©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

DER TRAUNSEE IN OBERÖSTERREICH IM BLICKPUNKT NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG

LAKE TRAUNSEE IN UPPER AUSTRIA IN THE LIGHT OF NATURAL SCIENCES

Christian Leeb[1]

ZUSAMMENFASSUNG

Seit über hundert Jahren wird der zwischen dem Rande der nördlichen Kalkalpen und der rhenodanubischen Flyschzone liegende Traunsee in Oberösterreich von Wissenschaftlern der verschiedensten Disziplinen erforscht. Während sich Geographen und Geologen in der Vergangenheit bemühten, sein Entstehen mit dem tektonischen Kräftespiel und der abtragenden Wirkung der eiszeitlichen Gletscher während des Pleistozäns zu erklären, sind es vor allem ökologische Fragestellungen, denen Limnologen in neuerer Zeit in regelmäßigen Intervallen nachgehen. Der folgende Aufsatz beinhaltet eine kurze Übersicht (Leeb 2001) verschiedenster abgeschlossener und noch fortlaufender wissenschaftlicher Forschungen.

ABSTRACT

For many decades lake Traunsee which is situated between the northern mountain ranges of the Upper Austrian Calcareous Alps and the rhenodanubian Flyschzone has been focused by scientists of various fields. While geographers and geologists contributed to a comprehensive knowledge of tectonical and glacial activities before and during the pleistocene, the ecological state of the water body itself is to be monitored and observed by limnologists in regular intervals in recent years. The following essay contains a short overview (Leeb 2001) of varying scientific investigations, which are either still ongoing or have been completed some time ago.

I. EINLEITUNG

Aus verschiedenen Blickwinkeln heraus stellt der Traunsee einen interessanten Themen-schwerpunkt wissenschaftlicher Forschung in Österreich dar. Die geographischen und geologischen Merkmale des Einzugsgebietes sind hier ebenso zu berücksichtigen wie die hydrologischen und limnologischen Eigenschaften einer Seenkette, die als Bestandteil der Entwässerungsschiene der Traun vom Ausseer Becken im Land Steiermark bis an den Rand der nördlichen Kalkalpen reicht. Im folgenden wird nun versucht, die einzelnen As pekte der Entstehung des Traunsees, die morphologische Ausprägung seiner Beckenge-stalt, die Durchflussverhältnisse sowie die Ursachen und Folgen der Gewässerverschmut-zung etwas näher zu erläutern.

[1] Mag.rer.nat., Institut für Geographie & Geoinformatik, Universität Salzburg, Hellbrunnerstr. 34, A-5020 Salzburg, Austria. (Tel.: +43-662-8044-5200; e-mail: chrisleeb@gmx.at)

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

II. DER TRAUNSEE IM NATIONALEN VERGLEICH

Nach Fläche (25,6 km²) und Volumen (2.302 Mio. m³) reiht sich der Traunsee (ca. 12 km lang und 3 km breit) nach dem Attersee (Fläche: 45,6 km²; Tiefe: 170,6 m; Volumen: 3.946 Mio. m³) an die zweite Stelle der größten und mit 191 m an die Spitze der tiefsten Seen Österreichs. Von jenen Gewässern, die nicht zur Gänze innerhalb der österreichischen Landesgrenzen liegen, ist nur der Bodensee nach Fläche (539 km²) und Volumen (48.430 Mio. m³) größer, der Neusiedler See hingegen nur nach Fläche (ca. 300 km²). Das maximale Volumen (250 Mio. m³) des einzigen österreichischen Steppensees, der im übrigen recht markanten Seespiegelschwankungen unterworfen ist, würde in etwa dem 9. Teil des Traunseeinhaltes entsprechen. Dank der enormen Beckenausmaße fällt auch die mittlere Tiefe des Traunsees bei 89,7 m, die ihm zusammen mit dem Bodensee (100 m) und dicht gefolgt vom Millstätter See (89,0 m) eine führende Stellung garantiert, überragend aus. Dies trifft mit Ausnahme des Bodensees (10.900 km²) auch auf sein 1.417 km² großes Einzugsgebiet zu, das im Vergleich zum Hallstättersee etwas mehr als das Zweifache, im Vergleich zum Attersee immerhin mehr als das Dreifache misst. Alle Gewässer an der Traunachse kennzeichnet ein in Österreich generell eher untypisch ho-her Durchflutungsgrad. Die theoretische Wasseraustauschkapazität umfasst einen relativ kurzen Zeitraum von 1,04 Jahren am Traunsee bzw. einem halben Jahr am Hallstätter-see. Die größeren Seen im Quellgebiet, namentlich der Grundl- und Altausseer See, weisen vergleichbare Durchflusseigenschaften und eine daraus resultierende Wasserer-neuerungszeit von 11 bzw. 7 Monaten auf. Auch in limnologischer Hinsicht unterscheidet sich der Traunsee als ein von Natur aus nährstoffarmes Gewässer nicht merklich von den anderen großen Salzkammergutseen, sofern in dieser Betrachtung die Auswirkungen der industriell stark veränderten chemischen Verhältnisse nicht näher berücksichtigt werden.

III. BECKENMORPHOLOGISCHE MERKMALE

In seiner Längserstreckung durchzieht das Traunseebecken eine tektonische Störung. R. Moser (1978, p.102) spricht in diesem Zusammenhang von einer „salinaren Tektonik", die im Bereich der nördlich des Traunsteins liegenden Kaltenbachwildnis nach Nordosten abbiegt und sich im Ultrahelvetikumfenster des Gschliefgrabens in einer Vielzahl von Brüchen verliert. Sie deckt sich zumindest bis Bad Ischl mit dem Verlauf der Talachse, der im Hochglazial die Eismassen bis über den Alpenrand hinaus gefolgt waren. Der trogähnliche Querschnitt und die steilwandige Einfassung im südlichen Beckenabschnitt bezeugen den eiszeitlichen Einfluss und lassen im übrigen darauf schließen, dass sich diese Prozesse mehrmals wiederholt haben müssen. Auch erklärt sich daraus die enorme Tiefe des Sees, dessen tiefste Stelle mit 191m nordöstlich von Traunkirchen liegt. Erst im nördlichen Teil der Seewanne fallen zunehmend flachere Uferböschungen ein, deren Neigungswinkel durchaus bemerkenswerte Unterschiede zwischen den entgegen gesetzten Beckenwänden erkennen lassen. Zugleich nehmen die Tiefenverhältnisse nach Norden ab, wobei insbesondere in diesem Bereich von einem graduellen Anstieg und einer schwachen Plastizität des Profundals gesprochen werden darf.
Eine Beckenschwelle, sofern sie sich überhaupt als eine solche bezeichnen lässt, bildet sich auf dem Seeboden einzig auf einer Linie zwischen Viechtau und Moaristidl ab. Darauf lässt sich mitunter eine geringere Ansammlung von Industrieschlamm- und Feinsedimentmengen im nördlichen Seeteil zurückführen. Den weitaus größten Anteil der Materialfracht akkumuliert die Traun im Delta von Ebensee, das im Postglazial auf einer Länge von ca. 4 bis 5 km verschüttet worden ist. In ihrem morphologischen Typus zeigt es keine Ähnlichkeiten mit dem nördlichen

