

Hydrogeologische und limnologische Untersuchungen der Langtalseen (Vorderer, Mittlerer und Hinterer Langtalsee) im Gößnitztal (Kärnten)

Von Roswitha FRESNER, Karl KRAINER, Wolfram MOSTLER, Ursula PONTA, Liselotte SCHULZ und Gabriele WIESER

Einleitung

Die Langtalseen liegen auf der Ostseite des Gößnitztales, des längsten und am wenigsten erschlossenen Seitentales des Oberen Mölltales, das von Winkl-Heiligenblut 10 km in die zentrale Schobergruppe hineinführt. Die Gewässer sind charakterisiert durch glazial geformte flache Seebecken, die durch die Schmelzwässer der im unmittelbaren Einzugsgebiet gelegenen Blockgletscher und Kargletscher gespeist werden. Die Durchströmung ist großen saisonalen und tageszeitlichen Schwankungen unterworfen.

Im Rahmen eines Forschungsauftrages des Nationalparks Hohe Tauern (Kärntner Nationalparkfonds, Parkdirektion Großkirchheim) werden von der Universität Innsbruck am Institut für Geologie und Paläontologie die Blockgletscher im Gößnitztal und ihre Auswirkungen auf die Hydrogeologie der Langtalseen untersucht.

In der Zeit vom 8. bis 9. September 1999 wurden die 3 Langtalseen durch das Kärntner Institut für Seenforschung ausgelotet und limnologische Untersuchungen durchgeführt.

Methodik

Im Rahmen der limnologischen Untersuchung der drei Langtalseen erfolgte mittels Entfernungsmessgerät (RIGL FG 21) die Vermessung der Uferlinien. An jedem See wurden mehrere Tiefenprofile mit Hilfe des Echolotes HUMMINBIRD 200 DX unter Einbeziehung des Entfernungsmessers erhoben. Nach Korrektur der Uferlinien mittels Luftbilddaufnahmen (Hubschrauber) wurde die Auswertung der Lotungen zur Erstellung der Tiefenkarte vorgenommen. Die Berechnungen der morphometrischen Parameter erfolgten in Anlehnung an die Arbeit von HÅKANSON (1981). Definitionen und Erläuterungen der morphometrischen Parameter sind bei SCHULZ (1983) zu finden. Die Probenahme zur chemischen Wasser- sowie Planktonanalyse erfolgte mit einem adaptierten Schindler-Schöpfer (5 l Inhalt). Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff und pH wurden mit einer Multiparameter Sonde (Grabner Instruments HL 2100 mit 2160 Sondenkopf) gemessen.

Die chemischen Analysen wurden vom Labor der Abteilung 15 C des Amtes der Kärntner Landesregierung

Zusammenfassung:

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck und dem Kärntner Institut für Seenforschung wurden im September 1999 die drei Langtalseen, gelegen im Gößnitztal (Schobergruppe, Nationalpark Hohe Tauern), hinsichtlich ihres hochalpinen Biotopcharakters untersucht. Die Seen werden von den geologischen Gegebenheiten, der Dynamik der Kar- und Blockgletscher sowie von den hochalpinen Witterungsbedingungen beeinflusst. Dies kommt nicht nur in der chemischen Beschaffenheit der Gewässer sondern auch über ihre Biozönose zum Ausdruck. Solche Biotope werden von Organismen besiedelt, die in der Lage sind, sich an die extremen Bedingungen anzupassen.

nach akkreditierten Verfahren durchgeführt. Für die Phytoplanktonauswertung wurde Wasser unkonzentriert in 100 ml Glasflaschen gefüllt und mit Lugol'scher Lösung fixiert. Zur Anreicherung des Rotatorien- und Crustaceenplanktons wurden je 5 Liter über Planktonnetze (Gaze: 40 und 100 µm Maschenweite) filtriert und mit Formol (Endkonzentration 4 %) fixiert.

Im Zufluss, im Abfluss und in den Uferbereichen der Langtalseen erfolgte eine Makrozoobenthos-Besammlung (kick sampling). Die Organismen wurden vor Ort mit Formol fixiert und im Labor, soweit dies möglich war, auf Art-niveau bestimmt.

Zur Messung der Wasser- und der Lufttemperatur in der aktiven Lage der Blockgletscher wurden 20 Temperatursonden installiert (Optic Stow Away Temperature Logger der Firma Onset Computer Corporations, USA), die alle 2 Stunden die Temperatur messen und speichern. Zur Messung der Abflussmengen wurde im Hinteren Langtalar eine Pegelmessstelle installiert. Die Pegelhöhe wurde mit einem MD Floater (Firma SEBA Messtechnik) in 30 Minutenintervallen gemessen. Die Durchflussmenge wurde mit der Salzverdünnungsmethode (Messgerät QTRACE der Firma Logotronic) ermittelt. Mit dieser Methode wurden auch die Abflüsse der Langtalseen gemessen.

ERGEBNIS UND DISKUSSION

Geologie und Hydrologie des Einzugsgebietes

Das Gößnitztal liegt in der nördlichen Gesteinszone der Schobergruppe, die aus polymetamorphen Gesteinen („Altkristallin“) aufgebaut ist. Vorherrschende Gesteine sind verschiedene Typen von Glimmerschiefern, Paragneise, Graphitschiefer, Quarzite und Hornblende-Garbenschiefer. Eingeschaltet in diese sind mächtige Amphibolite, Orthogneise und selten Serpentine (TOLLMANN 1977). Die Gesteine werden von zahlreichen Störungen durchzogen und machen sich morphologisch oft deutlich bemerkbar. Aufgrund der steilstehenden Schieferung und starken Zerlegung der Gesteine durch Störungen und Klüfte sind die Gesteine in den Grat- und Kambereichen stark aufgelockert und extrem der Frostverwitterung ausgesetzt. Dies führt vor allem im Frühjahr zu einem starken Schuttfall, insbesondere in den steilen nord- bis westseitigen Felsflanken.

