

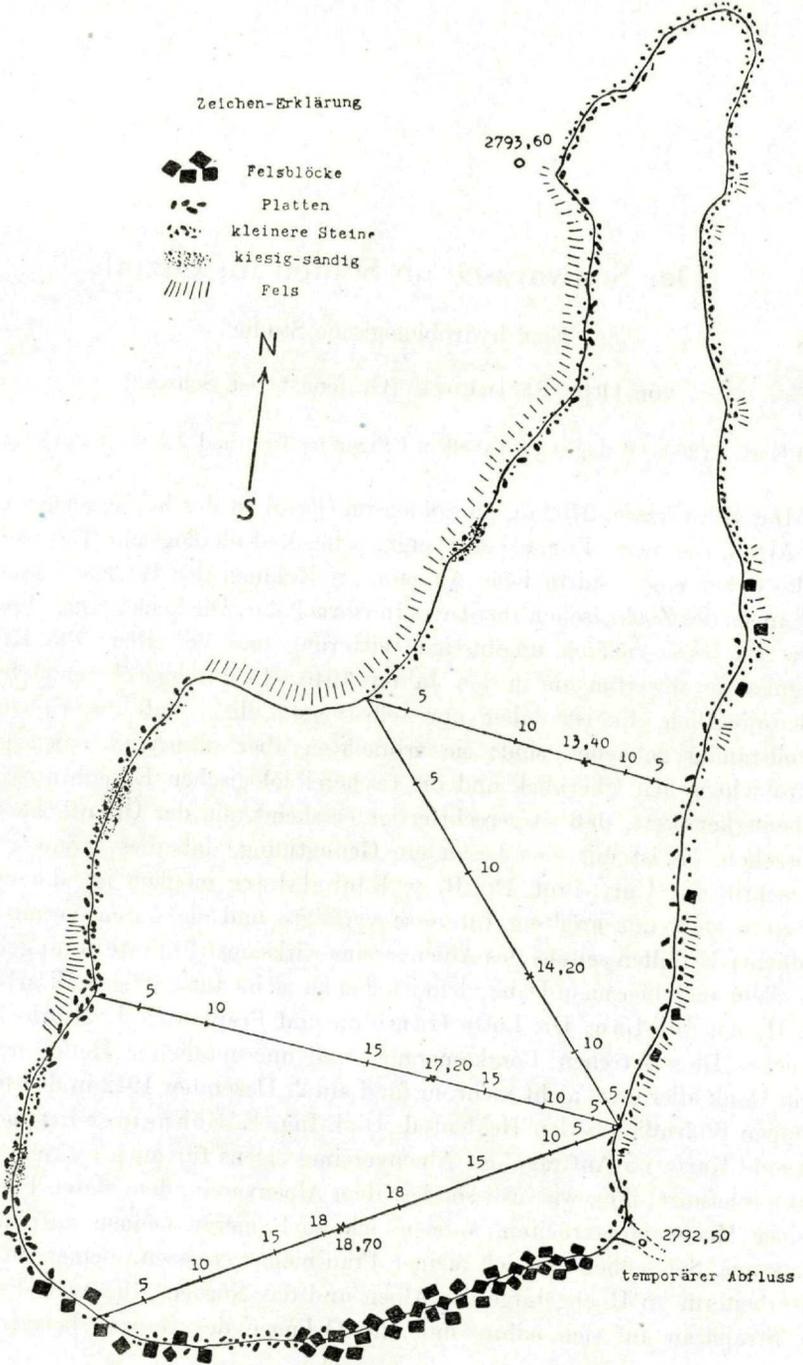
Der Schwarzsee ob Sölden im Ötztal

Eine hydrobiologische Studie

von Otto Steinböck (Grafenast bei Schwaz)

Mit 1 Karte 1:2666 (Beilage 1), 5 Tabellen, 1 Figur im Text und 2 Abb. (Tafel VIII, IX)

Der Schwarzsee, 2792 m, ob Sölden im Ötztal ist der höchstgelegene See der Alpen, der noch Fische beherbergt; seine hydrobiologische Erforschung stellte daher eine vordringliche Aufgabe im Rahmen der Hochgebirgsuntersuchungen des Zoologischen Institutes Innsbruck dar. Die hochalpine, abseitige Lage des Sees, vielfach ungünstige Witterung und vor allem die Kriegereignisse erschwerten die in den Jahren 1940—43 durchgeführten Arbeiten außerordentlich. Es ist daher nur selbstverständlich, daß die Ergebnisse unvollständig geblieben sind; sie erbrachten aber insgesamt einen guten hydrobiologischen Überblick und die fischereibiologischen Erkenntnisse sind so bemerkenswert, daß es gerechtfertigt erscheint, sie der Öffentlichkeit zu übergeben. Es ist mir eine besondere Genugtuung, daß dies gerade in der Festschrift für Univ.-Prof. Dr. R. v. Klebelsberg möglich ist, der unsere Arbeiten stets mit größtem Interesse verfolgte und sie durch Vermittlung geldlicher Beihilfen seitens des Alpenvereins wirksamst förderte. Ihm gebührt vor allem auch hier mein Dank, dem ich den an meine tatkräftigen Mitarbeiter, Dr. H. An der Lan, Dr. Lotte Gamisch und Präparator J. Möchel, anschließe. Diesen treuen Bergkameraden und unermüdlichen Helfer erreicht mein Dank allerdings nicht mehr, er fand am 2. Dezember 1942 in den fernen Steppen Südrußlands den Heldentod. Dipl.-Ing. E. Schneider hat die beiliegende Karte im Auftrage des Alpenvereines eigens für mich aufgenommen und ausgeführt; ihm, wie insbesondere dem Alpenverein, dem steten Förderer meiner Hochgebirgsarbeiten, spreche ich auch hiefür meinen aufrichtigen Dank aus. Schließlich darf ich meiner Frau nicht vergessen, meiner getreuen Mitarbeiterin im Hochgebirge der Alpen und des Nordens, die auch diesfalls die Strapazen auf sich nahm, um zum Gelingen des Ganzen beizutragen.



Hydrographie. Der Schwarzsee ob Sölden liegt in 2792,50 m Höhe eingebettet zwischen den Hängen des Schwarzkopfs, 3060 m, des Punktes 2933 m und des Rotkogels, 2948 m, die dem Höhenzug angehören, der sich als südlichster Seitenzweig des Geigenkammes vom Pitztaler Jöchl, 2995 m, begrenzt vom Polles- und Rettenbachtal, über den Söldener Grieskogel, 2911 m, ins Ötztal erstreckt. Er ist von gedrungen keulenförmiger Gestalt (S. 118), rund 400 m lang, 160 m breit und 20 m tief (genauer 397:162:19,20), das Flächenmaß beträgt 3,5 ha. Damit ist er wohl einer der größten Hochgebirgsseen der Alpen in dieser Höhenlage. Diese ungewöhnliche Größe, bzw. sein Dasein überhaupt, verdankt der See einer tektonischen Störung (v. Klebelsberg 1935, Beil. 3), die den Höhenzug Pitztaler Jöchl—Söldener Grieskogel an den Punkten 2933 m einerseits, 2948 m andererseits gegeneinander verschoben hat; die Punkte 2792,50 und 2796,20 der Karte geben den Rand der 500 m langen Senke an, deren Mitte der See ausfüllt. Auf Grund dieser Lage kann der Schwarzsee auch als Paß- oder besser Jochsee (Steinböck 1934) bezeichnet werden; als solcher weist er sich übrigens auch auf Grund der Windverhältnisse aus. Das Einzugsgebiet liegt inmitten der „Ötztaler Gneise“ (Schiefer- und Augengneise). Mit rund 2800 m befindet sich der See an der Grenze des Ewigschneegebietes. Im Jahre 1942 erhielten sich einige Firnfelder am Südufer des Sees; unzweifelhafte Spuren beweisen aber, daß bis in die jüngste Vergangenheit vom Punkt 2933 herab ein mächtiges, überdauerndes Schneefeld bis ans Ufer reichte, das sicher erst dem Firnschwund der letzten Jahre zum Opfer gefallen ist (Abb.1).

Die Uferbildung ist die eines typischen Hochgebirgssees, d. h. der größte Teil seines Ufers besteht aus Fels, Blockhalden, plattigen Steinen und Grus (S. 118); nur drei, wenige Meter betragende Stellen am Westufer sind aus Grobsanden aufgeschüttet. Der Pflanzenwuchs der Umgebung ist außerordentlich spärlich.

Der Seegrund entspricht zunächst vom Ufer weg der oben geschilderten Uferbildung, ist also so gut wie ausschließlich steinig. Es wäre aber verfehlt, daraus auf einen vollkommen steinigen Seeboden zu schließen; im Gegenteil, es zeigt sich eine überraschend große, etwa 1,5 ha betragende Fläche schlammigen Grundes, die dem Bodengreifer zugänglich ist. Durchschnittlich beginnt dieser Schlammgrund schon in einer Tiefe von 5—6 m und zwar ist er zunächst noch stark mit Grus vermischt; je tiefer, bzw. je weiter vom Ufer entfernt, desto feiner wird das heraufgeholt Material. Die Farbe des Schlammes wechselt von gelblichbraun über gelblichgrau zu grau bis schwärzlich; sie ist abhängig von der Menge an mineralischen Stoffen, die von 5—10 m Tiefe weitaus überwiegend sind und die hellere Farbe, bzw. die gelblichbraunen Töne hervorrufen. Ab 10 m nehmen die organischen Bestandteile, vorwiegend durch

Winde hereingebrachte zerfallende Pflanzenreste, an Bedeutung zu; sie färben den Schlamm grau bis schwärzlich. Unter 8 Proben aus 10 m Tiefe enthielt nur eine grauen Schlamm, von 8 aus 13 m nur eine gelbbraunen, 2 gemischten und 5 rein grauen; ab 14 m aber kam nur mehr graues, bzw. schwärzliches Material herauf, das nicht selten leichten Schwefelgeruch aufwies. Diese für einen Hochgebirgssee ungewöhnlich ausgedehnte Schlammfläche ist sicher darauf zurückzuführen, daß das Einzugsgebiet sehr klein ist und keine dauernden Zuflüsse vorhanden sind, die ständig gröbere Sedimente in das Becken bringen. Ich meine aber, daß Schlammgrund in echten Hochgebirgsseen eine viel häufigere Erscheinung ist, als Pesta (1929)¹⁾ annimmt. Jedenfalls konnte ich solchen auch in den Kühtailer Seen in nicht unbeträchtlichem Ausmaße feststellen.

Über die ungefähren Tiefenverhältnisse gibt Fig. S. 118 Aufschluß. Genau wurden nur die eingezeichneten Profile vermessen; die häufigen Stürme, sowie das schon sehr altersschwache Schlauchboot ließen die geplante genauere Vermessung nicht zu. Man erkennt immerhin, daß die tiefste Stelle (18,70 m), wie so häufig in Hochgebirgsseen, exzentrisch gelegen ist. Allerdings führt Pesta diese Erscheinung auf die Auskolkung durch das diluviale Gletschereis vor harten, steilen Felsriegeln zurück, doch ist der Schwarzsee kein Karsee diluvialer Entstehung. Zur Tiefenkarte ist zu bemerken, daß die Profile im September 1943 gelegt wurden, als der Seespiegel mindestens 0,50 m unter dem Stand zur Zeit des Überlaufes während der Hauptschneeschnmelze lag. Da aber der Abfluß anscheinend nicht allzu lange währt und bald ein Absinken des Seespiegels einsetzt, sind auf der Karte die gemessenen Tiefen ohne Umrechnung wiedergegeben; auch E. Schneider hat am 14. 10. 42 die Seeoberfläche mit 2792 m um 0,50 m tiefer als den Abfluß berechnet. Ob mit 18,70 m die größte Tiefe erfaßt wurde, ist fraglich, eine wesentlich höhere Zahl ist aber nicht zu erwarten. Der schmale Nordteil wurde von uns nicht vermessen; er ist seicht. Mit rund 20 m Tiefe dürfte der Schwarzsee der tiefste See der Alpen in dieser Höhenlage sein.

Das Einzugsgebiet ist ungewöhnlich klein; es beträgt nicht einmal das Vierfache der Seefläche. F. Turnowsky (1946) gibt für 8 Hochgebirgsseen der Schobergruppe, Kärnten, das Verhältnis Einzugsgebiet : Seefläche; es bewegt sich zwischen 100 : 1 und 9 : 1.

Ein sichtbarer, dauernder Zufluß ist nicht vorhanden; das ohnehin so geringe Einzugsgebiet besteht teils aus Felswänden, teils aus Block- und Schutthalden, die ein nennenswertes Gerinne nicht aufkommen lassen (Abb. 1, 2).

¹⁾ In der Folge ist bei Pesta ohne Jahreszahl stets diese Monographie gemeint. Bei Autoren, von denen nur eine Arbeit angeführt ist, wird die Jahreszahl gleichfalls nur das erste Mal gebracht.