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Beckenende, das sich bei Gmunden und Altmünster zungenartig in die Flyschzone hinein schiebt und von den Endmoränen der Würmeiszeit eingefasst wird.
An der pleistozänen Gletscherstirn herrschen heute vornehmlich seichte Uferverhältnisse vor, die den tieferen Seeboden zwischen Hollereck und Pühret am Westufer und dem an der gegenüber liegenden Seite, am Nordanhang des Traunsteins liegenden Gschliefgraben stärker einengen und zugleich eine auffälligere Akzentuierung der unterschiedlichen Beckenmerkmale hervorrufen. So treten an dieser Stelle die Steilstufen zumeist erst in größerer Entfernung vom Westufer entgegen und reichen von 20 bis 40 m unter der Wasseroberfläche bis in 80 bzw. maximal 130 m Tiefe. Zwangsläufig muss sich darauf der Verdacht stützen, dass der asymmetrische Aufbau der Seewanne als ein Spiegelbild der komplexen geologischen Strukturen in diesem Raum zu verstehen ist. Trotz dieser tektonisch bedingten Gegensätze, die sich im Landschaftsbild sowohl an der schroffen Ufereinfassung im Süden, als auch an den hügeligen bis bergigen Erhebungen in der daran angrenzenden Flyschzone im Norden abzeichnen, weist das Becken eine großteils einheitliche und in weiten Teilen trogartige Struktur auf.

IV. DIE GEOLOGISCHEN VERHÄLTNISSE IN DER UMGEBUNG DES SEES

Vor etwa 65 Millionen Jahren, in der zu Ende gehenden Kreidezeit, setzt die Orogenese der Kalkalpen ein. Sie ist auf eine tektonische Einengung der Geosynklinale im Bereich der Tethys, einer flachen Meereswanne, zurückzuführen. Die rund 150 bis 200 Mio. Jahre alten Sedimente wurden dabei von Hebungs- und Faltungsprozessen erfasst, unter Druck deformiert und in einer für die Kalkalpen typischen Gesteinsabfolge Schicht für Schicht nach Norden geschoben. B. Gruber (1991, p. 32) konstatiert, dass nach „dieser Umgestaltung im Oberjura durch Gleittektonik [...] dann dieser gesamte Raum auch noch durch die Schubtektonik der Kreide und des Alttertiärs im großen Stil verändert [wurde]." Prägnant sind dafür die nach Süden einfallenden Schichtpakete, aber auch die deutlich erkennbaren Störungen und Stauchungen an der Gebirgsfront, die an ihrem Fuß überwiegend penninische und helvetische Fazies einschließt. Diese Sedimente tragen den eigentlichen Sockel der Bewegungseinheiten und ragen oft weit unter diese Kalk- und Dolomitgesteinsdecken hinein. R. Moser (1978, p.101) wiederum zieht aus der weit vorspringenden Lage des Traunsteins und der markanten Asymmetrie im Landschaftsbild den Schluss, dass diese „Bewegungen nicht einheitlich waren" und „sich infolge der Druckunterschiede, der Widerlager, der unterschiedlichen Gleitbahnen und Schubkräfte tektonische Störungen in Form mächtiger Brüche aus[bildeten], die größere

Gesteinsdecken in kleinere Bewegungseinheiten zerteilten." Eine dieser mächtigen Störungen schneidet im Bereich des Seebodens die in Österreich sonst nur zwischen dem Möll- und Gailtal aufgeschlossenen oberostalpinen Gesteinsdecken, die, wie am Beispiel des Höllengebirgszuges aufgezeigt werden kann, eine sehr starke Stauchung und Deformierung der Langbathscholle kennzeichnet. Im Osten des heutigen Traunsees reichen die Schichtpakete dieser Decke um 4 bis 5 km weiter nach Norden und sind auf Dolomit und Flysch aufgeschoben. Bezeichnend dafür ist auch die Abflussrichtung der quartärzeitlichen Dachsteingletscher, die entlang dieser mächtigen tektonischen Störung die Talsohle kontinuierlich tiefer legten, aber auch das Relief in der Umgebung des Sees ebenso wie seine Entstehung bedingt haben.

Unumstritten steht heute fest, dass im Quartär der landschaftliche Charakter der Alpen und der daran anschließenden Vorlandgebiete in größerem Ausmaß umgestaltet wurde. Eindeutig lässt sich dies an den morphologischen Beckenmerkmalen des Traunsees –ein Restsee der letzten

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Eiszeit– sowie an zahlreichen anderen Hinweisen auf glazialtypische Erosions- und Akkumulationsprozesse belegen. Gerade in der Umgebung des Traunsteins sprechen viele Anzeichen dafür, dass wesentlich größerer Areale als nur die Gipfelzonen der Nördlichen Kalkalpen von Eis bedeckt waren. So seien an dieser Stelle die Moränenreste im Bereich des kleinen Laudachsees erwähnt, aber auch die typischen Schliffspuren und Unterschneidungen am Hangfuß des Lainaubachtales. Diese Talsohle mündet an einer ca. 80 m über dem Wasserspiegel des Traunsees liegenden Geländestufe, die an der Konfluenz zweier unterschiedlich mächtiger Gletscherströme entstanden ist. Durch mechanische Erosionsprozesse hat sich der kleine Lainaubach im Postglazial klammartig in den Fels eingeschnitten und ein Kerbtal mit steilen Flanken herauspräpariert. Hingegen sind an den Ausläufern des Flysch „Unterm Stein" nur einzelne Fragmente glazialer Akkumulation erhalten geblieben. Sie müssen der letzten großen Eiszeit zugeordnet werden, wie eben auch jene weitaus markanteren Moränenwälle, die an der Gletscherstirn am Nord- und Nordwestende des Traunsees abgelagert wurden.

Diluviale Schotter- und Konglomeratbänke des würm- und rißeiszeitlichen Dachsteingletschers existieren nicht nur nahe, sondern auch in einer Entfernung von bis zu 5 km um die nördlichen Traunseebuchten. Die älteren Moränen reichen dabei bis in die unmittelbare Umgebung der Ortschaft Ohlsdorf. Sie weisen jedoch nicht mehr diese typischen und in sich stärker gegliederten Eigenschaften in ihrer Anlage auf wie etwa die jüngeren Formen längs des Seeufers. Die Schüttung hinterließ hier recht deutliche Erosionsspuren, wie sie etwa an den Zerschneidungen der postglazialen Sedimentkörper entgegentreten. Die heutige Seespiegelhöhe in 422m über NN entspricht dem letzten und tiefsten Niveau einer stufenartigen Absenkung des Gewässers, die zugleich als Erklärung für die Terrassenbildung in der Nähe des Seeufers plausibel erscheint. An der Traun wirkten postglaziale Erosions- und Akkumulationsmechanismen gleichermaßen an der Ausgestaltung der Fließstrecke mit; doch auch hier belegen die terrassenförmig angeordneten Verebnungen der pleistozänen Sedimentauflage einen kontinuierlichen Ausräumungs- und Eintiefungsprozess.

