

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Beitrag zur Limnologie anthropogener Flachseen - mit 6 Abbildungen

Dittrich, Martin

1987

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-189294](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-189294)

Beitrag zur Limnologie anthropogener Flachseen

Martin Dittrich

Mit 6 Abbildungen

(Eingegangen am 20. 6. 1986)

Kurzfassung

Von März bis September 1985 wurden der Wärme-, Sauerstoff- und Kieselsäurehaushalt des Knapsacker Sees, eines im südlichen Teil der Ville gelegenen Braunkohlentagebaugewässers, untersucht. Die dabei in der Seemitte festgestellten Schichtungsverhältnisse werden hier dargestellt und ihre Dynamik unter besonderer Berücksichtigung des Witterungsverlaufs während des Untersuchungszeitraums diskutiert.

Abstract

From March to September 1985, the heat, oxygen and silica budgets of Knapsack Lake, one of the strip-mine lakes situated in the southern part of the Ville, were investigated. The spatial and temporal distributions found hereby in the middle of the lake are represented here. Their dynamics are discussed with particular reference to the changing weather conditions during the period of investigation.

1. Einleitung

Der Knapsacker See ist einer von vielen, in der südlichen Ville im Rheinischen Braunkohlenrevier gelegenen, verhältnismäßig flachen Tagebauseen. Über den Stoffhaushalt dieser Gewässer liegt bislang nur eine größere Untersuchung vor (HERBST 1966).

Mit einer Durchschnittstiefe von ca. 5 und einer Maximaltiefe von ca. 7,5 m ist der Knapsacker See flacher als die für unsere Breiten typischen dimiktischen Seen; entsprechend läßt das Gewässer einen Wärme- und Stoffhaushalt erwarten, der sich von dem Standardseetyp unterscheidet.

Von März bis September 1985 wurden daher im Rahmen einer größeren Untersuchung (DITTRICH 1986). Stoffhaushalt des Knapsacker Sees die Vertikalverteilung von Temperatur und Sauerstoff, außerdem der Kieselsäuregehalt in ausgewählten Entnahmetiefen an einer für das Pelagial des Sees repräsentativen Probenahmestelle untersucht. Von besonderem Interesse ist die Frage, welche Auswirkungen eine in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf möglicherweise nur zeitweilig und mit unterschiedlicher Stabilität auftretende thermische Schichtung auf die Vertikalverteilung des Sauerstoffs im Wasser hat, die – zumindest bei tiefen Seen – einen wichtigen Indikator für den Trophiegrad eines Gewässers darstellt.

Im folgenden werden die Meßergebnisse graphisch dargestellt und diskutiert. Dabei wird gezeigt, wie der Witterungsverlauf die Verteilung der untersuchten Parameter in Raum und Zeit mittelbar oder unmittelbar beeinflusst.

2. Beschreibung des Knapsacker Sees und seiner Umgebung

Der Knapsacker See liegt im südlichen Teil der Ville, etwa auf der Mitte einer gedachten Verbindungslinie zwischen den Orten Liblar und Hürth-Knapsack am Rande der ausgekohlten Grube „Tagebau Vereinigte Ville“. Das 2,6 ha große, in seiner Mitte ca. 65 m breite Gewässer erstreckt sich schlauchförmig in gerader Linie auf einer Länge von ca. 380 m in NW-SE-Richtung. Ungefähr in derselben Richtung verlaufen das Zu- und Abflußgerinne. Der Niveauunterschied zwischen der Seeoberfläche und den umliegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen beträgt ca. 8 m an der östlichen und ca. 10 bis 11 m an der westlichen Längsseite des Sees: Der See füllt gleichsam den Boden einer tiefen Rinne und liegt deutlich windgeschützt, zumal er nicht längs zur Hauptwindrichtung gelegen ist. Mit einer Durchschnittstiefe von ca. 5 und einer Maximaltiefe von ca. 7,5 m gehört das Gewässer von der Morphometrie her zu den Flachseen.

3. Methodik

3.1. Probenahme

Die Probenahmestelle in der Seemitte wurde durch eine Boje markiert. Die Tiefe betrug hier ca. 6,5 m. Die Entnahmetiefen sind jeweils den graphischen Darstellungen zu entnehmen. Zur Entnahme der Wasserproben aus größerer Tiefe wurde ein RUTTNER-Schöpfer von 1 l Inhalt verwendet. Die Entnahmen begannen stets zwischen 9.00 und 9.30 MESZ bzw. MEZ (bis 30. 3.). Die Probenahmen erfolgten in der Zeit vom 19. 3. bis 23. 9. 1985, und zwar grundsätzlich in wöchentlichen Abständen.

3.2. Chemische und physikalische Untersuchungen

- Temperaturmessung erfolgte mit einem Quecksilberthermometer im RUTTNER-Schöpfer.
- Sauerstoff wurde elektrometrisch bestimmt. Da kein langes Meßkabel zur Verfügung stand, mußte die Probe zur Messung zunächst in ein Becherglas eingefüllt werden. Eine Überprüfung dieser Sauerstoffmeßmethode mit der Methode nach WINKLER ergab, daß das hier praktizierte Verfahren nur bei großen Sauerstoffsättigungsdefiziten relativ ungenau ist und zu hohe Meßwerte liefert, insgesamt zur Erfassung der Dynamik der Sauerstoffverteilung bei weitem genau genug ist.
- Kieselsäure (gelöst) wurde photometrisch als Silikomolybdänblau erfaßt (DEV 1968 ff.).

3.3. Biologische Untersuchungen

Die Ermittlung der Häufigkeit von Kieselalgen erfolgte durch Auszählung mit LUGOLScher Lösung versetzter, sedimentierter Planktonproben mittels eines Umgekehrten Mikroskop.