Stürzt das Schmelzwasser und der Regen überall über die Felsen herab, so versickern beide sogleich in den Halden und treten erst unterirdisch in den See aus. Nur am Westufer des Hauptbeckens entspringen am unteren Ende des Schutthanges einige Sickerquellen, die sich nach wenigen Metern Verlaufes in den See ergießen. Im September 1943 waren sie schon fast versiegt. Diese Art der ober-, bzw. unterirdischen Wasserzuführung scheint mir, wie schon erwähnt, in erster Linie für die reiche Schlammentwicklung verantwortlich zu sein, da Sedimente in größerer Menge und Korngröße kaum je der Tiefe zugeführt werden. Dadurch kommt es zu einer reicheren, unvermischteren Anhäufung von organischen Bestandteilen autochthoner, vor allem aber allochthoner Art. Deltabildungen fehlen demgemäß vollständig. Zur Hauptschneesmelze muß ein geringer Abfluß über Punkt 2792,50 zum Rettenbachtal bestehen, da ein deutliches Abflußbett sichtbar ist, doch wurde ein solcher von uns nicht direkt beobachtet; es ist aber durchaus möglich, daß in schneeärmeren Jahren überhaupt kein Abfluß besteht, denn bei einem Absinken der Oberfläche bis zum Beginn der Schneesmelze etwa um 0,75 m müssen zunächst erst mindestens 25.000 m³ Wasser aufgefüllt werden, ehe es zum Überfließen kommt. Die alljährlichen Niveauschwankungen bis über 0,50 m beweisen, daß auch ein unterirdisches Abfließen (oder Absickern) stattfindet, da nach Luetsch (1932) im Hochgebirge eine Verdunstung in diesem Ausmaße nicht in Betracht kommt. Es liegt nahe, 2 Quellen, die vom Frühjahrsausrinn etwa 20 m entfernt und 10 m tiefer aus dem Felsen entspringen, als Abfluß des Sees anzusehen; deren Temperatur (7. 9. 43, 2,6°), sowie reichliches Vorkommen von *Planaria alpina* D., die im See nie angetroffen wurde, sprechen allerdings dagegen. Als noch ausgedehnte bleibende Firnfelder den See umgaben, dürfte ein dauernder, wenngleich stets geringer Abfluß bestanden haben. So weicht der Schwarzsee auch in seinen Zu-, bzw. Abflußverhältnissen von der Norm ab. Nicht unerwähnt darf bleiben, daß im Jahre 1943 beim Ausrinn eine Rohrleitung in den See gelegt wurde, die im Winter dem Elektrizitätswerk Sölden Wasser zuführen soll. Es ist nicht bekannt, ob und in welchem Ausmaße dem See Wasser entzogen wird. Jedenfalls verliert sich jeglicher Abfluß sofort im Blockgewirr und kommt erst tiefer, gegen die Rettenbachalm zu, wieder zum Vorschein.

Mit Vorliebe benennt die Alpenbevölkerung aller Sprachen die Seen nach ihrer charakteristischen Farbe, die in diesem Falle auf die große Tiefe an und für sich, sowie auf die ausgedehnten Grauschlammflächen daselbst zurückzuführen ist. Auch diesbezüglich bildet der Schwarzsee eine Ausnahme, da nach Pesta „die schwärzlich verfärbten Wasserbecken... entweder zum Typus der Kleingewässer und der Tümpel zu zählen sind oder wenn nicht... weitaus vorwiegend unterhalb der oberen Waldgrenze liegen...“ (p. 37).

Die Sichttiefe, die in Hochgebirgsseen so gut wie ausschließlich durch die Zuflüsse bestimmt wird, spielt doch das Plankton nur eine untergeordnete bis gar keine Rolle, ist im Schwarzsee naturgemäß eine gute. Eine Secchi-Scheibe wurde nicht verwendet, die messingene Fläche des Bodengreifers verschwand durchschnittlich bei 7 m.

Bei der Besprechung der thermischen Verhältnisse scheint es mir zweckmäßig mit der Eisbedeckung zu beginnen, da sie die beherrschende Erscheinung für die Lebewelt dieses Sees im Ablauf des Jahres ist. Über die Dauer der Eisbedeckung hochalpiner Seen liegen in der Literatur mehrfache Angaben vor (so F. Zschokke 1900, L. W. Collet 1925, G. Huber-Pestalozzi 1926), die bei Pesta eine zusammenfassende Darstellung erfahren haben (spätere Literatur vor allem O. Suchlandt und W. Schmassmann 1936, Turnowsky). Daraus ist zu entnehmen, daß der Hochgebirgssee der Alpen im Durchschnitt 3 Monate, bzw. 100 Tage eisfrei ist, sie zeigt aber auch, daß die Höhenlage als solche über die Dauer der Vereisung nichts aussagt, sondern daß Exposition, Gletscher-, bzw. Firnnähe, Temperatur der Zuflüsse usw. maßgebend sind. So ist der Lucendrosee, 2077 m, Flußgebiet der Reuß, fast genau so lang vereist (240—260 Tage), wie der fast 400 m höher gelegene Große St. Bernhardsee, 2445 m (268 Tage) und der mit diesem letzteren praktisch in gleicher Höhe befindliche Wildsee, 2438 m, St. Gallener Alpen, ist mindestens 335 Tage vereist, mitunter taut er überhaupt nicht auf. Unsere Erfahrungen ergeben für den Schwarzsee folgendes: Am 4. 7. 43 war der See (beob. Dr. L. Gamisch) bis auf einen ca. 60 m² großen Streifen in der Nordwestbucht vollkommen zugefroren, ja seine Ufer zum größten Teil durch die über das Eis hinausreichenden Schneefelder überhaupt nicht erkennbar. Am 4. 8. 40 war nur ein kleines, höchstens ein Fünftel der Fläche betragendes Stück offenen Wassers am dunklen Ostufer vorhanden. Am 29. 8. des gleichen Jahres, dem Beginn unserer Untersuchungen, fand sich noch etwa 200 qm zusammenhängendes Treibeis vor, das je nach Wind seine Lage änderte und am 1. 9. verschwunden war. Ebenso verging das bis dahin noch zwischen den in das Wasser reichenden Felsblöcken am Südufer befindliche Eis. Dagegen überdauerte in diesem Jahre der insbesondere noch am Südufer in größeren Mengen befindliche Altschnee. Am 20. 10. war der See bis auf die Südwestbucht von einer 8—10 cm dicken Eisschicht bedeckt (Dr. An der Lan). Ein weiterer Spätherbstbesuch fand nur mehr am 7./8. 10. 41 statt (Dr. An der Lan, Dr. Elli Schatz-Schmidegg); damals befand sich der See in seiner Vollzirkulation, also ohne Eisbildung. Nach Aussage der Einheimischen taut der Schwarzsee regelmäßig Mitte August auf und friert je nach Witterungsverhältnissen Anfang bis Mitte Oktober wieder zu.

Was die Dauer der Eisbedeckung anlangt, so muß auf eine Unklarheit hingewiesen werden, die sich hinsichtlich der Begriffe „eisfrei“ und „eisbe-

deckt" ergibt. Für Zschokke ist anscheinend der Zeitpunkt des „Auffrierens" maßgebend, während Pesta vom „Verschwinden" des Eises spricht. Bei Seen der Niederung mag dies praktisch ohne Bedeutung sein, da hier der Schmelzvorgang außerordentlich rasch vor sich geht und „die Eisdecke eines Sees . . . in wenigen Tagen, ja Stunden verschwinden" kann (E. Naumann 1930, p. 193). Anders in so großen Höhen, wo die Temperaturen an und für sich nicht nur viel tiefere sind, sondern auch häufig winterliche Rückschläge, oft von längerer Dauer, auftreten. Zwar konnte Turnowsky an dem noch zu drei Viertel eisbedeckten Wangenitzsee, 2465 m, Schobergruppe, Kärnten, vom 12. bis zum 15. 7. den vollkommenen Schwund der Eisdecke beobachten, doch scheint mir dies nach meiner Erfahrung für Hochgebirgsseen eine Seltenheit zu sein, die auf eine besonders günstige Exposition, bzw. auf besondere Witterungsverhältnisse zurückzuführen sind (im Falle des Wangenitzsees wehte „starker Wind, bei Lufttemperaturen von 8—10° . . .", p. 27). Am Schwarzsee z. B. währte der Schmelzvorgang im Jahre 1940 mindestens einen Monat, da die von mir am 4. 8. beobachtete eisfreie Stelle sicherlich schon Ende, vielleicht sogar schon Mitte Juli aufgebrochen, der letzte Eisrest aber erst am 1. 9. verschwunden war. Nach der Zschokke'schen Berechnung beträgt so die eisfreie Zeit im Schwarzsee etwa zweieinhalb bis drei Monate, nach Pesta dagegen nur etwa anderthalb. Biologisch besehen dürfte wohl die zweite Betrachtungsweise die angezeigtere sein, da eine volle Entfaltung des ohnehin so kurzen sommerlichen Lebens bei einem Zustand, wie er am 4. 8. 40, oder gar am 4. 7. 43 vorlag, noch nicht annähernd möglich ist. So waren Ende August 1940 im Plankton nur unbestimmbare *Cyclops*-Nauplien vertreten, während in den folgenden Jahren bei völliger Eisfreiheit die geschlechtsreifen Tiere überwogen. Auch die sehr auffallende Planktonzunahme im Wangenitzsee (Turn. Tab. 6, 7) von Mitte Juli, dem ersten Tage der Eisfreiheit, bis Ende August spricht dafür. Demnach wird für den Schwarzsee nach der biologischen Berechnung und den derzeit herrschenden Klimaverhältnissen durchschnittlich folgendes gelten: Der See ist 30—40 Tage völlig frei von Wintereis (vorübergehende Neueisbildung am Ufer tritt aber nach Wetterückschlägen und in kalten, klaren Nächten auch innerhalb dieser Zeit auf); die Dauer der Eisbedeckung beträgt daher 10½—11 Monate.

Bei der Beurteilung der gegenwärtigen biologischen Lage eines Hochgebirgssees muß berücksichtigt werden, daß die Vereisungsverhältnisse vor nicht langer Zeit ganz andere gewesen sein können. Dies gilt für den Schwarzsee und mindestens für alle Seen, die innerhalb, an, oder in nächster Nähe der Schneegrenze liegen. In unserem Falle reichte ein mächtiges Firnfeld von Punkt 2933 in den See hinein, das in seinen unteren Teilen vielleicht sogar Gletschereisbildung aufgewiesen haben mag. Daß davon die Lebewelt eines Beckens wesentlich beeinflußt wird, ist selbstverständlich.

Auch über die Eisdicke der Hochgebirgsseen liegen Beobachtungen vor. Nach Zschokke übersteigt sie nirgends 80 cm, Pesta führt 87 cm an. Diese verhältnismäßig geringe Mächtigkeit ist nach Pesta von größter Bedeutung für die Lebewelt seichterer Gewässer: „Der Tatsache, daß selbst Hochgebirgsseen mit geringen Maximaltiefen, die ja gerade viel häufiger vertreten und daher typisch sind, niemals bis zum Grunde abfrieren. . . darf besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden“ (p. 53). Neuere Untersucher finden jedoch auch erheblich mächtigere Eisdicken, so S. Leutelt-Kipke (1934, 1935) bis zu 1,75 m, ähnlich Turnowsky bis 1,70 m, ja W. Hacker (1933) will eine solche von 2,40 m gemessen haben, „damit wohl die mächtigste, die bisher an einem Alpensee beobachtet wurde“ (p. 97). Nähere Angaben, z. B. wie diese Dicke festgestellt wurde, fehlen, insbesondere aber, ob es sich um eine einheitliche Kerneisdecke handelte, oder ob dazwischen Wasserschichten angetroffen wurden, wie solche schon von Collet beschrieben wurden und auch Leutelt-Kipke an allen untersuchten Kühtaier Seen wieder fand. So setzte sich die 1,75 m messende Eisdecke des Gossenköllelsees, 2485 m, am 1. 6. 35 aus folgenden Schichten von oben nach unten zusammen: 25 cm Eis, 30 cm Wasser, 30 cm Eis, 50 cm Wasser, 40 cm Eis. Darüber lag 10 cm Wasser und ein halber Meter Schnee. Auch am Schwarzsee wurden durch Dr. An der Lan und Dr. Elli Schatz-Schmidegg am 2./3. 3. 40 ähnliche Beobachtungen gemacht. Dort lag unter einer 20—60 cm hohen Schneeschicht zunächst 10 cm dickes sehr sprödes Eis, darunter 20—30 cm $\pm 0^{\circ}$ „Schneebrei“ und dann erst 70 cm Kerneis, so daß die gesamte Eisdecke 1,00—1,10 m Mächtigkeit aufwies. Diesen „Schneebrei“ hat schon Collet als „bouillie glaceé“ von mehreren Seen des Berninagebietes beschrieben. Nach ihm entsteht diese merkwürdige Erscheinung dadurch, daß das Eis durch die Last des daraufgefallenen Schnees Risse erhält, durch die das Wasser aufquillt, sich mit dem Schnee zur „bouillie glaceé“ vermischt, in der obersten Lage friert, also eine neue Eisdecke bildet, worauf sich bei neuerlichen entsprechenden Schneefällen der Vorgang wiederholen kann. Aus Collet's Einzelbeschreibungen der Seen könnte man entnehmen, daß der Eisoberfläche der Schneebrei aufliegt und diesem der gewöhnliche Schnee, wie dies auch Pesta (p. 53) so verstanden und verallgemeinert hat: „Die Decke des transparenten Eises (Kerneises) wird außerdem noch von breiigem Eis und Schnee überlagert, so daß die Seeoberfläche durchschnittlich einen 120—130 cm mächtigen Abschluß erfährt.“ Aus den Ausführungen Collet's, p. 301, geht aber hervor, daß es sich bei der „bouillie glaceé“ um Einschlüsse im Eis, bzw. „interstratifications“ handelt. Allerdings fand Baldi (1941) am Lago di Costabrunella, 2003 m, Cima d'Asta, im März 1941 über dem Blankeis von 51 cm Mächtigkeit 95 cm Schneebrei, „neve bagnata“ und darüber, ohne Eisabschluß, 75 cm

Schnee. Nach Collet wäre dies so zu erklären, daß eben ein Einbruch erfolgt war und sich noch keine Neueisschichte gebildet hatte. Neuestens hat Turnowsky diese Eis-Wasser-Schichtung von Kärntner Seen beschrieben und sie, offenbar in Unkenntnis der Collet'schen Deutung in gleicher Weise erklärt. Ob die Schneelast aber allein für die Erklärung der Erscheinung genügt, erscheint mir fraglich; jedenfalls glaube ich, daß ein Absinken des Seespiegels, dem die Eisdecke nur gegen die Mitte zu, nicht aber an den Rändern folgen kann, dem Vorgang mindestens förderlich ist, wenn nicht ihn überhaupt erst hervorruft. Ein solches Absinken findet am Schwarzsee und einigen Kühtaier Seen, an denen das Phänomen festgestellt wurde, statt. Auf Seen der Niederungen, von denen nichts Derartiges bekannt ist, dürfte die Schneelast bei geringerer Eisdicke mitunter auch nicht kleiner sein, ohne daß dieses Phänomen beobachtet wurde.