V. HYDROLOGISCHE EIGENSCHAFTEN DES TRAUNSEES

Der Traunsee besitzt mit 1422 km² das größte Entwässerungsareal aller heimischen Seen. Neben Grundl-, Altausseer- und Wolfgangsee liegen noch zahlreiche kleinere Gewässer wie Toplitz- und Ödensee im steirischen sowie die Gosauseen, Offen-, Langbath-, Nussen-, Schwarzensee etc. im oberösterreichischen Teil seines Einzugsgebietes, das in etwa der Fläche des Bezirkes Gmunden entspricht. Der Wasserzufluss an der Mündung in den Traunsee –ca. 85% des gesamten Oberflächenzuflusses– ist demzufolge auffälligen Fluktuationen unterworfen und kann bei der ohnehin als latent einzustufenden Hochwasserneigung der Traun um ein Vielfaches der mittleren Durchflussrate von ca. 64,6 m³/s zunehmen. E. Hehenwarter (1991, p. 108) erinnert in seinem Aufsatz: Zur Limnologie des Gmundner Bezirkes an extreme Pegelstände des Traunsees; so lag etwa 1920 die Hochwassermarke bei 2,71 m, 1949 bei 1,45 m, 1959 bei 2,06 m sowie 1975 und 1977 bei jeweils 1,52 m bzw. 1,34 m. Als katastrophales Ereignis ist jenes des Jahres 1899 überliefert, als nämlich ein Pegel von 4,8 m, d.h. 3,5 m über dem Normalstand von 131 cm gemessen wurde und sich an der Traunmündung ein Wasserschwall von 1500 m³ pro Sekunde in den See ergoss. Um derartigen Vorkommnissen und den damit verbundenen Überschwemmungen Einhalt gebieten zu können, wird seit der 1969 erfolgten Inbetriebnahme das am Ablauf des Traunsees errichteten Kraftwerkes Gmunden das Abflussvolumen des Gewässers reguliert. Anstatt 100 m³/s wie noch zuvor an der "Seeklause" kann heute der

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Durchfluss von durchschnittlich 74,2 m³/s auf 420 m³/s erhöht und ein episodisch auftretender Rückstau im Seebecken verhindert werden.

Aus limnologischer Sicht sind diese Durchflusseigenschaften durchwegs positiv zu bewerten. So beeinflussen Konvektionsströmungen und die Windenergie gleichermaßen die Durchmischung des Gewässers, die anhand von Berechnungsmodellen der „reduzierten Tiefe" bis in 70 m Tiefe nachweisbar ist. In Verbindung mit der eigentlichen Konvektionsphase werden auch die mittleren Wasserschichten ausreichend mit Sauerstoff versorgt, wobei die Konzentrationen auch noch in Tiefen unter 70 m auf interne Strömungen in Verbindung mit dem Durchfluss der Traun schließen lassen (vgl.: K. Schwarz und A. Jagsch, 1998, p. 502).

Die Strömungsverhältnisse im Traunsee sind bereits mehrmals einer eingehenden Be-trachtung unterzogen worden. Ein besonderes Augenmerk legt Hehenwarter (1991, p.109) in diesem Zusammenhang auf die Ergebnisse einer Untersuchung, die während eines kleineren Hochwasserereignisses durchgeführt wurde. Es stellte sich dabei heraus, dass „[...] z.B. die kleine Hochwasserwelle vom Jänner 1954 [...] genau drei Tage brauchte, vom 22. 1. 1954 früh bis 25. 1. 1954 früh, um den See in seiner ganzen Länge zu durchwandern, wobei sie sich eng an das Ostufer gehalten hat und über 12 m nicht hinunterging, da sie wärmer als der See gewesen ist." Auch ließ sich dabei das durchlaufende Wasser deutlich an seiner Farbe von der ruhenden Seemasse unterscheiden. Grundsätzlich werden Strömungsmessungen mit Triftkörpern, Tiefenschwimmern und Propellermessern zu allen Jahreszeiten durchgeführt, so dass mittlerweile von einer detaillierten Erfassung dieser oft entgegen gesetzten Bewegungen unter der Seeoberfläche gesprochen werden darf.

VI. DER EINFLUSS VON WINDEN AUF DEN WASSERKÖRPER

Ebenso wie Hehenwarter setzt sich auch Moser mit dem Einfluss von Winden auf die horizontalen und vertikalen Verlagerungen im Wasserkörper auseinander. Allerdings sind seinem Ermessen nach die Ostwinde stärker in diesen Wirkungszusammenhang einzubinden, als dies etwa von Hehenwarter berücksichtigt wurde. R. Moser (1978, p. 106) bringt sie jedenfalls damit in Verbindung, dass „im Sommer, wenn der Ostwind weht, [...] das Oberflächenwasser an das Westufer getrieben und kaltes Auftriebswasser an den Flanken des Berges nach oben bewegt [wird]." Bei Westwind setzt sich dieser Prozess in umgekehrter Richtung fort, wobei diesmal warmes Oberflächenwasser an das Ostufer gelangt und sich dadurch die Wassertemperaturen deutlich erhöhen. Auch in den Ausführungen Mosers wird der Viechtauer seinem „stürmischen" Ruf gerecht. Der Autor erläutert dies an zwei Ursachen, nämlich einerseits an der Westströmung, die einen über der Ortschaft Viechtau liegenden Kaltluftpolster in Bewegung versetzt, und andererseits daran, dass der über dem See aufsteigenden Warmluft ebenfalls kältere aus der Umgebung nachströmt. Vor allem an heißen Sommertagen folgen diesen Kaltlufteinbrüchen meist heftige Unwetter nach, die einen enormen Wellengang verursachen und die Wasseroberfläche aufschaukeln.
Ein bemerkenswerter Zusammenhang besteht zwischen den häufig auftretenden Nord-Süd-Passaten in dem Konvektionsablauf. Die horizontalen Bewegungen an der Wasseroberfläche setzen sich dabei als vertikale Durchmischungsprozesse in die Tiefe fort, wobei in Richtung des jeweils vorherrschenden Windes eine Zunahme der Wassertemperatur nach unten erfolgt. Diese ungewöhnlich starken Strömungen können schließlich ein, wie Hehenwarter (1991, p. 108) dazu anmerkt, „[...] bis zu 40 m hohes Schwingen der Tiefenwasserzone um einen oder auch zwei

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Knotenpunkte zur Folge haben, was in Form einer stehenden Welle [...] geschieht, ohne dass davon an der Oberfläche etwas zu merken ist! [Die] Seeoberfläche [„schwingt"] wie ein Waagenbalken, oder wie eine Schüssel voll Wasser, mit einer Schwingungsdauer von 11,2 Minuten und einer mittleren Schwinghöhe von 5 bis 8 cm." Diese Schwingungen können bis zu 70 Stunden dauern und, wie Hehenwarter betont, eine recht erstaunliche Wellenhöhe von bis zu 40 m erreichen.

VII. DAS SEEUFERKLIMA ALS SONDERFALL

Ein besonderes Merkmal der kleinräumigen „Klimainsel" im Bereich des Traunsees spiegelt sich in der ausgleichenden Wirkung der Wassermasse auf die Lufttemperatur in der Umgebung des Sees wider. Dabei erwärmt sich im Winter die Lufttemperatur in Ufernähe etwas stärker, maximal um ca. 1°C, als außerhalb dieser Einflusszone. Außerdem begünstigt die deutlich höhere Feuchtigkeitssättigung der Luft die Nebelbildung (vgl.: E. Hehenwarter, 1991, p.109).

