

# Der Mölsersee im Wattental in Tirol

Eine hydrobiologische Studie

von

P. Paul, Viktor Gutmann O. F. M.

Aus dem zoologischen Institut der Universität Innsbruck

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung . . . . .	50
II. Hydrographie . . . . .	53
1. Lage . . . . .	53
2. Geologie . . . . .	53
3. Zu- und Abfluß, Ufer- und Bodenbeschaffenheit . . . . .	54
4. Temperaturverhältnisse . . . . .	59
5. Schnee- und Eisverhältnisse . . . . .	64
6. Lichtmessungen im See . . . . .	67
7. Der Chemismus . . . . .	75
a) Die Sauerstoff-Verhältnisse . . . . .	77
b) Die CO <sub>2</sub> -Verhältnisse . . . . .	78
c) Alkalinität und pH . . . . .	79
III. Fauna und Flora des Sees . . . . .	80
1. Artenliste mit ökologischen Bemerkungen . . . . .	80
2. Das Plankton . . . . .	89
3. Quantitative Untersuchungen der makroskopischen Bodenfauna . .	102
4. Zum Saiblingsproblem des Mölsersees . . . . .	104
IV. Zusammenfassung . . . . .	112
Literaturverzeichnis . . . . .	113

## I. Einleitung

Die vorliegenden Untersuchungen am Mölsersee, 2238 m, in den Tuxer Voralpen, zu denen mich Herr Professor Dr. Otto Steinböck anregte, führte ich vom Jänner 1952 bis November 1953 durch. Die mir schon bei der Themenstellung in Aussicht gestellten körperlichen Anstrengungen waren sicherlich nicht gering, mußten doch, neben vielen anderen aus der Hochgebirgsnatur erwachsenden Schwierigkeiten, die Instrumente usw., in der eisfreien Zeit auch das Schlauchboot, in stundenlangem Anmarsch zum See gebracht werden, um dann oft genug bei eisiger Kälte kaum betätigt werden zu können; aber die Arbeiten bei Schönwetter in Gottes freier Natur und die spannende Auswertung der im See erhobenen Befunde daheim entschädigten reichlich für die vielen Mühen. So sage ich Herrn Professor Steinböck für die Überlassung des Themas, für die fortlaufende Anteilnahme und für die vielen Anregungen herzlichen Dank.

Weiters gilt mein Dank den Herren Prof. Dr. Fr. Ruttner (†) und Prof. Dr. V. Brehm, die mir durch Bestimmungen und väterliche Ratschläge freundlichst entgegenkamen. Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Prof. Dr. H. Gams, der in Schnee und Kälte im Herbst 1952 in der Möls Hochalm durch zwei Tage die frischen Kätscherproben aus dem See überprüfte und damit die wichtigste Bestimmungsarbeit des botanischen Teiles besorgte. Wertvolle Anregungen bot mir auch ein Aufenthalt im Istituto Italiano di Idrobiologia „Marco de Marchi“ in Pallanza am Lago Maggiore, wo es mir möglich war, über 30 Planktonproben aus mehr als 2000 Meter hoch gelegenen Wasserbecken durchzusehen. Herrn und Frau Prof. Tonolli danke ich hierfür aufrichtig. In besonderer Weise stand mir im Sommer 1952 Dr. J. Gusenleitner hilfreich zur Seite, wofür ich ihm herzlich Dank sage. Dank schulde ich auch Frau Dr. I. Dirmhirn und Herrn Dr. F. Sauberer (†) von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, welche mir wiederholt die Lichtmessungsapparatur zur Verfügung stellten und die Auswertung der Meßreihen durchführten. Danken muß ich auch den vielen Bekannten und Freunden der einheimischen Bevölkerung des Wattentales, die mir beim Transport des Gepäcks, durch Unterstützung an Lebensmitteln, und durch gastfreundliche, meist unentgeltliche Aufnahme hilfreich zur Seite standen. Dem Neuwirt von Wattens danke ich für die freie Benützung der gut eingerichteten Almhütte am Möls-Hochleger während meiner gesamten Arbeitszeit. Schließlich schulde ich auch Herrn Prof. Dr. Steiner, dem Chronisten von Wattens, Dank, dem ich das historische Material über das Mölstal verdanke, das er mir aus seinen Sammlungen überließ, sowie

Herrn Prof. Hermann Diem, Schwaz, der mir die historischen Angaben über die Fische des Sees bestellte.

Aus beruflichen Gründen konnte die Abhandlung, die ich als Dissertation 1955 einreichte, erst jetzt druckreif gemacht werden; bei der Umarbeitung konnten nur einige wenige der in der Zwischenzeit erschienenen Publikationen berücksichtigt werden.

### Arbeitsmethoden

In der eisfreien Zeit stand mir für meine Untersuchungen ein großes Schlauchboot zur Verfügung. Bei der Arbeit vom Eise aus verwendete ich zum Durchschlagen der Eisdecke mit großem Erfolg einen Rindenschäler („Rindenschöpser“), wie er in Tirol bei Holzarbeitern allgemein in Gebrauch steht. Mit diesem Gerät, dessen ca. 10 cm breite, etwas gekrümmte, scharf geschliffene Klinge an einem 2 m langen Holzstiel befestigt war, gelang es mir stets, in 15 bis 20 Minuten selbst Eisdecken von mehr als 1 m Dicke zu durchstoßen.

Zur Entnahme der Wasserproben stand ein kleiner Ruttner-Schöpfer (780 cm<sup>3</sup> Inhalt) in Verwendung. Da der Schöpfer zur Gänze aus Messing bestand, mußte zur Temperaturmessung das Thermometer (in 0,1 °C geteilt) durch eine kleine verschließbare Öffnung am Deckel des Gerätes in das geschöpfte Wasser getaucht werden.

Die pH-Bestimmung führte ich nach der kolorimetrischen Methode von Michaelis (1926) in Kolorimeterröhren von 20 ml Inhalt durch (Genauigkeit bis 0,01 pH-Einheiten möglich!). Leider war diese Methode in der kalten Jahreszeit im Freien nicht anwendbar. Ich mußte bei Frost mit dem flüssigen Universalindikator von Merck arbeiten und damit eine starke Minderung der Genauigkeit (0,2) hinnehmen. Die Alkalinität wurde an 100 ml Probe mit 0,1-n Salzsäure, und Methylorange als Indikator, gemessen. Der HCl-Verbrauch gibt also direkt den Bikarbonatgehalt in mval/L an. CO<sub>2</sub>-Bestimmungen nach der Methode von Klut (1927, p. 75) waren nur in der warmen Jahreszeit möglich. Bei Außentemperaturen unter dem Gefrierpunkt von Probenwasser und Titrierlösung konnte ich diese Methode nicht mehr anwenden und mußte mich darauf beschränken, die freie Kohlensäure nach einer Tabelle von Shedlovsky und Janes (1935) aus pH, Alkalinität und Temperatur errechnen. Die der jeweiligen Alkalinität entsprechende Gleichgewichtskohlensäure wurde den Tabellen von Tillmanns (1919) entnommen. Der Sauerstoffgehalt der einzelnen Tiefenschichten wurde nach der Winkler-Methode (Maucha 1932, p. 35) ermittelt. Im Sommer wurden

die Proben an Ort und Stelle bearbeitet, im Winter führte ich die Titration in der unterhalb des Sees gelegenen Almhütte durch, die mir als Standquartier zur Verfügung stand. Zur Zeit deutlicher Sauerstoff-Untersättigung in der Tiefe des Sees wurden die O<sub>2</sub>-Proben nach der Methode von Alsterberg (1926) vorbromiert. Sämtliche Angaben über die relative Sauerstoffsättigung (auch zum Vergleich herangezogene Werte anderer Autoren) wurden mit dem O<sub>2</sub>-Calculator (Burkard 1956, Mortimer 1956) errechnet. PO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> und SiO<sub>2</sub> bestimmte Dr. G. Berardi, Chemiker des Hydrobiologischen Institutes in Pallanza. Über seine hierbei verwendeten Methoden bin ich nicht genau im Bilde. Nur qualitativ bestimmte ich das Ferro-Ion nach der Methode von Winkler (Maucha 1932, p. 125) mit Kaliumrhodanid, sowie das Ammonium-Ion mit Nessler's Reagens (Maucha 1932, p. 147).

Die Lichtmessungen führte ich mit einem Se-Photoelement durch. Photoelement, Galvanometer und Filtersatz stellte mir Dr. Franz Sauberer (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien) zur Verfügung. Die Bearbeitung der am See registrierten Primärdaten übernahmen Frau Dr. Dirmhirn und Dr. Sauberer.

Für Planktonfänge stand mir nur ein Netz mit 12 cm Durchmesser und einer Maschenweite von 112 $\mu$  („Nr. 12“) zur Verfügung. Zur Erfassung des gesamten Planktons wurde mit dem Schöpfer je ein Liter Wasser aus verschiedenen Tiefen entnommen, dann in Flaschen mit flachem Boden abgefüllt, mit Jod-Jodkalium versetzt und über Nacht, nach Möglichkeit auch länger, stehen gelassen. Das Sediment wurde mit einer Handzentrifuge auszentrifugiert und auf selbstverfertigten Zählgläsern unter dem Mikroskop ausgezählt.

Die Uferproben wurden mit einem Wasserkätscher Nr. 20 (Maschenweite 75 $\mu$ ) entnommen.

Die Bodenproben wurden mit einem Ekman'schen Bodengreifer von 1 dm<sup>2</sup> Öffnungsfläche heraufgeholt, der Schlamm mit einem Messingnetz von 0,5 oder 1,0 mm Maschenweite an Ort und Stelle durchgesiebt und die Fauna ausgezählt. An besonders kalten Wintertagen konnte ich den Schlamm nicht im Freien durchsieben, ich schlemmte ihn sodann in einem Gazenetz aus, füllte ihn in Gläser und durchsuchte ihn in der nahen Almhütte nach seinem Makroorganismengehalt.

## II. Hydrographie

### 1. Lage

Der Mölsersee (Fig. 1) liegt im Mölstal, das ein Seitental des Wattentales darstellt und bei Wattens vom Inntal gegen Süden abzweigt. Das oben angeführte Tal mündet in Walchen (11 km von Wattens taleinwärts, 1402 m ü. d. M.) von NW kommend in das Wattental. In einer Höhe von 200 m südöstlich über dem Mölser Hochleger befindet sich in einem kleinen flachen Kessel unterhalb der Mölserscharte (2379 m), des Roßkopfes (2454 m) und des Punktes 2457 m der Mölsersee (2238 m). Er zeigt nierenförmige Gestalt, weist eine Länge von 144 m, eine maximale Breite von 65 m und eine Oberfläche von 8430 m<sup>2</sup> auf. Seine maximale Tiefe beträgt 6,75 m, sein Volumen 26 450 m<sup>3</sup>.

Das Einzugsgebiet des Sees umfaßt die steilen Nordhänge des Roßkopfes, der Mölserscharte und den nordwestlich steil einfallenden Hang des zur Mölserscharte auslaufenden Mölserberges, des Punktes 2457 m. Es beträgt 250 000 m<sup>2</sup> und steht zur Seefläche in einem Verhältnis 28:1. Das Einzugsgebiet ist also im Verhältnis zu Seen, die im Tal liegen, klein, doch für das Hochgebirge normal, wie dies Turnowsky (1946) für acht Hochgebirgsseen der Schobergruppe, Kärnten, gefunden hat. Er stellte dort die Verhältnisse Einzugsgebiet: Seeoberfläche von 100:1 bis 9:1 fest.

### 2. Geologie

Vom Punkt 2457 m (südlich der Mölserscharte) fällt ein Kar steil zum See ab. Die abgerundeten Formen der Felsen sprechen deutlich dafür, daß ein Gletscher aus diesem Kar herabgereicht haben muß. Die tiefste Stelle des Sees, 35 m vom bergseitigen Ufer entfernt, liegt dort, wo die Gletscherzung, die über eine Felsenstufe herabfloß, die größte Tiefenerosionswirkung haben mußte. Am rechten Rand des Gletschers lagerte sich eine mächtige Seitenmoräne ab, die an der Ostseite des Sees das Ufer und die Uferböschung bildet, was dadurch bestätigt wird, daß die Tiefenlinien an dieser Seite des Sees denselben geschwungenen Verlauf aufweisen, wie ihn der Rücken der Moräne zeigt. Auch auf der gegenüberliegenden Seite ist ein Moränenwall zu beobachten, der zwei Drittel des Ufers bildet. Der erste bergseitige Teil des Westufers schmiegt sich unmittelbar an den Abhang des Roßkopfes und wird von Fels gebildet.

Am talseitigen See-Ende ist kein deutlich ausgeprägter Wall erhalten, wohl aber weist hier die Materialbeschaffenheit auf eine Moräne hin. Der folgende steile Abfall von ca. 20 m ist als Stirnmoräne des Gletschers anzusprechen.

Der Mölsersee ist also als ein quartärer Karsee aus dem Daunstadium und speziell als Abdämmungsfelsbeckensee (Pesta 1929) zu bezeichnen.

Das Untersuchungsgebiet gehört der Innsbrucker Quarzphyllitzone an. Die unmittelbare Umgebung und das Einzugsgebiet des Sees können in Bezug auf ihre Gesteinsbeschaffenheit als eintönig bezeichnet werden und zeigen mit Ausnahme einer kleinen Kalkschotterhalde am Steilhang der Mölserscharte, bis etwa 100 m unterhalb des Überganges, keine besonderen Einsprenglinge. Dieser Schotter stammt aus den nahen Tannaler-Kalken. Südlich der Scharte gegen die Wattener Lizum finden sich schon einige Schritte talzu bedeutende Kalksteineinsprenglinge, die gegen das Lizumgebiet immer mehr zunehmen und schließlich in ein Kalkgebiet überführen.

Im Arbeitsgebiet selbst ist kein Kalkeinfluß zu bemerken. Es fehlt sowohl die Vegetation, die kalkhaltigen Boden anzeigen, als auch ein höherer pH-Wert der Gewässer, ebenso zeigt die Alkalinität des Sees (p. 79f) eindeutig, daß hier im Boden nur spärliche Kalke enthalten sind.

### 3. Zu- und Abfluß, Ufer- und Bodenbeschaffenheit

Die Abhänge des Einzugsgebietes zeigen eine schotterreiche Fazies der Grasheidenstufe. Die große Moräne, die das NW-Ufer des Sees bildet, trägt zum Teil die Vegetation der Zwergstrauchheidenstufe; *Rhododendron ferrugineum* ist als größte Pflanze in spärlichen Beständen an winterfrostgeschützten Stellen zu finden.

Der Hauptzufluß kommt aus einem kleinen Quellsee (30 m lang, 5—8 m breit, 1,5 m tief), der 80 m oberhalb des Sees in Richtung gegen die Mölserscharte gelegen ist, der stets klares Wasser enthält und von 5 Quellen, die in verschiedener Höhe am Nordhang des Roßkopfes entspringen, gespeist wird. Zwei weitere Quellen münden direkt in den See. Vermutlich existieren unter dem Wasserspiegel auch einige Quellaustritte, da der Ausfluß im Vergleich zu den sichtbaren Einflüssen wesentlich größer ist. Obwohl der Seegrund und das Ufer infolge des klaren Wassers überall gut einzusehen sind, gelang es mir doch nicht, Quellaustritte zu beobachten. Ich nehme an, daß sich zwischen dem Blockwerk des steilabfallenden Ufers an der Bergseite des Sees vorfinden. Einen Hinweis für diese Vermutung gab die Beobachtung, daß im Sommer an starken Einstrahlungstagen, an denen sich das Seewasser bis zum Grunde fast auf 15° C erwärmen konnte, die Saiblinge des Sees sich als Kaltwasser liebende Tiere an dieser Stelle zwischen dem Blockwerk sammeln, vermutlich wegen der tieferen Temperaturen ausströmenden Quellwassers. Leider gelang es mir trotz wiederholter Versuche nicht, mit

dem Wasserschöpfer die Temperaturen hier nachzuprüfen. Die Summe aller Zuflüsse hielt offenbar mengenmäßig der des Ausflusses die Waage, da nur ganz geringe natürliche Seespiegelschwankungen zu beobachten waren. Zwischen Juni und August 1952 konnte ich ein Absinken des Sees nur um etwa 10 cm beobachten, obwohl während dieser Monate eine ungewöhnlich heiße und trockene Wetterperiode herrschte.

**Der Ausfluß :** Im Frühjahr wird die Ausflussschwelle des Sees von den Sennern mit Steinen und Grasziegeln erhöht, nach dem Almabtrieb wird die Abdämmung wieder entfernt. Das gestaute Wasser wird zum Verteilen des Düngers im Gebiet des Möls-Hochlegers benutzt. Die durch diesen Eingriff bedingten Spiegelschwankungen des Sees betragen 30 cm. Im Sommer 1952 wurde der See nicht abgelassen, da es von Ende August bis Mitte September fast ununterbrochen geregnet hatte. Da auch im Sommer vorher die künstliche Erhöhung des Ausflusses nicht zerstört worden war, blieb der See in meiner Arbeitszeit vom Jänner 1952 bis August 1953 stets unverändert. Im folgenden September wurde der See abgelassen und der Seespiegel dadurch um 30 cm gesenkt. Das Bächlein, das vom Quelltümpel in den See gelangt und zugleich den Haupteinfluß bildet, fand ich beim Besuch am 10. Oktober 1953 versickert vor. Es fließt unter dem Geröll, tritt etwa 10 bis 15 m vor dem Seeufer zu Tage und mündet hierauf in den See. Sowohl die Wasserführung des Zuflusses, als auch die des Ausflusses ist im Herbst bei trockener Witterung, wie es z. B. 1953 der Fall war, um die Hälfte geringer als im Sommer. Die Wetterabhängigkeit der Wasserführung ist durch das kleine Einzugsgebiet begründet. Da der Zufluß, der als kleiner Bach in den See mündet, einen relativ kurzen Weg hat, ist auch die Hochwassergefahr sehr gering. Während meiner Tätigkeit im Arbeitsbereich, den ich seit Jänner 1952 regelmäßig besuchte, beobachtete ich auch bei schweren Regengüssen niemals eine Trübung. Auch die Deltabildung des Haupteinflusses ist sehr bescheiden und reicht kaum 10 m in den See hinein. Über die Größe der Wasserführung im Winter, über einen eventuellen Stillstand derselben während der kalten Monate (etwa Dezember bis März) kann ich keine Aussagen machen, da Ausfluß und Einfluß im Winter infolge meterhoher Schneeverwehungen nur schwer zugänglich waren.

Die Auslotung des Sees und die näheren Untersuchungen seiner Zu- und Abflüsse zerstörte die geheimnisvollen, sagenhaften Erzählungen, die bei der einheimischen Bevölkerung über ihn wie über andere Bergseen der Alpen umgehen. So erzählte mir eine Bäuerin vom Wattenberg, daß vom Mölsersee der Spruch gelte: „Willst du mich ergründen, so werde ich 12 Dörfer schlinden“. Der See gilt im Volksmund als unergründlich, er solle mit

dem Meer oder anderen großen Gewässern unterirdisch in Verbindung stehen, daher am Grunde einen unheimlichen Strudel besitzen. Ein Altbürgermeister von Wattens sagte mir, man erzähle sich vom Mölsersetze, es sei in alter Zeit einmal ein Butterührer in den See gefallen und spurlos verschwunden. Im Bodensee wäre dieser hölzerne Rührer, der ein Namenszeichen trug, dann nach einiger Zeit aufgetaucht. In gleicher Weise sei einmal ein Stier, der sich an einem heißen Tag zu weit in den See gewagt habe, unauffindbar versunken und seinen Kadaver hätte auch der Boden-

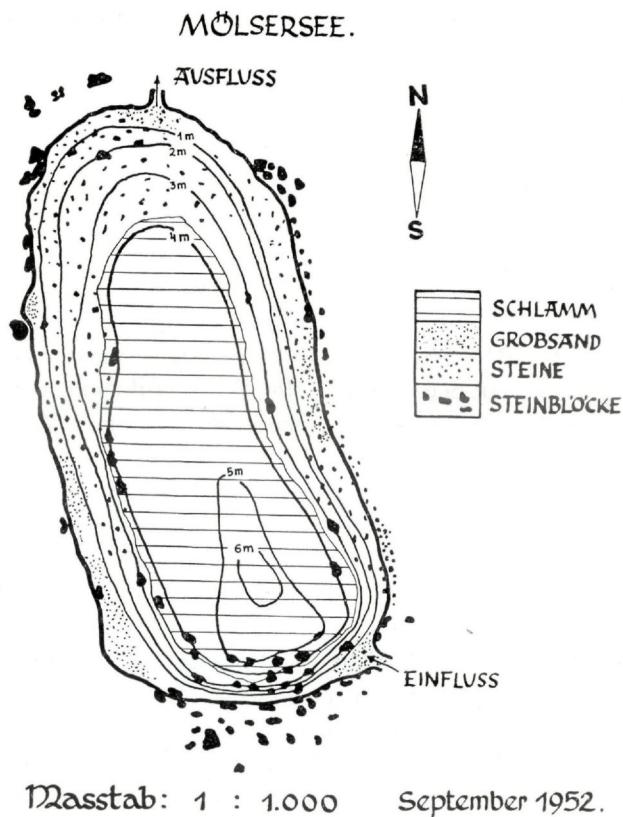


Fig. 1: Tiefenkarte des Mölsersetzes

see an seinem Ufer angeschwemmt. Der Berufsförster und Aufsichtsjäger dieses Gebietes erzählte anlässlich einer Studentenexkursion mit Prof. Steinböck am 1. Mai 1952, vor einigen Jahren hätten zwei Herren aus Wien im See gelotet und bei einer Stelle, obwohl sie zwei Spulen Kabel

bei sich gehabt hätten, keinen Grund erreicht. Er wäre selbst dabei gewesen und könnte dies beschwören. Ich konnte aber bei den vielen Besuchen, die ich dem See abstattete, weder eine Spur eines Abflusses am Seegrund noch gar eines Wirbels und einer tieferen Absenkung finden, was nicht wundernimmt, da sowohl die geologische Beschaffenheit als auch die Formation der unmittelbaren Umgebung gegen jegliche „Loch“-bildung spricht. Das Seebecken weist keine abnormen Formen auf, sondern ist eher flacher, als es die Ufer, besonders an der Bergseite, erwarten lassen.

Das Ufer des Sees fällt außer an seinem Nordende überall rasch ab. Große Steine und Gesteinsblöcke, Schotter und Grobsand umgeben den See und reichen bis ungefähr zur 4-m-Grenze hinab. Das Nordost- und Südufer sind überwiegend von Steinen bedeckt und tragen nur spärliche Vegetation. Teile des Nordwestufers und des Nordufers werden von dürftigen, steindurchsetzten Rasenpolstern gebildet. Am Nordufer schließt sich ein spärliches Weideland an, wohin im Sommer 14 Tage bis drei Wochen Rindvieh und im Frühsommer sowie im Herbst Schafe aufgetrieben werden. Die Tiere halten sich aber nur wenig in der Nähe des Sees auf und es kommt selten vor, daß an sehr heißen Tagen Jungvieh die Nähe des flachen Ausflusses betritt. Eine Entrophierung des Wassers durch Weidevieh ist also nicht zu erwarten. Der Grund des Sees ist von der 3,5 bis 5 m Tiefenlinie ab mit dunkelgrauem, flockigem, weichem Schlamm bedeckt, der an der Oberfläche von einer bräunlichen Schichte Diatomeenschlamm überzogen wird. Vom Ufer aus könnte man den Eindruck gewinnen, als wäre der Seegrund mit Felsstücken, Geröll und Sand bedeckt, ähnlich wie dies Steinböck vom Schwarzsee (1949 p.119) erwähnt, ein Fehlschluß, den Beobachter von Hochgebirgsseen, denen kein Boot zur Verfügung steht, sehr geneigt sind zu ziehen. Tatsächlich steht der Oberfläche des Mölsersees von 8431 m<sup>2</sup> eine Schlammfläche von 4100 m<sup>2</sup> gegenüber. Der Schlammkörper, in dem sich fast keine Gesteinsreste befinden, ist für den Bodengreifer gut zugänglich. In den zentralen Bezirken des Grundes besteht er zum größten Teil aus organischem Material. Der kleine Rest von 20 bis 30 ccm, der nach Aussieben von Bodengreiferproben gewöhnlich im Netz zurückblieb, bestand in der Regel nur zur Hälfte aus Gesteinsgrus, im übrigen aus pflanzlichen und tierischen Resten meist allochthonen Ursprungs: Blätter von *Rhododendron*, *Vaccinium vitis idea*, Reste von Moosen, Gräsern und Flechten, Pflanzenstengel, Ästchen und Wurzelreste, verschiedene Hartteile von Insekten, unter denen die farbigen Elytren von Coleopteren besonders auffielen. Die Pflanzenreste waren z. T. durch Eisensulfid geschwärzt und der Schlamm

hatte meist einen leichten H<sub>2</sub>S-Geruch. Aufsteigen von Methanblasen waren beim Berühren des Bodens wiederholt zu beobachten. Lehmige Bestandteile fanden sich in Bodengreiferproben nie vor.