Temperaturverhältnisse. Da bis zum Erscheinen der Monographie Pesta's (1929) Daten über Temperaturen unter dem Eise von Hochgebirgsseen nur sehr spärlich vorlagen, gebe ich in Tabelle 1 unsere eigene Messung (Dr. An der Lan, Präpar. Möchel), sowie solche von Suchlandt und Schmassmann (Schottensee, Grünsee), Baldi (Lago di Costabrunella), Turnowsky (Alkusersee).

Tabelle 1

Tiefe m	Sa. S. 3. 3. 41	So. S. 26. 12. 31	Gr. S. 1. 1. 32	G. S. 24. 1. 32	Pl. S. 22. 1. 32	L. C. 3. 41	A. S. 17. 3. 40
0	± 0	1,4	0,9	0,2	0,2	0,2	0,4
1	± 0			0,5	1,5	0,3	1,4
2	1,0		2,0	2,4		1,0	1,8
3	1,6	1,6		3,4			3,4
4	3,6			3,8			3,6
5	4,3	3,9	4,3	4,1		3,1	3,8
6	4,3				3,4		3,8
7	4,3			4,1			4,0
8	4,3			4,1			4,0
9	4,3			4,1			4,0
10	4,3	4,4				3,4	4,0
15						3,5	4,0
20						3,7	4,0
30						3,8	4,1
40						3,9	4,2
50						3,9	
57,5						3,9	

Erläuterung: Sa. S. = Schwarzsee; So. S. = Schottensee, 2380 m, Davos; Gr. S. = Grünsee, 2140 m, Davos; G. S. = Gossenköllesee; Pl. S. = Plenderlesee, L. C. = Lago di Costabrunella; A. S. = Alkusersee.

Man ersieht aus dieser Tabelle, daß in allen Seen, von denen lückenlose Temperaturserien vorliegen, eine klare inverse „Wintersprungschicht“ (Leutelt-Kipke) vorliegt, die im Schwarzsee zwischen 3 und 4 m mit 2,0° ihre schärfste Ausprägung zeigt. Auffallend ist die hohe Temperatur im Schottensee in 0,0 m mit 1,4° und im Grünsee mit 0,9°; sie ist wohl auf die frühe Beobachtungszeit (Ende Dezember, Anfang Jänner), vielleicht auch auf frühe und hohe Schneebedeckung zurückzuführen.

Es ist selbstverständlich, daß ein See in derartiger Höhenlage auch im Sommer sehr tiefe Temperaturen aufweist, doch zeigen sich immerhin verhältnismäßig nicht unerhebliche Schwankungen, und zwar nicht nur je nach Wetterlage innerhalb einer Sommerperiode, sondern auch gegenüber den einzelnen Beobachtungsjahren. Am größten sind die Schwankungen naturgemäß an seichten Uferstellen. Hier treten jene Verhältnisse auf, die Wesenberg-Lund (1912) für die Vorfrühlingszeit der Litoralregion dänischer Seen beschrieb und von mir (1938) auch in Gletscherrandseen nachgewiesen wurden. Ähnliche Angaben finden sich auch bei Suchlandt und Schmassmann, sowie Turnowsky. Sehr bemerkenswert ist die Messung Frl. Dr. Gamisch's am 4. 7. 43, 12.15 Uhr am seichten Westufer an der 4×15 m messenden offenen Stelle, bei sonst vollkommen zugefrorenem See, mit 5,5° (wolkenlos, Lufttemperatur 10.45 Uhr 12,9°). Die zahlreichen eigenen Daten können hier im einzelnen nicht gebracht werden; als Zusammenfassung ergibt sich: Die niedrigste Ufertemperatur betrug 3,3° (1. 9. 40), die höchste 11,0° (6. 9. 43, 12.30 Uhr). Das ist ein Unterschied von 7,7°, während Wesenberg-Lund solche bis zu 17° messen konnte. Die niedrigste Temperatur des freien Wassers betrug 4,9° (28. 8. 40 und 15. 8. 41), die höchste 7,0° (5. 9. 43). Die Tiefenmessungen, die wegen der verhältnismäßig hohen Oberflächentemperaturen im warmen Sommer 1943 einigermaßen interessant zu werden versprochen, konnten wegen Verlust des Wasserschöpfers während der ersten Serienentnahme leider nicht fortgesetzt werden.

Tabelle 2

Tiefe m	28. 8. 1940	15. 8. 1941	16. 8. 1941	8. 10. 1941	5. 9. 1943
0	4,9	4,9	6,0	5,6	7,0
1				5,4	6,9
2				5,4	6,5
5		4,8	5,4	5,4	6,1
7	4,4			5,4	
10		4,7	5,0	5,4	4,5
12				5,4	

Zwar ist die Zahl der Messungen gering, doch ist die Tabelle sehr aufschlußreich. Am 28. 8. 40 ergibt sich ein Temperaturabfall von der Oberfläche mit $4,9^{\circ}$ bis zu 7 m mit $4,4^{\circ}$ von nur $0,5^{\circ}$. Ähnlich ist die Lage am 15. 8. 41, nur ist sie mit einer Differenz von nur $0,2^{\circ}$ von 0—10 m noch ausgeglichener. Zunächst geradezu unverständlich erscheinen die Verhältnisse am folgenden Tag mit $6,0^{\circ}$ an der Oberfläche und $5,0^{\circ}$ in 10 m Tiefe. Der 15. 8. war ein bedeckter, kühler Tag, aber windstill. Am 16. 8. aber herrschte ausgesprochenes Föhnwetter mit warmem ($10,1$ — $11,2^{\circ}$) Föhnsturm, überdies mit starker Einstrahlung. Für diese Wetterlage trifft wortwörtlich ein, was nach Ruttner (1934) für Niederungsseen im Frühjahr gilt: „Windige Wetterperioden können somit in kurzer Zeit beträchtliche Wärmemengen den tieferen Schichten zuführen und dort, wenn auch nicht bedeutende, so doch rasche Temperaturanstiege hervorrufen. Vor allem wird die sommerliche Tiefentemperatur eines Sees bestimmt durch den Wettercharakter des Frühjahrs. Herrschen um diese Zeit, wo die Stabilität der Temperaturschichtung noch gering ist, heftige Winde, so wird die Tiefentemperatur ansteigen, erfolgt jedoch die Erwärmung bei ruhigem Wetter, so wird sie niedrig bleiben“. Diese Erscheinung zeigen die beiden Hochgebirgstage in aller Klarheit. Damit bleiben natürlich meine Ausführungen über die Entstehung einer Sprungschicht in Hochgebirgsseen (1934) unberührt. Voraussetzung für die Bildung einer Sprungschicht in diesen Seen ist windstilles, warmes Wetter; erst dann kann Wind eine Sprungschicht herausarbeiten. Bei einem unter ständiger Windeinwirkung stehenden dauernd kalten Jochsee, wie der Schwarzsee, dürfte es aber kaum je zur Bildung einer Sprungschicht kommen, von einer kürzest währenden „Oberflächensprungschicht“ (Steinb. 1938) abgesehen. Der warme Sommer 1943 brachte bis 5 m (am 5. 9.) eine Erwärmung auf $6,1^{\circ}$, während sie bei 10 m noch $4,5^{\circ}$ beträgt. Am 8. 10. 41 ergibt sich nur zwischen der Oberfläche und 1 m eine Differenz von $0,2^{\circ}$, von 1—12 m bleibt die Temperatur vollkommen gleich.

Die in der Mehrzahl der Fälle ausschlaggebende Temperatur der Zuflüsse fällt beim Schwarzsee auf Grund des eigenartigen Einzugsgebietes nicht ins Gewicht.

Beim Versuch, den Schwarzsee in mein System der Hochgebirgsgewässer (1938) einzuordnen, das zunächst auf den Temperaturverhältnissen basiert, stößt man auf Schwierigkeiten, da er einen ausgesprochenen Grenzfall darstellt. Datenmäßig wäre er unter die oberflächenwarmen Seen einzureihen (I, 2, a), doch kann er praktisch als dauernd kalter Firnrandsee (I, 1, b) betrachtet werden; seine Gesamtwassermenge dürfte kaum je $6,0^{\circ}$ übersteigen.

Auf die Erfassung des Chemismus wurde bewußt verzichtet. Über den neben der Temperatur das Leben im See am auffälligsten beeinflussenden

Faktor, den Sauerstoff, konnten auf Grund der vorliegenden Befunde Leutelt-Kipke's bestimmte und für unseren sommerlichen Aufgabenbereich hinreichend sichere Voraussagen gemacht werden. Die Erfassung der übrigen chemischen Faktoren war aber unter den gegebenen Umständen (Vordringlichkeit der Bodenuntersuchung, zeitraubender, mühsamer Zugang zum Untersuchungs Gelände an der Grenze der Nivalregion, Zeitmangel und nicht zuletzt die Kriegszeit) so gut wie ausgeschlossen.

Die aktuelle Reaktion konnte mit $\text{pH} \pm 7,0$, also als neutral ermittelt werden.

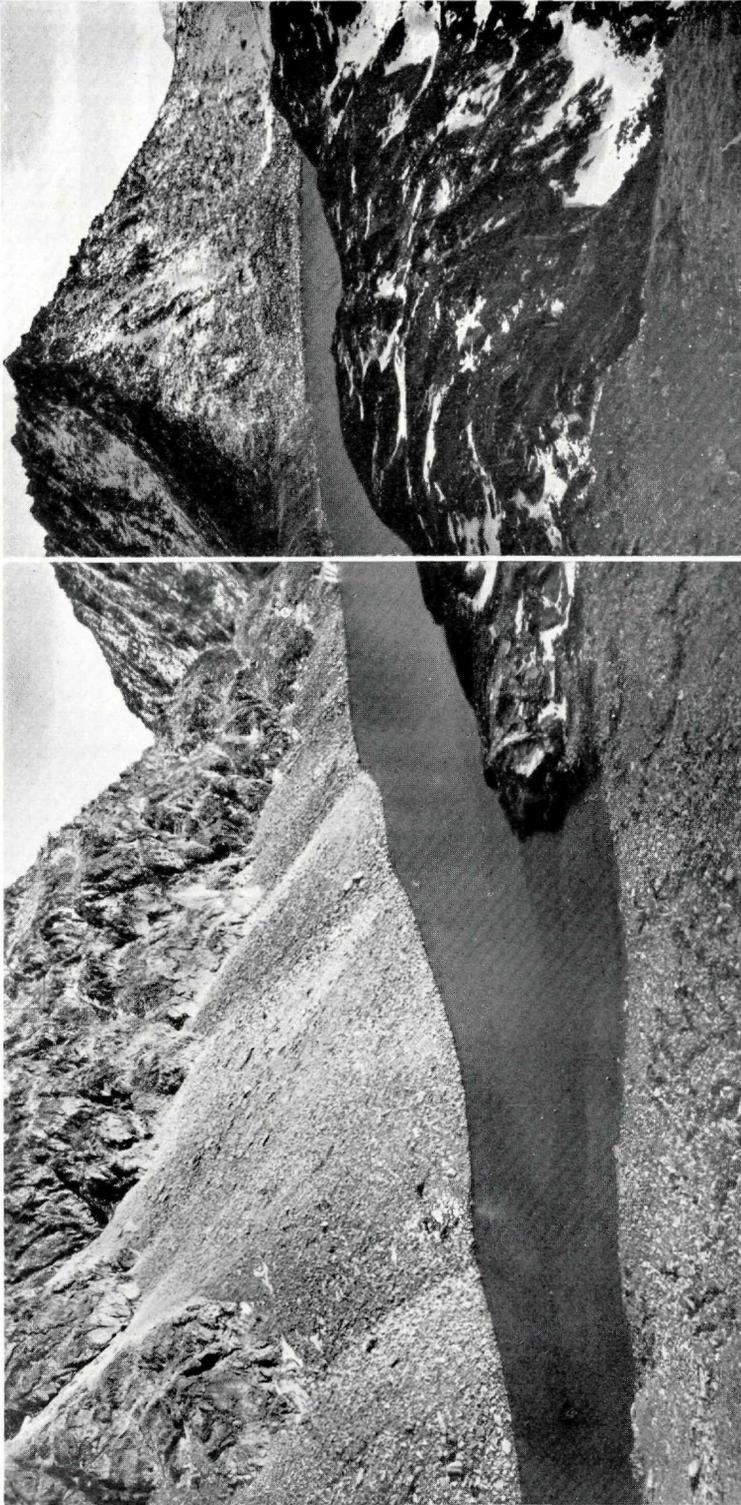
Bezüglich der O_2 -Verhältnisse muß auf Grund des Fäulnisgeruches im Grauschlamm auf O_2 -Zehrung daselbst geschlossen werden, denn „ein Haupterfordernis für die Entwicklung der sulfidreduzierenden Bakterien ist absolute Anaerobiose“ (O. Richard, 1946). Das Tiefenwasser ist im Sommer bei der häufigen Winddurchmischung unzweifelhaft O_2 -reich; dafür sprechen auch alle bisherigen Erfahrungen (Leutelt-Kipke, Turnowsky). In den obersten Schichten des Schlammes lebende oxyphile Turbellarien scheinen mir zu beweisen, daß die O_2 -Zehrung in dessen tieferen Schichten stattfindet, obwohl nach J. Lundbeck (1926) bei O_2 -Zehrung im Schlamm (O_2 -Mikroschichtung) davon auch die unmittelbar darüberliegenden Wasserschichten in Mitleidenschaft gezogen werden. Dies scheint aber im Hochgebirgssee während des Sommers nicht der Fall zu sein, da auch in der Tiefe reichlich O_2 vorhanden ist, wie aus folgender Aufstellung hervorgeht:

Tabelle 3

	Tag	Tiefe m	O_2 mg/l	
Vorderer (Großer) Finstertalersee, 2240 m (2235 m)	8. 8.	24	9,37	} Leutelt-Kipke 1934 (erhoben 1931)
Hinterer (Kleiner) Finstertalersee, 2258 m (2225 m)	7. 8.	9 (10)	10,57	
Oberer Plenderlesee, 2344 m (ca. 2400 m)	9. 8.	6,7 (7,5)	10,56	
Gossenkölle (Gossenkehle), 2485 m (2463 m)	10. 8.	10 (10)	10,17	
Wangenitzsee, 2465 m	6. 8.	43 (48)	8,74	} Turnowsky 1946 (erhoben 1938)
Großer Gradensee, 2474 m	10. 8.	30 (35)	10,36	

Erläuterung: Die Klammern bei den Höhenangaben beziehen sich auf die entsprechenden Daten bei Leutelt-Kipke, die nach der Alpenvereinskarte 1939 korrigiert wurden. Die Klammern bei den Tiefenangaben bedeuten die jeweils größte Tiefe.