I. Auer, R. Böhm, H. Dobesch (1998, p. 80) bezeichnen das Seeuferklima gewissermaßen als Sonderfall, das im wesentlichen dem Stadtklima durchaus ähnlich und insbesondere in der näheren Umgebung der größeren und tieferen Seen Oberösterreichs gut nachweisbar ist. Die Autoren erläutern dazu, dass „[die] einfallende Energie durch kurz-wellige Strahlung [...] von einer Wasseroberfläche weniger stark reflektiert, die Wärme [...] im See ganz anders umgesetzt [wird] als im Boden [...]". Sie führen dies auf den konvektiven Wärmetransport im Wasserkörper zurück, der sich von der schwächeren Wärmeleitung im Boden maßgeblich unterscheidet, und heben dabei die Bedeutung der lokalen Land-Windsysteme für den Wärmetransport zwischen dem See und der Umgebung hervor. Die Einflusszone reicht, den höheren Jahresmittelwerten der Lufttemperatur nach zu schließen, nur wenige 100 Meter in den terrestrischen Bereich hinein und wirkt sich in den Wintermonaten spürbar auf die Temperaturverhältnisse aus. Für Vergleichszwecke wurden dafür die mittleren Differenzen der Temperaturparameter der vier ober-österreichischen Seeuferstationen in Gmunden, Ebensee, Mondsee und St. Wolfgang herangezogen.

VIII. DIE THERMISCHEN EIGENSCHAFTEN DES SEES

Sowohl von der Firma Solvay als auch von der meteorologischen Station im Strandbad Gmunden werden in regelmäßigen Abständen Temperaturmessungen vorgenommen (Abb. 1). Die langjährigen Messreihen eignen sich besonders gut zur Darstellung des Temperaturverlaufs im Jahresgang, der sich am Beispiel des Traunsees nicht ganz an die Gesetzmäßigkeiten von vergleichbaren Seen hält. Unabhängig von der Größe, Tiefe oder Lage eines stehenden Gewässers sind für die Ausbildung thermischer Schichten insbesondere zwei Faktoren, nämlich die Einstrahlungs- und Windenergie entscheidend, wobei darauf hinzuweisen ist, dass gerade durch das Einwirken von Winden auf die Seeoberfläche auch die darunter liegenden Wasserschichten erwärmt werden. Dieser Erwärmungsprozess kann sich nun mit Hilfe des Durchflusses der Traun auch auf tiefere Zonen ausdehnen, die andernfalls, wie Schwarz und Jagsch (1998, p. 501) dazu anmerken, „ohne diesen Motor bei 5°C stagnieren würden." Diese Eigenschaft des Traunsees bewirkt, dass an seiner Wasseroberfläche nicht so hohe Temperaturen erreicht werden wie bei einem vergleichbar großen See unter sonst ähnlichen klimatischen Bedingungen. Auch E. Hehenwarter (1991, p.107) hebt diesen kausalen und recht

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

bemerkenswerten Zusammenhang zwischen Temperatur und Durchflutung hervor und argumentiert, dass „[...] sich im besonderen Fall eine weitaus höhere Abhängigkeit [...] [daraus ergibt], als sie in normalen Fällen anderer Seen ähnlicher Größe gegeben ist, wo mehr die Zusammenhänge zwischen Oberflächenausdehnung und Temperaturverteilung ihre Rolle spielen". Die Angaben der Autoren zur Durchflusstiefe weichen allerdings erheblich voneinander ab. So grenzt Hehenwarter diesen Wirkungsbereich im Sommer zwischen 10 und 50 m ein, wobei er hier ergänzend hinzufügt, dass für den Traunsee im Vergleich zu allen anderen Seen der Ostalpen der höchste Wärmegewinn in den tieferen Schichten signifikant sei (vgl.: E. Hehenwarter, 1991, p. 107). Schwarz und Jagsch sprechen hingegen von einer Maximaltiefe, die je nach Jahreszeit und Temperatur bei ca. 30 m liegen müsse. Für Hallstätter- und Traunsee ist somit gleichermaßen ein Wärmegewinn in den tieferen Schichten an diese Eigenschaft gekoppelt. Diese beiden Seen stehen somit unter einem ähnlich starken Einfluss der Traun, der sich im allgemeinen durchaus markant auf ihre hydrologischen wie thermischen Eigenschaften auswirkt. Bedingt durch die im übrigen relativ kurze Besonnungsdauer und die häufig auftretenden Passatwinde verharren die Oberflächentemperaturen des Traunsees oftmals auf einem eher geringen Niveau. Auch trägt der Abfluss des Sees dazu bei, dass im Epilimnion Wärmeverluste auftreten und die Temperaturmesswerte im Zeitraum von 1910 bis 1950 um bis zu 2,5°C tiefer lagen als etwa am Wolfgang- oder Attersee. H. Sampl, R.-E. Gusinde und H. Tomek (1982, p. 134) beziehen diese Ursache in ihre Argumentation ein und schließen daraus, dass „die thermische Schichtung im Sommer nicht sehr scharf ausgeprägt ist". Mit Ausnahme der seichteren Buchten von Altmünster und Gmunden steigen die Messwerte deshalb nur selten auf über 18°C im Hauptbecken an, wobei zuweilen im Sommer Temperaturschwankungen von 4 bis 6°C festzustellen sind, obwohl der Durchfluss als ausgleichender Faktor die Wärmeverteilung reguliert.

Vielfach ist das Epilimnion des Traunsees sehr schwach ausgeprägt, so dass im manchen Jahren, z. B. im Juni 1984, 1987 und 1991, die Sprungschicht bereits knapp unter bzw. direkt an der Wasseroberfläche liegen kann. Zur Zeit der Vollstagnation gegen Ende August erreichen die Temperaturunterschiede schließlich ihr Optimum. Während in den ersten 15 m unter dem Wasserspiegel die Messwerte nur geringfügig, bis in 30 m Tiefe hingegen deutlich stärker abnehmen, setzt in der 40 bis 50 m Schicht ein markanter Temperaturabfall ein, den Hehenwarter (1991) auch als den „endgültigen Temperaturrückgang" bezeichnet. Im November gleichen sich diese Gegensätze allmählich wieder an, wobei sich wie in den Jahren 1987 und 1994 die 10°C-Isothermie von der Oberfläche bis in 30 m Tiefe ausweitet. Eine 100%ige Homothermie stellt sich hingegen wegen der enormen Beckenausmaße des Sees nur sehr selten ein. Über Grund verharren die Temperaturen im Jahreszyklus auf einem relativ konstanten und für den Traunsee eigentlich zu hohem Niveau von durchschnittlich 5,1°C mit einer maximalen Amplitude von ± 1,2°C. E. Hehenwarter (1991) vermutet darin einen Zusammenhang mit einer künstlich hervorgerufenen Dauerstagnation der Tiefenwasserzone – eine Feststellung, die zwar als heftig umstritten gilt, nach seiner Einschätzung aber als Ursache für die in manchen Jahren zu beobachtende Temperaturumkehr zur Tiefe hin in Frage kommen könnte.
Hehenwarter betont darüber hinaus die Bedeutung des Traunsees als Ausgleichskörper, der die thermischen Verhältnisse der Traun beeinflusst (vgl. E. Hehenwarter, 1991, p. 107/ 108; K. Schwarz und A. Jagsch, 1998, p. 501). Prinzipiell ist für Fließgewässer eine vertikale Durchmischung bestimmend und eine nahezu einheitliche Temperaturverteilung „[...] für den gesamten Wasserkörper repräsentativ [...]" (I. Auer, R. Böhm, H. Dobesch 1998, p. 106).

