

# Der Wolayersee in der Karnischen Hauptkette

Von Fritz Turnowsky

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Graz

## Einleitung

Unter den zahlreichen Hochgebirgsseen und -tümpeln, die ich bisher untersuchte, ist keiner, der im Kalkgebirge liegt. Den Laserzsee in den Lienzer Dolomiten, auf den dies zutrifft, konnte ich nur ganz flüchtig bearbeiten, das wenige, das ich an ihm feststellen konnte, ist mit Ausnahme der Beobachtungen über die starken Spiegelschwankungen unveröffentlicht geblieben (TURNOWSKY 1946). Der Obstansersee in der westlichen Karnischen Hauptkette, den ich nach flüchtiger Betrachtung für ein von der kalkreichen Umgebung beeinflusstes Gewässer gehalten hatte, erwies sich bei genauerer Untersuchung als nicht betroffen von den nahe an das Wasser heranreichenden Schutthalden aus Devonkalk des Roßkopfes. Auch in der mir zugänglichen Literatur fand ich keine oder doch keine genauen Angaben über Seen des Kalkhochgebirges.

Darum hielt ich es für wichtig, einen solchen See zu bearbeiten, und wählte für diese Arbeit den vergleichsweise rasch und leicht zugänglichen Wolayersee im mittleren Teil der Karnischen Hauptkette, der, im Gegensatz zum Laserzsee, auch zur Zeit der Eisbedeckung ohne allzu große Gefahr zugänglich ist. Allerdings mußte eine bedauerliche Lücke in der Beobachtungsreihe bleiben: Im Spätherbst, kurz nach dem Zufrieren, ist der See nur unter besonders günstigen Verhältnissen erreichbar. Man müßte ständig im Oberen Gailtal wohnen, um den richtigen Zeitpunkt abzapassen. In den zwei mir für die Untersuchung zur Verfügung stehenden Jahren war es mir nicht möglich, Ende November oder Anfang Dezember zum See zu gelangen.

Der Anstieg erfolgte immer von der Plöckenstraße aus über das Valentintörl und bedeutete bei dem Gewicht der mitzunehmenden Geräte und Chemikalien eine erhebliche Anstrengung. Der Besuch im April 1959 war ein hochalpines Unternehmen, das durch schlechtes Wetter noch erschwert wurde. Den Teilnehmern an dieser „Expedition“ gilt mein besonderer Dank.

In die Beobachtungen wurden drei Almtümpel mit einbezogen, sie erbrachten zum Teil Bestätigung, zum Teil Ergänzung bereits bekannter Tatsachen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, allen Personen und Institutionen, die meine Arbeit förderten, den ergebensten Dank auszusprechen. Herr Univ.-Prof. Dr. REISINGER hat mich in jeder erdenklichen Weise unterstützt und mir wertvollste Ratschläge für die Arbeit gegeben; ihm gilt mein besonderer Dank. Herr Univ.-Prof. Dr. KAHLER hat mir als Fachmann und als Präsident des Naturwissenschaftlichen Vereines für Kärnten wirksamst geholfen und die Voraussetzungen für

die Arbeit geschaffen. Für Hilfe mannigfacher Art bin ich den Herren Universitätsprofessoren Dr. FINDENEKG, Dr. AICHINGER und Dr. PESTA zu Dank verpflichtet. Für ihre Hilfe bei der Bestimmung von Tieren und Pflanzen habe ich den Herren Mjr. a. D. Kustos HÖLZEL Klagenfurt (Käfer), Dr. E. J. FITTKAU, Plön (Chironomiden), Dr. F. WAGNER, Hamburg (Corixidae) und Dr. BACH, Klagenfurt (Moose), zu danken. Die Sektion Klagenfurt des Österreichischen Alpenvereines stellte Vermessungsgeräte bei, die Sektion Austria, Wien, gewährte mir und meinen Helfern Begünstigungen in der Eduard-Pichl-Hütte am Wolayersee. Deren Wirt, Herr TRUTSCHNIG, kam mir in jeder Weise entgegen und trug so zum Erfolg bei, ebenso Familie KRISTLER in Kötschach. Ihnen allen sowie nicht zuletzt den vielen Helfern bei der Arbeit am See, zumeist ehemaligen Schülern, gilt mein aufrichtiger Dank.

### Arbeitsmethoden

Die Uferlinie des Sees wurde mit einem Hildebrand-Feldtheodolit tachymetrisch aufgenommen, aus der nach den Aufnahmen konstruierten Zeichnung wurde die Fläche durch Planimetrieren festgestellt, ebenso die Flächen, die von den Isobathen umfaßt werden und die der Tümpel. Zum Zwecke der Auslotung wurde eine in Abständen von 10 Meter mit Korken markierte Schnur über den See gespannt, vom Schlauchboot aus wurde das Lot an einer markierten Leine versenkt. Die kleinen Abweichungen gegenüber den tachymetrisch gefundenen Werten, die niemals 2 Meter überschritten, wurden ausgeglichen. Die Sichttiefe bestimmte ich mit der Secchi-Scheibe, die im Schatten des Bootes versenkt wurde.

Die Wasserprobe entnahm ich mit Hilfe einer selbst hergestellten Meyer'schen Schöpfflasche, die sich bei der geringen Tiefe des Sees gut bewährte, deren Öffnung in der gewünschten Tiefe keine Schwierigkeiten bereitete. Um bei der Bestimmung des Sauerstoffgehaltes nach der Methode Winkler zu richtigen Ergebnissen zu kommen, also um zu vermeiden, daß der Sauerstoff in der mit Luft gefüllt versenkten Flasche das Ergebnis verfälsche, wurde die Schöpfflasche vor dem Versenken mit Kohlendioxyd gefüllt und das heraufgeholt Wasser in ebenfalls mit Kohlendioxyd beschickte Sauerstoff-Flaschen umgefüllt. Das Kohlendioxyd entnahm ich kleinen Patronen, wie sie zur Herstellung von „Sodawasser“ verwendet werden. Wiederholte Kontrollversuche ergaben völlige Übereinstimmung der Ergebnisse dieser Sauerstoffbestimmung mit der bei Proben, die mit der Ruttner'schen Flasche entnommen wurden. Es versteht sich von selbst, daß auf solche Art gewonnenes Wasser nicht zu anderen chemischen Untersuchungen verwendet wurde, im besonderen nicht zur Bestimmung der pH.

Die Wasserstoffionenkonzentration wurde mit Merck's Universalindikator bestimmt, die Alkalinität durch Titrieren gegen Methylorange. Die Bestimmung der übrigen angeführten gelösten Stoffe mußte wegen Mangels an geeigneten Einrichtungen durch das Laboratorium

der Landwirtschaftlich-Chemischen Versuchs- und Lebensmitteluntersuchungsanstalt für Kärnten in Klagenfurt besorgt werden.

Zur qualitativen Erfassung der Plankton-Organismen führte ich Netzzüge in verschiedenen Tiefen, auch Vertikalzüge, aus. Zur quantitativen Bestimmung wendete ich zwei Methoden an, die auf FINDENEGG (1935) zurückgehen. Um die größeren Plankter zahlenmäßig zu erfassen, wurden Serienliter entnommen; das heißt, es wurden 5 Liter Wasser aus aufeinanderfolgenden Tiefen (z. B. 1 bis 5 Meter) durch das Planktonnetz gefiltert, der Inhalt durch Sedimentieren und schließlich durch Zentrifugieren verdichtet und dann ausgezählt. Verluste durch Netzurückstände wurden durch sorgfältiges Ausspülen des Netzes auf ein Mindestmaß herabgesetzt.

Um auch das Nannoplankton quantitativ zu erfassen, das bei den meisten bisherigen Untersuchungen an Hochgebirgsseen stark vernachlässigt wurde (TURNOWSKY 1946, 1954 a, b), dessen Untersuchung aber zur Lösung mancher offener Frage wertvolle Beiträge liefern kann, wurde jeweils der Inhalt von  $\frac{1}{2}$  Liter Wasser aus verschiedenen Tiefen mit Formalin sedimentiert, zentrifugiert und durchgezählt. Untersuchung lebenden Materials an Ort und Stelle war unmöglich, da außer dem unbedingt erforderlichen Gepäck nicht noch ein Mikroskop mitgenommen werden konnte.

Die Schlammproben wurden mit Hilfe eines Bodengreifers an die Oberfläche gebracht und sofort auf ihren Gehalt an makroskopisch erkennbaren Tieren untersucht.

Das Durchstoßen der Winterdecke des Wolayersees erfolgte in der nun schon oft erprobten Art: eine Stahlschneide, wie sie zum Reinigen von Gehwegen von Eis benützt wird, etwa 15 cm lang, wird am Stiel eines Wolf-Gartengerätes befestigt und nach Art eines Gesteinsbohrers gegen das Eis gestoßen, so daß es recht schnell durchstoßen wird. In einer knappen halben Stunde war bei häufiger Ablöse eine Eisdecke von 1,8 m, von der immerhin 85 cm auf massives Eis entfielen, eröffnet.

#### Lage und Entstehung des Wolayersees. Geologie des Gebietes.

Der Wolayersee liegt im mittleren Teil der Karnischen Hauptkette, knapp nördlich der Wasserscheide, die gleichzeitig die Grenze zwischen Österreich und Italien ist, in einer Seehöhe von 1951 Meter. Der Wasserspiegel wird im Süden vom Wolayerpaß um 26 Meter überhöht, im Nordwesten vom Birnbaumertörl um 13 Meter, im Nordosten von einem niedrigen Querriegel, der den Rauchkofel mit dem Frauenhügel verbindet, um etwa 8 Meter. Im übrigen wird der See von gewaltigen Gipfeln bis zu 800 Meter überragt, von der Seewarte, der Hohen Warte, dem Seekopf und dem Rauchkofel. Nach SCHWINNER (PICHL 1929) ist das Seebecken tektonisch vorgebildet (eine Doline) und glazial geformt. Der Wolayergletscher, von dem heute nur noch spärliche Überreste in Form von Firnfeldern bestehen, überfloß während des Eis-

hochstandes den Wolayerpaß, eine Folge des Rückstaus durch den Gailgletscher. Später wurde die Doline als Zungenbecken vor der Zuschüttung bewahrt.