Um einen Einblick in die Schichtung der Bodensedimente zu bekommen, führte ich mit Dr. J. Klima und Dr. R. Pechlaner am 13. Dezember 1954 mit einem Moorbohrer (Lunzer Modell) eine Bohrung in der Mitte des Sees durch. Wir hielten uns bei dieser Arbeit, soweit die Umstände es erlaubten, an die Anweisungen A. Reisingers (1936). Der Bohrer hatte eine Länge von 64,5 cm, davon maß seine Spitze 14 cm, die Kammer 44,5 cm und das Stück bis zum Ansatz des Gestänges 6 cm. Die zusammensteckbaren Stangen waren je 150 cm lang. 12 m Gestänge standen uns zur Verfügung. Unter einer 40 cm dicken Schnee-Eisdecke wurde mit einem flachen Lot — um ein Einsinken in die weiche Schlammdecke zu vermeiden — eine Wassertiefe von 568 cm gemessen. Es gelang, den Bohrer 272,5 cm tief in den Schlammkörper vorzutreiben. Der Inhalt der untersten Kammerfüllung, das Sediment von 258,5 — 203,0 cm Tiefe im Seegrund, war sehr feinkörniger, blauer, in der oberen Hälfte der Füllung geschichteter, reiner Ton. Da dieser frei jeden organischen Materials war, wie das mikroskopische Bild zeigte — besonders deutlich konnte das auch mit dem Polarisationsmikroskop nachgewiesen werden — ist er in dieser Lage ohne Zweifel als glazialer Ton anzusprechen. Es gelang uns nicht, mit dem einfachen Bohrgerät tiefer vorzustoßen. Wir hatten uns nicht an einem Stein festgefahren, sondern es war beim Bohren deutlich zu fühlen und auch an den Resten in den Rillen der Bohrspitze zu sehen, daß wir im sehr zähen Ton stecken geblieben waren. Die Mächtigkeit dieser abschließenden vom Gletscher zurückgelassenen Tonschichte, welche die Voraussetzungen zur Bildung des Sees in dieser Bergmulde gab, konnten wir zwar nicht feststellen, doch galt unser Interesse vor allem der Frage, in wesentlichen Zügen die Beschaffenheit und Mächtigkeit der Sedimentschichten, die sich im See seit seinem Bestehen abgelagert hatten, zu erkunden. Die nächste Kammerfüllung aus der Tiefe von 231,5 bis 187,0 cm enthielt bei 217,2 bis 207,0 cm die Übergangsstelle vom glazialen Ton zu einem dunkelbraunen, ziemlich trockenen organischen Material, das, makroskopisch betrachtet, keine Schichtung zeigte. Auch die beiden folgenden Bohrerinhalte, aus der Tiefe von 182,5 bis 138,0 cm sowie von 82,5 bis 38,0 cm bestanden aus demselben Sediment, dunkelbraunem mit ligninreichem Detritus durchsetztem Schlamm mit deutlichem H<sub>2</sub>S-Geruch. Die Probe aus der tieferen Zone unterschied sich von der darüberliegenden in ihrem Aussehen nur durch den Wassergehalt; während erstere verhältnismäßig trocken erschien, war letztere von

Wasser durchweicht. Unter dem Mikroskop zeigte sich, daß das Material über dem glazialen Ton in den unteren wie in den oberen Schichten sehr ähnlich zusammengesetzt war und sich selbst von den obersten Schichten, die ob ihrer Dünnglüssigkeit nur mit dem Bodengreifer erfaßt werden konnten, kaum unterschied. Bei stärkerer Vergrößerung konnte ich in diesen Proben eine reiche Bakterienflora feststellen. Schlammteile aus tieferen Lagen zeigten besonders große Bakterienmengen. In allen diesen Proben ließ sich ein bedeutender Anteil an allochtonen Bestandteilen — „Einblas“ (Empneuston, vgl. Steinböck 1958) aus der Umgebung — deutlich erkennen.

#### 4. Temperaturverhältnisse

Vom Mai 1952 bis Ende August 1953 wurden mindestens einmal im Monat die Wassertemperaturen erhoben. Die Messungen wurden nach Möglichkeit stets an derselben Stelle (im Sommer durch eine Boje markiert) durchgeführt und erstreckten sich vom Wasserspiegel bis zur Tiefe von 5 m, mit der gewöhnlich bereits der Grund des Sees erreicht war. Wiederholte ich auch in Verbindung mit dieser Meßreihe die Temperaturen des Ein- und Ausflusses, sowie die der beiden Quellen fest. Lufttemperaturen und Angaben über Bewölkung, Niederschläge und Windstärken suchte ich zur Zeit der Messung festzuhalten.

Der jährliche Ablauf der Temperaturen im See gestaltete sich auf folgende Weise: (siehe Tab. I p. 61).

Nach dem Auftauen, das normalerweise bis Mitte Juni abgeschlossen ist, erwärmt sich das Wasser bei günstiger Witterung sehr schnell. Im Jahre 1952 betrug die durchschnittliche Temperatur des Wassers am 1. Mai unter Eis  $1,7^{\circ}$  C, am 6. 6., dem ersten eisfreien Tag,  $5,4^{\circ}$  C, und am 1. 7. bereits  $12,4^{\circ}$  C. Damit hatte der See in etwa 3 Wochen seine sommerlichen Verhältnisse erreicht. In beiden Jahren wurden im August die höchsten Temperaturwerte gemessen. Das Monatsmittel im August 1952 betrug  $12,8^{\circ}$  C, im selben Monat des Jahres 1953  $10,8^{\circ}$  C. Der maximale Wert, der im Jahre 1952 an der Oberfläche beobachtet wurde, war  $16,4^{\circ}$  C, während 1953  $13,0^{\circ}$  C den Höchstwert darstellte. 1952 war der Sommer in ganz Europa außergewöhnlich heiß. Die Temperaturen am Grunde zeigten gegenüber der Oberfläche meist nur einen Abfall von ca.  $1^{\circ}$  C, selten mehr als  $2^{\circ}$  C. Das Wasser in 5 m Tiefe erwärmte sich 1952 bis  $14,9^{\circ}$  C, im folgenden Jahr erreichte es nur  $10,3^{\circ}$  C (31. August). Im sehr kalten und stürmischen Herbst 1952 sank die Temperatur fast gleichzeitig in allen Schichten rasch auf 6 bis  $5^{\circ}$  C ab. (Am 5. 9.: 0 m:  $11,7^{\circ}$  ... 5m:  $10,8^{\circ}$  C, am 15. 9. 0m:  $6,9^{\circ}$  C ... 5m:  $6,7^{\circ}$  C). Nach einer letztmaligen

kurzen Erwärmung in diesem Jahr am folgenden Tag um 1° C in der obersten und um wenige Zehntel Grade in den übrigen Schichten, zeigte der See am 29. 9. 1952, in der letzten Meßserie, die bei offenem See noch ermittelt werden konnte: von 0 — 5 m: 5,4° C. Am 4. Oktober hatte sich bereits eine dünne, dauerhafte Eisschichte gebildet. In den folgenden Monaten entwickelte sich unter der Eisdecke eine sehr stabile inverse Temperaturschichtung aus. Die unterste — in der Winterperiode wärmste — Wasserschichte veränderte sich vom 16. 11. 1952 bis zum 17. 5. 1953, also in über sechs Monaten, nur um 0,4° C. 1953 maß die Temperatur am 1. 5. am Grunde nur 3,3° C.

Fernerhin sei noch zur Vervollständigung der Temperaturbeschreibung im See erwähnt, daß die Oberflächentemperaturen an starken Einstrahlungstagen nicht völlig einheitlich sind. Zwischen dem bergseitigen und talseitigen Ende des Sees ergaben sich oft Unterschiede von mehreren Zehntel Graden, mitunter sogar bis zu einem Grad, da die bergseitige Hälfte am Morgen länger, am Abend aber früher im Schatten liegt als die talwärts gelegene. Auch die Ufertemperaturen des Sees zeigten an Tagen starker Insolation gegenüber der Seemitte immer wieder höhere Werte. Diese Erscheinung findet sich in den Niederungen wie im Hochgebirge allgemein verbreitet. Steinböck (1938) konnte solche Differenzen auch in Gletscherrandseen nachweisen, sowie im Schwarzsee ob Sölden, an dem diese Unterschiede bis zu 7,7° C betragen. Im Mölsersee ergaben sich am 16. September 1952 um 13<sup>30</sup> Uhr bei sonnigem Wetter mit leichtem Wind und einer Lufttemperatur von 4° C bei Messungen an 14 Punkten des Ufers Wassertemperaturen zwischen 7,8 und 10,1° C.

---

Erklärung zu Tab. I:

Spalte „Bewölk.“: Die Zahlen geben die Bewölkung in Zehntel des Himmels an.

Spalte „Wind“:

Windstärken nach der Beaufort-Skala Hoek, den Hochgebirgsverhältnissen angepaßt:

- 0 vollkommene Windstille, Seespiegel glatt, Nebel steigt auf.
- 1 leise, leichter Zug des Nebels, kleine Wellen.
- 2 leicht, für das Gefühl eben bemerkbar.
- 3 schwach, ausgestecktes Tuch bewegt sich deutlich.
- 4 mäßig, ausgestecktes Tuch streckt sich.
- 5 frisch, ausgestecktes Tuch beginnt zu knattern.
- 6 stark, an Steinblöcken hörbar.
- 7 steif, Regenschirm (feste Ausführung) nicht mehr benutzbar.
- 8 stürmischi, erschwert das Gehen.
- 9 Sturm: atemberaubend, bewegt kleinere Steinplatten.
- 10 schwerer Sturm: Gehen sehr schwierig.
- 11 orkanartiger Sturm: Gehen nicht mehr möglich, Kriechen notwendig.
- 12 Orkan: nur kriechende Fortbewegung mit großer Anstrengung möglich.

Tabelle 1

Nr.	Datum	Uhrzeit	Witterung	Lufttemp. ° C	Wassertemperaturen ° C							
					Bewölk.	Wind	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
1952												
1	1. 5.	10 <sup>30</sup>	0	2	+	8,0	0,2	0,3	1,1	2,0	3,2	3,3
2	5. 6.	18 <sup>30</sup>	—	—	+	11,7	6,2	6,0	6,0	5,1	4,7	4,6
3	6. 6.	11 <sup>20</sup>	—	—	+	11,6	5,8	5,8	5,7	5,3	4,8	4,8
4	7. 6.	10 <sup>30</sup>	10	6	+	6,5	6,4	—	—	5,5	5,1	5,0
5	15. 6.	14 <sup>15</sup>	3	1	+	14,7	10,3	8,8	8,2	7,6	7,4	7,1
6	1. 7.	16 <sup>00</sup>	3	0	+	21,2	14,8	13,0	12,1	11,6	11,4	11,3
7	11. 8.	6 <sup>00</sup>	0	4	+	11,2	15,4	15,3	15,1	14,3	14,2	14,1
8	11. 8.	12 <sup>00</sup>	0	4	+	15,9	15,8	15,4	15,1	15,0	14,4	14,2
9	11. 8.	18 <sup>00</sup>	5	1	+	15,7	16,4	15,6	15,1	15,0	14,3	14,2
10	12. 8.	11 <sup>30</sup>	0	5	+	15,8	15,7	15,3	14,7	14,3	14,2	14,1
11	12. 8.	18 <sup>30</sup>	0	4	+	14,6	15,7	15,5	15,4	15,0	14,7	14,3
12	13. 8.	17 <sup>45</sup>	7	4	+	—	15,8	15,6	15,1	14,7	14,6	14,5
13	16. 8.	10 <sup>20</sup>	0	3	+	12,2	15,2	15,1	15,0	15,0	14,9	10,5
14	18. 8.	15 <sup>30</sup>	10	4	+	9,1	14,6	14,3	14,0	13,8	13,6	13,6
15	23. 8.	8 <sup>30</sup>	5	4	+	11,3	10,6	10,4	10,4	10,4	10,3	7,1
16	25. 8.	9 <sup>45</sup>	10	5	+	4,8	9,8	10,0	10,0	10,0	9,8	7,5
17	26. 8.	9 <sup>30</sup>	7	4	+	7,3	10,0	10,0	9,8	9,7	9,7	7,6
18	3. 9.	16 <sup>30</sup>	3	2	+	12,3	12,8	11,9	11,3	11,3	11,1	10,9
19	5. 9.	17 <sup>45</sup>	0	6	+	10,1	11,7	11,6	11,6	11,2	10,8	8,9
20	15. 9.	9 <sup>00</sup>	5	4	+	4,0	6,9	6,8	6,8	6,8	6,7	4,9
21	16. 9.	13 <sup>30</sup>	3	4	+	8,0	8,0	7,8	7,4	7,2	7,0	6,9
22	17. 9.	6 <sup>00</sup>	0	6	+	3,7	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5	4,6
23	19. 9.	16 <sup>30</sup>	10	6	—	2,7	6,2	6,15	6,2	6,15	6,2	6,15
24	28. 9.	15 <sup>45</sup>	5	4	+	1,2	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	3,4
25	4. 10.	15 <sup>30</sup>	7	3	+	1,1	2,5	—	—	—	—	2,5
26	16. 11.	11 <sup>30</sup>	0	3	—	12,0	0,2	1,2	2,6	3,6	3,6	3,9
27	11. 12.	15 <sup>00</sup>	5	5	—	8,0	0,2	0,7	2,5	3,2	3,6	3,9
28	12. 12.	12 <sup>00</sup>	5	4	—	9,5	0,1	0,2	2,5	3,1	3,4	3,6
1953												
29	10. 1.	10 <sup>30</sup>	0	4	—	8,5	0,1	0,4	1,8	3,1	3,4	3,6
30	15. 2.	14 <sup>00</sup>	7	5	—	11,3	0,0	0,1	1,6	3,0	3,1	3,5
31	16. 3.	13 <sup>00</sup>	—	4	—	1,7	0,0	0,1	1,4	2,6	3,1	3,5
32	18. 4.	13 <sup>00</sup>	3	5	—	2,1	0,0	0,0	0,2	2,2	2,7	3,5
33	17. 5.	12 <sup>45</sup>	5	4	+	12,5	0,0	0,2	1,1	2,1	2,7	3,5
34	20. 6.	14 <sup>00</sup>	5	4	+	9,1	6,1	5,9	5,8	5,5	5,2	4,9
35	17. 7.	9 <sup>30</sup>	0	5	+	12,0	9,4	9,2	9,0	8,8	8,7	8,2
36	18. 7.	9 <sup>45</sup>	0	5	+	10,0	10,4	10,4	10,1	9,8	9,8	9,6
37	10. 8.	11 <sup>00</sup>	0	1	+	13,5	11,3	10,8	10,2	10,1	10,1	9,8
38	29. 8.	16 <sup>40</sup>	5	1	+	16,4	12,3	11,0	10,4	10,1	9,9	9,9
39	31. 8.	14 <sup>10</sup>	0	4	+	17,7	13,0	12,5	11,2	10,5	10,3	9,6
40	20. 11.	9 <sup>30</sup>	0	3	—	4,0	0,4	1,7	2,7	3,1	3,6	3,8

Die beiden oberirdisch mündenden Quellen wiesen in der eisfreien Beobachtungszeit folgende Temperaturen auf:

1. Quelle:	1. VII. — 5. IX.	52 : 5,4 — 5,3° C
	16. IX. — 4. X.	52 : 3,4 — 3,2° C
	17. VII. — 31. VIII.	53 : 4,0 — 3,9° C
2. Quelle:	1. VII. — 5. IX.	52 : 4,8 — 4,6° C
	16. IX. — 4. X.	52 : 3,1° C
	17. VII. — 31. VIII.	53 : 4,2 — 4,0° C

Zur Beurteilung des Jahrganges der Temperaturen muß betont werden, daß der See, unterhalb eines Joches gelegen, häufigen und oft sehr heftigen Winden ausgesetzt ist. Sobald die Winterdecke abgeschmolzen ist, macht sich die durchmischende Kraft des Windes besonders bei Änderung der Witterung auffällig bemerkbar. Das zeigte sich gleich bei den ersten Messungen, die im Juni 1952 gemacht wurden: Am 5. 6. um 18,30 Uhr bei einer Lufttemperatur von 11,6° C zeigte das Thermometer in 0 m 6,2° C, 1 m 6,0° C, 3 m 5,1° C, 4 m 4,7° C und in 5 m 4,6° C. Es waren einige warme einstrahlungsreiche Tage vorausgegangen, auf dem See trieben aber noch zwei Eisschollen von je 3 bis 4 m<sup>2</sup> Größe und etwa 30 cm Dicke. Zwischen der 2- und 3-m-Schichte fand sich ein Temperatursprung von 0,9° C. Der folgende Tag brachte trübes, gewittriges Wetter mit Niederschlägen in Form von kurzen starken Regengüssen vermischt mit Graupeln. Die Temperatur der Luft betrug um 11<sup>20</sup> Uhr 11,6° C. Die Eisstücke waren verschwunden. Das Wasser aber war bis zum Grunde durchmischt. Die Temperaturen über der 3-m-Grenze waren gegenüber dem Vorabend in 0 m um 0,4°, in 1 m um 0,2° C und in 2 m um 0,3° C tiefer, ab 3 m lagen sie höher: um 0,2° C in 3 m, in 4 m um 0,1° C und in 5 m um 0,2° C. Das fast gleichmäßige Ansteigen der Temperaturen in allen Schichten bis zum Grunde in den folgenden Wochen zeigt, daß hier die Bodentemperaturen durch den ständigen Wind wetterabhängig sind.

Windexponierte Seen nehmen sowohl im Hochgebirge als auch in den Niederungen eine Sonderstellung ein. Ruttner (1952, p. 32) führt bei Beschreibung des jährlichen Temperaturganges in stehenden Gewässern ausdrücklich an, daß in Seen, die besonders dem Winde ausgesetzt sind, abnorme Verhältnisse auftreten, wie z. B. in Seen des Norddeutschen Flachlandes oder Finnlands, wo die Vollzirkulation im Frühjahr auch noch zu Beginn der Erwärmungsperiode anhält und einen erheblichen Anstieg der Tiefentemperaturen herbeiführt. In den Arbeiten Järnefelts (1925, 1927, 1929) finden sich dafür viele Beispiele; z. B.: Der Keräpäänjärvi

33 ha, 6 m tief, hatte am 26. 6. 1922 in 0 m  $19^{\circ}$  C, in 6 m  $19^{\circ}$  C; (1925, p. 249), oder der Valkerbyjärvi 404 ha, 13 m tief, zeigte am 9. 7. 1921 in 0 m  $18,3^{\circ}$  C, mit gleichmäßigem Abfall in 12 m  $15,5^{\circ}$  C; (1925, p. 232), u. a. m. Die den Hochgebirgsjochseen zukommende Ausnahmestellung arbeitete Steinböck (1934) klar heraus.

Im Mölsersee ergeben sich in 29 Messungen der eisfreien Zeit nur zweimal zwischen der Oberflächen- und Grundtemperatur Differenzen von mehr als  $3^{\circ}$  C (das Maximum wurde am 1. 7. 1952 mit  $3,5^{\circ}$  C gemessen), in nur drei Fällen fand sich ein Unterschied von 2 —  $3^{\circ}$  C, in elf von  $1^{\circ}$  C —  $2^{\circ}$  C und in dreizehn lag sie unter  $1^{\circ}$  C. Ausgeprägte Sprungsschichten ließen sich nur selten im Sommer nachweisen. Am 1. 7. 1952 bildete ein Absinken von  $1,8^{\circ}$  C von 0 — 1 m den Höchstwert (Tab. 1, p. 61 Nr. 6). Am 12. 8. erfolgte im Laufe eines Nachmittags eine Erwärmung des Wassers am Grund um  $0,2^{\circ}$  C. Als Maximaltemperatur konnten in 5 m Tiefe, also in der tiefsten Wasserschichte,  $14,9^{\circ}$  C (16. 8. 1952) gemessen werden. Der in der Nacht vom 16. auf 17. August eintretende Witterungsumschlag verminderte bis zum Nachmittag des nächsten Tages (18. 8.)  $15^{30}$  Uhr die Temperatur am Grunde von  $14,9$  auf  $13,6^{\circ}$  C, also um  $1,3^{\circ}$  C. Im darauffolgenden Sommer wurden nach einer Reihe sehr warmer Tage nie höhere Temperaturen als  $10,3^{\circ}$  C gemessen, doch konnte auch hier innerhalb 24 Stunden eine Temperaturschwankung von  $0,4^{\circ}$  C beobachtet werden.

Steinböck nimmt schon 1954 bei Besprechung des Typs I, 2b, der „wärmeren“ Hochgebirgsseen auf den Mölsersee Bezug und betrachtet diesen als „einen Grenzfall, der wohl noch zu den Hochgebirgsseen I, 2b gerechnet werden muß, aber zu Zeiten abnormal warmer Witterung deutliche Züge des Typus „perennierender Tümpel“ (II) aufweist“, da sich die täglichen Witterungsschwankungen vielfach bis zum Grunde bemerkbar machen. Eine biologische Bestätigung dieser Beurteilung ergibt sich, — worauf Steinböck anschließend hinweist, — aus dem Verhalten der Saiblinge dieses Sees, wurde doch der außergewöhnlich heiße Sommer 1952 vielen derselben zum Verhängnis. Immer wieder wurden in diesen Wochen tote Saiblinge auf der Oberfläche treibend gefunden, die keine Anzeichen einer Erkrankung zeigten, sondern zweifellos den zu hohen Temperaturen erlegen waren. Hätte die warme Witterung noch länger angehalten, wäre es wahrscheinlich zur Vernichtung der gesamten Saibling-Population gekommen.

Ein weiterer biologischer Hinweis auf die Übergangsstellung des Mölsersees zwischen Hochgebirgssee und perennierendem Tümpel zeigt sich im Fehlen einerseits des *Diaptomus bacillifer* Koelbl, andererseits der *Daphnia*

*longispina* O. F. Müller. Pesta (1934) kommt zur Auffassung, daß „die weitaus überwiegende Zahl der Fundorte für *bacillifer* nach seinen Ermittlungen dem Seetypus angehört“. Nur eine einzige Ausnahme ist Pesta aus eigener Anschauung bekannt, nämlich das Vorkommen dieser Art in einem nur wenige Zentimeter tiefen Tümpel am Torjoch (Tuxer-Alpen 2300 m), doch liegt hier seiner Meinung nach wahrscheinlich passive Verschleppung durch Almvieh aus den in nächster Umgebung befindlichen Torjochseen vor. Das Fehlen dieses Kopepoden im Mölsersee, vielleicht auch die „Dizyklie“ von *Cyclops strenuus*, könnte also als eine Annäherung an den „perennierenden Tümpel“ gewertet werden. Dagegen weist das Nichtvorhandensein von *D. longispina* im See in die entgegengesetzte Richtung, da aus den Arbeiten von Kreis (1920), Stirnimann (1926), Suchlandt-Schmassmann (1935), Wolff (1948), Tonolli (1949, 1951) u. a. hervorgeht, daß *D. longispina* im Hochgebirge vornehmlich in Gewässern mit Tümpelcharakter auftritt.