4. Wärmeverteilung

Den Verlauf der Temperaturkurven für die einzelnen Meßtiefen zeigt Abb. 1. Danach besitzt der See ungefähr ab dem 29. 4. eine thermische Schichtung. Bei Beginn der Stagna-

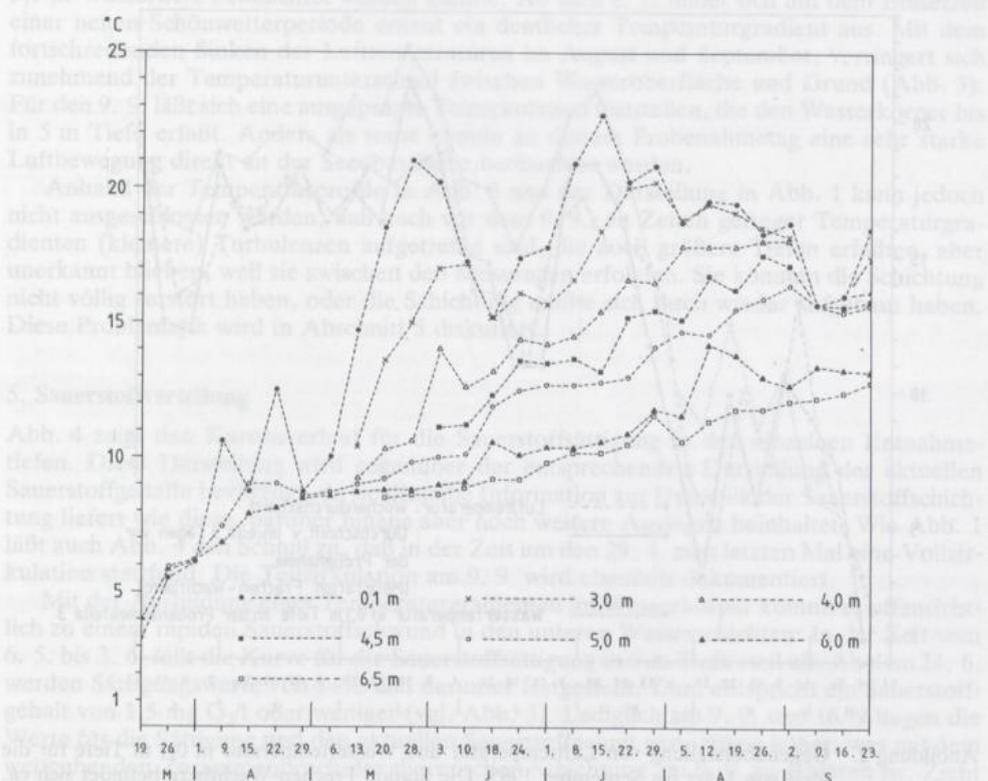


Abbildung 1. Kurven der Wassertemperatur in ausgewählten Tiefen des Knapsacker Sees (März bis September 1985).

tion ist die Schichtung zunächst nur innerhalb eines oberflächennahen Wasserkörpers von ca. 3,5 m Mächtigkeit instabil. Etwa ab dem 29. 7. nimmt der „epilimnische Wasserkörper“ zunehmend an Mächtigkeit zu, und die Schichtung auch tiefer gelegener Wasserschichten wird zunehmend instabil.

Wie Abb. 2 zeigt, besteht eine gute Korrelation zwischen der Wassertemperatur in 0,1 m Tiefe, der Wochendurchschnittstemperatur der Luft und dem Durchschnitt der Lufttemperatur aus den letzten drei Tagen vor der Probenahme. Daraus ist zu schließen, daß dieselben Ursachen, die für die Erwärmung der Luft verantwortlich sind, auch für die Erwärmung des oberflächennahen Wasserkörpers maßgeblich und damit wegen der windgeschützten Lage des Gewässers von besonderer Bedeutung für die darin beobachtete Wärmeverteilung sind. Hervorzuheben ist daher der ausgeprägte Anstieg der Lufttemperatur in der Zeit vom 29. 4. bis 28. 5. und der nach dem 1. 7., da sie die Ausbildung eines Temperaturgradienten im Wasserkörper wahrscheinlich erscheinen lassen. Umgekehrt führen Kälteeintrüche wie der in der Zeit vom 3. 6. bis 1. 7. zwangsläufig zu einer Abkühlung des Wassers und damit zum Abbau von Temperaturgradienten innerhalb des Wasserkörpers.

Wie die Gegenüberstellung in Abb. 2 zeigt, ist die Korrelation zwischen der Wassertemperatur in 0,1 m Tiefe und dem Durchschnitt der Lufttemperatur aus den letzten drei Tagen vor der Probenahme offensichtlich besser als die Korrelation zwischen der „0,1 m Wassertemperatur“ und der Wochendurchschnittstemperatur. Dies läßt den Schluß zu, daß der oberflächennahe Wasserkörper aufgrund seiner Wärmespeicherfähigkeit den Wärmeumsatz der drei letzten Tage besser widerspiegelt als den einer Woche.

