

Die Wandlungen des Bielersees nach 1878

Objektyp: **Chapter**

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

Band (Jahr): **57 (2000)**

PDF erstellt am: **16.07.2024**

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.

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 Transparenz 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 Schlammes sind charakteristisch für oligotrophe Seen. Die Tatsache, dass sich der Schlamm im Labor bei Sauerstoffmangel dunkel verfärbt und übel riecht, zeigt hohen Gehalt des Schlammes 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 Schlammes 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

1,1 mg/l (Zirkulationswerte 1988 > 1,6 mg/l). Ende Sommerstagnation betrug die Sauerstoffkonzentration über Grund in 46 m Tiefe noch 6,85 mg/l (1972 bei Tüscherz, 50 m: 1,5 mg/l; 60 m: 0,07 mg/l). Schlammproben zeigten noch keine Anzeichen von Fäulnis und schwärzlicher Verfärbung. Das Wasser wird von MINDER als planktonarm beurteilt.

Phosphatbestimmungen hat MINDER keine durchgeführt. Erst 21 Jahre später (1951) hat EUGEN A. THOMAS [121] im Oberflächenwasser des Bielersees im Winter einen Phosphat-P-Gehalt von 23 µg/l (unsere Messungen 1972: 124 µg/l), einen Gesamtphosphor-Gehalt von 33 µg/l (1973: 132 µg/l) und eine Nitrat-N-Konzentration von 1,1 mg/l (1972: 1,2 mg/l, 1988: 1,64 mg/l) gemessen.

Am 21.10.1954 (Ende Sommerstagnation) ermittelte PAUL NYDEGGER [79] in 75 m Tiefe eine Sauerstoffkonzentration von 3 mg/l (wie bei Tüscherz am 25.9.1972: 0,7 mg/l). NYDEGGER beurteilte den See hinsichtlich Beckenform und Nährstoffreichtum als eutroph, bezüglich Sauerstoffverhältnissen als mesotroph («halb-eutroph»).

17.2 Wandlungen des Krebsplanktons

Diese sporadischen chemischen Erhebungen über den Seezustand werden für die erste Jahrhunderthälfte durch gründlichere Untersuchungen des tierischen Planktons durch LOUIS [71], ROBERT [92] und namentlich durch die Bieler Lehrkräfte THIÉBAUD und GROSJEAN [118, 119, 120] ergänzt. Mit diesem historischen Rückblick hat sich RENÉ STEBLER [110, 111] eingehend befasst. Ein Vergleich der von THIÉBAUD und GROSJEAN ermittelten Bestandeszahlen der Krebsplankter vor 1935 mit denjenigen von STEBLER im Jahr 1974 zeigt, dass im Laufe von rund 40 Jahren die maximalen Krebsplanktonbestände im Bielersee von rund 470 000 Individuen pro m² auf 1,2 Mio. Ind./m² zugenommen haben, das heisst um einen Faktor von 2,5. 1978 wurden durch BANGERTER et al. [8] maximale Bestände von sogar 2¹/₄ Mio gefunden. Dies dürfte eine Folge der starken Zunahme der (erst ab 1973 gemessenen) Algenproduktion sein.

Das Krebsplankton hat sich nicht nur mengenmässig, sondern auch qualitativ verändert. Der Hüpferting *Cyclops vicinus* beispielsweise trat im Bielersee erst nach 1962 auf und ist heute ein häufiger, Eutrophierung anzeigender Copepode. *Cyclops strenuus* dagegen wurde nur bis 1935 im Pelagial nachgewiesen, später nicht mehr. Dasselbe gilt für *Cyclops abyssorum* und *Mesocyclops*. *Acanthocyclops* wiederum wird vor 1974 kaum erwähnt.

17.3 Die Entwicklung des Sees in der zweiten Jahrhunderthälfte

17.3.1 Die Veränderungen des Sees im Überblick

Schon die bisher erwähnten Befunde zeigen, dass sich der Bielersee nach 1904 von einem oligotrophen in einen eutrophen Zustand wandelte. In einem 1967 verfassten unpublizierten Bericht hält das Gewässerschutz-Laboratorium des Kantons Bern fest, dass der See bezüglich Sauerstoffschwund in der Tiefe und Nährstoffgehalt eindeutig

