Hochrechnung auf die ganze Seefläche der bei Tüscherz, zwischen 0 und 70 m, ermittelten Sauerstoffgehalte unter dem m^2 ist nicht möglich. Tiefe Probestellen haben unter dem m^2 Wasserfläche mehr Sauerstoff als seichtere Standorte, trotz der guten Übereinstimmung der O_2-Konzentrationen entsprechender Tiefen. Eine Extrapolation nach Seeoberfläche würde den Sauerstoffgehalt des ganzen Sees massiv überschätzen. Entsprechendes gilt für die bei Tüscherz ermittelten Sauerstoffverluste unter dem m^2 (s. 5.1.3).

50% des gesamten Seeareals sind maximal 30 m tief. Nur 20% sind 50 m tief und mehr, und allein 12% haben Tiefen von 60 m bis 74 m. Dazu kommt, dass die O_2-Konzentrationen vor allem unterhalb 30 m Tiefe stark abnehmen. Erst ab 30 m Tiefe fallen sie unter die kritische 4 mg/l-Grenze *(s. Abbildung 46)*, und sie erreichen nur in 60–74 m Tiefe beinahe 0, das heisst unterhalb 12% der Seefläche. Zum Extrapolieren müssen die Volumina der verschiedenen Tiefenstufen des Sees beigezogen werden.

Peter Friedli [36] hat auf der Karte der Eidgenössischen Landestopografie 1:25 000, Blatt 2404 «Magglingen», die Isobathenflächen des Bielersees ausgemessen und für die Tiefenstufen zwischen 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 und 74 m die Volumina der Wasserschichten berechnet. Im Hinblick auf die Lückenhaftigkeit der Tiefenangaben ergeben seine Messungen Schätzungen, welche für das ganze Seevolumen immerhin den gebräuchlichen Wert von rund 1,2 km^3 ergeben, also realistisch sind. Die so berechneten Volumina der Tiefenschichten figurieren in der *Tabelle 5* unter 5.1.3.

Bei der Hochrechnung von m^2-Werten auf den ganzen See müssen vorerst die mittleren O_2-Gehalte im m^3 jeder Tiefenschicht berechnet werden. Diese werden dann mit dem Volumen der jeweiligen Tiefenschicht multipliziert. Addition der Sauerstoffgehalte (oder -verluste) aller Tiefenschichten ergibt den Gehalt (oder Verlust) des ganzen Sees. Mit dieser Methode wurden die Werte der *Tabellen 3 und 6* sowie der *Abbildungen 13 und 29* gewonnen. Auch die Phosphorgehalte des ganzen Sees (s. 5.2.2.3) wurden so berechnet, mit folgenden Vorbehalten:

16.3 Phosphat und Nitrat

Nach Friedli [36] sind die Phosphatgehalte in entsprechenden Tiefen der Probestellen Tüscherz, Petersinsel und Lüscherz sehr ähnlich. Die Probestelle des Neuenstadter-Beckens weist aber in den Wintermonaten deutlich tiefere Werte auf als die drei andern Probestellen. Das Wasser des Neuenstadter-Beckens stammt zur Hälfte aus dem Neuenburgersee. 1987 bis 1989 konnte Vinzenz Maurer [72] nachweisen, dass die Phosphat-Phosphor-Konzentrationen im Epilimnion des Neuenburgersees in den Wintermonaten tiefer waren als im Bielersee. Ähnliches gilt für die Nitratkonzentrationen. Bezüglich Nährstoffgehalt ist der See nicht ganz homogen. Hochrechnungen von P und N auf den ganzen See sind daher mit Vorsicht zu geniessen.

16.4 Die Inhomogenität des Bielersees bezüglich Herkunft seines Wassers

Hinsichtlich Temperatur und Sauerstoff ist der Bielersee ziemlich homogen. Er ist es weniger mit Blick auf die Nährstoffe. Dies lässt sich auf die Herkunft des Wassers zurückführen. Das Bielerseewasser stammt zu 76,9% aus der Aare, zu 20,6% aus dem Zihlkanal, dem Ausfluss des Neuenburgersees, und zu 2,5% aus der Schüss (s. Fussnote unter 5.2.2.5). Twannbach und weitere kleine Zuflüsse werden vernachlässigt.