Der geologische Aufbau des Gebietes um den See ist außerordentlich kompliziert. Da die Untersuchungen darüber erst im Gange sind, können genaue Angaben nicht gemacht werden. Am Südufer erheben sich Berge, die vorwiegend aus Devonkalken aufgebaut sind, die an das Wasser heranreichenden Schutthalden bestehen daraus. Im Seekopf-Sockel stehen auch silurische Gesteine an, die hier ebenfalls kalkig entwickelt sind. Von diesen Massen ist Hochwipfelkarbon überschoben, das zumeist schieferig ausgebildet ist und im nordöstlichen Querriegel unmittelbar an den See herantritt. Von diesen Gesteinen stammt offenbar der ungewöhnlich hohe Gehalt des Wassers an  $\text{SiO}_2$ , ergänzt wird er wohl durch Wasser, das aus dem Bereiche des Rauchkofels kommt, der in der Rauchkofeldecke ebenfalls schieferige Gesteine enthält.

### Hydrographische Verhältnisse

Der Wolayersee, dessen Boden durch Schlamm abgedichtet ist, hat keinen sichtbaren Zufluß. Trotzdem muß reichlich Wasser einsickern, denn der Wasserstand ändert sich nach meinen Beobachtungen nur sehr wenig; die Spiegelschwankungen dürften 50 cm nicht überschreiten. Die Vermutung, die ich im Anschluß an Beobachtungen am Laserzsee in den Lienzer Dolomiten aussprach (TURNOWSKY 1946 b), daß Hochgebirgsseen in den Kalkalpen starken Spiegelschwankungen ausgesetzt seien, hat also keine allgemeine Gültigkeit. Das zufließende Wasser ist zum Großteil Schmelzwasser des Wolayerfirms, dazu kommt reichlich Regenwasser. Bei jedem der in diesem Gebiete sehr häufigen Gewitter oder Regengüsse sieht man aus den Wänden besonders der Seewarte Ströme von Wasser stürzen, die zum größten Teil in den Schutthalden versickern, nur bei längerer Dauer des Regens auch oberflächlich abfließen und als Bäche von kurzer Lebensdauer dem See zustreben.

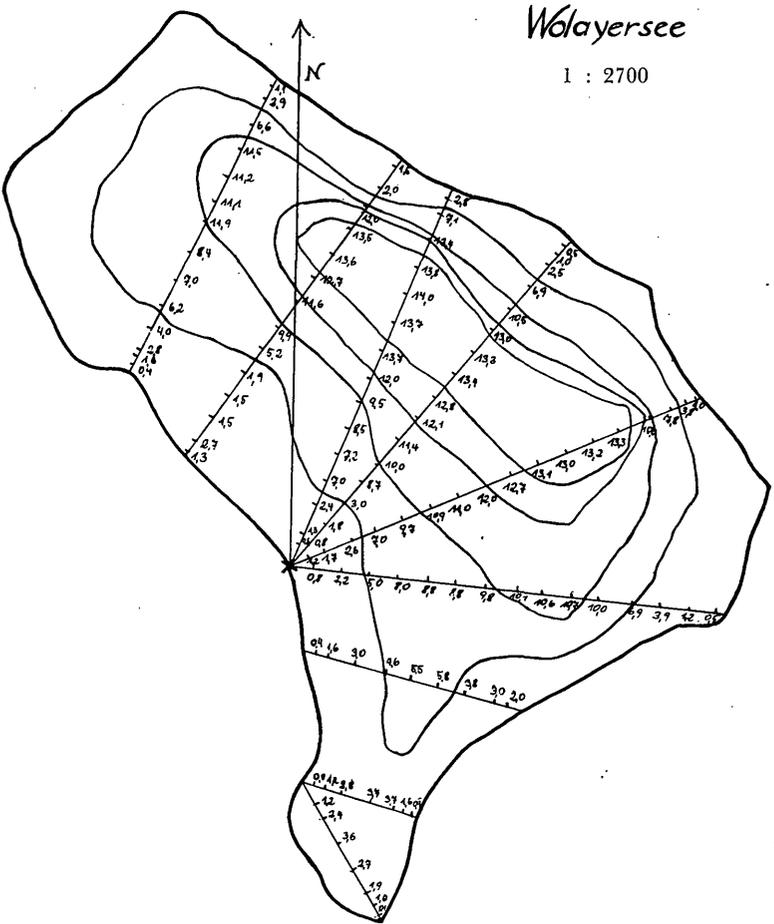
Ein oberirdischer Abfluß fehlt, doch tritt etwas unter der Höhe des Wasserspiegels nördlich des niedrigen Querriegels eine starke Quelle zutage, deren Wasser in Temperatur und chemischer Zusammensetzung weitgehend mit dem Oberflächenwasser des Sees übereinstimmt. Ein zweiter unterirdischer Abfluß ist unzweifelhaft die Quelle, die auf der Südseite des Wolayerpasses, auf italienischem Boden, austritt; sie konnte nicht untersucht werden. Der nördliche Abfluß wird zur Wasserversorgung der nahegelegenen Pichlhütte des Österreichischen Alpenvereines ausgenützt.

Wenn der Wasserspiegel trotz des kleinen Einzugsgebietes, das nur rund die sechzehnfache Seefläche umfaßt, relativ konstant bleibt, dann geht dies auf die große Jahres-Niederschlagsmenge zurück, die zwischen 2 000 und 2 500 mm beträgt (PASCHINGER 1949).

Über die Größe der Seefläche sind in der Literatur verschiedene Angaben zu finden: Nach MARINELLI (zit. bei SRBIK 1936) beträgt sie 0,06 km<sup>2</sup>, nach FRECH (zit. b. SRBIK) 0,25 km<sup>2</sup>. Beide An-

gaben sind zu hoch. Die Vermessung und Auslotung des Sees brachte folgende Ergebnisse:

Die Oberfläche umfaßt	38 300 m <sup>2</sup> ,
die 5-Meter-Isobathe	22 300 m <sup>2</sup> ,
die 10-Meter-Isobathe	11 900 m <sup>2</sup> ,
die 12-Meter-Isobathe	6 400 m <sup>2</sup> ,
die 13-Meter-Isobathe	3 800 m <sup>2</sup> ,



während die Tiefe von 14 Meter nur an einer eng begrenzten Stelle erreicht wird (Abb.). Die 5-Meter-Isobathe umfaßt fast zwei Drittel der Gesamtfläche, die 10-Meter-Isobathe fast ein Drittel. Ein ungewöhnlich großer Teil des Seegrundes ist somit fast eben.

Das Gesamtvolumen beträgt rund		258 000 m <sup>3</sup> .
Davon umfaßt die Schichte zwischen 0 und 5 m		150 000 m <sup>3</sup> ,
die zwischen 5 und 10 m		84 000 m <sup>3</sup> ,
und die zwischen 10 und 14 m		24 000 m <sup>3</sup> .

Als mittlere Tiefe ergibt sich der im Verhältnis zur geringen absoluten Tiefe recht bedeutende Wert von 6,7 m.

### Temperatur- und Eisverhältnisse

Wegen der Lage des Sees nahe dem Wolayerpaß, der ihn nur um 26 Meter überhöht, herrscht fast immer Wind. Die Zeit der Windstille ist höchstens nach Stunden zu messen. Häufig ist Nebel, der besonders bei Föhnlage den Paß überfließt, auch wenn die benachbarten Gipfel in der Sonne liegen. Aus diesen Gründen und wegen der reichlichen Niederschläge dürfte die Oberflächentemperatur nur selten 12°, niemals 14° übersteigen. In der Temperaturserie vom 24. September 1958 (Tabelle 1) ist eine Sprungschicht kaum angedeutet, nur zwischen 8 und 13 Meter sind etwas größere Temperaturschritte festzustellen, 2,2° auf 5 Meter. Nach STEINBÖCK (1934, S. 407) ist bei Jochseen wegen der starken Windeinwirkung eine Sprungschicht auch nicht zu erwarten. Daß sie aber auch hier, wenn auch nur sehr vorübergehend, auftreten kann, zeigen die Serien vom 13. und 14. August 1959. Zwischen 4 und 8 Meter Tiefe ist am 13. August eine Temperaturspanne von 3,5° festzustellen, wobei der größte Sprung zwischen 4 und 5 Meter liegt (1,8°). Ich habe mich durch mehrere Kontrollmessungen von der Richtigkeit dieser Temperaturen überzeugt. Abends und in der Nacht folgte Regen bei starkem Wind (Windstärke 6—7), so daß wegen der immerhin nicht allzu großen Temperaturunterschiede die oberen Wasserschichten vollständig durchmischt wurden und auch der obere Teil des Metalimnions von der Zirkulation ergriffen wurde. Dadurch wurde der größte Sprung um 1 Meter tiefer verlegt, auf 5 bis 6 Meter. Es kann als sicher angenommen werden, daß die folgende Schlechtwetterperiode mit Schneefall, die von mir nicht mehr abgewartet werden konnte, die Sprungschicht vollständig zum Verschwinden brachte.

Die Temperaturverhältnisse unter Eis am 26. April 1959 zeigten keine Besonderheiten. Die übliche inverse Sprungschicht ist schwach ausgebildet, die Spanne zwischen 2 und 5 Meter Tiefe beträgt 1,8°, mit einem Sprung von 1,2° zwischen 2 und 3 Meter.

Die Zeit des Zufrierens ist nicht bekannt. Vergleiche mit zwei ebenfalls in der Karnischen Hauptkette gelegenen Seen, dem Obstansersee, 2299 m, und dem Zollnersee, 1766 m (TURNOWSKY 1954 a, b), lassen die Bildung der ersten Eisdecke für die Zeit zwischen Mitte Oktober und Anfang November erwarten. Die Eisdecke schwindet nach den Angaben einheimischer Beobachter zwischen Mitte Mai und Mitte Juni. Die Zeit der Eisbedeckung dauert demnach im Mittel etwa 7 Monate.