eutroph geworden war. Die weitere Entwicklung des Sees wird durch unsere eigenen Untersuchungen (siehe [122, 123, 127, 128] sowie *Abbildungen 13, 21, 29*) und durch einen ausführlichen Bericht des Amtes für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, verfasst durch U. OCHSENBEIN [82], dokumentiert: Um 1970 erreichte der See den Höhepunkt seiner Eutrophierung, wonach dank Gewässerschutzmassnahmen der Phosphoreintrag und die Phosphatkonzentrationen stark zurückgingen. Nach unseren Messungen wurde die Abnahme des Phosphorgehaltes nicht von einer entsprechenden Abnahme der Algenproduktion gefolgt, aus Gründen, die unter 2.6., 5.2.2.6, 10.5. und 10.6.1 erläutert werden. Auch die Sauerstoffzehrung und die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser folgten nur zögernd der Reduktion des Phosphoreintrages. Der Nitratgehalt des Seewassers nahm vorderhand trotz allen bisherigen Gewässerschutzmassnahmen zu, nicht zuletzt infolge massiver Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft (s. 2.4.4.2).

17.3.2 Der Rückgang der Phosphatkonzentrationen im Detail

1973/74 wurden dem Bielersee durch seine Zuflüsse rund 1000 t Gesamtphosphor zugeführt [97, 98, 101] (s. auch 5.2.2.5). Dieser Eintrag nahm dank Gewässerschutzmassnahmen ab und betrug 1977–1979 rund 520 t/Jahr, 1980–1982 420 t/Jahr, 1988–1990 350 t/a und 1994–1996 310 t/a [52] (s. auch 17.3.6.4). Damit gingen im See die P-Konzentrationen zurück:

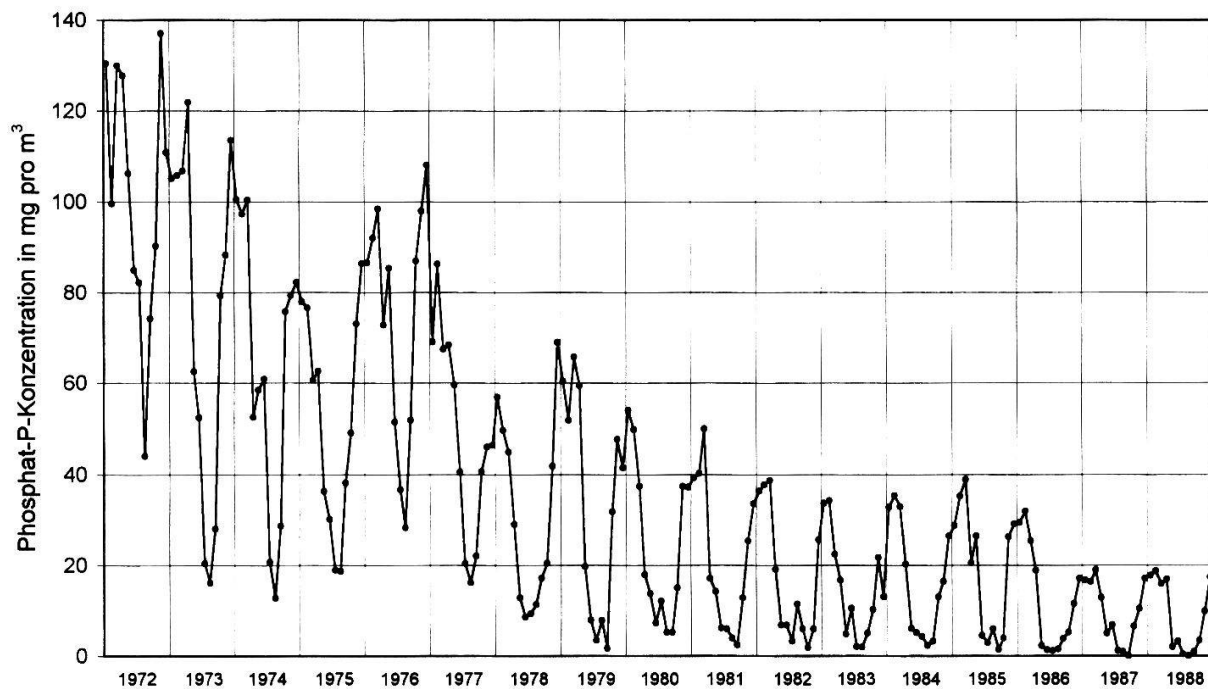


Abbildung 43: Die monatlichen mittleren Phosphatkonzentrationen zwischen 0 und 10 m nahmen von 1972 bis 1988 stark ab, insbesondere die Maximalwerte (= Winterzirkulationswerte). Jedes Jahr nahmen im Sommer die P-Konzentrationen im Oberflächenwasser stark ab infolge Verbrauchs von P durch proliferierende Algen (s. 17.3.2).

