

Das Zooplankton des Pumpspeichers Lüner See

(1970 m, Rätikon/Österreich)

von

Manfred HUTER

(Institut für Zoologie der Universität Innsbruck, Vorstand: Univ.-Prof.
Dr. Heinz JANETSCHKE)

Synopsis: The development of the zooplankton under the conditions of the running of the hydroelectric power plant was investigated especially in summer 1965 by the aid of quantitative methods and was compared with the conditions in the former natural lake.

The influence of the water pumped into the lake on stratification and heat budget is dealt with thoroughly by means of data of temperature and conductivity of the present hydroelectric pumping water basin as well as of the natural lake. It was found that the hypolimnion increases its temperature considerably in summer, but that in autumn it cools down by a prolonged period of full circulation to 3,5° C as before in the natural lake.

The characteristic biological features of the Lüner See have not been changed by the technical exploitation. Even today rotifers furnish nearly the whole zooplankton, crustaceans are unimportant and the diatom *Synedra acus* forms an unusually high autumn maximum. As long as water is pumped into the lake for refill (in July), only the upper 25 meters are populated by *Kellicottia longispina* and *Keratella quadrata*. With the end of the pumping period in August the lake is colonized at once to a great depth (90 m). *Polyarthra dolichoptera*, which has a strongly protruding laryngeal bag (temporal variation?), *Synchaeta stylata* and *Asplanchna priodonta* are by far the most numerous. The climax of development is reached in September with 4,7 millions of individuals under 1 m² of the lake surface. In 1966 another composition of zooplankton (nearly only *Polyarthra dolichoptera* and *Kellicottia longispina*) could be found out caused by a change in the water renewal of the reservoir.

Inhaltsverzeichnis

A. Charakteristik des Lüner Sees	14
1. Geographische Lage und Horizontalabschirmung	14
2. Geologie des Lüner-See-Gebietes und Entstehung des Sees	14
3. Der Speicher Lüner See und das Lüner-See-Werk	16
4. Die Thermik des Lüner Sees	28
5. Leitfähigkeit, PH und andere chem. Faktoren	28

B. Das Zooplankton des Lüner Sees im Allgemeinen	33
1. Methode	33
2. Die einzelnen Vertreter und ihr Prozentsatz	35
3. Entwicklungsverlauf	37
4. Vertikalverteilung	40
5. Horizontalverteilung	41
C. Das Zooplankton des Lüner Sees im Speziellen	43
1. <i>Polyarthra dolichoptera</i>	43
2. <i>Polyarthra vulgaris</i>	48
3. <i>Synchaeta stylata</i>	48
4. <i>Asplanchna priodonta</i>	50
5. <i>Kellicottia longispina</i>	51
6. <i>Keratella quadrata</i>	52
7. <i>Keratella hiemalis</i>	53
8. <i>Keratella cochlearis cochlearis</i>	53
9. <i>Keratella cochl. var. regularis f. ecaudata</i>	54
10. <i>Bosmina (coregoni ?)</i>	54
11. <i>Daphnia (pulex ?)</i>	55
12. <i>Cyclops tatricus</i>	55
13. <i>Diaptomus sp.</i>	55
D. Zusammenfassung	56
E. Literatur	58

A. Charakteristik des Lüner Sees

1. Geographische Lage und Horizontabschirmung

Der Lüner See, einer der bedeutendsten Speicherseen der Alpen, liegt im Rätikon in Vorarlberg und befindet sich somit an der Westgrenze der Ostalpen. Er ist von Bludenz aus über die Straße durch das Brandner Tal zu erreichen. Vom Ende der Straße ob der Alpe Schattenlagant führt die Lüner-See-Bahn der Vorarlberger Illwerke AG direkt an den See. Umgeben wird der 1970 m hoch gelegene See im NO, O, SO, S und SW von einer Reihe von Gipfeln, die ihn um etwa 300—580 m überragen. Dies ergibt für die Horizontabschirmung in den genannten Himmelsrichtungen — bezogen auf die Seemitte — einen Winkel von maximal etwa 18°, im Minimum von 8° (Lünerkrinne) bzw. 7° (Cavelljoch). Nur im Westen bewirkt der 2699 m hohe Seekopf, hinter dem auch die 2965 m hohe Scesaplana liegt, eine Abschirmung vom 30°. Der Norden liegt frei, da sich dort die Seebarre mit der Staumauer befindet. Wegen der großen Ausdehnung des Sees (1,53 km²) ist die Horizontabschirmung in den einzelnen Seeteilen stark verschieden; auf eine genauere Darlegung dieser Verhältnisse möchte ich jedoch verzichten.

2. Geologie des Lüner-See-Gebietes und Entstehung des Sees

Das Rätikongebirge gehört zum größten Teil den nördlichen Kalkalpen an. Im Südostteil schließen die kristallinen Einheiten Phyllit-Gneis-Decke und Silvretta-Decke an die Kalkalpen an. Der geologische Bau des Rätikons ist sehr kompliziert, da das ganze Gebiet durch mehrere Verschuppungen in einzelne Schollen zerlegt

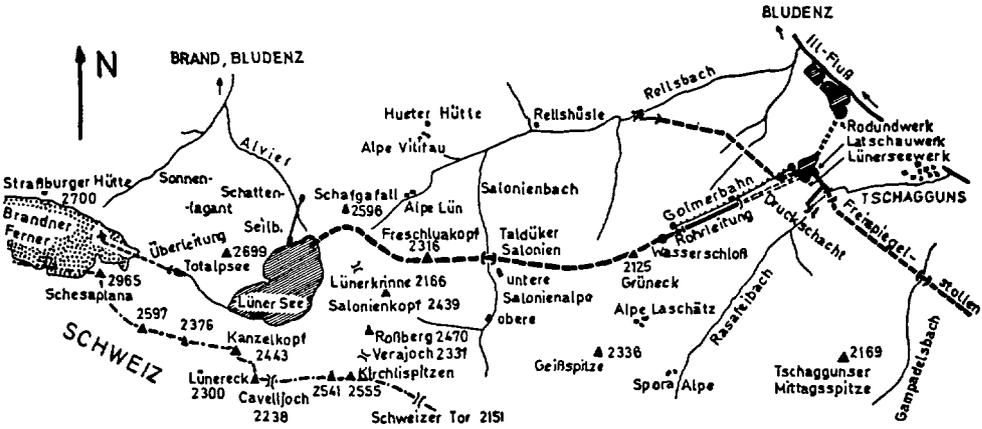


Abb. 1: Geographische Lage des Lüner Sees

wurde. Daran ist nicht nur das Westende des Oberostalpins, sondern sind auch die unterostalpinen Einheiten Arosaschuppenzone, Sulzfluhdecke und Falknisdecke beteiligt. Im SW davon taucht der penninische Prätigauflisch aus der Tiefe. Der Lüner See befindet sich in der oberostalpinen Lechtaldecke im Bereich der Scesaplana-Scholle. Im folgenden möchte ich mich nur mit der Situation an der Rohrleitung des Lüner-See-Werkes und am Lüner See befassen (vgl. Abb. 2). Die dort auftretenden Formationen geben ein gutes Bild des geologischen Aufbaus.

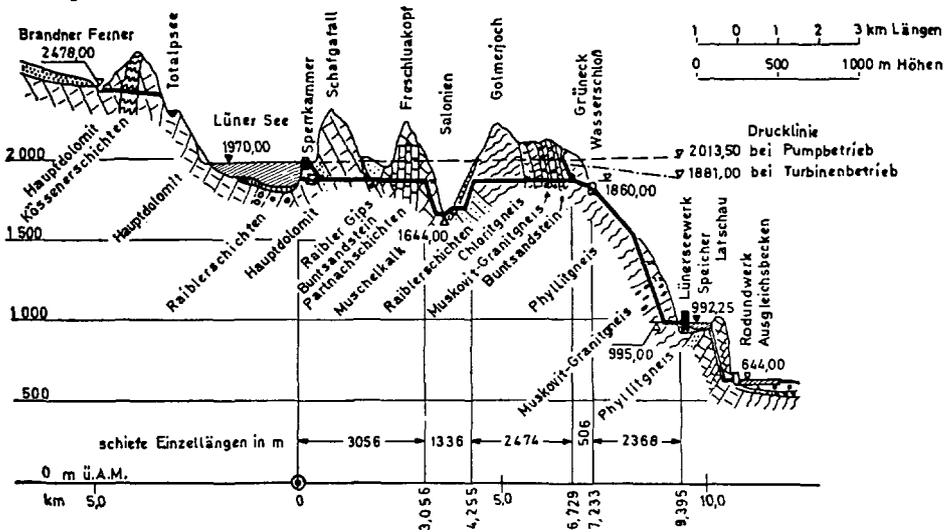


Abb. 2: Längsschnitt Lüner See — Lüner-See-Werk

Die Grenze zwischen der Phyllit-Gneis-Decke und den Kalkalpen verläuft durch das Saloniental. Innerhalb der Phyllit-Gneis-Decke treten tektonische Einschaltungen von Sedimenten der Lechtaldecke in beachtlicher Größe auf (z. B. Buntsandstein). Westlich des Salonientals schließt die Lechtaldecke an. Diese besteht aus Triasgesteinen, denen erst im Gebiet um die Scesaplana Jura folgt. Die Trias beginnt mit leicht verwitterbarem Buntsandstein, dann kommen Reichenhaller Schichten mit Rauhwacken und Gipslagen. Es folgt der dunkle Muschelkalk, der oft steile Felsabbrüche bildet. Danach kommen Partnachsichten (dünnblättrige, dunkle Mergel) und Arlbergschichten (Kalke, Mergel, Schiefer, Rauhwacken und Dolomit). Im Hangenden folgen sehr wechselhafte Raibler Schichten. In ihnen findet sich der Gips (in der Tiefe Anhydrit), der dem Lüner See Sulfat zuführt. Schließlich folgt der hier sehr mächtige und grusartig verwitternde Hauptdolomit. Im Bereich der Scesaplana schließen Plattenkalk, Kössener Schichten und oberrätischer Riffkalk die Trias ab. Jurassische Liaskalke und Liasfleckenmergel folgen.

Der Lüner See verdankt seine Entstehung und Formung der Gletscherwirkung und der großen Löslichkeit des Raibler Gipses. Das Seebecken wurde vom Gletscher in den Hauptdolomit sowie in den von der Lünerkrinne heranstreichenden Gipszug und die Rauhwacken der Raibler Schichten eingetieft. Im Bereich der Raibler Schichten ist das Seebecken überaus tief, was bei der Weichheit und Löslichkeit des Gipses nicht verwundert. Durch die aus Hauptdolomit aufgebaute Seebarre, die als harter Felsriegel stehengeblieben ist und steil ins Brandner Tal abfällt, wird das Wasser gestaut, und bleibt die Eintiefung morphologisch als Seebecken erhalten. Belegt ist die Gletscherwirkung durch schöne Gletscherschliffe an der Seebarre und Gletschermühlen an deren Fuß, die bei der Absenkung des Sees sichtbar wurden. Ferner sind überall in der Umgebung Moränen sichtbar.

Der frühere natürliche See hatte eine mittlere Spiegelhöhe von 1938 m und wies somit die beachtliche Tiefe von 105,4 m auf. Er wurde unterirdisch durch Spalten in der Seebarre entwässert. Eben diese Abflußart bewirkte beachtliche Spiegelschwankungen. Die oberflächlichen Einkerbungen muß man wohl als frühere oberirdische Abflüsse deuten. Der See besaß ehemals eine kleine Insel gegenüber der alten Douglashütte, genau vor der Einmündung des Verabachs in den See. Ihr höchster Punkt lag 1943 m hoch.