JÜRG VON ORELLI [84, 85, 86] hat 1977 an 15 über den ganzen Bielersee gleichmässig verteilten Probestellen *(siehe Abbildung 40)* die relativen Beiträge der beiden Hauptzuflüsse mit Hilfe der Natriumkonzentrationen untersucht. Der Natriumgehalt der Aare ist während der Sommerstagnation wesentlich tiefer (2–2,5 mg/l) als derjenige der Zihl (3,5–4,5 mg/l). Die Zuflüsse schichten sich während der Sommerstagnation im Epilimnion ein. Der Natriumgehalt der verschiedenen Probestellen kann somit den Ursprung des Seewassers in den obersten 10 Metern angeben:

Der Anteil des Zihlwassers beträgt nach VON ORELLI im Neuenstadter Becken 45–51%, am Südufer zwischen dem Einfluss des Aare–Hagneck-Kanals und dem Ausfluss des Nidau-Büren-Kanals 20–27% und im Lüscherzer Becken 28–32%. Das Bielerseewasser ist somit keine homogene Mischung der zwei wichtigsten einfliessenden Wassermassen. Diese verteilen sich ungleichmässig auf den See infolge horizontaler Strömungen, welche durch die Zuflüsse, Erdrotation und Wind bedingt sind. Dies zeigt *Abbildung 39*, welche der sehr aufschlussreichen Arbeit von PAUL NYDEGGER [80] entnommen ist. Nach NYDEGGER und späteren Strömungsmessungen von VON ORELLI [84] fliesst das Aarewasser zunächst in Richtung Biel und von hier, dem Nordufer entlang, bis ins Neuenstadter Becken, welches rund 50% Aarewasser enthält. Das Zihlwasser aus dem Neuenburgersee wiederum wird bis weit ins Lüscherzer Becken verfrachtet. Der grosse Rechtswirbel bei der Einmündung des Aare-Hagneck-Kanals wird durch die Erdrotation verursacht. Unsere Hauptprobestelle bei Tüscherz liegt im Zentrum eines strömungsbedingten linksdrehenden Wirbels des Hauptbeckens und ist mit 25% Zihlwasser und 75% Aarewasser ziemlich repräsentativ für den See.

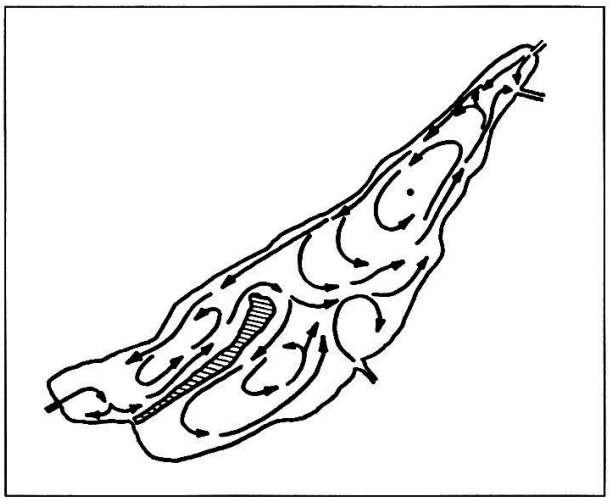

Abbildung 39: Die durch PAUL NYDEGGER [80] nachgewiesenen horizontalen Strömungen im See zeigen, dass bei Probenahmen am gleichen Standort von Tag zu Tag in verschiedenen Wasserkörpern gemessen wird. Temperatur und O_2-Gehalt werden dadurch weniger tangiert als Nährstoffe und Algenparameter *(s. Abbildung 40)*. Unsere Hauptprobestelle Tüscherz-Wingreis (Punkt) liegt mitten im Linkswirbel des Hauptbeckens.

16.5 Die Chlorophyllkonzentrationen an 15 Probestellen

An seinen 15 Probestellen hat VON ORELLI auch den Chlorophyllgehalt des Wassers zwischen 0 und 10 m gemessen *(siehe Abbildung 40)*. Dieser ist während der Stagnation von Probestelle zu Probestelle leicht verschieden mit mittleren Konzentrationen von 9,3 bis 11,6 mg/m³. Die Chlorophyllkonzentrationen als Indikatoren der Algenbiomasse zeigen an den meisten Standorten ein Frühjahrsmaximum, ein deutliches Juniloch (s. 7.2.4, 10.1.1, 12.3.2.2, 12.4) und 1 bis 4 sukzessive Maxima an. Unsere Hauptprobestelle bei Tüscherz wird als repräsentativ für den ganzen See beurteilt. Angesichts der horizontalen Wasserströmungen ist es wichtig, möglichst häufig an derselben Probestelle zu messen.