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

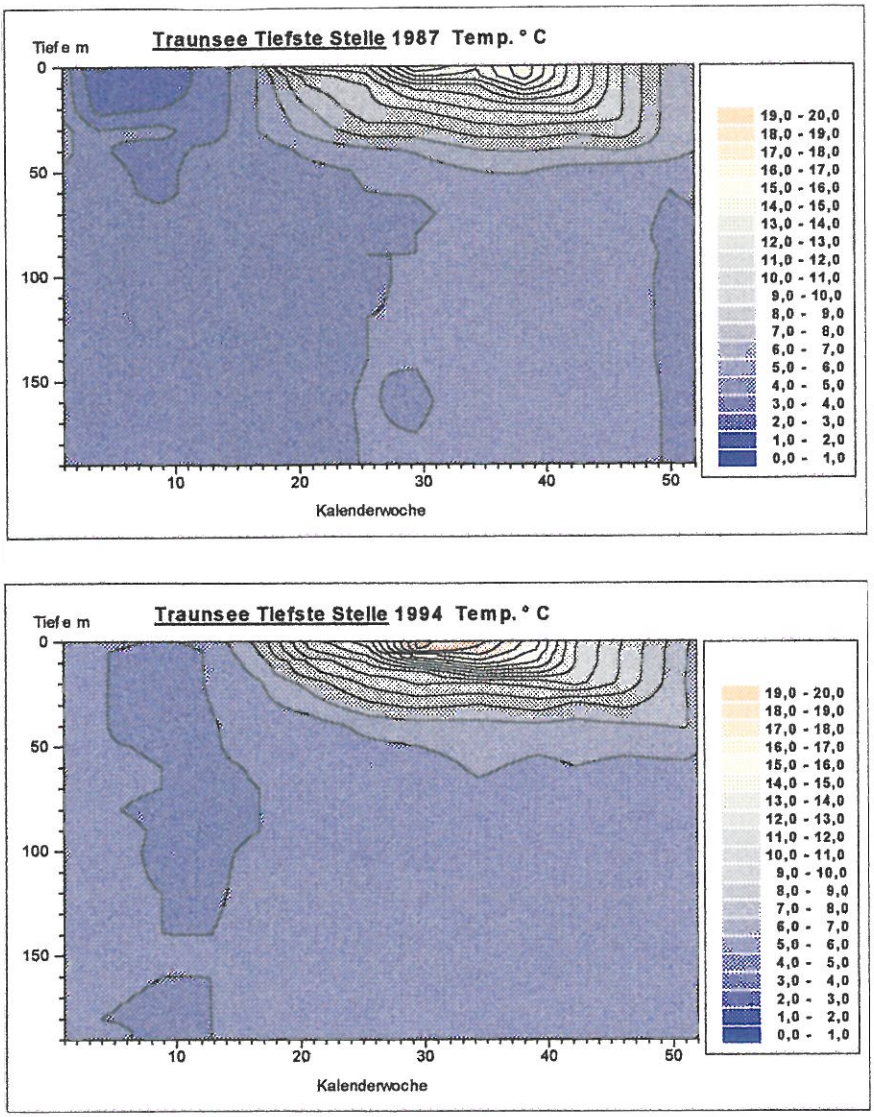

Abb 1: Temperaturschichten am Beispiel der Jahre 1987 (oben) und 1994 (unten)

Meßstelle:	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Attersee (Weisenbach)	3,4	2,8	3,4	5,3	9,8	15,1	19,0	19,6	17,3	13,9	9,2	5,4	10,4
Mondsee (Mondsee)*	2,9	2,3	2,8	5,3	10,9	15,9	19,0	19,7	17,0	13,0	8,2	4,6	10,2
Traunsee (Gmunden)	3,1	2,9	3,9	6,4	10,0	13,8	16,6	17,4	15,2	11,9	8,1	5,0	9,6
Traunsee (Ebensee)	4,0	3,4	4,0	5,9	9,0	12,5	15,0	15,9	14,4	12,0	8,7	6,1	9,3
Wolfgangs. (St. Gilgen)	3,6	2,9	3,3	5,2	9,8	15,0	18,1	18,6	16,3	12,5	8,2	5,0	9,9
Hallstättersee (Lahn)	4,0	3,1	3,6	5,9	8,6	11,3	14,2	15,1	13,5	10,9	8,3	5,9	8,7
*seit 1980 Thermographenregistrierung													

Tab. 1: Monats- und Jahresmittel der oberflächennahen Wassertemperatur der großen oö. Seen (Datenbasis: einmal tägliche Messung (meist 7 Uhr) 1961 – 1990, Werte in °C) Quelle: I. Auer, R. Böhm, H. Dobesch 1998, p. 107

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

In stehenden Gewässern sind die tageszeitlichen Temperaturschwankungen meist nur bis in 2 m Tiefe nachweisbar, auf die darunter liegenden Dichte- bzw. Temperaturschichtungen nehmen sie jedoch anders als der Durchfluss und die Windeinwirkung auf die Wasseroberfläche keinen Einfluss. Die typischen Merkmale des Traunsees mit starker Temperaturabnahme in der vertikalen Schichtung im Sommer und einem in den Wintermonaten zu beobachtenden schwachen Temperaturanstieg zur Tiefe hin unterscheiden ihn von etlichen anderen Gewässern im Salzkammergut. Andererseits weist er in Hinsicht auf die Isothermie im November und die von oben her einsetzende Erwärmung im April eine wesentlich stärkere Ähnlichkeit mit den größeren Seen der Region auf. Auch der zeitliche Ablauf der einmal jährlichen auftretenden Konvektionsphase, deren wichtigste Funktion in den vertikalen Austauschprozessen und in der Wasserqualität eines Sees zum Ausdruck kommt, ist maßgeblich darauf zu beziehen. (vgl.: I. Auer, R. Böhm, H. Dobesch 1998, p. 106)

IX. DIE LIMNOLOGISCHE ENTWICKLUNG IM ÜBERBLICK

In den 70er Jahren erteilte die Oberösterreichische Landesregierung den Auftrag für eine umfassende limnologische Studie. Neben Phänomenen im Zusammenhang mit der Industrieschlammeinleitung wurden zwischen 1977 und 1982 auch die Nährstoffverhältnisse und Parameter der limnologischen Entwicklung des Traunsees näher analysiert. I. Auer, R. Böhm, H. Dobesch (1998, p. 106) stellten diese Ergebnisse, die auch von H. Sampl, L. Schulz, R.-E. Gusinde (1989) berücksichtigt wurden, im Band „Limnologische Untersuchung Traunsee-Traun" 1982 einer breiten Öffentlichkeit vor. In Anbetracht der zahlreichen Untersuchungen in den letzten Jahrzehnten, die von der Bundesanstalt für Fischerwirtschaft mittels Nährstoff- und Chlorophyllproben, aber auch von der Solvay Österreich GmbH und den Österreichischen Salinen AG (Alkalinität, Chlorid- und Sauerstoffwerte) zum Teil in monatlichen Abständen durchgeführt wurden, ist somit eine gute Vergleichbarkeit der Datensätze gewährleistet (Abb. 2; aus Schwarz, Jagsch 1998).