Die drei wunderschön gelegenen Karseen der östlichen Talseite (Vorderer, Mittlerer und Hinterer Langtalsee) sind durch die glaziale Erosion der eiszeitlichen Gletscher entstanden. Alle drei Seen sind klassische Beispiele für Karseen mit einer deutlich ausgeprägten Karschwelle, einem flachen Karboden und dahinter einer auffallenden Kartreppe (Steilwand). Die Karschwelle besteht beim Vordersee



aus Festgestein, beim Mittleren und Hinteren Langtalsee aus Moränenablagerungen. Der flache Karboden hat zur Folge, dass alle drei Karseen jeweils nur wenige m tief sind.

Die Langtalseen werden von Kar- und Blockgletschern umrandet. Blockgletscher sind lappen- bis zungenförmige Körper aus gefrorenem Lockermaterial (Hangschutt, Moräne) und Eislinsen bzw. Eiskörpern, die sich langsam hangabwärts bewegen. Die Bewegung erfolgt ähnlich wie bei Gletschern durch Kriechprozesse als Folge der internen Deformation. Obwohl Blockgletscher seit mehr als 40 Jahren untersucht werden, ist deren Entstehung nach wie vor umstritten. Aus diesem Grunde wird über die Entstehungsprozesse schon lange eine kontroverse Diskussion geführt. Zum Einen werden Blockgletscher als Erscheinungen des alpinen Permafrostes angesehen, zum Anderen wird neuerdings auch die Möglichkeit der Entstehung aus zurückschmelzenden Kargletschern in Betracht gezogen (BARSCH 1996, POTTER et al. 1998, WHALLEY & MARTIN 1992). Detaillierte Untersuchungen an den Blockgletschern südlich des Vorderen Langtalsees, im Beilkar und beim Hinteren Langtalsee haben gezeigt, dass sich alle aus Kargletschern entwickelt haben. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in einer eigenen Arbeit vorgestellt (KRAINER et al. 2000, KRAINER & MOSTLER in prep.).

Die Speisung der Seen mit Schmelzwasser der Gletscher bedingt eine stark schwankende Wasserzufuhr in die Seen. Entsprechend sind auch die Seeabflüsse großen saisonalen und tageszeitlichen Schwankungen unterworfen. Im Winter geht bei allen Seen der Abfluss auf unter 30 l/s zurück, während im Sommer beim Vorderen Langtalsee

Abb. 1:
Vorderer Langtalsee.
Foto: Krainer

319 l/s, beim Mittleren Langtalsee 240 l/s und beim Hintere Langtalsee 351 l/s gemessen wurden, wobei bei allen Seen kurzfristig noch wesentlich höhere Abflüsse auftreten können.

Vorderer Langtalsee

Der Vordere Langtalsee (Abbildung 1) ist der größte dieser drei Karseen, das Einzugsgebiet ist vergletschert (westliches und östliches Seekamp Kees), südlich des Sees liegt im Seekampkar ein kleiner, inaktiver Blockgletscher.

Über dem See ist eine weitere Kartrepe (Steilstufe) entwickelt, dahinter liegen die beiden flacheren, mit kleinen Kargletschern (Seekamp Kees) ausgefüllten Kare.

Die Gesteine im Einzugsgebiet bestehen hauptsächlich aus verschiedenen Glimmerschiefern, südlich und nordöstlich des Sees sind mächtigere Amphibolite und Augengneise eingeschaltet.

Der Vordere Langtalsee wird im Sommer hauptsächlich durch kleine Gletscherbäche gespeist, die dem Seekamp Kees entspringen. Die Wasserführung der Gletscherbäche ist in den Sommermonaten großen saisonalen und tageszeitlichen Schwankungen unterworfen. Bei hoher Wasserführung wird auch viel Suspensionsfracht ("Gletschermilch") in den See transportiert, dadurch ist das Wasser des Sees im Sommer ständig getrübt. Der See wird auch vom inaktiven Blockgletscher gespeist, allerdings fließen die Schmelzwässer nicht als oberflächliches Gerinne, sondern im Schutt in den See. Von Mitte Juni bis Ende Oktober 1998 und 1999 war der Vordere Langtalsee eisfrei.

Mittlerer Langtalsee

Der Mittlere Langtalsee (Abbildung 2) ist der kleinste dieser Karseen und besitzt auch das kleinste Einzugsgebiet. Hier ist ca. 150 m über dem See eine markante Felsstufe (Kartrepe) ausgebildet, darüber befindet sich ein weiteres Kar, das Beilkar. Dieses wird von steilen, stark zerklüfteten Felswänden umrahmt, die im wesentlichen aus Glimmerschiefern und quarzitischen Glimmerschiefern aufgebaut sind, untergeordnet sind auch Amphibolite eingeschaltet.

Das Beilkar war bis vor wenigen Jahrzehnten noch von einem Kargletscher ausgefüllt, der inzwischen abgeschmolzen ist. Aus dem Kargletscher hat sich ein komplexer, teilweise aktiver Blockgletscher entwickelt. Insgesamt befinden sich im Beilkar fünf Blockgletscher.

Der See wird in erster Linie von den Schmelzwässern der Blockgletscher gespeist. Am Fuße der Stirn des großen Blockgletschers entspringt eine Blockgletscherquelle, die Schmelzwässer fließen zunächst als oberflächliches Gerinne über die Felsstufe, um dann großteils im Schutt zu versiegen und unterirdisch dem See zuzufließen. Nur bei starker Wasserführung fließen die Schmelzwässer auch als



Abb. 2:
Mittlerer Langtalsee.
Foto: Krainer

Bach in den See. Eine weitere Blockgletscherquelle befindet sich am Fuße der Stirn des kleinen Blockgletschers im Südteil des Beilkares. Auch von diesem Blockgletscher wird der See gespeist, die Wässer fließen im Schutt dem See zu.

In den Sommermonaten entspringen knapp über der Seefläche in unmittelbarer Ufernähe mehrere Quellen.

