

GERNOT BRETSCHKO

Zoologisches Institut der Universität Graz

Der Grüne See bei Tragöss, Steiermark.  
Ein Beitrag zur Karstlimnologie<sup>1)</sup>

Inhaltsverzeichnis

Einleitung . . . . .	699
A. Physiographie . . . . .	700
1. Geographische Lage und Topographie . . . . .	700
2. Chemismus . . . . .	700
3. Hydrographie und Geologie . . . . .	702
4. Strömung . . . . .	706
5. Wärmehaushalt . . . . .	706
6. Strahlung . . . . .	706
7. Bodenausbildung und Beschreibung der einzelnen Probenstellen . . . . .	708
B. Biologie . . . . .	709
1. Die Fauna des Grünen Sees . . . . .	709
2. Die Larvalentwicklung von <i>Siphonurus aestivalis</i> . . . . .	714
C. Auswertung der physiographischen und biologischen Beobachtungen . . . . .	719
1. Plankton . . . . .	719
2. Profundal . . . . .	719
3. Die Verteilung der Fauna in Raum und Zeit . . . . .	719
4. Die Lebensbedingungen im Grünen See . . . . .	722
5. Gewässertyp . . . . .	722
D. Zusammenfassung, Summary . . . . .	723
E. Literatur . . . . .	725

Einleitung

Der Grüne See bei Tragöß, Steiermark, Österreich, zählt zu den größten Karstgewässern der Ostalpen. Drei Autoren befaßten sich bereits mit dem Grünen See: CONRAD (1933) beschrieb sogenannte „Steinkreise“, eine den arktischen Strukturböden ähnliche Bildung des Seegrundes, ZÖTL (1961) bearbeitete die Karsthydrographie des Hochschwabgebietes, PICHLER (1939) gibt eine kurze Beschreibung des Sees, seiner Fauna und einige chemische Daten. PICHLERS Ergebnisse resultieren aus einem zweistündigen Aufenthalt am See. Mit Ausnahme der Ergebnisse von ZÖTL sind die der übrigen Autoren für die vorliegende Arbeit wenig aufschlußreich, so daß sich die Notwendigkeit ergab, sowohl die Physiographie des Gewässers als auch seine Fauna neu zu untersuchen.

<sup>1)</sup> Meinem Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. REISINGER, zum 65. Geburtstag gewidmet.

Herrn Prof. Dr. E. REISINGER danke ich für die Überlassung des Themas, Frau Prof. Dr. G. PLESKOT, Frau Dr. I. DIRMHORN und Herrn Dr. F. BERGER für die Überlassung von Geräten und für ständige Anteilnahme an den Untersuchungen.

## A. Physiographie

### 1. Geographische Lage und Topographie

Der Grüne See bei Tragöß, Steiermark, liegt am Südrand des Hochschwabmassivs (nördliche Kalkalpen)  $15^{\circ}3'34''$  ö. L. und  $47^{\circ}32'40''$  n. B. Im Norden stößt er an die Schutthalden der Pribitzmauer (1577 m), im Westen an die des Trenchtling (2081 m); im Süden wird das Seebecken von einer jungeszeitlichen Endmoräne abgeschlossen. Etwas weiter im Osten erhebt sich die Messnerin mit 1836 m. Der See selbst liegt 757 m ü. NN.

Die Uferlinie ist infolge des extremen Pegelganges (S. 702) nicht eindeutig definiert. In Übereinstimmung mit der prov. Österreichkarte (1 : 50000) und dem Katasterblatt (1 : 2880) wurde als verbindliche Uferlinie die des Maximalwasserstandes gewählt (Abb. 1). Gelotet wurde vom Schlauchboot aus entlang einer markierten Leine. Es wurden 57 Profile gelegt, wobei die Lotpunkte 5 m voneinander entfernt waren. Die in Abb. 1 angegebenen Namen sind reine Arbeitsbezeichnungen.

Der See besteht aus zwei, nur durch eine schmale, seichte Rinne verbundene Becken, von denen das westliche deutlich in drei Buchten gegliedert ist. Die Beckenform ist typisch wannenförmig: steile Böschungen umschließen die relativ großen Tiefenbezirke. Flache Uferzonen finden sich nur in der Pumpwerk-bucht und in der Großen-Quellen-Bucht. Die morphometrischen Daten sind in Tabelle 1, sowohl für den ganzen See als auch getrennt für die beiden Becken, angegeben; mittlere Breite, mittlere Tiefe und Uferentwicklung (Verhältnis der wahren Länge der Uferlinie zum Umfang des dem Seereal inhaltsgleichen Kreises) nach NAUMANN (1931).

Tabelle 1. Morphometrische Daten. Erklärung im Text

	West- + Ostbecken	Westbecken	Ostbecken
Flächeninhalt	6,5 ha	4,6 ha	1,9 ha
Länge (Luftlinie)	547 m	349 m	198 m
Breite (Maximale)	323 m	323 m	171 m
Breite (Mittlere)	118,8 m	131,8 m	96 m
Tiefe (Maximale)	8 m	8 m	6,5 m
Tiefe (Mittlere)	4,2 m	4,3 m	4,2 m
Volumen	276000 m <sup>3</sup>	196000 m <sup>3</sup>	80000 m <sup>3</sup>
Länge der Uferlinie	2020 m	1380 m	640 m
Uferentwicklung	2,234	1,815	1,309

### 2. Chemismus

Regelmäßige chemische Untersuchungen wurden von Juli 1960 bis Januar 1962 durchgeführt: im Litoral an den auch biologisch erfaßten Punkten und an den tiefsten Stellen beider Becken.

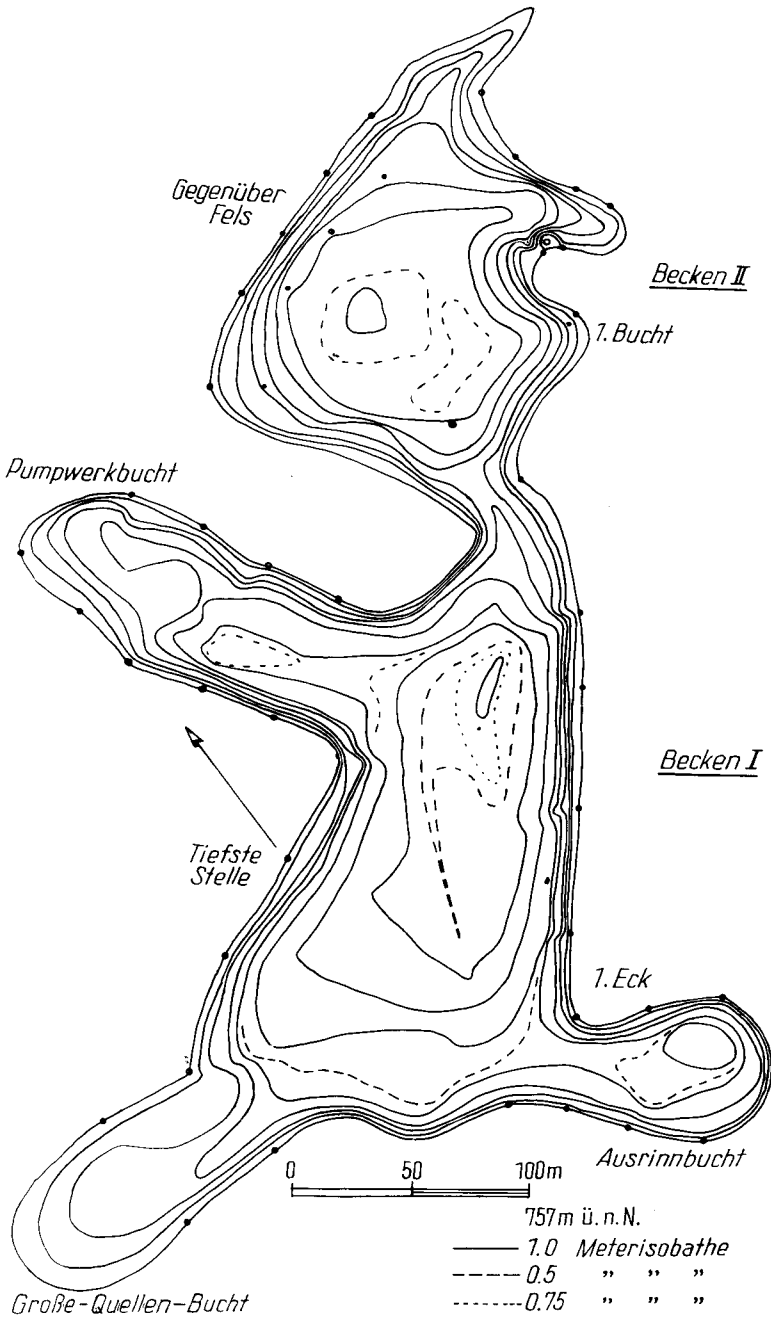


Abb. 1. Grüner See. Isobathenkarte.

Bestimmt wurden der pH (kolorimetrisch nach MICHAELIS), Nitrat (Diphenylaminschwefelsäurereaktion, ELSTER 1954), Phosphat und Kieselsäure (Ammonmolybdatreaktion), Sulfat nach RASCHIG (TREADWELL 1923), Sauerstoff nach WINKLER und Leitfähigkeit. Alkalinität, Calcium und Magnesium wurden nach einer mir von Herrn Dr. BERGER freundlichst mitgeteilten Methode in einer Probe bestimmt: die Alkalinität mit  $n/10$  HCL gegen Methylrot im  $\text{CO}_2$ -freiem Medium, Calcium und Magnesium komplexometrisch. Bei den kolorimetrischen Bestimmungen erfolgte der Farbvergleich ohne optische Hilfsmittel in 25 ccm Proberöhren.

Die Analysen ergeben, daß die beiden Becken sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Hinsicht chemisch homogen sind. In Tabelle 2 sind die über alle Probenstellen eines Beckens gemittelten Werte angegeben. Zwischen den beiden Becken bestehen jedoch Unterschiede: im Westbecken ist der Erdalkali- und Sulfatgehalt und damit die Leitfähigkeit höher, die Alkalinität kleiner als im Ostbecken. Diese Unterschiede sind nur bei niedrigem Wasserstand deutlich. Zu Zeiten hoher Pegelstände (im Frühjahr) nimmt die Gipskonzentration im Westbecken ab, im Ostbecken zu, so daß sich die Unterschiede ausgleichen (Abb. 4). Die Alkalinitätswerte bleiben annähernd gleich. Auf diesen Befund wird im Kapitel Hydrographie noch näher eingegangen.

Der Nitratgehalt ist mit ungefähr 0,5 mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$  im Westbecken und 0,6 mg/l im Ostbecken für den See erstaunlich hoch; er ist als Hinweis auf die geringe Assimilationsintensität und den raschen Wasserwechsel zu werten. Die Nitratmengen entstammen den Abbauprozessen im Einzugsgebiet und vielleicht auch den Stickstoffverbindungen der Niederschlagswässer (PENNAK 1958).

Die Phosphatkonzentrationen liegen immer unter der unteren Erfassungsgrenze der verwendeten Methode (0,004 mg  $\text{PO}_4\text{-P/l}$ ). Die Sauerstoffsättigung ist bis zum Seegrund hundertprozentig. Der Chemismus des Grünen Sees entspricht durchaus dem Bild eines normalen Kalkgewässers.

### 3. Hydrographie und Geologie

Der See besitzt ausschließlich sublacustrische Zu- und Abflüsse. Die Quellen liegen an der Seenordseite und sind meist als Helokrene ausgebildet. An der Südseite liegen die Schwinden, die jedoch nie als deutlich erkennbare Ponore auftreten. Zu Zeiten steiler Pegelanstiege können die Schwinden auch als Quellen funktionieren. Der jahreszeitliche Verlauf der Pegelkurve ist äußerst charakteristisch: ein winterliches Minimum, ein kurzes Maximum im Frühjahr (Schneesmelze), Mittelwasserstand im Sommer. Diese typische asymmetrische, eingipfelige Pegelkurve wird von den Niederschlagsmengen nur unbedeutend beeinflusst, aber nie in ihrem typischen Verlauf wesentlich abgeändert (ZÖTL 1961). So ist z. B. das Maximum des Jahres 1960 infolge der geringen Schneefälle nur schwach ausgebildet (Abb. 2). Die Begründung dieses Phänomens liegt (1) im Anfall großer Wassermassen im Frühjahr, (2) im geologischen Bau des Terrains und (3) in der verschiedenen Wasserwegigkeit der Baustoffe (ZÖTL 1961). Das Einzugsgebiet (oberflächlich nicht abgegrenzt) wird überwiegend aus stark verkarstetem, wasserdurchlässigem Wettersteinkalk und Dolomit aufgebaut. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Entwässerung des Gebietes ist „eine von WSW nach ONO durchziehende Antiklinale, in deren Kern Werfener Schiefer aufsteht“ (ZÖTL 1961). Damit senken sich die wasserundurchlässigen Schichten in ungefährender Nordsüdrichtung.