Der durch Leutelt-Kipke in einigen Hochgebirgsseen festgestellte O_2 -Schwund während der Winterstagnationsperiode wurde durch Turnowsky



Phot. E. Schmeidler

Abb. 1. Der Schwarzsee ob Sölden von Norden (Erläuterung S. 146).

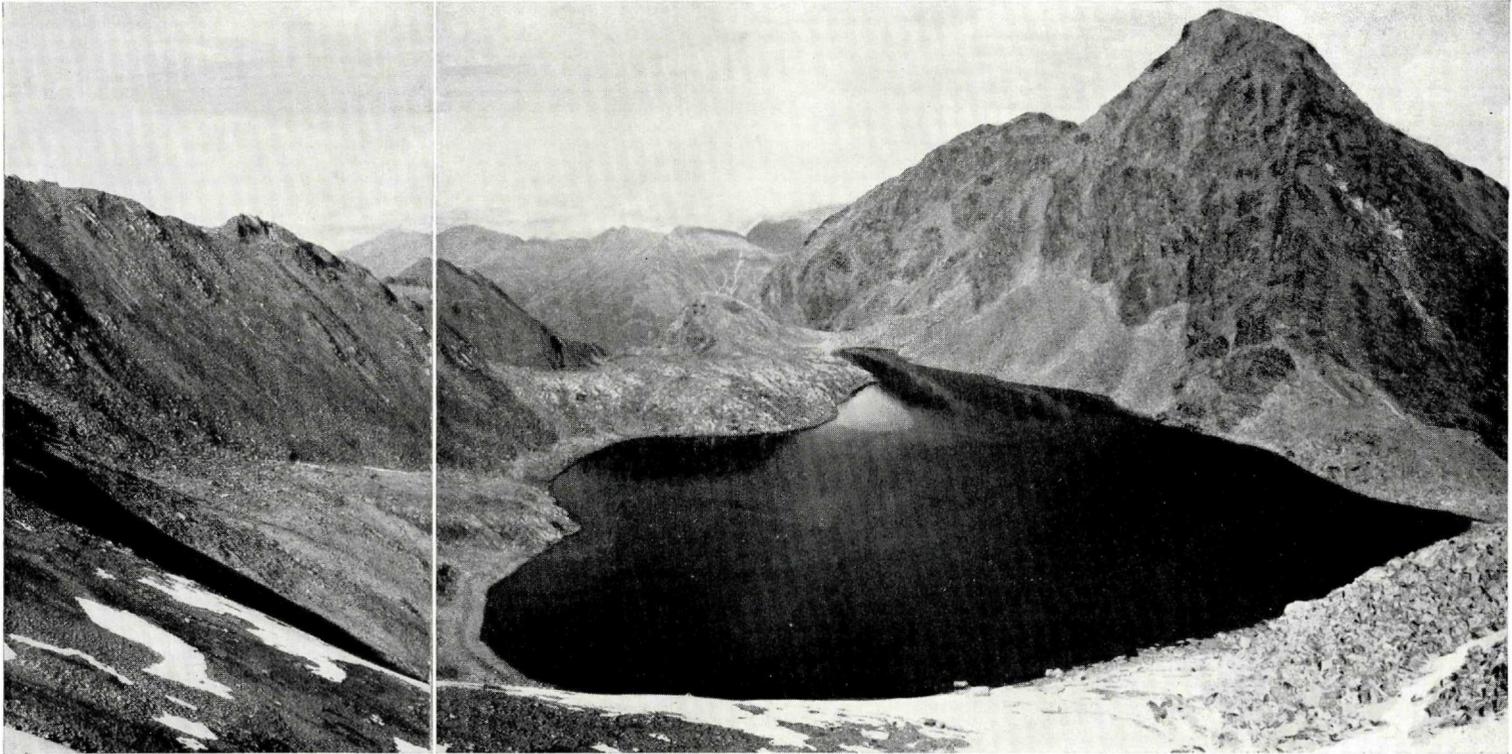


Abb. 2. Der Schwarzsee ob Sölden von SO (Erläuterung S. 146).

Phot. E. Schneider

auch in allen Seen der Schobergruppe beobachtet (7,05—1,45 mg/l), so daß dieser Autor sogar vermutet, es handle sich hier um die Regel. Die Ursachen für diese so auffällige Erscheinung konnte er nicht aufklären. Er hält es für möglich, daß der von mir ermittelte Reichtum an Bodenfauna in Hochgebirgsseen hierfür verantwortlich zu machen sei, bezweifelt aber selbst, daß diese für eine O₂-Zehrung auch in höheren Schichten hinreiche. Es scheint mir sicher, daß die gegenüber Niederungsseen um ein vielfaches längere Eisbedeckung, damit also wesentlich früher einsetzende Herbst- und wesentlich später erfolgende Frühjahrsvollzirkulation das O₂-Defizit zu vermehren geeignet ist. Bedenkt man weiters, daß schon bei O₂-Reichtum im Sommer nicht unerhebliche Fäulnisprozesse vor sich gehen, wobei wohl die eingewehten pflanzlichen Bestandteile die Hauptrolle spielen, dann werden die für „ultraoligotrophe“ Seen recht merkwürdigen Befunde eher verständlich. Hier harret der Hochgebirgslimnologie eine dankenswerte, aber schon allein im Hinblick auf den Hochgebirgswinter rein physisch überaus schwierige Aufgabe.

Über die **Lebewelt** des Schwarzsees können in systematischer Hinsicht nur unvollständige Angaben gemacht werden. Was nicht an Ort und Stelle bestimmt wurde, ist den Bomben zum Opfer gefallen. Es ist klar, daß auch diese verlorengegangene Ausbeute den Bestand an Lebewesen nicht restlos erfaßt hat; hierzu gehören vieljährige, eingehende Untersuchungen, die ohne eingerichteten Stützpunkt in dieser Höhenlage gar nicht durchführbar sind. Es darf aber behauptet werden, daß der biologische Charakter des Sees im großen erfaßt wurde, da es sich in der Mehrzahl der Fälle ohnehin um weitverbreitete Arten, ja eurytherme Kosmopoliten handelt.

Flora: Ein Phytoplankton konnten wir mit unseren Netzfängen nicht feststellen. Es ist dies nicht auffallend, denn nach Huber-Pestalozzi, dem besten Kenner des Hochgebirgsplanktons kann „Die Abnahme an Phytoplankton... so weit gehen, daß man bei vielen Hochseen sogar während der Vegetationszeit kein solches mehr findet...“. Ob man aus dem, wenn auch nur sehr geringen Zyklopidenplankton auf das Vorhandensein eines pflanzlichen, eventuell Nannoplanktons schließen darf, ist deshalb fraglich, weil die Nahrung für *Cyclops* durchaus nicht lebendes Plankton zu sein braucht (Naumann 1925, Rylov 1931, Suchl. u. Schmassm.), sondern auch aus Seston bis Ultra-seston bestehen kann, das in Form eingeblassener Pflanzenreste auch im Schwarzsee vorhanden ist. Im übrigen gelang es Suchlandt und Schmassmann (p. 158) nicht, „Nannoplankton in dem Maße zu erbeuten, daß es für die Ernährung des Zooplanktons allein in Betracht käme, ganz abgesehen von den Fällen, in welchen wir überhaupt kein Nannoplakton fanden und diese sind in der Überzahl“. Diese Autoren führen das Fehlen eines pflanzlichen Planktons in Hochgebirgsseen auf die starken Niederschläge, bzw. auf die Ungunst der

thermischen Verhältnisse zurück. Dagegen fand Turnowsky in den 63 Seen der Schobergruppe fast stets reiches bis sehr reiches Netz- und Nannoplankton vor; im dauernd kalten Großen Gradensee, 2474 m, einem Gletscherrandsee, sowie 8 weiteren, zwischen 2312 m und 2976 m gelegenen Seen war überhaupt kein Plankton vorhanden.

Sehr reich dagegen sind Bodenalgen vertreten. Die submersen Ufersteine und Felsen sind mit einem Belag versehen, der aus Schizophyceen, Peridineen, Konjugaten und Bazillariazeen besteht. Außerordentlich reich an letztgenannten Algen ist der Tiefenschlamm; gibt man solchen in ein Glasgefäß, dann bedeckt sich nach einiger Zeit seine Oberfläche dicht mit Diatomeen. Bei der mikroskopischen Durchsicht des Schlammes an Ort und Stelle zeigten sich oft unbestimmbare Flagellaten. In 3 Bodengreiferfängen zwischen 13 und 16 m Tiefe wurde Moos heraufgebracht, vermutlich *Hypnum (Drepanocladus)*, das nach C. Schröter (1926) in 6 Arten in Hochgebirgsseen vorkommt.

Fauna: Ein Zooplankton ist vorhanden, jedoch außerordentlich dürftig. Würfe mit dem Planktonnetz vom Ufer aus blieben stets ergebnislos. Es bedurfte längerer, 15—20 Minuten währender Kreuzfahrten mit dem Schlauchboot, um einige Zyklopiden zu erbeuten, die nach der freundlichen Bestimmung von Prof. Dr. V. Brehm, Lunz, beiden Geschlechtern von *Cyclops vernalis* Fischer in normaler Größe zugehören. Es ist jene Art, von der Pesta (1935) sagt, daß sie „selbst in den organismenärmsten und sterilsten Standorten höchster Lagen durchzuhalten“ vermag. Es scheint mir sicher, daß die Individuenarmut auf die im See vorhandenen Saiblinge zurückzuführen ist, denn der gletscherwassergespeiste Untere Wildgerlossee, 2319 m, Zillertaler Alpen, weist ein außerordentlich individuenreiches Krebsplankton (*Diatomus bacillifer* Koelb., *Cyclops strenuus* Fisch.) auf, aber keine Fische, während die günstiger gelegenen Kühtai-Seen ungemein planktonarm sind, aber Salmoniden beherbergen. Auf diese Zusammenhänge hat schon Schmassmann (1919), sowie Suchlandt und Schmassmann hingewiesen und auch Turnowsky vermutet solche im Alkusersee auf Grund meiner Erfahrungen im Kühtai. Plankton-Rotatorien konnten im Schwarzsee keine festgestellt werden, doch ist zu vermuten, daß solche vorhanden sind.

Die Bodenfauna ist ungleich reicher, als das Plankton entwickelt. Protozoen: Von den sonst in Hochalpensseen häufigen Rhizopoden wurde nur eine *Diffugia* sp., wahrscheinlich *pyriformis* Perty gesichtet; unter einigen nur flüchtig beobachteten Ziliaten, befand sich eine *Dileptus spec.* (? anser O. F. M.). Turbellarien: *Stenostomum agile* (Sill.), *Dalyellia spec.* (? fusca Fuhrm.), *Rhynchomesostoma rostratum* (Müll.), *Castrada luteola* Hofst. Für diese Turbellarien ist der Schwarzsee bei weitem der höchste Fundort. Die Aufsammlung erfolgte Anfang September (2.—7. 9. 43); die Dalyellien

und Castraden waren wohl in größerer Zahl vorhanden, aber noch kaum geschlechtsreif, *Rhynchomesostoma*, zahlenmäßig die häufigste Turbellarie, war sowohl mit ganz jungen, wie voll geschlechtsreifen, eierbeladenen Individuen vertreten. Bemerkenswert ist der Fund von *Castrada luteola*, einer ausgesprochen kaltstenothermen, borealpin verbreiteten Art (Steinb. 1948). Rotatorien: häufig war *Notomma spec.*, eine bodenbewohnende Gattung. Nematodes: An freilebenden Nematoden waren mindestens 2 Arten vertreten. Zahlenmäßig waren sie nicht gerade selten, aber lange nicht in so ungeheurer Anzahl, wie seinerzeit im Vorderen Finstertaler See, 2240 m, wo auf den Quadratmeter Schlamm schätzungsweise mindestens 10.000 Nematoden kamen (noch unveröffentlicht, bei Steinb. 1938, p. 488, wegen ihrer Kleinheit, 1,7—2,5 mm, nicht berücksichtigt). Oligochäten: An Borstenwürmern erbeutete ich nur eine Art, diese aber in riesigen Mengen; häufig fanden sich im Schlamm auch die Eikapseln vor. Über die quantitativen Bodengreiferfänge siehe später (S. 133). Krustazeen: Am Seeboden, über Steinen, wie Schlamm lebt *Chydorus sphaericus* Müll. in großen Mengen. „Die *Chydorus*-Exemplare gehören zu *sphaericus*, entsprechen mit 380 μ Länge den kleinen Rassen dieser Art. Die Lippenform nähert sich denen von *mutilus*, wie ich ähnliches auch bei Exemplaren aus den Hohen Tauern gesehen habe. Aber schon wegen der 7 Schwimmborsten zählen Ihre Tiere zu *sphaericus*, von dem übrigens *mutilus* kaum wirklich getrennt werden kann.“ (Brehm, brieflich) Im selben Bereich trat auch eine Harpaktizide auf, vermutlich eine *Canthocamptus spec.* Tardigraden: Eine recht häufige Art wurde von uns nach Marcus (1928) als *Hypsibius heinisi* (Richt.) bestimmt, die bisher nur aus Franz-Josefs-Land und Schottland bekannt war. Die Überprüfung durch einen Tardigraden-Spezialisten steht noch aus. Insekten: An Insektenlarven wurden mit dem Schlammnetz nur solche von 3 verschiedenen Chironomiden-Arten in geringer Zahl heraufgebracht. Unter den 61 Bodengreiferfängen befand sich nur einmal eine solche Larve. Vertebraten: Eines der bemerkenswertesten Tiere im Schwarzsee ist der Seesaibling, *Salmo salvelinus* L. (= *S. alpinus* L.), der dort in nicht geringer Zahl auftritt. Damit ist der Schwarzsee zweifellos der höchstgelegene See der Alpen, der noch Fische beherbergt; in den Westalpen ist es der Lej Sgrischus, Bernina, mit 2640 m. Bei allen Fischvorkommen in Hochgebirgsseen interessiert zunächst die Frage, ob die Fische natürlicherweise an ihren Standort gelangt sind. Pesta will lediglich zwei Arten, nämlich der Pfrille, *Phoxinus laevis* Ag. und der Koppe, *Cottus gobio* L., zubilligen, aus eigener Kraft ins Hochgebirge gelangt zu sein. „Alle Angaben über das Vorkommen von *Trutta lacustris* L. und *Salmo salvelinus* L. — in der Tat nicht selten zu verzeichnen — können mit größter Wahrscheinlichkeit auf