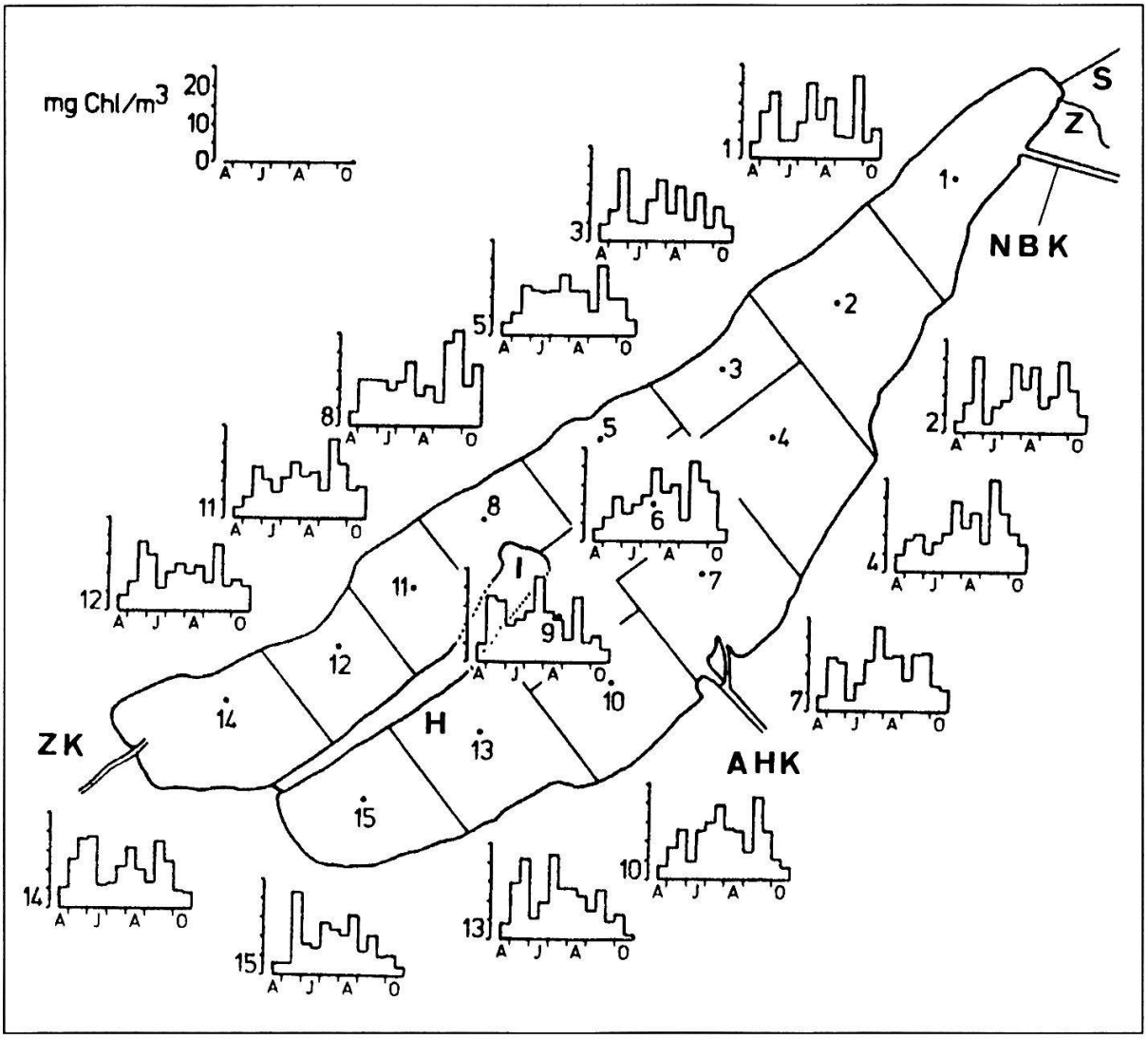

Abbildung 40: Die Chlorophyllkonzentrationen in mg/m³ an 15 Probestellen des Bielersees. Jede Probestelle ist als Punkt dargestellt. Nr. 2 ist unsere Hauptprobestelle bei Tüscherz. Die Konzentrationen stammen von Mischproben aus 0–10 m Tiefe. Sie wurden alle 2 Wochen, vom 17. April bis 29. Oktober 1977, durch JÜRG V. ORELLI erhoben und gemessen. Gleichzeitig wurden an denselben Standorten Natriumproben (s. 16.4) gewonnen. Aus [84, 85, 86].
ZK = Zihlkanal aus dem Neuenburgersee. AHK = Aare-Hagneck-Kanal. NBK = Nidau-Büren-Kanal. S = Schüss aus dem St.-Immertal. Z = Alte Zihl bei Nidau. I = St. Petersinsel. H = Heidenweg.