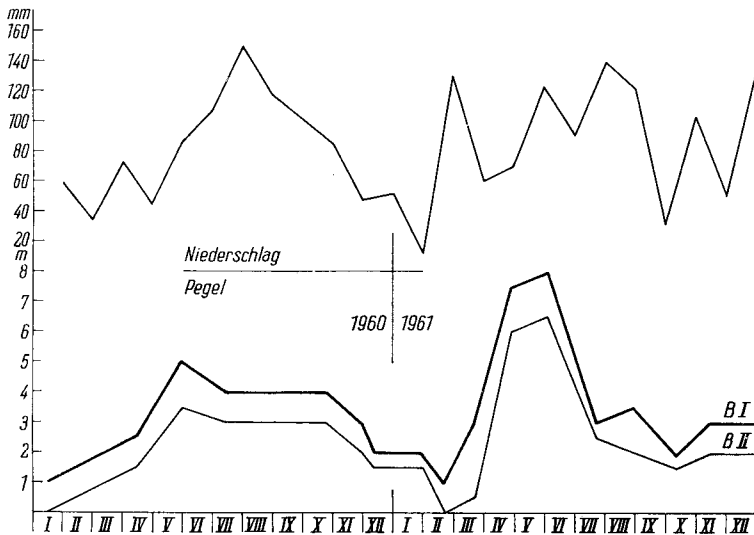


Abb. 2. Niederschlags- und Pegelkurve des Grünen Sees.

Im einzelnen hat man sich die Entstehung der Pegelkurve wie folgt vorzustellen: die im Frühjahr anfallenden Schmelzwässer dringen rasch in den Kalk ein, füllen das cavernicole System auf und fließen entlang der Werfener Schiefer nach Süden. Die die südliche Begrenzung des Sees bildende jungseiszeitliche Endmoräne bewirkt durch ihre geringere Wasserwegigkeit einen Rückstau des Grundwasserstromes, wodurch der Grundwasserspiegel im Bereich des Grünen See gewaltig angehoben wird. Zu dieser Zeit tritt das Wasser mit großem Druck aus den Quellen aus: zwei Meter unter dem Seespiegel liegende Quellen rufen noch ein Wallen der Oberfläche hervor, Rasenziegel werden abgehoben, und am Ufer liegende Quellen können bis zu 20 cm hohe Fontänen aufwerfen. Wird die Grundwasserführung kleiner als die Wasserwegigkeit der als Stau wirkenden Moräne, beginnt der Seespiegel bis zum sommerlichen Mittelwasserstand rasch zu sinken. Das verbleibende Restwasser fließt im Verlauf des Sommers und Herbstes mit niederschlagsbedingten Schwankungen ab. In extrem niederschlagsarmen Jahren kann das Seebecken im Winter völlig trocken sein. In der Regel ist das Westbecken im Winter etwa bis zur 7 m-Isobathe wassererfüllt.

Über Größe und Ausdehnung des Einzugsgebietes läßt sich nichts aussagen, wohl aber über die Richtung der Grundwasserströme. Die signifikanten Unterschiede im Chemismus der beiden Seebecken weisen auf getrennte Einzugsgebiete hin. Der Gipsgehalt des Westbeckens ist dabei ein natürlicher Indikator, da der Gips von dem in der Jassing gelegenen Haselgebirgsstock kommt (Abb. 3). Das Ostbecken dürfte auf Grund topographischer Überlegungen aus dem Gebiet der Klausen bewässert werden (Abb. 3; s. auch ZÖTL 1961). Wie schon ausgeführt, nimmt die Gipskonzentration während steiler Pegelanstiege im Westbecken ab, im Ostbecken zu (Abb. 4). Das bedeutet, daß Wasser aus dem West- in das Ostbecken gelangt. Dies ist aber aus morphometrischen Gründen (Abb. 1) im Seebecken selbst nicht mehr möglich: der Einbruch in das Einzugsgebiet des

Tabelle 2. Grüner See. Chemische Analysen. BI: Westbecken, BII: Ostbecken, E: Erdalkali

Datum	BI	BII	T	A	E	SO <sub>4</sub> '	Ca	Mg	LF	KLF	RLF	SiO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> -N	pH
20. VII. 60	BI	8,24	2,499	3,547	1,049	2,964	0,628	—	—	—	—	—	—	7,34
	BII	11,81	2,64	3,117	0,477	2,514	0,559	—	—	—	—	—	—	7,22
8. VIII. 60	BI	9,17	2,400	4,015	1,615	3,096	0,908	—	—	—	—	1,46	0,40	7,43
	BII	11,8	2,510	3,037	0,527	2,642	0,900	—	—	—	—	0,71	0,59	7,54
25. X. 60	BI	6,7	2,315	3,09	0,775	2,48	0,61	—	—	—	—	2,4	0,38	7,53
	BII	7,2	2,497	2,76	0,263	2,105	0,655	—	—	—	—	1,5	0,49	7,68
1. XII. 60	BI	4,5	2,221	3,40	1,179	2,61	0,79	—	—	—	—	—	0,80	7,83
	BII	5,1	2,583	2,87	0,287	2,19	0,68	—	—	—	—	—	0,80	7,84
13. XII. 60	BI	7,2	2,47	3,34	0,87	2,60	0,74	292	179	113	—	—	0,40	7,75
	BII	4,2	2,59	2,97	0,38	2,12	0,786	234	208	26	—	—	0,50	7,76
31. I. 61	BI	1,17	2,057	3,335	1,278	2,50	0,83	—	—	—	—	1,02	0,52	7,63
	BII	6,6	2,82	2,91	0,09	2,13	0,78	—	—	—	—	0,80	0,83	7,65
22. II. 61	BI	3,5	1,276	2,836	1,56	2,36	0,48	200	111	89	—	0,72	—	7,55
	BII	4,75	1,91	2,27	0,36	1,86	0,41	178	155	23	—	1,10	—	7,67
21. III. 61	BI	5,02	2,016	3,57	1,55	2,88	0,69	273	163	110	—	0,83	0,23	7,48
	BII	6,45	2,31	2,65	0,14	2,13	0,52	215	187	28	—	0,85	0,35	7,43
27. IV. 61	BI	7,2	2,31	3,44	1,13	2,80	0,64	273	187	86	—	—	0,41	7,78
	BII	7,53	2,42	3,342	0,92	2,677	0,665	270	196	74	—	—	0,50	7,76
2. VI. 61	BI	9,48	2,42	3,51	1,01	2,79	0,72	270	196	74	—	—	0,55	7,22
	BII	9,6	2,648	3,362	0,71	2,654	0,708	262	212	50	—	—	0,69	7,17
10. VII. 61	BI	8,48	2,365	3,625	1,26	2,878	0,747	284	191	93	—	—	0,53	7,63
	BII	10,62	2,487	3,07	0,585	2,507	0,563	248	201	47	—	—	0,60	7,69
30. VIII. 61	BI	9,22	2,312	3,505	1,19	2,92	0,58	—	—	—	—	1,12	0,40	7,59
	BII	11,73	2,485	3,07	0,58	2,67	0,40	—	—	—	—	0,80	0,32	7,64
11. X. 61	BI	7,1	1,96	3,71	1,75	3,27	0,44	298	162	136	—	2,60	0,58	7,69
	BII	8,8	2,17	3,24	1,07	2,62	0,61	238	176	62	—	0,93	0,53	7,75
15. XII. 61	BI	3,4	2,35	3,48	1,13	2,95	0,532	258	190	68	—	0,90	—	7,71
	BII	2,1	2,42	2,82	0,47	2,48	0,35	204	195	9	—	0,60	—	7,87
30. I. 61	BI	5,7	2,52	4,12	1,60	3,64	0,48	297	204	93	—	1,00	0,60	7,79
	BII	1,7	2,56	3,28	0,72	2,80	0,48	223	207	16	—	0,80	1,20	7,85
		C°	mval	mval	mval	mval	mval	K <sub>18</sub> · 10 <sup>-6</sup>	mg/l	mg/l	mg/l			

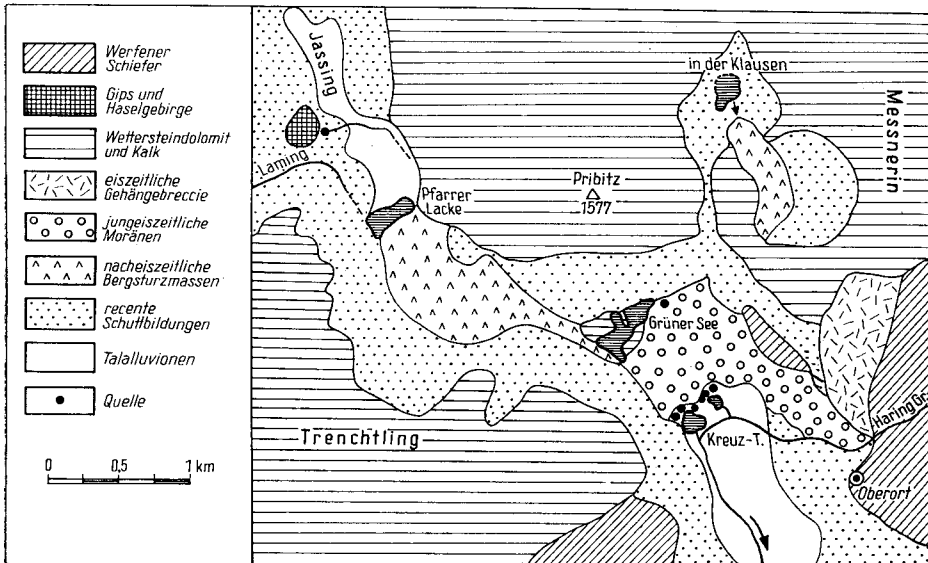


Abb. 3. Geologische Karte (südl. Hochschwabgebiet) nach ZÖTL (1961).

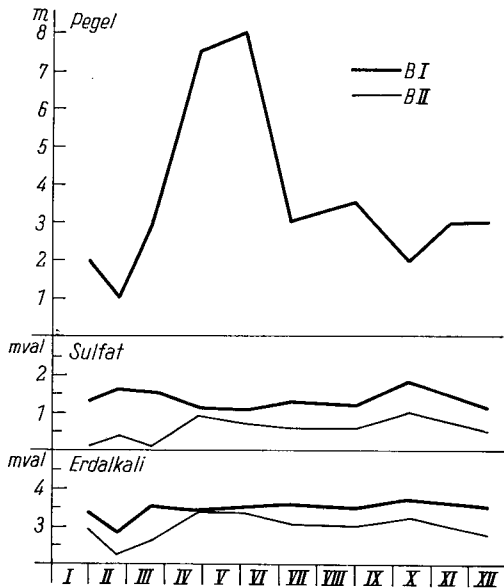


Abb. 4. Grüner See. Pegelgang und Elektrolytgehalt.

Ostbeckens muß bereits im Grundwasserbereich stattgefunden haben. Die Schwelle, die die beiden Grundwasserströme trennt, dürfte im Gebiet des Grünen Sees bereits so niedrig sein, daß sie von dem aus dem Jassingtal kommenden Grundwasserstrom zu Zeiten hoher Wasserführung überspült wird. Die während dieser Zeit auftretende Konzentrationserniedrigung im Westbecken erklärt sich zwangslos mit dem lokal begrenzten Vorkommen gipsführender Schichten: der gipshaltige Grundwasseranteil nimmt in seiner Wasserführung weniger stark zu als die reinen Kalkgrundwässer.