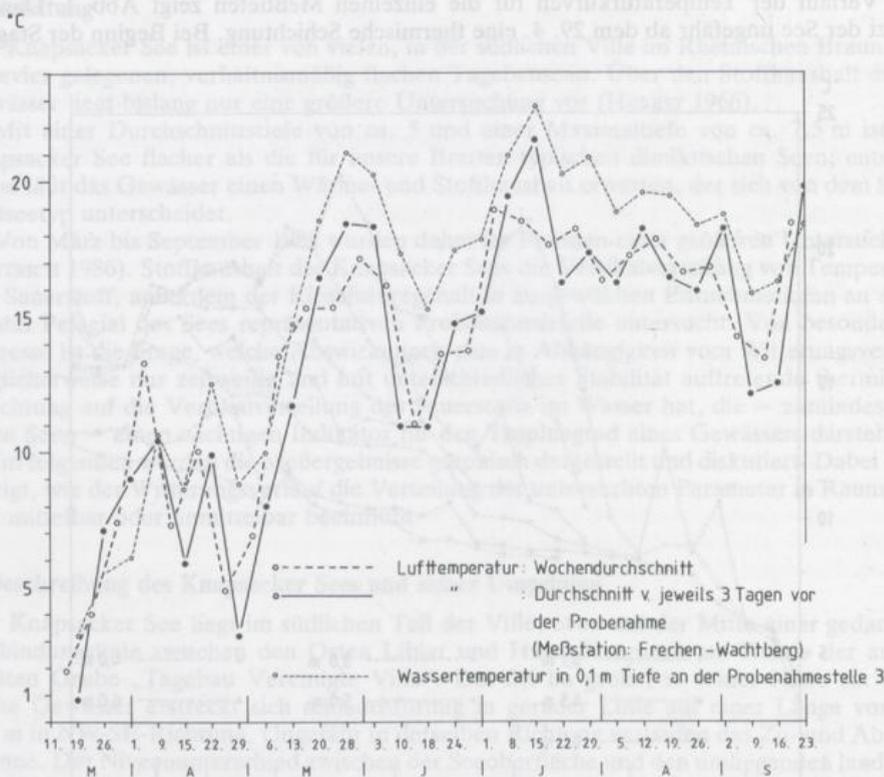


Abbildung 2. Gegenüberstellung von Lufttemperatur und Wassertemperatur in 0,1 m Tiefe für die Zeit von März bis September 1985. Die Station Frechen-Wachtberg befindet sich ca. 10 km nördlich vom Untersuchungsort in der Nähe des Ville-Ostanges. Die hier gemessenen Lufttemperaturen dürfen als repräsentativ für das Untersuchungsgebiet gelten.

Abb. 1 zufolge liegt die Temperatur zu Beginn der Stagnation in 6,0 m Tiefe mit 8,5 °C deutlich höher als die Temperatur von 4 °C, die man im Hypolimnion tiefer Seen vorfindet. Dies ist eine Folge der vergleichsweise besseren Erwärmbarkeit geringmächtiger Wasserkörper flacher Seen während der Frühjahrszirkulation als der tiefer (WETZEL 1983). Es ist daher denkbar, daß erst der starke, von der Witterung induzierte Temperaturanstieg in der Zeit vom 29. 4 bis 28. 5. wesentlich dazu beigetragen hat, eine weitere Erwärmung des gesamten Wasserkörpers durch Beendigung der Zirkulationsphase und Manifestierung eines ausgeprägten Temperaturgradienten innerhalb des Wasserkörpers zu verhindern.

Mit dem Fortschreiten der Vegetationsperiode kommt es zu einer zunehmenden Aufheizung des Gewässers auch in tieferen Schichten (s. Abb. 1). Dadurch nimmt die Möglichkeit zu, daß die thermische Schichtung instabil wird, wenn es, bedingt durch das Ende einer Schönwetterperiode oder einen Kälteeinbruch zu einem Abkühlen der oberflächennahen Wasserschicht kommt. Wie die in Abb. 3 dargestellten Temperaturprofile zeigen, gibt es auch beim Knapsacker See derartig instabile Zustände, die durch nur geringe Temperaturunterschiede zwischen der Wasseroberfläche und den grundnahen Wasserschichten gekennzeichnet sind; wichtig ist dabei die Feststellung, daß eine Beeinflussung der Temperaturverteilung durch das Wasser des Zulaufgerinnes ausgeschlossen werden kann (DITTRICH 1986).

Nachdem bis zum 28. 5. im Zuge einer Schönwetterperiode (Abb. 3) der sigmoide Verlauf der Temperaturkurve zugenommen hatte und dem Verlauf bei Vorhandensein einer Sprungschicht ähnelte, löst sich im Laufe der kühlen Witterung in der Zeit vom 28. 5. bis 1. 7. (vgl. Abb. 2) mit dem Abkühlen der oberflächennahen Wasserschichten der sigmoide Kurvenverlauf wieder auf. Am 18. 6. betrug der Temperaturunterschied zwischen Oberfläche und Grund nur noch 6 °C. Zum Vergleich: Am 28. 5. betrug die entsprechende Temperaturdifferenz 12,4 °C, wobei der stärkste Temperatursprung mit 5,8 °C zwischen 2,5 und 3,5 m Wassertiefe beobachtet werden konnte. Ab dem 8. 7. bildet sich mit dem Einsetzen einer neuen Schönwetterperiode erneut ein deutlicher Temperaturgradient aus. Mit dem fortschreitenden Sinken der Lufttemperaturen im August und September, verringert sich zunehmend der Temperaturunterschied zwischen Wasseroberfläche und Grund (Abb. 3). Für den 9. 9. läßt sich eine ausgeprägte Teilzirkulation feststellen, die den Wasserkörper bis in 5 m Tiefe erfaßt. Anders als sonst konnte an diesem Probenahmetag eine sehr starke Luftbewegung direkt an der Seeoberfläche beobachtet werden.

Anhand der Temperaturprofile in Abb. 3 und der Darstellung in Abb. 1 kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß auch vor dem 9. 9., zu Zeiten geringer Temperaturgradienten (kleinere) Turbulenzen aufgetreten sind, die auch größere Tiefen erfaßten, aber unerkannt blieben, weil sie zwischen den Messungen erfolgten. Sie könnten die Schichtung nicht völlig zerstört haben, oder die Schichtung müßte sich rasch wieder aufgebaut haben. Diese Problematik wird in Abschnitt 5 diskutiert.