3. Der Speicher Lüner See und das Lüner-See-Werk

Die Größe des Lüner Sees und seine günstige Lage waren schon früh Anlaß für Pläne zu seiner Nutzbarmachung im Dienste der Elektrizitätswirtschaft. Da der Spiegel des natürlichen Sees zwischen 1938 und 1944 m schwankte, war die Abdichtung der Seebarre eine wichtige Voraussetzung für die Nutzbarmachung: Der See wurde mit Hilfe eines Stollens (Grundablaß) in den Jahren 1925/26 bis auf 1894,90 m und in den Jahren 1926/27 bis auf 1889,20 m abgesenkt (Vorarlberger III-Werke: Lüner-See-Werk 1958), die Seebarre teilweise abgedichtet, und der

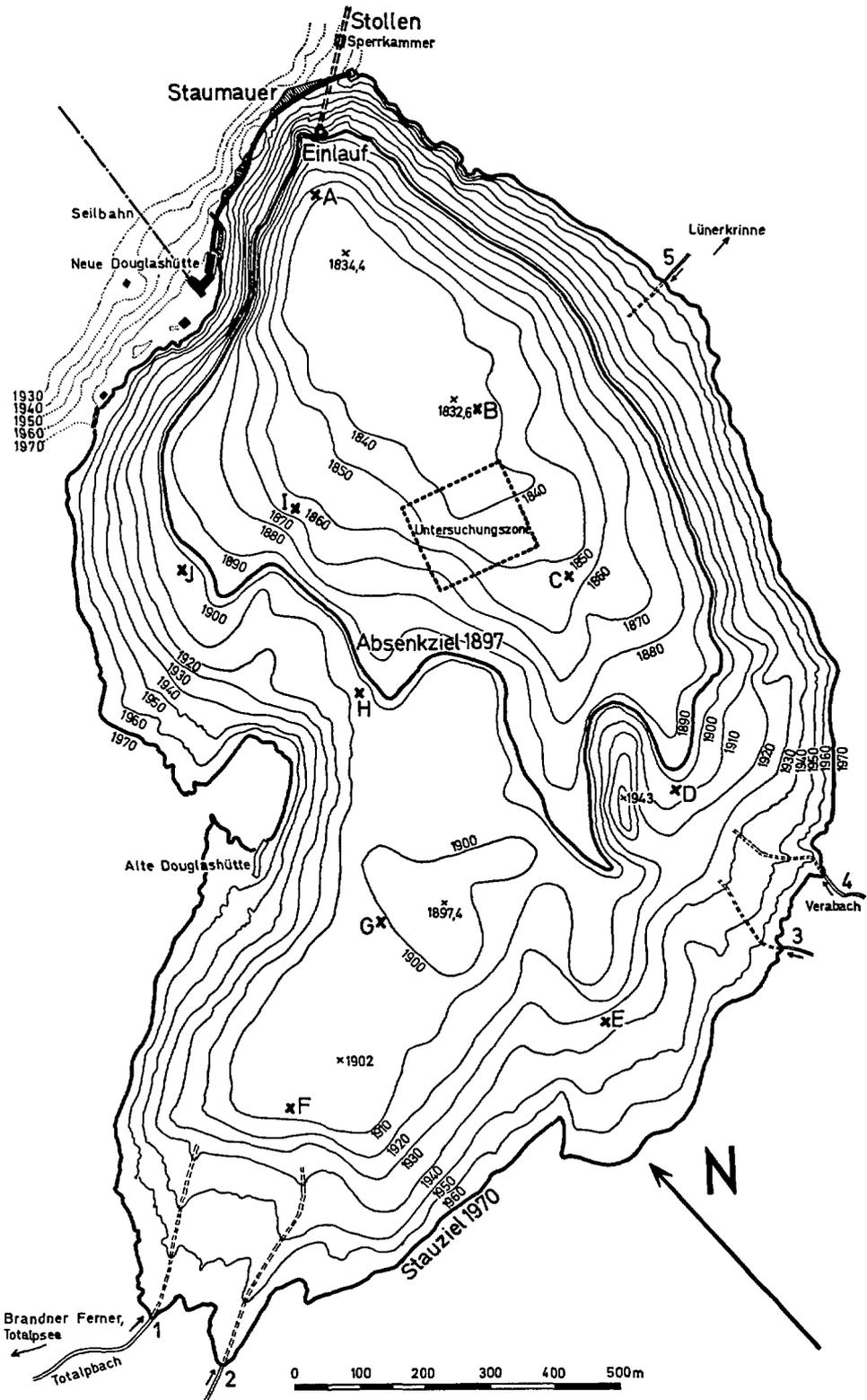


Abb. 3: Tiefenkarte des Lünzer Sees

Wasserabfluß im Jahre 1934 mit Hilfe eines Stollens, der sich in 1929 m Höhe befindet, geregelt.

Erst in den Jahren 1954/1958 wurden die heutigen Kraftwerksanlagen erstellt. Dabei wurde eine rund 380 m lange und maximal 28 m hohe Staumauer errichtet, und der Seespiegel dadurch auf 1970 m gestaut. Somit wurde aus dem natürlichen See ein Speicher und zwar, wie aus dem folgenden hervorgeht, ein Pumpspeicher. Zuerst möchte ich in Tabelle 1 die einzelnen Seespiegellhöhen vergleichen. Siehe dazu auch Abb. 4 (Inhalts- und Oberflächenlinie) und Abb. 3 (Tiefenlinien).

Tabelle 1: Daten zur Morphometrie und energiewirtschaftlichen Nutzung des Lüner Sees.
Auf ältere Berechnungen zurückgehende Werte wurden in Klammern beigefügt.

	Höhe m ü. M.	Oberfläche km ²	Inhalt Mio m ³	Speicherraum Mio m ³
Stauziel des Speichers	1970,00	1,526 (1,53)	95,025 (94,1)	78,325 (77,5)
Mittlerer natürlicher Seespiegel	1938,00	1,116 (1,11)	53,0 (52,0)	36,0 (35,4)
Absenziel des Speichers	1897,00	0,518 (0,50)	16,7 (16,6)	0
Einlaufsohle Grundablaß	1888,00	0,43	12,4	0
Tiefster Punkt des Seegrundes	1832,60	0	0	0

Das natürliche Einzugsgebiet des Sees beträgt 8,8 km² und liefert durchschnittlich 11,0 Mio m³ Wasser/Jahr (Mittel aus 20 Jahren). Um dieses Einzugsgebiet zu vergrößern, wurde ein Abfluß des Brandner Ferner durch einen Stollen in den Totalpsee geleitet, aus dem der Totalpbach in den Lüner See fließt (vgl. Abb. 1). Das Einzugsgebiet wurde somit um 3,2 km² auf 12,0 km² vergrößert. Es liefert durchschnittlich 2 Mio m³ Wasser im Winter und 15 Mio m³ im Sommer, also 17 Mio m³ pro Jahr. Um den Speicherraum von 78,3 Mio m³ füllen zu können, müssen daher 61,3 Mio m³ zugepumpt werden. Diese Tatsache führt vor Augen, welchen großen Einfluß der Kraftwerksbetrieb auf den See nimmt. Deshalb will ich auch näher auf ihn eingehen (vgl. Abb. 2).

Die Ausnützung des Lüner Sees erfolgt in zwei Gefällsstufen, und zwar mit rund 980 m im Lüner-See-Werk (bei niedrigem Wasserspiegel des Lüner Sees entsprechend weniger) und mit rund 350 m im Rodundwerk. Das Wasser gelangt vom Einlaufbauwerk des Lüner Sees (1897 m) durch Stollen und Druckrohrleitungen zu den Turbinen des in Latschau gelegenen Lüner-See-Werkes. Aus den Turbinen strömt das Wasser in das Tagesspeicherbecken des Rodundwerkes (Höchststau 992,25 m, Inhalt 970.000 m³), an dessen Ufer das Lüner-See-Werk liegt. Von dort gelangt es durch einen Druckschacht zu den Turbinen des Rodundwerkes (644 m) und endlich zu den Ausgleichsbecken, deren Abfluß in den Ill-Fluß mündet. Vom Rodundwerk kann auch Wasser in das Tagesspeicherbecken in Latschau gepumpt werden (Ausgleich von Tagesspitzen des Verbundnetzes). Von den im Talinneren des Montafon gelegenen

Stauseen und Kraftwerken führt ein Freispiegelstollen, in den auch die eingefassten linksseitigen Seitenbäche der Ill münden, nach Latschau. Dieser Stollen endet in einem Pumpwasserkanal (1002,90 m) im Süden des Lünner-See-Werkes. Von dort fließt das Wasser durch die Turbinen des Latschauwerkes in das Tagesspeicherbecken (Höchststau 992,25 m). Umgekehrt kann durch 3 Vorpumpen Wasser aus diesem Becken in den Pumpwasserkanal gepreßt werden. Von diesem Pumpwasserkanal

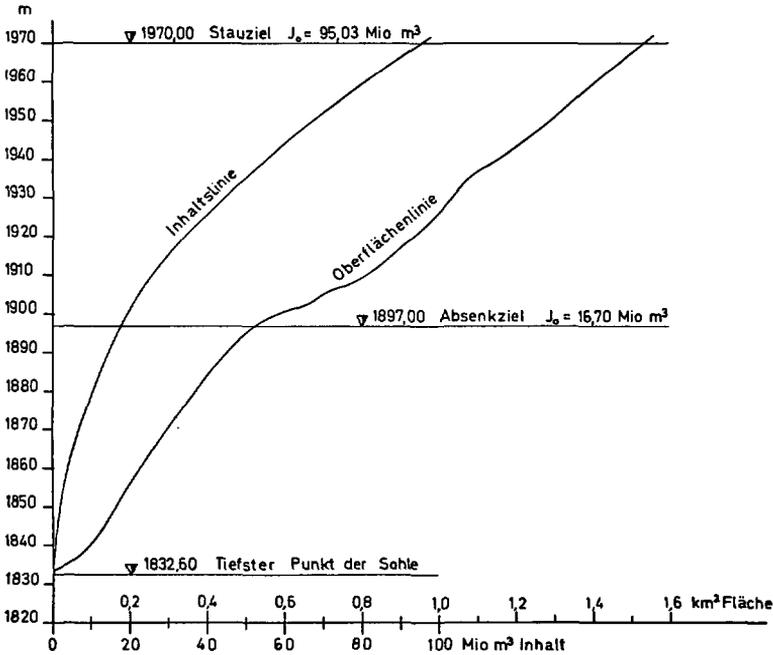


Abb. 4: Inhalts- und Oberflächenlinie des Lünner Sees

kann das Wasser in den Lünner See gepumpt werden. Das aus dem Freispiegelstollen laufend anfallende Wasser reicht aus, um den Lünner See um die 61,3 Mio m³ betragende Differenz zwischen Stauvermögen und durchschnittlichem natürlichem Zufluß (17 Mio m³) aufzufüllen. Bei Bedarf kann das Pumpwasser für den Lünner See auch aus dem Tagesspeicherbecken in Latschau genommen werden.

Diese Jahrespumpspeicherung vom Sommer auf den Winter vollzieht sich in der Zeit von Mai bis August in den Nächten und in den Schwachlastzeiten untertags. Neben dieser Saisonspeicherung wird das Lünner-See-Werk während des ganzen Jahres auch für den Wälzbetrieb eingesetzt: Der jeweils in einer Jahresperiode erfolgenden Füllung und Entleerung des Lünner Sees überlagert sich ein täglicher, wöchentlicher oder über mehrere Wochen sich erstreckender Wechsel von Wasserzufuhr und -entnahme. Durch diese Veredelung von elektrischem Strom kann im Sommer und im Winter wertvolle Tagesspitzenenergie an das Verbundnetz abgegeben werden.

4. Die Thermik des Lünser Sees

Zuerst möchte ich mich mit der Thermik des nicht aufgestauten Sees befassen, um weiter unten einen Vergleich mit den heutigen Verhältnissen zu ermöglichen. Über die Schichtungsverhältnisse vor der ersten Absenkung (1924) kann man nur indirekte Vermutungen anstellen. So beschreibt SCHMASSMANN (1924) die Bodenfauna bis in die größten Tiefen als noch relativ artenreich, so daß mit Sicherheit auf einen hinreichenden Sauerstoffgehalt geschlossen werden kann. Also war der See vor der Absenkung holomiktisch und besaß keine Dauerstagnation durch im Tiefenwasser gelösten Gips. Bei der im Verhältnis zu seiner Oberfläche (1,11 km²) großen Tiefe des Sees (über 100 m) wäre das nicht unwahrscheinlich gewesen. Vielleicht sind die bei der Absenkung freigelegten korrodierten Teile des Felsgrundes auf eine Anreicherung von aggressiver Kohlensäure während einer Dauerstagnation in viel früherer Zeit zurückzuführen.

Für die Verhältnisse kurz vor der Aufstauung gebe ich die Ergebnisse einer Studie von BERGER (1955: Nr. 55.975) wieder. Er fand bei seiner Untersuchung am 20. und 21. Oktober 1953 eine homotherme Oberschicht von über 20 m Mächtigkeit, eine scharfe Sprungschicht zwischen 25 und 30 m und darunter eine homotherme Tiefenschicht, die gegen den Grund zu eine eben merkliche Depression der Temperatur um einige Hundertstel Grade unter 4° aufweist. Für den Sauerstoffgehalt, der ein wichtiges Kriterium für die Durchmischungs- und Trophieverhältnisse eines Sees darstellt, fand er an der Oberfläche eine schwache Übersättigung, die er der Assimilationstätigkeit der Planktonalgen, vor allem der in außerordentlich hoher Individuenanzahl auftretenden Kieselalge *Synedra acus* zuschreibt. In der Tiefe war die Abnahme an O₂ deutlich, aber gering. Selbst knapp über dem Schlamm hatte die Zehrung während der Sommerstagnation nur eine Verminderung um rund 2 mg/Liter gebracht. Dies kennzeichnet eine geringe Produktion des somit oligotrophen Sees und ist Beweis für eine regelmäßig wiederkehrende Zirkulation bis in grundnahe Schichten. Das SW-Becken verhielt sich in jeder Beziehung gleich wie das tiefere N-Becken des Sees.