#### 4. Strömung

Die Lage der Quellen und Ponore an den gegenüberliegenden Längsufern, die geringe Tiefe und die großen Pegelamplituden lassen eine Strömung ungefähr normal zur Seelängsachse erwarten. So errechnet sich für den Zeitraum vom 2. 6. bis 22. 7. 1961 (50 Tage) ein Wasserverlust von 229000 m<sup>3</sup>. Daraus ergibt sich für den maximalen Seelängsschnitt, unter Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Schwiden am Südufer, eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 cm/min. Messungen mit Triftkörpern (überkreuzte Rechtecke, 20·80 cm, Plastik), die in verschiedenen Tiefen und an verschiedenen Stellen jeweils eine Stunde exponiert wurden, ergaben Strömungsgeschwindigkeiten von 2–5 cm/min. Im Zusammenhang mit dem Pegelgang, der unterschiedlichen Quellschüttung und dem Abflußregime dürften sich auch die Strömungsverhältnisse ändern, was jedoch nicht näher verfolgt wurde. Das Fehlen von Plankton, der Wärmehaushalt und die hohen Nitratkonzentrationen zeigen aber deutlich, daß im See immer eine das limnische Geschehen beeinflussende Strömung herrscht.

#### 5. Wärmehaushalt

Aus den in Abb. 5 zusammengefaßten Vertikalprofilen ist ersichtlich, daß der See nie stabil geschichtet ist. Es kommt nur zur vorübergehenden Erwärmung (Maximum 14,5 °C) der oberen 1 bis höchstens 2 Meter. Darunter entfernen sich die Temperaturen nie weit (Westbecken: 1 °C) von der Quelltemperatur (7 °C). Das Ostbecken ist etwas wärmer (0,5 bis 4 °C), auch kommt es zu einer stärkeren Erwärmung der tieferen Schichten. Es dürfte dies mit einer schwächeren Durchströmung zusammenhängen.

#### 6. Strahlung

Wie schon der Name des Sees ausdrückt, ist die Färbung eine seiner charakteristischsten Eigenschaften. Dabei ist die auffallend leuchtend blaugrüne Farbe auf das Westbecken beschränkt; das Ostbecken zeigt eine normale stumpfgrüne Färbung.

Die Transparenz-Messungen erfolgten mit einer Selen-Photo-Zelle. Als Anzeigergerät wurde ein Lange-Mikroampermeter verwendet. Zur spektralen Zerlegung der Strahlen wurden Absorptionsfilter vorgeschaltet (Schott & Gen. Mainz, BG 12, BG 7, VG 9, RG 2). Bei den üblichen vertikalen Transparenzmessungen wurde in allen Spektralbereichen für die erste Meterschicht eine um ungefähr 10–20% geringere Transmission als in den folgenden Meterschichten gefunden (Tab. 3). Die Ursache ist in der Spiegelung des Untergrundes an der Wasseroberfläche zu suchen. Es wurde in der Folge versucht, diese Reflexstrahlung auszuschalten. Dazu wurde die einfallende Strahlung in ein horizontal aufge-



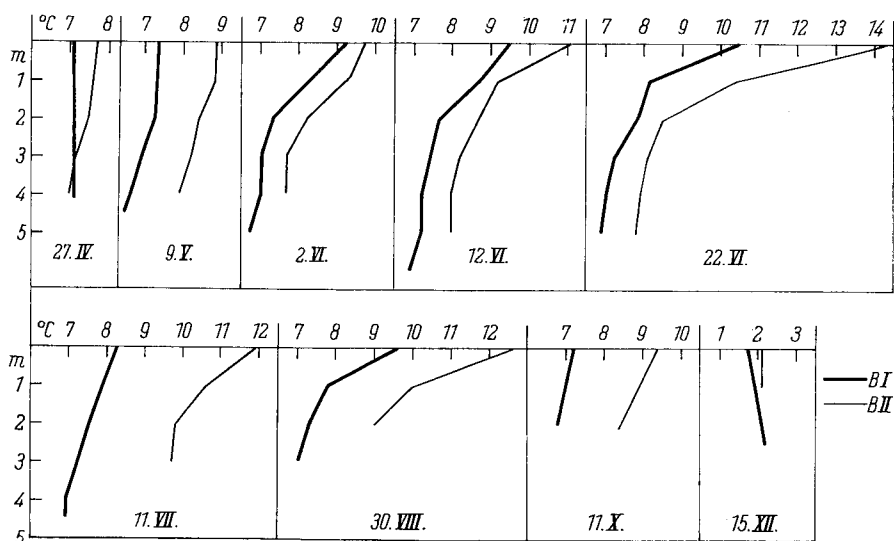


Abb. 5. Temperaturvertikalserien im Grünen See.

hängtes, 10 m langes, meterweise zerlegbares und innen geschwärztes Rohr gespiegelt. Infolge der großen Intensitätsverluste (als Anzeigegerät wurde bei diesen Messungen ein Spiegelgalvanometer verwendet) und anderer technischer Schwierigkeiten können die dabei gewonnenen Werte nur als grobe Näherung gelten.

Auf Grund der in Tabelle 3 zusammengestellten Daten läßt sich über das Zustandekommen der Farbe im Westbecken folgende Vorstellung entwickeln: infolge der farbselektiven Transmission der Wassersäule herrschen in der auf die Schlammoberfläche auftreffenden Strahlung die Blau- und Grünkomponenten vor. Die Reflexion an der Schlammoberfläche (ungefähr 20% der auftreffenden Strahlung) ist ihrerseits farbselektiv: Wie Abb. 6 zeigt, wird der langwellige Teil des Spektrums bevorzugt reflektiert. Beim abermaligen Durchgang durch die Wassersäule kommt es wieder zur gegenteiligen Verschiebung. Das — den Farbeindruck vermittelnde — austretende Unterlicht muß daher sehr stark sein (große Transmission im Wasser und Reflexion an der Schlammoberfläche) und ein Maximum im Blaugrünen haben. Das gemessene Unterlicht (Tab. 3, Abb. 7) entspricht genau diesem Bild.

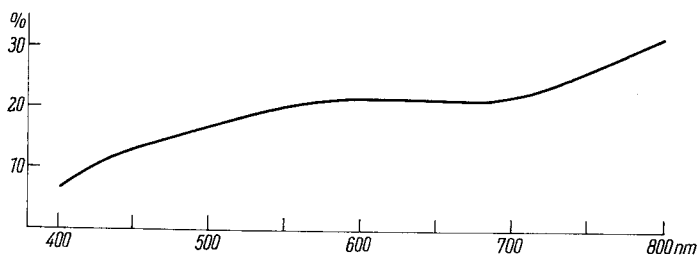


Abb. 6. Schlammreflexionskurve im Grünen See.

Tabelle 3. Optische Eigenschaften des Grünen Sees. Alle Werte sind aus mindest 10 Messungen gemittelt und auf bedeckten Himmel bezogen

Filter Seebecken	BG 12		BG 7		VG 9		RG 2	
	West	Ost	West	Ost	West	Ost	West	Ost
Transmission								
0—1 m	71	65	73	80	77	86	43	37
1—2 m	88	87	83	93	93	98	56	63
2—3 m	94	89	110	91	98	97	72	79
3—4 m	100	—	—	—	97	93	77	70
Unterlicht in % vom Oberlicht	4	—	11	0,5	9,5	1	—	—
ungef. Transmission bei Ausschaltung der Boden- reflexion	90	—	—	—	80	—	30	—

Im stumpf-grün gefärbten Ostbecken kommt der Farbeindruck prinzipiell auf dem gleichen Wege zustande. Im Gegensatz zum Westbecken (weißer Schlamm Boden) wird hier die reflektierende Bodenschicht von einem dichten *Cinclidotus*-Rasen gebildet. Dieser reflektiert weniger und entsprechend seiner gelbgrünen Farbe stärker farbselektiv. Die Unterlichtkurve in Abb. 7 bringt dies deutlich zum Ausdruck. Die Farbe des Grünen Sees hängt also von den Strahlungseigenschaften des Seewassers, von den Reflexionseigenschaften des Untergrundes und von der Seetiefe ab. Wäre der See tiefer als die maximale Sichttiefe, d. h. würde die Bodenreflexion ausgeschaltet werden, so wäre er entsprechend der Transmissionseigenschaften seines Wassers blau gefärbt.

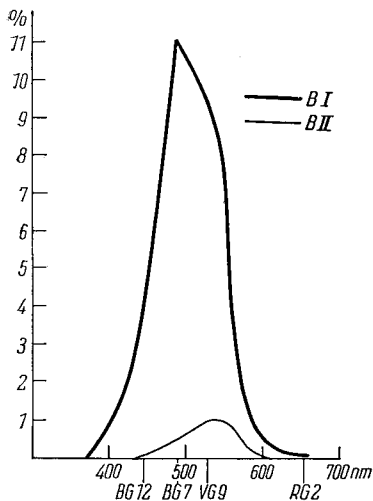


Abb. 7. Unterlichtkurve im Grünen See.

#### 7. Bodenausbildung und Beschreibung der einzelnen Probenstellen

Der Seegrund wird im Westbecken von weißlichen Kalkschlämmen und Sanden gebildet. Die Halde besteht basal aus groben Blöcken; nach oben schließt sich Schotter an, der gegen den Beckenrand feinkörniger wird.

Der Bewuchs beschränkt sich auf eine schütterere Grasnarbe am Beckenrand (submers zu Zeiten höherer Wasserführung), kleinere Fadenalgenkolonien (*Mougeotia*- und *Spirogyra*-Arten) am Seegrund und auf krustenbildende Algen an größeren Steinen. In den Bodenschlämmen beider Becken entwickelt sich eine reiche Diatomeenflora. Im hinteren Bereich der Pumpwerkbucht kann der dort vorhandene detritusreiche Schlamm zeitweise stärker veralgelt sein. In den flacheren

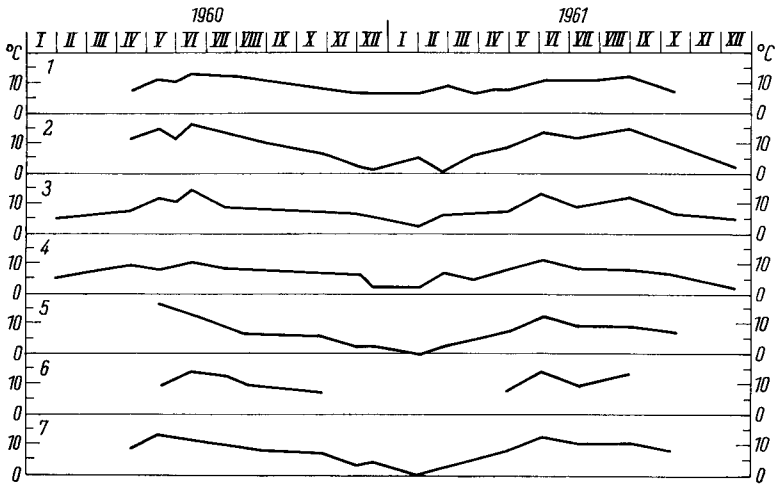


Abb. 8. Litoraltemperaturen im Grünen See.

1 Gegenüber Fels; 2 Erste Bucht; 3 Pumpwerkbucht; 4 Tiefste Stelle; 5 Große-Quellen-Bucht; 6 Ausrinnbucht; 7 Erstes Eck.

Bereichen des Westufers zeigt der Seeboden eine auffallende, regelmäßige Karomusterung. Dieses Phänomen wurde von CONRAD (1933) als „Steinkreise“ beschrieben.

Auch im Ostbecken wird der Grund von Kalkschlämmen gebildet, die Halden von Kalkschotter. Im Unterschied zum Westbecken findet sich hier ein dichter, fast lückenloser *Cinclidotus*-Rasen (*C. fontinaloides* (HEDW.) BEAUV.; det. BUSCHMANN). Die Beckenränder weisen wie im Westbecken eine Grasnarbe auf.

An Hand der Vorproben aus dem Jahre 1959 wurden charakteristische Stellen der Uferregion ausgewählt, wo in der Folgezeit die biologischen und chemischen Proben entnommen wurden (Abb. 1; Temperaturen s. Abb. 8 und Tab. 4). Obwohl im Litoral die Einstrahlung merkbarer ist, steigen auch hier die Temperaturen selten über  $15^{\circ}$ . Der Einfluß der Quellen auf die Temperaturen wird im Ostbecken deutlich: die Quellseite zeigt eine höhere Minimal- und Mittel-, aber niedrigere Maximaltemperatur. Für die Biotopecharakteristika s. Tab. 4.