Das Wasser im See ist fast immer ganz klar, da die Schmelzwässer der Blockgletscher fast keine Suspensionsfracht enthalten, außerdem die Schmelzwässer größtenteils unterirdisch dem See zufließen und dadurch einer gewissen Filterwirkung im Schutt unterliegen. Der Mittlere Langtalsee war von Ende Juni bis Ende Oktober 1998 und 1999 eisfrei.

Hinterer Langtalsee

Der flache Karboden wird von zwei Seen eingenommen. Knapp 50 m nordöstlich des großen Sees liegt noch ein kleinerer, dessen Seespiegel knapp einen Meter über dem großen See liegt (Abbildung 3). Im Einzugsgebiet dominieren verschiedene Typen von Glimmerschiefern, quarzitischer Glimmerschiefer und Paragneise.

Unmittelbar über den beiden Karseen ist eine Kartrepe entwickelt und ca. 100 m über den beiden Seen ist nochmals eine Verflachung im Gelände zu beobachten. Der hintere Teil des Kares wird schließlich von einem aktiven Blockgletscher ausgefüllt. Dieser Blockgletscher ist über 600 m lang und sehr aktiv, die Zunge bewegt sich derzeit mit ca. 1 m/Jahr vor.

Der kleinere See wird von Quellen gespeist, die im südöstlichen Teil des Sees knapp über dem Ufer austreten und vermutlich auch von unterirdischen Quellen. Das Wasser des kleinen Sees ist immer ganz klar. Vom kleinen See fließt ein oberflächliches Gerinne in den großen See. Der große See wird einerseits von den Schmelzwässern des Blockgletschers, andererseits auch von Schmelzwässern eines kleinen, im Kar nordwestlich des Kögele eingebetteten Gletschers gespeist.

Die Schmelzwässer des Blockgletschers entspringen zum Teil an den beiden Blockgletscherquellen und fließen zunächst oberflächlich und auf den letzten 50–100 m großteils im Schutt dem See zu.

Die Wasserführung dieser beiden Gerinne zeigt ausgeprägte, vom Witterungsablauf beeinflusste saisonale und tägliche Schwankungen. Die Schüttung der beiden Quellen setzt Mitte Mai ein, in den Monaten Juni bis August beträgt die Wasserführung der beiden Bäche an warmen Schönetertagen durchschnittlich 50–100 l/s, bei Starkniederschlägen kann der Abfluss kurzfristig auf über 500 l/s ansteigen, bei Kaltlufteinbrüchen bis unter 10 l/s zurückgehen. Im September beträgt die durchschnittliche Wasserführung 20–50 l/s, im Oktober nur mehr 5–20 l/s, im November frieren die beiden Quellen schließlich völlig zu. Bei hohen Abflußraten transportieren die Schmelzwässer auch viel Suspensionsfracht (bis zu > 1g/l) in den See, was eine entsprechende Trübung des Wassers im See verursacht.

Die Schmelzwässer sind sehr kalt (0.5–0.8°C), erwärmen sich aber im oberflächlichen Gerinne rasch und erreichen vor der Einmündung in den See an warmen Tagen eine Temperatur von 4–6°C. Die Quellen, die unmittelbar am Ufer entspringen und Schmelzwasser vom Blockgletscher in den See schütten, sind immer kalt (1–2°C), die übrigen Quellen sind etwas wärmer (2–4°C). Der Hinterer Langtalsee war 1998 von Mitte Juni bis Mitte Oktober und 1999 von Ende Juni bis Mitte Oktober eisfrei.



Morphometrie

Die Ergebnisse der Auslotung und die Berechnung der morphometrischen Daten sind in Tabelle 1 und Abbildung 4 zusammengestellt.

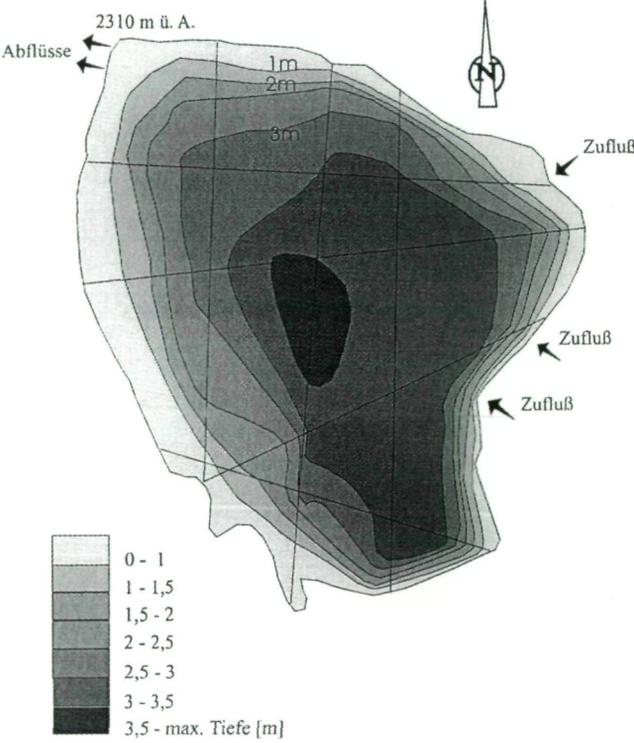
Limnologische Parameter

Zum Zeitpunkt der Probennahme war an den drei Langtalseen keine thermische Schichtung zu beobachten. Der Vordere Langtalsee wies eine Wassertemperatur von $5,6^{\circ}\text{C}$ auf und war damit nur geringfügig wärmer als der Zufluss mit $4,6^{\circ}\text{C}$. Die Temperatur des Mittleren Langtalsees betrug $4,6^{\circ}\text{C}$. Am Hinteren Langtalsee wurden Werte zwischen $5,0$ und $5,4^{\circ}\text{C}$ gemessen. Der Oberflächenzufluss nahe des Hinteren Langtalsees wies eine Wassertemperatur von 5°C auf. Die Unterschiede in den Wassertemperaturen der drei Langtalseen sind äußerst gering und liegen im Bereich der an warmen Schönwettertagen gemessenen Tagesschwankungen von $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ (Krainer & Mostler in prep.).