In Abb. 5 sind die Tautochronen der Temperatur des Jahres 1954, also des letzten Jahres vor der Aufstauung des Sees, abgebildet. Die Temperaturkurven zeigen eine für die jeweilige Jahreszeit typische Form: Im Winter stellt sich eine schöne Schichtung ein, bei der die Temperatur gegen die Oberfläche hin abfällt und unter dem Eis 0° erreicht. Das Frühjahr zeigt eine Vollzirkulation. Über den Sommer entsteht ein warmes Epilimnion, eine gut ausgeprägte Sprungschicht und eine homotherme Tiefenzone. Die Oberflächentemperatur kann zu dieser Zeit stark zurückgehen, wenn der Wind das Oberflächenwasser bis in größere Tiefen drückt und dabei die Sprungschicht tiefer legt. Ab Mitte September setzen am Lünser See regelmäßig starke Südwinde ein, die das Epilimnion ganz durchmischen und bei gleichzeitigem Sinken der durchschnittlichen Wassertemperatur homotherm machen. Es erreicht eine Mächtigkeit von 25 m. Das Metalimnion wird zunehmend dünner, der Temperatursprung

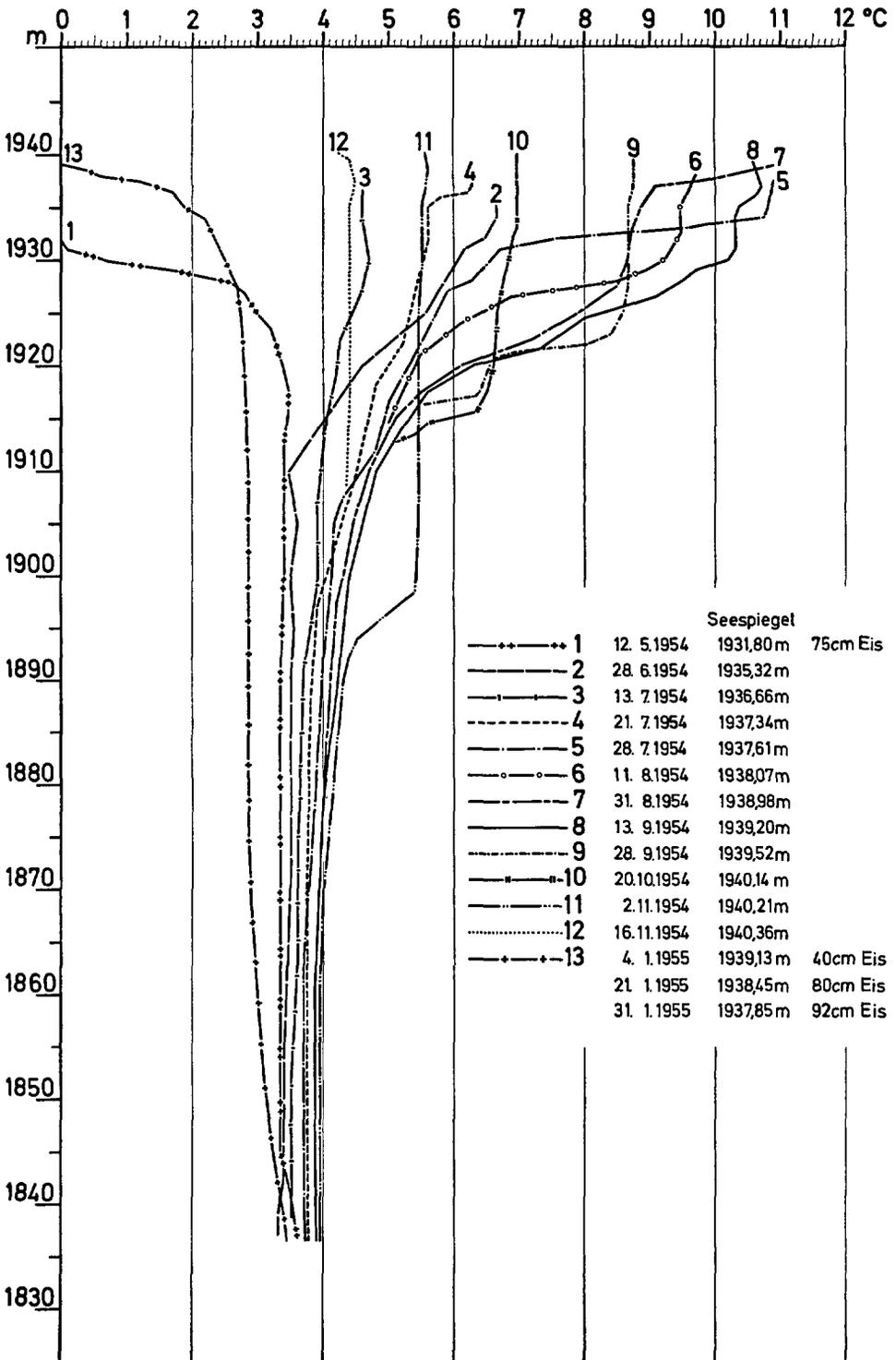


Abb. 5: Temperatur im natürlichen Lünzer See 1954/55

innerhalb der Sprungschicht deutlicher. Im Herbst leitet eine 2. Vollzirkulation zur Schichtung des Winters über. Während der Untersuchungsreihe stieg der Seespiegel um 8,5 m auf eine Meereshöhe von etwas mehr als 1940 m.

Den Temperaturanstieg in Bodennähe an 3 Meßtagen deutet BERGER (1955: Nr. 55.974, p. 3) nicht als Effekt der Bodenwärme, sondern wegen seiner Höhe (0,4° C) und wegen des Abstandes der Meßpunkte vom Boden als Meßfehler. Interessant ist, daß das Tiefenwasser im April und Mai 1954 nur 3,2° aufweist. Im folgenden Winter sank die Temperatur sogar auf 2,9°. Das ist sehr erstaunlich, da BERGER am 20. Oktober 1953 in der Tiefe Homothermie bei 4° gefunden hatte. BERGER (1955: Nr. 55974, p. 6) deutet diese Erscheinung so, daß starke Winde, die im Herbst am Lüner See regelmäßig auftreten, den Eisschluß verzögern und bewirken, daß die Temperatur des Sees bis in die Tiefe unter den Wert des Dichtemaximums sinkt. Wegen dieser niederen Wintertemperaturen kann sich das Tiefenwasser bis in den Spätsommer nur bis knapp 4° erwärmen. Wasser von weniger als 4° C kann sich in stabiler Schichtung am Grund des Sees halten, da geringe Mengen von gelösten Salzen seine Dichte erhöhen.

Nun komme ich zur Thermik des zum Pumpspeicher aufgestauten Sees. Heute kommen zu den seit jeher wirkenden klimatischen Faktoren noch drei wichtige technische dazu: der Ablauf des Speicherwassers im Winterhalbjahr, der Einstrom des Wassers der Saisonpumpspeicherung im Sommer und schließlich der ständige Wälzbetrieb.

Ich beginne die Beschreibung des Jahresablaufes mit dem Oktober, da zu diesem Zeitpunkt der See bis zum Stauziel gefüllt ist. Im Winterhalbjahr fließen nur 2 Mio m³ Wasser aus dem Einzugsgebiet in den See. Gleichzeitig wird von Oktober an der Seespiegel zur Gewinnung von Winterenergie abgesenkt und erreicht normalerweise Mitte Mai seinen tiefsten Stand (1963: 1907 m, 1964: 1902 m, 1965: 1906 m). Einer Seespiegelhöhe von 1906 m entspricht ein Restvolumen von 22,7 Mio m³ (23,9% des Gesamtvolumens). Die entnommenen 72,3 Mio m³ müssen im Sommer wieder dem See zufließen, damit er zwischen August und Oktober neuerlich das Stauziel erreicht. Da das Einzugsgebiet im Sommer nur 15 Mio m³ Wasser erbringt, wird das verbleibende Volumen durch Pumpwasser aufgefüllt. Für 1965 beträgt der Fehlbetrag 57,3 Mio m³, wobei durchschnittlicher Niederschlag im Einzugsgebiet angenommen wird. Dem geschilderten Verlauf überlagert sich der Wälzbetrieb. Ich konnte hierfür keine m³-Angaben bekommen und mußte die im Wälzbetrieb durch den Lüner See laufende Wassermenge aus den erzeugten kWh errechnen. Die dabei gefundenen Zahlen sind mit einem Fehler behaftet, da ich für die Umrechnung ein durchschnittliches Energieäquivalent annahm (es ändert sich mit der Seespiegelhöhe des Lüner Sees), und mir der tatsächliche Niederschlag im Einzugsgebiet des Sees unbekannt war. Dies ist jedoch für unsere Betrachtung unerheblich, weil ja auch unsicher ist, wieviel Pumpwasser des Wälzbetriebes sich tatsächlich einschichtet und wieviel davon wieder durch die Turbinen zu Tal fließt, bevor es den See beeinflussen konnte.

Maximal könnten durch den Wälzbetrieb im Winter 60,5 Mio m³ Wasser und im Sommer 40 Mio m³ zusätzlich hinaufgepumpt werden. Für die Zeit von Oktober 1964 bis Mitte Mai 1965 rechne ich jedoch mit 34 Mio m³ und für Mitte Mai bis September 1965 mit 24 Mio m³. Im Winter entfallen also von 36 Mio m³ Gesamtzufluß nur 2 Mio m³ (5,6%), im Sommer von 111,3 Mio m³ (davon 72,3 aus Saisonspeicherung und 24 aus Wälzen) 15 Mio m³ (13,5%) und im ganzen Jahr von 147,3 Mio m³ 17 Mio m³ (11,5%) auf Zufluß aus dem Einzugsgebiet.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach der Temperatur des Pumpwassers: Sie wird routinemäßig jeden Tag, gewöhnlich um 7.30 Uhr, an zwei Stellen gemessen. Die erste Meßstelle liegt im Pumpwasserkanal an der Südseite des Lüner-See-Werkes, von dem her die Pumpen das Wasser ansaugen. Die dort abgelesenen Werte besitzen eine Fehlerquelle: Steht das Wasser bei Pumpenruhe, so kann es sich, obwohl es mit dem Freispiegelstollen in Verbindung steht, im Winter abkühlen oder im Sommer merklich erwärmen. Letzteres ist besonders an Wochenenden der Fall, da dann die Temperatur häufig erst mittags abgelesen wird. Die zweite Meßstelle befindet sich in der Sperrkammer nahe beim Einlaufbauwerk des Lüner Sees. Hier befindet sich ein Schieber, mit dessen Hilfe man Wasser herauslassen kann. Das Thermometer wird dort abgelesen, nachdem es sich jeweils 5 Minuten in fließendem Wasser befand. Auch diese Werte können fehlerhaft sein: Steht das Wasser bereits längere Zeit unbewegt im Stollen, so zeigt es durch die Bergwärme erhöhte Werte. Bei Turbinenbetrieb hingegen zeigt das Thermometer die Temperatur des entnommenen Seewassers. Um fehlerfreie Werte zu bekommen, muß man also den Betriebszustand des Lüner-See-Werkes berücksichtigen. Das konnte ich leider nur für die Monate Juli bis September 1965 durchführen. Durch Außerachtlassen einiger Extremwerte, die offensichtlich durch obige Fehlerquellen entstanden waren, erhielt ich jedoch trotzdem gute Mittelwerte, die ich in Tab. 2 zusammengefaßt habe. Die Werte aus der Sperrkammer habe ich in zwei Gruppen geteilt, von denen man die eine dem Pumpbetrieb und die andere dem Turbinenbetrieb zuordnen kann.

Zu Tabelle 2: 1964 dauerte die Saisonspeicherung bis Anfang Oktober. Dadurch wurde der See mit warmem Sommerwasser aufgefüllt, dessen Temperatur überdies höher als 1965 war. Ab Mitte Oktober wurde das Speicherwasser abgelassen, das sich bis in große Tiefe als erstaunlich warm erwies. In der Zeit von Oktober bis Dezember war der Wälzbetrieb besonders stark. Das Wasser, welches er brachte, war kälter als das Seewasser in Höhe des Einlaufbauwerkes und mußte daher absinken. Dieses Zusammenwirken von Pump- und Turbinenbetrieb verstärkte die schon früher starke Herbst-Vollzirkulation (vergleiche p. 20) beachtlich. Der Eisschluß wurde dadurch um einen Monat auf Mitte Dezember verschoben, und die Wassermassen wurden bis in größte Tiefe ebenso wie vor der Aufstauung unter 4° abgekühlt. Das ist besonders bemerkenswert, da der See heute durch größeres Volumen und höhere Sommertemperaturen im Hypolimnion eine wesentlich höhere Wärmekapazität besitzt. Bewiesen wird diese Abkühlung durch die ab Mitte Dezember sehr rasch

Tabelle 2: Mittlere Wassertemperatur im Pumpwasserkanal (1002,9 m) und in der Sperrkammer (1897 m)

T₁ Temperatur im Pumpwasserkanal
 T₂ Temperatur in der Sperrkammer bei Pumpbetrieb
 T₃ Temperatur in der Sperrkammer bei Turbinenbetrieb

Datum	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	Seespiegelhöhe jeweils am 1. des Monats (m)
1964 August	8,5	8,7		1946,0
September	8,5	8,6		1957,0
Oktober	6,0		7,5	1968,0
November	4,2		6,0	1967,6
Dezember	2,7		4,2	1964,4
1965 Jänner	2,8		3,5	1946,0
Februar	2,4		3,4	1941,0
März	3,2		3,2	1934,5
April	4,0		2,9	1921,6
Mai	4,5	5,0	2,7	1909,6
Juni	5,5	5,5	3,7	1921,4
Juli	6,4	6,7	4,1	1942,1
August	7,3	7,5	5,7	1965,9
September	6,9		6,5	1968,7
Oktober	6,2		6,4	1966,4
November	4,3		5,2	1966,0
Dezember	2,8		3,8	1966,8
1966 Jänner	2,1		3,7	1966,5
Februar	3,1		3,7	1964,0
März	2,8		3,7	1962,8
April	4,5		3,7	1950,0
Mai	5,0	5,0	3,7	1945,6
Juni	5,9	5,9	3,8	1952,0
Juli	6,5	6,5	4,4	1957,8
August				1961,8

unter 4° sinkende Temperatur des Turbinenwassers. Daß die Temperatur des ablaufenden Wassers während des Winters von 3,5° (Jänner 1965) bis auf 2,7° (Mai 1965) sank, hängt damit zusammen, daß das Absinken des Wasserspiegels zunehmend die kälteren Oberflächenschichten in den Bereich des Auslaufbauwerkes schob. Nach dem Ende der Absenkung wurde in der 2. Maihälfte Wasser von 5° wenige Meter unter die Eisfläche gepumpt. Dies verursachte Ende Mai (früher erst Ende Juni) den Eisbruch, doch waren Mitte Juni noch Eisschollen zu sehen. Die Frühjahrsvollzirkulation war nur von kurzer Dauer, da um diese Zeit am See nur selten Wind herrscht.