## B. Biologie

Die Aufsammlungen wurden in den Jahren 1959 bis 1962 durchgeführt. Litoralproben wurden mit einem Handkäscher entnommen, indem eine ungefähr 10 m lange Strecke dreimal abgefischt wurde. Bodenproben wurden mit einem Ekman-Bodengreifer entnommen und an Ort und Stelle ausgesiebt. Mit Planktonnetzen (Müller-Gaze, Nr. 12 und 18) wurden in der Seemitte Horizontal und Vertikalzüge durchgeführt. Alle Proben wurden sofort mit Formaldehyd fixiert, im Labor sortiert und in Alkohol übergeführt.

### 1. Die Fauna des Grünen Sees

#### Hydrozoa

*Hydra vulgaris* (PALL.): Selten, im Ostbecken; durch Zoochlorellen grün gefärbt. Wie mir Prof. REISINGER mitteilte, können Hydren zeitweise dichte rote Rasen bilden, besonders im Bereich der Ausrinnbucht.

Tabelle 4. Charakteristika der einzelnen Probenstellen im Grünen See. BI: Westbecken, BII: Ostbecken, Ppwb.: Pumpwerkbucht, Gr.Qu.B.: Große Quellen Bucht, ARB: Ausrimmbucht, Geg.F.: Gegenüber Fels

Entnahmestelle	Mittlerer Böschungswinkel	Horizontale Versch. in Metern	Bodenausbildung	Fewuchs	Quellen	Ponore	Temp. Mittel	Temp. Max.	Temp. Min.
Ppwb	23°	15	In den oberen Zonen Schotter, in den unteren Schlamm, der verhältnismäßig reich an organischer Substanz ist	In den obersten Schichten eine schütterere Grasnarbe, darunter Aufwuchs und Fadenalgen (Conjugatae)	+	—	8	14,5	2,5
tiefste Stelle	10°	35	Charakteristische Zonierung: am Seeboden Kalkschlamm, darauf folgend große Felstrümmer und Schotter, letzterer nach oben hin immer kleiner werdend	Aufwuchsalgen und kümmerliche <i>Cinclidotus</i> -Bestände um die Quellaustritte	+	—	6,8	10,5	1,5
Gr. Qu. B.	2°	85	Sand und kleinkörniger Schotter	Gut ausgebildete Grasnarbe	+	—	7,4	16,5	2,5
ARB	19°	15	Große Steinblöcke und grober Schotter	Vereinzelte Grasbüschel	—	+	9,8	14	0,5
Erstes Eck	13°	30	In den oberen Zonen herrschen grobe Blöcke und Schotter vor, nach unten immer mehr Schlamm und Sand	In der Blockzone Aufwuchsalgen und um die Ponore schütterere <i>Cinclidotus</i> -Bestände. Im Schlamm Fadenalgeninseln	—	+	7,3	13	2,0
Geg. F.	17°	20	Die Böschung besteht aus grobem Schotter, der Seeboden aus Kalkschlamm	Dichter <i>Cinclidotus</i> -Bewuchs in den oberen Zonen eine Grasnarbe	+	—	9,7	13,8	7,0
1. Bucht	10°	35	In der oberen Zone Schotter und vereinzelt größere Felblöcke. Am Seeboden Schlamm und Sand	In der oberen Zone Grasnarbe, darunter <i>Cinclidotus</i> ; z. T. unbewachsene Stellen; Aufwuchsalgen	—	+	8,9	16,5	0,5
Ppwb. Mitte	0°	0	Schlamm. Schotter vereinzelt größere Steine	Inseln von Fadenalgen, vereinzelt <i>Cinclidotus</i>	—	—	6,5	8,2	4,8
BI Mitte Grund	0°	0	Kalkschlamm	Inseln von Fadenalgen, vereinzelt <i>Cinclidotus</i>	+	—	6,5	7,2	2,2
BII Mitte Grund	0°	0	Kalkschlamm	Dichter <i>Cinclidotus</i> -Bewuchs	—	—	7,9	9,8	2,1

## Turbellaria (det. E. REISINGER)

*Crenobia alpina* DANA. Häufig an den steinigen Ufern des Westbeckens. Im Ostbecken weniger zahlreich, aber auf größeren Steinen der Quellseite regelmäßig anzutreffen. In den *Cinclidotus*-Beständen des Ostbeckens entwickelt sich eine artenreiche Turbellarienfauuna. Es handelt sich dabei um

*Dalyellia ornata* (HOFSTEN)  
*Castrada neocomensis* (VOLZ.)  
*Tetracelis marmorosa* (MÜLL.)  
*Rhynchomesostoma rostratum* (MÜLL.)  
*Macrostomum tuba* (GRAFF)  
*Mesostoma lingua* (ABILDG.)  
*Gyatrix hermaphroditus* (MÜLL.)

Die Austrocknung wird im Eistadium und in Cysten überdauert. Da die Embryonalentwicklung von *M. lingua* und *T. marmorosa* an ein temporäres Trockenfallen des Eies gebunden ist, sind diese Arten als den vorliegenden Verhältnissen besonders gut angepaßt zu betrachten.

## Rotatoria

*Euchlanis parva* EHRBG. (det. A. RUTTNER-KOLLISKO, Lunz) kommt äußerst selten im Ostbecken und in der Pumpwerkbucht vor.

Mollusca (det. P. KAISER, Hamburg).

*Galba truncatula* O. F. MÜLLER 1774, vereinzelt im Ostbecken und in der Pumpwerkbucht; fast ausschließlich juv.

*Pisidium casertanum* f. *ovatum* (CLESSIN). Äußerst selten im detritusreichen Schlamm der Pumpwerkbucht.

## Clitellata

*Eisenia tetraedra* SAV. In den Bodenschlämmen beider Becken häufig. Daneben finden sich noch zahlreiche *Eiseniella*-Arten und Enchytraeiden (nicht näher untersucht).

## Cladocera

*Simocephalus vetulus* O. F. MÜLLER. Sehr häufig im Ostbecken, häufig in der Pumpwerkbucht, vereinzelt an den übrigen Probenstellen des Westbeckens. Die Entwicklung aus den Ephippien beginnt im April. Von Mai bis Dezember sind sie zahlreich, im Januar und Februar äußerst selten. Im März sind die Proben immer frei von *Simocephalus*. Ephippien werden in großen Mengen gebildet, im Ostbecken ab Anfang Juli, im Westbecken ab Oktober.

*Scapholeberis mucronata* O. F. MÜLLER, ist regelmäßig von Mai bis Oktober im Neuston des Ostbeckens und in der Pumpwerkbucht zu finden. Die Ephippienbildung beginnt Ende August. Entsprechend der Temperaturkonstanz des Milieus konnte keine Temporalvariation beobachtet werden.

*Chydorus sphaericus* O. F. MÜLLER, häufig im ganzen See, besonders dicht an den wenig bewachsenen Probenstellen des Westbeckens. Während des Häufigkeitsminimums im März und April fehlen sie in der Pumpwerkbucht und im Ostbecken. Ephippien wurden nicht gefunden. Die Tiere sind zu einem großen Teil mit einem Serumsporidium (det. J. VAVRA, Praha; systematische Zugehörigkeit unsicher, teils zu den Haplosporidien, teils zu den Chytridiaceae gestellt, briefl. Mitt. J. VAVRA) infiziert. Die Körper der Wirte sind oft durch die Infektion so stark aufgetrieben, daß die Schale dem Tier nur mehr wie ein Rucksack aufsitzt.

*Alona costata* G. O. SARS. Selten, von Juli bis Februar im ganzen See, im Mai und Juni nur im Ostbecken. Die Ephippienbildung beginnt Ende September. Keine Temporalvariation.

*Acroperus harpae* BAIRD. Von Mai bis Januar häufig im Ostbecken, im Westbecken selten ab Juli. Die Ehippianbildung beginnt im Ostbecken im September, im Westbecken im Oktober. Keine Temporalvariation.

#### Ostracoda (det. LÖFFLER, Wien)

*Cypria ophthalmica* (JURINE). Selten in der Pumpwerkbucht, in Einzelfunden an der tiefsten Stelle. Zeitlich auf das Winterhalbjahr beschränkt.

*Cypricercus affinis* (FISCHER). In beiden Becken selten und nur im Sommer.

*Cypridopsis subterranea* WOLF und

*Potamocypris wolffi* BREHM. Beide in Einzelfunden aus der Pumpwerkbucht. Aus dem Grundwasser ausgeschwemmte Exemplare.

*Candona candida* (O. F. MÜLLER). Äußerst selten an der tiefsten Stelle.

#### Copepoda

*Diaptomus bacillifer* KOELBL. In oder knapp über den *Cinclidotus*-Beständen. Sehr häufig im Ostbecken, vereinzelt in der Pumpwerkbucht. Die Entwicklung aus den Dauereiern beginnt Ende April. Von Juni bis Dezember ist die Populationsdichte groß, im Januar und Februar nur vereinzelt Tiere. Im Ostbecken kommt es in Zusammenhang mit den Pegelschwankungen zeitweise zu einer extremen Erhöhung der Populationsdichte.

*Cyclops serrulatus* FISCHER. Sehr häufig im ganzen See und das ganze Jahr über. Die Austrocknung wird einerseits durch Ausbildung von Schlammceysten, andererseits durch Ausweichen in die hyporheische Zone überstanden.

*Cyclops viridis* JURINE. Ähnliche Verteilung wie *C. serrulatus*, aber weniger zahlreich. Im Winter auch in der hyporheischen Zone.

*Cyclops fimbriatus* FISCHER. Von Dezember bis Februar im Westbecken. In einem nahen Quellaustritt ganzjährig.

*Canthocamptus staphylinus* JURINE. Häufig im Ostbecken und in der Pumpwerkbucht im Winter, vereinzelt im Sommer. Zu Zeiten höchsten Populationsdruckes (Januar, Februar) auch an den anderen Probenstellen des Westbeckens in einzelnen Exemplaren.

#### Amphipoda

*Niphargus ad tatrensis* WRZESNIEWSKI. Vereinzelt aus dem Grundwasser ausgeschwemmte Tiere. Da der See mit dem Vorfluter in keiner offenen Verbindung steht, fehlt *Gammarus* ganz.

#### Ephemeroptera

*Siphonurus aestivalis* EATON. Bedingt durch Größe und Häufigkeit das dominierende Faunenelement des Grünen Sees. Besiedelt den ganzen See, deutliche Dichtemaxima an bewachsenen Stellen. Auf die Larvalentwicklung wird im Kapitel 2 näher eingegangen.

*Cloeon dipterum* (L.). Nur in einzelnen Exemplaren.

*Centroptilum luteolum* (MÜLL.). In einzelnen Exemplaren.

*Baetis rhodani* (PICT.). In einzelnen Exemplaren. Bei den letztgenannten Baetiden-Arten dürfte es sich durchwegs um Irrgäste handeln, da sie alle in benachbarten Gewässern (zwei davon stehen bei Maximalwasserstand sogar mit dem See in Verbindung) zahlreich sind.

#### Plecoptera (det. J. ILLIES, Plön)

*Nemurella pictetii* KLAP. Sehr selten, vom Frühjahr bis Herbst im Ostbecken, im Winter auch in der hyporheischen Zone. Im Westbecken nur Einzelfunde.

#### Rhynchota

*Notonecta glauca* L. und

*Plea minutissima* F. Beide Arten einmal im Ostbecken gefunden.

*Gerris lacustris* L. Regelmäßig im Epineuston des Ostbeckens.

## Coleoptera (det. SCHAEFLEIN, Straubing)

*Hydroporus marginatus* DEITSCH. und

*Agabus solieri* AUBÉ. Beide Arten vereinzelt im ganzen See, *Agabus* regelmäßig in den Quellaustritten.

## Diptera

Dipterenlarven gehören neben Entomostraken und Ephemeropterenlarven zum häufigsten Netzinhalt. Es handelt sich dabei fast ausschließlich um die systematisch schwierigen Chironomiden. Die Larven konnten deshalb nur bis zur Unterfamilie bestimmt werden. Innerhalb derer wurden die Formen an Hand der Mundwerkzeuge, Antennen und Abdominalanhänge weiter unterschieden und mit Arbeitszeichnungen versehen. Junge Tiere wurden unter dem Sammelbegriff „Junglarven“ zusammengefaßt.

Tanypodinae A. Vereinzelt im ganzen See, von Ende September bis Anfang Februar.

*Procladius* — *Psilotanytus* sp. In den Wintermonaten selten im ganzen See. Im Sommer Einzelfunde.

*Dyscamptocladus* sp. Ein Fund im Westbecken.

*Paraphaenocladus* sp. Zwei Funde im Westbecken.