künstlichen Besatz gebucht werden, wenn auch heute der Zeitpunkt des Importes oft schon weit zurückliegt" (p. 79). Schweizer Forscher (so Fatio, Imhof, Lorenz) betrachten allerdings auch das Auftreten der Forelle in manchen Hochgebirgsseen als natürliches. Einwandfrei wird sich dies heute vielfach überhaupt nicht mehr feststellen lassen. Sehr auffallend ist jedenfalls, daß der Saibling in den Hochalpen der Schweiz nicht auftritt (Steinmann 1936), wo er doch bei uns scheinbar am besten gedeiht; ja Lorenz (1898) betont sogar, daß Versuche fehlgeschlagen seien, diesen Fisch in Hochseen des Kantons Graubünden einzubürgern. Ich bin überzeugt, daß der Saibling auch in den Schwarzsee durch den Menschen gelangt ist. Sichereres ließ sich darüber von Seiten der Einheimischen nicht ermitteln. Der Abfluß aber, der am Weg ins Rettenbachtal zweimal in einem Blockhang, bzw. Moränenschutt verschwindet, wenn überhaupt Wasser überfließt, spricht eindeutig gegen eine natürliche Besiedlung.

Die Saiblinge des Schwarzsees sind ausgesprochene Kümmerformen. Elf am 4. 8. 40 aus einem kleinen eisfreien Stück herausgefangene Exemplare hatten eine Länge von 13,0 bis 17,0 cm und ein Gewicht von 16,5 bis 25,5 g. Von 10 daraufhin untersuchten Individuen waren 9 Weibchen. Es ist uns nicht gelungen, die Laichzeit zu ermitteln. Es ist aber anzunehmen, daß sie noch in die eisfreie Zeit, etwa Ende September, Anfang Oktober, fällt. Wahrscheinlich laicht der Schwarzsee-Saibling in der Tiefe, wie dies Ruttner (nach Haempel 1924) für den Lunzer Untersee festgestellt hat.

Zur Beantwortung der mir schon oft gestellten Frage, wie es überhaupt möglich sei, daß Fische in einem so hochgelegenen See mit derart extremen Lebensverhältnissen gedeihen können, wird man zunächst festzustellen haben, was der See selbst den Saiblingen an Nahrung bietet. Vom tierischen Plankton haben wir schon gehört, daß es nur in verschwindend geringer Menge vorhanden ist. Da jedes einzelne Krebschen erjagt, bzw. einzeln „aufgepickt“ werden muß, „wie es die Schwalbe in der Luft macht“, wie E. Wagler (1941, p. 422) sogar für Koregonen nachwies, bei denen man bis dahin annahm, das Kiemenfilter sei eine automatische Plankton-Sieb-einrichtung (vgl. auch W. Einsele 1941), leuchtet es ein, daß bei der Seltenheit und vor allem auch Kleinheit der Krebschen und der verhältnismäßigen Größe der erwachsenen Fische kaum der Energieverbrauch beim Erjagen, bzw. Zuspappen gedeckt wird. Als Fischnahrung größeren Ausmaßes kommt also nur die Bodenfauna in Betracht. Protozoen, Turbellarien, Rotatorien und Nematoden fallen ihrer geringen Körpergröße und ihres \pm im Schlamm verborgenen Lebens aus; so verbleiben nur die Oligochäten, *Chydorus* und Insektenlarven. Daß *Chydorus* gefressen wird, konnten wir an Schwarzsee-Saiblingen im Freilandbecken des Zoologischen Institutes

beobachten; im See selbst scheinen sie allerdings nicht so gejagt zu werden, wie die Planktonzyklopiden, da sie viel zahlreicher vorhanden sind. Wo Saiblinge Verzehrter der Grundnahrung sind, werden auch Mückenlarven gefressen (E. Neresheimer 1937). Es ist anzunehmen, daß auch die Oligochäten erjagt werden, wenngleich wir keine Reste davon bei den wenigen Magenuntersuchungen antrafen. Da nun diese Tiere in erstaunlichen Mengen auftreten und sie mir daher für die Ernährung der Saiblinge von großer Bedeutung schienen, legte ich auf die quantitative Erfassung dieser Würmer großes Gewicht; auch sollte durch eine möglichst große Zahl von quantitativen Bodenfängen der Wert der bisher erhobenen Bodenproben (Steinb. 1938) erhärtet werden. Die Fänge wurden mit einem eigens für das Hochgebirge verfertigten Ekman-Birge Bodengreifer von 1 qdm Fläche durchgeführt und in einem doppelten Schlammsieb, dessen Maschenweite 1 mm, bzw. 0,5 mm betrug, ausgesucht. Fünfzig erfolgreiche Fänge führte ich selbst aus, 11 stammen von Dr. An der Lan (Oktober 1941). Nicht mitgezählt sind dabei nicht nur die zahlreichen vollkommene Fehlfänge, die immer wieder auftreten, wenn Steinchen das lückenlose Zusammenschlagen der Backen verhindern und völlig leer heraufkommen, sondern auch jene, die nur teilweise faßten. Nur wer selbst ähnlich gearbeitet hat, kann die Enttäuschung ermessen, die unfehlbar aufkommt, wenn der Bodengreifer, vom Schlauchboot aus bei eisigem Wind mit steifgefrorenen Fingern bedient, aus der kalten Tiefe aufsteigt und einem mit einem Stein im Maul leer entgegengrinst! Die folgende Tabelle 3 stellt die gemachten Fänge übersichtlich dar.

Tabelle 4

Jahr	Anzahl der Fänge	Mindest- bis Höchstzahl im Einzelfang	Gesamtzahl der Individuen	Durchschnitt je qm	Zeit
1940	14	0—33	128	914	28. 8. — 1. 9.
1941	23	0—30	135	587	13. 8. — 19. 8.
1943	13	2—26	161	1238	31. 8. — 10. 9.
Summe	50		424	848	
1941	11	0—13	46	418	7. — 8. 10.
Summe	61		470	770	

Demnach betrug der Durchschnitt des ertragärmsten Sommers (1941) 587, des ertragreichsten (1943) 1238 Individuen je Quadratmeter, der dreijährige Durchschnitt 848. Die Herbst-Ausbeute (Oktober 1941, Dr. A. d. L.) ist gesondert angeführt, da sich eine ganz auffallend gleichmäßige Abnahme

der Fangzahlen gegenüber den übrigen Jahren ergibt, die wohl jahreszeitlich bedingt ist. Die erhobenen Zahlen können als zuverlässig betrachtet werden; nach Lundbeck, wohl dem besten Kenner der Bodenfauna mitteleuropäischer Seen, genügt eine Anzahl von Fängen die $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ der Tiefe des Gewässers ausmachen. Demnach würden für den Schwarzsee mit seiner Tiefe von rund 20 m 15 Fänge genügen; tatsächlich aber wurden 50, bzw. 61 Proben heraufgeholt. Daß der Wurm den Schlamm Boden dicht besiedelt, beweist die Tatsache, daß der ja nur 1 qdm erfassende Bodengreifer von 61 vollgreifenden Fängen nur viermal keine Oligochäten heraufbrachte. Eine gleichmäßige Verbreitung liegt aber nicht vor, sondern die Dichte nimmt mit der Tiefe, wie Tabelle 4 zeigt, offenkundig zu:

Tabelle 5

Anzahl der Fänge	1	2	1	—	2	5	4	9	10	5	11	9	2
Tiefe in Metern	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Mittelwert d. Indiv. je qdm	4	0	2	—	5,5	3,8	3,3	5,6	7,2	9,4	11	11,3	15

Die zahlenmäßige Zunahme der Individuen nach der Tiefe ist zweifellos eine Folge des immer feiner und an organischen Substanzen immer reicher werdenden Schlammes. Den weichhäutigen Tieren sagt natürlicherweise nicht nur der Feinschlamm als Lebensraum besser zu, sondern er liefert ihnen als Schlammfressern auch die reichlichere Nahrung. Es ist vielleicht kein Zufall, daß gleichzeitig mit den Rekordfängen vom Jahre 1941 mit 30 und 1943 mit 26 Individuen Moos erbeutet wurde. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß im Bereich des Moosbewuchses, der zwischen 13 und 16 m festgestellt wurde, die Besiedlung eine dichtere ist.

Die obenstehenden Zahlen erhalten ihren wahren Wert aber erst durch einen Vergleich mit Seen der Niederung. Im Großen Plönersee (Holstein) stellte Lundbeck (Tab. 17 u. 42) in einer Tiefe von 8—12 m, die bereits arm an Pflanzenwuchs, kalt und O_2 reich ist und somit noch am ehesten verglichen werden kann, am 1. 5. 23 1546,6 Individuen je Quadratmeter fest und am 31. 7. 24 2155,5. Im flachen (4 m) Heidensee (Holstein) erreichte die Individuenzahl je Quadratmeter nur 985,7 (30. 7. 24). Erinnern wir uns, daß im Jahre 1943 der Durchschnitt in dem mehr als 2700 m höher gelegenen Schwarzsee 1238 Individuen ausmachte, dann schätzen wir die Produktionskraft dieses hochalpinen Sees erst richtig ein. Geradezu phantastisch aber wird diese Zahl aus fast 2800 m Höhe, wenn wir sie mit den Ergebnissen A. Vatozas (1940) in tropischen Seen Abessiniens vergleichen. In der O_2 reichen Tiefe des von Flußperden bevölkerten Lago Regina Margherita (Tiefe 13,1 m,

Tiefentemperatur 21—24^o) leben je Quadratmeter 11,6 Individuen! Von 68 Bodengreiferproben (Greiffläche das Zehnfache der unseren) blieben 30 Fänge ohne Lebewesen. Das beobachtete Maximum, im Lago Sciala, erreichte 235 Individuen, also genau um 1000 weniger, als der Durchschnitt des Jahres 1943 im Schwarzsee!

So stellt also der Bestand an Borstenwürmern eine Nahrungsquelle für die Saiblinge dar, die nicht zu unterschätzen ist. Es liegt allerdings noch kein unmittelbarer Beweis vor, daß diese auch ausgenützt wird. Nun würde aber auch ein völlig negativer Sommerbefund, d. h. das Fehlen jeglicher Oligochätenreste in den Mägen, noch nichts besagen, denn es ist sicher, daß der Hauptanteil der Saiblingsnahrung im Schwarzsee, wie auch in vielen anderen Hochgebirgsseen, in den Sommermonaten nicht aus dem See selbst stammt, sondern von außen her in Form der sogenannten Anflugnahrung. Solche gibt es auch auf entsprechenden Seen der Niederungen, aber für größere Hochgebirgsseen liegen die Dinge wesentlich günstiger, da hier dieselbe Erscheinung im kleinen auftritt, wie auf Gletschern und Firnfeldern in der sogenannten „toten Firnfauna“, wie sie die Schweizer Forscher nennen (E. Handschin 1919). Luftströmungen bringen bei warmem Wetter, oft in riesigen Mengen, Fluginsekten (vor allem Schmetterlinge, Dipteren und Hymenopteren) aus der Umgebung, oft genug aber auch aus tiefen Tallagen über Gletscher, Firnfelder und kalte Seen. Die Abkühlung über diesen Gebieten, insbesondere wenn die Sonne hinter Wolken verschwindet, zwingt die nur bei höheren Temperaturen flugfähigen Tiere zum tödlichen Niedergehen. Es ist klar, daß die Wahrscheinlichkeit der Notlandungen und damit die erhöhte Nahrungszufuhr mit der Größe und Kälte des Beckens zunimmt. In bester Übereinstimmung damit steht die Beobachtung Turnowsky's, daß auf der ausgedehnten (4,3 ha) Oberfläche des Großen Gradensees, 2474 m, dessen Temperatur als Gletscherrandsee 4,0^o nie übersteigt, stets „in großer Zahl Insekten . . . treiben“ (p. 48). Die Zeit dieser Insektenzufuhr von außen her ist zweifellos die große Zeit für die Fische solcher Seen; gierig wird jedes zappelnde Tier erfaßt und die Mägen sind oft prall damit erfüllt. Dieser mühelose und oft recht ausgiebige Nahrungserwerb dauert aber nur verhältnismäßig kurze Zeit an. Wohl ist der Tisch schon gedeckt, wenn das Eis im Juli aufzubrechen beginnt, doch schon Anfang September geht der Segen langsam zu Ende und Mitte Oktober legt sich schon wieder die Eisdecke auf den See, um diesen für 10 Monate von der Umwelt abzuschließen.