Nun zu meinen eigenen Temperaturmessungen (Tab. 4 und Abb. 6): Bei der ersten Temperaturserie auf dem See am 4. Juli 1965 war das Oberflächenwasser bis 4 m Tiefe erwärmt und war durch eine scharfe Sprungschicht bereits stabil über dem Hypolimnion gelagert. Am 14. Juli reichte die Erwärmung 6 m tief, und die Oberfläche wies mit 11,3° bereits die Höchsttemperatur dieses Sommers auf. Windein-

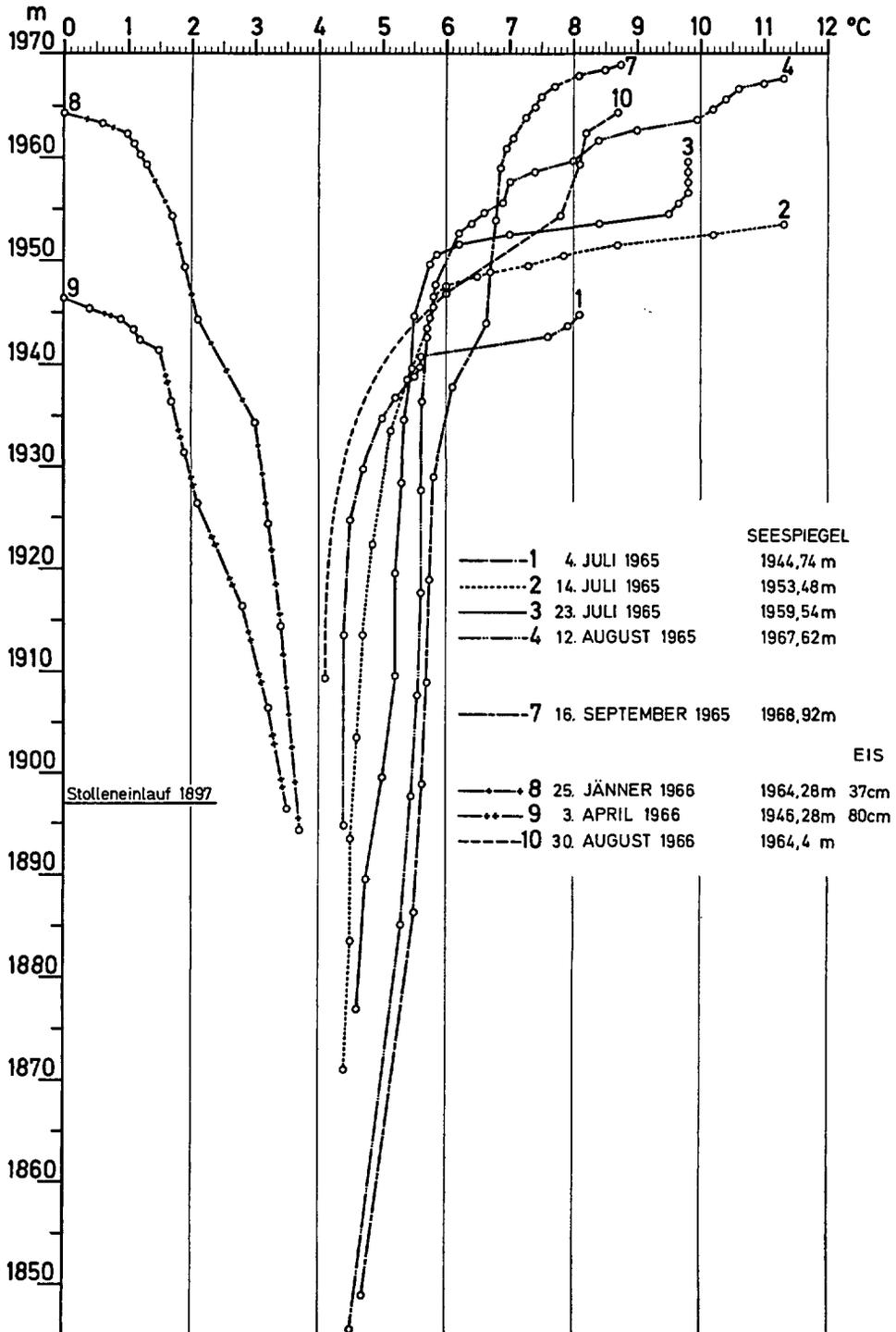


Abb. 6: Temperatur im Lünner See 1965/66

fluß ließ diese Oberflächenspitze aber bis zum 23. Juli wieder verschwinden und prägte eine klare Schichtung in ein 5 Meter tiefes homothermes Epilimnion, eine scharfe Sprungschicht von 4 Metern und ein darunterliegendes Hypolimnion aus. Dieses Hypolimnion bestand aus Pumpwasser, welches sich zwischen das Restwasser (unterhalb 1897 m Meereshöhe) und die Sprungschicht eingeschoben und dadurch das Epilimnion in die Höhe gehoben hatte. Das Epilimnion erwies sich als eine durch die scharfe Sprungschicht nach unten abgeschirmte, nur von den oberirdischen Zuflüssen und der eingestrahlten Wärme beeinflusste Oberflächenschicht. Das hinaufgepumpte Wasser mischt sich mit dem Restwasser, indem es langsam in die Tiefe vordringt und so das Hypolimnion bedeutend erwärmt, zumal seine Temperatur von 5,0° (Mai) über 5,5° (Juni) und 6,7° (Juli) auf 7,5° (August) steigt. So kommt bereits am 23. Juli ein Hypolimnion von 4,5 — 5,5° zustande. Bis zum 12. August erwärmt es sich in der Tiefe auf 4,5° und an seiner Obergrenze auf etwa 6°. Darüber schließt eine nicht mehr so deutliche Sprungschicht und ein Epilimnion an, welches an der Oberfläche wieder 11,3° erreicht. Am 22. und 31. August konnte nur die Oberflächentemperatur gemessen werden, die jedoch zeigt, daß die Schichtung dieser Tage geradlinig zum Herbstaufbau überleitet. Diesen sehen wir deutlich am 16. September. Die am Lüner See ab Mitte September regelmäßig auftretenden Herbstwinde hatten bereits ein 25 m tief reichendes homothermes Epilimnion und eine scharfe Sprungschicht geschaffen, doch erwärmte nachher windstilles und wolkenloses Wetter die Oberflächenschicht neuerdings. Der Unterschied zu den Verhältnissen im Jahre 1954 liegt nicht in der Oberflächenschichtung, sondern in der stärkeren Erwärmung des Sommerhypolimnions.

Tabelle 3: Mittlere Temperatur des Seewassers im Verlauf der Erwärmung durch das Pumpwasser im Sommer 1965

Datum	Seespiegelhöhe m ü. d. M.	Volumen Mio m ³	Volumenzuwachs Mio m ³	mittlere Temperatur des Pumpwassers ° C	mittlere Temperatur des Seewassers ° C
13. Mai	1906,0	22,7			3,5
Mai			12,8	5,0	
1. Juni	1921,4	35,5			4,0
Juni			22,0	5,5	
1. Juli	1942,1	57,5			4,7
Juli			31,4	6,7	
1. August	1965,9	88,9			5,3

Tabelle 3 gibt uns Aufschluß über die starke Erwärmung des Lüner Sees durch das Pumpwasser. Als Temperatur des Restwassers vom 13. Mai 1965 nehme ich die des Turbinenwassers vom Jänner 1965 mit 3,5° an. Die Vermutung, daß die beiden Werte identisch sind, konnte im folgenden Winter durch Direktmessung (Abb. 6) bestätigt werden. Die in Tab. 3 für den 1. August 1965 errechnete mittlere Seewassertemperatur von 5,3°, die sich etwa auf Höhe des damaligen Volumenschwerpunktes

(1930 m) einstellen sollte, konnte ebenfalls überprüft werden. Am 23. Juli wurden in dieser Tiefe 5,3° und am 12. August 5,6° gemessen (Abb. 6). Die daraus und aus dem übrigen Verlauf der Temperaturkurve dieser beiden Tage für den 1. August errechenbare mittlere Seewassertemperatur stimmt mit den 5,3° gut überein, wenn man zusätzlich den Wälzbetrieb und die Erwärmung des Oberflächenwassers in Erwägung zieht.

Tabelle 4: Temperatur des Lüner Sees vom 4. Juli 1965 bis 30. August 1966

Datum	4. 7.	14. 7.	23. 7.	12. 8.	22. 8.	31. 8.	16. 9.	25. 1.	3. 4.	30. 8.
Seespiegel	1965	1965	1965	1965	1965	1965	1965	1966	1966	1966
über 1900 m	44,74	53,48	59,54	67,62	67,46	68,90	68,92	64,28	46,28	64,40
Eis und Schnee								62 cm	132 cm	
	Temperatur (° C)									
0 m	8,1	11,3	9,8	11,3	11,1	8,9	8,75	0	0	8,7
0,5 m				11,0			8,5			
1 m	7,9	10,2	9,8	10,6			8,1	0,6	0,4	
2 m	7,6	8,7	9,8	10,4			7,7	1,0	0,9	8,2
3 m		7,85	9,8	10,2			7,5	1,1	1,1	
4 m	5,5	7,3	9,65	9,95			7,4	1,2	1,2	
5 m	5,5	6,5	9,5	9,0			7,25	1,3	1,5	8,1
6 m	5,4	6,0	8,4	8,4						
7 m		5,8	7,0	8,2			7,05			
8 m	5,2	5,8	6,2	8,0			6,95			
9 m		5,75	5,85	7,4						
10 m	5,0	5,7	5,75	7,0			6,85	1,7	1,7	7,8
11 m										
12 m				6,9						
13 m				6,6						
14 m				6,4						
15 m	4,7	5,4	5,5	6,2			6,78	1,9	1,9	
17,5 m										6,0
20 m	4,5	5,15	5,45	5,83			6,7	2,1	2,1	
25 m		4,9	5,35	5,7			6,64			
30 m								3,0	2,8	
31,5 m	4,4	4,85	5,3	5,63			6,1			
40 m		4,7	5,2	5,6			5,8	3,2	3,2	
50 m	4,4	4,6	5,2	5,6			5,75	3,4	3,5	
55 m										4,1
60 m		4,5	5,0	5,55			5,7			
70 m		4,5	4,75	5,45			5,63	3,7		
82,5 m		4,4	4,6	5,3			5,5			
120 m							4,69			
122 m				4,5						

Im Winter 1965/66 schloß sich die Eisdecke am 22. Dezember. Daß die lange Herbst-Vollzirkulation wieder mit der p. 20 und p. 23 für 1953 und 1964 gemeldeten starken Abkühlung bis in die große Tiefe hinab verbunden war, wird dadurch belegt, daß das Turbinenwasser nur 3,7° C aufwies. Zwei Messungen auf dem See am 25.

Jänner und am 3. April 1966 mit 3,7° bzw. 3,5° in Höhe des Einlaufs stimmen damit überein und bestätigen das Wasser der Sperrkammer als Turbinenwasser. Gleichzeitig führen diese beiden Meßserien vor Augen, wie die kalten, oberflächennahen Wasserschichten zusammen mit der Eisdecke durch das Absaugen des jeweils in Höhe des Einlaufs befindlichen Wasserkörpers langsam absinken. Außergewöhnlich an diesem Winter ist, daß der Seespiegel nur auf 1944 m (Ende April) abgesenkt wurde. Das hatte bedeutende Folgen für den Wärmehaushalt des Sees, denn er enthielt 1966 zu Beginn der Wiederauffüllung noch 59,7 Mio m³ kaltes Wasser, während es zur gleichen Zeit des Vorjahres nur 22,7 Mio m³ gewesen waren. Weil dadurch natürlich die Menge des Pumpwassers einschließlich der oberirdischen Zuflüsse entsprechend kleiner (bis zum 30. August 1966 nur 27,8 Mio m³) blieb, konnte sich der See nicht annähernd so stark wie im Vorjahr erwärmen. Der See besaß am 17. April 1966 eine 148 cm starke Eis- und Schneedecke und war am 31. Mai noch von einer geschlossenen Schnee- und Matschdecke bedeckt. Die Meßreihe vom 30. August zeigt zwar ein normal entwickeltes Epilimnion, doch zeugt die ungewöhnlich niedrige Hypolimniontemperatur von 4,1° von der geringen Erwärmung im Sommer 1966 durch die Verminderung der Pumpwassermenge. Am 14. Dezember 1966 war der See zur Hälfte mit Eis und Schnee bedeckt.

5. Leitfähigkeit, pH und andere chemische Faktoren

Zuerst möchte ich einige Ergebnisse vom 22. Oktober 1953 von BERGER (1955: Nr. 55975) anführen. Er gibt die Leitfähigkeit des Seewassers mit 175,0 μ S an und schreibt, daß sie ebenso wie der Bikarbonatgehalt mit der Tiefe nur um wenige % zunimmt. An aggressiver Kohlensäure fand er nur wenige mg/Liter. Kieselsäure war nur in Spuren am Grund vorhanden, da sie durch eine Massenentwicklung von *Synedra acus* verbraucht war. Eine Gliederung der Wassermassen zeigte einzig der PH-Verlauf, der konform mit der Temperatur eine Sprungschicht aufwies. In Tab. 5 gebe ich die von Berger für den Lüner See und zwei seiner Zuflußbäche gefundenen Werte wieder.

Tabelle 5:

	Temp. (°C)	Alk. (mval/l)	Leitf. (K ₁₈ ·10 ⁶)	Restleitf. (K ₁₈ ·10 ⁶)	SiO ₂ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
Lüner Krinne	4,7	2,35	290	100	1,0	0,1	53
Verabach	4,7	1,88	322	169	1,6	0,1	91
Lüner See		1,50	175	?	0	Spuren	?