Orthoclaadiinae A. Sehr häufig im ganzen See. Dichtemaxima an bewachsenen Stellen. Sie sind das ganze Jahr zu finden, zeigen aber, besonders deutlich im Westbecken, ein sommerliches Häufigkeitsminimum. Im Winter auch in der hyporheischen Zone. In wochenlang trocken gelegtem *Cinclidotus* sind schon 30 Minuten nach dem Ansetzen mit Wasser 2 bis 4 mm lange Larven in großer Zahl aktiv. Orth. A scheint deshalb zur Cystenbildung befähigt zu sein.

Orthoclaadiinae B, selten im ganzen See, im Winter nur in der Pumpwerkbucht.

Orthoclaadiinae C, sehr selten, von Januar bis September im Ostbecken und in der Pumpwerkbucht.

Orthoclaadiinae D, zwei Funde aus der Pumpwerkbucht und aus dem Ostbecken.

Tanytarsini A. Sehr häufig im ganzen See, im Westbecken von Oktober bis April, in der Pumpwerkbucht einige Funde im Juli. Im Ostbecken ganzjährig mit einem Häufigkeitsminimum in der Zeit von April bis Juni.

Chironomiden-Puppen häufig im März und April, im Ostbecken vereinzelt Puppen auch im September. Junglarven von Mai bis Februar zahlreich im „Plankton“.

## Culicidae (det. PEUS, Berlin)

*Aedes pullatus* COQUILLET und

*Aedes cataphylla rostochiensis* MARTINI. Beide Arten im ganzen See, aber selten und in den drei Untersuchungsjahren immer nur in der ersten Junihälfte.

## Trichoptera (det. W. DÖHLER, Klängenberg)

Trichopterenlarven traten ab 1960 regelmäßig und häufig im Westbecken auf. 1959, im ersten Untersuchungsjahr, konnten weder im West- noch im Ostbecken Trichopteren gefunden werden; das Ostbecken blieb auch in der Folge frei. Dieses Fehlen der Larven im gut bewachsenen Ostbecken ist schwer verständlich, da im Westbecken Vegetationsinseln deutlich bevorzugt werden. Die am Ufer des Grünen See erbeuteten Imagines konnten eindeutig als *Acrophylax zerberus zerberus* BRAU., eine hochalpine Art, determiniert werden. Die Larven selbst konnten nicht bestimmt werden, es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß es sich um die — unbekannt — Larven dieser Art handelt.

Die Trichopteren erscheinen im See Anfang April als 2–3 mm lange Larven. Bereits Mitte Juni treten die ersten erwachsenen Larven (10 mm) auf. In der Folge nimmt die Larvendichte ab, und ab Mitte August fehlen sie wieder ganz (nur 1960 wurden Ende Oktober einige 3 mm lange Larven gefunden). Puppen konnten nicht nachgewiesen werden. Die Köcher sind in der für die Limnophiliden typischen Art ausgebildet: kleine Larven tragen Stein-, große Pflanzenköcher, der Übergang erfolgt bei einer mittleren Larvenlänge von 4,5 mm (Auswertung von 432 Larven aus 26 Proben). Sowohl der morphologische

Vergleich als auch die gleichmäßige Larvalentwicklung sprechen dafür, daß die Population aus einer Art besteht.

#### Pisces

Der Grüne See wurde bis in die Zeit nach dem ersten Weltkrieg mit *Salvelinus alpestris* L. und *S. trutta* L. fischereilich genutzt. Zur Erhaltung der Bestände mußte der See während des Winters künstlich bewässert werden. Aus wirtschaftlichen Gründen mußte die Befischung des Sees aufgegeben werden. Im Frühjahr 1961 wurden probeweise wieder Saiblinge eingesetzt, die bis zum Herbst gute Abwacherfolge brachten. Ansonsten war der See während der Untersuchungszeit fischfrei.

#### Amphibien

Sie fehlen im See vollkommen, obwohl die Nachbargewässer eine reiche Amphibienfauna aufweisen. Der Grund dafür dürfte in den ständig niedrigen Wassertemperaturen zu suchen sein.

#### Aves

Von den im Raum des Grünen Sees beobachteten Vögeln gehören infolge ihres Nahrungserwerbes zum biologischen Bild des Gewässers:

*Anas platyrhynchos* L.

*Cinclus cinclus* (BECHST.)

*Motacilla alba* L.

*Motacilla cinerea* TUNST.

### 2. Die Larvalentwicklung von *Siphonurus aestivalis* EATON

In letzter Zeit wurde die Larvalentwicklung verschiedener Ephemeropteren-Arten untersucht (MACAN 1957, 1960, 1961, PLESKOT 1958, 1961a, b, ILLIES 1959), wobei sehr komplizierte und äußerst unterschiedliche Verhältnisse aufgedeckt wurden. In diesem Zusammenhang ergab sich die Frage, wie die Larvalentwicklung von *S. aestivalis* abläuft und ob die besonderen hydrographischen Verhältnisse das Entwicklungsgeschehen merkbar beeinflussen. Die bei den Probeentnahmen in quantitativer Hinsicht auftretenden Fehler wurden einerseits durch ein großes Zahlenmaterial etwas ausgeglichen (9109 Tiere aus 122 Proben (1960—1961) wurden quantitativ ausgewertet; Vorproben aus dem Jahre 1959 wurden nur qualitativ verwertet), andererseits bei der Interpretation berücksichtigt. Vermessen wurden die Tiere in einer Meßkammer (BRETSCHKO 1965) auf  $\pm 0,5$  mm genau. Außerdem wurde der Reifegrad der Larven an Hand der Flügelscheidenentwicklung bestimmt (BRETSCHKO 1965, LUBBOCK 1865, PLESKOT 1958, 1961). Unterschieden wurden 6 Stadien, wobei sich der Begriff „Nympe“ auf bedeutend mehr Stadien erstreckt (PLESKOT 1958) als sonst in der deutschen Literatur üblich ist (WEBER 1933):

1., Larvulae: Keine äußeren Atmungsorgane (Neonatae), bzw. allmähliche Ausbildung der Kiemen (erste Häutungsstadien).

2., Larven i.e.S.: Voll ausgebildete Kiemen, keine Flügelscheiden bzw. nur mesothorakale Flügelscheidenknospen.

3., Junge Nymphen: Beide Flügelscheidenpaare in der Dorsalansicht sichtbar.

4., Halberwachsene Nymphen: Die mesothorakalen Flügelscheiden verdecken in der Dorsalansicht die metathorakalen und liegen ungefähr parallel zur Transversanebene.

5., Erwachsene Nymphen: Die mesothorakalen Flügelscheiden liegen lateral; dadurch werden in der Dorsalansicht die metathorakalen wieder sichtbar. Außerdem beginnen sich die Flügelscheiden zu füllen und werden im Querschnitt rund.

6., Schlüpfreife Nymphen: Flügelscheiden schwarz und mit dem fertig entwickelten Flügel prall gefüllt.



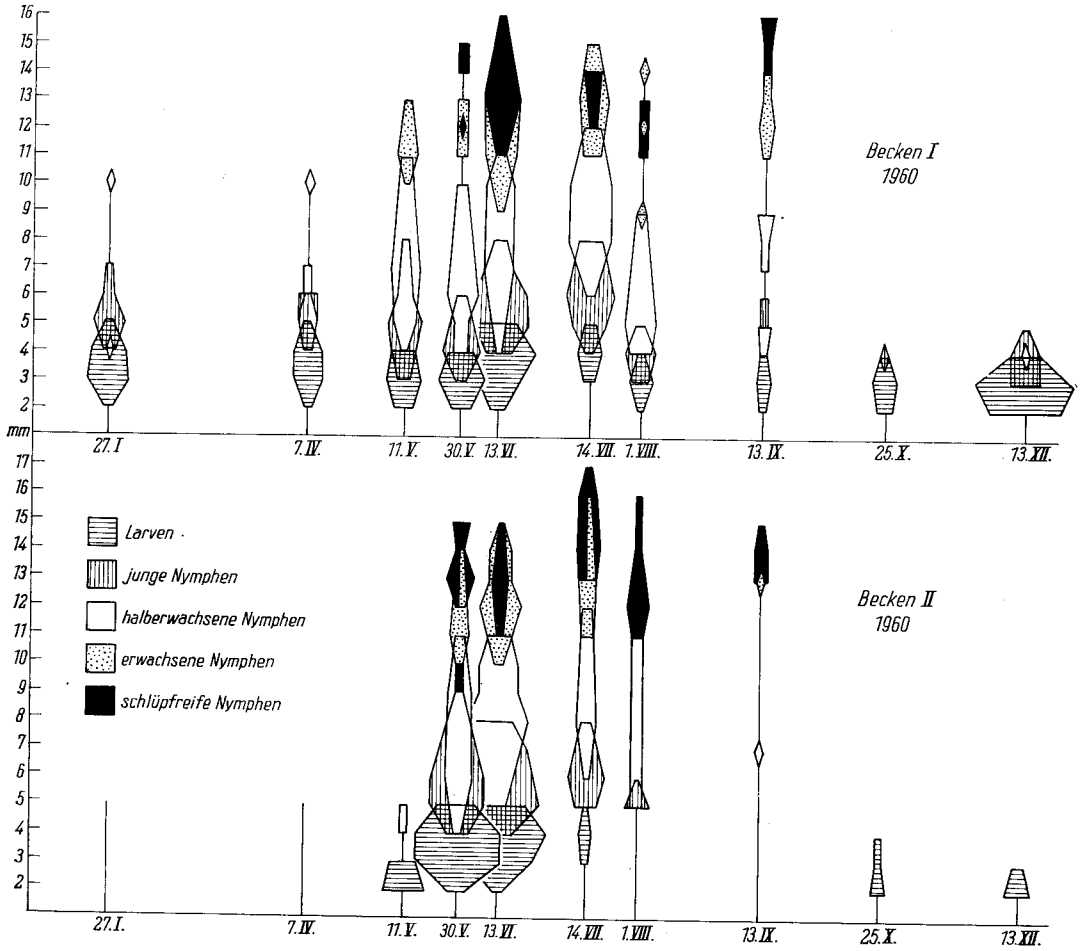


Abb. 9a. Larvalentwicklung von *Siphonurus aestivalis* im Grünen See. a 1960. — Abszisse — Zeit in Tagen, Ordinate — Länge der Tiere in mm. Breite der Figuren: Häufigkeit in Wurzelardstellung.

Im Herbst erscheinen die ersten Larven (die Abgrenzung aufeinanderfolgender Generationen ist am Larvenstadium nicht exakt durchführbar), im Dezember einige junge und halberwachsene Nymphen (Abb. 9). Während der Wintermonate erfolgt keine Weiterentwicklung und auch die Entwicklung Ei bis halberwachsene Nymphe ist im Normalfall nicht meßbar. In der zweiten Aprilhälfte beginnt die Weiterentwicklung, die bereits Ende Mai, Anfang Juni bis zu den ersten schlüpfreifen Nymphen vorgedrungen ist. Gleichzeitig vermehrt sich jedoch die Zahl der Larven, so daß in der ersten Junihälfte die maximale Dichte erreicht wird. In der Folge nimmt ihre Zahl rasch ab, und alle jüngeren Stadien entwickeln sich allmählich zu schlüpfreifen Nymphen und Imagines. Diese Vorgänge dauern bis Mitte September an. Da die Flugzeit durch das Auftreten schlüpfreifer Nymphen (PLESKOT 1958) bestimmt wird, erstreckt sich diese von Ende Mai bis Ende August oder Mitte September.