5. Sauerstoffverteilung

Abb. 4 zeigt den Kurvenverlauf für die Sauerstoffsättigung in den einzelnen Entnahmetiefen. Diese Darstellung wird gegenüber der entsprechenden Darstellung der aktuellen Sauerstoffgehalte bevorzugt, da sie dieselbe Information zur Dynamik der Sauerstoffschichtung liefert wie diese, darüber hinaus aber noch weitere Aussagen beinhaltet. Wie Abb. 1 läßt auch Abb. 4 den Schluß zu, daß in der Zeit um den 29. 4. zum letzten Mal eine Vollzirkulation stattfand. Die Teilzirkulation am 9. 9. wird ebenfalls dokumentiert.

Mit der Ausbildung eines Temperaturgradienten im Wasserkörper kommt es offensichtlich zu einem rapiden Sauerstoffschwund in den unteren Wasserschichten: In der Zeit vom 6. 5. bis 3. 6. fällt die Kurve für die Sauerstoffsättigung in 6 m Tiefe steil ab. Ab dem 24. 6. werden Sättigungswerte von 14% und darunter festgestellt. Dem entspricht ein Sauerstoffgehalt von 1,5 mg O₂/l oder weniger (vgl. Abb. 3). Lediglich am 9. 9. und 16. 9. liegen die Werte für die Sättigung und den aktuellen Sauerstoffgehalt geringfügig höher, was mit dem weitgehenden Zusammenbruch der thermischen Schichtung am 9. 9. zu erklären ist. Zieht man die Ausführungen aus Abschnitt 3. 2. heran, so ist zu vermuten, daß die gemessenen Sauerstoffgehalte und somit die ermittelten Sauerstoffsättigungen eher höher waren als die tatsächlichen. Folglich ist sogar mit einem völligen Sauerstoffschwund und 0% Sättigung zu

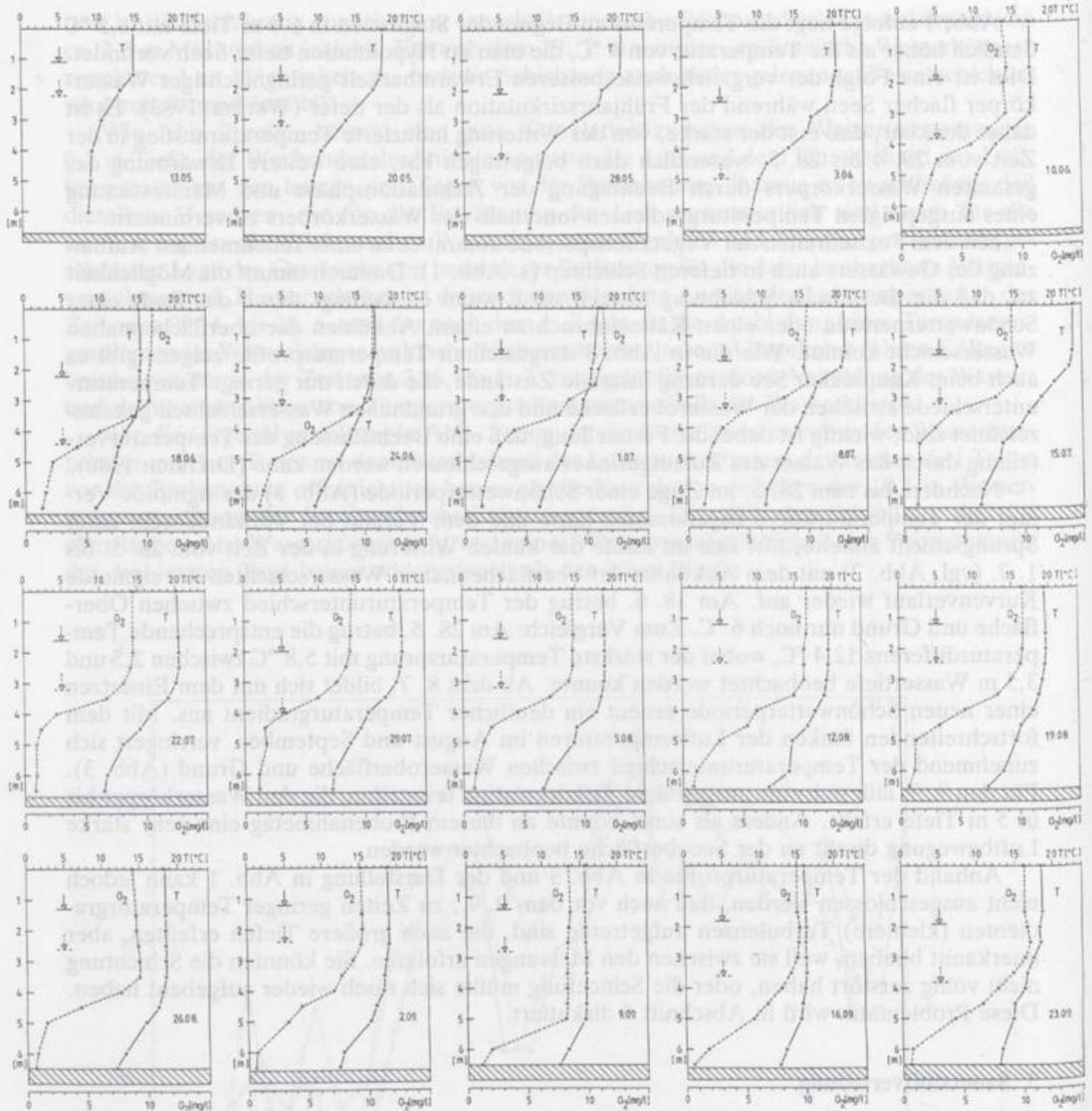


Abbildung 3. Temperatur- und Sauerstoffprofile. Die Pfeile bedeuten die direkt gemessene Sichttiefe und die durch Verdoppelung dieses Wertes errechnete „doppelte Sichttiefe“.

rechnen. Aus dem Verlauf der Kurve für die Sauerstoffsättigung in 6 m Tiefe ergeben sich also keine Hinweise auf eine bedeutende Verfrachtung von Sauerstoff in noch tiefere Schichten.