16.6 Algenbiomassen und Primärproduktion

16.6.1 Die Algenbiomassen bei Tüscherz und Neuenstadt

Hier tritt die Inhomogenität des Sees noch deutlicher in Erscheinung.

1973 hat FRAU D. ZBÄREN Proben ausgezählt, welche während des ganzen Jahres an 2 verschiedenen Probestellen erhoben wurden, monatlich und gleichentags: an der Probestelle Tüscherz und im Neuenstadter Becken. Auf *Abbildung 41* sind die Algenbiomassen in mg Frischgewicht unter dem m^2 dargestellt für die Tiefen 0 bis 10 m. In den Monaten Januar und Februar sowie Oktober bis Dezember sind die Unterschiede unbedeutend, während der Sommerstagnation ab März bis September aber viel augenfälliger: Neuenstadt erreicht sein Frühjahrsmaximum bereits im April, Tüscherz ein höheres Frühjahrsmaximum erst im Mai. Das Juniloch findet an beiden Standorten gleichzeitig statt, deutlich und sehr ähnlich. Dies spricht für Homogenität des Sees bezüglich Zooplankton-Entwicklung und Aktivität. Das darauf folgende Hochsommer-Maximum stellt sich in Tüscherz im August ein, mit rund 50 g/m^2 Algenfrischgewicht oder 400 Milliarden Algenzellen und Kleinstkolonien unter dem m^2 *(s. Tabelle 7)*. Im Neuenstadter Becken erreichen die Algen erst im September ein viel höheres Sommer-Herbst-Maximum mit rund 70 g/m^2 FG oder 1000 Milliarden Zellen oder Kleinstkolonien unter dem m^2.