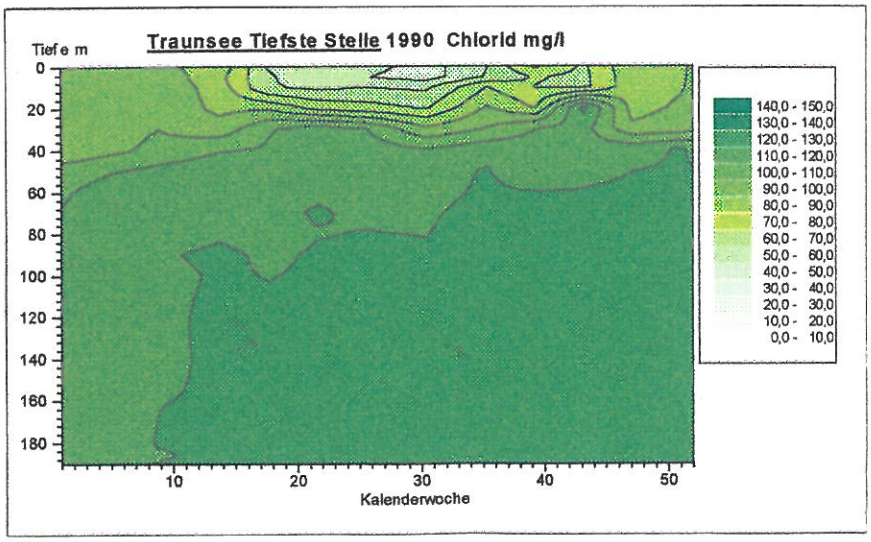

Abb. 2a: Verteilung der Chloridkonzentration 1990

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

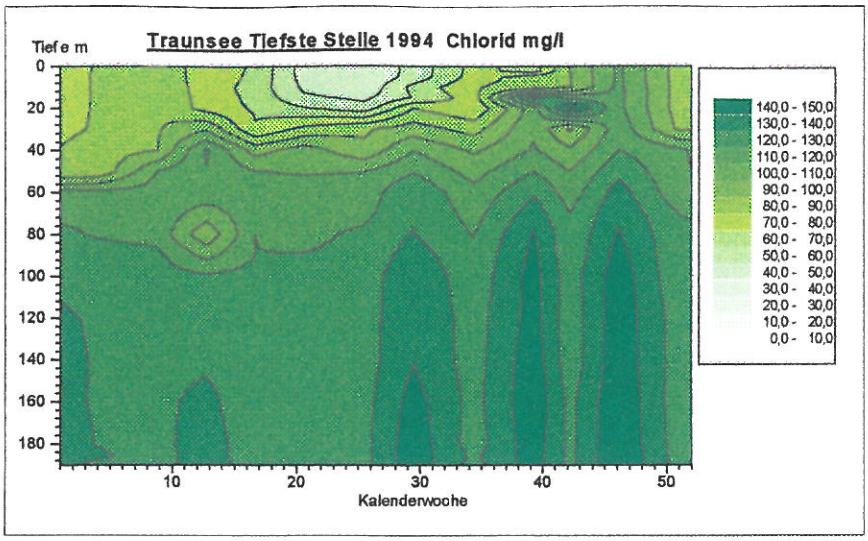

Abb. 2b: Verteilung der Chloridkonzentration 1994

Sowohl die Biomasse des Phytoplanktons, als auch der Schwebstoffeintrag der Traun und die alljährlich auftretenden Kalkausfällungen im Frühjahr sind als Ursachen für die Schwankungen der Sichttiefen hinlänglich bekannt. Im allgemeinen können jedoch anhand dieser Werte, die bis zu Beginn der 80er Jahre keine nennenswerten Hinweise auf eine Verringerung der Lichttransmission enthielten und sogar in der Folgezeit bis 1987 leicht angestiegen waren, nur bedingt Rückschlüsse auf den Trophiegrad gezogen werden. Aufgrund des starken Durchflusses im Hauptbecken zeigt der See prinzipiell einen im Vergleich zu anderen Gewässern deutlich abgeschwächten Eutrophierungsverlauf. Außerdem behindern nach Einschätzung I. Findeneggs (1972) die immer wiederkehrenden Hochwasserereignisse und die sich infolgedessen schlagartig ändernden Umweltbedingungen den Entwicklungsvorgang der tierischen und pflanzlichen Mikroorganismen wesentlich stärker als die natürliche Nährstoffarmut des Sees (vgl.: H. Sampl, R.-E. Gu-sinde, H. Tomek, 1982). Mit 0,1 bis 0,5 g/m³ kann also bis zu Beginn der 70er Jahre die Verbreitung von Schwebealgen im freien Wasserkörper als noch relativ gering und die Konzentrationen selbst in den darauf folgenden Jahren trotz ungenauer bzw. mangelhafter Untersuchungen der Gesamtbiomasse weiterhin als sehr stabil bezeichnet werden. Diese Annahme war in bezug auf die bis dahin gleichbleibend hohen Sichttiefenwerte durchaus gerechtfertigt. Ein anderer Beweis für die oligotrophen Verhältnisse im Hauptbecken stützte sich mitunter auf die recht geringen Phosphorkonzentrationen, die sich im Epilimnion auf knapp unter 10 mg/m³ beliefen. In den bodennahen Schichten wurden häufig um das Doppelte höhere Werte gemessen, allerdings kann auch hier „[trotz] der Tatsache, dass der Traunsee infolge erhöhter Salzkonzentrationen zumindest zeitweilig meromiktisch [ist]", wie H. Sampl, R.-E. Gusinde und H. Tomek (1982, p.136) dazu erläutern, von keiner auffälligen Anreicherung von Nährstoffen gesprochen werden. Ob-wohl den Angaben von R. Pechlaner und C. Sossau zufolge die volumsgerichteten Phosphormittelwerte bis 1982 auf 10 und 18 mg/m³ zunahmen, verringerten sie sich in den nächsten Jahren wieder auf unter 10 mg/m³. An den Chlorophyll-Konzentrationen ist dieser Entwicklungsverlauf hingegen nicht nachvollziehbar, da im Gegensatz zu früheren Jahren nur 1987 eine genauere Bestimmung dieses Parameters mit einer Amplitude von 0,3 bis 7,8 mg/m³ vorgenommen wurde (Abb. 3).

