© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Hydrochemische Beobachtungen an einigen Südtiroler Mittelgebirgs- und Alpenrandseen

Von

Dr. Senta Leutelt-Kipke

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Innsbruck

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Hydrochemische Beobachtungen an einigen Südtiroler Mittelgebirgs- und Alpenrandseen

Von Dr. Senta Leutelt-Kipke
aus dem Zoologischen Institut der Universität Innsbruck.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit Hilfe einer Subvention des D. u. Oe. A.-V., dem auch an dieser Stelle dafür bestens gedankt sei, im Mai 1932 durchgeführt. Sie sollen eine Einordnung der untersuchten Seen in größere Gruppen ermöglichen. Leider ist auf Grund einer einmaligen Untersuchung die vollkommene Charakteristik eines Sees unmöglich, wenn auch in einigen Fällen eine klare Zugehörigkeit zum oligotrophen oder eutrophen Seentypus aus den Untersuchungsergebnissen hervorgeht. Diese Untersuchungen sollen lediglich als Grundlage für weitere hydrobiologische Arbeiten dienen.

Die Wasserproben wurden mit dem Ruttner'schen Wasserschöpfer entnommen, auf dessen eingebautem Thermometer mit Zehntelgradeinteilung die Temperaturen abgelesen wurden. Die Bestimmung der Sichttiefe erfolgte mit Hilfe des Planktonnetzes (Durchmesser 22 cm). Die Sauerstoffbestimmungen wurden nach der Winkler'schen Methode durchgeführt, die freie Kohlensäure durch Titration mit n/10 Na_2CO_3 gegen Phenolphthalein ermittelt. Die Alkalinität wurde durch Tritration mit n/10 HCl gegen Methylorange als Indikator bestimmt. Den Gehalt an Bicarbonatkohlensäure in mg/l erhält man, wenn man den für die Alkalinität gefundenen Wert mit 44 multipliziert.

Aus der Alkalinität kann man den jeder Bicarbonatlösung zugehörigen Betrag an freier Kohlensäure nach der Tabelle von Tillmanns berechnen, ebenfalls die jedem Alkalinitätswert entsprechende Wasserstoffionenkonzentration. Auf diese Weise ist es möglich, durch Vergleich der gefundenen und berechneten Kohlensäure- und p_H-Werte durch Kohlensäureassimilation hervorgerufene Störungen im Gleichgewichtszustande des Sees zu erkennen.

Leider konnten die p_H-Werte nur mit Hilfe des Merck'schen Universalindikators bestimmt werden, welcher keine so genauen Messungen wie die Methode von Michaelis zuläßt.

Herrn Prof. Dr. Otto Steinböck bin ich für die Überlassung von Apparaten und Literatur und sein stets reges Interesse an den Untersuchungen zu großem Dank verpflichtet.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

1. Großer Montiggler See.

Der Montiggler See liegt in 510 m auf dem Überetscher Porphyrplateau, einem hier in rund 500 m gelegenem alten Etschtalboden, der durch das darüberfließende Eis überformt wurde. Er liegt eingebettet zwischen kleinen Hügeln und Rundhöckern, die glazialen Ursprungs sind. Seine östliche Umgrenzung bilden großer und kleiner Bitriol, dem gegenüberliegenden Ufer entlang erstrecken sich flache Hügel. Rings um den See ziehen sich Mischwälder mit Eichen, Fichten und Waldföhren und wechselnd dichtem Unterholz. Den Abfluß begleiten Wiesen, Felder und Weinberge. Die Ufer, besonders das seichte Südufer, sind mit einem breiten Makrophytengürtel bestanden (Phragmites, Scirpus Lacustris L., Carex u. a. m.) Das Seebecken bildet eine flache Wanne mit einer größten Tiefe von 12 m und einem Flächeninhalt von 171 600 m². Während der wasserreichen Jahreszeit empfängt der See seinen einzigen bedeutenden Zufluß vom kleinen Montiggler See herab.

Der niedrigen Höhenlage und geringen Größe des Sees entsprechend zeigt die Temperatur-Kurve schon Mitte Mai eine starke Erwärmung der oberen Schichten bis etwa 3 m. Von da ab sinken die Temperaturen etwas rascher auf 6.9° im Tiefenwasser, doch ist die zwischen 3 und 5 m gelegene Sprungschicht nur unscharf ausgebildet. (Siehe Tab. 1.) (Kurvenbilder 1.—5.)

Tab. 1.[1])

Gr. Montiggler See. 12. 5. 1932. 16ʰ. Lufttemp. 22.3° ◔ Sichtt. 7.25 m

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	15.5	13.17	9.67	+36.2	+5.4	5.04	3.9	2.52	7.1	8.2	7.96
1	14.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	14.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	13.9	11.46	9.98	+14.8	−8.25	6.84	4.7	2.70	7.6	8.2	7.92
5	11.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	7.8	13.13	11.39	+15.3	+5.1	7.64	6.8	3.06	8.6	8.1	7.82
11.9	6.9	0.14	11.64	−98.8	−98.9	19.44	7.9	3.24	9.1	8.1	7.77

[1]) In allen Tabellen ist die Temperatur in +° C. angegeben. O_2 ist die gefundene Sauerstoffmenge, O'_2 der aktuell-normale Sauerstoffsättigungswert (abhängig von Temperatur und mittlerem Atmosphärendruck) O_2%/₀ akt. oder abs. = die aktuelle oder absolute Abweichung von den Normalwerten. Die absolute Normalmenge (bei + 4° C. unter Berücksichtigung des herrschenden mittleren Atmosphärendruckes) wurde nicht besonders angegeben. Alle O_2- und CO_2-Werte sind in mg/l berechnet. Alk. = $\frac{n}{10}$ H Cl — Verbrauch auf 100 ccm Wasser, C.-H.-Carbonathärte in deutschen Härtegraden. ○ ◔ ◑ ◕ ● = zunehmende Bewölkung.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Huber hat im Jahre 1905 Temperaturbeobachtungen während eines Jahres an diesem See durchgeführt. Er betont, daß seine Maimessungen nach länger anhaltendem kühlen Wetter durchgeführt wurden, sodaß es nicht verwunderlich ist, daß die von mir gemessenen Temperaturen im Mai 1932 in den oberen Schichten bis etwa 4 m um 1—1.5° über Hubers Werten liegen. Die kühle Witterung soll sich jedoch nach Angaben des Verf. im Jahre 1902 nicht tiefer als bis etwa 3—4 m ausgewirkt haben, da in Hubers Kurven von 4 m ab vom Januar an stetig steigende Werte zum Sommer hin verzeichnet sind. Umso verwunderlicher ist es, daß die von mir gemessenen Temperaturen der tieferen Schichten erheblich über jenen liegen. So wird z. B. die Tiefentemperatur von 6.9° in 11 m im Jahre 1902 erst im Oktober, möglicherweise gar nicht (Huber gibt nur die Werte für 10 und 12 m mit 7.0° und 6.5° an) erreicht werden. Vielmehr möchte ich annehmen, daß auch die Tiefentemperaturen im Laufe des Sommers noch ganz erheblich angestiegen sein dürften, was ein Vergleich mit anderen Seen erwarten ließe. Daß diese Temperatursteigerung in den unteren Schichten durch starke Oxydationsvorgänge im Faulschlamm hervorgerufen sind, ist darum nicht anzunehmen, weil ja auch die Temperatur von 7.8° in 8 m im Jahre 1902 erst Ende Juli erreicht wurde. Welches die Ursachen dieser höheren Seentemperatur sind, konnte ich nicht feststellen.

Auffallend groß ist die Sichttiefe von 7.25 m, welche die höchsten Werte von Huber Ende Juni um mehr als 2 m übertrifft. Vielleicht hat in diesen 30 Jahren eine Änderung des Chemismus des Sees und somit des Planktons stattgehabt, da auch die Wasserfarbe im Gegensatz zu Huber nicht als braungrün sondern als reines mittelgrün ohne braunen Farbton bestimmt wurde.