Auf *Abbildung 21* ist der Rückgang der Winterzirkulationswerte des Phosphats und Gesamtphosphors dargestellt für die Jahre 1972–1988. Auf der *Abbildung 43* sind für dieselbe Zeitspanne auch die monatlichen Phosphat-P-Werte grafisch dargestellt. Jeder der 204 Punkte stellt für jeden Monat das gewichtete Mittel der meist 5 Einzelwerte eines Profils von 0–10 m dar. Bei mehr als 1 Profil pro Monat (2–5) wird für jeden Monat ein Mittelwert aus diesen Profilen berechnet und als Punkt dargestellt.

Diese Grafik bestätigt den starken Rückgang des Phosphats ab 1972. Sie zeigt aber zusätzlich 17 Jahresverläufe der Phosphat-Konzentrationen: Hohe Werte im Winter nach Vollzirkulation und stark und rasch abnehmende Konzentrationen im Sommer.

Die sommerliche Abnahme geht, wie die *Abbildungen 20 und 44* zeigen, mit der starken Vermehrung der Algen im Sommerhalbjahr einher. Die Algenvermehrung erfolgt auf Kosten der Phosphatreserven des Epilimnions, welche im Hochsommer sehr tiefe Werte erreichen. Diese nehmen von Jahr zu Jahr ab, von 1973 bis 1978 von 45 auf 8–9 mg/m³, nach 1978 von 5 mg/m³ auf fast 0 um 1985 bis 1988. Trotz dieser sehr tiefen Konzentrationen hat die Algenvermehrung im Sommer nur wenig abgenommen. Die Zuflüsse und der kleine Kreislauf (s. 2.3.7) sorgen ständig für Nährstoffnachschub.

Die winterliche Zunahme der Phosphatkonzentrationen ist durch Verfrachtung von Phosphat aus dem Tiefenwasser ins Epilimnion bedingt dank Vollzirkulation. Beim Abbau absinkender Algen akkumuliert sich im Hypolimnion während der Sommerstagnation sehr viel Phosphat (s. 5.2.2.3 und *Abbildung 15*). Ein Teil gelangt ins Sediment, der Rest wird durch Winterzirkulation wieder auf den ganzen Wasserkörper des Sees verteilt.

17.3.3 Die Algenbiomasse von 1973 bis 1988 und von Monat zu Monat

Abbildung 44 wurde mit Hilfe der Auszählergebnisse und Biomassenbestimmungen von Frau D. ZBÄREN erstellt. Jeder Datenpunkt der Grafik stellt die mittlere Algenbiomasse in g pro m³ zwischen 0 und 10 m dar. Auch hier wurde bei mehr als einer Probenahme im Monat (2–7) ein Mittelwert berechnet und als 1 Punkt dargestellt. Leider fehlen in den Jahren 1974 und 1976 einige Daten.

Der Jahresverlauf der Algenbiomassen, von Monat zu Monat, ist genau gegenläufig zum Verlauf der monatlichen Phosphatwerte auf *Abbildung 43*: Sehr wenig Algen im Winter infolge Lichtmangel, Kälte und Verdünnung der Bestände durch Vollzirkulation, und hohe bis sehr hohe Algenbiomassen im Sommer, wobei in den meisten Jahren ein kurzdauerndes Juniloch oder Klarwasserstadium (s. 7.2.4, 10.1.1, 12.3.2.2, 12.4) sichtbar ist. Die grossen sommerlichen Algenbestände verursachen die Abnahme der Phosphatkonzentrationen im Epilimnion.

Der Verlauf der Algenbiomassen von 1973 bis 1988: Im Unterschied zur *Abbildung 43*, welche eine stete und starke Abnahme der Phosphatkonzentrationen von 1972 bis 1988 zeigt, ist auf *Abbildung 44* keine entsprechend deutliche Abnahme der Algenbiomasse ersichtlich. Von 1973 bis 1977 nimmt die Biomasse sogar zu. Nach einem starken Rückgang um 1978 nimmt sie wiederum zu auf den Höchstwert der ganzen Periode von 9,4 g/m³ im August 1983. Dieser sehr hohe Wert ist kein zufälliger Ausreisser, sondern