Tabelle 1  
Temperaturen in Grad Celsius

	2. 9. 58	3. 9. 58	24. 9. 58	26. 4. 59	13. 8. 59	14. 8. 59
Tageszeit	13.45	8.45	7.30	15.00	16.00	7.30
Bewölkung	bew.	klar	klar	Nebel	bew.	klar
Wind	SW 3	N 3	S 2	S 5	S 4	S 1
Lufttemperatur	9.8	7.5	8.4	3.0	14.5	9.2
O-Ufer	11.0					
S-Ufer	10.6	9.7				
0 m	10.6	9.7	—	—	9.9	9.4
0.5 m	10.5	9.7	8.7	—	—	—
1 m	10.3	—	8.6	0.4	10.1	9.5
2 m	10.2	—	8.5	1.4	10.0	9.6
2.5 m	—	—	—	2.0	—	—
3 m	—	—	8.5	2.6	10.0	9.6
4 m	—	—	8.5	2.9	9.7	9.5
5 m	—	—	8.4	3.2	7.9	8.5
6 m	—	—	8.4	3.35	7.4	7.1
7 m	—	—	8.4	3.4	6.6	6.7
8 m	—	—	8.3	3.5	6.2	6.1
9 m	—	—	7.9	3.5	5.9	6.0
10 m	—	—	7.5	3.5	5.6	5.6
11 m	—	—	7.1	3.6	5.6	5.6
12 m	—	—	6.6	3.9	5.5	5.5
12.5 m	—	—	—	—	—	5.4
13 m	—	—	6.1	—	5.3	5.3
Abfluß	10.2	9.7	8.6	—	10.0	9.3

Die schon oft, am ausführlichsten von STEINBÖCK (1959), beschriebene Mehrschichtigkeit der Winterdecke auf Hochgebirgsseen war auch am Wolayersee zu beobachten. Von oben nach unten aufgezählt, bestand die Decke am 26. April 1959 aus folgenden Schichten:

- 30 cm Schnee (naß, salzig),
- 50 cm Schneematsch und Wasser,
- 40 cm undurchsichtiges Schnee-Eis,
- 10 cm Schneematsch,
- 30 cm klares, durchsichtiges Wassereis,
- 5 cm Schneematsch,
- 15 cm Eis von nicht feststellbarer Beschaffenheit,  
jedoch ziemlich weich.

Damit zeigte der Wolayersee 1959 im Aufbau seiner Winterdecke mehr den Typus der Tatralseen (OLSZEWSKI 1948, zit. bei STEINBÖCK 1959), bei denen die (unterste) Primäreisdecke sehr dünn ist, viel dünner als bei den meisten Hochgebirgsseen der Alpen; nie über 30 cm. Zum Vergleich bringe ich Dicken von Primäreisdecken auf

Alpenseen: Schwarzsee 70 cm (STEINBÖCK 1959), Wangenitz- und Kreuzsee 65 cm, Großer Gradensee 70 cm (TURNOWSKY 1946). Eine Erklärung für das abweichende Verhalten des Wolayersees zu geben, ist ohne geschlossene Beobachtungsreihen nicht möglich.

### Die Ufer

Die Ufer des Sees sind von sehr verschiedener Beschaffenheit. Im Süden und Südosten sind sie von Schutt- und Blockhalden gebildet, die nur spärlichen Pflanzenwuchs tragen (*Caricetum firmae* und *Thlaspeetum rotundifolii*). Das flach einfallende Westufer ist zum Großteil geschlossen bewachsen, Milchkräuter, Bestände von *Rumex alpinus* und stellenweise Polsterseggenrasen bedecken den Boden, während das Nord- und teilweise das Ostufer von durch Beweidung verwüsteten Beständen der Rostroten Alpenrose, *Rhododendron ferrugineum*, bedeckt ist. Am Ostufer fallen besonders die riesigen Exemplare von *Saxifraga Hostii* var. *ploectenensis* auf.

Verlandungsvegetation fehlt, wie zumeist an Hochgebirgsseen; immerhin ist bei Seen mit Zufluß die Zuschüttung deutlicher und an den Bachdeltas wachsen dann Pflanzen, die zur Verlandung beitragen, auch wenn sie keine echten Verlandungspflanzen sind. An erster Stelle steht unter ihnen die Cyperacee *Eriophorum Scheuchzeri* (Scheuchzers Wollgras), das am Wolayersee völlig fehlt. An den wenigen ganz flachen Stellen am Westufer wird sie durch *Eriophorum angustifolium* vertreten. Außerdem sind dort folgende Arten zu finden: *Caltha alpestris*, *Ranunculus repens*, *Arabis corymbiflora*, *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga stellaris*, *Epilobium alsinefolium*, *Soldanella alpina*, *Deschampsia caespitosa*, *Poa alpina vivipara*, *Juncus filiformis*, *Juncus triglumis*, *Carex Goodenovii*. Das ist ein buntes Gemisch von Pflanzen aus sehr verschiedenen Gesellschaften, wie es auch an anderen Hochgebirgsseen vorkommt, so am Obstansersee und an einigen Seen der Schobergruppe (TURNOWSKY 1946, 1954). Sie gehören zum Teil Quellfluren an, andere halten die große Feuchtigkeit aus, ohne sie zu brauchen, und *Soldanella alpina* ist eine Schneetälchenpflanze und als solche geeignet, die kalte Nässe des Seewassers zu ertragen. Der Anteil der Schneetälchenpflanzen an der „Verlandungsvegetation“ ist am Wolayersee weitaus geringer als an Seen, die nicht unter Kalkeinfluß stehen. *Sphagnum* fehlt ganz.

### Chemismus des Wassers

Zum Vergleich mit dem Wolayersee wurden in die Tabellen 2 bis 4 zwei Seen aufgenommen, die bezüglich ihrer Fläche der gleichen Größenordnung angehören wie er, der Kreuzsee in der Schobergruppe, 2483 m Seehöhe, 5,12 ha, und der Obstansersee in der westlichen Karnischen Hauptkette, 2299 m Seehöhe, rund 2 ha. Der Kreuzsee hat die gleiche Tiefe wie der Wolayersee, der Obstansersee ist seichter (8,3 m). Letzteren wählte ich auch deshalb, weil er der gleichen Gebirgsgruppe

angehört wie der Wolayersee, weshalb bei der Behandlung des Planktons gute Vergleichsmöglichkeiten bestehen.

Im Chemismus sind größere Unterschiede festzustellen. Da der Wolayersee unter starkem Kalkeinfluß steht, sind selbstverständlich die Werte für pH und besonders für die Alkalinität wesentlich höher (Tabelle 2). Auch das Sinken des pH-Wertes unter Eis entspricht der Norm.

Tabelle 2  
Alkalinität, Wasserstoffionenkonzentration (pH)

	Wolayersee							
	3. 9. 58		24. 9. 58		24. 4. 59		13. 8. 59	
	Alk.	pH	Alk.	pH	Alk.	pH	Alk.	pH
0.5 m	1.6	8.0	1.5	8.0	—	—	1.2	8.0
1 m	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5 m	—	—	—	—	1.5	7.5	—	—
5 m	—	—	1.5	8.0	1.5	7.3	1.2	8.3
7.5 m	—	—	—	—	—	—	—	—
10 m	—	—	1.7	7.5	1.5	7.3	—	—
12 m	—	—	—	—	1.8	7.0	—	—
13 m	—	—	1.7	7.5	—	—	1.7	7.0
Abfluß	1.5	8.0	1.5	8.2	—	—	1.5	8.0

	Obstansersee				Kreuzsee			
	2. 6. 44		7. 7. 44		23. 8. 39		15. 6. 41	
	Alk.	pH	Alk.	pH	Alk.	pH	Alk.	pH
0.5 m	0.4	6.5	0.6	7.2	—	—	—	—
1 m	—	—	—	—	0.18	7.2	—	—
2.5 m	—	—	—	—	—	—	—	—
5 m	0.6	6.8	0.6	7.5	0.2	7.2	0.36	6.8
7.5 m	0.6	6.5	0.6	7.5	—	—	—	—
10 m	—	—	—	—	—	—	—	—
12 m	—	—	—	—	0.27	7.5	0.18	5.8

Tabelle 3  
Gesamt-Eisen, Nitrat-Stickstoff, Siliziumdioxid Milligramm/Liter

Wolayersee		Gesamt-Fe	Nitrat-N	SiO <sub>2</sub>
3. 9. 58	0.5 m	< 0.2	0.2	3.4
24. 9. 58	5 m	< 0.1	0.05	9.0
	13 m	0.1	0.1	12.0
26. 4. 59	5 m	0.3	0.1	7.5
	12 m	1.7	0.1	13.5
13. 8. 59	13 m	< 0.1	0.1	10.5

		Gesamt-Fe	Nitrat-N	SiO <sub>2</sub>
<b>Obstansersee</b>				
3. 8. 44	1 m	1.0	0.05	2.0
	5 m	2.0	0.05	2.0
	8 m	5.0	0.02	3.0
<b>Kreuzsee</b>				
23. 8. 39	1 m	—	0.02	1.0
	5 m	—	0.05	1.0
	12 m	—	0.02	2.0
15. 6. 41	5 m	—	0.06	1.0
	12 m	—	0.06	4.0

Sehr auffallend sind die vergleichsweise weitaus höheren Werte für Nitrat-Stickstoff und besonders für SiO<sub>2</sub> (Tabelle 3). Beide erreichen Höhen, wie ich sie in anderen Hochgebirgsseen nie fand, wie sie auch aus der Literatur nicht bekannt sind. Nach Prof. KAHLER (mündlich) ist der hohe Gehalt an SiO<sub>2</sub> aus dem Vorkommen löslicher Siliziumverbindungen in den Gesteinen der Umgebung, auch in den kalkigen Gesteinen zu erklären. Analysenergebnisse liegen indes nicht vor. Auf jeden Fall wird durch den hohen SiO<sub>2</sub>-Gehalt des Wassers die Massenentwicklung der Kieselalgen ermöglicht.