Stärker als bei der Temperatur tritt in der Sauerstoff-Kurve eine ausgeprägte Schichtung hervor. Die oberen Wasserschichten bis 8 m sind reich mit Sauerstoff gesättigt, geringe Schwankungen in den oberen Schichten dürften mit der Zooplanktonentwicklung in engem Zusammenhang stehen. So gibt Huber z. B. das Maximum des Auftretens von Pompolyx sulcata für Mai an. Allerdings ist ein exakter Nachweis dieser Zusammenhänge nicht möglich, da weder Stufenfänge von Plankton noch irgend welche gleichzeitigen chemischen und biologischen Untersuchungen vorliegen. Von 8 m an nimmt der Sauerstoffgehalt stark ab und sinkt in 12 m auf 1.88 Sättigungsprozent.

Dieser Verlauf der Sauerstoff-Kurve ist typisch für einen rein eutrophen See, wie auch der äußere Habitus des Sees für diesen Typus spricht. Von Huber wurde der Montiggler See als „Teichsee" bezeichnet. Jedenfalls ist auch die Fauna für einen eutrophen See durchaus charakteristisch.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Auch der Verlauf der Kohlensäure-Kurve zeigt das für eutrophe Seen typische Bild mit einer starken Zunahme des Gehaltes an freier Kohlensäure nach der Tiefe zu. Auch in den oberen Schichten ist der Gehalt an freier Kohlensäure höher als ihn die Alkalinität, bzw. der Betrag an freier Gleichgewichtskohlensäure erwarten ließe. In der Tiefe übersteigt der tatsächliche Gehalt den errechneten Wert um 11.54 mg/l.

Die Alkalinität schwankt zwischen 2.52 und 3.24, die Werte steigen von der Oberfläche zur Tiefe hin an. Infolge der nur mäßigen Pufferung zeigt sich das gestörte Kohlensäuregleichgewicht bei der Bestimmung des p_H. Die p_H-Werte zeigen nur ganz geringe Differenzen in den einzelnen Schichten und liegen sämtlich höher als die dazugehörigen Gleichgewichtswerte.

2. Kalterer See.

Der Kalterer See liegt am Südende des Überetscher Mittelgebirges in einer weiten Mulde, die sich von Kaltern zum Etschtal hin erstreckt in einer Höhe von 216 m, am Rande des breiten Etschtales. Sein Spiegel liegt tiefer als der Etschtalboden, der See wird also durch die Aluvionen des Etschtales aufgestaut. Das Seebecken ist eine flache Wanne mit einer größten Tiefe von nur 5 m, einer Länge von 2 km, einer Breite von 1 km und einem Oberflächenareal von rund 140 ha. Rings um die Seeufer ziehen sich breite Schilfgürtel. Die weitere Umgebung des Sees bilden Felder, Wiesen und Weinberge.

Die Ergebnisse der Temperaturmessungen im Mai 1932 lassen sich gut denen von Huber vom Juni—November 1902 angliedern. Die der Untersuchung vorangegangenen warmen Tage hatten eine starke Durchwärmung des nur flachen Sees bis zum Grunde zur Folge gehabt. (Siehe Tab. 2.) (Kurvenbilder 1—5.)

Tab. 2. Kalterer See. 13. 5. 1932. 8^h. Lufttemp. 28^0 ○ Sichttiefe 2.1 m.

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	17.3	13.85	9.64	+43.7	+7.3	3.84	28	4.68	13.1	8.2	7.40
1	15.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	15.2	13.24	10.05	+31.7	+2.6	7.44	32	4.86	13.6	8.4	7.35
3	15.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.5	14.9	13.91	10.10	+37.7	+7.7	10.40	37	5.04	14.1	8.4	7.3
Zufluß	12.2	14.14	10.68	+32.4	+9.5	—	—	—	—	—	—

Bei einer Lufttemperatur von 28^0 wurde um 8^h morgens eine Oberflächentemperatur von 17.3^0 gemessen, die bis zu einem Meter um 1.8^0 absinkt. Von da ab fällt die Temperatur gleichmäßig bis zur Tiefe. Eine

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

eigentliche Sprungschicht ist nicht ausgebildet. Jedoch kann die verhältnismäßig große Temperaturdifferenz zwischen 0 und 1 Meter als „Oberflächensprungschicht" gedeutet werden, also einer Sprungschicht, die sich innerhalb weniger Stunden bei intensiver Sonnenbestrahlung ausbilden kann, aber auch ebenso schnell wieder bei Abkühlung (immer während der Nacht) verschwindet. Solche Oberflächen-Sprungschichten wurden von Steinböck und mir an verschiedenen Seen (besonders Hochgebirgsseen) beobachtet. Im gleichen Sinne wären auch die größeren Temperaturdifferenzen von 1.9° und 1.3°, die Huber im Juli und August zwischen 0 und einem Meter gemessen hatte, als Oberflächen-Sprungschicht zu erklären. Warum es nicht zur Ausbildung einer normalen Sprungschicht kommt, wie sie bei Hochgebirgsseen mit ganz geringer Tiefe nachgewiesen werden konnte, dürfte einesteils in der geringen Höhenlage und dem damit in Zusammenhang stehenden warmen Klima und der intensiven Sonnenbestrahlung eine Erklärung finden, der Hauptfaktor dürfte aber wohl der während des Sommers fast stets in der Mittagszeit wehende starke Südwind sein, der eine völlige Durchmischung aller Wasserschichten zur Folge hat. Diese Erscheinung wurde z. B. von Biasioli und mir an dem erheblich tieferen Brenner See beobachtet, der als typischer Paßsee ständig starken Winden ausgesetzt ist, sodaß während des ganzen Sommers keinerlei Schichtung des Wassers nachgewiesen werden kann.

Der gefundene Sichttiefenwert liegt etwas höher als die von Huber Anfang des Sommers beobachteten. Dies ist nicht verwunderlich, da auch die Wasserfarbe rein hellgrün war, während Huber sie ab Juni als milchiggrün bezeichnet.

Das Bild, das wir von diesem See auf Grund der Sauerstoff-Bestimmungen erhalten, ist durchaus nicht eindeutig, und es ist die Möglichkeit gegeben, ihn unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten einem falschen Seentypus beizuordnen. Der Sauerstoffgehalt ist von der Oberfläche bis zur Tiefe hin sehr hoch und zeigt nur geringe Schwankungen, in der Tiefe sogar eine kleine Zunahme — also das Bild eines rein oligotrophen Sees. Trotzdem sprechen wesentliche Gründe und Vergleiche mit Beobachtungen an anderen Seen gegen diese Annahme. Dieser See steht, wie schon bei den Temperaturmessungen erwähnt, während des ganzen Sommers unter starkem Windeinfluß, der eine völlige Durchmischung des Wassers und somit auch Aufsättigung des Tiefenwassers mit Sauerstoff zur Folge hat. Es liegen ganz ähnliche Verhältnisse vor wie am Seefelder See, bei welchem die für diesen See charakteristischen Verhältnisse erst im Winter unter dem Eis bei völliger Ausschaltung des Windeinflusses hervortraten. Und zwar hatte der Seefelder See auch während des ganzen Sommers bis in die Tiefe sauer-

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

stoffreiches Wasser, unter dem Eis dagegen absoluten Sauerstoffschwund. Es ist anzunehmen, daß am Kalterer See die gleichen Verhältnisse vorliegen. Dafür spricht auch der äußere Habitus des Sees, der reiche Bewuchs mit Schilf, die Wasserfarbe und Hubers Planktonuntersuchungen, auf Grund deren er den Kalterer See als „Teich" bezeichnet.

Auch bei der Beurteilung der Kohlensäure-Kurve für den Gesamtcharakter des Sees sind die bei der Sauerstoffsättigung gemachten Erwägungen gleichfalls von Bedeutung. Jedenfalls darf man wegen der Gleichförmigkeit der Kurve und der fehlenden Kohlensäureanreicherung im Tiefenwasser keinesfalls die Möglichkeit der Zugehörigkeit zum eutrophen Seentypus außer Acht lassen.

Die gefundenen Kohlensäurewerte bleiben weit hinter den durch sehr hohen Carbonatgehalt bedingten Gleichgewichtswerten zurück, was wiederum wesentlich höhere p_H-Werte, die über den errechneten liegen, zur Folge hat.