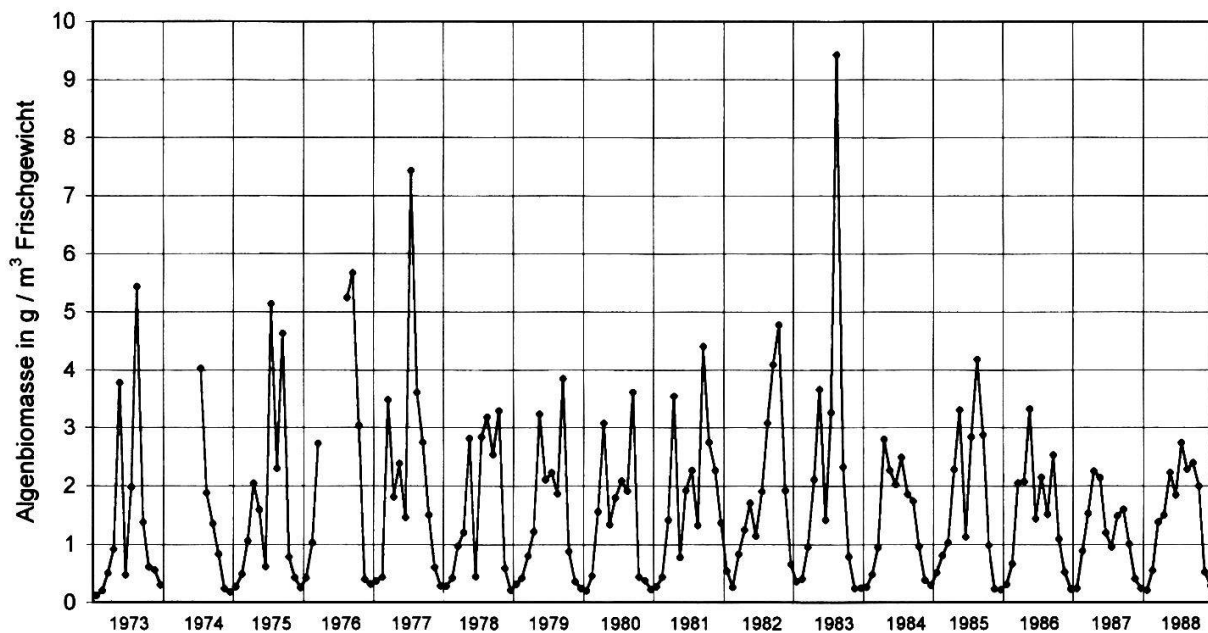


Abbildung 44: Die monatlichen Algenbiomassen zeigen von 1973 bis 1988 eine unerwartet geringe Abnahme ihrer Maximalwerte. Das Klarwasserstadium des Juni ist in allen vollständig ausgezählten Jahren ersichtlich. Nach Auszählungen von FRAU ZBÄREN. (s. 17.3.3).

ein Mittelwert aus 3 Probenahmen von Anfang, Mitte und Ende August, mit ähnlich hohen Biomassen. 78% dieser August-Phytomasse besteht aus der Jochalge *Mougeotia* (Tafel 3/8), auf die wir bereits mit *Abbildung 20* und unter 7.3.2 eingegangen sind. Dies zeigt, dass auch nach starker Abnahme der Phosphatkonzentrationen eine noch gewichtige Algenvermehrung möglich ist. Nach 1983 sind die Algenbiomassen leicht tiefer als zwischen 1978 bis 1982, aber wiederum ohne klare Tendenz zur Abnahme.

Diese Befunde bestätigen diejenigen der Primärproduktionsmessungen und der Sauerstoffzehrung (s. *Abbildung 29*), wonach die starke Abnahme der Phosphatkonzentrationen von keiner entsprechenden Abnahme der Algenproduktion und Biomasse gefolgt waren. Die Belastung des Sees mit Phosphor war um 1973 10mal (kritisch) bis fünfmal (gefährlich) zu hoch, 1988 hinsichtlich der gefährlichen Belastung um 50% zu hoch, bezüglich kritischer Belastung noch dreimal zu hoch (siehe 5.2.2.5. und 5.2.2.6.).