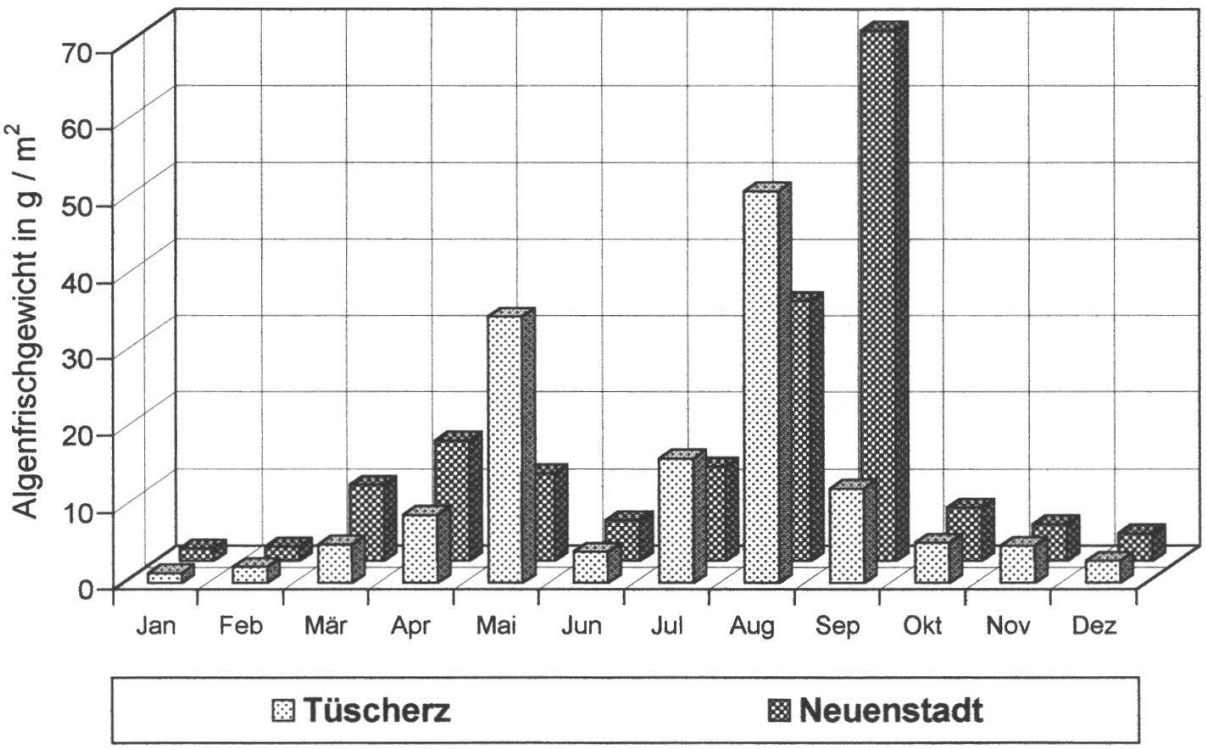

Abbildung 41: Die an denselben Tagen erhobenen Algenbiomassen bei Tüscherz und im Neuenstadter Becken zeigen die Inhomogenität des Sees bzw. die unterschiedliche Herkunft des Probenwassers an. Erläuterungen unter 16.6.1.

16.6.2 Gilt die Algenproduktion von Tüscherz für den ganzen See?

Bisher wurde die bei Tüscherz gemessene Algenproduktion auf die ganze Seefläche von 39,3 km^2 extrapoliert. Dieses Verfahren ist mit Unsicherheiten behaftet, weil sowohl die Chlorophyllkonzentrationen wie auch die Algenbiomassen verschiedener Probestellen *(s. Abbildungen 40 und 41)* sich voneinander unterscheiden. Insbesondere schien uns die Hochrechnung auf den ganzen See deshalb fragwürdig, weil rund 20% der Seefläche in der Uferzone liegen, mit ausgedehnten Sandbänken am Südufer. Die Vegetation des Litorals unterscheidet sich stark von derjenigen der offenen Seefläche und besteht, nebst Planktonalgen, aus stellenweise sehr dichten Beständen von Laichkräutern, auf denen zahlreiche festsitzende Algenarten als Aufwuchs leben.

VINZENZ MAURER und THOMAS VUILLE [73, 141] haben vom März 1984 bis April 1985 die Artenzusammensetzung der Litoral-Vegetation sowie deren Primärproduktion untersucht. Die Planktonproduktion wurde mit der Sauerstoffmethode gemessen und mit Hilfe des von BANGERTER entwickelten Extrapolationsmodells (s. 10.4.4), angepasst an die geringen Tiefen des Litorals, auf das Jahr umgerechnet. Die Produktion der Laichkräuter (Makrophyten) wurde durch Ernten an verschiedenen Probeflächen bestimmt, bei maximaler Entfaltung der Laichkräuter von August bis September. Mit Hilfe von Luftbildern des gesamten Litorals konnte die Verteilung und Dichte der Makrophyten geschätzt und mit den Erhebungen am See korreliert werden.

Die ermittelten Produktionswerte sind je nach Standort (Litoral von Tüscherz, Sutz und Lüscherz) verschieden, gemäss der bereits festgestellten Inhomogenität des Sees, aber auch bedingt durch die unterschiedlichen Tiefen der Probestellen. Die jährliche Algen-Bruttoproduktion betrug bei Tüscherz 228 g/m^2, bei Sutz 135 g/m^2 und bei Lüscherz 116 g/m^2 assimilierten Kohlenstoff. Die Nettoproduktion der viel auffälligeren Laichkräuter betrug bei Tüscherz 38 g/m^2, bei Sutz 102 g/m^2 und bei Lüscherz 28 g/m^2 Kohlenstoff. Entsprechend verschieden waren auch die maximalen Biomassen der Aufwuchsalgen.

Eine solche Inhomogenität erlaubt bestenfalls eine grobe Schätzung der Produktion. Und doch ergab diese Untersuchung, dass die mittlere jährliche Nettoproduktion des Litorals rund 20% der an der pelagialen Probestelle Tüscherz gemessenen und extrapolierten Algenproduktion darstellt. Dies entspricht dem Anteil der Uferregion an der ganzen Seefläche. Unsere Hauptprobestelle erwies sich somit als repräsentativ für den ganzen See, trotz der Besonderheiten des Litorals.