3. Molveno See.

Der Molveno See liegt in 864 m in einer breiten alten Tallandschaft am Ostfuße des Brentagebirges. Die Seemulde wird auf der Südseite von den Trümmern eines mächtigen postglazialen Bergsturzes abgeschlossen, dessen Abbruchstelle deutlich in den Brentahängen zu sehen ist. Durch diese Bergsturztrümmer wird der Seespiegel der vermutlich glazial angelegten Wanne noch beträchtlich erhöht. Der See hat keinen oberirdischen Abfluß, an der Südseite der Blockmasse entspringen Quellen und fließen zum Bach vereint der Sarca zu. Die bedeutendsten Zuflüsse sind der Lambin von Norden, und der Bach der Valle della seghe aus Nordwesten, der unterhalb des Ortes Molveno einen Schuttkegel in den See gebaut hat. Der See ist 4.25 km lang, 1 km breit und hat eine größte Tiefe von 118 m. Rings um den See dehnt sich Wald, Gebüsch und Weide.

Ebenso wie seine Lage können auch die chemisch-physikalischen Verhältnisse dieses Sees am ehesten mit denen des Achensees verglichen werden. Im Mai war eine Sprungschicht noch nicht nachweisbar, diese dürfte sich aber noch im Laufe des Sommers herausbilden, bei einer stärkeren Erwärmung der oberen Wasserschichten. In Bezug auf seine Temperatur-Verhältnisse erscheint der Molveno See ebenso wie viele Nordtiroler Seen, besonders Hochgebirgsseen als Lebensraum von Glazialrelikten geeignet. Die maximale Temperaturdifferenz beträgt nur 3.9°. Bis 20 m verläuft die Temperatur-Kurve etwas steiler, von 20—50 m sinkt die Temperatur nur mehr von 5.4° auf 5.0° und bleibt dann bis in die Tiefe konstant. (Siehe Tab. 3.) (Kurvenbilder 6—10.)

In dem tiefblauen, klaren Wasser kann man die weiße Scheibe des Planktonnetzes noch in 11 m erkennen.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Die Sauerstoff-Kurve zeigt klar die Verhältnisse eines rein oligotrophen Sees. Der Sauerstoffgehalt bleibt in allen Schichten fast gleich, nach der Tiefe zu ist eine geringe Zunahme zu verzeichnen. Die maximale Schwankung beträgt nur 0.84 mg/l. Das Wasser ist in allen Schichten leicht übersättigt, aktuelle und absolute Sauerstoffwerte liegen stets etwas unter den gefundenen. Der äußere Habitus und die Planktonarmut vervollständigen das Bild dieses typisch oligotrophen Sees.

Die Bestimmung von Kohlensäure, Alkalinität und pH ergab große Gleichförmigkeit. Eine leichte Störung des Kohlensäuregleichgewichtes zeigte sich darin, daß die gefundenen Kohlensäurewerte durchwegs etwas höher als die errechneten liegen, die p_H-Werte dagegen den

Tab. 3. Molveno See. 15. 5. 1932. 10^h. Lufttemp. 21.0^0. ○ Sichttiefe 11 m.

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	8.9	12.58	10.71	+17.5	+4.5	6.44	3.9	2.52	7.1	8.0	7.96
1	8.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	7.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	5.4	12.81	11.63	+10.1	+6.4	6.64	3.9	2.52	7.1	8.0	7.96
3.0	5.4	13.42	11.63	+15.4	+11.5	—	3.9	2.52	7.1	8.0	7.96
50	5.0	13.47	11.74	+14.7	+11.9	6.84	3.9	2.52	7.1	8.0	7.96
100	5.0	13.10	11.74	+11.6	+8.8	7.64	5.8	2.88	8.1	7.9	7.87

zugehörigen Gleichgewichtswerten vollkommen entsprechen. Bis 50 m ergaben die Messungen für Alkalinität und p_H gleiche Werte für alle Schichten, im Tiefenwasser dann eine geringe Zunahme der Carbonathärte und Abnahme des p_H, für die Kohlensäure gleichmäßig ansteigende Werte von der Oberfläche zur Tiefe hin.

4. Massenza See.

Am Ostfuße des Monte-Gazzazuges liegt eine Landschaft von Hügeln und Becken, in die zahlreiche Seen eingebettet sind. Die bedeutendsten von ihnen sind der Massenza und der Toblino See, die durch einen kurzen Kanal miteinander in Verbindung stehen. Der kleinere der beiden Seen ist der nördlich gelegene Massenza See, der 250 m über dem Meere liegt. Er empfängt von Norden einen kleinen Zufluß und fließt durch den Kanal in den Toblino See ab. Die Ufer des Sees sind dicht mit Schilf bewachsen und zeigen stellenweise Verlandungserscheinungen. Der Seeboden ist sehr verschlammt und mit Wasserpflanzen, die sich bis tief in den See hinein ziehen, bestanden.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Die Temperaturen liegen zwischen 15.4° und 13.0°. Das Temperaturgefälle ist nur gering und der Verlauf der Kurve regelmäßig ohne Bildung einer Sprungschicht. Daß es bei steigenden Temperaturen im Laufe des Sommers noch zur Ausbildung einer solchen kommen kann, ist wohl kaum anzunehmen, da der Einfluß des Windes, der während der Sommermonate täglich von 10—16^h weht, groß ist und eine Durchmischung der ganzen Wassermassen (bis zum Grunde?) zur Folge hat.

Das Wasser ist klar und hat eine mittel-dunkelgrüne Färbung. Die Sichttiefe wurde mit 2.75 m bestimmt.

Leider ist bei diesem See auf Grund einer einmaligen chemischen Untersuchung eine eindeutige Einordnung nicht möglich. Das Wasser ist in allen Schichten reichlich mit Sauerstoff gesättigt. (Siehe Tab. 4.) (Kurvenbilder 1—5.)

Tab. 4. Massenza See. 17. 5. 1932. 9^h. Lufttemp. 29.5° ○ Sichttiefe 2.75 m.

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	15.4	13.19	9.97	+32.3	+2.6	6.24	9.3	3.42	9.6	8.0	7.74
2	14.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	14.2	12.06	10.21	+18.1	−6.1	6.64	9.3	3.42	9.6	8.0	7.74
7	13.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	13.0	12.22	10.46	+16.8	−4.9	9.24	13.4	3.78	10.6	8.1	7.63

Die Werte des Oberflächen- und Tiefenwassers differieren um kaum 1 mg/l. Die Berechnung der aktuellen Sättigungsprozente ergibt für alle Schichten Sauerstoffübersättigung, die Sauerstoffnormalmenge liegt von 5 m ab nur wenig über den gefundenen Werten. Das alles wäre charakteristisch für einen oligotrophen See. Nun muß aber ebenso wie beim Kalterer See der starke Windeinfluß in Erwägung gezogen werden. Als zweiter wesentlicher Faktor kommt bei diesem See noch der reiche Bewuchs fast des ganzen Seebodens mit Wasserpflanzen hinzu, welche als Sauerstoffproduzenten eine große Rolle spielen können. So hatte z. B. Ruttner am Ranu Lamongan in Java in einem dichten Hydrilla-Bestand um 12.30^h einen O_2-Sättigungswert von 347% gemessen. Auch an dem Nordtiroler Moeserer See wurde der Einfluß von Wasserpflanzen als Sauerstoffproduzenten beobachtet. So zeigte dieser eutrophe See während des ganzen Sommers durch den Einfluß der Assimilationstätigkeit der Wasserpflanzen das Bild eines oligotrophen Sees mit sauerstoffgesättigtem Wasser in allen Schichten, während sich die Sauerstoffzehrung erst im Winter durch ein absolutes Sauerstoffdefizit bemerkbar machten konnte. Wie weit sich nun aber der Einfluß dieser beiden Faktoren — Wind und Wasserpflanzenbewuchs — bei der Tiefe des Sees auswirken

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

kann, wäre nur durch eine Winteruntersuchung zu entscheiden. Wenn man diese beiden Faktoren mitberücksichtigt, außerdem die Wasserfarbe, den vollkommen verschlammten Seeboden und nicht zuletzt den auffallenden Planktonreichtum dieses Sees in Erwägung zieht, so liegt der Schluß nahe, daß der Massenza See trotz der vorliegenden Sauerstoffkurve ein eutropher See ist.