##### 5. Schnee- und Eisverhältnisse

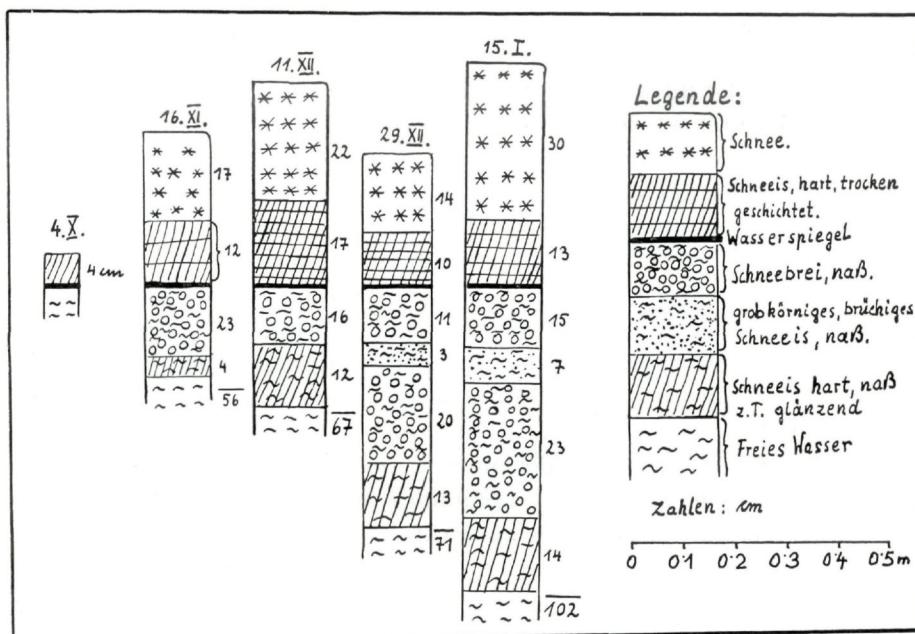


Fig. 2: Bau der Winterdecken vom 4. 10. 1952 bis 15. 1. 1953

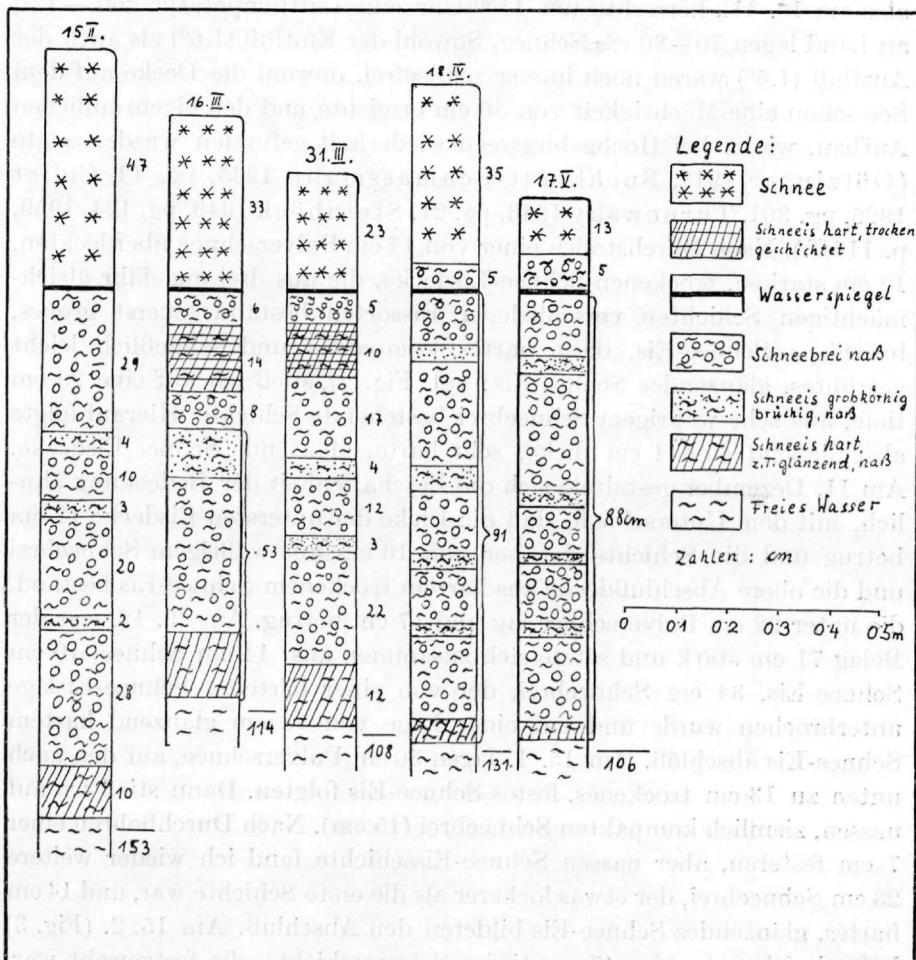


Fig. 3: Bau der Winterdecken vom 15. 2. bis 17. 5. 1953

Die winterliche Decke bildete sich 1952 in der Zeit vom 28. 9. bis 4. 10. sehr rasch. Am 28. 9. verließ ich den See, der noch vollständig eisfrei war und auch am Ufer keine Spuren einer Eisbildung zeigte, bei heftigem Schneetreiben. Als ich am 4. Oktober den See besuchte, war er bereits vollkommen zugefroren und die Eisdecke von 3—5 cm Dicke bestand aus grobkörnigem, trübem, aber sehr festem Schnee-Eis. Der Ein- und Ausfluß mit Temperaturen von 3,4 und  $5,75^{\circ}\text{C}$  waren frei. Während die Landschaft eine 30—50 cm mächtige Schneelage bedeckte, lag auf dem See selbst nur eine kleine Schichte von 2—3 cm Stärke. Ein Monat später,

also am 16. 11., herrschte um 11<sup>30</sup> Uhr eine Lufttemperatur von —12°, an Land lagen 70—80 cm Schnee. Sowohl der Einfluß (1,6°) als auch der Ausfluß (1,5°) waren noch immer schneefrei, obwohl die Decke auf dem See schon eine Mächtigkeit von 56 cm erreichte und den eigentümlichen Aufbau, wie er bei Hochgebirgsseen wiederholt gefunden wurde, zeigte (Götzinger 1917, Suchlandt-Schmassmann 1935, pg. 43, Collet 1925, pg. 301, Turnowsky 1946, pg. 21, Steinböck 1949, pg. 124, 1959, p. 116ff.). Nach Durchstoßen einer von 17 cm Pulverschnee überdeckten, 12 cm starken, trockenen Schnee-Eisdecke, die aus drei ungefähr gleichmächtigen Schichten verschiedener Eissorten bestand (zuerst grobes, brüchiges Schnee-Eis, dann hartes, kompaktes und schließlich leicht getrübtes, glänzendes Schnee-Eis; vgl. Fig. 2), stieß ich auf eine 20 cm tiefe, aus sehr wäßrigem Schneebrei bestehende Schicht. Hierauf folgte abschließend eine 4 cm dicke, sehr harte, glänzende Schnee-Eisdecke. Am 11. Dezember gestaltete sich die Beschaffenheit der Bedeckung ähnlich, mit dem Unterschiede, daß die Dicke der untersten Eisdecke 12 cm betrug und die Schichte darüber von 16 cm aus wäßrigem Schneebrei und die obere Abschlußdecke aus hartem trockenem Schnee-Eis bestand, die unter 22 cm Pulverschnee lag und 17 cm betrug. Am 29. 12. war der Belag 71 cm stark und setzte sich zusammen aus: 14 cm Schnee, 10 cm Schnee-Eis, 34 cm Schneebrei, der von einer härteren Schnee-Eislage unterbrochen wurde und mit einer Lage von 13 cm glänzend hartem Schnee-Eis abschloß. Am 15. 1. lagen 30 cm Pulverschnee, auf den nach unten zu 13 cm trockenes, festes Schnee-Eis folgten. Dann stieß ich auf nassen, ziemlich kompakten Schneebrei (15 cm). Nach Durchbohren einer 7 cm festeren, aber nassen Schnee-Eisschichte fand ich wieder weitere 23 cm Schneebrei, der etwas lockerer als die erste Schichte war, und 14 cm hartes, glänzendes Schnee-Eis bildeten den Abschluß. Am 15. 2. (Fig. 3) befand sich unter der 47 cm tiefen Schneeschicht, die festgeweht war, gleich ohne Eisdecke eine 29 cm messende wäßrige Schneebreilage, nach deren Auflockern und Ausschöpfen ich auf eine 4 cm starke, harte Schnee-Eislage stieß; hierauf folgten 10 cm Schneebrei, 3 cm Schnee-Eis, anschließend 20 cm Schneebrei und zuletzt eine 10 cm starke, glänzende, harte Schnee-Eisdecke. So ergab sich in diesem Winter die mächtigste Bedeckung (153 cm), die ich je antraf. Am 16. 3. fand ich wieder unter dem 33 cm tiefen Schnee eine nasse Schneebreilage vor, die aber nur eine Mächtigkeit von 6 cm hatte. Darauf folgten eine 14 cm dicke, harte Schnee-Eisdecke, 8 cm Schneebrei, eine mittelstarke Eisdecke, die ich durchschlug und nach Durchbrechen einer 10—12 cm harten Schnee-Eisdecke, die unter 28 cm Schneebrei lag, erreichte ich

endlich das freie Wasser. Am 31. 3. untersuchte ich den Aufbau der auf dem See befindlichen Decke besonders genau, da ich eine Lichtmessung durchzuführen beabsichtigte: Unter 23 cm trockenem Firnschnee traf ich eine 5 cm dicke weiche Schneebreischicht und 10 cm körniges, mit Luftsblasen durchsetztes Schnee-Eis. Ich durchstieß sie und gelangte in eine 17 cm mächtige, ziemlich feste Schneebreischicht. Ihr folgte eine Schnee-Eisschicht von 4 cm, die nicht so hart wie die vorhergehende und daher mit wenigen Schlägen rasch zu überwinden war. Nach 22 cm weniger festem Schneebrei traf ich zum Abschluß eine 12 cm dicke Schnee-Eisdecke an. Am 18. 4. zeigten die Verhältnisse nur geringfügige Veränderungen. Die Schneedecke hatte eine Mächtigkeit von 40 cm, bestehend aus frischem, kleinkristalligem Neuschnee. Die unterste 5-cm-Schichte des frischen Schnees war naß, der folgende Schneebrei wurde von mehreren schwächeren Schnee-Eisdecken unterbrochen, die im Gegensatz zur mühevollen Eröffnung der untersten Eisdecke leicht durchstoßen werden konnten. Am 17. 5. war rings um den See schon ein 20 bis 50 cm tiefer Wasserring, der sich aber noch nicht vollständig schloß, zu beobachten. Den See konnte ich daher nur mit Gummistiefeln betreten und stand beim Arbeiten ständig bis über die Knöchel im Wasser.

Soging die Eisbildung am Mölsersee im Laufe des Winters 1952–1953 vor sich. Es ist nur selbstverständlich, daß sich ihr Ablauf — da von der Witterung, vor allem vom Niederschlag abhängig — jeden Winter irgendwie anders gestaltet.

Die eigentümliche Schichtung der winterlichen Eisdecke der Hochgebirgsseen in Blankeislagen und Schneebrei („gruelsnow“ Litynski 1917, „bouillie glacée“ Collet 1925, „neve bagnata“ Baldi 1941), erstmalig von Birkenmajer (1901) beschrieben, wurde bereits mehrfach diskutiert, so zusammenfassend bei Steinböck 1958, wo die bis dahin unbeachteten aber wichtigen Ergebnisse polnischer Forscher auf Grund der Abhandlung Olczewskis (1948) über die „winter stratification“ der Tatraseen entsprechend gewürdigt werden. Nach der übereinstimmenden Meinung der Forscher ist für die oben beschriebene Schichtung in erster Linie der wiederholte Einbruch der Eisdecke durch die Schneelast mit nachfolgendem Aufquellen von Wasser, das seinerseits zu oberst eine neue Eisdecke bildet, maßgeblich. Da Steinböck auch die von mir erhobenen Befunde im Mölsersee erörtert, sei hier nur darauf verwiesen.

## 6. Lichtmessungen im See

Neben den Temperaturen sind es die Lichtverhältnisse, die für den See von besonderer Wichtigkeit und Bedeutung sind. Im Rahmen dieser

Arbeit war es jedoch unmöglich, alle interessanten optischen Erscheinungen eingehend zu studieren und zu bearbeiten, und ich sah mich gezwungen, mein Augenmerk auf die Charakterisierung nur des Wesentlichen zu richten. Ich trachtete danach, die spektrale Durchlässigkeit des Seewassers zu ermitteln. Diese Werte geben stets ein sehr klares Bild über die Eigenschaften eines Gewässers und bieten ausgezeichnete Möglichkeiten, Vergleiche mit anderen Gewässern anzustellen.

Mit der eingangs erwähnten Apparatur konnte ich die Transmission des Mölser Sees an 6 Punkten des sichtbaren Spektrums messen. Tabelle 2 sind die Bezeichnungen der verwendeten Filter (Schott & Gen.) zu entnehmen, sowie die optischen Schwerpunkte der jeweiligen Photoelement-Filter-Kombination:

Tabelle 2

Filter	BG 12 + UG	1. BG 12.	VG 9.	O Gl + BG 18	RG 2	RG 5
Optischer Schwerpunkt der Kombination Photoelement-Filter in nm	377	435	525	590	660	700

Ich führte zwei Doppelmessungen durch. Die ersten Meßreihen (16. Juli 1953) wertete Dr. Sauberer aus. Die Meßergebnisse waren korrekt und Dr. Sauberer teilte mir in freundlicher Weise mit, daß dies bei nicht sehr günstigen Witterungsverhältnissen immer wieder vorkäme, eine Korrektur verursache aber bei einiger Erfahrung keine nennenswerten Schwierigkeiten. Die besten Ergebnisse seien zu erzielen, wenn der Himmel leicht und gleichmäßig bedeckt und die Sonnenstrahlung stark diffus ist. Bei klarem Wetter und direkter Sonnenstrahlung entstehen durch variierende Reflexion an der doch immer wenigstens leicht bewegten Wasseroberfläche fehlerhafte Unregelmäßigkeiten in der Meßreihe. Die Witterung des Messungstages (16. Juli) war nicht ideal: klarer Himmel und leichter Wind; doch ich konnte, da mir die Apparatur nur für eine bestimmte Zeit zur Verfügung stand und infolge des langen Anmarschweges, die günstigsten Bedingungen nicht abwarten.

Die Lichtdurchlässigkeit betrug nach der korrigierten Berechnung Dr. Sauberers in Prozent/Meter:

Wellenlänge (in nm):	377	435	525	590	660	700
%/m:	65	89	92	84	65	35

Nach dieser Messung zählt der See zu den lichtdurchlässigsten Gewässern Österreichs. Die Durchlässigkeit im blauen und besonders im ultravioletten Bereich ist ungewöhnlich groß. Ich hatte mir dies niemals erwartet, denn der Seegrund ist zum Großteil mit Faulschlamm bedeckt und weist im Winter über dem Grunde einen bedeutenden Sauerstoffschwund auf; es mußte also mit gelösten Humusstoffen gerechnet werden, wenn auch das Wasser stets ganz klar und an allen Stellen bis zum Grunde durchsichtig erschien. Nach diesem Ergebnis aber muß das Wasser also sehr arm an gelösten Humusstoffen sein (Sauferer-Ruttner 1941, pp. 76/77). Der Grund hiefür ist vielleicht darin zu suchen, daß das ruhig fließende Bächlein des Hauptzuflusses mit seinem 200 m langen Lauf und die beiden sichtbaren Quellen unmittelbar am Ufer dem See stets sehr reines Wasser zuführen. Der Ausfluß besitzt schätzungsweise eine Ausflußgeschwindigkeit von 2 l/sec. (Jahresmittel). In einem Jahr würde demzufolge mindestens zweimal das Seevolumen, das sind 26 450 000 l, ausfließen. Den Temperaturverhältnissen zufolge liegt der Schluß nahe, daß sich das Seewasser mindestens einmal im Jahr vollständig erneuert.

Bei einer weiteren Untersuchung am 10. Oktober erhoffte ich nun durch neue Messungen eine Lösung dieses Problems. Der See enthielt an diesem Tag ein für seine Verhältnisse reichhaltiges Plankton und ich erwartete eine bedeutend geringere Transparenz als sich im Juli, knapp einen Monat nach Verschwinden der Eisbedeckung, gezeigt hatte. Ich führte die Messung mit großer Sorgfalt durch und schloß wie stets jedem Satz eine Kontrollmessung an. Frau Dr. Dirmhirn von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien bearbeitete meine Ergebnisse mit dem Resultat ähnlicher Durchlässigkeitswerte wie im Juli:

Wellenlänge in nm:	377	435	525	590	660	700
%/m:	62	87	90	82	65	35

Der Mölsersee besitzt also anhaltend auch während der Vegetationsperiode ein an gelösten Humusstoffen sehr armes Wasser, trotz der starken Schlammfläche am Grunde, des winterlichen Sauerstoff-Schwundes über demselben und der verhältnismäßig hohen Temperatur, die der schlammige Seegrund erreicht.

In Fig. 4 ist die spektrale Durchlässigkeit des Mölsersees (Juli und Oktober 1953) graphisch dargestellt. Intensität und spektrale Zusammensetzung des Lichtes in verschiedenen Tiefen wurden in Prozent der auf die Oberfläche auftreffenden Strahlung aufgetragen.

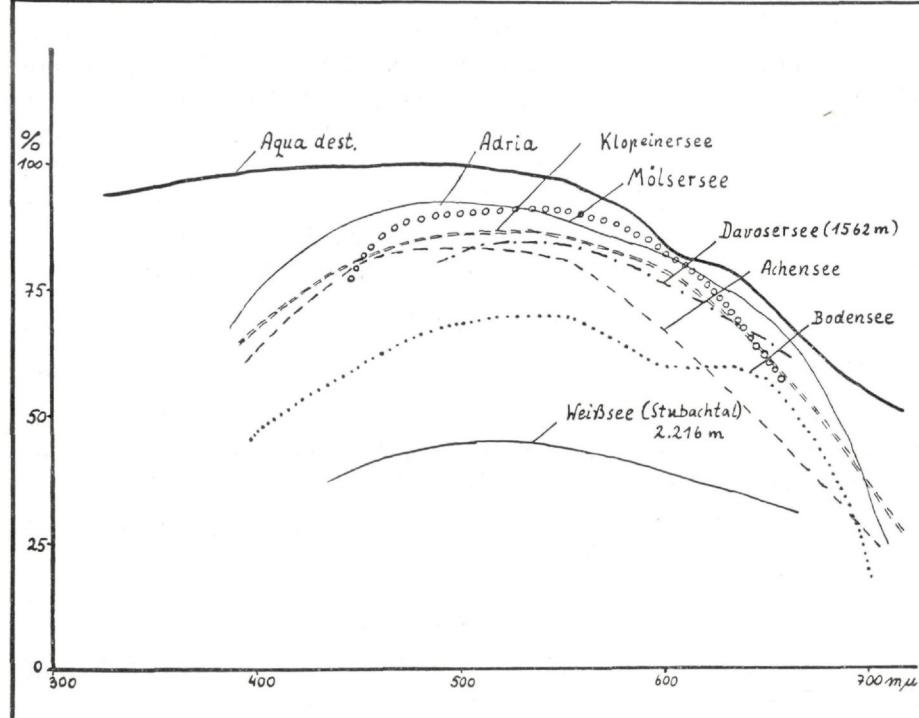
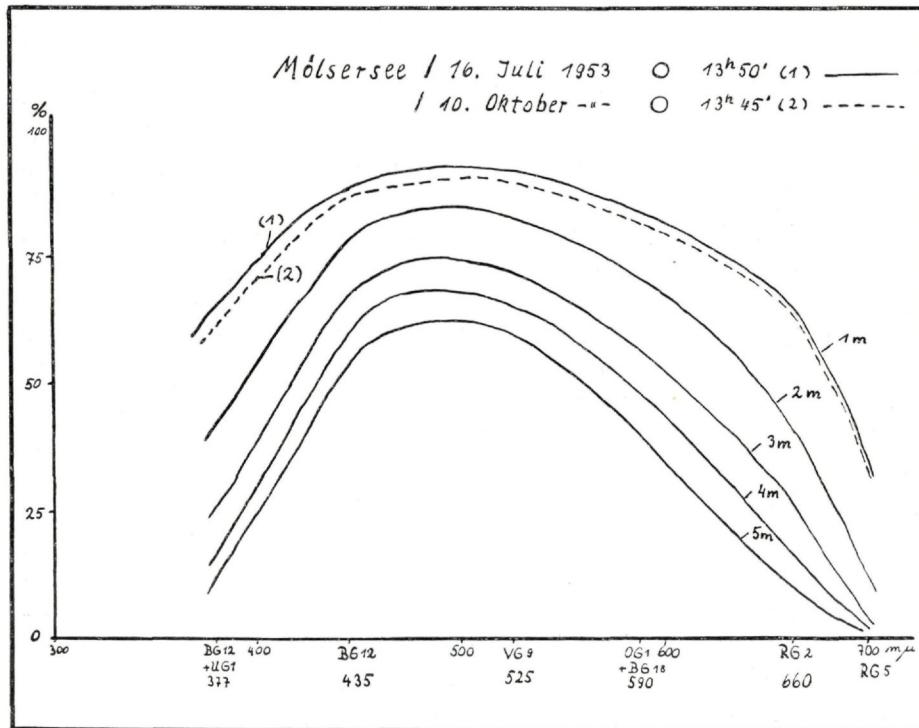


Fig. 5: Vergleich der Transmissionskurve des Mölsersees mit der anderer Gewässer.

Die Zahlenwerte hiezu sind:

Wellenlänge in nm:	377	435	525	590	660	700
% der Intensität an der						
der Oberfläche in: 1 m:	65	89	92	84	65	35
2 m:	42	78	83	70	42	12
3 m:	27	69	72	58	27	4
4 m:	17	61	66	49	17	1
5 m:	11	54	60	41	11	0,5

Nach den vorliegenden Messungen ist dem Mölsersee die Kennziffer 798 zuzuordnen. Diese gibt nach dem Vorschlag Sauberers 1939, p. 48, die Transmission für die Wellenlängen 400, 500 und 600 nm in Prozentzahlen, auf Zehner abgerundet, in einer dreistelligen Zahl an.

Fig. 5 gibt einen Vergleich der Transmissionskurve des Mölsersees mit der von destilliertem Wasser sowie mit der spektralen Durchlässigkeit verschiedener anderer Gewässer. Es liegen Daten über folgende Gewässer vor:

Adria (Seybold 1934), Davoser-See (Dorno und Suchlandt, nach Sauberer und Ruttner 1941), Achensee (Sauberer 1939), Bodensee (Seybold 1936), Weißsee-Stubachtal (Lauscher 1940), Aqua destillata (James nach Sauberer und Ruttner 1941). Die dargestellten spektralen Durchlässigkeiten verschiedener Gewässer bieten mit Ausnahme von Achen- und Weißsee nur eine ungefähre Orientierung, da es sich vielfach um einmalige, nur die obersten Meter betreffenden Messungen von verschiedenen Einstrahlungsverhältnissen handelt. Die Kurve der Adria, die eine dem Mölsersee ähnliche Kennziffer aufweist, wurde von Seybold (1934) ausgemessen. Nach Sauberer und Ruttner (1941) fällt diese Kurve zur Wellenlänge 435 nm zu steil ab, weil das zur Messung verwendete Fuess-Filter Nr. 7 auch bei  $680 \mu$  einen Transmissionsstreifen zeigt, so daß die Strahlung in diesem Bereich zum Teil mitgemessen wurde; bei dieser Wellenlänge ist also die tatsächliche Transmission des Wassers geringer. An der Kurve des Weißsees ist deutlich ersichtlich, daß er milchiges Gletscherwasser enthält.