Die sehr aufwendige Bestimmung der maximalen Biomasse = Nettoproduktion der Laichkräuter durch Ernten, Wägen, Trocknung und Veraschung wurde 1986 durch KATRIN SEILER und WERNER SCHULLER [108] stark vereinfacht. Ohne viel Pflanzenmaterial ernten zu müssen, liess sich die Biomasse durch visuelle Dichteschätzung und gestützt auf gut auflösende Flugaufnahmen ermitteln. Bei diesen Arbeiten an Makrophyten war uns der Genfer Limnologe J.-B. LACHAVANNE [66] mit eigenen Flugaufnahmen und persönlicher Beratung sehr behilflich. Da die Berner Limnologie ein Jahr nach Abschluss dieser Arbeit aufgehoben wurde, kam diese neue Methode nicht mehr zur Anwendung.

16.6.3 Gilt die bei Tüscherz ermittelte Zooplanktonproduktion für den ganzen See?

Wir haben die Produktion der Crustaceen nur bei Tüscherz ermittelt und alsdann auf die 39,3 km^2 des ganzen Sees extrapoliert. Auch dieses Verfahren ist mit Unsicherheiten behaftet. Unser Vorgehen lässt sich damit rechtfertigen, dass die Algenbiomasse und -produktion, von der sich die Zooplankter ernähren, auf die obersten 5–10 m lokalisiert sind, und dass die meisten Zooplankter sich im Oberflächenwasser aufhalten und sich hier ernähren. Nach BANGERTER [8] finden sich über 50% der Krebsplankter oberhalb 6 m Tiefe; durch tägliche Vertikalwanderungen können sie vorübergehend in grössere Tiefen gelangen. Die Produktion des Zooplanktons ist so eng mit der trophogenen Zone verknüpft, dass wir in Ermangelung weiterer Untersuchungen an unserem Extrapolationsmodus auf die ganze Seefläche festhalten. Für homogene Zooplanktonaktivität spricht noch die Beobachtung, dass das Klarwasserstadium im ganzen See jeweils im Juni zustande kommt (s. 7.2.4, 16.6.1 und *Abbildungen 40 und 41*).

16.7 Und hätten wir einen Tag früher oder später gemessen?

Unsere Messungen der Algenproduktion und -biomasse erfolgten anfänglich alle Monate, später meist in einem 2-Wochen-Rhythmus, an zum voraus bestimmten Tagen. Wie repräsentativ sind die Ergebnisse eines einzigen Messdatums, z.B für die ganze Woche des Messprogramms?

In Ergänzung zum Strömungsschema von NYDEGGER *(s. Abbildung 39)* hat JÜRG VON ORELLI [84] im Jahr 1978 mit Schwimmkörpern in 1–2,8 m Tiefe Oberflächenwasserströmungen verfolgt, im Neuenstadter Becken und im Lüscherzer Becken. Die Schwimmkörper wurden in verschiedenen Abständen vom Ufer nördlich und südlich der Petersinsel ausgesetzt. Dabei wurden Strömungen ins Neuenstadter Becken, ferner südwärts um die Insel herum und schliesslich teils ins Lüscherzer Becken, teils aus dem Becken in Richtung Biel nachgewiesen. Die Geschwindigkeiten dieser Strömungen variierten zwischen 20 und 300 m pro Stunde. Nach dem Schema von NYDEGGER herrschen auch an unserer Probestelle Tüscherz Wasserströmungen. Dies bedeutet für den ganzen See, dass Messungen an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen nicht im gleichen Wasserkörper erfolgen.

PETER BERNER [13] hat während 9 Monaten der Jahre 1981 und 1982 jeweils an 5–7 aufeinanderfolgenden Tagen die Primärproduktion, die Algenbiomasse, den Chlorophyllgehalt des Wassers, die Strahlungsintensität an der Wasseroberfläche und in verschiedenen Tiefen sowie die Wassertemperaturen ermittelt.

Die Temperaturprofile der aufeinanderfolgenden Tage waren sehr ähnlich, was genaue horizontale Schichtung und Homogenität des Sees bezüglich Temperatur anzeigt. Die Ergebnisse der biologischen Messungen dagegen fielen von Tag zu Tag unterschiedlich aus:

Abbildung 42 zeigt für 7 aufeinanderfolgende Tage im Juli 1981 die Biomassen der verschiedenen Algenkategorien sowie die Gesamtbiomasse in mg/m^3. Die Unterschiede