17.3.4 Der Sauerstoffgehalt des Hypolimnions von 25 bis 70 m

Auf *Abbildung 45* ist für den Zeitraum 1971 bis 1988 der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers unserer Probestelle Tüscherz dargestellt, in Gramm Sauerstoff in einer Wassersäule von 1 m² Querschnittfläche, in 25 bis 70 m Tiefe. Die 214 Punkte des Diagramms stellen für jeden Monat den O₂-Gehalt dieses Tiefenbereichs dar, berechnet aus O₂-Messungen in 6 Tiefen. Bei mehr als einer monatlichen Probenahme (2–9) ist

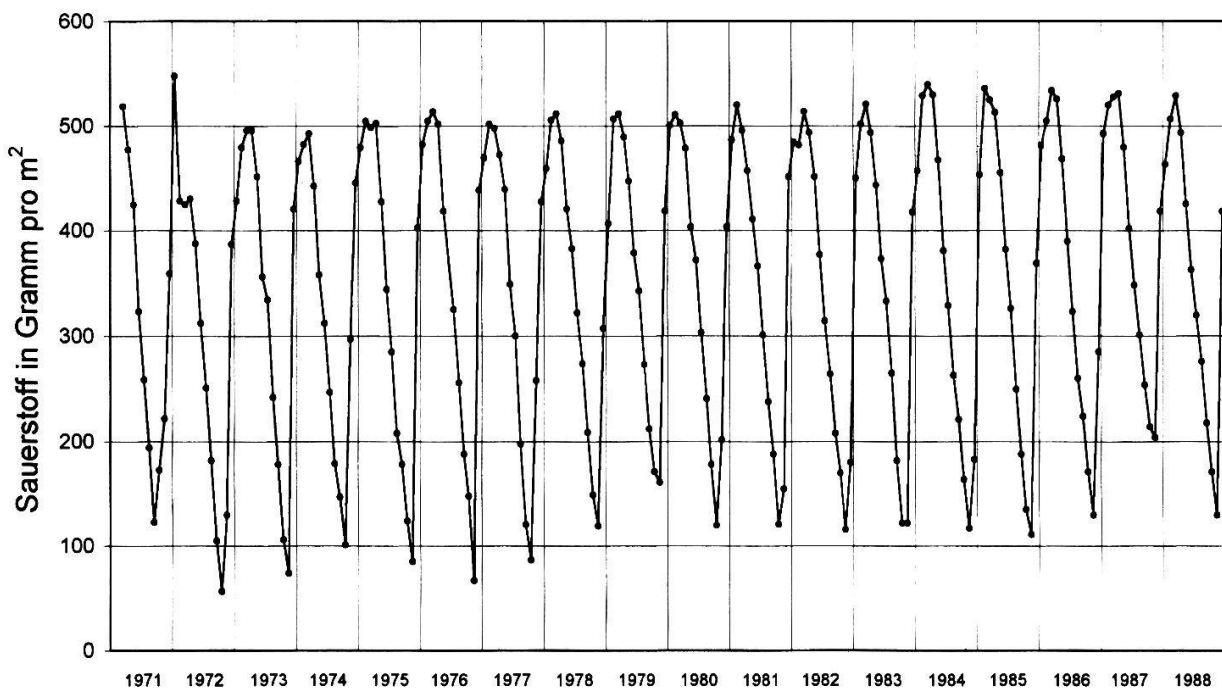


Abbildung 45: Der monatliche Sauerstoffgehalt des Bielerseewassers von 1971 bis 1988. Gewichtetes Mittel in der Wassersäule zwischen 25 und 70 m. Die höchsten Werte sind das Ergebnis der Wintervollzirkulation, die tiefsten stammen vom Ende der Sommerstagnation und zeigen eine geringe Besserung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser an.

jeder Punkt ein Mittelwert der Profile desselben Monats. Das Diagramm stützt sich auf rund 5000 Sauerstoffeinzelmessungen. 500 g/m² O₂ entsprechen einer mittleren Konzentration von 11,1 mg/l O₂. 200 g/m² O₂ bedeuten einen mittleren Gehalt von 4,4 mg/l, 100 g/m² von 2,2 mg/l. Bei 50 g/m² O₂ herrscht eine mittlere Konzentration von 1,1 mg/l O₂.

Die monatlichen Werte zeigen, wie im Winter bis März oder April der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers (wie des ganzen Sees) infolge der Winterzirkulation sehr rasch zunimmt auf Konzentrationen von 11–12 mg/l O₂ (beinahe Sättigung). Nach Beginn der Sommerstagnation und Algenvermehrung nimmt der O₂-Gehalt in der Tiefe infolge Abbau absinkender Algen rasch, stark und geradlinig ab, wie wir bereits unter 5.1.3.1 und *Abbildung 12* festgestellt haben. Im Oktober bis November hat der Sauerstoffgehalt des Hypolimnions jeweils seinen Tiefstand erreicht. Die dann einsetzende Winterzirkulation vermag die Sauerstoffreserven des Tiefenwassers ausnahmslos jedes Jahr wieder aufzufüllen.