Von besonderer Bedeutung für das Leben im See ist aber der Nitrat-Stickstoff. Er vor allem bedingt die ungewöhnlich reiche Entwicklung der Planktonorganismen. Es kann sein, daß der Stickstoffgehalt zum Teil durch die nahe dem Ufer stehende, im Sommer bewirtschaftete Alpenvereinshütte beeinflusst wird. Ihre Abwässer werden zwar nicht in den See geleitet, sickern aber bestimmt durch. Beweidung spielt keine bedeutende Rolle, da, abgesehen vom Tragtier des Hüttenwirtes, nur selten Weidevieh an den See kommt.

Der Gehalt des Wassers an Eisen ist nicht groß, er wird von dem im Obstansersee weitaus übertroffen (Tabelle 4 und 5). Die Untersuchung auf Mangan ergab in jedem Falle das Fehlen dieses Elementes.

### Sauerstoffhaushalt

Wie in allen daraufhin untersuchten Hochgebirgsseen ist auch im Wolayersee in den oberen Schichten der Sauerstoffgehalt hoch, er reicht im Sommer nahe an den Sättigungsgrad heran. Übersättigung, wie ich sie häufig in Seen der Schobergruppe fand, war nie festzustellen. Das mag zum Teil auf der starken Entwicklung des Zooplanktons beruhen, zum Teil auf dem Fehlen von Zuflüssen, die oft, besonders wenn sie Wasserfälle oder Bachschnellen bilden, O<sub>2</sub>-übersättigtes Wasser führen. In der Tiefe tritt im Sommer, wie es der Regel entspricht, leichtes Absinken des O<sub>2</sub>-Gehaltes auf.

Tabelle 4  
Sauerstoffgehalt, mg/Liter

	Wolayersee				
	3. 9. 58	24. 9. 58	26. 4. 59	13. 8. 59	
0.5 m	9.19	7.71	—	—	
1 m	—	—	8.41 (2.5 m)	8.03	
5 m	—	6.9	6.87	—	
8 m	—	—	—	—	
10 m	—	6.45	1.34	8.3	
12 m	—	—	1.20	—	
13 m	—	6.13	—	7.48	
Abfluß	8.93	—	—	8.2	

	Obstansersee			Kreuzsee	
	2. 6. 44	7. 7. 44	29. 11. 53	23. 8. 39	15. 6. 41
0.5 m	9.13	—	—	—	—
1 m	—	7.06	9.2	9.75	—
5 m	6.67	—	5.74	10.06	—
8 m	2.67	6.46	4.84 (7.5 m)	—	—
10 m	—	—	—	—	—
12 m	—	—	—	10.24	2.76

Im Winter dagegen sinkt in der Tiefe der Gehalt des Wassers an  $O_2$  sehr stark, wie es auch sonst schon oft beobachtet wurde. Zur Ergänzung der Daten in Tabelle 4 seien noch folgende Vergleichszahlen genannt: Gossenköllesee, 2485 m, in 8 Meter Tiefe am Ende des Winters 3,61 mg/l (LEUTELT-KIPKE 1934), Alkusersee, 2432 m, am 29. Mai 1941 in 35 m Tiefe 1,45 mg/l (TURNOWSKY 1946), Mölsersee, 2238 m, am 17. Mai 1953 bei 6 m Tiefe 1,12 mg/l (STEINBÖCK 1955). Alle diese Beispiele stimmen also mit dem Wolayersee darin überein, daß während der langen Zeit der Eisbedeckung im Tiefenwasser starker  $O_2$ -Schwund eintritt, der sogar verhältnismäßig hoch hinaufreichen kann. (Alkusersee 15 m ober dem Grund 5,72 mg/l, 10 m ober dem Grund 4,23 mg/l, Wangenitzsee 25 m ober dem Grund 6,19 mg/l.)

Ohne vorläufig auf die Ursachen einzugehen, stelle ich fest, daß der Wolayersee in die Kategorie der kryoeutrophen Seen (STEINBÖCK 1953) gehört, also zu den Seen, in deren Tiefe sich unter dem Einfluß der lange Zeit sperrenden Eisdecke Sauerstoffschwund einstellt. Dies führt zu einer Schichtung, die an die Schichtung eutropher Seen erinnert. Dieser Typus ist nicht auf das Hochgebirge beschränkt (STEINBÖCK 1955), doch gehört die überwiegende Mehrzahl der bisher genauer untersuchten Hochgebirgsseen hierher. Ich selbst fand nur zwei Ausnahmefälle. Der Große Gradensee in der Schobergruppe,

2474 m, ein ständig invers geschichteter Gletscherrandsee ohne Plankton, hatte am 16. Mai 1939 in 30 m Tiefe 7,52 mg/l, am 14. Juni 1941 7,05 mg/l. Das sind Werte, die weit höher liegen, als sie zu dieser Jahreszeit sonst zu finden sind, obwohl dieser See früher zufriert als alle anderen der Schobergruppe (TURNOWSKY 1946).

In einem zweiten Fall war Sauerstoffschwund überhaupt nicht festzustellen, beim Barrenlesee, 2727 m, in der Schobergruppe. Aus seiner Tiefe wird auch zur Zeit der Eisbedeckung ständig Wasser abgezogen, was zu sehr starkem Absinken des Wasser- bzw. des Eispegels führt. Der höchste Wert dafür betrug 9 Meter. Daher wird das Wasser entfernt, in dem sich der O<sub>2</sub>-Schwund bemerkbar machen könnte (TURNOWSKY 1946, 1946 b).

Es erscheint nicht zweifelhaft, daß der besprochene Vorgang bis zum völligen Verschwinden des Sauerstoffes führen kann. Der Wolayersee blieb nach meiner Untersuchung im April 1959 noch mindestens einen Monat von Eis bedeckt, hatte also noch Zeit, Sauerstoff zu verbrauchen. Die Tatsache, daß der Obstansersee am 29. November 1953, genau 4 Wochen nach dem Zufrieren, nur noch 4,84 mg/l Sauerstoff im Tiefenwasser hatte, während zur gleichen Zeit das Wasser in 1 m Tiefe 9,2 mg/l hatte, spricht dafür, daß der Vorgang rasch abläuft, daß der Sauerstoffschwund zum Extrem, dem Wert 0, führen kann. Der niederste bisher nachgewiesene Wert ist der oben angeführte vom Mölsersee (STEINBÖCK 1955) mit 1,12 mg/l. Hingegen hat das Ergebnis der Untersuchung am Zollnersee in der Karnischen Hauptkette, 1766 m (TURNOWSKY 1954 a), keine Beweiskraft, weil dieses Gewässer einen Grenzfall zwischen See und perennierendem Tümpel darstellt und dem letzteren näher steht. Bei der geringen Tiefe von 2,8 m ist der vollständige Schwund des Sauerstoffes im März 1944 sicher zum Teil auf andere Ursachen zurückzuführen als bei echten Seen des Hochgebirges.

## Das Leben im See

### 1. Ufer und Boden

Die Steine am Ufer sind dicht mit Algen bewachsen, von denen nur einige bestimmt werden konnten. Es sind dies: *Oscillatoria limnetica*, *Tolypothrix* sp. (*distorta*?), *Calothrix parietina*, dazu einige Kieselalgen, die auch im Bodenschlamm vorkommen und dort genannt sind. An makroskopisch wahrnehmbaren Tieren stellte ich fest: *Gammarus pulex* (det. Prof. Dr. REISINGER), *Agabus Solieri* (det. HÖLZEL) und *Aphodius misetus* (det. HÖLZEL).

*Gammarus* gerät auch bei Netzfängen in größerer Tiefe oder in Ufernähe gelegentlich ins Plankton. *Agabus Solieri* ist der mit Abstand häufigste Schwimmkäfer in Hochgebirgsseen, den ich auch in vielen Gewässern der Schobergruppe fand. Der Kotkäfer *Aphodius* wurde offenbar vom Wind ins Wasser geweht und zufällig mit den Schwimmkäfern gefangen.

Wegen der großen Bedeutung, die dem Leben im Bodenschlamm in der Diskussion über den Trophiezustand der Seen beigemessen wird (FINDENEKG 1955, STEINBÖCK 1958, 1959), war es selbstverständlich, daß ich im Wolayersee im Rahmen des Möglichen Beobachtungen darüber anstellte. Am 26. April 1959 und am 14. August 1959 entnahm ich mit dem von Herrn Prof. Dr. REISINGER zur Verfügung gestellten Bodengreifer Proben, sichtete sie makroskopisch und untersuchte sie chemisch und mikroskopisch.

Der Schlamm ist dunkelgrau, fast geruchlos und gibt Reaktion auf Karbonat und Eisen. In den unter Eis entnommenen Proben war trotz besonders sorgfältiger Durchmusterung nicht ein einziges Stück von Chironomidenlarven oder Oligochaeten auffindbar.

Die mikroskopische Untersuchung ergab folgenden Tatbestand. Sehr wenig mineralische Substanz, überwiegend organischer Detritus, darunter deutlich erkennbare Teile von Landpflanzen. Neben Pollen, hauptsächlich von *Picea excelsa*, der Fichte, waren Bruchstücke von Blättern und Stammteilchen zu finden, meist in Zersetzung begriffen. In großer Menge fand ich lebende Diatomeen, leere Schalen von solchen, in geringer Zahl Nematoden, die nicht bestimmt werden konnten. An Kieselalgen fand ich: *Fragilaria pinnata*, *Diatoma anceps*, *Amphora ovalis*, *Navicula* (mehrere Arten), *Pinnularia* (mehrere Arten), *Cymbella gracilis*, *Cymbella Ehrenbergii*, *Stauroneis anceps*, *Surirella linearis*, *Campylodiscus noricus*, *Cymatopleura elliptica* und var. *constricta*. Dazu kommen die Schalen der im Plankton lebenden Kieselalgen, die später besprochen werden.