Wie sind nun die Ernährungsverhältnisse für die Fische während des Eisabschlusses? Mit dem Kürzerwerden der Tage, der Dickenzunahme des Eises und vor allem mit wachsender Schneedecke über dem Eise tritt ein Faktor auf, der für mindestens 9 Monate das Leben im See zentral beherrscht —

der Mangel an Licht, bzw. die Finsternis. Bezüglich des Planktons wurde schon erwähnt, daß die Salmoniden jedes Krebschen einzeln jagen müssen. Einsele wies experimentell nach, daß Koregonen-Brütlinge viel Licht zum Fressen benötigen. „So z. B. gingen in einem Versuch, der mit mehreren tausend Brütlingen in einem Trog unseres Bruthauses ausgestellt wurde, trotz sehr reichlicher Fütterung fast sämtliche Fische zugrunde, weil das Licht nicht ausreichend war. (Die Helligkeit war immerhin so groß, daß man tagsüber beim Lesen keine Schwierigkeiten hatte)” (p. 14). Das gilt nun sicher in noch erhöhtem Maße für die Fische unter der Eisdecke. Bei dem so außerordentlich kärglichen Plankton ist eine Jagd in der Finsternis ein völlig aussichtsloses Beginnen und ein hie und da möglicher Zufallstreffer ohne geringste Bedeutung für die Winterernährung als solche. Dasselbe gilt aber auch bezüglich der Bodenfauna, bzw. der Oligochäten, wenn man nicht annimmt, daß die Saiblinge in der Finsternis zu Schlammfressern werden, wofür nicht der geringste Anhaltspunkt vorliegt. So kommt man zwangsläufig zu dem Schluß, daß die Saiblinge im Schwarzsee vorsichtig geschätzt, d. h. unter Einberechnung einer gewissen Helligkeit am Beginn und am Ende der Vereisung mindestens 8 Monate, bei ungünstigen Eisverhältnissen vielleicht auch länger keine, bzw. keine nennenswerte Nahrung zu sich nehmen. Ist dies möglich? Unsere Versuche im Zoologischen Institut geben die Antwort. Am 13. 8. 40 wurde ein am 4. 8. aus dem noch fast zugefrorenen Schwarzsee gefangener Saibling in ein Glasaquarium (30:22:24 cm) mit fließendem Leitungswasser gegeben. Vom 27. 8. 40 bis 8. 6. 41, an welchem Tage der Fisch einging, blieb dieser bis auf ein sehr kleines Stückchen Regenwurm am 21. 9., das buchstäblich nicht ins Gewicht fällt, gänzlich ohne Nahrung. Das Tier hat also 286 Tage oder 9½ Monate in ganz unnatürlicher Umgebung ohne Nahrung gelebt. Dabei lag die Temperatur mindestens doppelt so hoch, als zur selben Zeit im Schwarzsee, was physiologisch eine weit höhere Leistung bedeutet, da die Stoffwechselvorgänge dabei wesentlich rascher ablaufen. Ein weiterer Versuch ist gegenüber dem vorgenannten zwar nicht so sehr in Bezug auf die Dauer, als vielmehr auf die für Saiblinge ungewöhnlich hohe Temperatur bemerkenswert. Ein Fisch der selben Sendung nahm seit 10. 2. 41 kein Futter mehr an. Er wurde in ein Glasaquarium von den gleichen Ausmaßen wie oben gebracht, das im nordseitigen Gang des Institutes aufgestellt wurde. Die Wassertemperaturen betragen durchschnittlich: Februar 10,6°, März 11,0°, April 11,2°, Mai 16,5°, Juni 18,2°, erreichte aber in diesem Monat viermal 22,0°, Juli 21,9°, erreichte aber siebenmal 22° und einmal 23°. Am 14. 7. ging der Fisch ein, da das Aquarium aus Versehen dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt wurde, sonst hätte er sicher noch länger gelebt. Die Fastenzeit dieses Fisches betrug 155 Tage oder 5 Monate, immerhin eine ansehnliche Leistung, die ins wahre

Licht aber erst rückt, wenn man die Temperatur berücksichtigt, denn diese betrug rund das Drei- bis Sechsfache dessen, was in derselben Zeit im Schwarzsee zu ertragen gewesen wäre. Nach Hofer (1899) und Wunder (1936) müßte man annehmen, daß solche Temperaturen von Saiblingen, bzw. Salmoniden überhaupt nicht überlebt werden. „Wir können im allgemeinen bei den lachsartigen Fischen eine untere Grenze von 2° und eine obere Grenze von 18° annehmen. Innerhalb dieses Bereiches ändert sich entsprechend dem van t' Hoff'schen Gesetz die Intensität des Stoffwechsels, d. h., daß bei einer Temperaturerhöhung um 10° etwa eine Verdoppelung bis zu einer Verdreifachung festzustellen ist“ (W. p. 253). Mit diesen beiden Fällen scheint mir der Beweis erbracht, daß Saiblinge in Hochgebirgsseen die Zeit der Dunkelheit, bzw. Eisbedeckung vollkommen ohne, bzw. mit nur höchst geringer Nahrung schadlos verbringen können, da die Temperatur in dieser Zeit höchstens $\pm 4,0^\circ$ beträgt, in seichteren Seen, bzw. an seichteren Stellen tiefer Seen aber auch noch niedriger sein kann, wie ein Blick auf Tabelle 1 zeigt. Auf Grund der gegebenen Futterlage im Schwarzsee und der Lichtverhältnisse während der Eisbedeckung glaube ich nun aber behaupten zu dürfen, daß die Saiblinge daselbst diese Zeit nicht nur \pm ohne Futter verbringen können, sondern verbringen müssen. Ist diese Behauptung richtig und ich glaube, es läßt sich nichts Stichhältiges dagegen einwenden, dann ist daraus und aus den oben dargelegten Ernährungsverhältnissen im Hochgebirgssommer der fürs erste vielleicht geradezu grotesk anmutende Schluß zu ziehen, daß die Hauptnahrung der Fische in Seen vom Schlage des Schwarzsees nicht aus dem See selbst, sondern von außen her, aus der Luft bezogen wird, ja daß ein Hochgebirgssee im Extremfall nur den Wohnraum bieten kann, ohne selbst Nahrung zu liefern. Bezüglich der Nutzenanwendung, die sich für die praktische Fischerei aus diesen Erkenntnissen ergibt, muß ich auf meine in der „Fischereiwissenschaftlichen Rundschau“ im Druck befindliche Abhandlung (1948a) hinweisen.

Bezüglich der Rassenfrage der Saiblinge galt es bis in die jüngste Zeit als ausgemachte Tatsache, daß die verschiedenen Alpenseen eine Anzahl von Rassen beherbergen; insbesondere die 3 morphologisch unterscheidbaren Formen, der kleinwüchsige „Schwarzreuter“, denen die Schwarzsee-Saiblinge entsprechen, der normalwüchsige Seesaibling schlechthin und der großwüchsige, räuberische „Wildfangsaibling“, die in vielen Seen nebeneinander leben, werden als echte Rassen betrachtet. Inwieweit diese zu Recht bestehen, oder, wie neuestens O. Schindler (1940) nachzuweisen trachtet, nur Altersstufen einer und derselben Generationsfolge darstellen, kann hier nicht erörtert werden. Uns interessiert nur die Frage, ob die kleinen Saiblinge des Schwarzsees und anderer Hochgebirgsseen eine kleinwüchsige Rasse darstellen, als

welche sie meistens betrachtet und daher auch als „Schwarzreuter“ bezeichnet werden, oder ob sie nur standortbedingte Hungerformen sind, also „Kümmer-saiblinge“, die unter gegebenen Umständen normal abwachsen. Diese Frage haben Fischmeister früherer Jahrhunderte eigentlich längst richtig beantwortet. Freudelsperger (nach Neresheimer 1937) wies an Hand von Regesten nach, daß die Fischereiverwaltung der Erzbischöfe von Salzburg schon vor Jahrhunderten systematisch Schwarzreuter aus dem Tappenkarsee, 1762 m, in den Kleinarlsee, 1120 m, und aus diesem in den Faistenauer Hintersee, 685 m, übersetzten, die dann zu stattlichen Normal-saiblingen heranwachsen. Auch der Altmeister der Tiroler Zoologie, C. Heller, wußte darum, als er von den Saiblingen des Plenderleesee schrieb: „Sie bleiben hier immer klein, entwickeln sich jedoch bald kräftig bei der Übersetzung in ein Gewässer, wo sie eine reichlichere Nahrung vorfinden“ (p. 53). Den Schlußstein in dieser Frage setzt wohl ein Saibling aus dem Schwarzsee, der vom 17. 9. 40 bis 19. 3. 41 im reich mit Plankton und Bodenfauna besetzten Freilandbecken des Zoologischen Institutes gehalten und dabei noch regelmäßig zusätzlich mit Regenwürmern, Mehlwürmern und ähnlichem gefüttert wurde. Er nahm in dieser Zeit, also in 6 (zum Teil Winter-) Monaten, um volle 5 cm zu, und zwar von 15,0—20,0 cm. Mit der Länge von 20 cm ist aber dieser Saibling schon in den Variationsbereich der „Normal“saiblinge der Alpenrandseen herangewachsen, deren Durchschnittsgröße z. B. im Zugersee 18—25 cm beträgt (Steinmann 1942), gegen 14—15 cm der Schwarzreuter dieser Seen (Haempel 1930). Uns stand diesbezüglich zwar nur ein Versuchsfisch zur Verfügung, es unterliegt aber keinem Zweifel, daß sich beliebig viele andere genau so verhalten hätten.

Auch des Raumfaktors muß noch Erwähnung getan werden, worunter man bekanntlich den Einfluß der Größe des Lebensraumes auf die Größe seiner Bewohner versteht. Für Hochgebirgsseen würde dies bedeuten, daß bei gleicher Ernährungslage in kleineren Becken auch kleinere Wuchsformen zu erwarten sind. Vielleicht darf in diesem Sinne folgender Befund gedeutet werden: Die Durchschnittslänge der oben erwähnten 11 Saiblinge aus dem Schwarzsee beträgt 15,3 cm, die von 11 Saiblingen aus dem Oberen Plenderleesee, 2344 m, dagegen nur 14,3 cm. Dabei liegt dieser See 450 m tiefer und ist ernährungsmäßig günstiger gestellt; er ist aber beträchtlich kleiner und vor allem wesentlich geringer tief (397:162:20 gegen 260:125:7,5). Dem muß allerdings entgegen gehalten werden, daß der Versuchsfisch im Freilandbecken, dessen Ausmaße 3,30:3,10:1,60 m betragen, in 6 Monaten um 5 cm zunahm (allerdings unter unnatürlichen Verhältnissen; vgl. unten Steinb. 1942).

Die Oligothermie, bzw. Kaltstenothermie der Saiblinge ist eine unbestrittene Tatsache; die in der Literatur darüber herrschende Anschauung

bedarf jedoch einer Korrektur. Man findet immer wieder die Angabe Hofer's (1899) zitiert, wonach der Saibling bei einer Temperatur von 15—16° abstirbt. In dieser Schärfe läßt sich die Behauptung nicht aufrecht erhalten, dies beweisen ja eindringlich unsere Versuchstiere, besonders der letzterwähnte Hungerfisch, der wochenlang Temperaturen bis zu 23° ertrug. Diese wurden aber allmählich erreicht; ein rascher Anstieg von etwa 6—8° auf 15—16° hat ziemlich sicher tödliche Wirkung, insoferne hat Hofer zweifellos Recht. Es wäre aber vollkommen falsch, aus unseren Versuchen auf eine Eurythermie der Art zu schließen. Es gilt hier offenkundig dasselbe, was ich seinerzeit (1942, p. 75) hinsichtlich *Planaria alpina* D., aber bewußt verallgemeinernd, bemerkte: „Hier soll nur abschließend festgestellt werden, daß die eingangs gestellte Frage: „Darf man aus dem Verhalten der Tiere im Laboratoriumsversuch auf ein gleiches Verhalten in der natürlichen Umwelt schließen?“ mit einem entschiedenen „nein“ beantwortet werden muß.“ Die immanente Möglichkeit zu einem bestimmten Verhalten hat noch nicht zur Folge, daß sie in der Natur auch verwirklicht wird, wenn ein Faktor, dessen Wirkung wir im Laboratorium isoliert studiert haben, in der natürlichen Umwelt in derselben Intensität in Erscheinung tritt, da ja noch zahllose von uns gar nicht, oder doch nur teilweise und unvollständig erkannte Faktoren gleichzeitig einwirken, die insgesamt ein ganz anderes Ergebnis herbeiführen, als es der von uns allein ins Auge gefaßte Faktor für sich tun würde. Neresheimer's (p. 342) Feststellung: „Was die Verbreitung des Saiblings in erster Linie bestimmt, ist seine äußerst strenge Gebundenheit an kaltes Wasser“, bleibt nach wie vor aufrecht (vgl. Steinb. 1943).

Der Hochgebirgssee und die Seentypenlehre. Ich hatte seinerzeit (1938, p. 491) nach erstmaliger Feststellung einer überraschend reichen Bodenfauna in Hochgebirgsseen bemerkt „es wird der Ausdruck ‚ultraoligotroph‘, den Naumann (1924) und ‚panoligotroph‘, den Pesta (1929) für den Hochgebirgssee im Sinne der Naumann-Thienemann'schen Seentypenlehre eingeführt hat, einer Überprüfung bedürfen. Es scheint mir in den Hochgebirgsseen jener Fall vorzuliegen, den Naumann (1923, S. 81) gelegentlich produktionsbiologischer Erörterungen als möglich bezeichnet, daß nämlich einer überaus schlechten Planktonproduktion eine reiche Bodenproduktion gegenüberstehen könne.“ Nun bin ich heute überzeugt, daß die minimale Planktonmenge im Schwarzsee und anderen Hochgebirgsseen ausschließlich eine Folge des (in allen bekannten höheren Seen künstlichen) Fischbesatzes ist und daß ohne einen solchen das jeweilige Plankton wesentlich reicher entwickelt sein würde, daß also die von Naumann angedeutete Möglichkeit für diese Seen nicht zutrifft. Die Ausdrücke „ultra- bzw. panoligotroph“ die offenkundig ohne Berücksichtigung der Bodenfauna ausschließlich vom Gesichtspunkte

des Planktons aus gewählt wurden, aber auch da den Nagel nicht auf den Kopf treffen, müssen nunmehr für Hochgebirgsseen endgültig gestrichen werden. Diese Seen sind gewiß oligotroph, aber im Durchschnitt, auf den es ankommt, nicht so wesentlich ärmer an Lebewesen, als viele oligotrophe Seen tieferer Lagen, so daß eine derartige Sonderbenennung ungerechtfertigt ist.