Infolge der Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons ist ein Teil der zur Verfügung stehenden recht beträchtlichen Menge an freier Kohlensäure aufgebraucht, sodaß die Gleichgewichtswerte von den gefundenen Kohlensäurewerten nicht erreicht werden. Diese steigen von der Oberfläche zur Tiefe hin langsam an und erreichen 9.24 mg/l in 9 m.

Die Alkalinitätskurve zeigt einen normalen Verlauf mit einer geringen Zunahme im Tiefenwasser. Entsprechend den niedrigeren Kohlensäurewerten sind die gefundenen p_H-Werte stärker alkalisch als die dazugehörigen Gleichgewichtswerte.

5. Toblino See.

Der südlichere der beiden Zwillingsseen nördlich des untersten Sarcaknies ist der ebenfalls 250 m hoch gelegene Toblino See, der mit dem kleineren Massenza See durch einen Kanal in Verbindung steht. Er liegt in einem durch einen Bergsturz vom Monte Garsole aufgestauten Becken. In seiner Mitte steht auf einer Felseninsel das Schloß Toblino. Der See ist von einigen Inseln und Halbinseln gegliedert. Seine Ufer sind von Wald und Wiese umgeben und besonders am verlandenden Südufer mit Schilf bewachsen.

Der enge Zusammenhang, in dem Toblino- und Massenza See miteinander stehen, macht die Ähnlichkeit ihrer physikalisch-chemischen Verhältnisse verständlich. Der Toblino See hat die gleiche Oberflächentemperatur wie der Massenza See, seine Tiefentemperatur liegt infolge seiner größeren Tiefe etwas niedriger. Eine Sprungschicht ist ebenfalls nicht ausgebildet. (Siehe Tab. 5.) (Kurvenbilder 1—5.)

Tab. 5. Toblino See. 18. 5. 1932. 14^h. Lufttemp. 22.5^0 ● starker Wind.

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	15.4	12.22	9.97	+22.6	−4.9	5.04	5.8	2.88	8.1	8.1	7.87
3	14.8	12.30	10.08	+22.0	−4.3	5.44	6.8	3.06	8.6	8.0	7.82
5	14.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	13.1	11.01	10.4	+5.5	−14.3	5.64	6.8	3.06	8.6	8.0	7.82
9	12.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.5	12.4	10.49	10.60	−1.0	−18.5	9.84	18.0	4.14	11.6	7.9	7.53

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Die maximale Temperaturdifferenz beträgt 3.0°. Daß eine Sprungschicht während der Sommerstagnation noch gebildet wird, erscheint aus den gleichen Gründen wie am Massenza See unwahrscheinlich.

Die Wasserfarbe ist hellgrün, etwas heller als am Massenza See.

Die Bestimmung der Sichttiefe war wegen zu starken Windes unmöglich.

Trotz der äußeren Ähnlichkeit der beiden Seen ergaben die chemischen Untersuchungen geringe Unterschiede. So hat der Toblino See zwar in allen Schichten ebenfalls sauerstoffreiches Wasser, doch liegen die Werte etwas niedriger als am Massenza See. Der Vergleich mit den aktuellen Sättigungswerten ergibt für alle Schichten mit Ausnahme des Tiefenwassers Übersättigung, mit dem absoluten Sättigungswert dagegen in allen Schichten Untersättigung, die in 12 m sogar 18.4% absolutes Defizit beträgt.

Für diesen See sind wiederum dieselben Erwägungen wie am Massenza See anzustellen. Wenn auch der Seeboden nicht in dem Maße bewachsen ist, wie bei jenem, so liegt doch auch in diesem Falle die Vermutung, einen eutrophen See vor sich zu haben, sehr nahe.

Die Kohlensäurewerte bleiben weit hinter den errechneten Gleichgewichtswerten zurück und erreichen in 11 m nur etwa die Hälfte von diesen. Die Alkalinität zeigt eine ausgeprägte Schichtung, mit einem Maximum in der Tiefe. Die p_H-Werte sind stärker alkalisch als es die zugehörigen Gleichgewichtswerte erwarten lassen, wohl infolge der schwachen Kohlensäuresättigung.

6. Garda See.

Der Garda See gehört zu den typischen Alpenrandseen und verdankt seine Entstehung dem Rücksinken des Alpenkörpers nach der Epirogenese der Alpen. Dadurch wurden jene alten Tallandschaften so tief versenkt, daß sie unter das umgebende Vorland gerieten. So liegt die Sohle des Garda Sees an den tiefsten Punkten ca. 300 m unter dem Meeresspiegel. Während der Eiszeit war der heute seerfüllte unterste Teil des Sarcatales von einem Gletscher eingenommen, dessen Endmoränen parallel zum Südufer des Sees verlaufen und es wallartig umziehen. Man kann 5 konzentrische Ringe von Wällen unterscheiden, deren äußerste die höchsten sind (260—360 m) und die im Westen höher als im Osten sind. Der See ist an seinen beidseitigen Ufern von steilabstürzenden Bergen eingefaßt, die gegen Süden immer mehr an Höhe und Steilheit verlieren. Mit seinem südlichsten Teil reicht der See bereits in das Alpenvorland. Die bedeutendsten Zuflüsse erhält der See aus der Sarca von Norden her und aus dem Ledrotal von Nordwesten. Den Abfluß des Sees bildet der Mincio, der den See bei Peschiera verläßt

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

und bei Mantua in den Po mündet. Der See ist 55 km lang von 5—18 km breit und hat eine größte Tiefe von 346 m. Er liegt 65 m über dem Meere, hat ein Volumen von 49.76 km³ und einen Umfang von 158.4 km. Zur Zeit der Schneeschmelze steigt der Wasserspiegel um 1—2 m. Täglich weht von Mitternacht bis Mittag der Nordwind (Sover) und von Mittag bis Mitternacht der Südwind (Ora), die oft sehr stürmisch sind.

Die Temperaturen fallen langsam und gleichmäßig ab, eine Sprungschicht ist nicht ausgebildet. (Siehe Tab. 6.) (Kurvenbilder 6—10.)

Tab. 6. Garda See (b. Riva). 19. 5. 1932. 9ʰ. Lufttemp. 21.0° ○ Sichtt. 2.5 m

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	13.5	11.49	10.37	+10.8	−12.8	6.24	2.6	2.16	6.1	8.0	8.07
3	13.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	12.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	11.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	11.5	11.34	11.07	+2.4	−13.9	8.84	2.6	2.16	6.1	7.9	8.07
50	9.5	11.52	11.56	−0.35	−12.5	6.04	3.2	2.34	6.6	7.8	8.02
100	9.5	10.77	11.56	−6.83	−18.2	7.04	3.2	2.34	6.6	7.7	8.02

Die Tiefentemperatur in 100 m (Grund) mit 9.5° ist verhältnismäßig hoch für diese Jahreszeit. Die Tiefentemperatur in 340 m wird von Monti mit 6.1°—7.8° angegeben.

Bemerkenswert ist die außerordentliche geringe Sichttiefe, welche ganz im Gegensatz zu anderen Beobachtungen steht. Sie wurde bei Sonnenschein und klarem Wetter in der Morgenstunde mit 2.5 m bestimmt, während Monti als durchschnittliche Sichttiefe 10—21 m angibt.

Die tiefblaue Farbe des Sees wurde schon wiederholt als Farbwert 1—3 der Forell'schen Skala bestimmt.

Der Garda See ist ein typischer oligotropher Alpenrandsee. Alle Wasserschichten sind sauerstoffreich, die Werte sinken nur ganz schwach zur Tiefe hin ab, die maximale Differenz beträgt nur 0.72 mg/1. Verglichen mit den aktuellen Sättigungswerten sind die oberen Schichten bis etwa 20 m leicht übersättigt, die darunterliegenden leicht untersättigt. Die absolute Sauerstoffnormalmenge liegt bei 13.17 mg/1 also erheblich höher als alle gefundenen Werte. Das absolute Sauerstoffdefizit schwankt demnach zwischen 12 und 18 mg/1. Infolge des Sauerstoffreichtums der tiefen Wasserschichten und des konstant niedrig tem-

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

perierten Wassers birgt der See eine reiche Bodenfauna mit mehreren Turbellarienarten (Steinböck).