Im Sommer finden sich die gleichen Arten, nur ist die Zahl der Nematoden viel größer und es kommen an makroskopisch erkennbaren Tieren *Pisidium cinereum* sowie Oligochaeten und Chironomidenlarven hinzu. Bei den Chironomiden handelt es sich um eine nicht näher bestimmbare Art der Gattung *Stictochironomus* (det. Dr. FITTKAU). Die Ergebnisse der Bestimmung der Oligochaeten sind bisher nicht eingetroffen.

12 Greiferproben vom 14. August 1959 aus 6—12 Meter Tiefe wurden durchgemustert und gezählt. Dabei ergab sich folgendes Bild: Im Durchschnitt aller Proben kamen auf 1 dm<sup>2</sup> 5,3 Oligochaeten und 17,1 Chironomidenlarven, also auf 1 m<sup>2</sup> 530 bzw. 1710 Tiere. Doch gibt diese Art der Rechnung kein richtiges Bild von den Verhältnissen, da Verschiedenartiges zusammengeworfen wird. Es ist vielmehr notwendig, die einzelnen Proben anzuführen. Die Proben 1—8 stammen aus Tiefen zwischen 9 und 12 Meter.

Nr. der Probe	Oligochaeten	Chironomiden
1	9	12
2	6	51
3	9	11
4	3	10
5	6	13

Nr. der Probe	Oligochaeten	Chironomiden
6	8	17
7	3	24
8	5	44

Das gibt einen Durchschnitt von 614 Oligochaeten und 2280 Chironomidenlarven auf 1 m<sup>2</sup>.

Die Proben 9 bis 12 stammen aus einer Tiefe von 6—9 Meter, sie ergaben:

Nr. der Probe	Oligochaeten	Chironomiden
9	3	2
10	1	4
11	7	8
12	4	9

Das sind durchschnittlich 375 Oligochaeten- und 575 Chironomidenlarven je Quadratmeter. Dieser bedeutende Unterschied erklärt sich aus folgenden Tatsachen. Bei der Entnahme von Greiferproben aus größerer Tiefe geriet niemals ein Stein in das Gerät, nur einmal eine Schrapnellkugel, niemals ging eine Probe verloren. Bei der Entnahme aus geringerer Tiefe hingegen war es häufiger, daß ein eingeklemmter Stein den Bodengreifer offen hielt, als daß er geschlossen an die Oberfläche kam. Dieser Befund stimmt völlig mit den Beobachtungen überein, die STEINBÖCK (1959) bringt. Nach ihm ist in den meisten Hochgebirgsseen der Grund in Ufernähe aus Steinen und Grus gebildet, während in größerer Tiefe Schlamm vorherrscht. Nach seiner Auffassung „ . . . liegt nun die Grenze Litoral—Profundal in Hochgebirgsseen dort, wo der Feinschlamm beginnt . . . “ (STEINBÖCK, l. c., S. 139). Dabei handelt es sich um eine natürliche Grenze, da an ihr Fazies- und Faunenwechsel eintreten.

Im Wolayersee liegt demnach die Grenze bei etwa 10 Meter Tiefe; vielleicht wäre es noch besser, von einem Grenzstreifen zwischen 8 und 10 Meter zu sprechen. Was darunter liegt, ist Profundal. Das von STEINBÖCK weiter angeführte Charakteristikum des Profundals, die wenig schwankende, tiefe Temperatur, ist ebenfalls gegeben. Die höchste von mir bei 10 Meter gemessene Temperatur war am 24. September 1958 7,5°, sie steigt kaum jemals höher.

Und schließlich ist auch die Beziehung zur Sichttiefe gegeben, die von BRUNDIN (1949, 1956, zit. bei STEINBÖCK 1959, S. 141) gefordert wird, daß nämlich „ . . . die untere Litoralgrenze in diesen (den Hochgebirgsseen, Anm. des Autors) Seen nicht in eine Tiefe verlegt werden kann, die wesentlich geringer ist als die Sichttiefe.“ Die Sichttiefe im Wolayersee betrug aber, mit der Secchi-Scheibe festgestellt, am 24. September 1959 9 m, am 14. August 1959 8,5 m.

## 2. Das Zooplankton

Durch Netzfänge wurden folgende echte oder zufällige Plankter festgestellt:

*Diatomus bacillifer* = *Arctodiatomus bacillifer* (Koelbel)

*Cyclops tatricus* = *Cyclops strenuus* Fischer var. *tatricus*

Kozminski

*Daphnia pulex* (De Geer)

*Alona affinis* Leydig

*Keratella quadrata* (Müll.)

*Polyarthra trigla* Ehrenberg (nur einmal gefunden)

Diese wenigen Arten bringen keinerlei Überraschung. *Diatomus bacillifer*, der wichtigste tierische Plankter im Hochgebirgssee, kann geradezu als Indikator für die Abgrenzung gegenüber dem Tümpel angesehen werden. *Daphnia pulex* tritt hier, wie auch in fast allen größeren Seen der Schobergruppe, als wesentlicher Bestandteil des Planktons auf, die Uferform *Alona affinis* gerät selten und zufällig ins Netz. Die beiden Rotatorien, von außerordentlich weiter Verbreitung in den verschiedenartigsten Gewässern, bestätigen einmal mehr die bekannte Tatsache, daß in Hochgebirgsseen keine Spezialisten aus dieser Tiergruppe vorkommen, sondern nur die widerstandsfähigsten und anpassungsfähigsten Arten der Gewässer des Tieflandes.

Etwas genauere Besprechung erfordert *Cyclops tatricus*. Er wurde bisher nach PESTA (1950) an folgenden Stellen gefunden: Lunzer Untersee, Vilsalpsee, Schwarzwandsee, Groendlingsee, Zollnersee, Obstansersee (alle in den Ostalpen), Hinterer Grimselsee, Totensee (Schweizer Alpen) und Lac di Etache (Französische Alpen), ferner in mehreren Seen der Italienischen Alpen und an drei Stellen der Hohen Tatra.

Dazu kommt nun als neuer Fundort der Wolayersee, der sich räumlich zwischen Obstanser- und Zollnersee einfügt. An diesen beiden Fundorten wurde *Cyclops tatricus* in einer vom Typus abweichenden Form gefunden, nämlich mit winkelig vom Körper abstehenden Seitenteilen des zweiten Thoraxsegmentes, wodurch die Tiere denen der Art *Cyclops bohater* ähnelten. Das im Zollnersee gesammelte Material veranlaßte damals Prof. Dr. PESTA, eine Form *Cyclops tatricus* n. f. *turnowskyi* aufzustellen. Untersuchung des Materials aus dem Obstansersee führte aber zu der Erkenntnis, daß es sich bei der abweichenden Form lediglich um eine Temporalvariation des *C. tatricus* handelte. Dort treten nämlich die abstehenden Seitenteile des zweiten Thoraxsegmentes nur im Sommer auf, während die im Juni unter Eis erbeuteten Tiere durchaus dem Typus entsprachen. Die zu Beginn der Vereisung, vier Wochen nach dem Zufrieren, erbeuteten Tiere halten genau die Mitte zwischen den beiden Formen (PESTA 1950, TURNOWSKY 1954 b). Im Zollnersee hingegen (TURNOWSKY 1954 a) konnte ich *Cyclops tatricus* nur unter Eis und wenige Tage vor Beginn der Vereisung

(2. November 1953) antreffen, im Spätsommer nur in Jugendformen, vor allem als Nauplien.

Im Wolayersee verhält sich *Cyclops tatricus* so wie im Obstansersee; er tritt im Sommer mit abstehenden Seitenteilen auf, im Winter in der Form des Typus. Männliche Tiere fand ich hier, im Gegensatz zu den anderen Seen, nie. Eine Erklärung für das verschiedene Verhalten der Art ist vorläufig nicht zu geben, denn die geringere Seehöhe und geringere Tiefe beim Zollnersee geben offenbar keine ausreichende Begründung. Eher ließe sich eine Erklärung im Tümpelcharakter des Zollnersees finden, in dem daher ganz andere Lebensbedingungen, vor allem Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse, herrschen als in echten Seen.

Die jahreszeitlichen Verschiedenheiten und die vertikale Schichtung des Zooplanktons sind in der folgenden Tabelle 5 zusammengestellt. Daraus ist eine gewisse Lichtflucht (oder Wärmeflucht?) von *Cyclops tatricus* und im besonderen von *Keratella quadrata* festzustellen, weniger deutlich von *Diaptomus bacillifer*, während *Daphnia pulex* in allen Schichten gleichmäßig verteilt ist.

Tabelle 5

Serienliter

	24. 9. 58			26. 4. 59			14. 8. 59		
	1-4 m	5-9 m	10-13 m	1-4 m	5-9 m	10-12 m	1-4 m	5-9 m	10-13 m
<i>Diapt. bac.</i> ♂	18	—	—	—	—	—	6	26	14
♀	12	10	—	—	—	—	6	46	18
iuv.	—	—	—	—	—	—	—	12	8
Naupl.	16	4	4	—	—	—	4	2	—
<i>Cyclops tatr.</i> ♀	—	—	—	—	4	8	—	—	10
iuv.	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Naupl.	—	—	—	—	—	4	—	2	—
<i>Daphnia pulex</i> ♀	10	8	10	—	—	—	—	—	—
<i>Alona affinis</i>	—	—	—	—	2	—	2	2	—
<i>Keratella quadr.</i>	—	—	—	—	6	4	—	4	28

Das Fehlen von *Daphnia pulex* in Teilen der Tabelle 5 ist so zu erklären, daß sie zeitweise in so geringer Zahl vorkommt, daß sie bei der quantitativen Bestimmung nicht erfaßt werden kann, während sie in den Netzfängen immer auftritt, nur nicht im Winter. Die Zahlen für *Keratella* sind, wie ein Vergleich mit Tabelle 10 zeigt, ungenau, da die Netzverluste trotz sorgfältiger Arbeit doch erheblich sind. Jedoch sind die Zahlen in Tabelle 5 untereinander vergleichbar.

Um die jahreszeitlichen Verschiedenheiten in der Menge des tierischen Planktons noch klarer herauszuarbeiten, wurden aus Tabelle 5 die Zahlen der folgenden Tabelle 6 errechnet. In ihr wird der Inhalt je einer Wassersäule von 13 m Höhe angegeben, wobei von Meter zu Meter je 1 Liter Wasser entnommen wurde.