Für den ganzen Zeitraum 1971–1988 zeigt die Grafik eine leichte Besserung der Sauerstoffverhältnisse des Tiefenwassers. Die Minimalwerte fallen bis um 1977 fast immer unter die 100-g/m²-Grenze, was einer mittleren hypolimnischen Konzentration von 2,2 mg/l O₂ entspricht. Ab 1978 wird diese Grenze nie mehr unterschritten, aber bis 1986 ist keine weitere Besserung feststellbar. 1987 wird die 200-g/m²-Grenze erstmals nicht unterschritten, 1988 aber wieder.

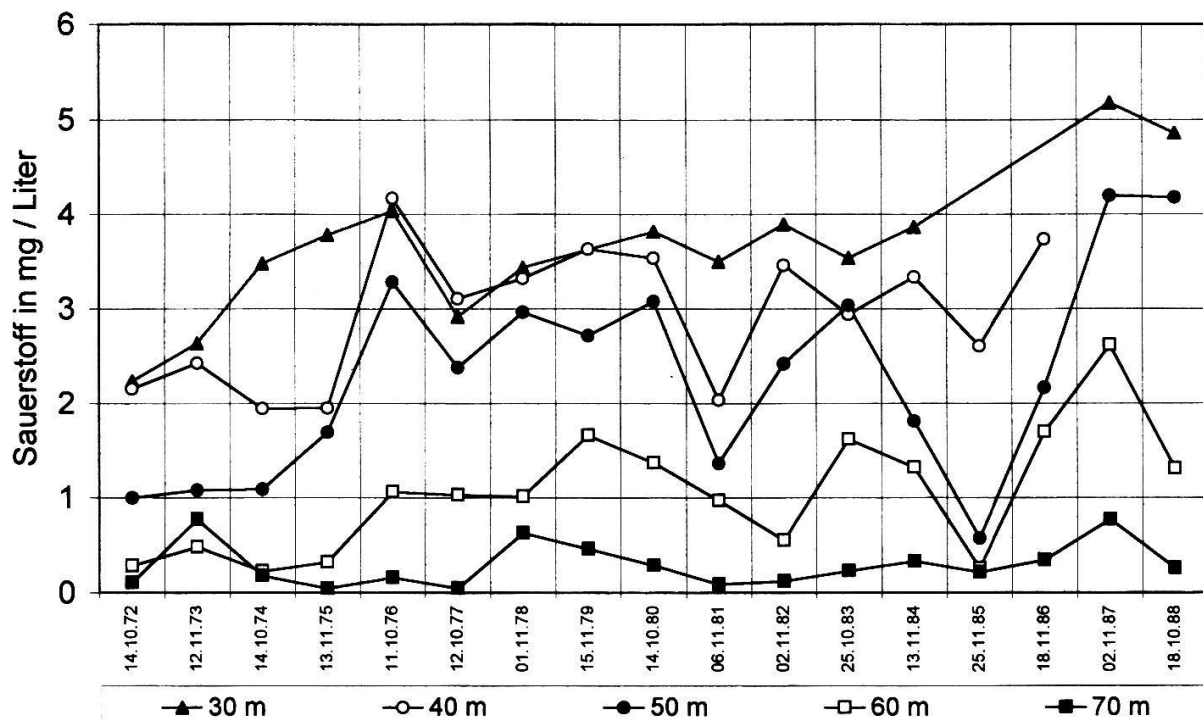


Abbildung 46: Die minimalen Sauerstoffkonzentrationen am Ende der Sommerstagnation von 1972 bis 1988. In 70 m Tiefe fallen die O_2 -Konzentrationen jedes Jahr weit unter die 1-mg/l-Grenze. Die 60-m-Werte zeigen eine leichte, stark schwankende Tendenz zur Besserung. In 30 m Tiefe wird die für Fische kritische Grenze von 4 mg/l O_2 erst nach 1984 nicht mehr unterschritten.