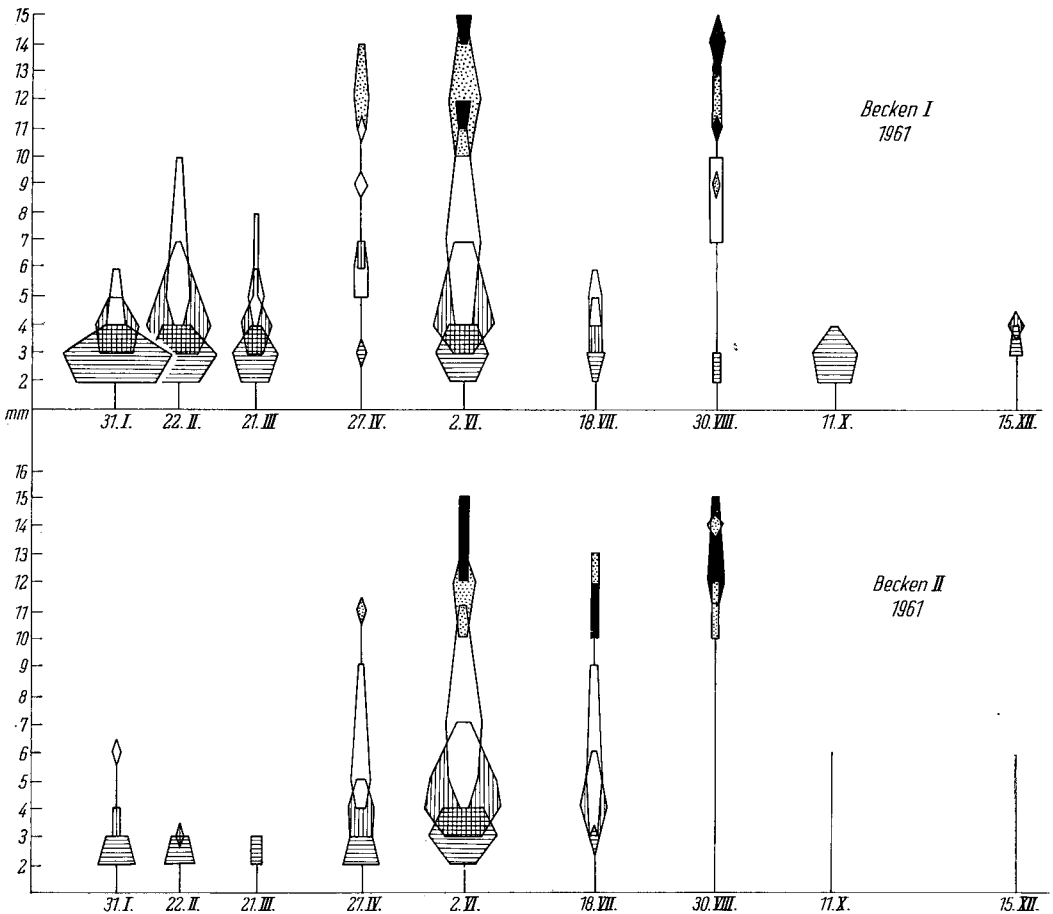


Abb. 9b. 1961. Erklärungen wie 9a.

Larvulae konnten nie im Lebensraum der höheren Stadien, d. h. in den substratnahen Wasserschichten, gefangen werden; vereinzelt wurden sie im freien Wasserkörper mit dem Planktonnetz gefangen, die äußerst geringe Zahl der dabei erbeuteten Tiere deutet jedoch darauf hin, daß auch dies nicht ihr normaler Aufenthaltsort ist. Es scheint sehr wahrscheinlich, daß sich die ersten Häutungsstadien im Grundwasserbereich oder in der hyporheischen Zone aufhalten, wie Beobachtungen anderer Autoren zeigen (MACAN 1957, PLESKOT mündl. Mitt., SCHWOERBEL 1961). Eigene Grabungen zeitigten kein Ergebnis.

Trotz der geringen Fängigkeit sind die Daten der Larvulae-Funde aufschlußreich: 1960 wurden am 11. V., 31. V., 13. VI. und 14. VII., 1961 am 27. IV. und 2. VI. Larvulae gefangen. Die Fänge vom 11. V. 1960 und 27. IV. 1961 liegen deutlich vor der Flugzeit, d. h., es handelt sich dabei um Nachkommen der Imagines des Vorjahres. Es müssen sich daher entweder die Larvulae nicht weiterentwickelt haben, oder das Schlüpfen aus dem Ei wurde bis zu einem

halben Jahr hinausgezögert. Welche der beiden Begründungen im gegebenen Fall die richtige ist, läßt sich aus den Beobachtungen nicht entscheiden. Die Erfahrungen anderer Autoren (ILLIES 1959, MACAN 1957 — er bezeichnet das Auftreten einer Schlüpfverzögerung als „to be rather common“ — PLESKOT 1958, 1961) zeigen jedoch, daß die Schlüpfverzögerung gegenüber einer Larvula-Diapause eine weitaus größere Wahrscheinlichkeit besitzt.

Unter Vernachlässigung einer eventuellen Larvula-Diapause läßt sich die Schlüpfkurve rekonstruieren: Abb. 10 (voll ausgezogene Linie; die von ILLIES (1959) an *Baetis*-Gelegen experimentell gefundene Schlüpfkurve dünn). Die gute Übereinstimmung der beiden Kurven kann abermals als Beweis für eine Schlüpfverzögerung bei *S. aestivalis* gelten.

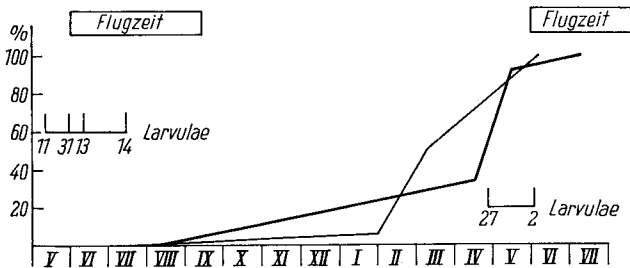


Abb. 10. Schlüpfkurven. Volle Linie: *Siphonurus aestivalis* im Grünen See; rekonstruiert. Dünne Linie: *Baetis* sp. nach ILLIES (1959).

Der oben geschilderte Entwicklungsablauf kann nach den bisherigen Erfahrungen als der Normalfall gelten. Die Generation 1960/61 zeigte jedoch weitgehende Abweichungen dadurch, daß die Populationsdichte im Dezember zuzunehmen begann und im Februar extreme Werte erreichte (Abb. 11). Diese Dichte ist nicht mehr allein durch „Eindickungserscheinungen“ (Minimalwasserstand, Abb. 2) zu erklären, zumal in den anderen Untersuchungsjahren nichts derartiges beobachtet werden konnte. Die einzige Erklärungsmöglichkeit ist in einer anormal hohen Schlüpfintensität zu suchen.

Qualitativ blieb das Entwicklungsbild unverändert, d. h. ein großer Teil der Larven häutete sich zu jungen Nymphen, ein kleiner Teil davon zu halberwachsenen Nymphen (Abb. 9). In der ersten Märzhälfte nahm mit steigendem Pegel die Populationsdichte sehr rasch ab (Abb. 11). Im April konnten trotz intensiver Suche, wobei auch der Seegrund miteinbezogen wurde (Dredge), nur einige Larven und Nymphen erbeutet werden. Da auch während der darauffolgenden Flugzeit die Population kleiner war als im Vorjahr, muß angenommen werden, daß der größte Teil der Population zugrunde gegangen war, ohne die Entwicklung zu vollenden. Eine ausreichende Erklärung für diese Erscheinung konnte nicht gefunden werden.

Die Bestimmung der Entwicklungsintensität ist exakt nur im Versuch möglich, besonders beim Auftreten einer Schlüpfverzögerung. Die angestellten Untersuchungen geben nur ein ungefähres Bild des sicher sehr komplexen Geschehens: während der Herbst- und Wintermonate ist die Gesamtpopulation — langsam. Für das Einzelindividuum kann dabei nichts ausgesagt werden, doch dürfte auch hier die Entwicklung träge ablaufen, wie orientierende Labor-

Tabelle 5. *Siphonurus aestivalis*. Längen (in mm) der schlüpfreifen Nymphen. Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Ostbecken

9	10	11	12	13	14	15	16	17	Datum
—	—	—	1	—	1	1	—	—	11. V. 1960
—	—	—	1	—	—	—	—	—	31. V.
—(1)	—(1)	2	17(4)	21(15)	13(2)	3(3)	2	—	13. VI.
—	—	(3)	1(5)	6(7)	7(18)	(9)	(8)	(2)	14. VII.
—	—	2(4)	1(3)	1(3)	(2)	(1)	(1)	—	1. VIII.
—	—	2	3	2(3)	2(3)	1(1)	3	—	13. IX.
—	—	1	3(3)	(4)	2(6)	3(2)	—	—	2. VI. 1961
—	(1)	(1)	(1)	—	—	—	—	—	18. VII.
—	—	2(1)	(5)	1(1)	5(1)	1(1)	—	—	30. VIII.

versuche zeigten. Halberwachsene Nymphen treten während dieser Zeit in eine Diapause ein. Im Frühjahr und Sommer ist das Wachstum sowohl der ganzen Population (Abb. 9), als auch der Einzelindividuen schnell. Zu dieser Zeit durchgeführte Käfigversuche ergaben, daß sich aus maximal 6 mm langen Larven und Nymphen in 10 Tagen 14 mm lange erwachsene Nymphen entwickeln können; das entspricht einer Längenzunahme von rund 20% pro Tag.

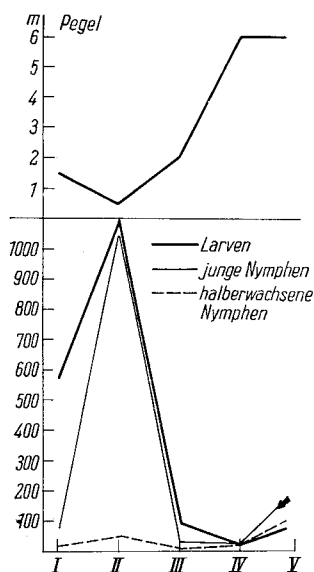


Abb. 11. *Siphonurus aestivalis*, 1961. Ordinate: Zahl der gefangenen Larven.

Bei bivoltinen Arten wurde beobachtet (MACAN 1957, PLESKOT 1958), daß die kurze Sommergeneration um bis zu 50% kleinere Imagines liefert. Bei *S. aestivalis* konnte zwar nur eine Generation nachgewiesen werden, infolge der Schlüpfverzögerung ist der Entwicklungsmodus der Population aber sehr unterschiedlich. Als Extreme können gelten: (a) Ei — Schlüpfen nach wenigen Wochen — Winterdiapause als halberwachsene Nymphe — rasche Entwicklung bis zur Imago; (b) Ei — Eidiapause bis zum Ende des darauffolgenden Frühjahrs — rasche Entwicklung bis zur Imago. Man könnte deshalb hinter der großen Streubreite der schlüpfreifen Nymphen (Tab. 5) eine Auswirkung der verschiedenen Entwicklungsmodi vermuten. Weder der Ausfall eines großen Teiles der Population 1960/61, noch die hydrographischen Unterschiede zwischen den beiden Becken (im Ostbecken bleiben nur ganz kleine Wasseransammlungen, die ihrerseits nicht perennierend sein müssen, so daß hier die Nymphendiapause sicher auf ein Minimum eingeschränkt ist) ergaben Hinweise auf diese Vermutung.

Innerhalb des Sees konnten keine Unterschiede im Entwicklungsablauf beobachtet werden. Die Probenstellen eines Beckens verhielten sich völlig synchron, die zeitlichen Verschiebungen zwischen den beiden Becken sind überraschend gering (Abb. 9). Es ist daraus zu schließen, daß im gegebenen Fall die einschneidenden hydrographischen Besonderheiten des Gewässers keinen Einfluß auf das Entwicklungsgeschehen haben.

## C. Auswertung der physiographischen und biologischen Beobachtungen

### 1. Plankton

Trotz genauer Untersuchung konnte weder Netz- noch Zentrifugenplankton nachgewiesen werden, was auf Grund der Strömungsverhältnisse zu erwarten war. Damit fällt ein wichtiges Glied der Primärproduktion aus. Da im Westbecken auch die Aufwuchspflanzen quantitativ spärlich sind, sind zumindest in diesem Seeteil die zahlenmäßig reich vertretenen Primärkonsumenten vor allem auf allochthones Material angewiesen.

### 2. Profundal

Da die obere Grenze des Profundals ungefähr mit der Lichtgrenze zusammenfällt (NAUMANN 1931, FINDENEGG 1955, BRUNDIN 1956) sind alle Teile des Grünen Sees dem Litoral zuzuordnen, zumal — als Folge des Pegelganges — fast alle Bodenzonen im Laufe des Jahres zum Eulitoral werden. Demzufolge ist auch die Fauna mit Ausnahme von *Pisidium casertanum* in allen Seetiefen mit der jeweiligen Litoralfauna identisch.