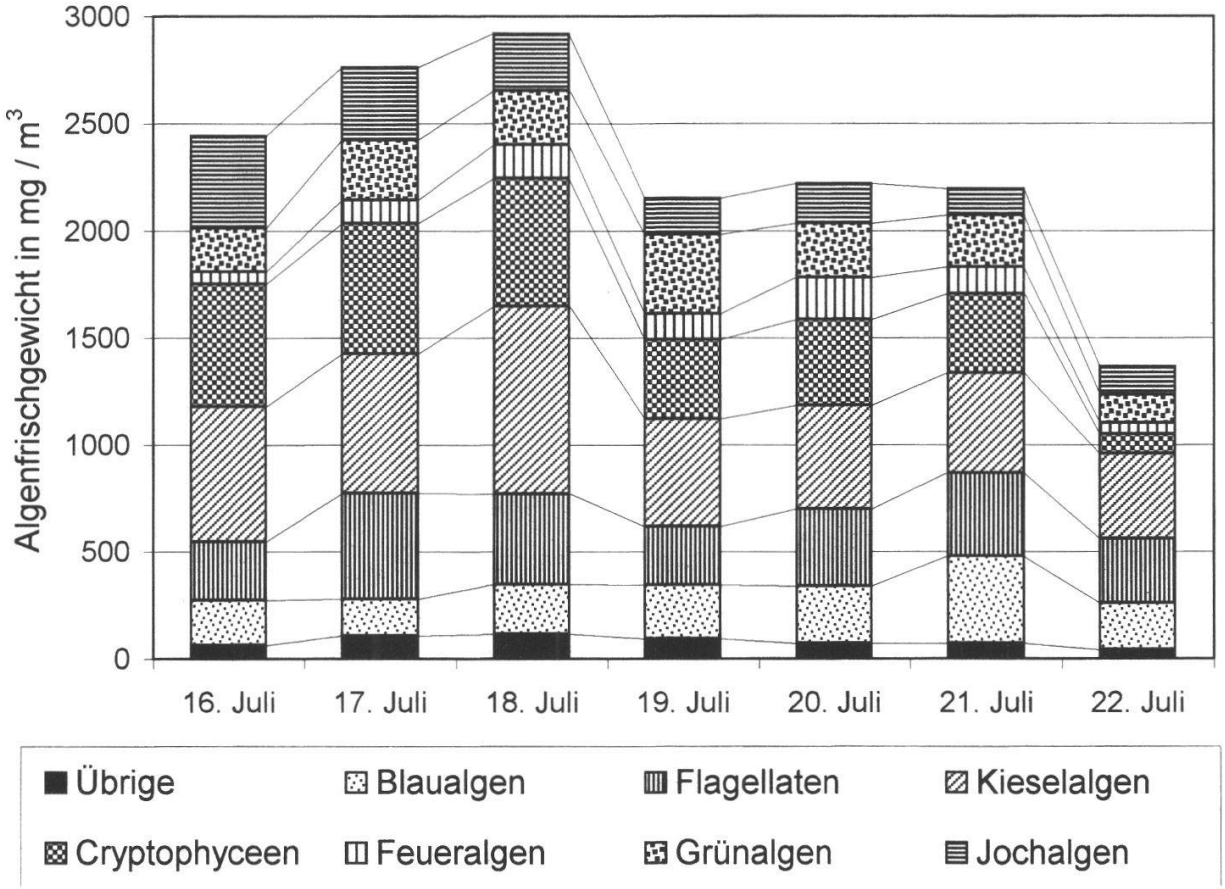

Abbildung 42: An 7 aufeinanderfolgenden Tagen durch PETER BERNER [13] bei Tüscherz erhobene Wasserproben enthalten von Tag zu Tag unterschiedliche Algenbiomassen, zum Teil durch Wasserströmungen bedingt (s. 16.7.).

zwischen den Probenahmedaten sind deutlich. Auch der Chlorophyllgehalt in einer bestimmten Tiefe kann sich von Tag zu Tag und sogar innert weniger Minuten ändern, und die Algenproduktion kann innerhalb derselben Woche um einen Faktor von 1,8 bis 3,3 variieren. Probenahmen und Messungen einen Tag vor oder einen Tag nach einem zum voraus bestimmten Datum können somit andere Werte ergeben. Diese Ergebnisse bestätigen, dass an verschiedenen Tagen in unterschiedlichen Wasserkörpern gemessen wird. Sie lassen sich auch damit erklären, dass sich die Algenpopulationen im Verlauf einer Woche wandeln und dass bei veränderlicher Strahlungsintensität die Lichthemmung an der Wasseroberfläche verschieden stark ausfällt.