Leider sind keine Lichtmessungen mit einheitlichen Instrumenten und unter gleichen Gesichtspunkten an Seen von der Art des Mölsersees vorhanden, so daß nähere Vergleiche nicht angestellt werden können. Doch ist zu hoffen, daß in nächster Zeit derartige Messungen an kleinen Hochgebirgsseen von seiten des Innsbrucker Zoologischen Institutes durchgeführt werden, und so ein möglichst reiches Vergleichsmaterial zustande kommt.

Der Lichtmenge, die unter die winterliche Decke zu dringen vermag, wandte ich besondere Aufmerksamkeit zu. Der Literatur (Sauberer 1950, Kalitin 1930) über Lichtdurchlässigkeit von Eis und Schnee entnahm ich, daß unter der stark wasserdurchtränkten Decke mehr Licht zu erwarten wäre, als bisher unter mehr oder weniger trockenen Eis- und Schneeschichten gemessen worden war. Was über die Strahlungsdurchlässigkeit von Eis und Schnee bekannt ist, ist den Publikationen von Sauberer und Ruttner (1941) und Sauberer (1950) zu entnehmen. Nach den Verhältnissen der winterlichen Decke auf dem See schien mir die Möglichkeit gegeben, daß einige Prozent der Lichtintensität der Oberfläche die Decke durchdringen und den Organismen des Sees zugute kommen. Wenn die Schneedecke, die in der Mächtigkeit ihrer Ausbildung und ihrer optischen Beschaffenheit recht verschieden sein kann, im Laufe des Winters einige Prozent der Oberflächenintensität passieren läßt (Sauberer und Ruttner 1941), so hängt die tatsächliche Lichtintensität im See davon ab, welche Durchlässigkeit die restliche wasserdurchtränkte Schnee- und Eisdecke besitzt, die nicht ohne weiteres mit den Schnee- und Eissorten Sauberer's verglichen werden kann.

Die erste Messung führte ich am 29. 12. 1953 durch. An einer 3,4 m langen Stange, die ich schräg einführte, brachte ich das Photometer durch die zuvor ausgeschaukelte Öffnung unter die Schnee- und Eisdecke von 71 cm Dicke und füllte anschließend das Loch mit Schnee- und Eisstücken aus. Ich wiederholte die Messung damals nicht, da auf das Zifferblatt des Galvanometers, dessen Schutzglas sich verschoben hatte, einige Schneekörner gefallen waren. Der Ausschlag von 3 Teilstichen, der, grob gerechnet, dem Wert von 9 Hefnerkerzen entspricht, schien mir viel zu groß und ich sandte diese Meßergebnisse — mit Vorbehalt — zur Ausarbeitung nach Wien. Bei den nächsten Messungen (10. 1., 15. 1., 31. 3. und 18. 4.) trachtete ich, auch aufkommende Zweifel, daß das durch das Eisloch eindringende Licht die Messung störe, zu beseitigen. Ich baute ein zerlegbares Gestänge, das im rechten Winkel zusammengeschraubt werden konnte und mit Rollen zum Senken und Aufziehen des Kabels der Meßapparatur versehen war. Ich hob eine möglichst kleine Öffnung aus, so daß ich das Gestänge gerade einbringen konnte und erweiterte sie durch einen Schlitz gegen die unberührte Decke hin. Die zusammengeschraubten Stäbe drückte ich in diesen Schlitz hinein, schüttete das Loch zu und deckte es mit einer Plane ( $120 \times 160$  cm) aus lichtundurchlässigem Kleppermantelstoff ab. Das Photoelement war also bei dieser Anordnung vom abgedeckten Loch über 230 cm entfernt und 30 cm unter der unberührten Decke in Position gebracht (Fig. 6). Da mir für die

Messung der Oberflächenintensität kein eigenes Photoelement zur Verfügung stand, stellte ich jedesmal drei Messungen an, bei denen ich die Apparatur stets neuerdings aus- und wieder einbaute.

Nunmehr ergaben sich folgende Werte (die Absolutwerte wurden von Frau Dr. Dirmhirn berechnet):

Datum	Zeit	Absolutwerte in Lux	% Oberfl. Intens. d. Lichtes
		Oberfl.	Unter Eis:
29. 12. 1952	12 Uhr	34 000	373
10. 1. 1953	11 <sup>30</sup> Uhr	35 700	570
15. 1. 1953	13 Uhr	35 700	528
16. 3. 1953	13 <sup>30</sup> Uhr	55 000	522
		55 000	495
		55 000	550
18. 4. 1953	12 <sup>30</sup> Uhr	90 000	0,54
		90 000	0,54

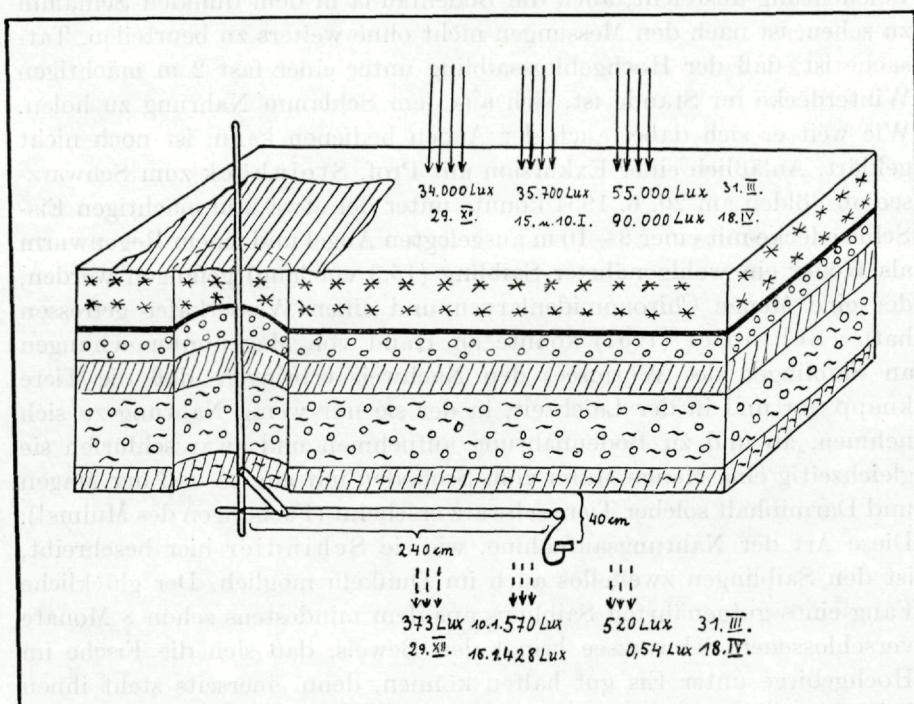


Fig. 6: Lichtmessung unter der Winterdecke. Meßanordnung und Angabe der Absolutwerte.

Die im April ausgeführte Messung überraschte mit ihren äußerst geringen Intensitäten unter der Decke, obwohl die Sonne bei teilweise bedecktem Himmel auf die Oberfläche strahlte. Die Mächtigkeit der Decke betrug 131 cm, davon war 35 cm trockener Neuschnee. Der feinkristallige klebrige Schnee ist nach Sauberer und Ruttner 1941 der Sorte 1 der Durchlässigkeit verschiedener Schnee- und Eissorten zuzuweisen. Diese Messung zeigte deutlich, daß nicht so sehr die vom Wasser durchsetzten Schichten, sondern die Mächtigkeit und Beschaffenheit der obersten trockenen Schneelage die Lichtdurchlässigkeit bestimmen.

Während der Zeit der Schneedecke ist die Lichtstärke im freien Wasser des Sees nicht so minimal, wie es zufolge der Mächtigkeit der Decke erwartet wird, wenngleich auch der Tag sehr kurz ist und bei bestimmten Schneeverhältnissen längere Zeit nur etwa Mondlicht herrscht, wie es die Werte vom 18. 4. 1953 aufzeigten.

Den Saiblingen des Sees ist demnach eine zielgerichtete Nahrungs suche besonders gegen die leuchtende Eisdecke hin möglich. Ob die Beleuchtung ausreicht, auch die Bodenfauna in dem dunklen Schlamm zu sehen, ist nach den Messungen nicht ohne weiters zu beurteilen. Tatsache ist, daß der Hochgebirgssaibling unter einer fast 2 m mächtigen Winterdecke im Stande ist, sich aus dem Schlamm Nahrung zu holen. Wie weit er sich dabei auch der Augen bedienen kann, ist noch nicht geklärt. Anlässlich einer Exkursion mit Prof. Steinböck zum Schwarzen See ob Sölden am 20. 6. 1954 konnte unter der etwa 2 m mächtigen Eis-Schneedecke mit einer 8—10 m ausgelegten Angel und einem Regenwurm als Köder ein wohlgenährter Saibling (15,3 cm lang) gefangen werden, der eine Menge Chironomidenlarven und einen Wasserkäfer gefressen hatte. Schindler (1951) konnte an Hand von Magenuntersuchungen an Saiblingen des Würmsees den Nachweis erbringen, daß die Tiere knapp vor und in der Laichzeit, in der sie nur wenig Nahrung zu sich nehmen, ab und zu Bodennahrung aufnehmen und zwar schlürfen sie gleichzeitig eine Menge Mulm vom Seeboden mit ein, so daß der Magen und Darminhalt solcher Tiere schwarz erscheint (Färbungen des Mulms!). Diese Art der Nahrungsaufnahme, wie sie Schindler hier beschreibt, ist den Saiblingen zweifellos auch im Dunkeln möglich. Der glückliche Fang eines gutgenährten Saiblings aus dem mindestens schon 8 Monate verschlossenen Schwarzsee bringt den Beweis, daß sich die Fische im Hochgebirge unter Eis gut halten können, denn einerseits steht ihnen bei völliger Dunkelheit mit Aufnahme des larvenreichen Bodenschlammes stets Nahrung zur Verfügung, andererseits sind die Lichtverhältnisse viel günstiger, als bisher angenommen wurde. Das gefangene Tier hatte im

Verdauungstrakt neben den zahlreichen Chironomidenlarven nur wenig Bodenschlamm, wird also an diesem sonnigen Tag im Dämmerlicht der Tiefe möglicherweise bei der Nahrungssuche sich auch der Augen bedient haben können.

Nach den Messungen im Mölsersee bin ich geneigt anzunehmen, daß den Saiblingen in diesem See bei klarem oder mäßig bedecktem Himmel, bei günstiger Beschaffenheit der Schneedecke am Grunde noch so viel Licht zur Verfügung steht, daß sie Nahrung auch zu sehen imstande sind.

### 7. Der Chemismus

Die chemischen Verhältnisse, vornehmlich das Vorhandensein von gelöstem Sauerstoff, sind ebenfalls zur Charakterisierung eines Gewässers unerlässlich. Im Hochgebirge stellen sich jedoch in den Wintermonaten diesen Untersuchungen, gerade wenn regelmäßige Beobachtungen ange stellt werden sollten und sich in unmittelbarer Nähe keine Unterkunft befindet, eine Reihe von Schwierigkeiten entgegen.

Wegen dieser widrigen Umstände, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, konnten bei meinen Untersuchungen am Mölser See nur einige wenige chemische Milieufaktoren, — und diese nur selten und mit nicht hoher Genauigkeit — erfaßt werden.

Tabelle 3 enthält sämtliche vorliegenden Daten; die Arbeitsmethodik wurde bereits oben (p. 51) beschrieben.

Tabelle 3

	Tiefe in m	Temp. in °C	O <sub>2</sub> mg/l gef.	Sätti- gung %	CO <sub>2</sub> mg/l Gesamt- CO <sub>2</sub>	Gleich- gewichts- CO <sub>2</sub>	Alkal. mval/l	pH d. H. <sup>o</sup>
7. April 1952	1	0,1	11,5	108	4,0	—	—	—
14 Uhr	2	0,2	9,2	86	5,5	—	—	—
Windstärke 4	3	2,2	7,6	75,5	7,5	—	—	—
Lufttemp. — 2,3° C	4	2,7	4,9	49,5	10,0	—	—	—
1. Mai 1952	0	0,2	12,8	120	4,0	—	—	—
11 Uhr	1	0,3	9,1	86	4,25	—	—	—
Windstärke 2	2	1,1	6,66	64,5	6,6	—	—	—
Lufttemp. + 8,0° C	3	2,0	5,18	51	8,5	—	—	—
	4	3,2	3,08	31,5	13,5	—	—	—
	5	3,3	2,6	26,5	16,5	—	—	—
6 Juni 1952	0	5,2	10,8	116	1,8	—	—	—
11 <sup>20</sup> Uhr	1	5,8	10,2	112	2,0	—	—	—
Windstärke —	2	5,7	10,7	117	1,8	—	—	—
Lufttemp. + 11,6° C	3	5,3	9,4	102	2,0	—	—	—
	4	4,8	10,1	108	2,0	—	—	—
	5	4,8	10,4	111	2,0	—	—	—

	Tiefe in m	Temp. ° C	O <sub>2</sub> mg/l gef.	Sätti- gung %	CO <sub>2</sub> mg/l Gesamt- CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> mg/l Gleich- gewichts- CO <sub>2</sub>	Alkal. mval/l	pH d. H. <sup>o</sup>
15. Juni 1952	0	10,3	9,7	119	2,0	—	—	—
15 Uhr	1	8,8	9,5	112	1,9	—	—	—
Windstärke 1	2	8,2	9,6	111,5	1,9	—	—	—
Lufttemp. + 14,7° C	3	7,6	9,8	112	2,0	—	—	—
	4	7,4	10,1	115	2,0	—	—	—
	5	7,1	10,3	117	2,0	—	—	—
13. August 1952	0	15,8	7,59	104	1,02	0,1	0,15	7,23 0,42
17 Uhr	1	15,6	7,69	105	1,23	0,1	0,17	7,25 0,47
Windstärke 4	2	15,1	7,71	104,5	1,26	0,1	0,17	7,20 0,47
	3	14,7	7,82	105	1,45	0,1	0,19	7,19 0,53
	4	14,6	7,82	105	1,55	0,1	0,20	7,18 0,56
	5	14,5	7,91	106	1,59	0,1	0,20	7,20 0,56
17. Septemb. 1952	0	6,6	10,98	123	1,35	0,1	0,18	7,23 0,50
7 Uhr	5	6,5	10,31	115	1,79	0,1	0,23	7,26 0,64
Windstärke 6								
Lufttemp. + 3,7° C								
11. Dezember 1952	0	0,2	12,57	118	4,34	0,1	0,20	6,8 0,56
15 Uhr	3	3,2	9,32	95,5	6,89	0,1	0,28	6,8 0,78
Windstärke 5	5	3,9	6,84	71	10,11	0,2	0,32	6,6 0,89
Lufttemp. - 8,0° C								
15. Februar 1953	0	0,0	12,46	116	6,77	0,1	0,25	6,8 0,70
14 Uhr	3	3,0	9,80	100	8,36	0,2	0,34	6,8 0,85
Windstärke 5	5	3,5	1,95	20	15,83	0,2	0,34	6,5 0,85
Lufttemp. - 11,3° C								
16. März 1953	0	0,0	13,45	126	5,87	0,1	0,22	6,8 0,61
13 Uhr	1	0,1	12,30	115	6,67	0,1	0,25	6,8 0,70
Windstärke 4	2	1,4	10,24	100	6,77	0,1	0,25	6,8 0,70
Lufttemp. - 1,7° C	3	2,6	7,22	72,5	8,01	0,2	0,30	6,8 0,84
	4	3,1	4,76	48,5	13,01	0,2	0,35	6,6 0,90
	5	3,5	1,14	12	17,67	0,2	0,35	6,5 0,90
18. April 1953	0	0,0	12,84	120	5,60	0,1	0,21	6,8 0,58
13 Uhr	1	0,0	11,75	110	6,14	0,1	0,23	6,8 0,64
Windstärke 5	2	0,2	9,55	90	6,67	0,1	0,25	6,8 0,70
Lufttemp. - 2,1° C	3	2,2	6,01	60	12,31	0,2	0,31	6,6 0,86
	4	2,7	3,23	32,5	12,95	0,2	0,34	6,6 0,95
	5	3,5	1,13	12	18,18	0,2	0,36	6,5 1,00
17. Mai 1953	0	0,0	13,05	122	5,07	0,1	0,19	6,8 0,53
13 Uhr	1	0,2	12,12	114	5,07	0,1	0,19	6,8 0,53
Windstärke 4	2	1,1	10,01	96,5	6,02	0,1	0,23	6,8 0,64
Lufttemp. + 12,5° C	3	2,1	6,02	60	10,72	0,2	0,31	6,6 0,86
	4	2,7	3,11	31	17,21	0,2	0,35	6,5 0,90
	5	3,5	1,12	11,5	18,20	0,2	0,37	6,5 1,36

	Tiefe in m	PO <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>2</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	SiO <sub>2</sub> gesamt mg/l	SiO <sub>2</sub> gelöst mg/l	SiO <sub>2</sub> ungel. mg/l
31. März 1953	3	0,005	0,05	0,425	18,03	4,0	14,03
17. Mai 1953	0	0,00225	0,0095	0,380	18,04	0,18	17,86
	1	0,0535	0,0125	1,55	19,86	0,81	19,05
	2	0,0535	0,0049	2,1	15,58	1,08	14,50
	3	0,005	0,005	0,485	21,28	0,78	20,50
	4	0,05	0,0005	0,455	12,90	0,90	12,00

### a) Die Sauerstoff-Verhältnisse

In der eisfreien Zeit ist das Seewasser bis zum Grunde mehr oder weniger mit Sauerstoff übersättigt, trotz des verhältnismäßig geringen Volumens des Sees, bzw. der ungünstigen  $\frac{V}{O}$  Relation (Thienemann 1928).

Die Ausführungen Steinböcks (1953) finden auch am Beispiel des Mölsersees ihre volle Bestätigung. Da sich im Laufe des Sommers und des eisfreien Herbstes durch Wind und Wetterstürze eine anhaltende Temperaturschichtung nicht ausbilden kann und der See ständig durchmischt wird, werden die untersten Schichten trotz der im Winter deutlich nachweisbaren O<sub>2</sub>-zehrenden Fäulnisprozesse im Schlamm ständig von oben her mit O<sub>2</sub> reichlich versorgt.

Wenn der See durch die Eisdecke verschlossen und dadurch vor dem Winde geschützt ist, tritt eine deutliche Sauerstoffsschichtung parallel mit einer scharfen Temperaturschichtung ein. Im Herbst 1952 war der See schon anfangs Oktober mit einer 4—5 cm dicken Schnee-Eisdecke, die den Einfluß des Windes ausschaltete, versehen. Im folgenden November gelang es mir nicht, die O<sub>2</sub>-Verhältnisse zu ermitteln, da die Fläschchen nach der Probenentnahme infolge Frost alle zerbrachen und mir kein Ersatz zur Verfügung stand. Im Dezember konnte ich in 5 m Tiefe etwa 20—30 cm über dem Schlammgrund bereits einen Sauerstoffrückgang auf 71% der Sättigung feststellen (Oberfläche 118%). Nach Ablauf von zwei Monaten, im folgenden Februar, war die Abnahme des Sauerstoffs bereits auf 20% (Oberfläche 116%) der Sättigung fortgeschritten. Im März konnte ich in der Tiefe 12% der Sättigung feststellen, während unmittelbar unter Eis eine relative O<sub>2</sub>-Sättigung von 126% herrschte. Auffällig ist, daß in der Folgezeit bis Mitte Mai keine weitere wesentliche Zunahme der Sauerstoffzehrung beobachtet werden konnte. Die letzte Messung unter Eis vom 17. Mai zeigte in 5 m Tiefe noch 11,5% der Sättigung. Warum es im späteren Frühjahr nicht zum erwarteten völligen O<sub>2</sub>-Schwund kam, entzieht sich meiner Kenntnis. Vielleicht ist dies auf

die Tatsache zurückzuführen, daß das Wasser der zufließenden Quellen, deren Temperaturen denen der untersten Schichte entsprechen dürften, sich unmittelbar über Grund einschiebt und dadurch den völligen O<sub>2</sub>-Schwund verhindert.

Der Mölsersee ist also mit Steinböck (1953, p. 159) kryoeutroph; Steinböck bezeichnet hiermit „jene Seen, die trotz Fäulnisvorgängen im Sommer auch in der Tiefe sauerstoffreich sind, oder doch nur vorübergehend Sauerstoffschwund aufweisen, in welchen aber mit Beginn der Eisbedeckung Sauerstoffzehrung eintritt“. Wenn man bedenkt, daß der Seeoberfläche von 8431 m<sup>2</sup> ein Schlammareal von rund 4100 m<sup>2</sup> gegenübersteht, wird die Sauerstoffzehrung (Alsterberg 1927) verständlich.

Die Annahme Steinböcks (l. c., p. 161), daß der „kryoeuthrophe“ See im Hochgebirge häufiger vertreten ist als Seen ohne starke O<sub>2</sub>-Zehrung im Winter, wird durch die Ergebnisse vom Mölsersee neuerlich gestützt. Seit den Untersuchungen von Leutelt-Kipke (1935) am Gosenköllesee und von Turnowsky (1946) an zahlreichen Seen der Schobergruppe sind weitere Fälle von Kryoeutrophie bekannt geworden. Turnowsky (1954) fand im Obstansersee im Karnischen Hauptkamm (2293 m, 0,02 km<sup>2</sup>, 8,3 m tief), am 29. 11. 1953 etwa 4 Wochen nach der Eisbedeckung des Sees in 7,5 m Tiefe 4,84 mg/l O<sub>2</sub>, also eine Sauerstoffabnahme auf 51%, während im Sommer der See in allen Schichten bis zum Grunde mehr oder weniger O<sub>2</sub>-Sättigung aufwies.

Der Schwarzsee ob Sölden, der im Sommer in der Tiefe als O<sub>2</sub>-reich zu bezeichnen ist, wie ein biologischer Nachweis ergab — es fanden sich in den obersten Schlammschichten oxyphile Turbellarien (*Rhynchomesostoma rostratum* O. F. Müller und *Castrada luteola* v. Hofsten) sowie Diatomeen (Steinböck 1953, p. 157) — zeigte unter Eis ebenfalls bedeutenden Sauerstoffschwund. Am 20. 6. 1954 betrug der O<sub>2</sub>-Gehalt des Wassers in 13,5 m Tiefe 1,57 mg/l, was einem Defizit von 82,7% entspricht.

Auch Järnefelt (1927) fand in finnischen Gewässern ähnliche Verhältnisse vor. Z. B. der Laukampi, 18,6 ha, 2,7 m tief, ein Humusgewässer von orthooligothrophem Typus, zeigte im Sommer (22. 8. 1924) über dem Grunde trotz seines überaus ungünstigen  $\frac{V}{O}$ -Verhältnisses nur ein Defizit von 4,3%, während im Winter (15. 4. 1923) in 2 m Tiefe ein O<sub>2</sub>-Defizit von 96,9% bestand.

### b) Die CO<sub>2</sub>-Verhältnisse

In der eisfreien Periode, und ganz besonders unter der Winterdecke standen die freien Kohlensäuremengen beträchtlich über dem Gleich-

gewichtswert. Im späten Frühjahr war eine fast orthograde  $\text{CO}_2$ -Kurve mit 2 mg/l zu beobachten, im August und September lagen die Werte an der Oberfläche etwas tiefer und stiegen gegen den Grund hin leicht an. Dagegen zeigte sich im Winter unter Eis, wohl in engstem Zusammenhang mit der Sauerstoffzehrung, eine deutliche Zunahme der  $\text{CO}_2$ -Mengen gegen den Grund hin. Schon an der Oberfläche konnte ich gegenüber dem Sommer höhere Werte feststellen. Im Dezember 1952 ermittelte ich in 0 m 4,34 mg/l und über dem Grund bereits 10,11 mg/l. Noch deutlicher kam die Kohlensäureschichtung in den letzten Monaten der Eisbedeckung gegen das Frühjahr hin zum Ausdruck. Als Maximalwert konnte ich am 17. Mai 1953 18,20 mg/l messen.