Tabelle 6

	24. 9. 58	26. 4. 59	14. 8. 59
<i>Diaptomus bacillifer</i> ♂	18	—	46
♀	22	—	70
iuv.	—	—	20
Nauplien	24	—	6
<i>Cyclops tatricus</i> ♀	—	12	10
iuv.	—	—	4
Nauplien	—	4	2
<i>Daphnia pulex</i> ♀	28	—	—
<i>Alona affinis</i>	—	2	4
<i>Keratella quadrata</i>	—	10	32

Daraus geht hervor, daß im Wolayersee die Menge des tierischen Planktons gegen Ende des Sommers am größten ist, was mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen bestens übereinstimmt, zum Beispiel am Wangenitz- und am Kreuzsee und am Obstansersee (TURNOWSKY 1946, 1954 a).

### 3. Das Phytoplankton

In der Literatur über Hochgebirgsseen hält sich anscheinend unausrottbar die Auffassung, daß diese Seen, von seltenen Ausnahmen abgesehen, sehr arm an Phytoplankton, besonders an Kieselalgen, seien. Diese Angabe von HUBER-PESTALOZZI (1926) zieht sich über PESTA (1929, S. 75 und 76, 1953, S. 23) bis zu FINDENEKG (1959, S. 63). Nur bei STEINBÖCK (1955) heißt es auf Seite 342: „Fr. RUTTNER weist auf folgendes hin: 1) Hochgebirgsseen enthalten mitunter erhebliche Mengen von Nannoplankton (Diatomeen).“ Ferner: „STEINBÖCK zu 1) Das Nannoplankton der Hochgebirgsseen ist noch kaum bekannt. Wohl hat H. RUTTNER in liebenswürdiger Weise für P. GUTTMANN Nannoplankton aus dem Mölsersee bestimmt und ganz erhebliche Zahlen feststellen können, bis an 3000 in einem Kubikzentimeter, doch kann deswegen noch nicht von einer reichen Urpro-

Tabelle 7 Zentrifugenplankton,  
24. 9. 1958

	0.5 m	5 m	12 m
<i>Cyclotella comensis</i> . . . . .	34.000	195.000	142.000
Diverse Kieselalgen . . . . .	200	2.000	—
<i>Cyanarcus hamiformis</i> . . . . .	18.000	240.000	185.000
<i>Diaptomus bacillifer</i> ♀ + ♂ . . . . .	—	—	28
<i>Cyclops tatricus</i> ♀ . . . . .	—	—	—
<i>Keratella quadrata</i> . . . . .	—	—	—
<i>Polyarthra trigla</i> . . . . .	—	—	—
<i>Daphnia pulex</i> ♀ . . . . .	—	3	—

duktion im Sinne NAUMANNs gesprochen werden, zumal der Mölsersee, wie gezeigt, einen Grenzfall zum perennierenden Tümpel darstellt.“

Es ist zwar nicht viel über das Nannoplankton der Hochgebirgsseen bekannt, aber immerhin einiges. Ich fand im Wangenitzsee (TURNOWSKY 1946) von *Cyclotella comensis* bis zu 130.000 im Liter, im Kreuzsee (ebenda) von der gleichen Art bis zu 190.000/l und zur gleichen Zeit 31.000 Zellen von *Melosira italica* var. *valida*. Im Obstansersee (TURNOWSKY 1954 b) waren von *Cosmarium staurastroides* bis zu 600.000/l, zur gleichen Zeit von *Chlorella* sp. (? , Bestimmungsergebnis verlorengegangen) bis zu 2,900.000/l feststellbar. Da es sich in diesen Fällen ganz eindeutig um Gewässer vom See-Typus handelt, nicht um Tümpelgewässer, ist die Auffassung, daß Hochgebirgsseen arm an Phytoplankton sind, zumindest in dieser rigorosen Formulierung, nicht haltbar. Weitere Untersuchungen werden unzweifelhaft ähnliche Ergebnisse bringen, wie ich sie im folgenden für den Wolayersee mitteilen kann. Ich habe meine Aufmerksamkeit ganz besonders diesem Problem zugewendet, da seine Klärung für die Beurteilung der Verhältnisse im Hochgebirgssee sicher von Bedeutung ist.

In der folgenden Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Auszählung der Halbliterproben vereinigt. Auch die tierischen Plankter sind darin nochmals berücksichtigt, ihre Zahl bestätigt und ergänzt die Angaben in den Tabellen 5 und 6.

Unter den Diatomeen herrscht, wie in den Seen der Schobergruppe, *Cyclotella comensis* vor. Sie kommt hauptsächlich in einzelnen Zellen, nicht selten aber auch in kurzen Ketten vor, die aus höchstens 8 Zellen bestehen. Unter den „diversen Kieselalgen“ der Tabelle 7 steht an erster Stelle *Surirella linearis*, ferner fallen darunter *Navicula*- und *Eunotia*-Arten.

*Cyanarcus hamiformis* Pascher ist eine winzige Blaualge mit zylindrischen, an den Enden eingekrümmten Zellen von etwa 0,5  $\mu$  Breite und 3—4  $\mu$  Länge. Die Zellen kommen teils einzeln vor, teils zu vieren zusammenhängend. Sie entsprechen genau der Diagnose und den Abbildungen in PASCHER, Süßwasserflora, Heft 10, S. 116. Ihr Vorkommen in diesem Hochgebirgssee hängt sicher mit dem Verhältnis-

#### Wolayersee, Anzahl im Liter

26. 4. 1959			14. 8. 1959			
5 m	10 m	12 m	0.5 m	5 m	10 m	12 m
120.000	70.000	65.000	10.000	270.000	550.000	780.000
—	4.000	—	—	—	400	—
—	—	—	15.000	290.000	220.000	164.000
—	—	—	—	10	4	—
—	3	2	—	—	—	7
—	—	8	—	—	—	68
—	—	—	—	—	—	10
—	4	—	—	—	—	—

mäßig hohen Gehalt des Wassers an Stickstoff zusammen. Es ist meines Wissens das erstmal, daß ein Massenvorkommen einer planktischen Cyanophyce in einem Hochgebirgssee festgestellt wurde. Auch ist *Cyanarcus* bisher in Kärnten nicht gefunden worden.

Die Anzahl der Plankton-Algen reicht zwar nicht an die in eutrophen Gewässern der Ebene oder der Täler heran, ist aber immerhin so bedeutend, daß sie die Bezeichnung ultraoligotroph oder panoligotroph für diesen See ausschließt. Darüber wird unten (S. 125) noch einiges zu sagen sein.

In der jahreszeitlichen Entwicklung ist der Höhepunkt im August, wie ich das auch in den Seen der Schobergruppe fand. Sehr interessant ist die verhältnismäßig sehr große Zahl von Planktonalgen unter dem Eis im April 1959. Trotz der insgesamt 1,80 m mächtigen Winterdecke waren bis in die größte Tiefe des Sees reichlich Diatomeen im Plankton, bei 5 Meter 120.000 im Liter. Das ist auch deshalb überraschend, weil zu dieser Jahreszeit der Seespiegel noch den größeren Teil des Tages hindurch im Schatten der umgebenden Berge liegt, so daß also die Lichtzufuhr beschränkt ist.

Es ist durchaus möglich, daß ich nicht alle im Plankton vorkommenden Organismen erfassen konnte, da die Erfahrung an anderen Seen lehrt, daß manche Arten nur sehr kurze Zeit hindurch auftreten. So konnte *Chlorella* im Obstansersee nur im Juni und Juli gefunden werden, *Dinobryon* im Wangenitzsee nur im Juli. Zur vollständigen Erfassung aller Organismen wäre mindestens eine Untersuchung in jedem Monat erforderlich; dies lag jedoch außerhalb meiner Möglichkeiten.

Fische kommen im Wolayersee nicht vor. Aus der Menge der Boden- und Planktonorganismen kann man den Schluß ziehen, daß das Einsetzen von Pfrillen und Saiblingen erfolgreich sein müßte. Gibt es doch diese Fische in Seen, die weitaus ärmer an Nährstoffen sind als der Wolayersee und deren Eisbedeckung viel länger dauert.

## Die Almtümpel

Ungefähr eine Wegstunde vom Wolayersee entfernt liegen am Maderkopf drei Almtümpel. Dieser Gipfel steht in einem vom Rauchkofel gegen Nordwesten verlaufenden Kamm. Er ist 2155 m hoch und besteht zum Großteil aus Hochwipfel-Karbon. Der höchstgelegene der Almtümpel ist zwischen Doppelgraten bei 2100 m eingebettet, die beiden anderen, 2030 m und 2010 m hoch gelegen, haben eine sehr eigentümliche Lage. SRBIK (1936, S. 44) schreibt darüber: „Mehrere nahezu gleichlaufende Verebnungstreifen, die langhin zu verfolgen sind, enthalten nahe der flach gewölbten Kammlinie talauswärts gestreckte Tümpel . . .“

Prof. Dr. KAHLER äußerte mir gegenüber, daß diese „Verebnungstreifen“ — sie sind in Wirklichkeit deutlich ausgeprägte Wülste, deren talseitige Ränder den Wasserspiegel der Tümpel bis über 2 Meter überragen — durch Abgleiten der oberflächlichen Verwitterungs- und Gesteinsschicht auf dem sehr steilen Hang entstanden sein könnten.

Der oberste Tümpel wurde nicht vermessen. Er ist fast genau rechteckig, 20 × 8 Meter groß, bis 30 cm tief. An seinen Ufern wächst unter anderem *Juncus filiformis*, die Oberfläche ist zu einem bedeutenden Teil von *Callitriche verna* bedeckt. Makroskopisch sind außerdem grüne Fadenalgen zu sehen, die den Gattungen *Spirogyra*, *Mougeotia* und *Zygnema* angehören. Artbestimmung war wegen Fehlens „fruchtender“ Exemplare nicht möglich.