Dagegen fällt bei der Betrachtung der Sauerstoffsättigungskurven für die Tiefen zwischen 3,0 und 5,0 m deren eigenwilliger Verlauf auf: Die Kurven durchlaufen am 24. 6. ein relatives Maximum, fallen dann wieder ab, um am 12. 8. erneut ein Maximum zu durchlaufen. Die Kurven fallen jedoch nicht zusammen wie bei der Teilzirkulation am 9. 9. Ein Vergleich mit Abb. 3 zeigt, daß die Kurven immer dann ansteigen, wenn nur ein geringer Temperaturgradient ausgebildet ist.

Für die Diskussion des Verlaufs der Kurven aus Abb. 4 bieten sich vor allem die folgenden Erklärungsmöglichkeiten an:

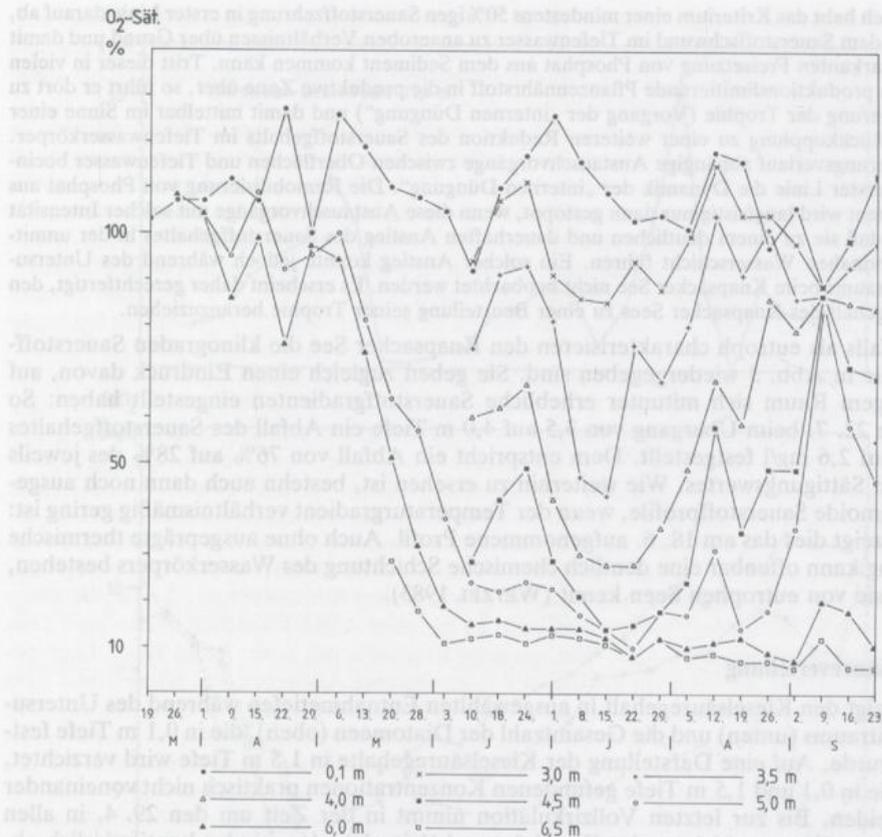


Abbildung 4. Kurven der Sauerstoffsättigung in ausgewählten Tiefen (März bis September 1985).

– Durch das Abkühlen von oberflächennahem Wasser können (kleinere) Konvektionsströmungen hervorgerufen worden sein, die die Schichtung des Wasserkörpers nicht auffällig gestört, aber sauerstoffhaltiges Wasser in größere Tiefen verfrachtet haben.

– Es kann auch zu windinduzierten Teilzirkulationen gekommen sein oder zu deutlichen, die Schichtung zerstörenden Konvektionsströmungen. Wie die Kurvenverläufe in Abb. 4 und die entsprechenden Sauerstoffprofile in Abb. 3 zeigen, wurde der mit der Teilzirkulation vom 9. 9. in die Tiefe verfrachtete Sauerstoff sehr schnell wieder hergestellt. Zwischen dem 18. und 24. 6. könnte folglich eine Teilzirkulation stattgefunden haben, bei den Messungen am 24. 6. die Schichtung aber weitgehend regeneriert gewesen sein.

Die Sauerstoffverhältnisse bzw. die Sauerstoffsättigungsverhältnisse in den verschiedenen Tiefen sind offenbar ein besserer Indikator für Austausch- und Durchmischungsvorgänge zwischen den einzelnen Wasserschichten als die entsprechenden Wassertemperaturen.

Insgesamt führen die beobachteten Störungen bis Ende August/Anfang September zu keiner spürbaren Entlastung des Sauerstoffhaushalts in der Tiefenzone des Gewässers.

Eine Minderung des hypolimnischen Sauerstoffgehalts auf weniger als 50% des theoretisch möglichen Sättigungswertes gilt als Kriterium für eutroph. Wegen der trotz einiger Störungen vergleichsweise stabilen Schichtung des Knapsacker Sees scheint es vertretbar, dieses Kriterium auch auf dieses verhältnismäßig flache Gewässer anzuwenden, obwohl ein Hypolimnion wie bei tiefen Seen nicht vorzuliegen scheint. Abb. 4 zufolge weist der Sauerstoffhaushalt den Knapsacker See somit als eutroph aus.