Die mikroskopische Untersuchung der Bodenschlämme erbrachte eine reiche Diatomeenflora, aber sehr wenig geformte organische Beimengungen. Berücksichtigt man, daß Bodenschlämme von weit über der Waldgrenze gelegenen Hochgebirgsseen überwiegend aus organischem Detritus bestehen (TURNOWSKY 1961) und der Grüne See allseits von Wald umgeben ist, so ist dieser Befund überraschend. Es ist zu vermuten, daß eingewehtes Material, noch ehe es sedimentiert, durch die rasche Wassererneuerung dem See wieder entzogen wird. Außerdem liegen während der niedrigen Wasserstände große Bodenbereiche trocken und werden — der See ist in seiner Längsachse stark windexponiert — während dieser Zeit ausgeblasen.

### 3. Die Verteilung der Fauna in Raum und Zeit

Im Grünen See wurden während der Untersuchungsperiode 51 Arten und Formen unterschieden. Zur Betrachtung der räumlichen Verteilung ist es zunächst notwendig, Irrgäste bzw. Arten, die nur in Einzelfunden vorliegen, auszuscheiden:

*Cypridopsis subterranea*,  
*Potamocypris wolfi* und  
*Niphargus ad tatrensis* (ausgeschwemmte Grundwassertiere),  
*Notonecta glauca*,  
*Plea minutissima*,  
*Dyscamptocladius* sp. und  
 Orthocladinae D (Einzelfunde).

Von den verbleibenden 44 Arten und Formen finden sich 29 in allen Seeteilen, 10 nur im Ostbecken und 5 nur im Westbecken. Rund  $\frac{2}{3}$  sind damit im ganzen See abundant. Ein besser entsprechendes Bild ergibt — im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten — die Dichteverteilung der einzelnen Arten bei Ausschluß der Fauna der Pumpwerkbucht (Teil des Westbeckens, Abb. 1). Tabelle 6

zeigt, daß nur 21 Arten annähernd gleichmäßig verteilt sind, 19 nur oder vorwiegend im Ostbecken und nur 4 Arten auf das Westbecken beschränkt sind. Bei Verwendung einer quantitativ besseren Methodik würde sich das Bild sicher noch mehr zu Gunsten des Ostbeckens verschieben. Aufschlußreich ist ein Vergleich der Faunenbilder der Pumpwerkbucht und der beiden Seeteile (Tab. 7). Der physiographisch ganz dem Westbecken entsprechende Seeteil stimmt nur in zwei Arten mit diesem überein. Mit 7 Arten stimmt die Pumpwerkbucht nur mit dem Ostbecken überein, mit 2 in quantitativer Hinsicht. Der diskutierte Seeteil ist also physiographisch dem Westbecken zuzuordnen, faunistisch dem Ostbecken. Diese Beobachtung erlaubt drei Schlußfolgerungen:

1. Zumindest die diskutierten Arten werden von den unterschiedlichen chemisch-physikalischen Parametern nicht beeinflusst.

Tabelle 6. Verteilung der einzelnen Arten im See (Erläuterungen im Text)

Gleichmäßige Verteilung	
<i>Crenobia alpina</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>Eisenia tetraedra</i>	<i>Hydroporus marginatus</i>
<i>Chydorus sphaericus</i>	<i>Agabus solieri</i>
<i>Alona costata</i>	Tanypodinae A
<i>Acroperus harpae</i>	<i>Procladius</i> — <i>Psilotanypus</i> sp.
<i>Cypricercus affinis</i>	Orthocladiinae A
<i>Cyclops serrulatus</i>	Orthocladiinae B
<i>Cyclops viridis</i>	Tanytarsini A
<i>Siphonurus aestivalis</i>	<i>Aedes pullatus</i>
<i>Cloeon dipterum</i>	<i>Aedes cataphylla rostochiensis</i>
<i>Centroptilum luteolum</i>	
	Nur im Westbecken
	<i>Cypria ophthalmica</i>
	<i>Candona candida</i>
	<i>Cyclops fimbriatus</i>
Nur im Ostbecken	Häufiger im Ostbecken
<i>Hydra vulgaris</i>	<i>Euchlanis parva</i>
<i>Dalyellia ornata</i>	<i>Galba truncatula</i>
<i>Castrada luteola</i>	<i>Simocephalus vetulus</i>
<i>Castrada neocomensis</i>	<i>Scapholeberis mucronata</i>
<i>Tetracelis marmorosa</i>	<i>Diaptomus bacillifer</i>
<i>Rhynchomesostoma rostratum</i>	<i>Canthocamptus staphylinus</i>
<i>Macrostomum tuba</i>	<i>Nemurella pictetii</i>
<i>Mesostoma lingua</i>	
<i>Gyratrix hermaphroditus</i>	
<i>Gerris lacustris</i>	
Orthocladiinae C	
Orthocladiinae D	

2. Das periodische Trockenfallen (in der Pumpwerkbucht bleiben wie im Westbecken im Winter normalerweise Restwasseransammlungen) hat keinen Einfluß auf die Verteilung der Arten im See.

3. Die Pumpwerkbucht unterscheidet sich vom Westbecken in der Dichte der Primärproduzenten und in der Menge sedimentierten allochthonen Materials

und nähert sich darin dem Ostbecken. Die unsymmetrische Faunenverteilung kann deshalb darauf zurückgeführt werden.

Für die auf das Westbecken und die Pumpwerkbucht beschränkten Arten müssen andere Ursachen geltend gemacht werden. Bei *Pisidium casertanum* f. *ovatum* — nur in der Pumpwerkbucht — kann der Substrateinfluß angeführt werden: nur in diesem Seeteil gibt es Stellen mit weichem, detritusreichem Schlamm. In Zusammenhang mit den auf das Westbecken beschränkten Arten können physikalisch-chemische und hydrographische Faktoren sowie interspezifische Konkurrenz in Erwägung gezogen werden. Da es sich jedoch um mehr oder weniger euryöke Formen handelt, ist eine Wirkung gerade dieser Faktoren wenig wahrscheinlich.

Zeitlich gesehen verändert sich das Faunenbild wenig entsprechend den — mit Ausnahme des Pegelganges — konstanten Miliefaktoren. Anklänge einer Succession bringen einige wenige zeitlich enger begrenzte Arten, wie z. B. *Cyclops jimbriatus* und Culiciden. Ansonsten sind (entsprechend der Entwicklungsabläufe der einzelnen Arten) nur quantitativ nicht sehr bedeutende Verschiebungen in der Zusammensetzung festzustellen.

Tabelle 7. Vergleich der Fauna der Pumpwerkbucht mit der der beiden Seebecken

( ) = selten; \* = sehr häufig; ohne Kennzeichen = häufig

Ostbecken	Pumpwerkbucht	Westbecken
( <i>Euchlanis parva</i> )	( <i>Euchlanis parva</i> )	—
<i>Galba truncatula</i>	<i>Galba truncatula</i>	—
—	<i>Pisidium casertanum</i>	—
* <i>Simocephalus vetulus</i>	<i>S. vetulus</i>	( <i>S. vetulus</i> )
* <i>Scapholeberis mucronata</i>	<i>S. mucronata</i>	—
—	<i>Cypria ophthalmica</i>	( <i>C. ophthalmica</i> )
* <i>Diaptomus bacillifer</i>	<i>D. bacillifer</i>	—
<i>Canth. staphylinus</i>	<i>C. staphylinus</i>	( <i>C. staphylinus</i> )
(Orthocladiinae C)	(Orthocladiinae C)	—
(Orthocladiinae D)	(Orthocladiinae D)	—
—	* <i>Trichoptera</i>	* <i>Trichoptera</i>

Interessant ist der Zeitpunkt der Ehippienbildung: alle Cladoceren bilden die Dauereier im Westbecken deutlich später als im Ostbecken. Während der Ehippienbildung im Ostbecken wird infolge des sinkenden Wasserstandes die Populationsdichte stark erhöht. Wie die chemischen Analysen zeigen, kommt es dadurch zu keiner Milieuschlechterung. Der auslösende Mechanismus für die Ehippienbildung kann daher mit großer Sicherheit im wachsenden Populationsdruck gesucht werden.

In einem Falle konnte auch eine deutliche zeitliche Verschiebung der Larvalentwicklung zwischen Populationen der beiden Seebecken beobachtet werden: Tanytarsini A tritt in bestimmbar Larvenstadien im Ostbecken ab Juni—Juli auf, im Westbecken erst ab September. Die Larven der Pumpwerkbucht verhalten sich im allgemeinen wie im Westbecken, jedoch sind bereits im August, zu einer Zeit, da im Westbecken noch keine Tanytarsini A nachweisbar sind, einige wenige Individuen in der Pumpwerkbucht zu finden. Diese Beobachtung läßt auf eine Beeinflussung durch das Nahrungsangebot schließen.

Die Faunenbilder der einzelnen Entnahmestellen entsprechen weitgehend der jeweiligen Beckencharakteristik. Eine gewisse Einschränkung gilt für das Ostbecken, wo die Fauna am Quellufer (Nordufer) quantitativ reicher ist als an den anderen Ufern. Eine entscheidende Rolle dürfte dabei die durch die Quellaustritte hervorgerufene Strömung spielen.

#### 4. Die Lebensbedingungen im Grünen See

Das biologische Milieu wird im wesentlichen von drei Parametern bestimmt: Temperatur, Strömung und Pegelgang. Die Temperatur zeigt eine auch im Litoral relativ geringe Jahresamplitude und liegt auf einem, im Verhältnis zur geographischen Lage niedrigem Niveau. Dadurch wird die Fauna auf euryöke und — bedingt durch die Temperaturkonstanz — kaltstenotherme Formen beschränkt. Die Strömung wirkt selektierend, da sie für rheophile Formen zu schwach, für eine Planktonausbildung zu stark ist. Auf die im See lebende Fauna wirkt die Strömung indirekt über die Erhaltung des Temperatur-, Gas- und Elektrolytmilieus und über die Nahrungskette: einmal über die Ausschaltung des Planktons, zum anderen durch Ausschwemmung allochthonen Materials.

Der Pegelgang selektiert Formen, welche periodisches Trockenfallen nicht überdauern können. Durch periodische Überschwemmung der Uferwiesen wirkt er sich durch Zuführung allochthonen Materials günstig für die adaptierten Formen aus.

Alle drei Parameter beeinflussen die Fauna des Sees indirekt durch Hintanhaltung von Nahrungskonkurrenten und Feinden. Entsprechend dieser extremen Faktorenkombination finden sich neben den vorherrschenden Ubiquisten ausgesprochen arktisch-hochalpine Formen:

*Castrada luteola*: extrem arktisch-hochalpin (LUTHER 1963, REISINGER 1955).

*Tetracelis marmorosa*: nordische Rasse (LUTHER 1963, REISINGER mündl. und 1955).

*Dalyellia ornata*: rein alpine Hochgebirgsart (REISINGER 1955).

*Acrophylax zerberus zerberus*: hochalpin (mündl. Mitt. DÖHLER).

Das Vorherrschen der Orthocladiinen (BRUNDIN 1956: „Die relative Artenzahl der Orthocladiinen spiegelt im allgemeinen die zunehmende Härte des arktischen Klimas sehr schön ab.“) und das völlige Fehlen der Chironomini deuten in die gleiche Richtung. Zusammenfassend läßt die Faunenzusammensetzung des Grünen Sees auf ein biologisches Milieu schließen, wie es ähnlich in arktischen und hochalpinen Gewässern verwirklicht ist.

#### 5. Gewässertyp

Nach dem durch den Pegelgang hervorgerufenen astatischen Charakter des Gewässers könnte man den Grünen See mit HALBFASS (zit. nach NAUMANN 1931) als Karstsee bezeichnen. Dem limnologischen Begriff „See“ steht jedoch das Fehlen einer thermischen Schichtung, das Fehlen des Profundals und Hypolimnions sowie die aperiodische Strömung entgegen. Es erscheint deshalb besser, nicht von einem See zu sprechen, sondern — in Analogie zu dem ganz ähnlichen Lunzer Mittersee (GÖTZINGER 1908, BREHM 1909, RUTTNER 1955) — von einer Limnokrene, die durch ihre Ausdehnung Seecharakter besitzt.



## D. Zusammenfassung

1. Der Grüne See gehört zu den größten Karstgewässern der Ostalpen und liegt in den südlichen Ausläufern des Hochschwabgebietes, 757 m ü.NN. Er gliedert sich in zwei, nur bei hohen Pegelständen kommunizierende Becken. Bei maximaler Wasserführung umfaßt er ein Oberflächenareal von 6,5 ha und hat eine maximale Tiefe von 8 m. Sein Volumen beträgt 276000 m<sup>3</sup>.