Die Temperatur betrug am 3. September 1958 14° (Luft 12°), am 14. August 1959, 17 Uhr, halb bewölkt, Luft 14°: 21,2°, pH = 6,0, Alkalinität = 0,2.

Im Plankton kommen folgende Arten vor: *Mixodiatomus tatricus* (Wierzejski), *Alona affinis* Leydig und *Euastrum didelta* Ralfs. *Alona affinis* fand ich im September 1958 auch mit Sommereiern.

Der Tümpel bei 2030 m mißt 910 m<sup>2</sup> und erreicht eine Tiefe von fast 2 m. Er hat weder Zu- noch Abfluß. Wasserbewohnende Phanerogamen fehlen, der vom Weidevieh überdüngte Rasen mit *Poa alpina* reicht bis an die Ufer.

#### Temperaturen:

3. 9. 1958, 18 Uhr, trüb, Luft 11,6°	14,0°
24. 9. 1958, 11 Uhr, heiter, Luft 15°	10,0°
14. 8. 1959, 16 Uhr, ½ bedeckt, Luft 14°	16,4°

#### Alkalinität, pH, Sauerstoff bei 0,5 m Tiefe:

	Alkalinität	pH	O <sub>2</sub>
3. 9. 1958	0,3	6,0	nicht bestimmt
24. 9. 1958	0,2	5,8	7,24 mg/l
14. 8. 1959	0,3	6,2	6,64 mg/l

Der Tümpel ist vom Alpenmolch, *Molge alpestris*, reich bevölkert, auch seine Kaulquappen waren, besonders Anfang September, in sehr großer Zahl zu sehen. Auf der Oberfläche läuft in riesiger Menge ein Wasserläufer, der von Dr. F. WAGNER, Hamburg, bestimmt wurde. Familie: *Corixidae*, Art: *Arctocorissa carinata* Panzer, eine Art, die in Österreich noch nicht gefunden worden war. Die bisherigen Fundorte liegen in Bayern, Island, Skandinavien, England, Irland, Frankreich, Schweiz, Italien, Rußland und Kamtschatka. Belegeexemplare sind im Landesmuseum für Kärnten.

Im Plankton fand ich: *Chydorus sphaericus* O. F. M., *Daphnia pulex* (De Geer) var. *obtusa* Kurz, *Daphnia longispina* O. F. M. ssp. *longispina* var. *litoralis* Sars, *Mixodiatomus tatricus* (Wierzejski), *Keratella quadrata* (Müll.) und *Merismopedia glauca*.

Am 14. August 1959 entnahm ich eine ½-Liter-Wasserprobe zur quantitativen Bestimmung der Planktonorganismen. Ich kam zu folgenden, sehr hohen Zahlen:

<i>Chydorus sphaericus</i>	360/Liter
<i>Daphnia pulex obtusa</i>	70/Liter

<i>Daphnia long. long. lit.</i>	24/Liter
<i>Mixodiptomus tatr.</i>	140/Liter
<i>Keratella quadrata</i>	60/Liter

Der dritte Tümpel mißt 260 m<sup>2</sup> und ist etwa 70 cm tief. Seine Temperaturen waren:

3. 9. 1958, 18.30 Uhr, trüb, Luft 10,2°	14,1°
24. 9. 1958, 10.30 Uhr, heiter, Luft 14,6°	9,9°
14. 8. 1959, 15.00 Uhr, heiter, Luft 14,2°	17,5°
pH = 4,8, Alkalinität = 0,05	

Im Seichtwasser des Ufers wachsen *Juncus filiformis*, *Callitriche verna*, *Deschampsia caespitosa* und das Laubmoos *Drepanocladus revolvens* (det. Dr. BACH). Es enthält eine nicht allzu große Zahl von Algenarten: *Oscillatoria Borneti*, *Scenedesmus* sp., *Tabellaria flocculosa*, *Navicula*-Arten, *Spirogyra* sp., *Mougeotia* sp., *Tetmemorus laevis*, *Netrium digitus*, *Closterium intermedium*, *Closterium libellula*, *Euastrum didelta*, *Euastrum denticulatum*, *Staurastrum*-Arten.

Im Plankton sind die gleichen Arten wie im zweiten Tümpel, die Individuenzahl dürfte geringer sein.

Die Einordnung der drei Tümpel in das System der Kleingewässer nach PESTA (1935) macht keine Schwierigkeiten. Alle drei gehören zu den polyzoischen Tümpeln, Nr. 3 zu denen mit hoch azider Reaktion, Nr. 1 und 2 zu denen mit schwach azider Reaktion. Es scheint sicher zu sein, daß die Mehrzahl der Almtümpel in eine dieser beiden Kategorien gehört, wie ich es auch schon seinerzeit (1946 a) an mehreren Kleingewässern der Karnischen Hauptkette feststellte.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen am Wolayersee werden im folgenden in der Art zusammengefaßt, daß von ihnen aus zu einigen offenen, in der Literatur diskutierten Fragen der Limnologie der Hochgebirgsseen Stellung bezogen wird. Diese Fragen sind:

- 1) Sprungschicht in Hochgebirgsseen
- 2) Die Winterdecke und ihre Schichtung
- 3) Das Leben im Bodenschlamm
- 4) Empneuston
- 5) Sauerstoffschwund in der Tiefe, der kryoeutrophe See
- 6) Produktion, Trophiegrad

Zu 1)

Wie PESTA (1929, S. 46) vermutet und wie STEINBÖCK (u. a. 1955) betont und belegt, kommt in Hochgebirgsseen eine Sprungschicht häufig vor. Bei dem in unmittelbarer Paßnähe gelegenen Wolayersee konnte man von vornherein zweifeln, ob diese Erscheinung auftreten

würde, weil durch den häufigen und starken Wind sowie durch die zahlreichen Regen- und Schneefälle auch im Sommer immer wieder die Schichtung abgebaut werden kann. Es war somit fraglich, ob sich, abgesehen von einer vergänglichen Oberflächen-Sprungschicht, eine stabilere Schichtung bilden konnte. Die Beobachtungen ließen die Zweifel schwinden (siehe S. 107). Es zeigt sich, daß sogar unter den besonderen Verhältnissen eines paßnahen Sees eine Sprungschicht auftreten kann; freilich besteht kein Zweifel, daß sie auch mehrmals während einer Vegetationsperiode abgebaut werden kann. Die inverse Winter-Sprungschicht war am Wolayersee schwach, aber doch deutlich ausgeprägt.

Zu 2)

Am Wolayersee tritt, wie fast immer an Hochgebirgsseen, eine mehrschichtige Winterdecke auf. Über ihre Entstehung hatte ich (1946) in Unkenntnis der Arbeit von COLLET (1925, zit. bei STEINBÖCK 1959) die Vermutung ausgesprochen, daß das Eis durch die Last des Schnees eingedrückt wird, wodurch Wasser über das Eis empordringt und den Schnee durchweicht. STEINBÖCK hatte dann die Möglichkeit erwogen „... daß ein Absinken des Seespiegels . . . dem Vorgang mindestens förderlich ist, wenn nicht ihn überhaupt erst hervorruft.“ Es wurde inzwischen bekannt (STEINBÖCK 1959), daß polnische Forscher das Phänomen schon vor einiger Zeit beschrieben hatten. OLSZEWSKI (1948, zit. bei STEINBÖCK 1959) erklärt die Schichtbildung so wie COLLET, LITYNSKI (l. c.) durch Absinken der Eisdecke.

Es besteht kaum ein Zweifel, daß das Einsinken der Eisdecke an der Schichtbildung mitwirken kann; einen Extremfall habe ich vom Barrenlesee, Schobergruppe, beschrieben (siehe S. 113). Doch glaube ich sagen zu können, daß in den weitaus meisten Fällen das Gewicht des auf das Eis gefallenen Schnees die Ursache für die Schichtenbildung ist. Beobachtungen am Obstanser- und am Zollnersee (TURNOWSKY 1954 a, b) sprechen dafür. Am Wolayersee k ö n n e n beide Faktoren mitgewirkt haben, da zur Zeit der Untersuchung die obere Grenze des Schneematsches — also nicht die des Schnees — etwa 20 cm unter der Höhe des sommerlichen Normal-Wasserspiegels lag.

Von STEINBÖCK (1959, S. 121) wird nach dem Vergleich von Ergebnissen aus den Alpen und aus der Tatra die Frage nach der Ursache der verschiedenen Dicke der Primär-Eisdecke aufgeworfen. Bei Beobachtungen in den Alpen wurde eine mächtige Primärdecke (50 bis 70 cm) festgestellt, bei Tatraseen nie mehr als 30 cm, einmal 10 cm, einmal (Mai) 5 cm. STEINBÖCK hält es für möglich, daß die mächtigeren Schnee- und Schneebreischichten isolierend wirken und somit die Bildung einer starken Eisdecke verhindern. Die l. c. angeführten, sehr schönen Ergebnisse FARCHERS vom Großen Mühldorfer See geben auf diese Frage keine Antwort.

Ich vermute — selbstverständlich müßte diese Vermutung erst durch entsprechende Beobachtungen belegt werden —, daß gegen das

Frühjahr hin die Primäreisdecke von unten her aufzutauen beginnt. Ein Hinweis darauf scheint mir eine Diskussionsbemerkung von E. THOMAS (STEINBÖCK 1959, S. 343) zu sein. Sie lautet: „Die durch Eisschichten hindurch eingestrahelten Wärmemengen können beträchtlich sein, wie durch das Schweizer Institut für Schnee- und Lawinenforschung festgestellt wurde.“ Da bei allen unter Eis geloteten Temperaturserien das Wasser gegen das Frühjahr zu kälter wird, obwohl ihm in dieser Jahreszeit durch Leitung sicher keine Wärme mehr entzogen wird, ist es wahrscheinlich, daß die eingestrahelte Wärme auf dem Umweg über das Wasser die Primäreisdecke von unten her abschmilzt. In bisher zwei Fällen, am Zollnersee und am Alkusersee, fand ich bei Beobachtungen knapp vor dem Auftauen, daß die unterste, die Primäreisdecke, fehlte, die am klaren Wassereis einwandfrei erkennbar ist.