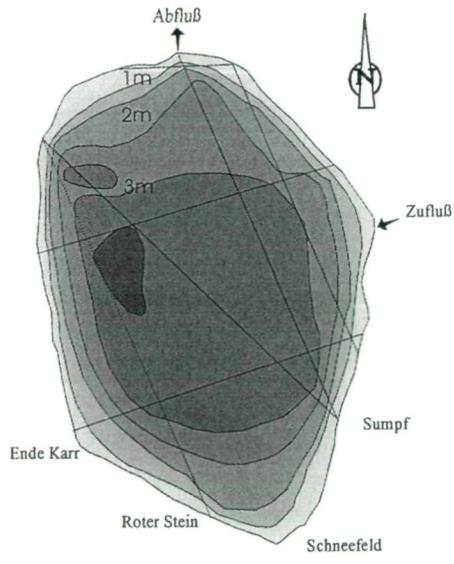
Die fehlende Temperaturschichtung ist auf den zeitweise sehr hohen Durchfluss zurückzuführen. Anhand der morphometrischen Daten und der von Krainer & Mostler bestimmten Abflussmengen ergeben sich Wassererneuerungszeiten für den Vorderen Langtalsee von 1,9 Tagen, für den Mittleren Langtalsee von 1,4 Tagen und für den Hinteren Langtalsee von 1,2 Tagen. Aufgrund der kurzen Was-

Abb. 3:
Hinterer Langtalsee.
Foto: Krainer

Vorderer Langtalsee



Mittlerer Langtalsee



Hinterer Langtalsee

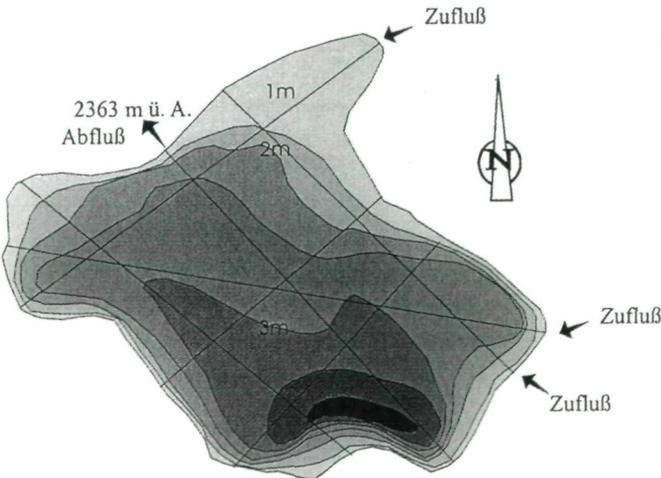


Abb. 4: Tiefenkarten der Langtalseen

	Einheit	Vorderer Langtalsee	Mittlerer Langtalsee	Hinterer Langtalsee
Seehöhe	m ü. A.	2.310	2.372	2.363
Fläche	ha	2,4	1,58	2,02
Volumen	m ³	52.600	29.300	37.300
max. Tiefe	m	3,7	3,4	3,6
mittlere Tiefe	m	2,2	1,8	1,8
Uferlinie	m	620	480	630
max. Länge	m	220	180	200
max. Breite	m	180	125	180
geogr. Länge		47°0'28"	46°59'46"	46°59'26"
geogr. Breite		12°45'24"	12°46'50"	12°46'18"
BMN Rechtswert		408700	408000	407300
BMN Hochwert		207820	206400	205800

serenerungszeit und der geringen Tageserwärmung wird die Temperatur der Langtalseen weitgehend von der Temperatur der Zuflüsse bestimmt.

Während der Mittlere und der Vordere Langtalsee zum Zeitpunkt der limnologischen Untersuchung ein sehr klares Wasser aufwiesen, die Sichttiefe reichte bis zum Grund und war damit > 3,5 m, wies der Vordere Langtalsee eine starke Tübing auf; es wurde eine Sichttiefe von nur 1,55 m gemessen. Die verminderte Lichtdurchlässigkeit kann auf die vergleichsweise hohe Phytoplanktonproduktion zurückgeführt werden. Die Phytoplanktonbiomasse war in diesem Gewässer 3 mal so groß wie am Hinteren Langtalsee und doppelt so groß wie am Mittleren Langtalsee.

Die drei untersuchten Hochgebirgsseen wiesen für Gewässer im kristallinen Bereich relativ hohe Leitfähigkeitswerte auf. Die Leitfähigkeit des Vorderen und des Mittleren Langtalsees lag bei 83 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der höchste Wert wurde im Hinteren Langtalsee mit 118 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Vergleichbare Seen der Schobergruppe (Kreuzsee, Gradensee) weisen Leitfähigkeitswerte um 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf (HONSIG-ERLENBURG & PSENNER 1986). Hier ist jedoch anzumerken, dass die Leitfähigkeit aller drei Seen starke saisonale Schwankungen aufweist: während der Hauptschneeschmelze ist sie am geringsten (50–70 $\mu\text{S}/\text{cm}$), steigt aber zum Herbst hin auf bis zu über 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an (im Herbst werden die Seen großteils von unterirdischen Zuflüssen gespeist). Der relativ hohe Elektrolytgehalt ist auf die besonderen hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet der Seen zurückzuführen. Die Langtalseen werden überwiegend durch Schmelzwässer von Kar- und Blockgletschern gespeist. Auffallend hoch sind die Konzentrationen an Calcium und Sulfat. Der Vordere Langtalsee wies eine Ca-Konzentration von 11 mg/l und eine Sulfat-Konzentration von 21,2 mg/l auf, der Mittlere Langtalsee entsprechend 11 mg/l Ca und 22,4 mg/l Sulfat und der Hintere Langtalsee 16

Tabelle 1:
Morphometrische Daten der
Langtalseen.