Die Kohlensäurekurve weist einige Unregelmäßigkeiten auf. An der Oberfläche wurden niedrige Werte gemessen, die zur Tiefe hin ansteigen und in 20 m ihr Maximum erreichen. Daraufhin sinken sie wieder ab, um in 50 m das Minimum mit 6.04 mg/l zu erreichen, dann erfolgt zur Tiefe hin noch ein geringer Anstieg auf 7.04 mg/l. Alle Werte sind mehr als doppelt so hoch als die dazugehörigen errechneten Beträge an freier Kohlensäure, die infolge der niedrigen Alkalinität (2.16—2.34) sehr gering sind und zwischen 2.6 und 3.2 mg/l liegen.

Die p_H-Kurve jedoch spiegelt die Unregelmäßigkeiten in der Kohlensäureverteilung, die wohl durch Planktonverteilung- und Entwicklung bedingt sein dürften, nicht wieder. Die Werte sinken von der Oberfläche zur Tiefe stetig von 8.0 auf 7.7 und sind niedriger als die Gleichgewichtswerte.

7. Ledro See.

In einer Höhe von 654 m über dem Meere liegt in einer Dolomitkalkmulde in einer alten Tallandschaft der Ledro See. Besonders an der Ostseite des Sees finden sich bedeutende glaciale Ablagerungen. Die reichgegliederten Ufer des Sees fallen steil und felsig, zum Teil bewaldet zum See ab, nur auf der Südostseite finden sich größere Flachstrecken mit Sumpfzonen, die dicht mit Schilf bestanden sind. Der See empfängt von allen Seiten aus zahlreichen Quellen Zufluß, vor allem vom Maranglabach und in Regenzeiten von anderen kleinen Flüssen (Sut-Scandoler- und Pievebach). Der Abfluß ist der Ponale, der sich in die Moränenumwallung des Ostufers einen Durchlaß gegraben hat, und der nach 6 km langem, steilen Laufe mit dem bekannten Wasserfall den Garda See erreicht. Die Untersuchung dieses Sees ist von besonderem Interesse, da der See als Wasserreservoir für ein Kraftwerk verwendet werden soll und so in kurzer Zeit von Veränderungen seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften und somit seiner Lebewelt betroffen werden wird. Diese Messungen bilden eine Ergänzung der Untersuchungen von Largaiolli, der eine Zusammenstellung der Fauna und einiger physikalischer Daten gegeben hat, sodaß eine Grundlage für die Untersuchung der zu erwartenden Veränderungen gegeben ist. Der See hat einen Umfang von 8.5 km, eine Längserstreckung von 2.8 km, eine größte Breite von etwa 1.5 km, eine Oberfläche von 2.1 km² und eine größte Tiefe von etwas über 50 m (Largaiolli erreichte nur 48 m).

Bei diesem See ist eine Sprungschicht zwischen 5 und 10 m mit einem Temperaturgefälle von 3.6° ausgebildet. Von 0—5 m herrscht eine gleichmäßige Temperatur mit nur 0.4° Differenz, die durch die täg-

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

liche Erwärmung der obersten Schichten bei gleichzeitiger durchmischender Einwirkung des Windes hervorgerufen wird. Die maximale Temperaturdifferenz beträgt 8.2°. Die Tiefentemperatur ist um 4.1° niedriger als am Garda See, was wohl trotz geringerer Tiefe und gleicher Oberflächentemperatur durch die größere Höhenlage bedingt sein dürfte. Verglichen mit den Werten, die Largaiolli im Mai 1930 fand, liegen die von mir gemessenen Temperaturen bis etwa 7 m erheblich niedriger, die tieferen Schichten dagegen sind etwas wärmer. (Siehe Tab. 7.) (Kurvenbilder 6—10).

Tab. 7. Ledro See. 20 5. 1932. 15^h. Lufttemp. 20.5° ◔ Sichttiefe 2.8 m.

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	13.6	12.15	9.88	+23.0	−1.06	5.04	7.9	3.24	9.1	8.1	7.77
3	13.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	13.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	11.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	9.6	12.64	10.75	+17.6	+ 2.9	6.84	7.9	3.24	9.1	8.0	7.77
25	6.0	9.92	11.69	−15.1	−19.2	8.24	9.3	3.42	9.6	7.8	7.74
50	5.4	8.37	11.86	−29.4	−31.8	8.44	9.3	3.42	9.6	7.8	7.74

Nach Largaiolli beginnt die Herausbildung einer Sprungschicht im Mai, der Höhepunkt mit einer Temperaturdifferenz von 10° zwischen 2 und 12 m wird Ende Juli erreicht. Im Winter friert der See zuweilen von Mitte Jänner bis März zu. Beachtenswert ist, daß die Abkühlung des Sees sehr langsam vor sich geht, sodaß Homothermie erst Mitte Februar erreicht wird. Schon Ende Februar herrscht dann inverse Temperaturschichtung. Doch bald darauf steigen die Temperaturen wieder an, ganz allmählich, um zur sommerlicher Stratifikation überzuleiten. Der See hat also nur eine Vollzirkulation und zwar Mitte Februar.

Die Wasserfarbe ist hellgrün mit einem bläulichen Ton. Trotz großer Klarheit des Wassers wurde die Sichttiefe mit nur 2.8 m bestimmt. Auch Largaiolli erwähnt die geringe Sichttiefe des Sees, die größte von ihm im Laufe eines Jahres gemessene Sichttiefe beträgt knapp 4 m. Er sieht die Ursache dafür weniger in dem reichlichen Vorhandensein gelöster Substanzen, als in den starken Strömungen, die in dem See herrschen sollen. Wäre diese Erklärung ganz zutreffend, so müßte man eine stärkere Durchmischung des ganzen Wassers erwarten, sodaß die von Largaiolli und mir nachgewiesene Schichtung (auch in Bezug auf die Sauerstoffsättigung) dazu in gewissem Widerspruch stünde.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Trotz des frühen Untersuchungstermines ist die Richtung in der sich der Sauerstoffhaushalt im Laufe der Stagnationsperiode entwickeln dürfte, klar zu erkennen. Bis 10 m ist das Wasser mit Sauerstoff übersättigt (aktuelle Abweichung). In den tieferen Schichten beginnt sich dann bereits eine leichte Sauerstoffzehrung bemerkbar zu machen, die nach der Tiefe zu noch stärker wird. So beträgt das aktuelle Defizit im Tiefenwasser im Mai bereits 29.4%, das absolute 31.8%. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß der Sauerstoffschwund im Laufe des Sommers noch erheblich größer werden wird, sodaß die von Thienemann für oligotrophe Seen angegebene Grenze von 40% Sauerstoffsättigung noch unterschritten werden dürfte. Somit wäre der Ledro See dem eutrophen Seentypus beizuordnen.

Die Artenarmut, die Steinböck bei seinen Bodenprobenuntersuchungen erwähnt, läßt sich wohl auf die Sauerstoffarmut der tiefsten Schichten zurückführen. Dagegen dürfte der breite Gürtel, der mit Wasserpflanzen bewachsen ist, und ebenfalls niedrig temperiert ist, eine reichere Bodenfauna beherbergen.

Durch Assimilationstätigkeit ist das Kohlensäuregleichgewicht gestört, die von der Oberfläche nach der Tiefe ansteigenden gefundenen Beträge an freier Kohlensäure bleiben in allen Schichten hinter den errechneten zurück. Dementsprechend sind die p_H-Werte etwas stärker alkalisch als die nach der Carbonathärte errechneten. Auch bei der Alkalinität ist eine Schichtung erkennbar mit niedrigen Oberflächenwerten und etwas höheren im Tiefenwasser.

8. Idro See.

Der Idro See liegt ähnlich weit im Süden wie der Garda See, ist aber kein Alpenrandsee. Er liegt vielmehr noch innerhalb der Alpen in einer verbreiterten und vertieften Talmulde des Chiese, der einen Bestandteil der geologisch bedeutsamen Judicarienlinie bildet. Die Seewanne verdankt wohl glacialer Erosion ihre Vertiefung. Die beiden Talflanken stürzen steil in den See hinab, nur das Nordufer bildet entlang dem Zufluß eine sumpfige Ebene. Auch am Südufer finden sich in bescheidener Ausdehnung flachere Partien. In der Mitte wird der See durch den von Westen vorstoßenden Schuttkegel von Anfo gegliedert. Zuflüsse empfängt der See von allen Seiten, der bedeutendste ist der Chiese von Norden. Die Länge des Sees beträgt 10 km, seine Breite 1.5—2 km, er liegt 360 m über dem Meeresspiegel.