2. Chemisch entspricht der See einem normalen Kalkalpen-Gewässer. Hohe Nitratwerte sind ein Hinweis für die rasche Wassererneuerung. Unterschiede in der Sulfatkonzentration ermöglichen es, die beiden Becken verschiedenen Einzugsgebieten zuzuordnen. Jahreszeitliche Schwankungen im Sulfatgehalt erlauben Rückschlüsse auf den Entwässerungsmechanismus.

3. Die Wasserstandsschwankungen ergeben eine alljährlich wiederkehrende Pegelkurve: Im Winter Minimalwasserstand, im Extrem Null, im Juni ein Maximum, im Sommer einen mittleren Wasserstand. Dieser Kurvenverlauf wird von den Niederschlägen nur unbedeutend beeinflusst. Der konstante Pegelgang ist begründet in dem Anfall großer Wassermassen nach der Schneeschmelze und der Lage des Sees im geologischen System.

4. Die Lage der Quellen am Seenordufer und der Schwinden am Seesüdufer (der See hat weder oberflächige Zu- noch Abflüsse) sowie der Pegelgang lassen eine Strömung ungefähr normal zur Seelängsachse erwarten. Messungen mit Triftkörpern ergeben eine Strömungsgeschwindigkeit von 2–5 cm/min.

5. Die geringe Tiefe des Seebeckens und die rasche Wassererneuerung lassen nur eine Oberflächenschichtung entstehen. Ab 1–2 m Tiefe entfernt sich die Temperatur nie weit von der Quelltemperatur (7°).

6. Die leuchtend blaugüne, namengebende Farbe des Sees entsteht durch das Zusammenspiel der drei Faktoren: geringe Tiefe, hohe und farbselektive Transmission des Wassers und große und farbselektive Reflexion vom Untergrund. Die Eigenfarbe des Seewassers ist blau.

7. Der Grund des Sees ist von Kalkschlamm erfüllt, die Böschungen bestehen aus Schottermassen. Das Ostbecken ist von einem dichten Laubmoosrasen (*Cinclidotus fontinaloides*) bestanden, während das Westbecken mit Ausnahme kleiner Algenkolonien (*Conjugatae*, *Cyanophyceae*, *Diatomea*) unbewachsen ist. Die einzelnen Probenstellen werden beschrieben.

8. Die Fauna des Grünen Sees sowie ihre Abundanz in Raum und Zeit wird beschrieben. Quantitativ oder qualitativ bedeutsam sind Turbellarien, Cladoceren, Copepoden, Ephemeropteren, Dipteren und Trichopteren. Eine untergeordnete Rolle spielen Hydren, Mollusken, Ostrakoden, Amphipoden, Plecopteren, Rhynchoten und Coleopteren.

9. Da die Larvalentwicklung der Ephemeropteren als sehr variabel bekannt ist, wurde die im Grünen See häufige Ephemeroptere *Siphonurus aestivalis* im Hinblick auf die besonderen physiographischen Faktoren untersucht: sie ist univoltin und weist eine ausgeprägte winterliche Eidiapause auf. Physiographische Beeinflussungen konnten nicht nachgewiesen werden.

10. Auf Grund physiographischer Faktoren wie Strömung und Morphometrie gibt es im Grünen See weder Plankton noch Profundalfauna. Interessant ist die Armut der Bodenschlämme an geformten organischen Partikeln.

11. Die räumliche Verteilung der Fauna ist qualitativ und quantitativ mit der Verteilung der Primärproduzenten korreliert. In zeitlicher Hinsicht ergeben sich nur schwache Anklänge einer Succession. Mit sinkendem Wasserstand kommt es im Ostbecken zu einer Erhöhung des Populationsdruckes und damit — gegenüber dem Westbecken — zu einer vorzeitigen Auslösung der Ehippienbildung.

12. Temperatur, Strömung und Pegelgang bestimmen und formen das Faunenbild des Grünen Sees. Neben euryöken Ubiquisten findet sich eine Reihe arktisch-hochalpiner Arten. Das Chironomiden-Spektrum ist durch das Vorherrschen der Orthocladinen und das völlige Fehlen der Chironomini geprägt. Das ganze Faunenbild läßt auf ein biologisches Milieu schließen, wie es ähnlich in arktischen und hochalpinen Gewässern gestaltet ist.

13. Auf Grund der erhobenen Befunde kann der Grüne See — im limnologischen Sinne — nicht als „See“ bezeichnet werden, sondern als Limnokrene mit Seecharakter.

### Summary

1. The „Grüne See“ (Green Lake) is part of the largest waters of the chalky formation in the East Alps and lies at a height of 757 m (2500 ft.) above sea level in the southern spurs of the Hochschwab massif. The lake is divided into two basins only communicating at high water levels. When the water level reaches its maximum, the surface area of the lake covers 6.5 ha (approx. 16.25 acres), its maximum depth being 8 m (29 ft.) and its volume amounting to 276,000 m<sup>3</sup> (approx. 358,800/cu.yards).

2. The chemical properties of the lake correspond to these of a normal water coming from chalky formations. High nitrate values indicate the rapid renewal of water. Differences in the sulphate concentration prove that each of the two basins is fed by different sources. Seasonal fluctuations in the sulphate concentration allow conclusions as to a dewatering mechanism.

3. The variations of the water level show the following annual course: a minimum in winter (extreme value: zero), a maximum in June, and an average level in summer. The effect of precipitation on the slope of the curve is insignificant. The constant curve of the water level is based on the large quantities of water after thaw and the position of the lake in the geologic system.

4. The position of the springs in the northern part of the lakeside and of „Ponore“ in the south (the lake has neither surface flow nor outflow) as well as the curve of the water level allow the assumption of a current approximately normal to the longitudinal axis of the lake. Measurements by means of floating show velocities from 2 to 5 cm/min. (approx. 0.8 to 2 in./min.).

5. The small depth of the lake and the rapid renewal of the water allow surface stratification only. In depths of more than one or two meters (3.3 or 6.6 ft.) the temperature never differs much from that of the springs, which is about 7 °C.

6. The bright sea-green colour which lends its name to the lake originates in the combination of three factors: small depth, high and colour selective transmission of the water and strong and colour selective reflection from the ground. The colour of the water of the lake itself is blue.

7. The bottom of the lake consists of calcareous mud, its slopes of broken stone. The basin in the east is densely grown with moss (*Cinclidotus fontinaloides*), while that in the west has no overgrown area, with the exception of small colonies of algae (Conjugatae, Cyanophyceae, Diatomeae). The places from which samples were taken are described.

8. The fauna of the „Green Lake“ as well as its abundance in space and time are described. Of quantitative and qualitative importance are: Turbellaria, Cladocera, Copepoda, Ephemeroptera, Diptera and Trichoptera. Of little or no importance are the following: *Hydra*, Mollusca, Ostracoda, Amphipoda, Plecoptera, Rhynchota and Coleoptera.

9. Since the larval development of the Ephemeroptera is known as rather variable, *Siphonurus aestivalis*, in which the „Green Lake“ abounds, was investigated with regard to its specifically physiographic factors: It is univoltin and shows an intense egg dia-pause in winter. Influences of physiographic factors could not be proved.

10. The „Green Lake“ has neither plankton nor profound fauna due to physiographic factors such as current and morphology. It is very interesting that the mud of the bottom is poor in formed organic material.

11. The spatial distribution of the fauna with respect to quality and quantity is correlated to that of the primary producers. As regards time, only slight traces of succession may be observed; a sinking of the water level results in an increase of the population pressure in the east basin and thus—as contrary to the west basin—in a premature inducement to the growth of Ehippia.

12. Temperature, current and water level form and determine the aspects of the fauna of the "Green Lake". Besides Ubiquists, a number of species of the arctic-alpine fauna is found. The Chironomid spectrum is determined by predominance of Orthoclaudiinae and the complete absence of Chironomini. The whole aspect of the fauna allows the conclusion that this biologic environment is similar to that of the arctic and alpine waters.

13. The present investigations prove that the "Green Lake" cannot be termed a "lake" in the limnologic sense, but a Limnokrene with the characteristics of a lake.

## E. Literatur

- BREHM, V., 1909: Charakteristik der Fauna des Lunzer Mittersees. *Int. Revue ges. Hydrobiol. u. Hydrograph.* **2**: 741—748.
- BRETSCHKO, G., 1965: Zur Larvalentwicklung von *Cloeon simile*, *Cloeon dipterum*, *Centropilum luteolum* und *Baëtis rhodani*. *Z. wiss. Zool.* **172**: 17—36
- BRUNDIN, L., 1965: Die bodenfaunistischen Seetypen und ihre Anwendbarkeit auf die Südhälfte der Kugel. *Rep. Drottningholm Nr. 37*: 186—235.
- CONRAD, V., 1933: Ein Unterwasserstrukturboden in den Ostalpen. *Berl. Beitr. z. Geophys.* **40**: 43—62.
- ELSTER, H. J., 1954: Beiträge zur limnologischen Methodik. *Arch. Hydrobiol.* **20**: 286—295.
- FINDENEGG, I., 1955: Die profundale Fauna der Kärntner Seen und ihr Verhältnis zu deren Trophiezustand. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol. Suppl.* **8**: 121—140.
- GÖTZINGER, G., 1908: Der Lunzer Mittersee, ein Grundwassersee in den Niederösterreichischen Kalkalpen. *Int. Revue ges. Hydrobiol. u. Hydrograph.* **1**: 153—176, 324—350.
- ILLIES, H. J., 1959: Retardierte Schlüpfzeit von *Baëtis*-Gelegen. *Naturwiss.* **46**: 119—120.
- LUBBOCK, J., 1865: On the Development of *Chloeon (Ephemera) dimidiatum* II. *Trans. Linn. Soc. London*, **25**: 477—492.
- LUTHER, A., 1963: Die Turbellarien Ostfennoskandiens IV. *Soc. Fauna et Flora Fenn., Fauna Fennica* **16**: 1—163.
- MACAN, T. T., 1957: The life histories and migrations of the Ephemeroptera in a stony stream. *Trans. Soc. Brit. Ent.* **12**: 129—156.
- 1960: The effect of temperature on *Rithrogena semicolorata*. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* **45**: 197—201.
- 1961: A key to the Nymphs of the British species of Ephemeroptera. *Sc. Pap. Freshw. Biol. Ass.* **20**: 1—64.
- NAUMANN, E., 1931: *Limnologische Terminologie*. Urban & Schwarzenberg, Berlin—Wien.
- PENNAK, R. W., 1958: Regional lake typology in northern Colorado, USA. *Verh. Intern. Verein. Limnol.* **13**: 264—283.
- PICHLER, W., 1939: Ergebnisse einer limnologischen Sammelfahrt in den Ostalpen. *Arch. Hydrobiol.* **35**: 107—160.
- PLESKOT, G., 1958: Die Periodizität einiger Ephemeropteren der Schwechat. *Wasser und Abwasser*, **1958**: 1—32.
- 1961a: Die Periodizität der Ephemeropterenfauna einiger Österreichischer Fließgewässer. *Verh. Intern. Verein. Limnol.* **14**: 410—416.
- 1961b: Beobachtungen über Diapausen in der Entwicklung der Ephemeropteren. XI. Intern. Kongreß Entomol. Wien, 1960/B 1: 363—366.
- REISINGER, E., 1955: Kärntens Hochgebirgsturbellarien. *Carinthia II, Klagenfurt*, **65**: 112—151.
- RUTTNER, F., 1955: Der Lunzer Mittersee, ein Quellsee mit zeitweise meromiktischer Schichtung. *Arch. Hydrobiol.* **22**: 480—487.
- SCHWOERBEL, J., 1961: Über die Lebensbedingungen und die Besiedlung des hyporheischen Lebensraumes. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* **25**: 182—214.
- TREADWELL, W. D., 1923: *Analytische Chemie II, Quantitative Analyse*. F. Deuticke, Leipzig—Wien.

- TURNOWSKY, F., 1961: Der Wolayersee in der Karnischen Hauptkette. Carinthia II, Klagenfurt, 71: 102–126.
- WEBER, H., 1933: Lehrbuch der Entomologie. G. Fischer, Jena.
- ZÖTL, J., 1961: Die Hydrographie des nordostalpinen Karstes. Steir. Beitr. Hydrogeol. Jhg. 1960/61: 54–183.

Dr. GERNOT BRETSCHKO  
Zoologisches Institut  
d. Universität Graz  
Graz  
Universitätsplatz 2