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

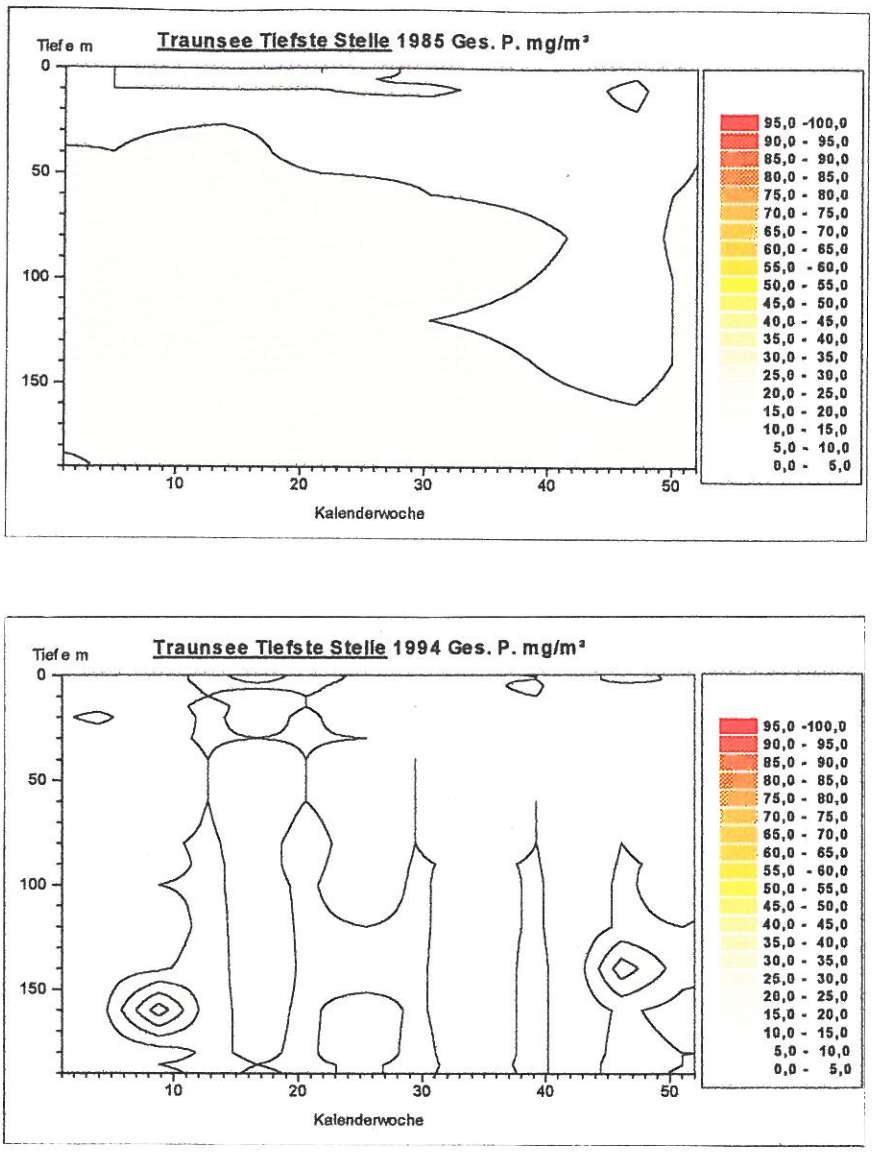

Abb. 3: Verteilung der Gesamt-Phosphorkonzentration 1985 (oben) und 1994 (unten)

Problematisch schien sich die Nährstoffzunahme auf den Zustand der seichten Buchten des Sees auszuwirken. Hier traten die Folgeerscheinungen der lokalen Abwasserentsorgung und der aus dem Boden einsickernden Nährstoffe an den Wachstumsschüben der Makrophyten und der Ausbreitung von Algenkolonien an der Wasseroberfläche deutlich sichtbar hervor. Die Uferbereiche waren aber nicht nur durch eine starke Veralgung, sondern auch durch Verkrautungstendenzen erheblich beeinträchtigt, was durch die eingeschränkte Wasseraustauschkapazität dieser Gewässerbereiche zusätzlich verstärkt wurde. Ebenso betont Hehenwarter, dass eine teilweise Vernichtung der Schilfgebiete und die biologisch wie ökologisch spürbaren Auswirkungen des Fremdenverkehrs diese Entwicklung beeinflusst haben (vgl.: E. Hehenwarter, 1991, p.110). Je nach Standort wurde daher die Wassergüte des Traunsees unterschiedlich beurteilt, d.h. Güteklasse I (sehr rein) im gesamten Hauptbecken, in den einzelnen Buchten hingegen häufig Güteklasse II (teilweise rein). Diese Situation erforderte insbesondere in den Anliegergemeinden eine rasche Umsetzung der Sanierungsbeschlüsse, wovon sich H. Sampl, R.-E. Gusinde und H. Tomek (1982) eine wesentliche Verbesserung der

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Verhältnisse in den seichten Uferzonen versprachen. Wie rasch sich das Gewässer allerdings in den nächsten Jahren erholt hat, zeigte sich nach Hehenwarter auch daran, dass "[...] der Traunsee [biologisch] nirgends dauernde Missstände [kennt], zumal rund um den See weitgehende Kanalisationsarbeiten durchgeführt wurden oder in Arbeit sind" (E. Hehenwarter, 1991, p. 110). Die Gmundner Bucht unterscheidet sich in dieser Hinsicht insofern von den übrigen größeren Flachwasserbereichen, als hier durch die Windexposition der Wasseroberfläche die Eutrophierungsprozesse stärker behindert und demzufolge die limnologischen wie hygienischen Bedingungen als wesentlich besser eingestuft werden konnten. Hingegen waren in der Orter Bucht stark ausgeprägte Verlandungstendenzen und die Verbreitung von Wasserpflanzen dafür ausschlaggebend, dass an diesem ca. 3 m tiefen Uferabschnitt die natürlichen Prozesse eine erhebliche Beeinträchtigung der Wasserqualität implizierten.