Der Temperaturabfall ist ein sehr gleichmäßiger, ob eine Sprungschicht schon ausgebildet war, läßt sich nicht feststellen. Jedenfalls hat der, in den der Untersuchung vorangegangenen Tagen, starke Wind eine Durchmischung der oberen Wasserschichten zur Folge gehabt. Trotz

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

seiner südlichen Lage aber hat der See in allen Schichten niedrigere Temperaturen als der Garda See. (Siehe Tab. 8.) (Kurvenbilder 6—10.)

Tab. 8. Idro See. 21. 5. 1932. 12^h. Lufttemp. 24° ◔ Sichttiefe 5 m.

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				Akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	12.6	11.73	10.41	+12.7	−7.49	4.24	2.6	2.16	6.1	8.3	8.07
5	11.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	9.5	12.40	11.13	+11.4	−2.21	5.84	3.2	2.34	6.6	8.2	8.02
20	8.0	11.15	11.51	−3.23	-12.07	8.24	3.2	2.34	6.6	8.1	8.02
60	7.0	7.84	11.79	−33.5	-38.17	13.04	6.8	3.06	8.6	7.8	7.82

Der maximale Temperaturunterschied beträgt 5.6°, die Tiefentemperatur lag in 60 m bei 7.0°.

Das Wasser ist klar und hellgrün. Sichttiefenbestimmungen waren wegen des außerordentlich starken Windes unmöglich.

Die Sauerstoffuntersuchungen ergaben ähnliche Verhältnisse wie am Ledro See. Die oberen Schichten sind sauerstoffreich, in der Tiefe dagegen ist der Sauerstoffgehalt bereits erheblich gesunken, sodaß das aktuelle Defizit 33.5%, das absolute 38.2% beträgt. Daß der Sauerstoffschwund sich am Idro-See schon stärker bemerkbar macht als am Ledro See dürfte seine Ursache darin haben, daß der Idro See weniger mit Wasserflanzen bewachsen ist, also keine Aufsättigung des Sauerstoffgehaltes durch Assimilationstätigkeit von Macrophyten stattfinden kann. Es ist anzunehmen, daß der Sauerstoffgehalt im Laufe der Sommerstagnation noch ganz erheblich sinken wird, sodaß auch der Idro See zu der eutrophen Seengruppe zu rechnen ist.

Entsprechend der sich bereits im Mai bemerkbar machenden Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser ist bei der Kohlensäurekurve ein ausgesprochenes Maximum in 60 m zu verzeichnen. Diese Kohlensäureverteilung bestätigt die vorherige Annahme, daß der Idro See im Verlauf der Stagnationsperiode das typische Bild eines eutrophen Sees zeigen dürfte. Die Kohlensäurezunahme von der Oberfläche beträgt fast 9.0 mg/l. Die p_H-Werte, die von 8.3 auf 7.8 absinken, entsprechen bis auf den Oberflächenwert den errechneten Gleichgewichtswerten. Auch die Alkalinität zeigt ein ganz normales Verhalten für einen eutrophen See mit einem ausgeprägten Maximum in der Tiefe.

9. Levico See.

Der Levico See erfüllt eine Talmulde nordöstlich des Caldonazzo Sees, mit dem er einst zusammenhing, die ähnlich wie beim Caldonazzo See durch nachträgliche Aluvionen verkleinert und an der Ostseite durch

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

einen Schuttkegel abgeschlossen wurden. So hat hier der Schuttkegel von Levico den 440 m hoch gelegenen See aufgestaut. Dieser ist 36 m tief und hat eine Oberfläche von 1.06 km². Der See liegt inmitten von Wiesen und Kulturlandschaft. Seine Ufer sind z. T. stark verschilft, der Seeboden ist mit einer dicken Schicht von Faulschlamm überzogen.

Die Temperaturmessungen ergaben von der Oberfläche bis zum Grund hohe Werte. Die Tiefentemperatur von 10.2° in 25 m entspricht der des Garda Sees in derselben Tiefe. Zwischen 1 und 3 Metern ist eine Sprungschicht mit einem Temperaturgefälle von 3.2° ausgebildet. Jedoch setzt sich der steile Temperaturabfall noch bis etwa 10 m fort mit einer Differenz von 8.2° zwischen 1 und 10 Metern. (Siehe Tab. 9.) (Kurvenbilder 6—10.)

Tab. 9. Levico See. 24. 5. 1932. 9ʰ. Lufttemp. 26.5° ◔ Sichttiefe 2.7 m.

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	20.0	10.93	8.95	+22.1	−13.2	6.84	2.6	2.16	6.1	8.2	8.07
1	19.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	18.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	16.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	15.3	13.81	9.78	+41.2	+9.7	4.04	2.6	2.16	6.1	8.2	8.07
7	13.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	11.3	13.45	10.63	+26.5	+6.8	4.44	2.6	2.16	6.1	8.1	8.07
25	10.2	5.73	10.88	−47.3	−54.5	15.44	3.9	2.52	7.1	7.7	7.96

Diese Temperaturverhältnisse sind charakteristisch für einen Mittelgebirgssee. Die Sprungschichte dürfte während der ganzen Stagnationsperiode erhalten bleiben, nur wird sie am Ende des Sommers ein noch schärfer begrenztes Temperaturgefälle mit größerer Differenz aufweisen und um einige Meter tiefer liegen. Die Verhältnisse sind ähnlich wie bei dem Lanser See bei Innsbruck.

Die Wasserfarbe ist mittelgrün, die Sichttiefe beträgt nur 2.7 m.

Ebenso wie die Temperaturkurve recht typisch ist, sind die Sauerstoffsättigungsverhältnisse charakteristisch für einen eutrophen Mittelgebirgs-See. Die oberen Schichten sind leicht übersättigt, die Übersättigung erreicht in 5 m ihr Maximum. Dagegen macht sich im Tiefenwasser schon eine recht beträchtliche Sauerstoffzehrung mit einem Defizit von etwa 50% bemerkbar. In wenigen Wochen schon wird das Tiefenwasser völlig frei von Sauerstoff sein, während sich der Sauerstoffschwund bereits in viel geringerer Tiefe wird nachweisen lassen.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Die Kohlensäureverteilung ist abgesehen von einer schwachen Anreicherung im Oberflächenwasser, die mit niedrigeren Sauerstoffwerten parallel geht, ebenfalls durchaus typisch für einen eutrophen See. Entsprechend der ziemlich beträchtlichen Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser steigt die freie Kohlensäure auf einen Betrag von 15.44 mg/l in 25 m. Die gefundenen Werte liegen sämtlich über den errechneten Gleichgewichtswerten, die entsprechend der niedrigen Alkalinität zwischen 2.6 und 3.9 mg/l liegen. Die Carbonathärte bleibt zwischen 0 und 10 m gleich und steigt erst im Tiefenwasser um einen geringen Betrag an. Die mäßige Pufferung äußert sich in den von den entsprechenden Gleichgewichtswerten abweichenden p_H-Werten.

10. Caldonazzo See.

Der Caldonazzo See, zu deutsch Christofer See genannt, ist nach dem Achen See der größte Bergsee Tirols. Er liegt inmitten einer weiten Tallandschaft, die gegen Trient zu in einer Steilstufe abbricht, durch die sich die Fersina eine Schlucht gesägt hat. Der Caldonazzo See dürfte wohl gemeinsam mit dem Levico See der Rest einer einst das Becken erfüllenden Wassermasse sein, die durch die mächtigen Schuttkegel der Centa und jenen von Barco und Levico aufgestaut worden ist. Anderseits ist aber dann das Becken von Schuttkegeln und Aluvionen zugeschüttet und eingeengt worden. Das Gebiet des alten Seebodens nördlich des Sees bei Susa wurde erst im 19. Jahrhundert urbar gemacht. Der See liegt 449 m hoch, ist 6 km lang, 2 km breit und hat eine Oberfläche von 5.38 km². Seine größte Tiefe beträgt nach Junk 49 m. Er erhält verschiedene Zuflüsse von Norden und Westen und entwässert ostwärts in die Brenta.