Inhaltlich hebt das Kriterium einer mindestens 50%igen Sauerstoffzehrung in erster Linie darauf ab, daß es mit dem Sauerstoffschwund im Tiefenwasser zu anaeroben Verhältnissen über Grund und damit zu einer markanten Freisetzung von Phosphat aus dem Sediment kommen kann. Tritt dieser in vielen Gewässern produktionslimitierende Pflanzennährstoff in die produktive Zone über, so führt er dort zu einer Steigerung der Trophie (Vorgang der „internen Düngung“) und damit mittelbar im Sinne einer positiven Rückkopplung zu einer weiteren Reduktion des Sauerstoffgehalts im Tiefenwasserkörper. Vom Witterungsverlauf abhängige Austauschvorgänge zwischen Oberflächen und Tiefenwasser beeinflussen in erster Linie die Dynamik der „internen Düngung“. Die Remobilisierung von Phosphat aus dem Sediment wird langfristig nur dann gestoppt, wenn diese Austauschvorgänge mit solcher Intensität auftreten, daß sie zu einem deutlichen und dauerhaften Anstieg des Sauerstoffgehaltes in der unmittelbar grundnahen Wasserschicht führen. Ein solcher Anstieg konnte jedoch während des Untersuchungszeitraums beim Knapsacker See nicht beobachtet werden. Es erscheint daher gerechtfertigt, den Sauerstoffgehalt des Knapsacker Sees zu einer Beurteilung seiner Trophie heranzuziehen.

Ebenfalls als eutroph charakterisieren den Knapsacker See die klinograden Sauerstoffprofile, die in Abb. 3 wiedergegeben sind. Sie geben zugleich einen Eindruck davon, auf welch engem Raum sich mitunter erhebliche Sauerstoffgradienten eingestellt haben: So wurde am 22. 7. beim Übergang von 3,5 auf 4,0 m Tiefe ein Abfall des Sauerstoffgehaltes von 6,8 auf 2,6 mg/l festgestellt. Dem entspricht ein Abfall von 76% auf 28% des jeweils möglichen Sättigungswertes. Wie weiterhin zu ersehen ist, bestehen auch dann noch ausgeprägte sigmoide Sauerstoffprofile, wenn der Temperaturgradient verhältnismäßig gering ist: Deutlich zeigt dies das am 18. 6. aufgenommene Profil. Auch ohne ausgeprägte thermische Schichtung kann offenbar eine deutliche chemische Schichtung des Wasserkörpers bestehen, wie man sie von eutrophen Seen kennt (WETZEL 1983).

6. Kieselsäureverteilung

Abb. 5 zeigt den Kieselsäuregehalt in ausgewählten Entnahmetiefen während des Untersuchungszeitraums (unten) und die Gesamtzahl der Diatomeen (oben), die in 0,1 m Tiefe festgestellt wurde. Auf eine Darstellung der Kieselsäuregehalte in 1,5 m Tiefe wird verzichtet, da sich die in 0,1 und 1,5 m Tiefe gefundenen Konzentrationen praktisch nicht voneinander unterscheiden. Bis zur letzten Vollzirkulation nimmt in der Zeit um den 29. 4. in allen untersuchten Wasserschichten der Kieselsäuregehalt mehr oder minder kontinuierlich ab. Diese Abnahme geht offenbar auf einen Verbrauch der Kieselsäure durch die Kieselalgen zurück, denn für diese Zeitspanne läßt sich eine Zunahme der Diatomeengesamtzahl feststellen.

Ab dem 29. 4. zeigen die Kurven für die unteren Wasserschichten eine mehr oder minder kontinuierliche Zunahme der Kieselsäurekonzentrationen, die bei der „5,0 m Kurve“ erst durch die Teilzirkulation vom 9. 9. unterbrochen wird. Für diesen Anstieg dürfte in erster Linie die Rückführung von Kieselsäure aus dem Sediment verantwortlich sein.

Die Kurve der Kieselsäurekonzentration (Abb. 5) in 0,1 m Tiefe zeigt ab dem 29. 4. keinen einheitlichen Verlauf, sondern ist gekennzeichnet von periodischen Schwankungen. Vom 1. 4., dem Zeitpunkt der Aufnahme der Kieselalgenzählungen, bis zum 15. 7. besteht eine auffällige negative Korrelation der gefundenen Kieselsäurekonzentrationen zur Gesamtzahl der Kieselalgen. Der innerhalb der Zeit vom 6. 5. bis 20. 5. und vom 1. 7. bis 15. 7. zu beobachtende Anstieg der Kieselsäuregehalte erklärt sich nicht aus der Dynamik der Kieselalgen-Gesamtzahl, da zwar eine Zunahme der Diatomeen zu einer Abnahme von Kieselsäure führt, die Abnahme der Kieselalgen-Gesamtzahl aber nicht zwangsläufig eine Zunahme von Kieselsäure bedeuten muß.

Für die fraglichen Zunahmen, die jedesmal in eine Zeit zunehmender thermischer Schichtung fallen, können folgende Gründe infrage kommen:

– Es könnte eine merkliche Zufuhr von Kieselsäure aus tieferen kieselsäurereichereren Wasserschichten stattgefunden haben. Eine solche interne Rückführung wird zweifelsohne durch die geringe Tiefe des Gewässers begünstigt, da sich aus dem Sediment freigesetzte Kieselsäure nicht auf einen großen Tiefenwasserkörper verteilt, sondern wegen dessen Geringmächtigkeit schnell in die produktiven, oberflächennahen Wasserschichten über-treten kann.