Schriftenverzeichnis.

- Baldi, E., 1941. Appunti sul Lago di Costabrunella. Riv. Soc. Studi Venez. Trident., Ann. 22.
- Collet, L. W., 1925. Les lacs. Edit. Gaston Doin, Paris.
- Einsele, W., 1941. Fischereiwissenschaftliche Probleme in deutschen Alpenseen. Fisch.-Ztg. 44.
- Fatio, V., 1872—1890. Les vertébrés de la Suisse. Batraciens et poissons. 3—5.
- Hacker, W., 1933. Sichttiefe, Wärmegang und Durchlüftung in Hochgebirgsseen. Geogr. Jahresber. aus Österreich 16.
- Haempel, O., 1924. Studien am Seesaibling mehrerer österreichischer Alpenseen. Verh. Int. Ver. Limnol. Innsbruck.
- Haempel, O., 1930. Fischereibiologie der Alpenseen. In: Binnengewässer 10.
- Handschin, E., 1919. Beiträge zur wirbellosen terrestrischen Nivalfauna der Schweizer Hochgebirge. Lüdin u. Co. Liestal.
- Heller, C. C., 1869. Die Seen Tirols und ihre Fischfauna.
- Hofer, B., 1899. Die Verbreitung der Tierwelt im Bodensee. Schr. Ver. f. d. Gesch. d. Bodens. 28.
- Huber-Pestalozzi, G., 1926. Die Schwebeflora (das Phytoplankton) von Seen und Kleingewässern der alpinen und nivalen Stufe. In: C. Schröter, Die Pflanzenwelt der Alpen. 2. A. A. Raustein, Zürich.
- Imhof, O., 1894. Über das Vorkommen von Fischen in den Alpenseen der Schweiz. Biol. Zentralbl. 14.
- Klebelsberg, R. v., 1935. Geologie von Tirol. Borntraeger, Berlin.
- Leutelt-Kipke, S., 1934. Ein Beitrag zur Kenntnis der hydrographischen und hydrochemischen Verhältnisse einiger Tiroler Hoch- und Mittelgebirgsseen. Arch. Hydrob. 27.
- Leutelt-Kipke, S., 1935. Ergänzende Beobachtungen über die chemischen Verhältnisse am Gossenskehlesee (Tirol) und seine Vereisung, ebd. 29.
- Lorenz, P., 1898. Die Fische des Kantons Graubünden. Jahresber. naturf. Ges. Graub. 41.
- Luetschg, O., 1932. Zur Hydrologie des Hochgebirges der Schweizer Alpen. Verh. Schw. naturf. Ges., 113. Jahresvers.
- Lundbeck, J., 1926. Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. Arch. Hydrob. Suppl. 7.
- Marcus, E., 1928. Bärtierchen (Tardigrada). In: Dahl, Tierwelt Deutschl. 12. Arachnoidea 4.
- Naumann, E., 1923. Einige Grundzüge in der regionalen Limnologie Süd- und Mittelschwedens. Verh. Int. Ver. Limnol. Kiel.
- Naumann, E., 1924. Einige allgemeine Gesichtspunkte betreffs des Studiums der regionalen Limnologie. Ebda. Innsbruck.
- Naumann, E., 1925. Hauptprobleme der Limnologie. In: Abderh. Hdb. biolog. Arbeitsmeth. IX, T. 2, 1.

- Naumann, E., 1930. Limnologische Terminologie. Ebda. IX, T. 8.
- Neresheimer, E., 1937. Die Lachsartigen (Salmonidae). I. In: Hdb. Binnenfisch. III, 5.
- Pesta, O., 1929. Der Hochgebirgssee der Alpen. In: Binnengewässer, 8.
- Pesta, O., 1935. Kleingewässer-Studien in den Ostalpen. Arch. Hydrob. 29.
- Richard, O., 1946. Das Vorkommen von Schwefelwasserstoff in Gewässern als Folge bakterieller Sulfatreduktion. Zeitschr. f. Hydrol. 10.
- Ruttner, F., 1934. Über den Einfluß des Windes auf das Leben im See. Bioklimat. Beibl. Meteorol. Zeitschr. 1.
- Rylov, W., M., 1931. Über das Tripton-Problem. Verh. Int. Ver. Limnol. 5.
- Schindler, O., 1940. Die Saiblinge des Königssees. Int. Rev. Hydrob. 39.
- Schmassmann, W., 1919. Zur Besetzung alpiner Seen. Schweiz. Fisch. Zeitg. 27.
- Schmassmann, W., 1920. Die Bodenfauna hochalpiner Seen. Arch. Hydrob. 3.
- Schröter, C., 1926. Die Pflanzenwelt der Alpen. 2. A. A. Raustein, Zürich.
- Steinböck, O., 1934. Zur Frage der Sprungschicht in Hochgebirgsseen. Arch. Hydrob. 27.
- Steinböck, O., 1938. Arbeiten über die Limnologie der Hochgebirgsgewässer. Int. Rev. Hydrob. 37.
- Steinböck, O., 1942. Das Verhalten von *Planaria alpina* Dana in der Natur und im Laboratoriumsversuch. Memor. Ist. Ital. Idrobiol. 1.
- Steinböck, O., 1943. Eigenheiten arktisch-alpiner Tierverbreitung. Veröff. Deutsch. wiss. Inst. Kopenhagen, I, 12.
- Steinböck, O., 1948. Freshwater Turbellaria. In: Zoology of Iceland, II, 10.
- Steinböck, O., 1948a. Fischerei in Hochgebirgsseen. Fischereiwiss. Rundschau, Wien (im Druck).
- Steinmann, P., 1936. Die Fische der Schweiz. H. R. Sauerländer, Aarau.
- Steinmann, P., 1942. Experimentelle Untersuchungen über die Wüchsigkeit der Seesaiblinge (Rötel). Schweiz. Fisch. Zeitg.
- Suchlandt, O. und Schmassmann, W., 1936. Limnologische Beobachtungen an acht Hochgebirgsseen der Landschaft Davos. Zeitschr. Hydrol. 7.
- Turnowsky, F., 1946. Die Seen der Schobergruppe in den Hohen Tauern. Carinthia II, 8. Sonderheft, Klagenfurt.
- Vatova, A., 1940. Notizie idrografiche e biologiche sui Laghi dell'A. O. I. Thalassia 4.
- Wagler, E., 1941. Die Lachsartigen (Salmonidae) II. Coregonen. Hdb. Binnenfisch. III, 6.
- Wesenberg-Lund, C., 1912. Über einige eigentümliche Temperaturverhältnisse in der Litoralregion der baltischen Seen und deren Bedeutung. Int. Rev. Hydrob. 5.
- Wunder, W., 1936. Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas. In: Hdb. d. Binnenfisch., II B.
- Zschokke, F., 1900. Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. N. Denkschr. Schweiz. Ges. f. d. ges. Naturf. 17.

Nachtrag während der Korrektur

Im Abschnitt „Chemismus“ (S. 128) wurde darauf hingewiesen, daß die schon im Sommer da und dort deutlich merkbare, im Winter aber eindeutig klare Sauerstoffzehrung in manchen Hochgebirgsseen in ihren Ursachen bisher ungeklärt blieb. Ich selbst habe im Anschluß an diese Ausführungen ange-

deutet, daß dabei „wohl die eingewehten pflanzlichen Bestandteile die Hauptrolle spielen“. Im Herbst 1948, nachdem das Manuskript bereits abgeliefert war, hatte ich über Einladung des Herrn Fischereinspektors C. Desax, Chur, Gelegenheit, gemeinsam mit ihm zwei Oberengadiner Hochgebirgsseen, den Cavlocciosee, 1910 m, 11 ha, 25 m tief, und den Lej Sgrischus, 2640 m, 7 ha, 6,5 m tief, zu untersuchen. Obwohl diese beiden Seen grundsätzlich nichts Neues zu dem bislang ungeklärten Sauerstoffproblem der Hochgebirgsseen erbrachten, waren doch sie es, die mir, wie ich nun glaube sagen zu können, die gesuchte Lösung vermittelten, bzw. vorstehende Vermutung bestätigten.

In beiden Seen bestand nämlich der Bodenschlamm gerade der tieferen Seeteile in einem noch höherem Maße als im Schwarzsee aus organischer Substanz, die ihm vielfach eine völlig schwarze Farbe verlieh, wobei der H_2S -Geruch einige Male noch deutlicher hervortrat.

Von „fäulnisreichem Schlamm“ des Schiefersees, 2500 m, spricht übrigens schon Leutelt-Kipke (1936, p. 599), wie auch der Boden des Lago Seredoli, 2363 m, nach Baldi (1932, p. 11) „molto ricco di detrito organico“ ist und eine dunkelgraue Schlammprobe aus dem Neualpsee nach Turnowsky (1946, p. 70) „vorwiegend aus organischem und wenig anorganischem Detritus“ bestand.

Woher stammen nun diese organischen Stoffe, die am Boden (wie man wohl sagen darf) vieler Hochgebirgsseen angereichert werden und dort in Fäulnis übergehen? Daß bei der Planktonarmut dieser Seen keinesfalls die „trophogene Schicht“ hierfür verantwortlich gemacht werden kann, liegt auf der Hand. Eher noch kommt, wie Turnowsky (p. 72) mutmaßt, die von mir in Hochgebirgsseen festgestellte reiche Bodenfauna als Lieferantin in Betracht. Die von uns diesbezüglich in den Oberengadinerseen erhobenen Zahlen lauten für den Cavlocciosee (Mittel aus 20 Bodengreiferproben) 1335 Oligochäten und 318 Chironomiden-Larven, das sind 1653 Individuen je qm, wozu noch 959 Pisidien kommen, für die aber die Zahl der Lebendindividuen noch nicht ermittelt ist. 15 Bodengreiferproben aus dem Lej Sgrischus erbrachten 2573 Oligochäten und 267 Chironomidenlarven, das sind 2840 Individuen je qm. Doch auch diese hohen Zahlen, welche die Tiroler Befunde bei weitem übertreffen, reichen weder hin, eine so reiche Schlammabbildung mit wesentlichem Anteil an organischer Substanz im allgemeinen, noch die starke, mitunter wahrscheinlich zum völligen Schwund führende O_2 -Zehrung im Winter, die übrigens auch schon im Sommer ganz beachtliche Werte erreichen kann, zu erklären. Den Fingerzeig gaben reichlich vorhandene Pflanzenreste, wie Rhododendronblätter, Koniferennadeln und andere pflanzliche Bestandteile, die beim Aussieben der Proben durch Eisensulfid geschwärzt (Richard 1946) zutage traten. Es kann daher kein Zweifel bestehen, daß die Hauptmasse der organischen Substanz im Tiefschlamm der Hochgebirgsseen von der

Pflanzenwelt der näheren, aber auch weiteren Umgebung stammt und durch die oft gewaltigen Luftbewegungen in den See getragen werden, also allochthonen Ursprunges ist. Die verhältnismäßig geringe Tiefe, die Kälte des Wassers und die Bakterienarmut verhindern eine rasche Mineralisierung, so daß es zu jener Anreicherung an organischen Substanzen kommt, welche erst die erstaunlich dichte Besiedlung durch Oligochäten und auch Chironomiden-Larven ermöglicht, die ihrerseits wiederum die O₂-Zehrung fördert. Die hohe Instabilität der Sprungschicht in den meisten Hochgebirgsseen hat zur Folge, daß im Sommer immer wieder O₂-reiches Wasser der Tiefe zugeführt wird und so eine O₂-Zehrung entweder überhaupt nicht auftritt oder doch nur gering bleibt. Mit der Eisbedeckung, die in einigermaßen hochgelegenen Seen im Laufe des Oktober vollendet ist und bis mindestens Mitte Juni andauert, hört, von durchfluteten Seen abgesehen, in den meisten Fällen jede nennenswerte Zufuhr von Sauerstoff nach der Tiefe auf und nun geht die O₂-Zehrung durch 6—9 Monate und mehr ungehindert vor sich. Das Ergebnis ist ein O₂-Schwund, der wahrscheinlich bis zum völligen Sauerstoffverbrauch im Tiefenwasser führen kann (niedrigster bekannter Gehalt 1,45 mg/l, Alkusersee, 29. 5. 1942, Turnowsky).