Dieser See hatte mit 23.0° die höchste Oberflächentemperatur, die im Laufe dieser Untersuchungsreihe gemessen wurde; zwischen 0 und 3 m ist eine sehr scharf ausgeprägte Sprungschicht vorhanden mit einem Temperaturgefälle von 7.0°. Von 5 m an sinkt die Temperatur dann langsam und gleichmäßig auf 9.4° im Tiefenwasser ab. (Siehe Tab. 10.) (Kurvenbilder 6—10.)

Tab. 10. Caldonazzo See. 26. 5. 1932. 15ʰ. Lufttemp. 25° ◔ Sichttiefe 2.5 m

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	23.0	11.92	8.48	+40.6	−5.25	4.44	3.9	2.52	7.1	8.3	7.96
3	16.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	14.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	11.7	13.62	10.52	+29.5	+8.3	4.44	3.9	2.52	7.1	8.1	7.96
20	10.3	10.89	10.84	+0.5	−13.4	6.44	3.9	2.52	7.1	8.0	7.96
35	9.4	9.03	11.06	−18.4	−28.2	8.44	4.7	2.70	7.6	7.8	7.92

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Die Wasserfarbe ist mittel- bis hellgrün, die Sichttiefe betrug nur 2.5 m.

Das Sauerstoffgefälle ist nicht groß, die Sauerstoffverteilung zeigt noch nicht so ausgeprägte Verhältnisse wie der allerdings bedeutend kleinere Levico See. Die maximale Differenz in den einzelnen Schichten beträgt nur 2.89 mg/l. In den obersten Schichten ist ein großer aktueller Überschuß vorhanden, der jedoch mit zunehmender Tiefe geringer wird und in 20 m nur mehr um 0.5% von dem aktuellen Sättigungswert differiert, während der absolute Sauerstoffgehalt bei 12.58 mg/l, also um mehr als 2 mg/l höher liegt. In der Tiefe aber macht sich auch schon eine Sauerstoffzehrung bemerkbar, das aktuelle Defizit beträgt 18.4%, das absolute dagegen bereits 28.2% der Sättigungswerte. Es ist also anzunehmen, daß auch dieser See, bei dem sich die Sauerstoffzehrung bereits im Mai bemerkbar macht, am Ende der Stagnationsperiode einen sehr starken Sauerstoffschwund aufweisen dürfte und demzufolge mit einiger Sicherheit dem eutrophen Seentypus beizuordnen ist.

Wenn man aus der Sauerstoffverteilung mit einiger Berechtigung den Cadonazzo See bei den eutrophen Seen einreiht, sa sagt die Kohlensäurekurve diesbezüglich recht wenig aus. Die Werte steigen zwar allmählich von der Oberfläche zur Tiefe hin an, doch beträgt die maximale Differenz nur 4 mg/l. Sämtliche gefundenen Werte liegen über den errechneten. Diese Störung des Kohlensäuregleichgewichtes zeigt sich auch in den p_H-Werten, die von den errechneten abweichen. Die Alkalinität zeigt wiederum große Gleichförmigkeit, nur im Tiefenwasser ist ein geringer Anstieg von 2.52 auf 2.70 zu verzeichnen.

11. Wolfsgruben See.

Der Wolfsgrubensee liegt in einem kleinen vielverzweigten Becken des Rittens südöstlich von Klobenstein zwischen anstehenden Hügeln und Moränenresten aufgestaut durch einen Damm an seiner Ostseite. Er ist umgeben von Hochwald und durch kleine Inseln und Halbinseln gegliedert. Er hat nur eine ganz geringe Tiefe von etwa 4 m. Der Seeboden ist mit einer dicken Faulschlammschicht bedeckt.

Dieser kleine See hat aber ganz ausgeprägte Verhältnisse. So zeigt die Temperaturkurve eine deutliche Schichtung mit einem ziemlich steilen Temperaturabfall. Am Untersuchungstage war bei bedecktem Himmel und Regen zwischen 0 und 1.5 m eine Sprungschicht mit 5° Temperaturdifferenz ausgebildet. (Siehe Tab. 11.) Von dort ab sinkt die Temperatur bis zum Grunde dann noch um weitere 4.5°, sodaß die Temperaturdifferenz innerhalb 3.5 m 8.5° beträgt. (Kurvenbilder 1—5.)

Das Wasser ist bräunlich-grün und leicht getrübt. Die Sichttiefe ist demzufolge sehr gering, sie wurde mit 1.2 m bestimmt.

© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at

Der erste Blick auf die Sauerstoffkurve zeigt bereits eindeutig, daß der Wolfsgruben See ein typisch eutropher See ist. Innerhalb von 2 m sinkt der Sauerstoffgehalt von 47.6% aktuellen Sauerstoffüberschusses auf 58.4% aktuelles Sauerstoffdefizit. Auffallend ist die starke Sauerstoffanreicherung zwischen 0 und 1.5 m.

Auch die Kohlensäureverteilung ist ein Maßstab für die starke Eutrophie dieses Sees. Infolge der bemerkenswert niedrigen Alkalinität

Tab. 11. Wolfsgruben See. 28. 5. 1932. 12^h. Lufttemp. 13.5° ● Sichtt. 1.2 m

Tiefe m	Temp.	O_2	O'_2	O_2%		CO_2		Alk.	C.-H.	p_H	
				akt.	abs.	gef.	err.			gef.	err.
0	19.5	9.14	8.24	+9.4	−21.6	6.00	0.3	0.72	2.0	7.5	8.47
1	18.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	14.5	13.39	9.07	+47.6	+16.4	8.60	0.3	0.72	2.0	7.3	8.47
2	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.5	11.0	3.88	9.32	−58.4	−64.3	19.4	0.3	0.72	2.0	6.8	8.47

und den sehr geringen Beträgen an zugehöriger freier Kohlensäure übersteigen die gefundenen die errechneten Werte um ein Vielfaches. Die Kohlensäurewerte steigen von 6.0 auf 19.4 mg/l im Tiefenwasser an, während die Gleichgewichtswerte in allen Schichten bei 0.3 mg/l liegen. Naturgemäß prägt sich bei der schlechten Pufferung die Störung des Kohlensäuregleichgewichtes stark in der p_H-Kurve aus. Die gefundenen Werte sinken von schwach alkalischer Reaktion zu leicht saurer ab, während die errechneten Werte entsprechend der niedrigen Carbonathärte bei 8.47 liegen.

Literaturverzeichnis.

Alsterberg, G. 1926. Die Winkler'sche Bestimmungsmethode für im Wasser gelösten elementaren Sauerstoff, sowie ihre Anwendbarkeit bei Anwesenheit oxydierbarer Substanzen. Biochem. Z. 170, H. 1/3.

Huber, G. 1905. Monographische Studien im Gebiet der Montiggler Seen. Inaug. Diss. Univ. Zürich. 1907. Der Kalterer See (Südtirol). Arch. f. Hydrob. und Planktonk. II. 1907.

Largaiolli, V. 1932. Ricerche biolimnologiche sui laghi trentini. Studi Trentini. 1932. X. 1.

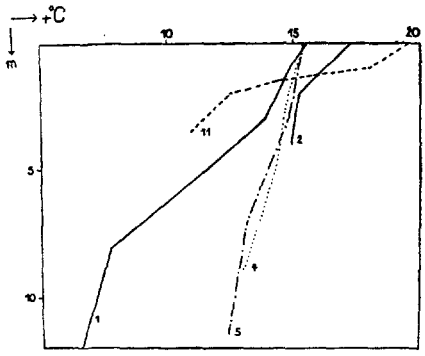
Leutelt-Kipke, S. 1934. Ein Beitrag zur Kenntnis der hydrographischen und hydrochemischen Verhältnisse einiger Tiroler Hoch- und Mittelgebirgsseen. Arch. f. Hydrob. XXVII./2.

Monti, R. 1929. Verhandl. d. Int. Ver. f. theor. u. angew. Limnologie. IV. Bd.