Der Gehalt an gelösten Stoffen war damals im Bachwasser größer als im See. Daraus schloß Berger, daß der Stoffgehalt der Zuflußbäche großen Schwankungen unterworfen ist. Dies kann ich bestätigen, doch ist zu berücksichtigen, daß die beiden von ihm untersuchten Bäche normalerweise die höchste Leitfähigkeit besitzen. Die

von mir gefundenen Werte für die Leitfähigkeit bei 18° C sind aus Tab. 6 zu ersehen. Die Numerierung der Bäche bezieht sich auf Abb. 3.

Tabelle 6:

	16. September 1965	30. August 1966
Totalpbach (Nr. 1)	108,7 μ S	
Bach (Nr. 2)	122,7 μ S	
Bach (Nr. 3)	227,0 μ S	
Verabach (Nr. 4)	219,5 μ S	207,5 μ S
Lüner Krinne (Nr. 5)	1337,0 μ S	1195,0 μ S

Die Ergebnisse meiner Messungen der elektrolytischen Leitfähigkeit des Lüner Sees sind Abb. 7 und Tab. 7 zu entnehmen: Alle Werte liegen zwischen 92 und 107 μ S. Wenn man bedenkt, daß das Seewasser früher eine Leitfähigkeit von 175 μ S hatte, erkennt man sofort den Einfluß des Pumpwassers. Zweifelsohne muß dessen Leitfähigkeit erheblich niedriger als die der natürlichen Zuflüsse sein. An Hand der Depression der Leitfähigkeit sieht man deutlich, daß sich das Pumpwasser, welches in 1897 m Höhe in den See strömt, um einen Schwerpunkt bei 1925 m einschichtet. Von dort an nimmt die Leitfähigkeit gegen die Tiefe hin an allen untersuchten Tagen zu. Ich führe das auf einen mit der Tiefe zunehmenden Prozentsatz von Restwasser aus dem Winter zurück, das wegen seines höheren spez. Gewichtes nicht aufgewirbelt werden kann. Ab 15 m unter dem Einlauf nimmt der Pumpwassereinfluß stärker ab. Nach oben hin nimmt die Leitfähigkeit bis zur Temperatursprungschicht kaum merklich zu, dann aber sprunghaft.

Tabelle 7: Elektrolytische Leitfähigkeit des Lüner Sees

Datum	4. 7.	14. 7.	23. 7.	12. 8.	22. 8.	31. 8.	16. 9.	30. 8.
Seespiegel über 1900 m	44,74	53,48	59,54	67,62	67,46	68,90	68,92	64,40
	Leitfähigkeit (μ S bei 18° C)							
0 m								105,2
1,25 m	107,0	103,7	103,2	98,9	97,0	98,2	96,8	
5 m	102,6	104,9	103,9	98,9	98,6	97,8	96,8	
10 m	99,1	99,1	97,8	97,0	97,75	99,0	96,7	
15 m	98,5	99,1	97,4	93,8	94,6	96,3	96,8	
20 m	98,2	98,7	97,0	92,7	93,2	94,1	97,2	
25 m	98,6	98,7	96,4	92,8	91,8	94,1	97,4	
31,5 m	104,1	98,3	96,6	92,4	91,8	93,7	94,4	
40 m	104,7	98,9	96,6	92,4	92,1	92,8	94,4	
50 m		98,9	98,1	92,7	92,1	92,1	94,2	
60 m		98,9	98,4	93,1	92,2	93,6	94,8	
70 m		99,9	98,9	94,4	93,5		96,2	
82,5 m		104,1	100,6	95,6	95,8		97,3	
120 m							105,2	
122 m				104,1				

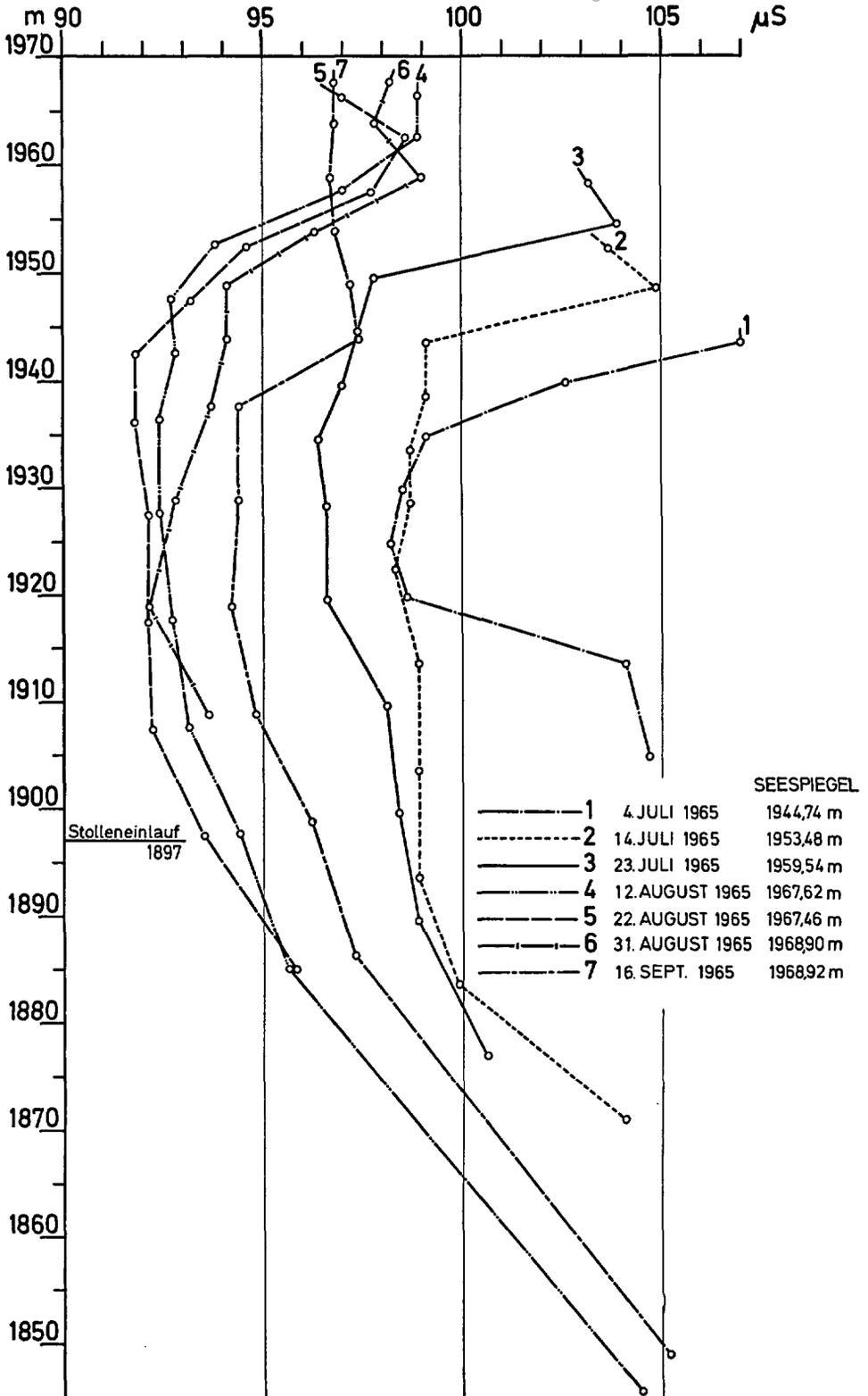


Abb. 7: Elektrolytische Leitfähigkeit (k_{18}) im Luner See 1965

Temperatur- und Leitfähigkeitskurve decken sich im Bereich des Epilimnion und der Sprungschicht. Da die natürlichen Zuflüsse eine höhere Leitfähigkeit als das Seewasser besitzen, liegt die Vermutung nahe, daß diese die höhere Leitfähigkeit des Epilimnion verursachen. Größenordnungsmäßig stimmen sommerlicher Zufluß aus dem Einzugsgebiet und Volumen des Epilimnion überein (15 Mio m³), so daß wir durchaus annehmen können, daß die Oberflächennzone zum größten Teil aus Bachwasser besteht. Mit ihrer hohen elektrolytischen Leitfähigkeit müßten die oberflächennahen Wässer spezifisch schwerer sein als tiefer gelegene Wasserschichten. Die Dichteerhöhung durch Salze wird jedoch überkompensiert durch den Einfluß der Temperatur auf das spezifische Gewicht des Wassers. Die Resultierende aus beiden Effekten ist eine Zunahme des spezifischen Gewichtes mit der Tiefe als Voraussetzung für eine stabile Sommerschichtung. Ich halte es dabei für durchaus möglich, daß das schwerere und kältere Bachwasser die Sprungschicht stellenweise durchbrechen kann, doch muß es dann im Hypolimnion völlig vermischt werden, da in den Leitfähigkeitskurven keine Spur mehr zu sehen ist. So einen Einbruch ins Hypolimnion könnte man vielleicht direkt vor der Mündung des Verabaches nachweisen. Die Zuflüsse liefern dem temperaturbedingten Epilimnion aber auf jeden Fall genügend gelöste Salze, daß sich auch bezüglich der Leitfähigkeit eine fast völlig getrennte Oberschicht bilden kann. In Abb. 7 sehen wir eindeutig, daß diese Oberschicht nur durch den Herbstwind zugleich mit dem Temperatur-Epilimnion in die Tiefe gerührt wird. Die leichte Abnahme der Leitfähigkeit gleich unter der Oberfläche führe ich auf Niederschläge zurück, die direkt auf dem See auffallen.

Tabelle 8: pH des Seewassers nach der Methode von Michaelis

Datum	4. 7.	14. 7.	23. 7.	12. 8.	22. 8.	31. 8.	16. 9.
Seespiegel über 1900 m	1965 44,74	1965 53,48	1965 59,54	1965 67,62	1965 67,46	1965 68,90	1965 68,92
1,25 m	7,48	7,39	7,28	7,46	7,51	7,42	7,43
5 m	7,35	7,31	7,26	7,42	7,43	7,40	7,29
10 m	7,35	7,35	7,31	7,27	7,43	7,38	7,29
15 m	7,33	7,35	7,30	7,31	7,34	7,32	7,32
20 m	7,27	7,31	7,22	7,25	7,27	7,205	7,33
25 m	7,46	7,31	7,25	7,23	7,20	7,22	7,30
31,5 m	7,42	7,28	7,21	7,23	7,20	7,23	7,24
40 m	7,34	7,31	7,27	7,17	7,20	7,315	7,27
50 m		7,31	7,27	7,23	7,22	7,315	7,30
60 m		7,34	7,18	7,26	7,25	7,38	7,30
70 m		7,26	7,22	7,26	7,27		7,30
82,5 m		7,25	7,19	7,29	7,27		7,30
120 m							7,55
122 m				7,29			

Im Laufe von Juli und August zeigt sich, daß durch das Pumpwasser die Leitfähigkeitskurven immer weiter nach links zu niederen Werten rücken. Ende August