17.3.5 Die Sauerstoffkonzentrationen in 30 bis 70 m Tiefe am Ende der Stagnation

Auf *Abbildung 46* sind nicht mehr Mittelwerte, sondern Einzelmessungen der tiefsten O_2 -Konzentrationen der Jahre 1972 bis 1988 dargestellt. Die Werte wurden jeweils am Ende der Stagnation, unmittelbar nach Beginn der Winterzirkulation, erhoben, wobei letztere noch nicht bis in die dargestellten Tiefen vorgedrungen war.

Weitaus die meisten Konzentrationen sind tiefer als der für Fische minimale Grenzwert von 4 mg/l O_2 , mit Ausnahme einiger Messungen in 50 und 30 m Tiefe, je um 1987 und 1988. In 70 m Tiefe fallen die O_2 -Konzentrationen jedes Jahr weit unter die 1-mg-Grenze. Die meisten Werte aus 60 m Tiefe (Ausnahme 1987) sind tiefer als 2 mg/l, gelegentlich sogar als 1 mg/l. Eine Besserung der O_2 -Verhältnisse ist in 70 m nicht erkennbar, wohl aber in 60 m und insbesondere in 30 m. So weit unsere eigenen Messungen.

17.3.6 Bielersee-Untersuchungen nach 1988

1988 wurde unsere Arbeitsgruppe aufgehoben. Allein mein ehemaliger Mitarbeiter ARTHUR KIRCHHOFER widmet sich seither der Fischökologie. Sein Interesse gilt insbesondere einzelnen Fischarten (Neunauge [65], Nase [51]) sowie der Gefährdung von Arten [62].

Regelmässige Untersuchungen der Berner Seen werden seit 1959 vom Gewässerschutzlaboratorium (heute Gewässer- und Bodenschutzlabor) des Kantons Bern durchgeführt, unter anderem hinsichtlich Temperatur, Sauerstoff, der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff sowie der Algenarten und -biomasse. Ihre Untersuchungsergebnisse 1959–1991 wurden 1993 in einem ausführlichen Bericht über die Langzeitentwicklung der Wasserqualität im Bielersee veröffentlicht [82]. Umfangreiche Dokumentationen und die bis 1998 reichenden, im folgenden erwähnten Daten wurden mir freundlicherweise von den Herren U. OCHSENBEIN und M. ZEH zur Verfügung gestellt. Die Angaben über Algen wurden im Gewässerschutzlabor durch meine ehemalige Mitarbeiterin FRAU D. ZBÄREN bearbeitet.

17.3.6.1 Weitere Abnahme der Phosphorgehalte

Dem erwähnten Bericht und den neueren Untersuchungsergebnissen entnehmen wir, dass seit 1988 die Orthophosphatkonzentrationen bei Frühjahrszirkulation weiter abnahmen, aber weniger steil als vor 1987: die PO_4 -Konzentrationen von 19 $\mu\text{g/l P}$ um 1988 auf 9–10 $\mu\text{g/l}$ um 1998, der Gesamtphosphor von 30–40 $\mu\text{g/l}$ um 1988 auf rund 20 $\mu\text{g/l}$ im Frühjahr 1998. Damit befindet sich der Bielersee immer noch im gefährlichen Konzentrationsbereich für Gesamt-P. Wie schon erwähnt stammen heute 53% des in den Bielersee gelangenden Phosphats aus Kläranlagen, 35% aus landwirtschaftlichen Böden, und 12% sind natürlichen Ursprungs [5].

Ein von A. JAKOB verfasster Bericht der Landeshydrologie [55] zeigt, wie die Orthophosphatkonzentrationen der Aare bei Brugg und Aarau von 1988 bis 1997 abnahmen auf 10 bis 20 $\mu\text{g/l}$, aber wiederum weniger steil als vor 1987.

17.3.6.2 Die Nitratzirkulationswerte erreichten 1991 ihren Höhepunkt mit 1,8 mg/l N

Sie gingen bis 1998 auf 1,6 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ zurück. Dies könnte mit dem Rückgang des Viehbestandes sowie des Verbrauchs von zugekauftem Stickstoffdünger in der Landwirtschaft zusammenhängen (s. 2.4.4.2).