Parameter	Dimension	Vorderer Langtalsee	Mittlerer Langtalsee	Hinterer Langtalsee
Wassertemperatur	°C	5,5	4,6	5,2
pH-Wert		7,2	7,2	7,4
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	84,2	83,75	118,25
Säurebindungsvermögen pH 4,3	mmol/l	0,5625	0,5225	0,6
Gesamt-Organischer-Kohlenstoff	mg/l	0,5	0,5	0,5
Ammonium-N	mg/l	0,004	0,004	0,004
Nitrat-N	mg/l	0,206	0,199	0,243
Orthophosphat-Phosphor	mg/l	0,002	0,002	0,002
Phosphor gesamt	mg/l	0,006	0,005	0,005
Chlorid	mg/l	0,7	0,5	0,5
Sulfat	mg/l	21,175	22,375	33,6
Kieselsäure	mg/l	2,15	2,1	2,1
Calcium gelöst	mg/l	11,25	11,0	14,475
Magnesium gelöst	mg/l	1,0	1,0	1,6
Kalium gelöst	mg/l	1,3	1,0	1,75
Natrium gelöst	mg/l	0,5	0,5	0,6
Sauerstoffgehalt	mg/l	10,775	9,875	9,875
Sauerstoffsättigung	%	113,0	102,0	102,5
Sichttiefe	m	1,55	3,4 Grund	3,6 Grund

Tabelle 2:
Chemische Parameter der
Langtalseen.

mg/l Ca und 33,6 mg/l Sulfat. Der hohe Sulfatgehalt im Hinteren Langtalsee dürfte auf den erhöhten Pyritgehalt in den Glimmerschiefern zurückzuführen sein, die im Bereich der südlichen Wurzelzone anstehen und aufgrund ihrer intensiven bräunlichen Verwitterungsfarbe im Gelände (auch am Blockgletscher) auffallen. Daß der hohe Sulfatgehalt geogen bedingt ist und nicht auf einen Sulfateintrag über die Atmosphäre zurückgeführt werden kann, erklären die Meßwerte der Alkalinität, die zwischen 500 und 600 µeq/l lagen. Damit weisen die Langtalseen eine gute Pufferkapazität auf und zeigen keine Versauerungstendenz. Nach nordamerikanischen Standards sind Seen mit Alkalinitätswerte < 200 µeq/l als gefährdet anzusehen (BRANDT et al. 1984). Die pH-Werte, die im neutralen Bereich zwischen 7,2 und 7,4 (Tabelle 2) lagen, lassen ebenfalls keine Versauerungstendenz erkennen.

Alle drei Langtalseen wiesen geringe Nährstoffkonzentrationen auf. Die Nitratstickstoffgehalte lagen zwischen 199 µg/l im Mittleren, 206 µg/l im Vorderen und 244 µg/l im Hinteren Langtalsee. Der Gehalt an Ammoniumstickstoff lag bei 4 µg/l. Mit Gesamtphosphor-Konzentrationen zwischen 5 und 6 µg/l und Orthophosphat-Konzentrationen von 2 µg/l ist die Nährstoffarmut der Hochgebirgsseen dokumentiert. Auch in Grundnähe wurden keine erhöhten Konzentrationen festgestellt.

Die Sauerstoffgehalte lagen in der gesamten Wassersäule von 0–3 m Tiefe mit Werten zwischen 9,9 und 10,8 mg/l im Bereich der vollständigen Sättigung. Auch in Grundnähe konnte keine Sauerstoffzehrung beobachtet wer-

den. Im Vorderen Langtalsee wurde in 3 m Tiefe eine Sättigung von 113 %, in den beiden anderen Gewässern von 102% gemessen. Die chemischen Parameter sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Aufgrund der geringen Nährstoff-Konzentrationen, belegt durch ausreichende Sauerstoffkonzentrationen in Grundnähe, ist die organische Produktion in den untersuchten Hochgebirgsseen gering. Es wurden gesamtorganische Kohlenstoffgehalte von 0,5 mg/l bestimmt.

Phytoplankton

Der Nährstoffarmut der Langtalseen entsprechend war die Primärproduktion gering. Die größte Phytoplankton-Biomasse wies der Vordere Langtalsee mit 948 mg/m³ auf. Im Mittleren Langtalsee betrug die Biomasse 433 mg/m³, im Hinteren Langtalsee 234 mg/m³. Im Artenspektrum, das durch eine auffallend geringe Artenarmut charakterisiert war (Tabelle 3), dominierten in allen drei Seen die Chrysophyceen, mit kleinen begeißelten Formen, die der Gattung *Chrysococcus* zugeordnet wurden. *Chrysococcus* kommt überwiegend in sauberen Gewässern, zeitweise in großen Massen vor. Der Biomasseanteil von *Chrysococcus* sp. lag bei 85 % im Mittleren Langtalsee und 94 % Vorderen und Hinteren Langtalsee.

Tabelle 3:
Phytoplanktonzusammensetzung
der Langtalseen
(s = selten,
m = mittel und
h = häufig).

Art	Vorderer Langtalsee	Mittlerer Langtalsee	Hinterer Langtalsee
Cyanoprokaryota			
<i>Oscillatoria</i> sp.		s	s
Chrysophyceae			
<i>Chrysococcus</i> sp.	h	h	h
Bacillariophyceae			
<i>Diatoma hiemalis</i>	s	m	
<i>Synedra acus</i>	s	s	
<i>Fragilaria crotonensis</i>		s	
<i>Navicula</i> sp.	s		s
<i>Amphora</i> sp.		s	
<i>Cymbella</i> sp.	s		
<i>Diatoma</i> sp.	s		
<i>Cyclotella</i> sp.		s	s
<i>Cyclotella radiosa</i>	m		
Dinophyceae			
<i>Ceratium hirundinella</i>		s	s
<i>Gymnodinium</i> sp.	m		
Cryptophyceae			
<i>Rhodomonas</i> sp.	m	s	s
Chlorophyta			
<i>Chlamydomonas</i> sp.			m
Euglenophyta			
<i>Trachelomonas</i> sp.		s	

Zooplankton

Arctodiaptomus alpinus wurde nur im Mittleren Langtalsee angetroffen. Als Hochgebirgsform ist diese Art in Österreich verbreitet. In Kärnten wurde diese Art bereits im Malta Stausee (1998 im Rahmen einer Exkursion anlässlich einer Limnologen Tagung), im Windeben und Naßbodensee (FRESNER et al. 2000) nachgewiesen. *A. alpinus* kommt in größeren und kleineren Seen des Alpengebietes häufig (2000 bis 2700 m) vor, und ist seltener in tiefer gelegenen Gewässern anzutreffen (EINSLE 1993).