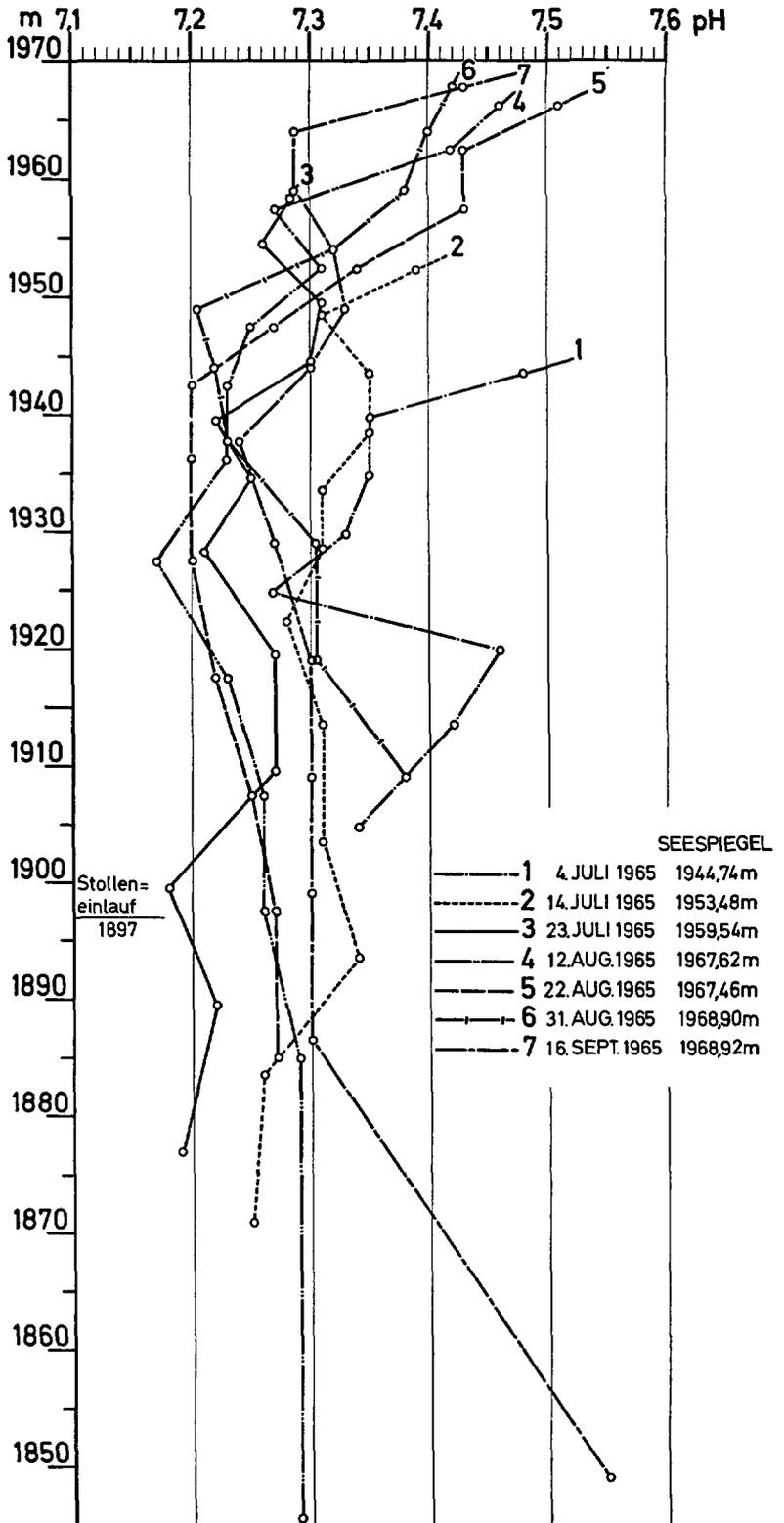


Abb. 8: pH im Luner See 1965

bleiben sie unverändert und rücken im September wieder zu höheren Werten. Im oberen Verlauf der Septemberkurve ist diese Erscheinung durch das in größere Tiefe reichende Epilimnion erklärbar. Im unteren Verlauf kann sie nur von Pumpwasser mit höherer Leitfähigkeit herrühren. Bestätigen kann ich diese Ansicht durch eine Messung von Wasser aus dem Pumpensumpf des Lüner-See-Werkes vom 1. Oktober 1965, die $120,2 \mu\text{S}$ ergab. Wir können sowohl für die Zuflüßbäche als auch für das Wasser aus dem Freispiegelstollen annehmen, daß die Leitfähigkeit zur Zeit der starken Wasserschüttung nach der Schneeschmelze geringer als bei der schwachen Schüttung im Herbst ist. Zu beiden Zeitpunkten liegt aber die der Bäche wesentlich höher. Im See dürften sich bei der starken Herbst-Vollzirkulation die gelösten Stoffe gleichmäßig verteilen, so daß für den Winter kaum Unterschiede bezüglich der Leitfähigkeit zu erwarten sind.

Bei der Deutung des pH (Abb. 8) ist eine Korrelation zur Leitfähigkeit auffällig: Die Kurven rücken im Laufe des Sommers nach links, der pH sinkt also. Im September liegt der pH aber wieder höher. Dann zeigen pH und Leitfähigkeit auch in der Tiefe eine Korrelation. Schön ausgeprägt ist der pH-Anstieg an der Oberfläche. Den Daten vom 23. Juli ist kaum Aussagewert beizumessen, da die pH-Untersuchung dieser Probenreihe sehr spät erfolgte.

B. Das Zooplankton des Lüner Sees im Allgemeinen

I. Methode

Für grundsätzliche Hinweise zum Problem der quantitativen Zooplanktonforschung möchte ich auf ELSTER (1958) hinweisen. Es stehen prinzipiell drei Methoden zur Verfügung:

1. Die Netzmethode: Wenn man durch Verwendung von Nylonnetzen, die man von Zeit zu Zeit erneuert, Quellung und Altern der Fäden ausschließt, so kann diese Methode sicher in vielen Fällen von großem Nutzen sein. Besonders in Gewässern mit wenig organischem und anorganischem Material wird sie verwendbar sein. Auch in anderen Fällen wird sie zum Fang von größeren Planktonbestandteilen (z. B. Copepoden) nützlich sein, wenn eine Verstopfung der Maschen ausgeschlossen ist. Diese Verstopfung ist ein schwerer Nachteil der Methode. Die Filtrierfähigkeit kann dadurch so stark herabgesetzt werden, daß man nicht mehr bestimmen kann, welche Wassermenge filtriert wurde. Vor allem verändert sich durch die Verstopfung die filtrierte Wassermenge während der Probenentnahme, weil das Wasser bei deren Beginn noch normal, bei deren Ende aber kaum noch filtriert wird.

2. Die Schöpfermethode: Sie hat den Nachteil, ein zu kleines Volumen zu liefern, und scheidet schon deshalb meistens aus. Weitere Nachteile sind, daß diese Methode nur Stichproben liefern kann, und daß der Schöpfer beim Durchgleiten des Wassers eine gewisse Turbulenz erzeugt.

3. Die Pumpmethode: Sie ist die beste Methode, da sie die Fehler der beiden vorigen nicht aufweist. Die Flucht der Kleinkrebse vor der Turbulenz am Schlauchende wird verhindert, indem man einen Trichter in das Einsaugende des Schlauches steckt. Die Wassermenge der Proben kann beliebig gewählt werden. Weiters ist es von großem Vorteil, daß man durch Heben und Senken des Schlauches einen Mittelwert in der Lotrechten und durch Umherfahren mit dem Boot einen solchen in der Waagrechten herstellen kann. Nachteilig ist, daß die Methode bei tiefen Seen zeitraubend und in technischer Hinsicht aufwendig wird.

Die Untersuchung am Lüner See konnte ich meist zusammen mit Kollegen Helmut Fellner machen, der Algenproben für seine Hausarbeit entnahm. Ihm möchte ich hier für die Planktonprobe vom 3. April 1966 und für die Temperaturdaten vom gleichen Tag sowie vom 25. Jänner 1966 danken. Wir verwendeten für unsere Untersuchungen ein Ruderboot, welches uns die Vorarlberger Illwerke freundlicherweise zur Verfügung stellten. Da wir den See bis in 90 m

Tiefe untersuchen wollten, benutzten wir einen ebensolangen Schlauch von $\frac{3}{4}$ Zoll Stärke. Zweckmäßigerweise wurde der Schlauch in zwei Stücken zu 30 und 60 m Länge verwendet. Am kürzeren Stück wurde in den Einsog ein Plastiktrichter mit 15 cm Durchmesser gesteckt. Das Ende mit dem Trichter wurde an einem einige Kilogramm schweren Eisenstück festgebunden, welches mit einem Drahtseil von einer Seilwinde in die Tiefe hinabgelassen werden konnte. Das andere Ende wurde mit einer Flügelpumpe verbunden, deren Auslaufschlauch in einen 10-l-Plastikkübel hing. Für Tiefen bis zu 27,5 m wurde nur der kurze Schlauch verwendet. Für die größeren Tiefen schoben wir den langen Schlauch zwischen den kurzen und die Pumpe ein. Um Mittelwerte zu erhalten, wurde das Gewicht mit dem Einlauf innerhalb der Grenzen der gewünschten Schicht herauf- und hinuntergelassen. Zusätzlich wurde das Boot auf einem in der Seemitte gelegenen Areal umhergefahren (vgl. die Seekarte in Abb. 3). Oft half der Wind dabei (auch mehr als erwünscht) mit. Durch den oft stürmischen Wind ergaben sich häufig Schwierigkeiten, da eine Schräglage der Leine nur mit Mühe verhindert werden konnte. Bei den großen Tiefen wurde der Schlauch durch den von der Pumpe im Schlauchinnern erzeugten Unterdruck stark zusammengedrückt. Daraus geht hervor, daß die Reibung des Wassers an den Schlauchwänden größer war als die Formbeständigkeit des Schlauches. Um sich die Größe dieser Kraft vor Augen zu führen, muß man nur versuchen, einen ebenso dickwandigen, kalten Plastikschlauch mit den Fingern zusammenzudrücken. Das Zusammenpressen des Schlauches vermindert auch die Förderleistung der Pumpe. Ungünstig war diesbezüglich vielleicht auch die Engstelle, welche die Kupplungsstücke der beiden Schläuche darstellten, doch war dies bei 90 m Schlauchlänge nicht anders möglich. Um gute Mittelwerte zu erhalten, mußten wir eine möglichst große Menge Pumpwasser verwenden. Wir steckten deshalb den Auslaufschlauch der Pumpe tief in den jeweiligen 10-l-Behälter, damit sich das Wasser mischen und der Überschuß überlaufen konnte. Die 90 m tiefe Untersuchungszone teilten wir in 12 Stufen ein (Tab. 9). Beim Übergang von einer Stufe zur anderen ließen wir sicherheitshalber eine entsprechende Menge Pumpwasser in den See zurücklaufen.

Tabelle 9: Tiefenstufen bei der Probenentnahme

Bereich der Stufe m	Schichtdicke m	mittl. Tiefe m
0 — 2,5	2,5	1,25
2,5— 7,5	5	5
7,5—12,5	5	10
12,5—17,5	5	15
17,5—22,5	5	20
22,5—27,5	5	25
27,5—35	7,5	31,5
35 —45	10	40
45 —55	10	50
55 —65	10	60
65 —75	10	70
75 —90	15	82,5

Die Temperaturmessungen wurden mit einem Ruttnerschöpfer durchgeführt. Mit diesem wurde auch das Wasser für pH- und Leitfähigkeitsmessung entnommen.

Mit einem Planktonnetz von 34 μ Maschenweite machte ich Vertikalzüge, um die qualitative Zusammensetzung des Planktons genauer überprüfen zu können und um Lebendmaterial zu erhalten. Am 9. November 1965, am 3. April 1966 und am 30. August 1966 konnten die Planktonproben nur auf diese Art gewonnen werden. Vertikale Netzzüge verwendete ich auch zur Untersuchung der horizontalen Planktonverteilung.

Die 10-l-Behälter wurden abends im Magazin der Voralberger Ilwerke am Seeufer filtriert. Zu diesem Zwecke wurde ein Deckel in der Mitte durchbohrt und ein Filterkopf aufgeschraubt, in den zwei Filter mit je 6,2 cm² Siebfläche eingelegt werden konnten. Ich legte diese Filter

so ein, daß das Wasser zuerst das mit 63μ und dann das mit 36μ Maschenweite durchfließen mußte. Zum Filtrieren stellte ich die Behälter auf den Kopf. Luft strömte durch einen PVC-Schlauch ein, der durch ein zweites Loch im Deckel ins Innere führte. Diese Arbeit dauerte je nach der Menge des Filtrats 2 bis 6 Stunden pro 12 Behälter. Das Filtrat wurde mit Hilfe einer Spritzflasche, die jeweils mit filtriertem Wasser der gleichen Probe gefüllt war, in ein 100-ml-Fläschchen gespült. Dazu gab ich einige Tropfen Formalin. Später fügte ich zu Hause weiteres Formalin hinzu, um eine Konzentration von 4% zu erreichen.

Zu Hause mußte ich von der üblichen Sedimentationsmethode in Verbundkammern nach UTERMÖHL abgehen, da ich keine ausreichende Anzahl davon zur Verfügung hatte. Ich ließ das Plankton in den 100-ml-Plastikfläschchen zuerst zwei Tage sedimentieren und sog dann mit einer sehr großen Pipette das Wasser bis auf eine geringe Bodenschicht, die aber fast alles Plankton enthielt, ab. Das abgesogene Wasser wurde sofort durch ein $36\text{-}\mu$ -Filter abfiltriert. Die Bodenschicht füllte ich in Tablettenröhrchen, die auch zur Aufbewahrung dienten. Darauf filtrierte ich das Waschwasser der Flasche durch das genannte Filter und spülte das so gewonnene Filtrat ebenfalls in das Tablettenröhrchen. Bei dieser Methode wird der größte Teil des Planktons nicht neuerlich filtriert und so die Zahl der Fehlerquellen vermindert. Bei der Untersuchung des Waschwassers, des Filters und der anderen Geräte konnte ich auch keine Tiere finden. Aus den Tablettenröhrchen brachte ich das Filtrat in eine selbstgebaute quadratische Auszählkammer. Diese erwies sich beim Auszählen mit dem Reichert-Biozet-Mikroskop praktischer als die runden Verbundkammern. Die angeführte Methode hat gegenüber der Sedimentationsmethode den Vorteil, daß man eine Probe mit wenig Plankton in einer Kammer auszählen kann. Überdies erfordert sie keine Wartezeit.

Die pH-Bestimmung wurde nach MICHAELIS ausgeführt, die Leitfähigkeitsmessung erfolgte mit dem Pontavi-Wheatstone mit Summer von Hartmann & Braun/Frankfurt.

2. Die einzelnen Vertreter des Planktons und ihr Prozentsatz

Das Zooplankton des Lüner Sees ist sehr artenreich. Da die Rädertiere in ihm vorherrschend sind, möchte ich mit ihnen beginnen. Tab. 10 gibt eine Übersicht. Die angeführten Prozentzahlen beziehen sich auf die Summe der Individuen über alle sieben quantitativ untersuchten Tage. Die Angaben über das Lebendvolumen sind gleichfalls so zu verstehen. Um dieses Volumen zu erhalten, habe ich die in Tab. 11 angeführten Individuenzahlen mit den von NAUWERCK (1963) für die einzelnen Arten gefundenen Volumina multipliziert. Da *Synchaeta stylata* bei ihm nicht angeführt ist, setzte ich den Wert der ähnlich großen *Synchaeta lakowitziana* ein.