Ähnliche Verhältnisse finden sich im Gossenköllesee (Kühtai), welcher von Leutelt-Kipke (1934) unter anderen untersucht wurde. Die Februaruntersuchung ergab hier in 7,5 m Tiefe über dem Grund eine Kohlensäureanreicherung von 10,4 mg/l. Leider wurden in den folgenden Monaten keine weiteren Untersuchungen, die ihre Vermutung einer beträchtlichen Erhöhung der freien  $\text{CO}_2$  in der Tiefe bestätigt hätten, durchgeführt.

#### c) Alkalinität und pH

Die Alkalinitätswerte waren sehr niedrig. Ein leichtes Ansteigen gegen den Grund war schon bei den Messungen im Sommer, mehr aber noch bei denen im Winter zu beobachten. Die Werte bewegten sich zwischen 0,15 und 0,37 cm<sup>3</sup> n/10 HCl-Verbrauch pro 100 ml Probe, die Wasserhärte kann daher als gering bezeichnet werden (Durchschnitt 0,8 Grad d. H). Auch die Bikarbonatkohlensäure, mit Werten von 6,60 bis 16,28 mg/l war nur in geringen Mengen vorhanden.

Der pH schwankte zwischen 7,28 und 6,5. Wegen der schwachen Pufferung des Wassers bewirkte die winterliche  $\text{CO}_2$ -Anreicherung ein deutliches Absinken des pH.

#### d) $\text{PO}_4$ , $\text{NO}_2$ , $\text{NO}_3$ , $\text{SiO}_2$ , Fe und $\text{NH}_4$

Im März und Mai 1953 wurden Wasserproben entnommen, die Dr. Berardi im chemischen Laboratorium des Hydrobiologischen Institutes Pallanza auf ihren Gehalt an Phosphat, Nitrat, Nitrit und Silikat prüfte (Tab. 3, p. 77). Die  $\text{PO}_4$ - und  $\text{NO}_3$ -Werte sprechen für einen starken Anstieg dieser Salze im Spätwinter und Frühjahr als Folge der Abbauprozesse im eisbedeckten See. Allerdings mindern die geringe Zahl von Untersuchungen und zu erwartende, aber unkontrollierbare Veränderungen der geschöpften Probe im Zeitraum zwischen Entnahme und Analy-

senbeginn den Wert der gewonnenen Resultate stark. Der hohe SiO<sub>2</sub>-Gehalt des Mölser Sees spiegelt die Geologie des Einzugsgebietes (Quarzphyllit) wider.

Von Fe und NH<sub>4</sub> konnte ich in qualitativer Analyse stets nur Spuren nachweisen.

Abschließend sei kurz darauf hingewiesen, daß, besonders beim Stochern im Schlamm, das ganze Jahr hindurch Methangas vom Seegrund aufsteigen kann. Die größten beobachteten Blasen hatten einen Durchmesser von ca. 2—3 cm.

### III. Fauna und Flora des Sees

#### 1. Artenliste mit ökologischen Bemerkungen

##### Flora (Det. Gams und Pitschmann)

###### Phanerogamae:

*Batrachium confervoides* Fries.

*Juncus* spec.

###### Musci:

*Cratoneurum commutatum* Roth.

###### Chlorophyceae s. lat.:

*Pediastrum muticum* var. *longicorne* Raciborski

*Pediastrum* spec.

*Coelastrum* spec.

*Oocystis* spec.

*Scenedesmus* spec.

*Bulbochaete*

###### Zygnemales:

*Zygnema* spec.

*Spirogyra* spec.

*Mougeotia* spec.

###### Desmidiaceae:

*Staurastrum gracile* Ralfs.

*Netrium interruptum* (Breb.) Lütkem.

*Micrasterias denticulata* Breb.

*Gonatozygon monotaenium* De Bary

Diatomeae :

- Melosira* spec.  
*Cyclotella glomerata* Bachmann  
*Epethemia* spec.  
*Cymatopleura elliptica* Breb.  
*Surirella robusta* Ehrenbg.  
*Surirella ovalis* Breb.  
*Campylodiscus hibernicus* var. *norica* Ehrenbg.  
*Campylodiscus* spec.

Cyanophyceae :

- Microcystis* spec.  
*Chroococcus turgidus* Nägeli  
*Chroococcus limneticus* Lemm.  
*Eucapsis alpina* Clem. et Shantz.  
*Merismopedia* spec.  
*Hapalosiphon* spec.  
*Tolyphothrix* spec.  
*Nostoc* spec.  
*Oscillatoria* spec.  
*Schizothrix* spec.  
*Microcoleus lacustris* (Rabenhorst) Farlow

Fauna

Amphibia :

- Rana temporaria* L.

Er ist als einziger Vertreter der Amphibien in der schneefreien Zeit als spärlicher Gast zu verzeichnen. Laichplätze wurden im See nicht angetroffen, wohl aber stets in den Tümpeln der näheren Umgebung, die höhere Temperaturen erreichten und den Larven mit dem reichen Aufwuchs genügend Nahrung boten. Adulte Exemplare waren bei feuchtem Wetter oft zahlreiche Besucher der Almböden.

Pisces :

- Salmo salvelinus* L.

wird auf p. 104 eingehend besprochen.

Coleoptera :

- Hydroporus* spec.

ist im See nicht häufig. Funde nur in der Nähe des Einflusses und am bergseitigen Ufer an der Mündungsstelle der Quellen zu verzeichnen.

Diptera : (Det. Lenz)

Tendipedinae, Tanytarsini, Subsectio *Eutanytarsus, gregarius*-Gruppe.  
Tendipedinae, Pelopiinae, Sectio Pelopiae, *Procladius* Sk. (Syn.  
*Trichotanytusp* Kieff.).

Tendipedinae, Tanytarsini, Subsectio *Paratanytarsus*.

Tendipedinae, Pelopiinae, Sectio Micropelopiae, *Ablabesmyia tetra-*  
*sticta* — Gruppe —

*Corynoneura* spec.

Diese Chironomide erhielt ich fast in jeder Kätscherprobe während der eisfreien Zeit bis zum Zufrieren in mehreren Exemplaren (Litoral). Über die Verteilung der Chironomiden am Grunde im Laufe eines Jahres geben die quantitativen Untersuchungen Aufschluß.

Trichoptera : (Det. Döhler)

*Acrophylax cerberus* Brau.

Vier männliche Imagines (August 1952) wurden von der Seeoberfläche gefischt. Trichopterenlarven- und puppen traf ich in Anzahl häufig im Ein- und Ausfluß, am Ufer des Sees jedoch selten. Ein Ausschwärmen, wie es Turnowsky von *Parachiona picicornis* Steph. im Mai und Juni beim Öffnen der Winterdecke des großen Gradensees (1946) beobachtete, war hier nicht zu bemerken. Ein Ausschwärmen von Trichopteren konnte ich nur im August 1952, etwa 2 Monate nach dem Verschwinden der Eisdecke beobachten, was der Meinung Döhlers (briefl. Mitteilung) entgegensteht, daß das Schlüpfen dieser Tiere im Hochgebirge nach Schmelzen der Winterbedeckung stattfindet.

Plecoptera : (Det. Gusenleitner)

*Nemura variegata* Oil.

findet sich spärlich im Litoral des Sees, offenbar macht sich das Fehlen des Pflanzenbewuchses, der nach Kühltreiber (1934) bevorzugt wird, geltend. Fliegende Exemplare fand ich anfangs September vereinzelt. 1953 begann die Hauptflugzeit zwischen 29. und 31. August; in den ersten Septembertagen 1952 war die Flugzeit schon abgeschlossen. Dieselbe ist nach Kühltreiber (1934) von der Witterung stark abhängig, was ich auch bestätigen kann, da 1952 der Frühsommer sehr warm, der Herbst aber kalt und kurz war, während 1953 der Sommer kühl und naß, der Herbst hingegen ungewöhnlich warm war.

Neuroptera : (Det. Brehm)

*Sialis flavilatera* L. (= *S. lutaria* Fbr.)

Sie konnte in der eisfreien Zeit in der ufernahen Schlammregion häufig gefangen werden und scheint im See in der 2- bis 3-m-zone den äußeren Rand des Schlammbodens zu bevorzugen. Im tieferen Schlamm der Seemitte fand ich sie in den Bodengreiferproben nie. Nach Imhof (Zschokke 1900, p. 215) lebten diese Larven mitten im Winter auf dem Grunde des von einer mächtigen Eisschichte bedeckten Flüelasees (2388 m), was im Mölsersee nicht der Fall war. Das Schwärmen dieser Schlammfliege beobachtete ich am 17.—19. Juli 1953. Ende August waren nur mehr einige wenige Imagines festzustellen und später fehlte jede Spur. *S. flavidatera* (vgl. Pesta 1929) ist das einzige Neuropter, das bis zu diesen Höhen aufsteigt.

#### Hydracarina : (Det. Brehm)

##### *Lebertia rufipes* Koenike

In Kätscherproben aus der Nähe des Einflusses fand ich fast regelmäßig 2—3 Exemplare pro Fang, während ich sie an anderen Uferstellen nie antraf. Dies bestätigt die Angaben Walters (1922) und Brehms (1930), wonach *L. rufipes* eine kaltstenotherme Form ist, denn in der Nähe des Einflusses werden Maximaltemperaturen von nur 10,5° erreicht (Tabelle 1).

Parasitische Milbennymphe auf *Hydroporus*.

#### Cladocera : (Det. Brehm)

##### *Chydorus sphaericus* O. F. Müll.

als Ubiquist innerhalb der Litoralfauna dominant. Wesenberg-Lund nennt ihn den „Kletterer“, da er besondere Vorliebe für Pflanzenbestände zeigt. Er sammelt sich zwar auch hier im Sommer in den kleinen Algenwatten und dürftigen Beständen von *Batrachium* der Litoralzone, fand sich aber auch regelmäßig, wenn auch vereinzelt in Planktonzügen aus der Seemitte; vor allem aber ist bemerkenswert, daß das Tier auch am Seegrund über dem Schlamm in Massen angetroffen werden kann. In einem Schlammnetzzug (5. 12. 1952) wurde er in großen Mengen vorgefunden, eine Beobachtung, die auch Steinböck (1949, p. 131) im Schwarzsee ob Sölden machte: „Am Seeboden, über Steinen, wie Schlamm lebt *Chydorus sphaericus* in großen Mengen“.

##### *Alonella excisa* Fischer

Sie hält sich im Mölsersee vornehmlich im Litoral in geringer Anzahl auf, ihr Vorkommen ist als viel seltener zu bezeichnen als das von *Chydorus*.

*Alona quadrangularis* O. F. M.

Ihr Vorkommen ist ähnlich der vorigen größtenteils auf das Litoral beschränkt, findet sich nur gelegentlich in Netzfängen aus der Seemitte.

**Ostracoda :**

*Cyclocypris* spec.

**Copepoda : (Det. Brehm)**

*Cyclops strenuus* Fischer

Aus der quantitativen Bearbeitung des Planktons ergab sich der Fortpflanzungszyklus dieses Krebses, wie er ihn im Mölsersee von August 1952 bis November 1953 einhielt. Brehm (1930), sowie Pesta (1929) und Zschokke (1900) weisen darauf hin, daß dizyklische Formen der Ebene im Hochgebirge zu monozyklischen werden. „So zeigt er im Vierwaldstättersee zwei weit auseinanderliegende Maxima, Juni und Dezember-Jänner, wobei das zweite im Winter liegende besonders stark ausgeprägt ist. Mit zunehmender Höhenlage des Wohngewässers rücken die beiden Maxima näher aneinander und liegen z. B. im Achensee in den Monaten Juli und Oktober. Und im eigentlichen Hochgebirge verschmelzen sie zu eins“ (Brehm 1930, S. 119).

*Cyclops strenuus* konnte ich im Mölsersee im Beobachtungsjahr als eindeutig dizyklisch feststellen. Seine Maxima lagen 1953 im Juni und Oktober-November. Das Oktobermaximum war bedeutend höher als jenes vom 20. Juni (also 8 Tage nach Eisfreiwerden des Sees). Es ist damit der Erweis erbracht, daß auch im Hochgebirge *Cyclops* dizyklisch sein kann. Der Zyklus lief im Jahre 1953 folgend ab: Von November-Dezember 1952 bis einschließlich Jänner 1953 beobachtete ich deutlich rot gefärbte, meist juvenile Weibchen; Männchen fehlten. Die Gesamtzahl war sehr niedrig. Im Februar stieg die Gesamtzahl merklich an und das Auftreten von Männchen war zu beobachten. Das ist wohl damit zu erklären, daß die Tiere im Laufe der Entwicklung im See in horizontaler Richtung nicht gleichmäßig verteilt sind. Die Probenentnahme führte ich im Winter stets in der Mitte des Sees über der 5-m-Zone möglichst an derselben Stelle durch. Weitere Bohrungen durch die Eisdecke waren mir meist bei dem rauen Hochgebirgsklima nicht möglich. Im März und April traten Weibchen mit Eiersäcken auf. Im folgenden Monat stieg die Zahl der Nauplien und schließlich der juvenilen Formen schnell an. Männchen, sowie eiertragende Weibchen fand ich erst im August wieder, ebenso mehrere Paare in Copulation. Am 10. Oktober fehlten Männchen und adulte Tiere, Nauplien dominierten, während im November wiederum

juvenile Formen vorherrschten. Sowohl Burkhard (1899, 1900) als auch Wesenberg-Lund (1904) ist es gelungen, für die Plankton-Diaptomiden und -Cyclopiden nachzuweisen, daß die im Herbst gebildete Brut überwintert und gegen das Frühjahr hin geschlechtsreif wird. Im Mölsersee ist dasselbe zu beobachten, verwunderlich ist nur, daß die Tiere im März unter tiefer Eis- und Schneedecke geschlechtsreif werden und die junge Brut den äußerst rauen Verhältnissen standhält.

Besonders hervorzuheben ist noch die Beobachtung, daß *Cyclops* im Mölsersee mit Abnahme der Temperaturen eine deutliche Zunahme seiner Rotfärbung aufwies. Kurz vor Vereisen des Sees bis zu seinem Auftauen sind die meisten Tiere stark rot gefärbt, während in den Monaten Juli und August diese Färbung am schwächsten ist und z. T. fast ganz fehlt. Die von vielen Autoren erbrachte Erklärung, daß die Rottfärbung der Planktoncruster im Hochgebirge besonders einen Lichtschutz darstelle, ist damit in Frage gestellt.

*Cantocamptus staphylinus* Jurine.

Tardigrada :

*Macrobiotus* spec.

Mollusca : (Det. Mahler)

*Limnaea pereger* Müll.

Einziges Vorkommen (4 Ex.) in einem Saiblingsmagen. Nach Riezler (1929, p. 167) Ubiquist, in ganz Tirol „bis in die höchsten Höhen hinauf“ vertreten. Die Exemplare waren dünnchalig, was bei der Kalkarmut der Umgebung verständlich ist.

Oligochaeta : (Det. Gusenleitner)

*Chaetogaster cristallinus* Vejd.

Rotatoria : (Det. Ruttner-Kolisko)

*Polyarthra dolichoptera* Idelsson

erreicht ihr Maximum im September-Oktober, wie im Achensee (vgl. Brehm 1902), und fehlt im Winter (Fig. 7). Die Bildung von Dauereiern wurde im November und Dezember beobachtet. Wiederauftreten erfolgte im April.

*Keratella hiemalis* Carlin

Hinterdorne sehr kurz. Die Varietät *valga* trat im Mölsersee nicht auf, wurde aber in benachbarten Tümpeln verschiedentlich gefunden. Sie soll in Höhen über 2000 m häufig sein (Tonolli V. u. L. 1951).

*Notholca squamula*

hat ihr Maximum im Februar, ist aber auch während des ganzen Jahres vertreten. Sie dominiert im Winter, im Sommer tritt sie zurück. Nach

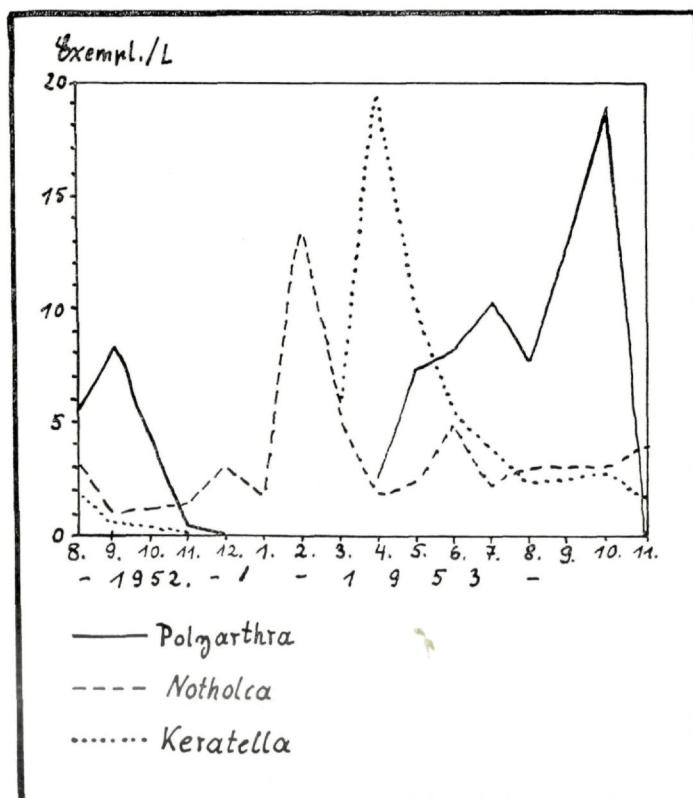


Fig. 7: Durchschnittliche Dichte der Plankton-Rotatorien in der Untersuchungszeit.

Levander (1894) kommt das Tier auch im Meer vor und ist in kälteren Jahreszeiten häufig.

*Euchlanis dilatata* Ehrbg.

wurde in den Sommermonaten im Litoral in spärlicher Anzahl ange troffen, im Plankton sehr selten.

*Taphrocampa annulosa* (Gosse)

ist wie obige Art äußerst selten. Wenige Exemplare konnten im Litoral festgestellt werden.

Nematodes:

*Dorylaimus stagnalis* Duj.

Das Vorkommen im Litoral kann als häufig bezeichnet werden. Nach Schmassmann (1920) in Hochalpenseen selten, Zschokke (1900) und Pesta (1929) hingegen weisen auf die Häufigkeit des Tieres hin.

### Nematomorpha:

#### *Gordius aquaticus* Duj.

Sein Vorkommen beschränkt sich auf einen einzigen Fund in einer Bodengreiferprobe aus 5 m Tiefe (1. 5. 1952). Es handelt sich damit um den ersten eindeutigen Nachweis des Vorkommens einer Gordiusart in einem Hochgebirgssee. In allen bisherigen Angaben vermißt man sichere Hinweise auf Höhenverbreiterung und Gewässerart. Villot (1874) bemerkt, daß *G. aquaticus* von allen Gordiusarten am spätesten geschlechtsreif wird (Spätsommer — Herbst), was Zschokke (1900) damit erklärt, daß *G. aquaticus* von allen Arten am höchsten aufsteigt; er fand das Tier in Brunnen und Bächen (Partnun) bis zu 1800 m Höhe. Blanchard, R. et Richard, J. (1897) bezeichnen mehrere Gordiusarten als gewöhnliche Bewohner „alpiner Gewässer“ Frankreichs, ohne aber Höhen- und Fundortsangaben zu machen. Pesta (1928) führt *Gordius* in seiner Faunenliste nicht an.

### Turbellaria:

#### *Planaria (Crenobia) alpina* Dana

Lebt im Ein- und Ausfluß, wurde aber weder im Litoral, noch in den Quellen gefunden, doch ist sie im kalten Zufluß eines oberhalb des Sees gelegenen Quelltümpels in größerer Menge vertreten.

#### *Mesostoma* spec. (Det. Gusenleitner)

### Rhizopoda : (Det. Gusenleitner)

#### *Arcella vulgaris* Ehrbg.

#### *Diffugia* spec.

#### *Nebela* spec.

#### *Centropyxis aculeata* Stein.

### Ciliata : (Det. Pitschmann)

#### *Paramaecium bursaria* Focke

Zahlreich fand sich die Art während des warmen Sommers im Jahre 1952 in den Algenwatten von *Zygnema* und *Spirogyra*. Im folgenden Jahr fehlte sie vollkommen.

### Flagellata : (Det. Ruttner)

#### *Euglena* spec.

#### *Bodo* spec.

#### *Gymnodinium* spec.

#### *Gymnodium edax* Schill.

#### *Peridinium* cf. *inconspicuum* Lemm.

*Dinobryon sociale* var. *americanum* Bachmann

*Rhodomonas lacustris* Pascher et Ruttner.

Da ich für die sichere Determination zahlreicher Organismen keine Spezialisten finden und bei der Fülle der mir gestellten Aufgaben bestimmte Fangmethoden nicht anwenden konnte, weist die vorstehende Floren- und Faunenliste teilweise Lücken auf. Die Angaben dürften aber doch zur biologischen Charakterisierung des Sees ausreichen.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache der Hochgebirgslimnologie, daß Gewässer mit ausgesprochenem Tümpel-Charakter infolge der höheren Temperaturen, welche hier erreicht werden, in der Regel eine qualitativ reichere Flora und Fauna — besonders in der Uferregion — aufweisen als Gewässer, die als Hochgebirgsseen anzusprechen sind. Wenn die angeführte Liste auch nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, wird doch zum Ausdruck gebracht, daß der Mölsersee Artenarmut aufweist. Es fehlt eine radikante Makrophytenvegetation. Als einzige Phanerogame, die Bedeutung erlangt, kommt im See nur *Batrachium conferroides*, auf einigen m<sup>2</sup> des kleinen Flachufers nahe dem Ausfluß, vor. Der Junkusbestand ist kaum erwähnenswert, er ist nur lokal in einer kleinen Seichtstelle anzutreffen. *Cratoneuron commutatum* findet sich auch nur an einer Örtlichkeit, und zwar kleidet es eine Quelle aus und reicht von hier etwa einen halben Meter unter den Seespiegel.

Dieses Fehlen eines litoralen Makrophytengürtels ist offenbar durch die Morphologie und Beschaffenheit des Ufers bedingt. Den See umrahmt ein schmales, z. T. mit Felstrümmern überschüttetes Ufer mit steil abfallenden Halden. Aufschlußreich ist hier ein Vergleich mit dem in fruchtbarem Flysch gelegenen Grünsee (Davos 2140 m, 21 960 m<sup>2</sup>, 6,3 m tief; Suchlandt-Schmassmann 1936), der in seinen thermischen Verhältnissen vom Mölsersee — besonders durch dessen Temperaturen im Sommer 1952 — nicht bedeutend abweicht. Am Grünsee, der am Nord- und Südende ein breites Flachufer besitzt, tritt neben einem ausgeprägten Carexgürtel eine üppig entwickelte Zone der Hydrophyten *Potamogeton gramineus* und *P. filiformis* sowie *Cara contraria* auf. Die Gestaltung des Seebeckens trägt bedeutend dazu bei, daß der Grünsee auf Grund seiner Temperaturen eindeutig als „perennierender Tümpel“ anzusprechen ist, während beim Mölsersee die Steiluferbildung die Zwischenstellung I 2b — II (Steinböck 1938) vermutlich sichert, da hier nur in außergewöhnlichen Wärmeperioden bis zum Grunde Temperaturen von 14—15° erreicht werden.

Durch das Fehlen einer Uferbank und damit einer bedeutenderen Vegetation ist die Litoralfauna ebenfalls spärlich. Wenn sich auch

Trichopteren besonders beim Ein- und Ausfluß relativ häufig finden, so sind andere Uferformen wie z. B. *Nemura variegata*, *Cyclocypris*, *Cantocamptus staphylinus*, Tardigraden, Limnaeen und litorale Rotatorien wie *Taphrocampa annulosa* nur vereinzelt vertreten.