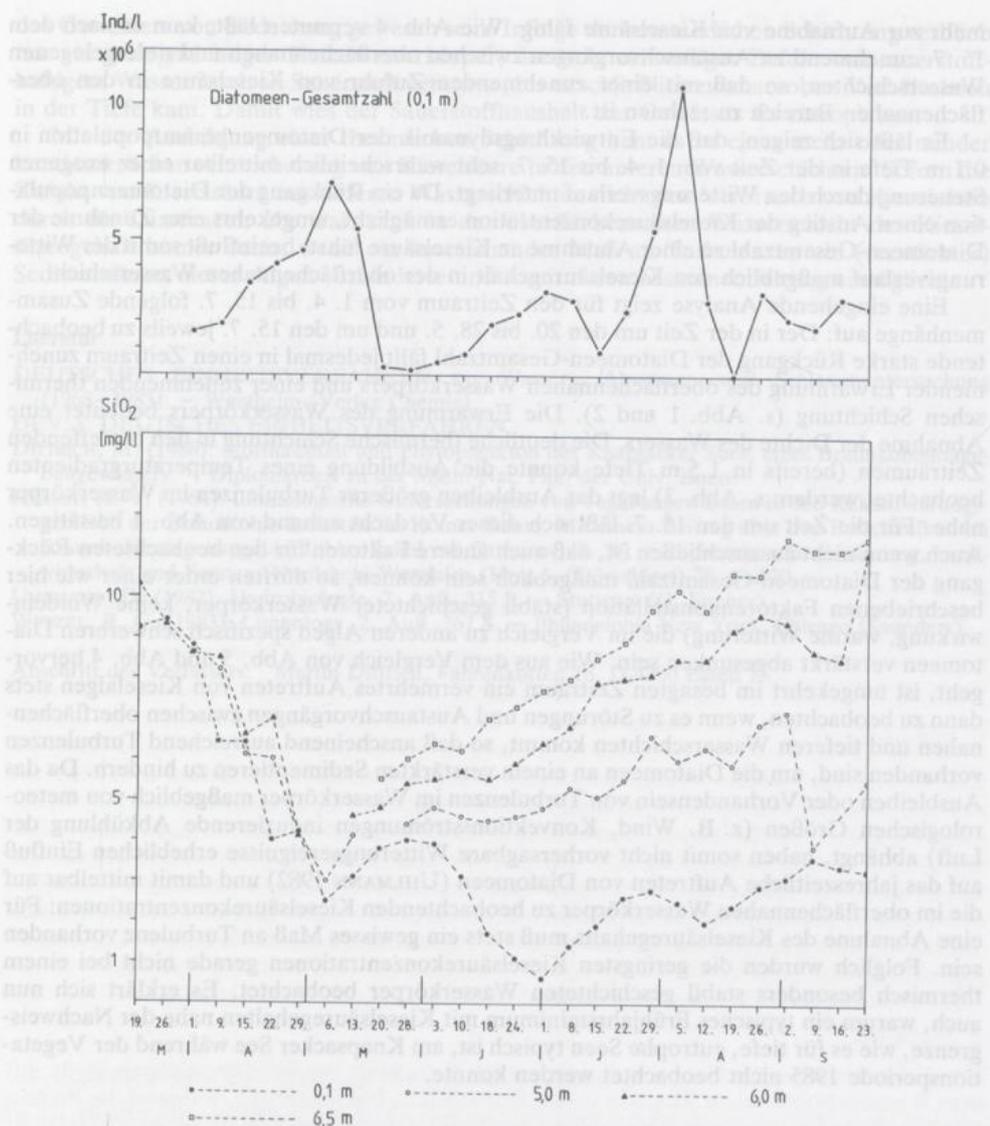


Abbildung 5. Diatomeen-Gesamtzahl in 0,1 m Tiefe (April bis September 1985) (oben); SiO_2 -Konzentrationen in ausgewählten Entnahmetiefen (März bis September 1985) (unten).

- Es könnte zu einer merklichen allochthonen Kieselsäure-Zufuhr gekommen sein.
- Durch Zooplanktonfraß kommt es zu einer Zertrümmerung von Diatomeenschalen. Dies kann nach WETZEL (1983) insbesondere bei produktiven Seen von merklichem Einfluß auf die Auflösung suspendierter Diatomeenkieselsäure im freien Wasser sein.

Nach dem 15. 7. besteht kaum noch eine Korrelation (Abb. 5) zwischen der „0,1 m Kieselsäure-Kurve“ und der Gesamtzahl der Kieselalgen in 0,1 m Tiefe: Möglicherweise wurden nach dem 15. 7. bereits sedimentierende Kieselalgen aus dem vorangegangenen Maximum infolge von Strömungen im oberflächennahen Wasserkörper wieder an die Oberfläche gespült. Trotz scheinbar noch intakter Chloroplasten waren diese „rückgeführten“ Diatomeen möglicherweise zu einem großen Teil nicht mehr lebend oder zumindest nicht

mehr zur Aufnahme von Kieselsäure fähig. Wie Abb. 4 vermuten läßt, kam es nach dem 15. 7. zunehmend zu Austauschvorgängen zwischen oberflächennahen und tiefergelegenen Wasserschichten, so daß mit einer zunehmenden Zufuhr von Kieselsäure in den oberflächennahen Bereich zu rechnen ist.

Es läßt sich zeigen, daß die Entwicklungsdynamik der Diatomeengesamtpopulation in 0,1 m Tiefe in der Zeit vom 1. 4. bis 15. 7. sehr wahrscheinlich mittelbar einer exogenen Steuerung durch den Witterungsverlauf unterliegt. Da ein Rückgang der Diatomeenpopulation einen Anstieg der Kieselsäurekonzentration ermöglicht, umgekehrt eine Zunahme der Diatomeen-Gesamtzahl zu einer Abnahme an Kieselsäure führt, beeinflußt somit der Witterungsverlauf maßgeblich den Kieselsäuregehalt in der oberflächennahen Wasserschicht.