Zu 3)

PESTA hat schon 1929 (S. 28) als eine der vordringlichsten Aufgaben der Hochgebirglimnologie die Untersuchung des Bodenschlammes bezeichnet. Die von ihm damals gebrachten spärlichen Angaben über die Besiedlung des Bodens sind inzwischen weit überholt, hauptsächlich durch die Arbeiten STEINBÖCKs. Es ist die Regel, daß der Boden dieser Seen in der Tiefe aus Feinschlamm besteht, den zum größeren Teil organischer Detritus zusammensetzt, während mineralische Bestandteile zurücktreten. STEINBÖCK (1959) zieht die Grenze zwischen Litoral und Profundal der Hochgebirgsseen dort, wo der Schotter- und Kiesboden des Ufers in den Schlamm der Tiefe übergeht. Wie schon erwähnt, stimmen damit die Ergebnisse am Wolayersee völlig überein.

Zu 4)

Bisher hatte ich immer gezögert, die von STEINBÖCK betonte Bedeutung des Empneustons für den Stoffhaushalt der Hochgebirgsseen anzuerkennen, da mir nie der direkte Nachweis für sein Auftreten in größerer Menge gelungen war (TURNOWSKY 1954 a, b). Am Wolayersee hingegen konnte ich bei der mikroskopischen Untersuchung des Schlammes außer zahlreichen Pollenkörnern, die ich auch in anderen Fällen schon gefunden hatte, und neben undeutbaren, stark zersetzten organischen Bestandteilen reichlich eingewehte Teilchen von Blättern und Stämmen von Blütenpflanzen feststellen, und dies, obwohl ein beträchtlicher Teil des Ufers und der Umgebung nur spärlich bewachsen ist.

Zu 5)

In fast allen von verschiedenen Autoren daraufhin untersuchten Seen des Hochgebirges (STEINBÖCK, LEUTELT-KIPKE, TURNOWSKY) war in der Tiefe gegen Ende der Eisbedeckung starker Sauerstoffschwund zu beobachten. Der Wolayersee bildet keine Ausnahme, er gehört also zu den kryoeutrophen Seen (STEINBÖCK 1953,

1958, 1959). Wie auf S. 113 erwähnt, kann angenommen werden, daß in manchen Fällen der Sauerstoff kurz vor Ende der Vereisung vollständig schwindet. Am Zollnersee, der allerdings kein echter See, sondern ein perennierender Tümpel ist, stellte ich dies fest (1954 a).

Die Tatsache ist also völlig unbestritten. Um die Erklärung des Phänomens bemühte sich vor allem STEINBÖCK, der (1949, 1953, 1955, 1958, 1959) als Hauptgründe die reiche Bodentierwelt und das Empneuston ansieht, also die Atmung der Tiere und die Mineralisation eingewehter, abgestorbener Pflanzenteile. Dazu kämen dann noch die abgestorbenen, absinkenden Plankter. Meine Erfahrungen lassen mich dieser Erklärung zustimmen, doch glaube ich, betonen zu müssen, daß mindestens in manchen Hochgebirgsseen das Plankton, im besonderen das Phytoplankton, doch stärker am Stoffhaushalt beteiligt ist, als bisher angenommen wird. Die Zahlen, die ich im Wangenitz- und im Kreuzsee (1946), im Obstansersee (1954) und jetzt im Wolayersee fand, sind immerhin so groß, daß mit den abgestorbenen Tieren und Pflanzen dem Schlamm recht bedeutende Mengen organischer Substanz zugeführt werden. Dazu kommt, daß im Wolayersee und auch im Wangenitz- und im Kreuzsee das Phytoplankton vom Beginn der eisfreien Zeit an, manchmal sogar schon unter dem Eis, bis zum Zufrieren vorhanden ist. Da der Nitratgehalt im Wasser des Wolayersees im Laufe des Sommers fast unverändert bleibt, ist anzunehmen, daß durch die öfters wiederholte Durchmischung ständig Nachschub aus den tiefsten Wasserschichten kommt, in denen die Abbauvorgänge ablaufen.

Zu 6)

Der Wolayersee kann, auch abgesehen von der Sauerstoffkurve und von der reichen Bodentierwelt, nicht als panoligotroph, kaum als oligotroph bezeichnet werden. Die Menge der Plankter, besonders der Phytoplankter, ist — auch in den anderen besprochenen Seen — mehrere Monate hindurch so hoch, daß schon daraus eine höhere Stufe der Trophie erkennbar ist. Wenn dann noch die große Zahl der Bodenorganismen in der Tiefe und das reiche Empneuston berücksichtigt werden, dann erscheint die Benennung „kryoeutroph“ am geeignetsten. Sie trifft die Verhältnisse besser als der von STEINBÖCK (1958) vorgeschlagene Name „allotroph“. Durch diesen wird nach meinen Erfahrungen ein Faktor, der unzweifelhaft wichtig ist, gegenüber anderen überbetont, die mindestens in vielen Fällen etwa gleiche Bedeutung haben.

#### Literatur:

- FINDENEKG, I.: 1937. Holomiktische und meromiktische Seen. Intern. Rev. Hydrobiol. 35.  
FINDENEKG, I.: 1953. Kärntner Seen naturkundlich betrachtet. Car. II, 15. Sonderheft.  
FINDENEKG, I.: 1955. Trophiezustand und Seentypen. Schweiz. Zeitschr. f. Hydrol. XVII.  
FINDENEKG, I.: 1959. Die Gewässer Österreichs. Biol. Stat. Lunz.  
FINDENEKG, I., und TURNOWSKY, F.: 1935. Limnologische Untersuchungen im Gebiet der Turracher Höhe. Car. II, 125.

- HERITSCH, F.: 1936. Die Karnischen Alpen, Graz.
- LEUTELT-KIPKE, S.: 1934. Ein Beitrag zur Kenntnis der hydrographischen und hydrochemischen Verhältnisse einiger Tiroler Hoch- und Mittelgebirgsseen. Arch. Hydrobiol. 29.
- LEUTELT-KIPKE, S.: 1935. Ergänzende Beobachtungen über die chemischen Verhältnisse am Gossenkehlesee (Tirol) und seine Vereisung. Arch. Hydrobiol. 29.
- MÜLLER, H.: 1933. Limnologische Feldmethoden. Intern. Rev. Hydrobiol. 28.
- PASCHINGER, V.: 1949. Landeskunde von Kärnten und Osttirol. 2. Aufl., Klagenfurt.
- PESTA, O.: 1929. Der Hochgebirgssee der Alpen, In: Binnengewässer. Bd. VIII, Stuttgart.
- PESTA, O.: 1935. Kleingewässerstudien in den Ostalpen. Arch. Hydrobiol. 29.
- PESTA, O.: 1950. Beobachtungen über einen Planktonbestandteil des Obstanzersees (2299 m ü. d. M.). Neue Erg. u. Probleme d. Zoologie, Klatt-Festschr.
- PESTA, O.: 1952. Biologische Beobachtungen an einigen Hochgebirgstümpeln der Kitzbüheler Alpen (Tirol). Sitzber. Öst. Ak. d. Wiss. 161.
- PESTA, O.: 1953. Berggewässer. In: Wiss. Alpenvereinshefte, 14, Innsbruck.
- PICHL, E.: 1929. Führer durch die Karnische Hauptkette, Wien.
- SRBIK, R.: 1936. Glazialgeologie der Nordseite des Karnischen Kammes. Car. II, 6. Sonderheft.
- STEINBOCK, O.: 1934. Zur Frage der Sprungschicht in Hochgebirgsseen. Arch. Hydrobiol. 27.
- STEINBOCK, O.: 1938. Arbeiten über die Limnologie der Hochgebirgsgewässer. Intern. Rev. Hydrobiol. 37.
- STEINBOCK, O.: 1949. Der Schwarzsee ob Sölden im Ötztal. Veröff. Mus. Ferdinandeum, Innsbruck, 26/29.
- STEINBOCK, O.: 1953. Ein neuer Seetyp: der kryoeutrophe See. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 7.
- STEINBOCK, O.: 1955. Über die Verhältnisse in der Tiefe der Hochgebirgsseen. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. Suppl. 8.
- STEINBOCK, O.: 1958. Grundsätzliches zum „kryoeutrophen“ See. Verh. intern. Ver. Limnol. XIII.
- STEINBOCK, O.: 1959. Fragmenta limnologica alpina. In: De Natura tiroliensis. (Prenn-Festschr.) Innsbruck.
- TURNOWSKY, F.: 1943. Ein Beitrag zur Algenflora Kärntens, Car. II, 133.
- TURNOWSKY, F.: 1946. Die Seen der Schobergruppe in den Hohen Tauern. Car. II, 8. Sonderheft. Dass. 1949, Arch. Hydrobiol. 43.
- TURNOWSKY, F.: 1946 a. Beobachtungen an Hochgebirgstümpeln der Karnischen Hauptkette. Car. II, 135.
- TURNOWSKY, F.: 1946 b. Über Schwankungen des Wasserspiegels an zwei Osttiroler Hochgebirgsseen. Car. II, 135.
- TURNOWSKY, F.: 1954 a. Der Zollnersee in der Karnischen Hauptkette. Car. II, 144.
- TURNOWSKY, F.: 1954 b. Der Obstanzersee in der Karnischen Hauptkette. Car. II, 144.

#### Bestimmungswerke:

- FRITSCH, K., Exkursionsflora für Österreich, Wien und Leipzig, 1922.
- HUBER-PESTOLOZZI, G., Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer, Bd. XVI, Stuttgart, 1940 ff.
- PASCHER, A., Die Süßwasserflora Mitteleuropas, Hefte 10 und 12.
- RABENHORST, Kryptogamenflora, Bd. XIII, Abt. I.
- RYLOV, Das Zooplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer, Bd. XV.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Fritz Turnowsky, Klagenfurt, Landesmuseum, Museumstraße 2.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [151\\_71](#)

Autor(en)/Author(s): Turnowsky Fritz

Artikel/Article: [Der Wolayersee in den Karnischen Hauptkette 102-126](#)