Als weitere Crustaceenart wurde *Cyclops abyssorum taticus* im Mittleren- und Vorderen Langtalsee nachgewiesen. Die Gruppe der *Cyclops abyssorum* - Formen weist innerhalb der Gattung wohl die größte Vielfalt in Bezug auf die Lebensräume, lokalen und saisonalen Variationen auf (EINSLE 1993). So ist *Cyclops abyssorum taticus* als Unterart ausgehend von der *Cyclops abyssorum praealpinus* - Form zu sehen, deren Verbreitung auf die Seen des hochalpinen Bereiches beschränkt ist. In Kärnten kommt diese Art im Naßbodensee und Pfannocksee (FRESNER et al. 2000) und wie *A. alpinus* in einigen Seen der Hohen Tauern (JERSABEK 1992) vor.

Rotatorien waren in den Seen allgemein in wesentlich geringeren Abundanzen vertreten als die Crustaceen. Im Vorderen und Hinteren Langtalsee war *Polyarthra dolichoptera* als kaltstenotherme und Sauerstoffschwund gut tragende Art (KOSTE 1978) häufig anzutreffen. Im Vorderen und Mittleren Langtalsee konnten *Notholca squamula* und *Cephalodella* sp. vereinzelt vorgefunden werden. Lediglich im Vorderen Langtalsee wurde noch eine Art, *Euchlanis dilatata*, bestimmt. *N. squamula* und *E. dilatata* sind Kosmopoliten, die ein breites Spektrum von Gewässern besiedeln. Aus Tabelle 4 ist die Zooplanktonzusammensetzung der drei Langtalseen zu entnehmen.

Typisch für alpine Seen, die wie die Langtalseen ca. 8 Monate des Jahres eine mächtige Eis und Schneedecke tragen, sind Planktonorganismen, die in Form von Ruhestadien lebensfeindliche Bedingungen überdauern. Im Laufe ihrer Phylogenese haben diese Organismen unterschiedliche Strategien verfolgt. Die Rotatorien produzieren Dauereier aus denen nach der Schneeschmelze ausschließlich Weibchen schlüpfen, die parthenogenetisch (Subitaneier) mehrere Weibchen-Generationen erzeugen. Erst zum Ende der Saison entwickeln sich aus einigen Subitaneiern Männchen, also eine geschlechtliche Generation, die wieder Dauereier produziert.

Arctodiaptomus alpinus bildet im August und September auf geschlechtlichem Wege Dauereier, aus denen erst im darauffolgenden Frühjahr Nauplien (die ersten Larvenstadien) schlüpfen. Bis zum Sommer hin entwickeln sich über mehrere Häutungen und Entwicklungsstadien die adulten Tiere.

Crustaceen	Hinterer Langtalsee	Mittlerer Langtalsee	Vorderer Langtalsee
Crustaceen			
<i>Cyclops abyssorum taticus</i>		m	s
· Copepodide & Nauplien	m	m	m
<i>Arctodiaptomus alpinus</i>		m	
· Copepodide & Nauplien		m	
Rotatorien			
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	m		m
<i>Euchlanis dilatata</i>	s		
<i>Notholca squamula</i>	m	s	
<i>Cephalodella</i> sp.	s	s	

Cyclops abyssorum taticus hat eine andere Überdauerungsstrategie entwickelt. Larvenstadien (Copepoditstadien) treten in eine Diapause und überdauern ungünstige Umweltbedingungen. Im Frühjahr setzen sie ihre Entwicklung fort und häuten sich zu adulten Tieren, die rasch Nachkommen bilden.

Ein auffälliges Merkmal planktischer Hochgebirgscrustaceen ist die intensive Rotfärbung des gesamten Körpers, durch Einlagerung von Karotin in den Chitinpanzer. Dieses Phänomen wird als Schutz vor erhöhter UV-Strahlung angesehen. Interessant scheint in diesem Zusammenhang die Beobachtung, dass sich die drei Seen in ihrer Lichtdurchlässigkeit unterscheiden und dies auch in der Intensität der Rotfärbung der Crustaceen zum Ausdruck kommt. Der Vordere Langtalsee ist stark getrübt und seine Sichttiefe beträgt nur 1,55 m, während die beiden anderen Langtalseen eine Sichttiefe bis zum Grund aufwiesen. Das Crustaceenplankton des Vorderen Langtalsees war deutlich weniger rot gefärbt als das der anderen Seen. Es kann hier vermutet werden, dass durch die Trübung des Sees bereits ein gewisser Schutz vor Sonneneinstrahlung gegeben ist, der es den Tieren erlaubt, den körpereigenen Schutz zu reduzieren.

Tabelle 4: Zooplanktonorganismen der Langtalseen
(s = selten, m = mittel, h = häufig).