Tabelle 10: Die Rädertiere des Lüner Sees: Prozentanteile und Volumina (vgl. p. 29)

	% der Individuen	Volumen unter 1 m ³ , Summe von 7 Tagen (mm ³)	Volumen eines Individuums (μ^3)
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	60,5	265	$6,0 \cdot 10^6$
<i>Synchaeta stylata</i>	22,75	166	$1,0 \cdot 10^6$
<i>Asplanchna priodonta</i>	8,4	4.900	$8,0 \cdot 10^7$
<i>Kellicottia longispina</i>	2,5	18,6	$1,0 \cdot 10^6$
<i>Polyarthra vulgaris</i>	1,75	70,9	$5,5 \cdot 10^6$
<i>Keratella quadrata</i>	1,65	12	$1,0 \cdot 10^6$
<i>Keratella hiemalis</i>	1,65	6	$5,0 \cdot 10^4$
<i>Keratella cochlearis cochl. f. typ.</i>	0,7	2,47	$5,0 \cdot 10^4$
<i>Keratella cochl. var. reg. f. ecaudata</i>	0,1	0,35	$5,0 \cdot 10^4$

Die Zusammensetzung des Rotatorien-Planktons schwankt an den einzelnen Tagen stark; Arten, die in der Gesamtsumme nur mit einem oder zwei Prozent aufscheinen, können an manchen Tagen dominieren.

Neben den Rädertieren treten die Phyllopoden und Copepoden ganz zurück. Am häufigsten ist noch *Bomina (coregoni?)*, die Anfang Juli in nennenswerter Anzahl auftritt. Später tritt sie ebenso wie *Daphnia (pulex?)*, *Cyclops tatricus* und *Diaptomus* sp. nur mehr selten und unregelmäßig in allen Tiefenstufen auf. Einige Male fanden sich auch eingeschwemmte Nematoden in den Filtraten. An Rädertieren traten im Netzplankton selten auch noch *Colurella (colurus oder adriatica?)*, *Cephalodella* sp., *Euchlamis dilatata*, *Filinia (longisetata?)*, *Monommata (grandis?)*, *Notholca limnetica* u. a. auf. Zu erwähnen ist ferner, daß im Lüner See seit Jahrzehnten ein Bestand von Seesaiblingen vorhanden ist. Die Fische erreichen aber selten normale Größe.

Um einen Vergleich mit dem ursprünglichen See anstellen zu können, möchte ich die Ergebnisse einer Untersuchung vom 21. Oktober 1953 durch RUTTNER (1955: Nr. 55975, p. 7) anführen. Er schreibt:

„Das Plankton des Lüner Sees zeigt zur Zeit der Probenentnahme einen quantitativ reich entwickelten pflanzlichen gegenüber einem sehr ärmlichen tierischen Anteil. Individuenzahlen im Kubikzentimeter, wie sie die Kieselalge *Synedra acus* aufweist, gehören (zumal es sich keineswegs um eine ganz kleine Form handelt) in oligothropen Hochgebirgsseen zu den Ausnahmen. Die Zusammensetzung des pflanzlichen Planktons weicht in keiner Weise von jener anderer alpiner Hochgebirgsseen ab. Das Zooplankton ist, abgesehen von seiner Armut, in quantitativer Hinsicht dadurch bemerkenswert, daß die Rädertiere weitaus überwiegen, während die Krebse sehr zurücktreten. Es wurden nur vereinzelte Exemplare von *Cyclops strenuus* gefunden. Die in Alpenseen weit verbreitete Gattung *Diaptomus* sowie die ganze Gruppe der Cladoceren fehlten vollkommen. Was die vertikale Verteilung anbelangt, so sind die Volksdichten bis etwa 30 m, also bis unterhalb der gleichmäßig temperierten Durchmischungszone annähernd gleich. Erst unterhalb dieser Tiefe beginnt, wie in allen Seen, die lichtbedingte Abnahme. Immerhin ist es bemerkenswert, daß *Synedra acus* auch noch in den größten Tiefen in erheblicher Menge gefunden wurde. Dies ist bei dieser Art nicht erstaunlich, da sie als ausgesprochene Kälteform den Sommer in der niedrig temperierten Tiefe zu überdauern pflegt. Zusammensetzung und Verteilung des Planktons sind im SW-Becken und an der tiefsten Stelle des N-Beckens völlig gleich“.

Vergleicht man nun die Verhältnisse aus dem Jahr 1953 mit denen von 1965 und 1966, so sieht man, daß der See seine Eigenart bewahrt hat. Nach wie vor herrschen die Rädertiere vor. Ihre Anzahl ist allerdings nicht mehr spärlich. Die Krebse sind zwar nun durch 4 Arten vertreten, doch ist ihre Anzahl gering geblieben. Das Herbstmaximum der Kieselalge *Synedra acus* tritt auch unter den heutigen Bedingungen auf. So konnte ich diese etwa 130 μ lange Diatomee am 9. November 1965 in großer Anzahl feststellen. Ihre für einen Hochgebirgssee geradezu unglaublich hohen Indi-

viduenzahlen, wie sie am 30. August 1966 auftraten, sprechen dafür, daß das herbstliche Maximum von *Synedra acus* ein Spezifikum des Lüner Sees ist.

Erwähnen möchte ich noch, daß das übrige Phytoplankton sehr artenreich ist. Neben Blau- und Grünalgen treten besonders pennate Diatomeen in großer Artenfülle auf. Unter diesen sind auch litorale Formen vorhanden, welche die Nylonsehnüre der Bojen, die zur Markierung des von uns untersuchten Bereiches der Seeoberfläche dienten, in kurzer Zeit dicht bewachsen hatten. Im einzelnen konnte ich u. a. folgende Arten feststellen: *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Meridion circulare*, *Ceratium hirundinella*, *Peridinium* sp., *Dinobryon sociale* var. *americanum*, *Pediastrum* sp. und *Staurastrum Leitkemülleri*. In größerer Zahl waren diese Algen Ende Juli bis August 1965 und am 30. August 1966 vorhanden.

3. Entwicklungsverlauf

Um eine bessere Übersicht zu ermöglichen, habe ich die Ergebnisse der einzelnen Tage in Tab. 11 zusammengestellt und in Abb. 9 graphisch dargestellt. In Abb. 9 zog ich als Maßstab für die Rädertiere die Kubikwurzel ihrer Individuenanzahl heran, da diese nach BERGER (1965) die Anzahl von Individuen angibt, die mit statistischer Wahrscheinlichkeit auf einer linearen Wegstrecke von 1 m angetroffen werden. Dazu werden die Strecken auf dem Diagramm einfach in cm abgegriffen. Um Abb. 9 darüber hinaus die Individuenzahl pro m³ oder pro 10 Liter direkt entnehmen zu können, habe ich einen Maßstab nach der Kubikwurzel aufgetragen. In den einzelnen Tiefenstufen habe ich die verschiedenen Arten nach ihrem Prozentsatz eingezeichnet. Bei der Deutung dieser Prozentzahlen ist aber zu bedenken, daß ihr Maßstab linear, der des jeweiligen Gesamtbetrages aber nicht linear ist. Diese Teilbeträge können daher nicht mit dem aufgetragenen Maßstab abgegriffen werden. Weiters ist zu beachten, daß zufolge dieser Darstellungsweise kleine absolute Individuenanzahlen, die einen hohen Prozentsatz der Gesamtzahl in einer Schicht erreichen, größer erscheinen als große Individuenanzahlen, die nur einen kleinen Prozentsatz in einer noch wesentlich größeren Gesamtzahl ausmachen.

Das Rädertierplankton nahm vom 4. Juli bis zum 16. September 1965 beachtlich zu. Im Juli liegt die Bevölkerungsdichte zwischen 70.000 und 100.000 Tieren unter 1 m². Dabei handelt es sich hauptsächlich um *Kellicottia longispina* und *Keratella quadrata*. Erst Ende Juli erlangen *Polyarthra dolichoptera* und *Keratella cochlearis cochlearis* Bedeutung. Im August ändert sich das Bild, und *Polyarthra dolichoptera*, *Synchaeta stylata* und *Asplanchna priodonta* beherrschen das Feld. Die übrigen Rädertiere sind zwar noch in erheblicher Anzahl vorhanden, doch fällt ihr Prozentanteil durch die starke Zunahme der drei erstgenannten Arten nicht mehr ins Gewicht. Am 22. August sehen wir bereits 1,325.000 Individuen unter 1 m². Der 31. August zeigt einen Rückgang der Gesamtzahl, der auf eine Abnahme von *Polyarthra dolichoptera* und *Asplanchna priodonta* zurückzuführen ist. Im September erreichte der m²-Wert mit 4,7 Millionen seine maximale Höhe. Da bei 7 Arten eine starke Zunahme

Tabelle 11: Rotatorienplankton im Sommer 1965
(Die angeführten Zahlen geben an, wieviele Individuen sich unter 1 m³ Seesoberfläche befinden)

Datum	Tages- summe	<i>Polychoptra</i>	<i>Polychaeta</i>	<i>Synchaeta</i>	<i>Asplanchna</i>	<i>Kellicottina</i>	<i>Keratella</i>						
4. Juli	69.300 100%	—	—	—	800 1,2%	33.250 47,9%	34.750 50,1%	—	—	—	500 0,8%	—	—
14. Juli	97.250 100%	6.500 6,7%	1.500 1,5%	3.000 3,0%	3.000 3,4%	43.500 48,3%	42.750 44,0%	—	—	—	500 0,5%	—	—
23. Juli	66.000 100%	16.000 24,2%	5.000 7,6%	2.250 3,4%	2.250 3,4%	27.000 40,9%	6.250 9,5%	1.000 1,5%	1.000 1,5%	1.000 1,5%	8.500 12,9%	—	—
12. August	287.750 100%	213.500 74,2%	19.000 6,6%	8.750 3,0%	22.500 7,8%	—	1.000 0,4%	1.000 0,4%	7.000 2,4%	7.000 2,4%	14.000 4,9%	2.000 0,7%	2.000 0,7%
22. August	1.325.000 100%	835.250 63,0%	1.000 0,1%	193.000 14,5%	233.250 17,6%	31.750 2,5%	17.500 1,3%	17.500 1,3%	10.750 0,8%	10.750 0,8%	1500 0,1%	1.000 0,1%	1.000 0,1%
31. August	707.250 100%	302.500 42,8%	86.250 12,2%	234.250 33,1%	24.500 3,5%	7.500 1,0%	1.500 0,3%	1.500 0,3%	33.000 4,6%	33.000 4,6%	15.750 2,2%	2.000 0,3%	2.000 0,3%
16. September	4.748.700 100%	3.043.250 64,1%	17.750 0,35%	1,222.500 25,8%	326.500 6,9%	42.500 0,9%	16.500 0,3%	16.500 0,3%	68.500 1,4%	68.500 1,4%	9.000 0,2%	2.500 0,05%	2.500 0,05%
Summe von allen 7 Tagen	4.417.000	129.000	1,660.000	612.800	185.500	120.250	120.250	120.250	120.250	49.750	7.000	7.000
		60,5%	1,75%	22,75%	8,4%	2,5%	1,65%	1,65%	1,65%	1,65%	0,7%	0,1%	0,1%
Vertikalzug mit einem 34 µ-Netz (freie Siebfläche 50%):													
9. November	11.260 100%	8.000 71,0%	—	400 3,6%	1.080 9,6%	480 4,3%	—	—	1.060 9,4%	1.060 9,4%	240 2,1%	—	—

zu verzeichnen ist, können wir annehmen, daß der Herbst optimale Entfaltungsmöglichkeiten bietet.

Das ist an sich nicht verwunderlich, da ja auch bei vielen anderen Hochgebirgsseen Herbmaxima auftreten. Dennoch bin ich der Ansicht, daß im Falle des Lüner Sees das Pumpwasser einen bedeutenden Einfluß ausübt. Erst nach dem Ende der Saisonumspeicherung am 5. August kommt es zur Massenentfaltung der Rädertiere. Das trübe Wasser ist sicher nicht ohne Einfluß auf die Entwicklung der Tiere. Leider habe ich die Sichttiefe nur am 16. September, an dem sie 5 m betrug, gemessen. Man kann jedoch für den Juli wesentlich geringere Werte annehmen. Das wird durch den Gehalt der Filtrate an anorganischen und organischen Schwebepartikeln bestätigt. Die Filtrate wiesen nämlich im Juli einen um ein Vielfaches höheren Gehalt an Trübungsstoffen auf. Das Überwiegen von *Kellicottia longispina* und *Keratella quadrata* im Juli ist wohl darauf zurückzuführen, daß sich diese Tiere durch eine raschere Entwicklung nach der durch den Abfluß des Speicherwassers bedingten Verarmung des Sees an Plankton schneller vermehren können. Die beiden Arten zeigen diesbezüglich und in ihrer weiteren Entwicklung einen bemerkenswerten Gleichlauf. Bei den übrigen Rädertieren kann man das Heranwachsen der Population während der Untersuchungsperiode gut beobachten. Die Entwicklung nach dem 16. September kann nur abgeschätzt werden. Erst am 9. November konnte nochmals ein Netzzug gemacht werden. Wenngleich für eine sichere quantitative Auswertung der Netzfänge das Netz an den Pumpfängen hätte geeicht werden müssen, so stellen die Werte doch eine wertvolle Bereicherung für die Deutung des Entwicklungsganges dar. Auch ohne Eichung, die durch große Unterschiede des Verstopfungsfaktors auch nicht exakt gewesen wäre, sieht man, daß das Maximum völlig verschwunden ist. Insgesamt sind weniger Tiere vorhanden als im Juli. Das legt die Vermutung nahe, daß das Maximum der Individuenanzahl doch Mitte oder Ende September zu suchen ist. Die große Anzahl von *Synedra acus* am 9. November läßt für das Phytoplankton im Jahre 1965 ein Maximum im Oktober vermuten. Diese Ansicht wird durch die optimale Entwicklung von *Synedra acus*, *Dinobryon sociale* var *americanum* und *Fragilaria crotonensis* am 30. August des folgenden Jahres bestätigt. Vielleicht löst ein Maximum des Phytoplankton im Oktober das der Rädertiere im September ab. Wenn diese Abfolge schon vor der Aufstauung bestand, kam RUTNER, der am 23. Oktober überaus viele Individuen von *Synedra acus* aber nur ganz wenige Rädertiere vorfand, erst nach der Hauptentwicklung der Rotatorien an den See.