17.3.6.3 Die Sauerstoffkonzentrationen des Tiefenwassers: immer noch kritisch

Abbildung 46 zeigt, dass die Sauerstoffkonzentrationen in 70 m Tiefe am Ende der Sommerstagnation stark schwankten, aber im Zeitraum 1972–1988 immer tiefer als 1 mg/l O_2 waren. Die Messungen des Gewässerschutzlabors ergaben ab 1990 bis 1994 meist Werte zwischen 1,3 und 1,7 mg/l O_2 (1993: 0,9 mg/l). In 60 m Tiefe waren unsere Werte meist tiefer als 2 mg/l O_2 , diejenigen des Labors von 1990 bis 1997 lagen zwischen 2,0 und 3,7 mg/l O_2 . Die 4 mg/l-Grenze wurde zwischen 1972 und 1988 unterhalb 30 m meist unterschritten, zwischen 1994 und 1997 pendelte sie am Ende der Stagnation zwischen 55 und 40 m, wobei 1997 wesentlich schlechter ausfiel als 1994 und 1996. Die Besserung der Sauerstoffverhältnisse ist ersichtlich, aber weniger spektakulär als diejenige beim Phosphor. Die 4-mg/l-Grenze wird im Spätsommer immer wieder unterschritten.

17.3.6.4 Die Algenbiomassen entsprachen den Erwartungen noch weniger als der Sauerstoff

Frau D. ZBÄREN zählt im Gewässerschutzlabor seit 1994 regelmässig Algenbiomassen aus. Die von ihr erhaltenen Jahresmittelwerte fielen überraschend hoch aus: 35 g/m² 1994 und 1995, gegenüber 12 bis 22 g/m² zwischen 1973 und 1988. Daraus kann auf eine entsprechende Erhöhung der Algenproduktion geschlossen werden, auch wenn Produktionsmessungen seit 1988 keine mehr durchgeführt wurden.

Der starke Rückgang der Phosphorkonzentrationen darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Bielersee hinsichtlich Phosphorbelastung und -konzentrationen immer noch im gefährlichen Bereich liegt (s. 5.2.2.6). Der mittlere jährliche Eintrag beträgt für die Jahre 1994–1996 310 Tonnen Gesamtphosphor [52] (s. 5.2.2.5 und 17.3.2). Damit wird die gefährliche Belastung von 210 Tonnen immer noch um 50% überschritten, und 310 t sind dreimal soviel wie die kritische Belastung von 105 Tonnen.

17.3.6.5 Die Makrophyten (Laichkräuter und andere grössere Wasserpflanzen) sind gute Indikatoren

Wir haben die Makrophyten des Bielersees vor allem im Hinblick auf ihren Beitrag zur Primärproduktion des ganzen Sees untersucht [73, 108, 141], (s. 16.6.2) 1995 hat das Gewässerschutzlabor des Kantons Bern mit Flugbildern und Probenahmen vom Boot aus die Artenzusammensetzung, Ausdehnung und Biomasse der Ufervegetation aufgenommen [4] mit folgenden Ergebnissen:

- Die Tiefenausdehnung der submersen Wasserpflanzen vergrösserte sich im Vergleich zu 1976 [66] und 1984 [73, 141] von 3–4 m auf maximal 6 m infolge der höheren Transparenz des Wassers.
- «Trotzdem war 1995 die von submersen Makrophyten effektiv bewachsene Fläche und die geschätzte Biomasse geringer als noch vor 11 Jahren.»
- Hohe Eutrophierung anzeigende Arten, wie *Myriophyllum spicatum* und andere, traten 1995 im Unterschied zu 1976 im See nur noch vereinzelt auf.
- Dagegen konnten die Armleuchteralgen (s. 6.3), welche bei starker Eutrophierung verschwinden, den See wieder besiedeln.

Die Abnahme der Phosphorbelastung scheint sich in der Ufervegetation deutlicher auszuwirken als im Bereich der Pelagial-Algen.

17.3.6.6 Ein Blick auf andere Schweizer Seen

Im von P. LIECHTI verfassten Bericht des BUWAL [69] über den Zustand der Seen in der Schweiz kommt zum Ausdruck, dass die im Bielersee beobachtete Verbesserung der Phosphorverhältnisse auch in den meisten übrigen Schweizer Seen (s. auch [2, 23]) zu verzeichnen ist, bei hocheutrophen Seen freilich meist mit der üblichen Diskrepanz zwischen Abnahme der Phosphorbelastung und der für die Sauerstoffverhältnisse entscheidenden Algenproduktion. Am Bielersee hätte eine Fortsetzung der Forschungen mehr Präzisierungen zu diesem Thema erbringen können. Künftige Untersuchungen des Kantonalen Gewässerschutzlabors werden zeigen, ob verschärfte Gewässerschutzmassnahmen die Algenproliferation doch noch radikaler zu drosseln vermögen.