Makrozoobenthos

Die in den Langtalseen gefundenen Kriebelmücken (Simuliidae) konnten als *Prosimulium rufipes* determiniert werden. Diese Art bildet in Nord- und Mitteleuropa eine Generation mit Verpuppung von Mai bis Juni (ZWICK 1976). Die Verbreitung dieser Art wurde in den Alpen und im Waldviertel in über 500 m hoch gelegenen, rasch fließenden größeren Gewässern festgestellt (CAR 1981). In Kärnten wurde diese Art in der Umgebung von Heiligenblut (ZWICK 1976) und unter anderem im Einzugsgebiet der Lavant und der Gurk (FRESNER 1997) im Rahmen der Gewässeraufsicht determiniert. Die Kriebelmücken sind eine artenreiche Dipteren-Familie. Sie kommen in allen Gegenden Kärntens vor. Ihre Larven und Puppen leben am Gewässergrund fast aller Kärntner Fließgewässer. Die adulten Weibchen saugen Blut an Mensch und Tier. Charakteri-

stisch am Bau der Larven ist der am vorderen Kopfende befindliche paarige Filterfächer sowie der keulig verdickte Hinterleib. Der unselektive Filterfächer dient zur Nahrungsaufnahme. Am saugnapfähnlichen hakenkranztragenden Hinterende heften sich die Tiere mit Spinnfäden, die aus im Mundbereich liegenden Spinndrüsen stammen, auf Steinen in der Strömung fest.

Innerhalb der Köcherfliegen (Trichopteren) konnten die Arten *Allogamus uncatus*, *Pseudopsiloptyx zimmeri*, *Drusus monticola* und *Chaetopterygopsis maclachlani* determiniert werden. *Drusus monticola* ist eine Art, die auf Lagen über 1000 m Seehöhe beschränkt ist (WARINGER & GRAF 1997). Der Köcher dieser Art besteht aus kleinen mineralischen Partikeln. Zur Unterfamilie der Limnephilinae gehören die Arten *Allogamus uncatus*, *Pseudopsiloptyx zimmeri* und *Chaetopterygopsis maclachlani*. Die beiden erstgenannten Arten bauen Köcher aus Sand oder Steinen, letztere bauen Köcher aus Wassermoosblättchen. Die drei Köcherfliegenarten sind typische Faunenelemente von reinen Bächen und Flüssen der alpinen Stufe. Fundorte dieser Arten in Kärnten sind in Höhen von über 1500 m zu finden, nur gelegentlich gelingen Nachweise unterhalb dieser Grenze. Als Beispiel kommt die Art *Drusus monticola* beim Karlbach auf der Turrach vor. Die beiden anderen Köcherfliegenarten sind neben anderen Untersuchungsgebieten im Hörfeld (920 m) determiniert worden (KONAR 1998). Die Köcherfliegen kommen in stehenden und fließenden Gewässern oft in sehr großen Arten- und Individuenzahlen vor und machen einen großen Teil der Fauna unserer Gewässer aus. Die adulte Köcherfliege ist dämmerungs- und nachtaktiv. Tagsüber ruht sie in der Vegetation. Sie nimmt vermutlich kaum Nahrung auf, die verkümmerten Mundwerkzeuge sind höchstens zur Aufnahme von Flüssigkeit geeignet.

In jedem Teich, jedem Bach, kleinsten Wiesentümpel, am schlammigen Ufer der Flüsse, auf nassen Felsen und Wasserfällen, am Grund tiefer Seen, auf Steinen der Bergbäche, in klaren Quellen und im übelriechenden Schlamm von Abwassergräben, in denen sonst fast alles tierische Leben erloschen ist, trifft man Chironomidenlarven an. Folgende Chironomidentaxa konnten an den drei Langtalseen determiniert werden: *Pseudodiamesa branickii*, die Gattung *Diamesa* sp. und *Diamesa bertrami*. *Pseudodiamesa branickii*, ein typischer Vertreter der Bachoberläufe, konnte in zahlreichen Kärntner Fließgewässern gesammelt werden. *Diamesa bertrami*, eine Reinwasserform, ist nur aus Aufsammlungen eines Zubringers der Oberen Drau (MORITZ 1994) bekannt.

Die Zuckmücken sind die arten- und oft auch die individuenreichsten Organismengruppe im Gewässer. Der

Tabelle 5: Benthosorganismen der Langtalseen (● = Vorkommen).

Organismen	Vorderer Langtalsee			Mittlerer Langtalsee			Hinterer Langtalsee		
	Zufluss	Ufer	Abfluss	Zufluss	Ufer	Abfluss	Zufluss	Ufer	Abfluss
Turbellaria									
<i>Crenobia alpina</i>				●		●	●		
Bivalvia									
Sphaeriidae Gen sp.		●							
Oligochaeta									
Enchytraeidae Gen sp.				●	●	●			
Tubificidae Gen sp.				●					
<i>Haplotaxis gordioides</i>				●					
<i>Haplotaxis</i> sp.							●		
<i>Stylodrilus heringianus</i>					●				
<i>Stylodrilus</i> sp.							●		
Ephemeroptera									
<i>Baetis alpinus</i>				●					●
<i>Rhitrogena</i> sp.									●
Plecoptera									
<i>Nemoura</i> sp.		●							
<i>Dictyogenus fontium</i>						●			
Coleoptera									
Dytiscidae Gen sp.		●							
Trichoptera									
Limnephilidae Gen sp.	●			●		●	●	●	●
<i>Pseudopsilopteryx zimmeri</i>	●								●
<i>Rhyacophila</i> sp. juv.			●						
<i>Drusus</i> cf. <i>monticola</i>				●			●		
<i>Drusus</i> cf. <i>destitus</i>					●				
Drusinae juv.							●	●	
<i>Chatopterygopsis maclachlani</i>				●					
<i>Allogamus uncatus</i>						●		●	●
Diptera									
Limoniidae Gen sp.				●			●	●	
<i>Dicranota</i> sp.					●				
<i>Wiedemannia</i> sp.							●		
Chironomidae									
<i>Microspectra</i> sp.		●		●	●				●
<i>Pseudodiamesa branickii</i>		●	●	●	●	●	●	●	
<i>Diamesa bertrami</i>				●			●		
<i>Diamesa</i> sp.						●	●		
Orthocladinii COP								●	●
<i>Prodiamesa olivacea</i>								●	
Simuliidae									
<i>Prosimulium</i> sp.				●					
<i>Prosimulium rufipes</i>				●			●		
<i>Prosimulium rufipes</i> f. <i>aestivalis</i>							●		

Name Zuckmücken rührt vom Verhalten der Imagines her, die beim Sitzen ihr erstes verlängertes Beinpaar wie ein zusätzliches Fühlerpaar nach vorne strecken und ständig zuckende Bewegungen ausführen. Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die gesammelten benthischen Organismen.