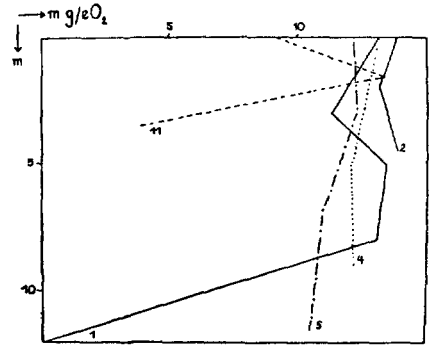
Ruttner, F. 1931. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. Arch. f. Hydrob. 1931.

Steinböck, O. 1932. Zur Turbellarienfauna der Südalpen. Zoogeopraphica I./2. 1934. Zur Frage der Sprungschicht in Hochgebirgsseen. (Im Druck, Arch. f. Hydrob.)

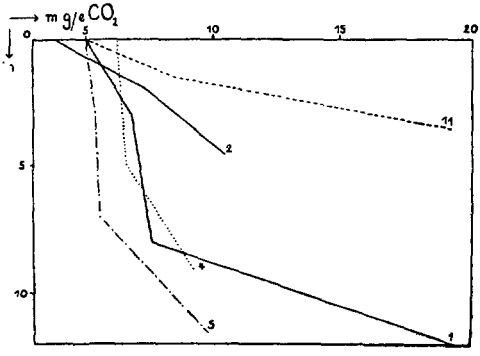
© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at



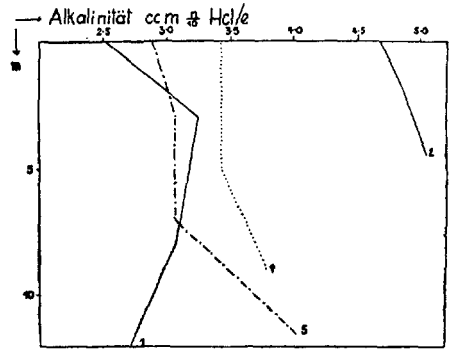
Kurvenbild 1. Temperatur I. (See Nr. 1. 2. 4. 5. 11.)



Kurvenbild 2. Sauerstoff I. (See Nr. 1. 2. 4. 5. 11.)

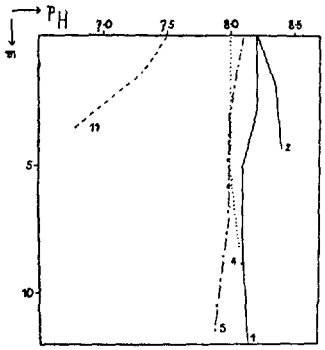


Kurvenbild 3. Kohlensäure I. (See Nr. 1. 2. 4. 5. 11.)

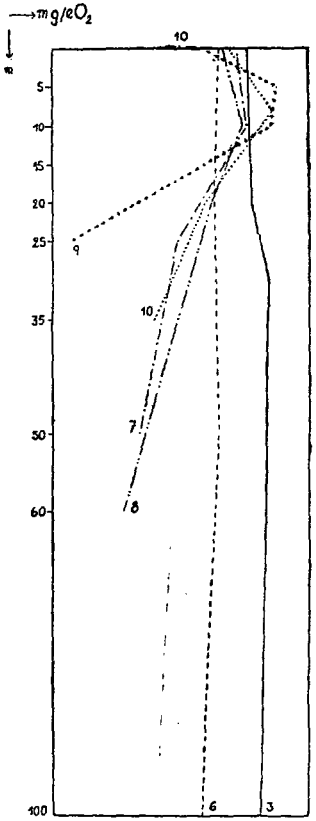


Kurvenbild 4. Alkalinität I. (See Nr. 1. 2. 4. 5.)

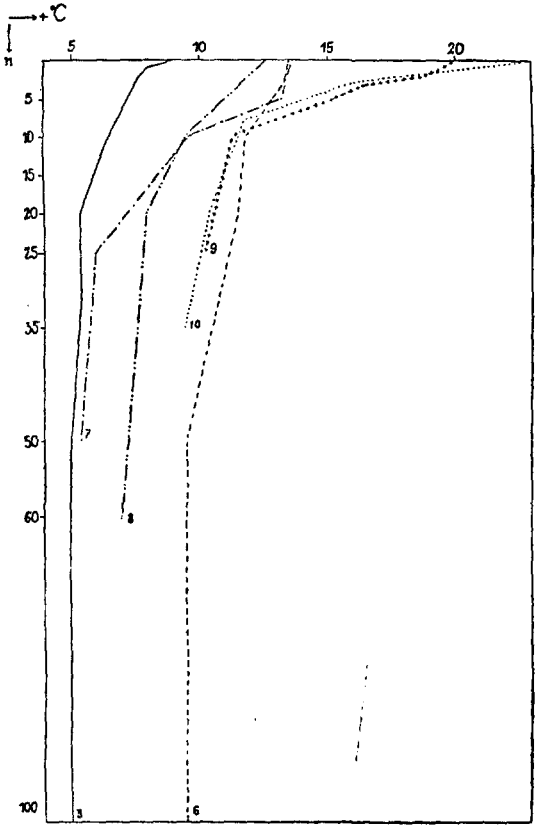
© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at



Kurvenbild 5. p_H I. (See Nr. 1. 2. 4. 5. 11.)

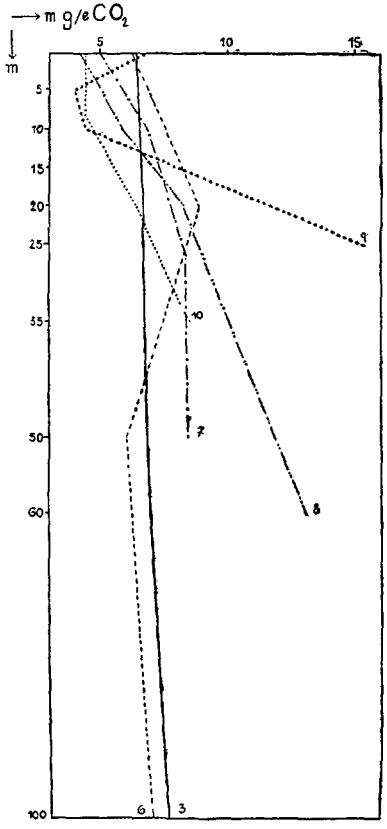


Kurvenbild 7. Sauerstoff II. (See Nr. 3. 6. 7. 8. 9. 10.)

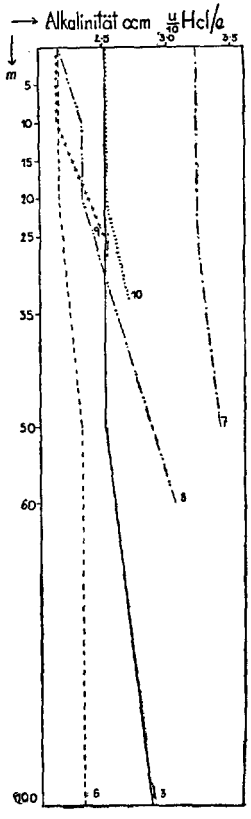


Kurvenbild 6. Temperatur II. (See Nr. 3. 6. 7. 8. 9. 10.)

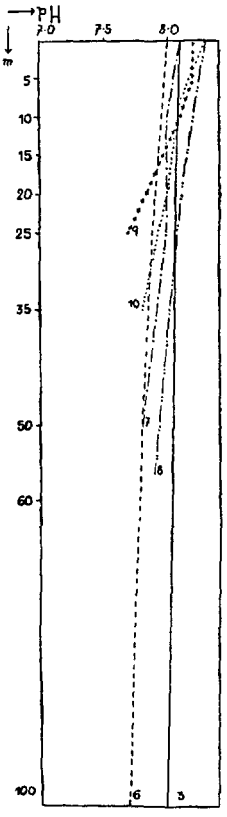
© Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck; download unter www.biologiezentrum.at



Kurvenbild 8. Kohlensäure II. (See Nr. 3. 6. 7. 8. 9. 10.)



Kurvenbild 9. Alkalinität II. (See Nr. 3. 6. 7. 8. 9. 10.)



Kurvenbild 10. p_H II. (See Nr. 3. 6. 7. 8. 9. 10.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck

Jahr/Year: 1934

Band/Volume: 43_44

Autor(en)/Author(s): Leutelt-Kipke Senta

Artikel/Article: Hydrochemische Beobachtungen an einigen Südtiroler Mittelgebirgs- und Alpenrandseen. 221-244