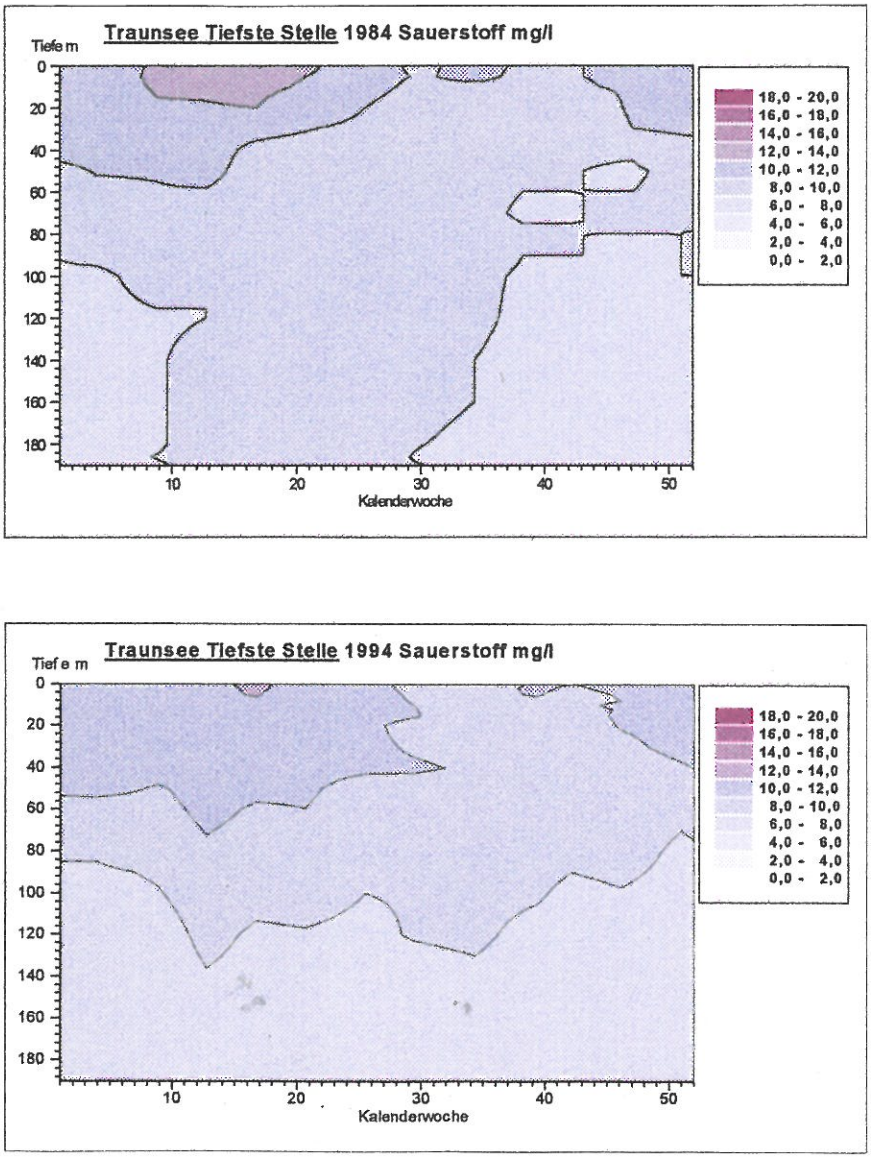

Abb. 4: Verteilung der Sauerstoffkonzentration 1984 (oben) und 1994 (unten)
(aus: Schwarz K., Jagsch A. 1998)

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Über Grund nahmen die Sauerstoffkonzentrationen gemessen an den niedrigsten Werten zwischen 1977 und 1987 nur geringfügig, nämlich von 4,2 mg/l 1978 auf 5,5 mg/l 1982, zu (Abb. 4). Sie variieren in Abhängigkeit von den jährlichen Zirkulationsprozessen, die wegen der enormen Beckenausmaße des Traunsees nur fallweise in die tieferen Zonen vordringen. Allerdings sind als Ursache dafür nicht nur die morphologischen Merkmale des Sees in Betracht zu ziehen, sondern auch die hier teils recht markant ausgeprägten Dichteunterschiede in der Wassersäule. Anhand von Temperatur- und Sauerstoffserien verbinden C. Sossau und R. Pechlaner (1988) erste Anzeichen einer Normalisierung der Austauschprozesse zwischen Oberflächen und Tiefenschichten mit dem Nachweis einer vollständigen Durchmischung des Gewässers und vergleichen darüber hinaus diesen Vorgang mit dem mechanischen Prinzip eines "Förderbandes". Auch für H. Sampl, R.-E. Gusinde und H. Tomek (1982, p. 136) scheint sich letztlich die Frage nach einer entsprechenden Beurteilung der Austauschprozesse von selbst beantwortet zu haben, denn nach ihrer Einschätzung "[...] wird damit die von Walker und Likens (1975) erfolgte Klassifikation des Traunsees als meromiktischer See widerlegt."

Aufgrund der besonderen Durchflutungseigenschaften des Traunsees darf von einem kontinuierlichen Selbstreinigungs- und Austauschprozess gesprochen werden, der bis in mittlere Tiefen von ca. 70 m eine ähnlich effektive Funktion wie der wind- und thermisch bedingte Konvektionsablauf von Anfang Dezember bis Anfang April erfüllt. Die Bedeutung der Traun für die Zufuhr sauerstoffreichen Wassers ist, um den wichtigsten Einflussprinzipien der hydrologischen Eigenheiten des Sees gerecht zu werden, entsprechend hervorzuheben. Nur an wenigen Gewässern Oberösterreichs tragen die natürlichen Rahmenbedingungen in vergleichbarer Weise dazu bei, dass wie etwa am Beispiel des Traunsees trotz aller negativen Einflüsse die Gefahren aus einem ökologischen Gesichtspunkt heraus eigentlich als relativ gering eingeschätzt werden können.

ANHANG I: LITERATUR

Auer I., Böhm R., Dobesch H. (1998). Klimatologie und Klimaatlas von Oberösterreich: OÖ. Musealverein. In: Gesellschaft für Landeskunde (Hrsg.), Beiträge zur Landeskunde von Österreich II. Naturwissenschaftliche Reihe, Bd 2 u. 3, 599p., Wien.

Findenegg I. (1972). Die Auswirkung der Eutrophieehrung einiger Salzkammergutseen auf die Lichttransmission ihres Wassers. Wetter und Leben 24, 110-118.

Gruber B. (1991). Zur Geologie des Bezirkes Gmunden. In: Verein zur Herausgabe eines Bezirksbuches Gmunden (Hrsg.: Hufnagl F., Marchetti H., - Schriftleiter), Der Bezirk Gmunden und seine Gemeinden – von den Anfängen bis zur Gegenwart, 29 – 42, Gmunden.

Hehenwarter E. (1991). Hydrologie und Hydrographie im Bezirk Gmunden. In: Verein zur Herausgabe eines Bezirksbuches Gmunden (Hrsg.: Hufnagl F., Marchetti H., - Schriftleiter), Der Bezirk Gmunden und seine Gemeinden – von den Anfängen bis zur Gegenwart, 93 –103, Gmunden.

Leeb C. (2001). Der Traunsee und sein Einzugsgebiet im geographischen Kontext unter besonderer Berücksichtigung limnologischer und hydrologischer Merkmale im Zusammenhang mit der Einleitung industrieller Abwässer aus der Salz- und Sodaerzeugung in Ebensee. Unveröffentl. Dipl. Arbeit am Institut für Geographie der Universität Salzburg.

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Moser R. (1978). Der Traunstein – Vorposten einer berühmten Landschaft. In: Operschal E.-H. (Schriftleitung), Festbuch der Stadtgemeinde Gmunden anlässlich des Jubiläumsjahres 1978, 79-120, Gmunden.

Pechlaner R., Sossau C. (1982). Die Ergebnisse der fünfjährigen Studie. Limnologische Untersuchung Traunsee-Traun. In: Amt der OÖ. Landesregierung (Hrsg.), Bericht Nr. 13, 234 p., Linz.

Sampl H., Gusinde R.-E., Tomek, H. (1982). Seenreinhaltung in Österreich, Limnologie–Hygiene, Maßnahmen–Erfolge. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (BMLF), Wasserwirtschaft – Seenreinhaltung, Heft 6, 256 p. Wien.

Sampl H., Schulz L., Gusinde R.-E. (1989). Seenreinhaltung in Österreich, Fortschreibung 1981-1987, Limnologie–Hygiene, Maßnahmen–Erfolge. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (BMLF), Wasserwirtschaft – Seenreinhaltung, Heft 6a, 175 p., Wien.

Schwarz K., Jagsch A. (1998). Gewässerschutzbericht 20/1998, Die Seen Oberösterreichs (CD-Rom), 615 p. Scharfling,.

Sossau C., Pechlaner R. (1988). The regained but hidden holomixis of the Austrian lake Traunsee. Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 23, 74-79, Stuttgart.

Walker K.-F., Likens G.-C. (1975). Meromixis and a reconsidered typology of lake circulation patterns. Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 19, 442-458, Stuttgart.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Gmundner Geo-Studien

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Leeb Christian

Artikel/Article: Der Traunsee in Oberösterreich im Blickpunkt naturwissenschaftlicher Forschung 103-116