Eine eingehende Analyse zeigt für den Zeitraum vom 1. 4. bis 15. 7. folgende Zusammenhänge auf: Der in der Zeit um den 20. bis 28. 5. und um den 15. 7. jeweils zu beobachtende starke Rückgang der Diatomeen-Gesamtzahl fällt jedesmal in einen Zeitraum zunehmender Erwärmung des oberflächennahen Wasserkörpers und einer zunehmenden thermischen Schichtung (s. Abb. 1 und 2). Die Erwärmung des Wasserkörpers bedeutet eine Abnahme der Dichte des Wassers. Die deutliche thermische Schichtung in den betreffenden Zeiträumen (bereits in 1,5 m Tiefe konnte die Ausbildung eines Temperaturgradienten beobachtet werden: s. Abb. 3) legt das Ausbleiben größerer Turbulenzen im Wasserkörper nahe. Für die Zeit um den 15. 7. läßt sich dieser Verdacht anhand von Abb. 4 bestätigen. Auch wenn nicht auszuschließen ist, daß auch andere Faktoren für den beobachteten Rückgang der Diatomeen-Gesamtzahl maßgeblich sein können, so dürften unter einer wie hier beschriebenen Faktorenkonstellation (stabil geschichteter Wasserkörper, keine Windeinwirkung, warme Witterung) die im Vergleich zu anderen Algen spezifisch schwereren Diatomeen verstärkt abgesunken sein. Wie aus dem Vergleich von Abb. 5 und Abb. 4 hervorgeht, ist umgekehrt im besagten Zeitraum ein vermehrtes Auftreten von Kieselalgen stets dann zu beobachten, wenn es zu Störungen und Austauschvorgängen zwischen oberflächennahen und tieferen Wasserschichten kommt, so daß anscheinend ausreichend Turbulenzen vorhanden sind, um die Diatomeen an einem verstärkten Sedimentieren zu hindern. Da das Ausbleiben oder Vorhandensein von Turbulenzen im Wasserkörper maßgeblich von meteorologischen Größen (z. B. Wind, Konvektionsströmungen induzierende Abkühlung der Luft) abhängt, haben somit nicht vorhersagbare Witterungsereignisse erheblichen Einfluß auf das jahreszeitliche Auftreten von Diatomeen (UHLMANN 1982) und damit mittelbar auf die im oberflächennahen Wasserkörper zu beobachtenden Kieselsäurekonzentrationen: Für eine Abnahme des Kieselsäuregehalts muß stets ein gewisses Maß an Turbulenz vorhanden sein. Folglich wurden die geringsten Kieselsäurekonzentrationen gerade nicht bei einem thermisch besonders stabil geschichteten Wasserkörper beobachtet. Es erklärt sich nun auch, warum ein typisches Frühjahrsminimum mit Kieselsäuregehalten nahe der Nachweisgrenze, wie es für tiefe, eutrophe Seen typisch ist, am Knapsacker See während der Vegetationsperiode 1985 nicht beobachtet werden konnte.

7. Zusammenfassung

Von März bis September 1985 wurden im Knapsacker See, einem Braunkohlentagebaugewässer im Südteil der Ville, in wöchentlichen Abständen die Schichtungsverhältnisse von Temperatur und Sauerstoff sowie außerdem der Kieselsäuregehalt ausgewählter Entnahmetiefen an einer für das Pelagial repräsentativen Probenahmestelle untersucht. Gleichzeitig wurde dort das Diatomeenplankton in 0,1 m Tiefe quantitativ erfaßt. An der in der Mitte des Sees gelegenen Probenahmestelle ist das Gewässer 6,5 m tief.

Die Untersuchungsergebnisse werden graphisch dargestellt, und die Veränderungen der untersuchten Parameter in Raum und Zeit werden unter besonderer Berücksichtigung des Witterungsverlaufs diskutiert.

Obwohl zu Zeiten geringer Temperaturgradienten zwischen Wasseroberfläche und Grund Turbulenzen auftraten, die auch tiefere Wasserschichten erfaßten, wies der Knapsacker See während der Vegetationsperiode 1985 eine für Flachseen überraschend stabile Schichtung auf. Hierfür dürfte neben dem Witterungsverlauf auch die windgeschützte Lage

des Gewässers von Bedeutung gewesen sein. Infolge der sommerlichen Schichtung verblieb nur ein geringmächtiger Tiefenwasserkörper, der trotz zeitweiliger Zufuhr von sauerstoffhaltigem Wasser rasch an Sauerstoff verarmte, bis es schließlich zu anaeroben Verhältnissen in der Tiefe kam. Damit wies der Sauerstoffhaushalt das Gewässer als eutroph aus.

Mit der Ausbildung einer thermischen Schichtung kam es zu einer mehr oder minder kontinuierlichen Anreicherung von Kieselsäure in den unteren Wasserschichten. Sofern die Zufuhr von Kieselsäure aus tieferen Wasserschichten nicht den Verbrauch von Kieselsäure durch die Diatomeen übertraf, sank in der oberflächennahen Wasserschicht der Kieselsäuregehalt immer dann, wenn ein ausreichendes Maß an Turbulenzen ein (verstärktes) Sedimentieren dieser Algen verhinderte und somit deren Massenfaltung ermöglichte.

Literatur

- DEUTSCHES EINHEITSVERFAHREN zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (1968–1983). – Weinheim (Verlag Chemie).
- DEV: s. DEUTSCHES EINHEITSVERFAHREN.
- DITTRICH, M. (1986): Stoffhaushalt und Phytoplankton des Knapsacker Sees, eines Braunkohlentagebaugewässers. – Diplomarbeit an der Math.-Nat. Fak. der Univ. Bonn.
- HERBST, H. V. (1966): Limnologische Untersuchungen von Tagebaugewässern in den Rekultivierungsgebieten der Braunkohle-Industrie im Kölner Raum. Mit einem Beitrag über den Bodenaufbau im Braunkohlentagebaugelände Liblar-Brühl von QUITZOW, H. W. – Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), (Düsseldorf) 28, 1–120.
- UHLMANN, D. (1982): Hydrobiologie. 2. Aufl. 315 S. – Stuttgart (G. Fischer).
- WETZEL, R. G. (1983): Limnologie. 2. Aufl. 767 S. – Philadelphia New York, Chicago (Saunders).

Anschrift des Verfassers: Martin Dittrich, Fahrenkotten 16, D-4300 Essen 15

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [140](#)

Autor(en)/Author(s): Dittrich Martin

Artikel/Article: [Beitrag zur Limnologie anthropogener Flachseen 174-183](#)