Sind nun diese Sauerstoffverhältnisse charakteristisch für den Hochgebirgssee? Turnowsky neigt zur Bejahung dieser Frage: „Im extrem oligotrophen Großen Gradensee erreichte der Schwund 30%, in allen anderen Fällen einen bedeutend höheren Wert, im Alkusersee (Mai 1942) 85%. Damit fallen Wangenitz-, Kreuz- und Alkusersee nicht unter die Definition des oligotrophen Sees. Da Leutelt-Kipke (1935, 1936) bereits gleichartige Beobachtungen veröffentlichte, dürfte es sich um einen häufigen Fall, vielleicht um die Regel, handeln. Sollte durch weitere Beobachtungen diese Auffassung bestätigt werden, so wäre durch den O₂-Haushalt der Typus „Hochgebirgssee“ (Pesta 1929) gut definiert“ (p. 72). Dies ist nun aber keineswegs der Fall. Zur endgültigen Klärung dieser Frage bedarf es noch eingehender Untersuchungen nach vielen Richtungen; eines scheint mir aber doch schon festzustehen: Es gibt zweifellos Hochgebirgsseen, die keine oder keine sonderliche O₂-Zehrung unter Eis aufweisen. Es werden dies in erster Linie Seen sein, die auch im Winter stärker durchflutet sind und so das ganze Jahr hindurch O₂-reiches Wasser zugeführt erhalten, vor allem dann, wenn diese Zufuhr mit mineralischer Sedimentführung verbunden ist, die allfällige organische Substanzen überdecken. Solche Seen müssen nach allem auch weiterhin als oligotroph bezeichnet werden, wogegen die Ausdrücke „pan“- und „ultra“-oligotroph nicht mehr aufrecht zu halten sind (vgl. die Ausführungen S. 139). Dies beweisen die Untersuchungen Lundbeck's (1936) an den typischen oligotrophen Voralpenseen, die er auf Grund ihrer verschiedenen Chirono-

midenfauna unterteilt. Der an Tieren ärmste Untertyp ist der *Orthocladius*-See, dessen Gesamtmenge an Tieren etwa 500 Stück je Quadratmeter nicht übersteigt. Als geringste von mir im Hochgebirge festgestellte Menge ermittelte ich aber im Vorderen Finstertalsee, 2240 m, mit 5 Bodengreiferproben 440 Stück je qm, eine Zahl, die sich mit mehr Proben sicherlich erhöht, und im Oberen Plenderlesee, 2344 m, mit 18 Proben 1043 Stück. Diese Zahl übertrifft nun aber den von Lundbeck ermittelten Durchschnitt des an Bodenbesiedlung reicheren *Tanytarsus*-See, welchem Typus die Mehrzahl der großen, oligotrophen Alpenrandseen angehört. Diesem an Tieren reicheren Typus „entsprechen Stückzahlen von 200 bis etwa 800 Tieren je Quadratmeter, selten bis über 1000“ (pag. 320). Die beiden genannten Kühtaler Seen müssen aber nach den winterlichen O₂-Untersuchungen Leutelt-Kipke's (1934) als oligotroph bezeichnet werden. Wenn aber nicht alles trägt, dann gehört die Mehrzahl der Hochgebirgsseen einem anderen Typus an, der gut charakterisiert werden kann: Seen mit Tiefenschlamm, dessen reicher Anteil an allochthonem pflanzlichem Detritus typische Fäulnisbildung aufweist. Tiefenwasser in der eisfreien Zeit je nach Wind und Wetterverhältnissen O₂-reich, auch übersättigt, bis ± arm, unter Eis starke O₂-Zehrung, manchmal wahrscheinlich bis zum völligen Schwund. Trotzdem wäre es falsch, anzunehmen, daß damit der „Typus Hochgebirgssee“ gut definiert sei: es gibt nämlich gar keinen „typischen“ Hochgebirgssee. Ich habe zwar selbst ein „System der Hochgebirgsseen“ (1938) aufgestellt, doch war ich mir wohl bewußt, daß es sich dabei nur um eine Klassifizierung der im Raume „Hochgebirge“ (im Sinne der Biologie) befindlichen Seen handelt, diese daher als rein geographischer, nicht aber limnologischer Begriff aufgefaßt wurden. Mit obiger Definition ist aber die limnologische Seite dieser zweiten Seengruppe erfaßt und da ergibt sich sogleich, daß Gewässer dieser Art durchaus nicht auf das Hochgebirge beschränkt sind, sondern bis tief in das Mittelgebirge herab vorkommen. In Tirol ist z. B. der Obernbergersee, 1590 m (Leutelt-Kipke 1934, p. 315) mit einem sommerlichen Sauerstoffüberschuß von 12,3% in der Tiefe (8—12 m) und 42,3% Defizit im März, „welches sich gegen Ende der Eisbedeckung zu wahrscheinlich erheblich erhöhen dürfte“ (p. 317), ein typisches Beispiel hierfür. Nach der Thienemann'schen Volumen:Oberflächen-Relation (1928, p. 142) müßten so gut wie alle diese Seen eutroph sein. Sie wären es auch, wenn nicht regionale (Höhenklima) Einflüsse im Sommer andere Bedingungen schaffen würden. Mit der Eisbedeckung dagegen wird der wichtigste Faktor für die Sauerstoffbelieferung, der Wind, ausgeschaltet. Zunächst wird sicherlich auch hier die Tiefe noch

O₂-reich sein, wie in den typischen eutrophen Seen Norddeutschlands (Thienemann 1927); in beiden Fällen tritt aber bei lang andauernder Eisbedeckung, die im Gebirge stets ausgiebig gewährleistet ist, reichlicher Sauerstoffschwund ein. Diese Seen mit den vom eutrophen Typ abweichenden sommerlichen O₂-Verhältnissen scheinen mir nun einem neuen, wohl umschreibbaren Typus anzugehören, den ich wegen der eutrophen Erscheinungen unter Eis (kryos = Eis) den kryoeutrophen Typ nenne. Leutelt-Kipke hatte seinerzeit (1935) anlässlich ihrer Entdeckung eines erheblichen winterlichen Sauerstoffschwundes in einem Hochgebirgssee geschrieben: „Sollten sich bei weiteren Untersuchungen noch mehrere Seen vom Typus des Gossenkehlees finden — bei denen der Sauerstoffschwund möglicherweise ein 100%-Defizit erreichen könnte —, so wäre für diesen Seentypus vielleicht die Bezeichnung oligotropher See mit Winterpseudoeutrophie angebracht.“ Meine Bodenuntersuchungen haben aber gezeigt, daß es sich um gar keine Oligotrophie handelt. Es ist dabei wohl nicht entscheidend, daß die sauerstoffzehrende organische Masse zum Großteil nicht auto-, sondern allochthonen Ursprunges ist. Es darf ja nicht übersehen werden, daß auch im eutrophen See vielfach nicht unerhebliche Mengen allochthonen pflanzlichen Detritus' zur Ablagerung kommen, die aber bei der Menge an autochthoner organischer Masse keine solche Rolle spielen. Im übrigen soll dieser Nachtrag nur weitere Untersuchungen über den kryoeutrophen Typus anregen. Herrn Fischereinspektor Desax aber danke ich auch an dieser Stelle, daß er durch seine Einladung jene aufschlußreichen Befunde an Oberengadiner Seen ermöglicht hat.

Da die Überprüfung des Planktons an Ort und Stelle seinerzeit kein Phytoplankton ergeben hatte, das konservierte Planktonmaterial aber durch Kriegsereignisse zugrunde gegangen war, begrüßte ich es freudig, als Kollege Gams sich anbot, dem Schwarzsee einen Besuch abzustatten. Der Erfolg seiner, am 23. 9. 1948 durchgeführten Exkursion an den See übertraf die Erwartungen. Ich lasse seinen Bericht hierüber, für den ich ihm auch hier herzlich danke, folgen: „Phytoplankton: Überraschend viele Flagellaten, besonders viel *Dinobryon sociale* und kleine Peridineen (*Gymnodinium cf. fuscus* und *Glenodinium sp.*), auch Cryptomonaden, an Grünalgen nur die grüne Form von *Botryococcus Braunii*, Cysten von *Chlamydomonas nivalis*. Zooplankton: *Polyarthra platyptera* und weiteres Rotator...“ (deren Anwesenheit schon von uns, siehe oben, vermutet wurde).

Zugleich mit Herrn Kollegen Gams fischte Herr Dr. An der Lan aus dem Schwarzsee vom Ufer aus Oligochäten, die Herr Dr. Hrabe, Brünn, als *Stylodrilus heringianus* Clap. und *Enchytraeus sp.* bestimmte, wofür ich auch diesem bestens danke. Es ist wahrscheinlich, aber nicht sicher, daß die in der Tiefe erbeuteten, durch Kriegsereignisse verloren gegangenen Oligochäten gleichfalls der Art *St. heringianus* angehören.

Literaturverzeichnis.

Baldi, E., 1932. Note zoologiche sopra alcuni laghi della Presanella. Mem. Mus. Stor. Nat. Venezia Trident., 1.

- Leutelt-Kipke, S., 1936. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen an Südtiroler Hochgebirgsseen. Arch. Hydrobiol. 30.
- Lundbeck, J., 1936. Untersuchungen über die Bodenbesiedlung der Alpenrandseen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 10.
- Thienemann, A., 1927. Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse eisbedeckter Seen des Plöner Gebietes am Ende des Winters 1923/24. Arch. Hydrobiol. 18.
- Thienemann, A., 1928. Der Sauerstoff im eutrophen See. Binnengewässer 4.

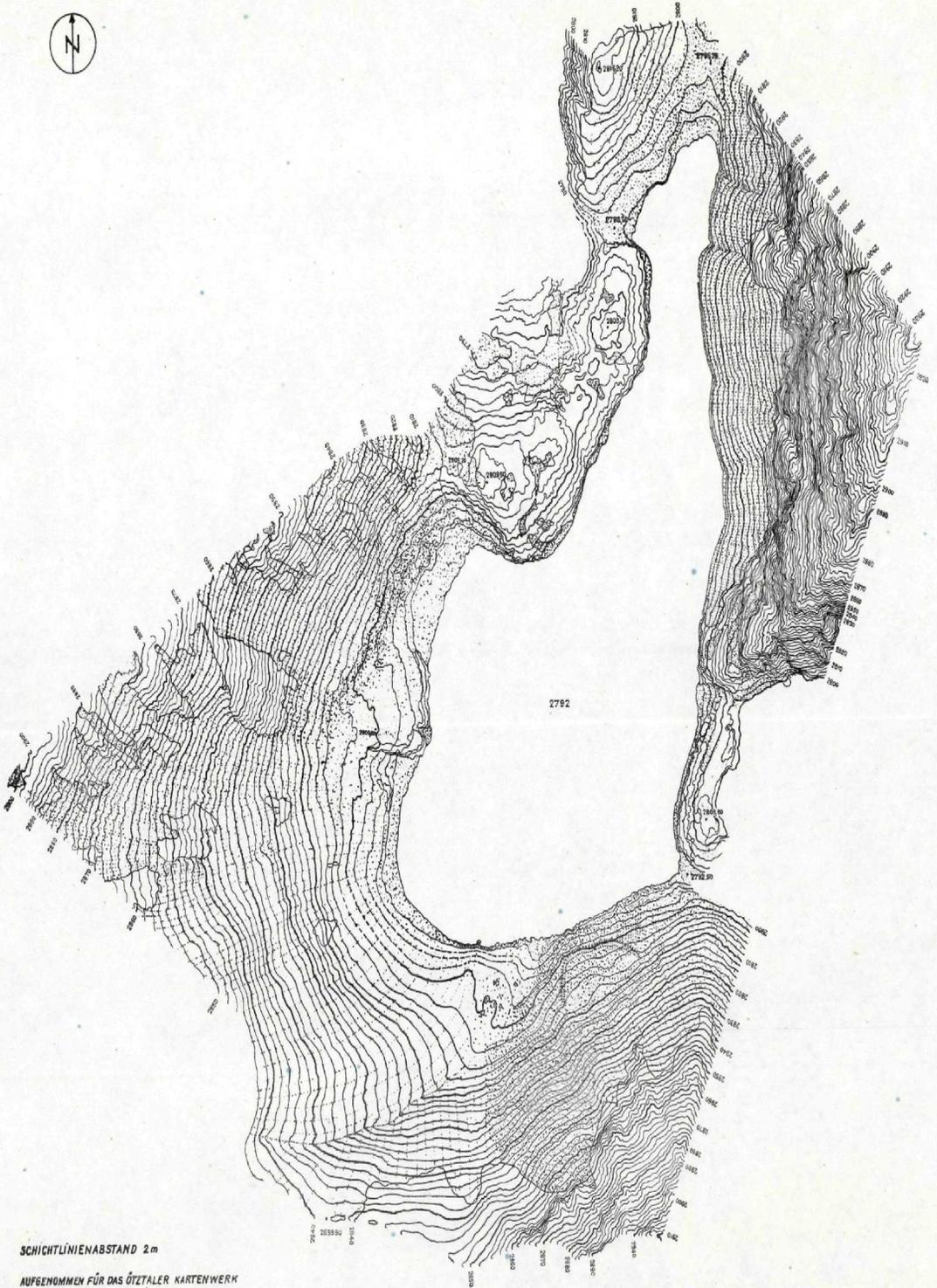
Erläuterungen zu den Abbildungen 1 und 2.

Abb. 1. Schwarzsee von N. Links der Hang des Rotkogels, 2948 m, im Mittelgrund, vom flachen Riegel verdeckt, der Abfluß, P. 2792, 50 m, rechts davon P. 2933 m mit hellem, flechtenfreiem Blockhang, der die Lage des erst jüngst verschwundenen, bis in den See reichenden Firnfeldes gut erkennen läßt; weiter rechts im Hintergrund die Innere Schwarze Schneide, 3370 m, ganz rechts Hang zum Schwarzkopf, 3060 m. (Phot. Ing. E. Schneider, 14. 10. 1942.)

Abb. 2. Schwarzsee von SO. Links im Vorder- und Mittelgrund Hang zum Schwarzkopf, 3060 m, im Hintergrund die Nördlichen Stubaier Alpen mit Acherkogel, 3008 m, rechts der Rotkogel, 2948 m, rechts im Vordergrund Blockhang von P. 2933 m. (Phot. E. Schneider, 14. 10. 1942.)

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Otto Steinböck, Grafenast, Post Schwaz.

SCHWARZSEE OBER SÖLDEN IM ÖTZTAL



SCHICHTLINIENABSTAND 2m

AUFGENOMMEN FÜR DAS ÖTZTALER KARTENWERK
DES DEUTSCHEN ALPENVEREINS AM 14. OKTOBER 1942
VON DIPL. ING. E. SCHNEIDER

BERECHNET UND AUSGEMESSEN IM JANUAR 1943
IM INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE AN DER
TECHNISCHEN HOCHSCHULE BERLIN (PROF. DR. ING.
JACMANN) VON DIPL. ING. SCHNEIDER.

Maßstab 1:2666

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum](#)

Jahr/Year: 1946/49

Band/Volume: [026-029](#)

Autor(en)/Author(s): Steinböck Otto

Artikel/Article: [Der Schwarzsee ob Sölden im Ötztal. 117-146](#)