## 2. Das Plankton

Die vom Winde bewirkte Wasserdurchmischung, welche sowohl die Temperaturen als auch die chemischen Daten zum Ausdruck bringen, prägte sich in der Zusammensetzung des Planktons deutlich aus. Je kleiner ein Becken ist, um so mehr verwischen die Grenzen zwischen Planktonten, Litoral- und Bodenformen, eine Erscheinung, die in Hochgebirgsseen durch ihre meist windexponierte Lage und geringe Tiefe häufig zu beobachten ist. (Vgl. Suchtlandt u. Schmassmann 1935 u. Tonolli 1949, p. 76 u. a.).

Das Tripton hat am Plankton, wie in vielen Hochgebirgsseen (vgl. Huber-Pestalozzi 1926, p. 906) einen bedeutenden Anteil. Dieser anorganische (Gesteinsstaub etc.) und organische Detritus (Holzsplitter, pflanzliche Gespinstfasern, Pollen von Nadelhölzern, Panzerfragmente von Insekten, Lepidopterenschuppen, Härchen, Borsten u. v. a.) ist zum größten Teil allochthonen Ursprungs. Autochthones Material fand sich in Form von Cyclops- und Cladocerenresten, Diatomeenschalen, Schlammteilchen u. a.

Das Bioeston (vgl. Naumann 1924) wies während der Sommermonate eine starke Durchmischung auf. Im Plankton fanden sich stets pflanzliche und tierische Litoral- und Bodenformen. Die lebenden Bestandteile waren artenarm, doch zeitweise, wie quantitative Untersuchungen ergaben (siehe p. 96) recht individuenreich.

Einen guten Einblick in die biologischen Verhältnisse des Sees vermittelt das Phytoplankton (Tab. 5, p. 101). Bemerkenswert ist, daß sich sein Auftreten über das ganze Jahr erstreckt, wenngleich im Winter nur wenige Formen (und diese in geringer Zahl) vorhanden waren (*Synedra*-, *Cyclotella*- und *Naviculaarten*). Ähnliche Beobachtungen konnte Wolff (1948) im Moesala-See (San Bernardino Paß 2063 m 500:200:17,6 m) machen; aus einer Probe vom 31. 12. 1937 konnte er 18 Algenarten, vom 18. 4. 1938 noch 17 Arten feststellen, hauptsächlich Desmidiaceen und Cyanophyceen. Ebenso fand Turnowsky (1946) im Barrenlesee (2724 m, 21 030 m<sup>2</sup>, 18 m tief) am 6. Juni 1944 unter 1,30 cm Eis und Schnee *Dinobryon cylindricum* und *Synedra nana* in stattlicher Anzahl.

Daß Algen unter ungünstigsten Verhältnissen ihren Stoffwechsel unterhalten, zeigen Beobachtungen Wolffs (1948) an den Pyrenoiden von

*Spirogyra* und *Pleurotaenium*. Es zeigte sich, daß Pyrenoide im Herbst mit dicken Stärkeringen versehen waren, während sie im Laufe des Winters immer dünner wurden, bis sie im Frühling völlig verschwunden waren. Die gleiche Erscheinung konnte Pitschmann (1954) bei *Netrium digitus* und *Closterium striolatum* während seiner mehrjährigen Beobachtungen an der Hirschlacke, einem dystrophen Tümpel (1550 m 45°:17:1 m) oberhalb Innsbruck (Mutters) nachweisen. Auch hier fand sich eine Reihe von perennierenden Algenarten (*Tabellaria flocculosa*, *Pinnularia gibba*, *Pinnularia viridis*, *Stauroneis phoenicenteron*, um nur Diat. zu nennen). Andererseits ist wiederum bekannt (vgl. Huber-Pestalozzi 1926), daß in Hochgebirgsseen Phytoplankton völlig fehlen kann, sowohl im Winter als auch über den Sommer. Turnowsky (1946) führt eine Anzahl von Seen an, die nicht nur des Phyto-, sondern jeglichen Planktons entbehren.

Sowohl im Plankton als auch im Litoral und am Grunde beobachtete ich eine Dominanz der Diatomeen. Ruttner konnte *Cyclotella glomerata* aus Planktonproben der zentralen Seebezirke in Massen auszählen (vgl. Tab. 5, p. 101). In einer in der Nähe des Ausflusses entnommenen Kätscherprobe stellte ich *Synedra acus* als weitgehend dominant fest und besonders im Schlamm des Seebodens traten neben leeren Schalen auch lebende Kieselalgen in großen Mengen auf. Dieses Vorherrschen der Diatomeen (hier im Mölsersee begünstigt durch den hohen SiO<sub>2</sub>-Gehalt des Wassers [18,03 mg/l]) konnte Turnowsky (1946) auch in den Seen der Schobergruppe feststellen, was der Ansicht Huber-Pestalozzis (1926) entgegensteht, daß diese Algengruppe mit zunehmender Höhe eine untergeordnete Rolle spielt. Von den auf Seite 80 angeführten Chlorophyceen treten besonders *Scenedesmus*-Arten in den Sommermonaten hervor, *Pediastrum* und *Oocystis* konnten vorwiegend im Litoral beobachtet werden. *Bulbochaete* spec. muß für diese Höhenlage als ausgesprochen seltenes Florenelement bezeichnet werden. Unter den genannten Desmidiaceen trat in der ersten Hälfte des Septembers 1952 *Gonatozygon monotaenium* massenhaft auf, so daß die Alge zu dieser Zeit im Plankton sehr auffällig vorherrschte. Das euplanktische *Staurastrum gracile*, die einzige Art der Gattung, die ich feststellte, fand ich in der eisfreien Zeit stets, wenn auch nur vereinzelt in den Planktonproben. Die übrigen Formen dieser Gruppe traten im Litoral nicht konstant auf und waren im Plankton nur spärlich vertreten.

In gleicher Weise fanden sich auch die Cyanophyceen nicht häufig. Ein besonders auffälliges Hervortreten einer Form derselben war nicht zu bemerken. Blau- und Grünalgen stellte ich unter der Winterdecke

in der Zeit von Jänner bis März 1953 nicht fest, doch sammelte ich am 12. Dezember 1952 neben relativ zahlreichen Diatomeen noch eine *Scenedesmus*-Art; am 18. April 1953 fand ich im Plankton bereits Fäden von *Nostoc* vor.

Infolge der kurzen Vegetationsperiode konnten ausgeprägte Saisonsaspekte nicht beobachtet werden, die Jahresperiodizität hingegen trat scharf in den Vordergrund. Nach dem Eisbruch war in beiden Jahren rasch eine Zunahme der Phytoplanktonmenge zu bemerken, die Ende August 1952 ihr Maximum erreichte. 1953 fiel der Höhepunkt der Produktion auf einen späteren Zeitpunkt (etwa Ende September), da ein warmer, ungewöhnlich lang dauernder Herbst einen kaltnassen Sommer ablöste. Ob es sich bei dem Massenaufreten von *Gonatozygon monotaenium*, das 1952 in den Höhepunkt der Vegetationsperiode fiel, um einen periodisch wiederkehrenden Vorgang handelt oder ob diese Erscheinung nur durch die lange anhaltende relativ große Temperaturerhöhung hervorgerufen wurde, konnte ich nicht feststellen, da Untersuchungen vom September des folgenden Jahres, der für die Bestätigung der Dominanz ausschlaggebend gewesen wäre, nicht möglich waren. „Die Tatsache, daß gewisse Algen zu bestimmten Zeiten eine Massenentfaltung aufweisen, ist allgemein bekannt, doch sind die Ursachen einer solchen Erscheinung noch nicht abgeklärt. Messikomer (1945) meint, es handle sich um ein Zusammentreffen einer ganzen Anzahl von Gunstfaktoren, die dann die explosivartige Hochproduktion hervorrufen. Unter Umständen würden auch Konkurrenzverhältnisse mitspielen. Da es sich bei solchen Massenentfaltungen fast durchwegs um das Überhandnehmen einer einzigen Art handelt, spielt meines Erachtens gerade die Konkurrenz eine Hauptrolle“ (Pitschmann 1954, p. 290.).

Das Zooplankton (Tab. 4, p. 96): In Netz- wie in Schöpferproben aus der Mitte des Sees fanden sich im Sommer aus den eingangs erwähnten Gründen im Zooplankton stets auch Litoralformen, z. B. *Rhizopoda* (insbesondere *Difflugia* spec.), *Chydorus sphaericus*, *Alona quadrangularis*, *Alonella excisa*, doch kamen diese Formen nicht regelmäßig vor. *Cyclops strenuus*, *Polyarthra dolichoptera*, *Notholca squamula* und *Keratella hiemalis* konnte ich — wenn sie überhaupt im See auftraten — stets im Plankton vorfinden, obgleich sie im Litoral nicht fehlten.

Im Mölsersee umfaßte demnach die pelagische Fauna während meiner Beobachtungszeit 4 Spezies; der See weist also die dem Hochgebirgsplankton eigene Artenarmut auf. Wenn eine Schwebefaua nicht ganz fehlt (Turnowsky z. B. meldet in 22 von 63 untersuchten Wasserbecken in der Schobergruppe den Mangel jeglichen Planktons), wird im Hoch-

gebirge eine Artenzahl von 8—10 Zooplanktern kaum überschritten und diese monoton wiederkehrenden kosmopoliten Formen bieten wenig Möglichkeiten, den einzelnen Gewässern ein bestimmtes Gepräge zu geben, mit Ausnahme etwa des *Diaptomus bacillifer* und der *Daphnia longispina*, wie p. 63 und p. 64 erwähnt wurde.

Es muß betont werden, daß bei meinen Untersuchungen der Qualität und Quantität des Planktons im Mölsersee nur der Zustand erfaßt werden konnte, in dem sich der See während meiner Beobachtungszeit befand. Im Hochgebirge zeigt sich, wie Huber-Pestalozzi (1926) und neuerdings Tonolli (1949) hervorheben, nicht nur von Becken zu Becken eine merkwürdige Ungleichheit, sowohl in der Zusammensetzung als auch in der Menge des Planktons, sondern es ergeben sich oft in demselben Becken von Jahr zu Jahr mehr oder weniger große Unterschiede. Nach Tonolli (1949 p. 85) scheint ein großer Teil der biozönotischen Physiognomie des Hochgebirgsplanktons labil und zufällig zu sein, als ob die eingesessenen Arten in den alpinen Becken noch nicht die Möglichkeit gehabt hätten, durch Selektion ein assoziatives Gepräge zu finden, das streng an die charakteristischen Eigenschaften seines Raumes gebunden wäre. Oder mit anderen Worten, als ob die Populationen der hochalpinen Seen sich auch noch heute in einer weitgehenden formativen Phase befänden und noch nicht die Zeit gehabt hätten, stabile und definitive biozönotische Organisationen durch Selektionen zu verwirklichen. Dieser Ansicht Tonolli's möchte ich die Auffassung Steinböcks (mündl. Mitteilung) entgegenstellen, daß sich im Hochgebirge stabile und definitive biozönotische Organisationen auch in der Zukunft niemals ausbilden werden, da die Lebensbedingungen dieser Biotope sowohl in einer Aktivitätsperiode, als auch von Jahr zu Jahr zu wechselvoll sind. Hier ist unter anderem die große Unregelmäßigkeit der klimatischen Verhältnisse zu nennen, die in verschiedenen Jahren immer wieder andere Organismen zur Dominanz führen können, während andere Individuen, wenn sie in einer für ihre Entwicklung entscheidenden Periode von einem länger anhaltenden Wettersturz getroffen wurden, für ein oder mehrere Jahre stark zurückgedrängt bleiben können. In den größeren, meist tiefen Seen der Niederungen können Klimaschwankungen für die Lebewelt im Wasser weitgehend ausgeglichen werden und damit wird in der Planktonproduktion ein bestimmter jahreszeitlicher Rhythmus erreicht, in den kleinen, meist flachen Hochgebirgsseen werden die wesentlich größeren klimatischen Veränderungen aber nicht so weit abgeschwächt, daß, wie in tiefer gelegenen Seen, sich ein biozönotisches Gleichgewicht ausbilden könnte, sondern diese Biotope bleiben durch diese unregelmäßigen

Verhältnisse stets mehr oder weniger ungesättigt. Werden durch weidendes Vieh oder von durchziehenden Vögeln im Herbst oder durch den Wind neue Organismen in den See gebracht, so bietet sich für diese oft die Möglichkeit, sich wenigstens einige Zeit zu halten und es kann bei günstigen Verhältnissen sich dadurch das gesamte Bild der Planktonzusammensetzung ändern.

Es ist auch meist bei einzelnen Formen eine bedeutende zeitliche und quantitative Verschiebung in der Erreichung des Jahresmaximums zu beobachten. So stellte sich zwischen Herbst 1952 und 1953 ein großer Unterschied in der Cyclopiden-Produktion im Mölsersee ein, da die Witterungsverhältnisse in den beiden Jahren sehr verschieden waren. Im Jahre 1953 zeigte sich während der Monate Oktober—November ein auffallendes Maximum, begünstigt durch den lange andauernden warmen Herbst, durch die relativ späte Vereisung (etwa Ende Oktober) und den damit gegebenen O<sub>2</sub>-Reichtum, Faktoren, die wohl besonders für *Cyclops* ein Lebensoptimum darstellten. Im Jahre 1952 hingegen war der Herbst sehr kalt, der See hatte sich schon Ende September geschlossen, das Jahresmaximum des *Cyclops* erreichte daher bei weitem nicht die Höhe des folgenden Jahres.

Saisonsaspekte des Zooplanktons kamen ebensowenig zustande wie beim Phytoplankton, doch war eine Jahresperiodizität gut ausgeprägt. So konnte ich im Dezember und Jänner 1952 bzw. 1953 (Fig. 8) ein ausgesprochenes, doch relativ kurz bemessenes Minimum nachweisen und trotz der unwirtlichen Verhältnisse, die die chemisch-physikalischen Messungen erwiesen, begann im Februar eine deutliche Zunahme der

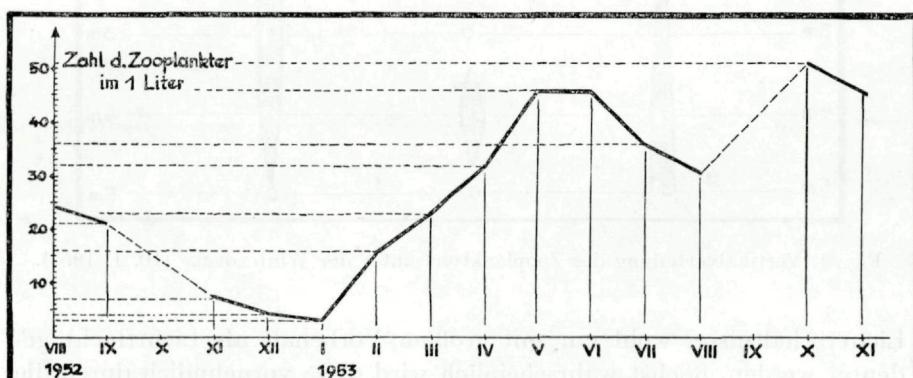


Fig. 8: Änderung der Zooplanktonmenge im Mölsersee vom August 1952 bis November 1953.

Zooplanktonproduktion, die mit dem Auftauen des Sees ihr Maximum erreichte. Nach einem leichten Absinken der Planktonfauna im Sommer mit zunehmender Erwärmung des Gewässers wurde im Herbst und bisweilen sogar im Spätherbst das Jahresmaximum erreicht (vgl. Fig. 9).

Die bekannte Erscheinung eines vertikalen Wanderns des Zooplanktons (vgl. Steinböck 1954) konnte am Morgen und nach Sonnenuntergang des 15. 9. 1952 beobachtet werden, wobei auffiel, daß *Cyclops* merklich die Flucht vor der Sonnenstrahlung ergriff. Auch Horizontalwanderung dem Schatten nach ließ sich wiederholt durch mehr oder weniger ertragreiche Netzzüge nachweisen.

Im allgemeinen aber ist in den Sommermonaten die Planktonverteilung sehr ausgeglichen. Zweifellos spielt die Winddurchmischung hiebei eine große Rolle (vgl. Steinböck 1954).

Die auffällige Tiefenverbreitung des Copepoden im Winter unter Eis und Schnee (Tab. 4 und Fig. 9) kann, trotz der unerwartet günstigen

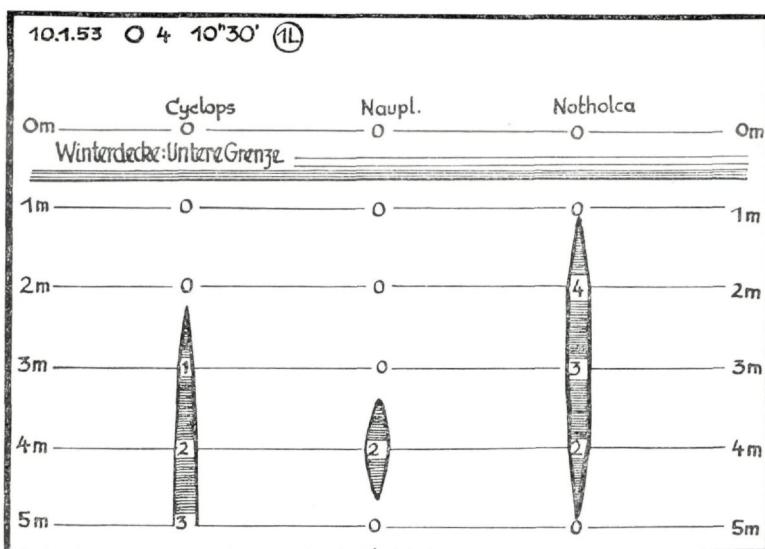


Fig. 9: Vertikalverteilung des Zooplanktons unter der Winterdecke (10. 1. 1953).

Lichtverhältnisse, wohl nur mit großem Vorbehalt als Lichtflucht gedeutet werden, höchst wahrscheinlich wird diese vornehmlich durch die außerordentlich tiefen Temperaturen in den oberen Wasserschichten verursacht. Die winterliche Sprungschichte liegt zwischen 2 und 3 m. Die

oberen Wasserschichten kühlen sich bis zu 2 m Tiefe in den 8 Monaten der Eisbedeckung auf 0,2° C (18. 4. 1953) ab. Auch in 3 m Tiefe kann die Temperatur auf 2,1° C absinken (17. 5. 1953). Das Crusterplankton sammelt sich nun unterhalb der Sprungschichte besonders in der 5 m Zone, in der die Temperaturen 3,5° C nicht unterschreiten, obwohl hier der O<sub>2</sub>-Gehalt des Wassers von Februar bis Mai nur 1,95—1,12 mg/l beträgt. Nach Ruttner (1926) kann jedoch angenommen werden, daß die Sauerstoffversorgung der Tiere bei diesen tiefen Temperaturen hinreichend ist.

Das Planktonvolumen wurde zahlenmäßig nicht erfaßt, doch zeigen die Individuenzahlen der quantitativen Untersuchungen deutlich, daß der Mölsersee bei Erreichen seines Jahresmaximums eine relativ hohe Planktonmenge aufzuweisen hat. Die Ergebnisse des quantitativen Gehaltes an Nannoplankton (Siehe Tab. 5, p. 101) stimmen mit denen Turnowskys (1946), der in Seen der Schobergruppe zu ähnlichen Resultaten kam, überein. Der Nahrungsbedarf des Zooplanktons ist damit zweifellos gedeckt. Diese Erscheinung ist in Hochgebirgsseen vermutlich nicht allgemein. Suchlandt und Schmassmann (1935) konnten bei ihren Untersuchungen an 8 Hochgebirgsseen der Landschaft Davos trotz ihrer besonderen Aufmerksamkeit, die sie dem Zentrifugenplankton schenkten, nie Nannoplankton in solchem Maße erbeuten, ganz abgesehen von den weitaus zahlreicheren Fällen, wo überhaupt kein Nannoplankton angetroffen wurde.

Tabelle 4

1952	Gesamtplankton 11						
13. 8. 17 Uhr	Lufttemp.:						
Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	15,8	15,6	15,1	14,7	14,6	14,5	
<i>Cyclops strenuus</i> ♀♀	2	3	6	7	5	3	4,5
<i>Cyclops strenuus</i> ♂♂	0	3	4	5	3	4	3,1
Nauplien	2	5	3	6	4	2	3,7
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	7	6	6	4	5	3	5,1
<i>Notholca squamula</i>	0	2	3	2	6	7	3,3
<i>Keratella hiemalis</i>	2	4	7	5	3	3	4,0
15. 9. 9 Uhr	Lufttemp.: + 4° C						
Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7	
<i>Cyclops strenuus</i> ♀♀	1	—	1	6	4	18	5,0
<i>Cyclops strenuus</i> ♂♂	—	—	—	1	2	3	1,0
Nauplien	1	—	4	2	6	20	5,5
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	9	11	13	8	6	3	8,3
<i>Notholca squamula</i>	—	1	—	1	—	3	0,8
<i>Keratella hiemalis</i>	—	—	—	1	—	—	0,1
15. 9. 20 Uhr	Lufttemp.: + 2,8° C						
Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter
Temp. °C	—	—	—	—	—	—	
<i>Cyclops strenuus</i> ♀♀	2	9	12	5	4	5	6,1
<i>Cyclops strenuus</i> ♂♂	—	—	—	3	2	—	0,8
Nauplien	—	4	1	13	7	3	4,6
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	6	11	7	6	10	8	8,0
<i>Notholca squamula</i>	—	—	3	2	—	2	1,1
<i>Keratella hiemalis</i>	3	—	—	—	—	1	0,8

1952

16. 11. 11 Uhr

Winterdecke: 56 cm

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter
Temp. °C	0,2	1,2	2,6	3,6	3,6	3,9	
<i>Cyclops strenuus</i>	—	—	—	—	—	—	
juvenile Formen	Proben gefroren		2	3	8	4,3	
Nauplien	und zerbrochen		1	2	1	1,3	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	—	—	—	1	0,3		
<i>Notholca squamula</i>	—	—	1	3	1,3		
<i>Keratella hiemalis</i>	—	—	—	—	0,0		

16. 11. 11 Uhr

Winterdecke: 56 cm

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter
Temp. °C	0,2	1,2	2,6	3,6	3,6	3,9	
<i>Synedra acus</i>	Proben gefroren		z.	z.	z.	z.	
	und zerbrochen		—	—	—	—	
<i>Cyclotella</i> sp.	—	—	s. z.	s. z.	s. z.	s. z.	
Zysten verschiedener Art	—	—	m.	m.	m.	m.	

11. 12. 15 Uhr

Winterdecke: 102 cm

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter
Temp. °C	0,2	0,7	2,5	3,2	3,6	3,9	
<i>Cyclops strenuus</i>	—	—	—	2	4	3	1,5
juvenile Formen	—	—	—	—	—	—	0,3
Nauplien	—	—	—	—	2	—	0,3
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	—	—	—	—	—	—	0
<i>Notholca squamula</i>	—	—	4	3	2	—	1,5
<i>Keratella hiemalis</i>	—	—	—	—	—	—	0
<i>Synedra acus</i>	—	—	p.	sp.	sp.	sp.	sp.
<i>Cyclotella</i> sp.	—	—	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.
<i>Cymbella</i> sp.	—	—	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.
<i>Navicula</i> sp.	—	—	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.