Damit werden die Aussagekraft einer einzigen Messung sowie Hochrechnungen aus wenigen Versuchstagen stark relativiert. Werden aus den Versuchsreihen von BERNER jeweils Tage mit den kleinsten Wirkungsgraden ausgewählt, dann fällt die berechnete Produktion der ganzen Periode 2,9mal tiefer aus als bei Auswahl der Tage mit dem höchsten Wirkungsgrad. Bei Verwendung der Tage mit der geringsten Produktionsrate fällt die Produktion der ganzen Periode 1,6mal tiefer aus als bei Verwendung der Tage mit der höchsten Produktionsrate.

Die Unterschiede sind viel geringer, wenn aus den Versuchsreihen von BERNER alle dritten oder alle fünften Versuchstage, oder alle Dienstage bzw. alle Donnerstage, ausgewertet werden. Die Differenzen betragen dann maximal noch 45%. Die Wahr-

scheinlichkeit, dass die 20 Messdaten eines ganzen Jahres 20mal auf Extremwerte entfallen, ist klein. Bei Messungen an 20 zum voraus bestimmten Daten dürfte der Fehler meist weniger als 30% betragen.

17. Die Wandlungen des Bielersees nach 1878

17.1 Sporadische Befunde aus der ersten Hälfte des Jahrhunderts

Für die Zeit vor und unmittelbar nach der ersten Juragewässerkorrektion liegen nur spärliche Untersuchungen vor. Eine Publikation von LUTZ (1878) gibt Aufschluss über die Wasserflöhe des Bielersees. Weitere Informationen über das Zooplankton vermittelt die Arbeit von BURCKHARD (1899). Die älteste uns bekannte limnologische Arbeit über den Bielersee ist die Inauguraldissertation von JAKOB SCHNEIDER: «Untersuchungen über die Tiefsee-Fauna des Bielersees» [102]. Die Untersuchungen wurden vom März 1903 bis Juni 1904 durchgeführt unter der Leitung von PROF. TH. STUDER vom Zoologischen Institut der Universität Bern. Einige Zitate aus dieser Arbeit: «Die Transparenze des Wassers ist nicht sehr hoch. Der mitgeführte weiss emaillierte Kessel ist in einer Tiefe von 5 m unseren Blicken meist verloren. Der See hat nun (in der Seemitte angelangt) eine tiefblaue Färbung angenommen.» ... «Der zu Tage geförderte Schlamm stellt sich dem unbewaffneten Auge als eine weiche breiige Masse dar von vollständig homogener Konsistenz. Er besteht aus zwei Schichten. Zu oberst liegt eine etwa 10 mm dicke, weissgraue Lage, die weiter unten in eine zähe, bläuliche Masse übergeht, welche aussieht wie blauer Lehm.» Wurde der Schlamm im Labor in einen Glasbehälter verbracht, geschah folgendes: «Verdirbt das Wasser, wird es arm an Sauerstoff und reich an schädlichen Gasen, so verwandelt sich rasch der ganze Bodenbelag in eine dunkle, stark übelriechende Substanz, die alles Leben ertötet.»

Diese Aussagen (leider ohne präzise Zeitangaben) erlauben folgende Schlussfolgerungen: Die tiefblaue Färbung des Wassers und die bläuliche Färbung des Schlamms sind charakteristisch für oligotrophe Seen. Die Tatsache, dass sich der Schlamm im Labor bei Sauerstoffmangel dunkel verfärbt und übel riecht, zeigt hohen Gehalt des Schlamms an organischem Material an. Dass aber dieser Schlamm beim Heraufholen weder dunkel aussieht noch übel riecht, spricht für gute Sauerstoffversorgung des Sees bis über Grund.

Eine zweite Arbeit von PAUL LOUIS aus Ligerz, «Der Einfluss der Aare in den Bielersee», wurde ebenfalls am Zoologischen Institut Bern unter der Leitung von PROF. STUDER durchgeführt ab März 1920. Darin finden sich Angaben über die Wassertemperaturen, das pflanzliche und tierische Plankton, die Korngrösse des Schlamms und die Sichttiefen. Diese unterscheiden sich wenig von denjenigen, die wir im Sommer und Winter gemessen haben, mit maximalen Werten von 6 m und minimalen Werten von 1,5 m.

Die Untersuchungen von L. MINDER aus dem Jahr 1930 [74] erlauben, den Bielersee bezüglich Sauerstoff- und Planktongehalt und seiner Sauerstoffverhältnisse als oligomesotroph (wenig eutroph) einzustufen: Am 14.3.1991 betrug der Nitrat-N-Gehalt