Diese benthischen und zooplanktischen Aufsammlungen sowie die chemischen Analysen liefern einen ersten Überblick über das Faunenspektrum des hochalpinen aquatischen Ökosystems Langtalseen. Das Vorkommen vieler Tierarten in diesem extremen Biotop setzt eine hohe Anpassungsfähigkeit voraus. Die drei Langtalseen sind wesentlicher Bestandteil der alpinen Landschaft, die als Lebensraum für speziell angepasste Organismen in ihrem ursprünglichen Zustand zu erhalten ist.

Dank

Wir danken den Mitarbeitern des Kärntner Institutes für Seenforschung und der Abt. 15 Umweltschutz und Technik der Kärntner Landesregierung für die chemischen Analysen und die fachliche Unterstützung, insbesondere Herrn Ing. Kurt Steiner für die Auslotung der Langtalseen.

Literatur

- BARSCHE, D. (1996): Rockglaciers. Indicators for the Present and Former Geocology in High Mountain Environments.- Springer-Verlag, Berlin, 331 pp.
- BRANDT, P., M. B. BERG, D.S. BARRASSO, J.L. DUDLEY (1984): The biological and chemical impact of acid precipitation on Pocono Mountain lakes.- Dept. of Biology, Lehigh Univ., Bethlehem, PA, USA: 1-215.
- CAR, M. (1981): Die Simuliiden – Fauna (Diptera) Österreichs und ihre Veterinärmedizinische Bedeutung.- Dissertation zur Erlangung eines Doktorgrades an der Formal und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien. 161 pp.
- EINSELE, U. (1993): Crustacea: Copepoda: Calanoida und Cyclopoida. In: Süßwasserfauna von Mitteleuropa.- Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- FRESNER, R. (1997): Simuliidae. In: HONSIG - ERLENBURG, W. & G. WIESER: Die Gurk und ihre Seitengewässer.- Carinthia II, 55. Sonderheft, Verlag des naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten: 97-100, Klagenfurt.
- FRESNER, R., H. HARTL & H. SAMPL (2000): Zur Limnologie von drei Kleinseen im Nationalpark Nockberge.- Carinthia II, 190./110: Klagenfurt.
- HÄKANSON, L. (1981): A manual of lake morphometry.- Springer-Verlag: 78pp. Berlin, Heidelberg, New York.
- HONSIG-ERLENBURG, W. & R. PSENNER (1986): Zur Frage der Versauerung von Hochgebirgsseen in Kärnten.- Carinthia II, 176./96.: 443-461pp, Klagenfurt.
- JERSABEK, C.D. & R. SCHABETSBERGER (1992): Taxonomisch-ökologische Erhebung der Rotatorien- und Crustaceenfauna stehender Gewässer der Hohen Tauern.- Studie im Auftrag des Forschungsinstituts Gastein-Tauernregion, 165 pp.

- KONAR, M. (1998): Trichopteren – Lichtfallenfang am Roggbach und ein Vergleich mit weiteren Standorten in Kärnten.- *Carinthia* II, 188./108. Jahrgang 1998 Verlag des naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten:499-506, Klagenfurt.
- KOSTE, W. (1978): Rotatoria. - Die Rädertiere Europas begründet von Max Voigt.- Gebrüder Bornträger Berlin Stuttgart.
- KRAINER K., I. MASSIMO & W. MOSTLER (2000): Blockgletscher im Gößnitz Tal, Schobergruppe (Nationalpark Hohe Tauern).- Unveröff. Bericht Nationalpark Hohe Tauern, Parkdirektion Großkirchheim, 123 pp.
- KRAINER, K. & W. MOSTLER (in prep.): Der aktive Blockgletscher im Hinteren Langtal Kar, Gößnitz Tal (Schobergruppe, Nationalpark Hohe Tauern).
- MORITZ, Ch. (1994): Gewässerbetreuungskonzept Obere Drau: 96pp.
- POTTER, N., E. J. STEIG, D. H. CLARK, M. A. SPEECE , G. M. CLARK & A. B. UPDIKE (1998): Galena Creek rock glacier revisited - new observations on an old controversy.- *Geografiska Annaler*, 80(3-4), 251-265.
- SCHULZ, N. (1983): Auslotung des Zmulner Sees (Kärnten, Österreich).- *Carinthia* II, 173./93.: 175-183, Klagenfurt.
- TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich. Band I. Die Zentralalpen.- Franz Deuticke, Wien, 766pp.
- WARINGER, J. & W. GRAF (1997): Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven: unter Einschluss der angrenzenden Gebiete.- *Facultas-Univ.-Verl*: 285pp.
- WHALLEY, W. B. & H. E. MARTIN (1992): Rock glaciers:II models and mechanisms.- *Progress in Physical Geography*, 16(2), 127-186.
- ZWICK, H. (1976): Zur Kenntnis der Kriebelmücken-Fauna (Simuliidae, Diptera) Österreichs.- *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österr. Entomologen*, 28 Jg. 1-3: 73-77.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Roswitha Fresner,
Mag. Ursula Ponta,
Dr. Liselotte Schulz,
Mag. Gabriele Wieser;
Kärntner Institut für Seenforschung,
Flatschacherstr. 70, 9020 Klagenfurt.

Dr. Karl Krainer,
Mag. Wolfram Mostler;
Institut für Geologie und
Paläontologie, Universität Innsbruck,
Innrain 52, 6020 Innsbruck.