1952

15. 2. 14 Uhr

Winterdecke: 153 cm

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	0,0	0,1	1,6	3,0	3,1	3,5	
<i>Cyclops strenuus</i> ♀♀		1		—		8	3,0
<i>Cyclops strenuus</i> ♂♂	—		—		4	—	1,4
Nauplien	—		—		2	—	0,6
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	—		—		—	—	0
<i>Notholca squamula</i>	13		17		4	—	11,3
<i>Keratella hiemalis</i>	—		—	—	—	—	0

16. 3. 13 Uhr

Winterdecke: 114 cm

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	0,0	0,1	1,4	2,6	3,1	3,5	
<i>Cyclops strenuus</i> ♀♀				2		10	6,0
50% Eier tragend	Probe			1		4	4,5
<i>Cyclops strenuus</i> ♂♂	ge- brochen			—		1	0,5
Nauplien				—		—	0
<i>Polyarthra dolichoptera</i>				—		—	0
<i>Notholca squamula</i>				4		7	5,5
<i>Keratella hiemalis</i>				11		2	6,5

1953

18. 4. 13 Uhr

Winterdecke: 131 cm

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	0,0	0,0	0,2	2,2	2,7	3,5	
<i>Cyclops strenuus</i> ♀♀				2		13	5,0
80% Eier tragend	—			5		2	2,6
<i>Cyclops strenuus</i> ♂♂	1			1		3	1,3
Nauplien	—			8	—	—	2,6
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	—			4		2	2,0
<i>Notholca squamula</i>	—			5	36	17	19,3
viele Eier tragend							

1953

17. 5. 10 Uhr

Winterdecke: 106 cm

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5 Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	0,0	0,2	1,1	2,1	2,7	3,5
<i>Cyclops strenuus</i>						
juven. Formen u.	—		19		8	9,0
Nauplien	15		28		13	18,6
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	11		7		4	7,3
<i>Notholca squamula</i>	3		4		—	2,3
<i>Keratella hiemalis</i>	9		12		7	9,3

20. 6. 14 Uhr

Lufttemp. + 9,1° C

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5 Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	6,1	5,9	5,8	5,5	5,2	4,9
<i>Cyclops strenuus</i>						
juven. Formen u.	15		17		16	16,0
Nauplien	7		15		11	11,0
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	9		12		5	8,3
<i>Notholca squamula</i>	3		4		8	5,0
<i>Keratella hiemalis</i>	5		7		4	5,3

18. 7. 10 Uhr

Lufttemp.: + 10° C

Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5 Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	10,4	10,4	10,1	9,8	9,8	9,6
<i>Cyclops strenuus</i>						
juven. Formen u.	19		17		9	15,0
Nauplien	4		7		3	4,6
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	19		8		4	10,3
<i>Notholca squamula</i>	—		2		5	2,3
<i>Keratella hiemalis</i>	7		3		2	4,0

100

1953

	Lufttemp.: 16,0° C						
Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	12,3	11,0	10,4	10,1	9,9	9,9	
<i>Cyclops strenuus</i> ♀♀	3	8		12		7,6	
<i>Cyclops strenuus</i> ♂♂	2	6		3		3,6	
Nauplien	5	2		1		2,6	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	13	7		3		7,6	
<i>Notholca squamula</i>	5	2		2		3,0	
<i>Keratella hiemalis</i>	2	5		1		2,6	
10. 10. 11 Uhr	4	Lufttemp.: —					
Tiefe in m:		1		3		5	Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C		—		—		—	
<i>Cyclops strenuus</i>							
juvenile Formen		9	13		7	9,6	
Nauplien		28	35		15	26,0	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>		24	19		14	19,0	
<i>Notholca squamula</i>		4	5		1	3,3	
<i>Keratella hiemalis</i>		3	4		2	3,0	
20. 11. 10 Uhr		Winterdecke: 5 cm Schnee und 11 cm Glanzeis					
Tiefe in m:	0	1	2	3	4	5	Durchschnittl. in 1 Liter:
Temp. °C	0,4	1,7	2,7	3,1	3,6	3,8	
<i>Cyclops strenuus</i>							
juvenile Formen		38	42		15	31,6	
Nauplien		9	11		5	8,3	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>		—	—		—	0	
<i>Notholca squamula</i>		7	4		1	4,0	
<i>Keratella hiemalis</i>		2	3		1	2,0	

Zeichenerklärung: sp. = spärlich

z. = zahlreich

s. z. = sehr zahlreich

m. = massenhaft

Tabelle 5

## Nannoplankton vom 10. 10. und 20. 11. 1953

Bestimmt und ausgezählt von Prof. Dr. Fr. Ruttner

Die Zahlen geben den Gehalt in 1 cm<sup>3</sup> an.

10. 10. 1953 Da das Thermometer zerbrochen war, besitze ich von diesem Tage leider keine Temperaturangaben. Schätzungsweise besaß die Luft  $8-10^{\circ}\text{C}$  und das Wasser  $4-6^{\circ}\text{C}$ .

Tiefe in m:	1	3	5
<i>Dinobryon sociale</i> var. <i>amer.</i>	23	209	139
(Zellen)			
<i>Rhodomonas lacustris</i>	58	105	139
<i>Gymnodinium</i> sp.	23	58	105
(kleine, gelbe Art.)			
<i>Glenodinium</i> sp. (viell. <i>edax</i> )	23	—	23
<i>Peridinium</i> cf. <i>inconspicuum</i>	1	2	1
<i>Cyclotella glomerata</i>	1530	1160	1740
<i>Synedra acus</i>	128	116	151
farblose Flagellaten (vorw. <i>Bodo</i> )	35	81	46

20. 11. 1953 Lufttemp.: -4° C Winterdecke: 16 cm

	0	1	3	5
Tiefe in m:	0	1	3	5
Temp. in ° C	0,4	1,7	3,1	3,8
<i>Dinobryon sociale</i>				
var. <i>americanum</i>	46	151	197	162
<i>Rhodomonas lacustris</i>	—	—	58	395
<i>Gymnodinium</i> sp.	1	—	—	—
<i>Glenodinium</i> farblos	—	12	—	12
<i>Peridinium</i> sp.	—	—	—	—
<i>Cyclotella glomerata</i>	1580	2920	2880	1680
<i>Synedra acus</i>	25	50	63	82
farblose Flagell.	23	105	35	23

### 3. Quantitative Untersuchungen der makroskopischen Bodenfauna

Da mein Interesse, neben einer Charakterisierung der biologischen Verhältnisse des Seegrundes, sich vornehmlich im Hinblick auf den Saiblingsbestand auf die quantitative Erfassung der vorhandenen Menge an Fischnahrung richtete, beschränkte ich meine Untersuchungen auf die makroskopischen Individuen, welche ich bei vorsichtigem Durchschwemmen des Inhaltes eines Ekman'schen Bodengreifers mit einem Messingsieb von 0,5—1,0 mm Maschenweite erbeuten konnte, und da mit dem Bodengreifer nur in weichem, möglichst gesteinsfreiem Untergrund quantitativ verwertbare Proben erzielt werden konnten, erstreckten sich die Untersuchungen hauptsächlich auf die mit Schlamm bedeckten Bezirke des Seebodens.

In den Proben fanden sich als makroskopische Individuen einige wenige Arten von Tendipedinen, Oligochäten und in der eisfreien Zeit Larven von *Sialis flavilatera*. Nur ein einziges Mal wurde in einer Probe vom 1. 5. 1952 *Gordius aquaticus* angetroffen (vgl. p. 87). Coccons von Oligochäten wurden besonders in den Wintermonaten wiederholt in großer Menge gefunden.

Um für die einzelnen Monate möglichst zuverlässige Ergebnisse der Besiedlungsdichte am Grunde zu erhalten, suchte ich monatlich wenigstens 5 Proben zu gewinnen, wenn es auch im Winter oft große Mühe kostete. Nach Lundbeck genügt zur Beurteilung der Besiedlung eines Seebodens eine Anzahl von Fängen, die  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Tiefe des Gewässers ausmachen. Da ich im Winter meist nur zwei Löcher in die Eisdecke schlug und daher zwei und drei Proben einer Stelle entnehmen mußte, suchte ich stets 5 Fänge durchzuführen, um Fehler auszugleichen, die eventuell durch Übergreifen entstanden. Der Gesamtdurchschnitt in der Beobachtungszeit vom April 1952 bis zum November 1953 aus 77 quantitativ verwertbaren Proben betrug 1130 Indiv./m<sup>2</sup>. Davon entfallen 636, 6 Ex./m<sup>2</sup> auf Chironomiden-Larven, 477,9 Ex./m<sup>2</sup> auf Oligochäten und 0,6 Ex./m<sup>2</sup> auf Sialislarven. Der maximale Fang von 51 Individuen ergibt auf den m<sup>2</sup> umgerechnet 5100. Das Maximum der Monatsmittel zeigt sich im Jänner 1953 mit 2080 Indiv./m<sup>2</sup>.

Interessant ist die Feststellung, daß unter Eis die Zahl der Bodentiere größer war als in den eisfreien Sommer- und Herbstmonaten. Der Durchschnitt von 47 Proben unter Eis betrug 1262,6 Indiv./m<sup>2</sup> (404 Olig. und 779 Chiron., dazu Massen von Oligochäten-Coccans, Sialislarven fehlten), während in der eisfreien Zeit nur 880,0 In-

dividuen/m<sup>2</sup> als Durchschnitt von 30 Proben gezählt werden konnten (490,0 Chironomiden, 240,0 Oligochäten und 150,0 Sialislarven pro m<sup>2</sup>).

Durchschnittswerte in den einzelnen Monaten:\*

April	1952	1033 Indiv./m <sup>2</sup>	Juni	1952	800 Indiv./m <sup>2</sup>
Mai	1952	1700	August	1952	880
November	1952	1220 Proben	September	1952	800 Proben
Dezember	1952	1120			
Jänner	1953	2080 unter	Juni	1953	880 aus
Februar	1953	900	Juli	1953	1080 offenem
März	1953	1080 Eis	August	1953	1200 See
April	1953	880	Oktober	1953	140
Mai	1953	880			
November	1953	1160			

Diese Gegenüberstellung der Monatsmittel zeigt klar den Unterschied zwischen Winter und Sommer. In 7 von 10 Beobachtungsmonaten unter Eis konnten mehr als 1000 Indiv./m<sup>2</sup> gezählt werden, während in den 7 Sommermonaten nur zweimal diese Zahl erreicht wurde. Ähnliche Verhältnisse ergaben sich im Großen Eutiner-See (Lundbeck 1926, p. 452) (237 ha, 17 m tief) in Ost-Holstein. Hier betrug die Individuenzahl/m<sup>2</sup> in 12 m Tiefe am 18. 3. 1924 unter Eis 10 111,1, am 24. 6. 1924 in derselben Tiefe aber nur 1755,5. Das Maximum an diesem Tag lag in 4—8 m Tiefe mit 4272,1 im Durchschnitt, womit die Besiedlungsdichte unter Eis aber niemals erreicht wurde. Diese Unterschiede sind vermutlich zum Teil darauf zurückzuführen, daß ein Teil der Chironomidenlarven im Sommer schlüpft. Ein Hinweis dafür ist die Beobachtung Steinböcks, der im Schwarzsee ob Sölden im Sommer nur ein einziges Mal 1 Chironomide in Bodengreiferproben fand, während er unter Eis am 20. 6. 1954 425 Chironomidenlarven/m<sup>2</sup> nachweisen konnte. Weitere Winter-Untersuchungen an anderen Hochgebirgsseen sind zur Lösung dieses Problems notwendig.

Die angeführten Zahlen der Besiedlungsdichte im Jahresablauf zeigen, daß der Mölsersee eine zwar artenarme, aber erstaunlich individuenreiche Bodenfauna besitzt, die sich ohne weiters mit jener in den großen oligotrophen Alpenrandseen messen kann, die nach Lundbeck (1936) 500 bis 1000 Stück je Quadratmeter beträgt. Seit Steinböck (1938) die ersten quantitativen Bodenuntersuchungen in Hochgebirgsseen durchgeführt hat, fanden sich immer mehr Belege dafür, „daß eine Verallgemeinerung

\* Anmerkung: Die genauen Angaben (Individuenzahl je m<sup>2</sup>, Schlammbeschaffenheit usw.) erliegen in Tabellenform im Zoologischen Institut und können auf Wunsch eingesehen werden.

schon in dem Sinne zulässig ist, daß für alle Hochgebirgsseen mit Schlammgrund eine verhältnismäßig reiche Bodenfauna angenommen werden kann" (Steinböck 1954). Neben den vielen Beispielen, die Steinböck schon allein aus eigenen Beobachtungen in seinen Arbeiten anführen kann, sei hier besonders auf seine Ausführungen (1949, p. 134) hingewiesen, in denen im Vergleich mit Niederungsseen die überraschende Produktionskraft des Schwarzsees ob Sölden aufgezeigt wird, der in 2792,5 m ü. d. M. einen Jahresdurchschnitt (1943) von 1238 Indiv./m<sup>2</sup> aufwies. Als letztes Beispiel für diese Tatsache sei der Obstanser See (Turnowsky 1954) angeführt. Hier fanden sich am 3. 8. 1944 in 6—8 m Tiefe im Durchschnitt von 4 Proben 1995 Indiv./m<sup>2</sup> (1300 Olig., 35 Chir. und 30 Pisidien). Dazu muß betont werden, daß der Obstanser See (im übrigen auch ein Grenzfall Hochgebirgssee — perennierender Tümpel, nähere Daten siehe oben p. 78), der Mölsersee und der Schwarzsee o. S. sowie fast alle von Steinböck angeführten Seen Salmoniden enthalten, deren Hauptnahrung in den langen Wintermonaten die Bodenfauna bildet (vgl. p. 74). Es ist deshalb besonders erstaunlich, daß die Schlammbewohner trotzdem eine so große Besiedlungsdichte einzuhalten vermögen.

#### 4. Zum Saiblingsproblem des Mölsersees

Eine biologische Besonderheit des Mölsersees bietet das Vorkommen von Schwarzreutern (*Salmo salvelinus* L. = *S. alpinus* L.). Nach meinen Beobachtungen beträgt der gegenwärtige Stand etwa 100 bis 150 Exemplare.

W. Attlmayr-Jacobi, eine Schülerin von Prof. Steinböck, die sich mit dem Wachstum der Saiblinge in Abhängigkeit von der Ernährung befaßt, fischte Ende August 1953 mit einer Angel 11 Saiblinge, welche sie näher untersuchte. Die erhaltenen Daten stellte sie mir freundlicher Weise zur Verfügung (Tabelle 5, p. 101). Aus dieser Tabelle geht hervor, daß es sich hier um ausgesprochene Kümmerformen handelt, die eine durchschnittliche Größe von 16 cm und ein Gewicht von 35 g nicht überschreiten.

„Bei allem Fischvorkommen in Hochgebirgsseen interessiert zunächst die Frage, ob diese natürlicher Weise an ihren Standort gelangt oder künstlich eingesetzt worden sind, ... wie es wohl bei allen Saiblingsvorkommen im Hochgebirge aller Wahrscheinlichkeit nach der Fall sein dürfte, wenn auch der Zeitpunkt des Importes oft weit zurückliegt“ (Pesta 1929, p. 79). Der Abfluß des Sees, der über mehrere Steilstufen, wenn auch ohne ausgesprochene Wasserfälle in den 450 m tiefer gelegenen

Mölsbach mündet, bietet heute bei seiner geringen Wasserführung Fischen keine Möglichkeit, zum See hochzusteigen. Sollte in früheren Zeiten, etwa in der Nacheiszeit, der Abflußbach mächtiger gewesen sein, so könnte sich gewandten Schwimmern aus der Fischwelt der Gebirgsbäche ein Weg zum selbständigen Vordringen in den See geboten haben. Die Besiedlungsgeschichte des Mölstaales, soweit ich diese erforschen konnte, sowie besonders die Berichte über den Fischbestand, sprechen hingegen klar dafür, daß die Bevölkerung dort Fische eingesetzt hat.

Einstens war das Tal nicht so verlassen und einsam wie es heute ist. Nach O. Stolz (1930, p. 168) wurden im Jahre 1288 zwei Schwaighöfe am Möls-Niederleger (1679 m) aus dem Besitz eines Adelsgeschlechtes angekauft, und Stolz belegte mit einer Rechnung, daß damals vier „swaigales“, also Dauersiedlungen, vorhanden waren. Der wahrscheinlich keltische Name: Möls-melles, Mels, „zu den meles“, wie es in alten Urkunden lautet, weist noch in viel frühere Zeit zurück, als ursprünglich angenommen wurde. Meles ist heute noch in den Worten „meleze“ (französisch) und „melezs“ (rumänisch), was im Deutschen „Lärche“ bedeutet, enthalten. Die Möls kommt demnach Larch gleich, die Form „zu den meles“ — „zu den Lärchen“ — ist sehr sinnvoll, wenn man weiß, daß die Lärchen am Möls-Niederleger auch heute weitaus dominieren und die Umgebung der Alm schmücken. Reges Leben herrschte im Mölsgebiet zur Blütezeit des Bergbaues. M. Isser (1888, p. 264) berichtet über den Mölsberg: „Es kommt hier Spateisenstein mit Ankerit, Kupfer- und Schwefelkies, Grauspießglanzerz und Quarz auf Lagern in Tonglimmerschiefer vor. Die alten Gruben liegen am Westabhang des Mölsberges, in der Nähe des Mölser Sees, westlich der Alpe Lizum. Sie standen im 13. und 14. Jahrhundert in lebhaftem Betrieb und speisten die ansehnlichsten Schmelzwerke im Dorfe Wattens. Ihre Auflassung erfolgte zu Anfang des 16. Jahrhunderts infolge des raschen Aufblühens der Schwazer Werke, die ungleich erträglicher waren“. Die Annahme liegt nahe, daß die Bergleute, die lange Zeit in diesen Höhen verbringen mußten, sich zur Vervollständigung ihrer Speisekarte Fische gehalten haben, der erste Einsatz also aus dieser Zeit stammt. Der erste Nachweis von Fischen im See findet sich im Fischereibuch Kaiser Maximilians (1504 p. 7, III, 1) mit dem Titel: „Zween Wildsee in Meels . . . Und in dem selben tal Mels ligen zwen Wildsee, die seinen besetzt mit voerchen und renckchen . . .“ Guarinoni (1610 VI. Buch, XIV. Cap. p. 1207) erzählt von einem Besuch des Sees und einem mißglückten Versuch, Saiblinge zu fangen. Über die Höhe des Fischbestandes drückt er sich nicht weiter aus. In den St. A. J. Fischerei-Akten, Spezialia II, 8 (1768) steht die Bemerkung:

„Wildsee auf den alpen Mölss im Wattental: ...wenige Saiblinge und Forellen“. Dalla Torre (1913) führt das Vorkommen von *Salmo salvelinus* im Mölsersee an. Diese wenn auch dürftigen Berichte über den Fischbestand im See bezeugen eindeutig den künstlichen Besatz, wenigstens seit dem 16. Jh. Im Fischereibuch Kaiser Maximilians werden Forellen und Renken genannt. Es muß sich hier, vornehmlich bei den Renken, um Einsatz durch Menschen handeln, da diese Tiere, die sich als Planktonfresser und Bewohner großer Seen im Mölsersee aus Nahrungs mangel längere Zeit niemals halten konnten, unmöglich den See selbständig aufgesucht haben. Aber auch die Forellen konnten in dieser Zeit, in der die Abflußverhältnisse sich von den heutigen nicht unterschieden haben, zum See nicht selbst aufgestiegen sein. Hundert Jahre später werden von Guarinoni die Saiblinge genannt, die sich vermutlich als Einsatzfische bewährten und durch die Jahrhunderte herauf bis heute von allen Berichterstattern als einzige Fische des Sees genannt werden.

Von 1939 bis 1945 war das Lizum-Möls-Gebiet ein Hochgebirgs-Truppenübungsplatz. Für die Bevölkerung war in diesen Jahren das Gebiet abgesperrt und die Almen wurden nicht bewirtschaftet. Metallreste am Seegrund künden heute noch davon, daß der Fischbestand durch manche Explosion von Handgranaten etc. in diesen Jahren dezimiert worden ist. Nach dem Urteil der Einheimischen ist der heutige Bestand bedeutend geringer als in den Jahren vor dem Kriege. Während meiner Beobachtungszeit zählte ich im Juni 1952 nach dem Auftauen 14 tote, größere, auf dem Grunde liegende Tiere. Im Laufe der folgenden heißen Sommerwochen (vgl. p. 63) wurden immer wieder tote Exemplare gesichtet, sechs davon wurden angeschwemmt. Keines dieser Tiere trug äußere Zeichen einer Erkrankung. In dieser Zeit beobachtete ich nur vereinzelt an der Oberfläche einige Exemplare, Anflugnahrung schnappend, im übrigen hielten sie sich an heißen Tagen gern in der Nähe des Zuflusses und der Quelleintritte auf. Im folgenden Jahr hingegen holte ich den einzigen Fund eines toten Exemplares aus der obersten Schichte des Blankeises am 20. 11. 1953 hervor. Zu dieser Zeit war der See mit einer 15 cm starken z. T. spiegelglatten Klareisdecke verschlossen. Das Tier, vor dessen rechter Brustflosse eine Wunde klaffte, wurde von Prof. Steinböck untersucht. Nach ihm mußte der Fisch, dessen Eingeweide keine Krankheit zeigte, von einem Raubvogel oder Raben, möglicherweise auch von einem Angelhaken verletzt worden sein. In diesem Jahr wurden weder nach dem Auftauen des Sees, noch während des Sommers tote Tiere gefunden. Diese Beobachtungen über den Wärmeeinfluß auf die Fische zeigen, daß der Mölsersee, wie schon p. 63 erwähnt, als Grenzfall

zwischen einem Hochgebirgssee vom Typus I, 2 b und einem perennierenden Tümpel, dazu mit kryoeutrophen Verhältnissen, für kaltstenotherme Salmoniden Gefahren birgt (vgl. p. 63).

Für einen Neubesatz im Mölsersee wäre demnach der Einsatz der Regenbogenforelle *Salmo irideus* W. Gibb. zu empfehlen, welche Wärme in viel höherem Grade erträgt als der Saibling. Besonders in der Schweiz (Steinmann 1936) hat sich dieser Fisch, im freien Wasser ausgesetzt, sehr gut bewährt. So hat im Selva-See, 2300 m ü. d. M., 200 m lang, 150 m breit, 6 m tief, der ähnlich dem Mölsersee zum perennierenden Tümpel neigt und Tiefentemperaturen bis zu 15° C aufweisen kann, der Einsatz von Regenbogenforellen guten Erfolg gezeigt. Nach drei Jahren — die Ernährungsverhältnisse sind in diesem See sehr günstig — konnten bereits von den 1948 als Sömmerlinge eingesetzten Tieren fettstrotzende, bis 40 cm lange Exemplare abgefischt werden (Vgl. Steinböck 1951, p. 143).

Ein weiterer Gefahrenherd für die Saiblinge des Mölsersees bildet der O<sub>2</sub>-Schwund sowie die niedrige Temperatur unter der Eisdecke. Nach Steinmann (1930) tritt bei Forellen bei 1,5 cm<sup>3</sup>/l O<sub>2</sub>, dem entsprechen 2,13 mg/l O<sub>2</sub>, der Erstickungstod ein. Andererseits können nach Wunder (1936) und Neresheimer (1937) Salmoniden Temperaturen unter 2° C längere Zeit nicht aushalten. Demnach sind die Saiblinge des Sees gezwungen, sich in der Zeit von Februar bis zum Auftauen des Sees in der 3- und 4-m-Zone aufzuhalten, wo die Temperaturen 2° C und der Sauerstoffgehalt 3 mg/l nicht unterschreiten. Am Grunde in 5 m Tiefe sinkt in dieser Zeit der O<sub>2</sub>-Gehalt von 1,95 (15. 2. 1953) weiterhin bis auf 1,12 mg/l (17. 5. 1953) ab. Da die Tiere aber zur Nahrungssuche gezwungen sind, sich in diese sauerstoffarme Zone über dem Boden zu begeben, ist es nicht ausgeschlossen, daß in besonders ungünstigen Wintern übermäßige Kälte und zu großer O<sub>2</sub>-Mangel den Bestand bedrohen. Die 14 toten Tiere, die ich im Juni 1952 nach dem Auftauen vorfand, sind vielleicht derartigen Verhältnissen erlegen.

Wie wohl die Regel in Hochgebirgsseen, so bildet auch im Mölsersee der sommerliche „Anflug“, bestehend aus Insekten verschiedenster Ordnungen, die ausgiebigste Nahrungsquelle des Jahres. In bescheidenerem Maße, aber das ganze Jahr vorhanden, liefert die Bodenfauna Energien, während das spärliche tierische Plankton in erster Linie wohl nur für Jungfische in Betracht kommt. So ist es nur natürlich, daß keine „Normalsaiblinge“, deren durchschnittliche Größe nach Steinmann (1942) 22 cm bei einem Gewicht von 90 g beträgt, aufkommen können. Großwüchsige Räuber (Wildfangsaiblinge), die sich auf Kosten der kleintier-

fressenden Artgenossen kannibalisch ernähren, sind zur Zeit meiner Beobachtungen sicher nicht vorhanden gewesen. Da eine eingehende experimentelle Bearbeitung dieser Fragen zur Zeit im Zoologischen Institut läuft (Attlmayr-Jacobi) genügen die vorstehenden Angaben; sie sollen nur durch Tabelle 7 mit der Liste der Mageninhalte der 12 Saiblinge ergänzt werden. Beiträge zum Problem der Ernährung der Fische in Hochgebirgsseen bringt Steinböck 1949, 1949 a, 1950, 1950a, 1951.

Im Mölsersee könnte auch der Raumfaktor neben zu geringen Nahrungs Mengen auf die Kleinwüchsigkeit von Einfluß sein, doch liegen über dieses Problem viel zu wenig Beobachtungen vor; der von Steinböck (1949, p. 138) erwähnte Fall spricht jedenfalls dagegen. Es wuchs nämlich ein Saibling aus dem Schwarzsee ob Sölden (400 m : 160 m : 20 m) im Versuchsbecken des Zoologischen Institutes (3,30 m : 3,10 m : 1,60 m) in 5 Monaten um 5 cm heran.

Tabelle 6

## Nähere Daten von Saiblingen aus dem Mölsersee

11 Ex. (Nr. 1—11) im August 1953 gefangen, 1 Ex. (Nr. 12) am  
20. 11. 1953 tot aufgefunden

Nr.	1	2	3	4	5	6	
Geschlecht:	männl.	männl.	weibl.	männl.	männl.	männl.	
Körperlänge:	188	176	182	160	157	159	mm
Umfang:	85	86	75	74	74	72	mm
Kopflänge:	44	46	40	42	37	39	mm
Irisdurchmesser	10	10	10	10	9	10	mm
Schwanzstiellänge:	18	19	15	15	14	13	mm
Schwanzstielhöhe:	12	13	12	11	12	11	mm
Brustflossenlänge	33	31	30	31	29	31	mm
Körpergewicht:	58	55	41	39	38	35	g
Gonadengewicht	2,1	2,0	0,2	1,7	1,6	0,52	g
Eianzahl	—	—	500	—	—	—	
Eigröße:	—	—	1,14	—	—	—	mm

Nr.	7	8	9	10	11	12	
Geschlecht:	männl.	männl.	männl.	weibl.	männl.	männl.	
Körperlänge:	157	152	150	147	134	155	mm
Umfang:	73	65	71	65	62	67	mm
Kopflänge:	38	38	36	34	31	33	mm
Irisdurchmesser:	10	9	10	9	8	10	mm
Schwanzstiellänge	16	16	19	18	17	15	mm
Schwanzstielhöhe	10	10	11	10	10	12	mm
Brustflossenlänge	26	27	29	26	23	29	mm
Körpergewicht	34	27	27	26	20	18	g
Gonadengewicht:	1,52	0,95	1,45	0,55	1,21	—	g
Eianzahl	—	—	—	350	—	—	
Eigröße:	—	—	—	2,14	—	—	mm

Tabelle 7

## Mageninhalte der 12 Saiblinge

## Nr. 1

Aus dem Wasser		Anflugnahrung	
<i>Hydroporus</i> sp.	3	<i>Helophorus glacialis</i>	28
		<i>Anthophagus</i> (sp.)	1
<i>Cyclocypris</i> sp.	1	<i>Pterostichus</i> (sp.)	1
	—	Hymenopterenflügel	—
	4		30

## Nr. 2

Aus dem Wasser		Anflugnahrung	
<i>Hydroporus</i> sp.	1	<i>Aphodius</i> sp.	3
		<i>Tachinus proximus</i>	1
<i>Chydorus sphaericus</i>	1	<i>Nebria austriaca</i>	1
	2		5

## Nr. 3

Anflugnahrung			
		<i>Tipula</i> sp.	1
		<i>Chrysomela</i> sp.	1
		<i>Hoplia farinosa</i>	1
		Schmetterlingsschuppen	—
			3

Nr. 4      Aus dem Wasser:      *Hydroporus* sp.      1

Anflugnahrung:

<i>Anarta</i> sp.	1	<i>Malthodes trifurcatus</i>	
<i>Anthophagus alpinus</i>	17	<i>atramentarius</i>	3
<i>Amphichroum hirtellum</i>	1	<i>Quedius alpestris</i>	1
<i>Anthophagus robustus</i>	1	<i>Tachinus proximus</i>	1
<i>Atheta</i> sp.	1	<i>Rhagonycha maculicollis</i>	1
Diptera (groß)	1	<i>Cercyon haemorrhoidalis</i>	2
<i>Anthobium limbatum</i>	8		
Hymenoptere (klein)	1		
Sciaride (Rest)	1		
	<hr/>		
	32		+
			<hr/>
			8

Nr. 5

Aus dem Wasser:      Anflugnahrung:  
*Lymnaea truncatula*      Wenige Reste von stark  
*Lumbricus* sp. (Köder ?)      angegriffenen Insekten

	<hr/>	
	1	
	<hr/>	
	5	?

Nr. 6

Anflugnahrung:

<i>Anthophagus alpinus</i>	16	<i>Anthophagus robustus</i>	2
Tenthredinide	1	<i>Anthobium limbatum</i>	1
<i>Tipula</i> sp.	5	Chironomide terrestrisch	1
Ichneumonide	1	<i>Tachinus proximus</i>	1
Sciaride	2	<i>Amphichroum canaliculatum</i>	1
<i>Bibio</i> sp.	1	<i>Quedius alpestris</i>	1
Musciden	3		
Rhynchote	1		
	<hr/>		
	30		+
			<hr/>
			7

Nr. 7

Aus dem Wasser:

<i>Sialis</i> sp. (Larve)	1
Trichopterenlarve + Gehäuse	1
	<hr/>
	2

## Anflugnahrung:

<i>Anthophagus alpinus</i>	66	Sciaride	1
<i>Trioza</i> sp.	5	Plecoptere	1
<i>Helophorus glacialis</i>	1	Muscide	1
<i>Anthophagus robustus</i>	3	<i>Quedius alpinus</i>	1
<i>Anthobium limbatum</i>	13	Staphylinide	1
Hymenopteren klein	7	Copeognathe	1
<i>Atheta</i> sp.	1		
Chironomiden Imag.	4		
	100	+	6

## Nr. 8

Aus dem Wasser:		Anflugnahrung:	
3 Stücke von		kleine Anfluginsekten	5
Regenwürmern (Köder?)		<i>Anthophagus alpinus</i>	3
	3?		8

## Nr. 9

Anflugnahrung:			
		<i>Tipula</i> sp.	1
		Fliege mittelgroß, Kopf + Thorax	1
			2

## Nr. 10

Aus dem Wasser:		Anflugnahrung:	
Trichoptere (K. + Th.)	1	Großer Käfer (Indet.)	1
<i>Hydroporus</i>	1	<i>Aphodius</i> sp.	1
	2		2

## Nr. 11

Aus dem Wasser:		Anflugnahrung:	
Lumbricusstück (Köder!!)		Kleine Insekten (indet.)	22
		<i>Anthophagus robustus</i>	1
0			23

## Nr. 12

Aus dem Wasser:		Anflugnahrung:	
Chironomiden-Larve	2	fehlt	0

Mageninhalte der beiden Saiblinge aus dem  
Stapniksee: (Reisinger 1953)

Nr. 13

5 *Nebria* sp.  
23 *Aphodius* sp.  
1 *Chrysochloa* sp.  
12 gefl. Ameisen  
(*Lasius* sp.)  
zahlreiche unbestimmbare  
Fliegenreste  
50—60 Blattläuse

Nr. 14

2 *Zygaena*-Reste (Lepidopt)  
ca. 30 *Aphodius* sp.  
1 *Atheta* sp.  
2 *Anthophagus alpinus*  
3 *Tabanus* sp.  
20 gefl. Ameisen (*Lasius*)  
mindestens 100 gefl. Blatt-  
läuse

IV. Zusammenfassung

Der in der Quarzphyllitzone der Tuxervoralpen in 2238 m Höhe gelegene quartäre Karsee, ein Abdämmungsfelsbeckensee, ist nach der Seentypenlehre Steinböcks (1938) als ein Grenzfall zwischen I, 2b und II aufzufassen.

Die Lichtmessungen unter der über einen Meter mächtigen Eis-Schneedecke ergaben überraschend hohe Werte, maximal 1,6% der Einstrahlungsintensität an der Oberfläche (570 Lux).  
eigenartigen Schichtungsverhältnisse der Decke zurückzuführen.

Die chemischen Daten zeigen eine ausgeprägte Kryoeutrophie auf, wie sie Steinböck (1953) dargestellt hat.

Quantitative Untersuchungen an der artenarmen Lebewelt des Seebeckens führten teilweise zu erstaunlich hohen Zahlen. In 1 ccm Wasser fanden sich z. B. im Oktober 1953 bis zu 3000 Nannoplankter.

Am Boden konnten mit einer Ausnahme (Oktober 1953) in 17 Monaten der Beobachtungszeit Monatsmittelwerte von 800—2000 Indiv./m<sup>2</sup> makroskopisch ausgezählt werden, wobei auffiel, daß unter der winterlichen Decke der Durchschnitt von 47 Proben 1262,6 Indiv./m<sup>2</sup>, im Sommer dagegen das Mittel von 30 Proben nur 880,0 Indiv./m<sup>2</sup> betrug.

Diese erstmalig durch fast zwei Jahre ununterbrochenen Untersuchungen der quantitativen Verhältnisse der Bodenfauna in einem Hochgebirgssee bestätigten die Ergebnisse Steinböcks, der 1938 in dieser Richtung zu arbeiten begonnen hatte und seither an vielen Beispielen den unerwarteten Reichtum der Bodenwelt in Hochgebirgsseen mit Schlammgrund nachweisen konnte, womit die unberechtigte Annahme einer „Ultra-“ (Naumann 1924) bzw. „Panoligotrophie“, die Pesta (1924) den Hoch-

gebirgsseen im Sinne der Naumann-Thienemann'schen Seentypenlehre zuwies, endgültig abgelehnt werden muß.

*Cyclops strenuus* Fischer, der einzige Cruster des Planktons, erwies sich als eine dizekliche Form, ein Verhalten, das hier zum erstenmal in einem Hochgebirgssee beobachtet werden konnte. Die erste Brut des Jahres tritt im März unter tiefer Schnee- und Eisbedeckung auf, während die zweite sich im Herbst (September, Oktober) einstellt.

Das Verhalten des *Salmo salvelinus* L. im außergewöhnlich heißen Sommer 1952, in dem ein Teil des Bestandes den zu hohen Temperaturen zum Opfer fiel, bestätigte eindeutig die Ansicht Steinböcks, daß sich der Schwarzreuter sehr gut als „Indikator“ für einen Hochgebirgssee nach seiner Typenlehre (1938, 1954) eignet.

#### Literaturverzeichnis

- Alsterberg, G. (1902): Die Winkler'sche Bestimmungsmethode für in Wasser gelösten, elementaren Sauerstoff sowie ihre Anwendung bei Anwesenheit oxydierbarer Substanzen. Biochem. Zs. 170.
- Blanchard, R. et. J. Richard (1897): Sur la faune des lacs é levés des Hautes Alpes. Mem. soc. zool. France 10.
- Brehm, V. (1902): Zusammensetzung, Verteilung und Periodizität des Zooplanktons im Achensee. Ztschr. d. Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg, 3. Folge, Heft 46.
- Brehm, V. u. E. Zederbauer (1906): Beobachtungen über das Plankton in den Seen der Ostalpen. Arch. Hydrobiol. 1.
- Brehm, V. (1930): Einführung i. d. Limnologie. Springer-Verlag, Berlin.
- Burckhard, E. (1899): Faunistische und systematische Studien über das Zooplankton der großen Seen der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. Revue Suisse Zool. 7.
- Burkard, R. (1956): Zur Ermittlung der relativen Sauerstoffsättigung von Wasser. Mitt. a. d. Gebiet d. Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, 47.
- Collet, L. W. (1925): Les Lacs. Edit. Gaston Doin, Paris.
- Cholnoky, E. (1909): Das Eis der Balatonseen, Budapest 1909.
- Dalla Torre, K. (1913): Junk's Naturführer für Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein. Berlin.
- Dussart, B. (1948): Contribution a l'étude zoologique des lacs de Haute-Savoie I.: Le Lac de Darbon. Ann. Stat. Centr. Hydrobiol. appl. 2.
- Geyer, D. (1927): Unsere Land- und Süßwasser-Mollusken. Lutz-Verlag, Stuttgart.
- Götzinger, G. (1917): Die Eisverhältnisse der Lunzerseen. Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. Suppl. 7.
- Hacker, W. (1933): Sichttiefe, Wärmegang und Durchlüftung in Hochgebirgsseen. Geogr. Jahresber. aus Österreich, 16.
- Hoek, H.: „Wetterkunde“. Hallwang-Taschenbücherei. Bern.
- Huber-Pestalozzi, G. (1926): Die Schwebeflora (das Phytoplankton) von Seen und Kleingewässern der alpinen und nivalen Stufe. In: Schröter C., Die Pflanzenwelt der Alpen. 2 A. A. Raustein, Zürich.
- Imhof, (1900): in Zschokke 1900 p. 215.
- Isser, M. (1888): Die Montanwerke und Schurfbaue Tirols in Vergangenheit und Gegenwart. Berg- und Hüttenmänn. Jb. der Bergakad. Leoben, 36.

- Järnefelt, H. (1925): Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands. Ann. Soc. Zoolog. Botan. Fenn., Vanamo, 2, 5.
- (1927): Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands. Ebenda 6, 5/6.
- (1929): Ebenda 8, 8.
- Jensen, Ad. S. (1936): Grönlands Fauna, Festschr. Univ. Kopenhagen.
- Kalitin, N. N. (1936): Sur la transparence de la glace pour la radiation ultraviolette du soleil. Trans. Arctic. Inst. Leningrad, Vol. 89.
- Klut, H. (1927): Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Springer-Verlag, Berlin.
- Kreis, H. (1920): Die Jöriseen und ihre postglaziale Besiedlungsgeschichte. J. Klinkhardt, Leipzig.
- (1923): Die Seen im Alla- und Tinzenhorngebiet, I. Jb. Ber. Natf. Ges. Graubünden, 62.
- Kühtreiber, J. (1934): Die Plecopterenfauna Nordtirols. Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, 43/44.
- Lauscher, F. (1941): Lichtmessungen in einigen Hochgebirgsgewässern der Ostalpen. Arch. Hydrobiol. 38.
- Leutelt-Kipke, S. (1934): Ein Beitrag zur Kenntnis der hydrographischen und hydrochemischen Verhältnisse einiger Hoch- und Mittelgebirgsseen. Arch. Hydrobiol. 27.
- (1934): Hydrochemische Beobachtungen an einigen Südtiroler Mittelgebirgs- und Alpenrandseen. Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck.
- (1935): Ergänzende Beobachtungen über die chem. Verhältnisse am Gossenkölle-See (Tirol) und seine Vereisung. Arch. Hydrob. 29.
- Levander, K. M. (1894): Materialien zur Kenntnis der Wasserfauna in der Umgebung von Helsingfors, mit besonderer Berücksichtigung der Meeresfauna. II. Rotatoria. Acta Soc. Flor. Fenn. 20.
- Lundbeck, J. (1926): Die Bodentierwelt Norddeutscher Seen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 7.
- (1936): Untersuchungen über die Bodenbesiedlung der Alpenrandseen. Arch. Hydrobiol., Suppl. 10.
- Margalef, R. (1950): Datos para la hidrobiología da la cordillera cantábrica, especialmente del macizo de los Picos de Europa. Publ. Inst. Biol. appl. 7.
- Maucha, R. (1932): Hydrochemische Methoden in der Limnologie. In: Die Binnengewässer, herausgeg. v. A. Thienemann, 12.
- Messikomer, E. (1945): Algen aus dem westlichen Berner-Oberland. Mitt. d. Naturf. Ges. Bern, II.
- Michaelis, L. (1926): Praktikum der phys. Chemie, 3. A., Berlin.
- Minder, L. (1941): Über die Löslichkeit des Sauerstoffes in Gebirgsgewässern. Viertelj.-Schrift Natf. Ges. Zürich, 86.
- Mortimer, C. H. (1956): The oxygen content of air-saturated fresh waters, and aids in calculating percentage saturation. Verh. Int. Ver. Limnol. 6.
- Neresheimer, E. (1937): Die Lachsartigen (Salmonidae) I. In: Handb. Binnenfisch. 3/5.
- Pesta, O. (1923): Hydrobiologische Studien über Ostalpenseen. Arch. Hydrobiol., Suppl. 3.
- (1929): Der Hochgebirgssee der Alpen. In: Die Binnengewässer, herausgeg. v. A. Thienemann. 8.
- (1931): Limnologische Beobachtungen an ostalpinen Kleingewässern. Arch. Hydrobiol. 25.
- (1933a): Kritische Bemerkungen zur Frage der in Hochgebirgsseen unserer Alpen lebenden Wasserfauna. Arch. Hydrobiol. 25.
- (1935): Kleingewässerstudien in den Ostalpen. Arch. Hydrobiol. 29.
- (1937): Studien über Tümpelgewässer der Ostalpen. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, Math.-Nat. Kl. Abt. 1, 146.

- Pitschmann, H. (1954): Zur Kenntnis der Biologie alpiner Kleingewässer. Zwei subalpine Mooreseen Nordtirols. *Hydrobiologia* 6, 3/4.
- Reisinger, A. (1936): Methode der Bohrung in Seen zur Untersuchung von Sedimentschichten. *Intern. Rev. d. g. Hydrobiol.* 33.
- E. (1953): Zum Saiblingsproblem. *Carinthia* II/2.
- Riezler, H. (1929): Die Molluskenfauna Tirols. *Veröff. Mus. Ferd. Innsbruck*, 9.
- Ruttner, F. (1931): Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. *Arch. Hydrobiol.* 8.
- (1937): Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen. *Arch. Hydrobiol.* 32.
- (1952): Grundriß der Limnologie. Walter de Gruyter & Co. Berlin. 2. Aufl.
- Sauberer, F. (1939): Beiträge zur Kenntnis des Lichtklimas einiger Alpenseen. *Int. Rev. d. g. Hydr.* 39.
- (1950): Die spektrale Strahlungsdurchlässigkeit des Eises. *Ztschr. Wetter und Leben*, 2, 9/10.
- Sauberer, F. u. Ruttner F. (1941): Die Strahlungsverhältnisse der Binnengewässer. In: *Probleme kosmisch. Phys.* XXII, herausgeg. von Ch. Jensen, Leipzig.
- Schmassmann, W. (1920): Die Bodenfauna hochalpiner Seen. *Arch. Hydrobiol.* 3.
- Schmidtler, K. (1942): Eisbeobachtungen am Starnberger See. *Int. Rev. d. g. Hydr.* 41.
- Schröter, C. (1926): Pflanzenleben der Alpen, 2. Aufl., A. Raustein, Zürich.
- Seybold, A. (1934): Über die Lichtenergiebilanz submerser Wasserpflanzen vornehmlich der Meeresalgen. *Jb. wiss. Bot.* 79.
- (1936): Über den Lichtfaktor photophysiologicaler Prozesse. *Jb. wiss. Bot.* 82.
- Steinböck, O. (1929): Hydrobiologische Forschungen in den Ostalpen. *Forsch. und Fortschr.* 5.
- (1931): Die Tierwelt des Ewigschneegebietes. *Zeitschr. Deutsch-Österr. Alpenver.* 62.
- (1934): Die Tierwelt der Gletscherseen. *Ebenda* 65.
- (1934a): Zur Frage der Sprungschicht in Hochgebirgsseen. *Arch. f. Hydrobiol.* 27.
- (1938): Arbeiten über die Limnologie der Hochgebirgsseen. *Int. Rev. d. g. Hydrobiol.* 37.
- (1949): Der Schwarzsee ob Sölden im Ötztal. *Veröff. Mus. Ferd. Innsbruck*, 26/29, Jg. 1946—49.
- (1949a): Fischereimöglichkeiten in Hochgebirgsseen. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 10.
- (1950): Richtlinien über den Einsatz in Hochgebirgsseen. *Österr. Fischerei*, 3.
- (1950a): Probleme der Ernährung und des Wachstums bei Salmoniden. *Schweiz. Fisch.-Zeitung*, 58, 3/4.
- (1951): Die Fische der Hochgebirgsseen. *Jahrb. Österr. Alpenver.* 1951.
- (1953): Ein neuer Seentyp: Der kryoeutrophe See. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 7.
- (1954): Über die Verhältnisse in der Tiefe der Hochgebirgsseen. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, suppl. 8.
- (1959): *Fragmenta limnologica alpina. „De natura Tirolensi“*, Schlern-Schr., Innsbruck, 188.
- Steinmann, P. (1936): Fische der Schweiz. H. R. Sauerländer und Co., Aargau.
- (1942): Experimentelle Untersuchungen über die Wüchsigkeit der Seesaiblinge (Rötel). *Schweiz. Fisch. Zeitg.*, Nr. 9.
- Stolz, O. (1930): Die Schwaighöfe Tirols. *Wiss. Veröff. Deutsch-Österr. Alpenver.* 5.
- Stundl, K. (1953): Zur Limnologie steirischer Bergseen. *Schweiz. Zeitschr. Hydrol.* 15.
- Suchlandt, O. u. W. Schmassmann (1935): Limnologische Beobachtungen an 8 Hochgebirgsseen der Landschaft Davos. *Schweiz. Zeitschr. Hydrol.* 7.
- Thienemann, A. (1926): Die Binnengewässer Mitteleuropas. In: *Die Binnengewässer*, herausgeg. von A. Thienemann, 1.
- (1928): Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. In: *Die Binnengewässer*, 4.
- Tillmanns, J. (1919): Über die quantitative Bestimmung der Reaktion in natürlichen Wässern. *Ztschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel*, 38.

- Tonolli, V. (1947): Gli alti laghi della Val Bognanco. I. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 3.  
— (1947a): Abaco per la determinazione grafica dei valori di saturazione dell'ossigeno disiolto. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 3.  
— (1947b): Differenziamento microgeografico in popolazione planctiche d'alta montagna. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 3  
— (1949): Gli alti laghi della Val Bognanco II. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 5.  
— u. L. Pirocchi. (1951): Osservazione sulla biologia ed ecologia di 170 popolamenti zooplanktonici di Laghi Italiani di alta quota. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. Vol. 6.
- Turnowsky, F. (1946): Die Seen der Schobergruppe in den Hohen Tauern. 8. Sonderh. Carinthia II.  
— (1954): Der Obstanser See in der Karnischen Hauptkette. Carinthia II, 64.
- Villot, A. (1874): Monographie des dragonneaux. Arch. zool. exper. 3.
- Walters, Ch., (1922): Hydracarinen aus den Alpen. Rev. Suisse de Zool., 29.
- Wesenberg-Lund, C. (1912): Über einige eigentümliche Temperaturverhältnisse in der Litoralregion der baltischen Seen und deren Bedeutung. Intern. Rev. d. Hydrobiol. 5.  
— (1939): Biologie der Süßwassertiere. Springer-Verlag, Wien.
- Wolff, H. (1948): Hydrobiologische Untersuchungen an den hochalpinen Seen des San Bernardinopasses. Ztschr. Hydrol. 10.
- Wörndle, A. (1950): Die Käfer von Nordtirol. Schlern-Schriften 64.
- Wunder, W. (1936): Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas. In: Handb. d. Binnenfisch. 2.
- Zschokke, F. (1900): Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. Neue Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. 37.