Das Planktonleben unter dem Eis dürfte spärlich, jedoch artenreich sein. So konnte ich in einer am 3. April 1966 mit dem Netz entnommenen Probe nur 30 Tiere zählen. Je 10 entfielen auf *Kellicottia longispina* und *Keratella hiemalis*, der Rest auf *Polyarthra dolichoptera*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochl. cochl.* und *Cyclops tataricus* (2 Copepodide). Vielleicht war *Synchaeta stylata* vorhanden, doch konnte ich dies am toten Material nicht sicher feststellen. Am 3. April 1966 war der See ausnahmsweise nur wenig abgesenkt und bot daher eher günstigere Bedingungen als

Tabelle 12: Eiproduktion im Sommer 1965 (Eier unter 1 m² Seeoberfläche)

Datum	Eier von <i>Polyarthra dolichoptera</i>			insges.	<i>Synchaeta stylata</i>		Summe
	Dauer-Subitan-Männchen				Dauereier	andere Eier	
4. Juli	—	—	—	—	—	13.750	13.750
14. Juli	—	11.000	—	11.000	—	18.250	29.250
23. Juli	—	7.500	—	7.500	—	12.750	20.250
12. August	12.000	41.800	?	53.800	?	63.450	117.250
	22,3%	77,7%		100%			
22. August	86.000	97.250	16.500	199.750	4.500	138.500	342.750
	43,1%	48,7%	8,2%	100%			
31. August	239.750	118.000	90.500	448.250	306.250	278.000	1.032.500
	53,4%	26,4%	20,2%	100%			
16. September	483.500	198.850	76.500	758.850	355.500	450.900	1.565.250
	63,7%	26,2%	10,1%	100%			
Summe von allen 7 Tagen	821.250	474.400	183.500	1.479.150	666.250	975.600	
	55,6%	32,0%	12,4%	100%			

sonst. In normalen Jahren dürfte die Erreichung der niedrigsten Seespiegelhöhe und der dadurch hervorgerufene etwa 76%ige (1965) Volums- sowie Planktonverlust einen Tiefstand in der Entwicklung der Lebewelt bewirken.

Zur Überprüfung der Ergebnisse vom Vorjahr entnahm ich am 30. August 1966 mit dem Netz eine Planktonprobe. Bedauerlicherweise blieb die erhoffte Bestätigung teilweise aus. Durch die geringere Seespiegelabsenkung hatten sich die Lebensbedingungen geändert. So blieb etwa die Erwärmung des tieferen Wassers gegenüber dem Vorjahr stark zurück (Abb. 6). Daher waren auch Veränderungen in der Zusammensetzung des Planktons zu erwarten. Hauptbestandteile neben der erwähnten *Synedra acus* waren *Polyarthra dolichoptera*, deren Dauereier und *Kellicottia longispina*, von der ein hoher Prozentsatz Eier trug. Daneben waren noch Subitan- und Männcheneier von *Polyarthra dolichoptera*, sowie Dauereier von *Synchaeta stylata* vorhanden. Letztere dürfte ebenfalls in der Probe gewesen sein, doch war die Form fixiert nicht eindeutig zu bestimmen. *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *Keratella hiemalis* und *Cyclops tatricus* fand ich selten, und andere Arten konnte ich nur in einzelnen Exemplaren sehen.

4. Vertikalverteilung

Ein gutes Bild der Vertikalverteilung gibt Abb. 9. Bei der Betrachtung dieses Diagramms ist die starke Milderung der Maxima durch die Darstellung in der Kubikwurzel zu bedenken. Die Verteilungskurven des Juli zeigen ein eigenartiges Bild. Die Wetterverhältnisse sind an allen drei Untersuchungstagen ähnlich: Wind und bedeckter Himmel, am 4. und 23. 7. Regen, am 4. 7. in Schnee übergehend. Die Trübung des Wassers ist auch gleichbleibend stark. Es ist somit schwierig, die unterschiedliche Lage und überhaupt das Auftreten der Minima zu erklären. Ich sehe eine

Lösung dafür nur in der Annahme von Verdünnungseffekten. Am 14. Juli ist das Maximum mitten entzweitgeteilt. Zudem ist in der Verteilung der Arten oberhalb und unterhalb kein nennenswerter Unterschied. Ein Vergleich mit der Leitfähigkeit (Abb. 7) ergibt, daß diese genau in der Lücke ihren höchsten Wert annimmt. Ich glaube daher, daß sich Bachwasser 5 m unterhalb der schon stark erwärmten Oberfläche (11,30) eingeschoben hat. Das Minimum des 23. Juli, das schon eher verwischt ist und sich bereits in 15 m Tiefe befindet, zeigt den gleichen Effekt, aber abgeschwächt. Vielleicht geht der niedere Zooplanktonwert der Oberflächenschicht des 4. Juli auch auf eine solche Verdünnung zurück. Die höchste Leitfähigkeit liegt an diesem Tag an der Oberfläche. Das fast völlige Fehlen von Tieren in größerer Tiefe halte ich für eine Folge des durch die starke Wassertrübung bedingten Lichtmangels oder für eine Folge der Wasserturbulenz, welche die Ansammlung in einzelnen Schichten verhindert. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die stets wachsende Pumpwassermenge die belebte warme Oberflächenschicht einfach immer höher hebt, ohne selbst eine größere Planktonmenge zu beherbergen.

Schlagartig ändert sich die Lage im August. Kaum hat die Saisonpumpspeicherung am 5. August aufgehört, finden wir Plankton bis in 90 m Tiefe. Ob daran die größere Lichtdurchlässigkeit des Wassers, die weniger scharfe Trennung des Sees in zwei übereinanderliegende Zonen oder die schwächere Turbulenz des Tiefenwassers schuld ist, ist nicht sicher zu sagen. Wahrscheinlich sind alle drei Faktoren daran beteiligt, da sie gleichzeitig auftreten. Die Vertikalverteilung im August und im September ist ziemlich gleichbleibend. Die Anzahl der Tiere nimmt in allen Tiefen zu. Am windstillen und wolkenlosen 12. August liegt das Maximum in der Oberflächenschicht. Der 22. August zeigt zwei Maxima, eines in der Oberflächenschicht, das andere in 10 m Tiefe. Die Ursache dieser Situation dürfte in den hohen Sturmwellen dieses regnerischen Tages zu suchen sein. Am windstillen 31. August sehen wir ein Maximum in 5 m Tiefe, welches mit dem trüben Regenwetter dieses Tages zusammenhängen dürfte. Am 16. September dagegen ist wegen des windstillen und wolkenlosen Wetters die höchste Individuenzahl erst in 10 m Tiefe anzutreffen.

5. Horizontalverteilung

Um eventuelle horizontale Verschiedenheiten der Planktonmenge und -zusammensetzung feststellen zu können, machte ich am 17. September 1965 in den einzelnen Seeteilen insgesamt 10 Vertikalzüge durch eine Wassersäule von meist 60 m Tiefe. Die Lage der Meßpunkte ist in Abb. 3 und Abb. 10 eingezeichnet. Um die Lage der Punkte möglichst genau zu fixieren, habe ich jeweils den Grund gelotet. Drei Punkte lagen im Bereich der größten Tiefe des Sees im N-Becken:

- A Grund tiefer als 120 m
- B Grund tiefer als 120 m
- C Grund in 116 m Tiefe

Zwei Punkte befanden sich vor dem Südufer:

- D Grund in 66 m Tiefe
- E Grund in 38 m Tiefe

Zwei Punkte lagen in der Mitte des SW-Beckens:

- F Grund nicht gelotet
- G Grund in 65 m Tiefe

Die letzten drei Punkte sollten den Westteil des Hauptbeckens erfassen:

- H Grund in 61 m Tiefe
- I Grund in 100 m Tiefe
- J Grund in 67 m Tiefe

Die Region unter 60 m Tiefe wurde durch zwei 120 m tief reichende Vertikalzüge im Hauptbecken untersucht, doch konnte ich keinen Unterschied zu den an gleicher Stelle gemachten 60 m tief reichenden Netzzügen feststellen.

Das Wetter war einige Tage vor der Probenentnahme nach Aussagen der Dammwärter schön und praktisch windstill. Durch den Wind waren also keine Planktonverfrachtungen zu erwarten. In anderer Hinsicht stand die Untersuchung unter einem unglücklichen Stern. Wegen des Herbstmaximums enthielten die Netzzüge so viele Tiere, daß von jeder Probe immer nur ein Teil ausgezählt werden konnte. Da sich die Tiere vielleicht nicht ganz homogen verteilten, ist dabei mit einem Fehler zu rechnen.

Bei der Verteilung der Arten möchte ich mich auf die drei häufigsten beschränken. Nach der Pumpmethode erreicht am Vortag *Polyarthra dolichoptera* 64,1%, *Synchaeta stylata* 25,8% und *Asplanchna priodonta* 6,9%. Am 17. September 1965 hält die letztere diesen Wert im Hauptbecken auch ein. 4 Punkte dagegen liefern stark abweichende Werte:

F 14% G 11% J 14% D 10%

Asplanchna priodonta scheint sich also im SW-Becken, in der seichteren W-Bucht des Hauptbeckens und zwischen der ehemaligen Insel und dem Südufer wesentlich besser zu entwickeln. Auch bei den beiden anderen Arten zeigt sich eine Änderung. Vom Nordteil des Hauptbeckens abgesehen, wo alle Werte ziemlich genau der Messung vom Vortag entsprechen, erreicht *Synchaeta stylata* durchwegs mehr als 30% und *Polyarthra dolichoptera* entsprechend weniger.

Das Bild der quantitativen Horizontalverteilung deckt sich mit dem bisher gesagten. Auf der Karte in Abb. 10 habe ich den Wert von 100% für die Zone eingesetzt, die mit der Vortagsmessung übereinstimmt. Die niederen Werte im Nordteil des Sees erkläre ich mir als eine Verdünnung durch den Pumpbetrieb. Auch sieht man, daß man bei Produktionsberechnungen für den ganzen See mit einem bedeutenden Fehler durch die ungleichmäßige Planktonhorizontalverteilung zu rechnen hat.

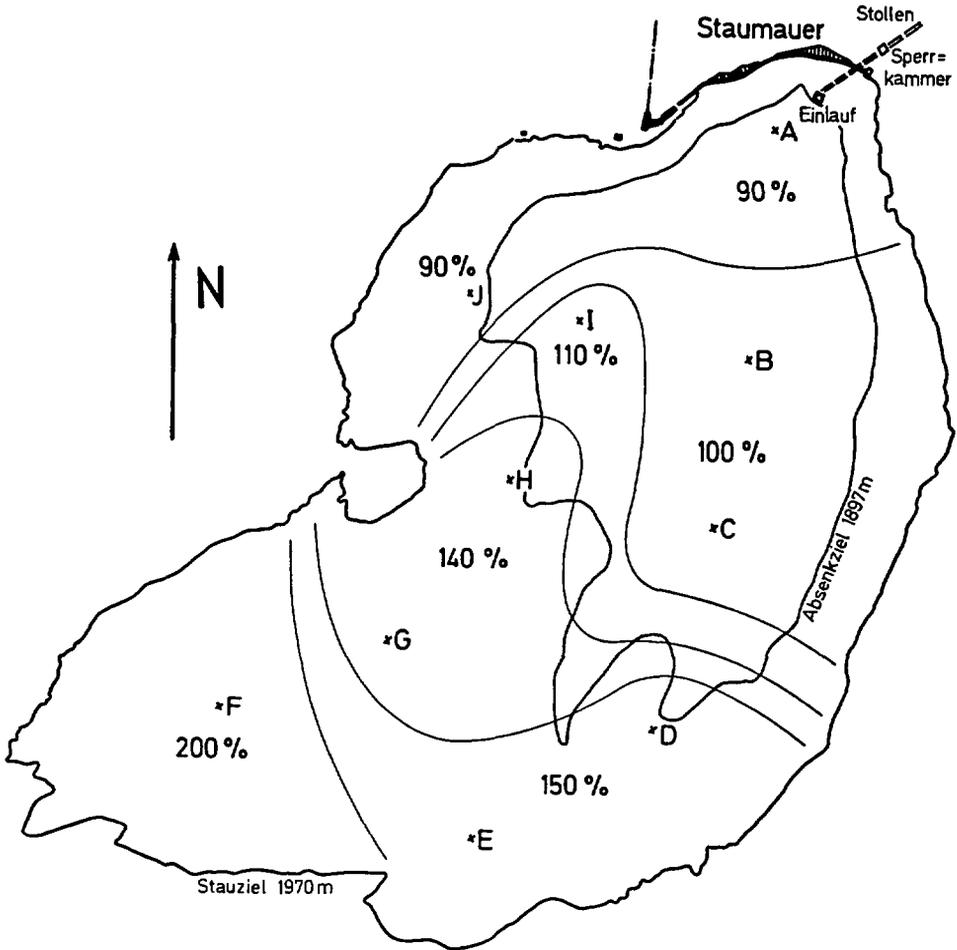


Abb. 10: Horizontalverteilung des Zooplanktons im Lüner See, 17. September 1965

Als unbeabsichtigtes Nebenprodukt fiel an diesem Tage bei zwei zu tief geratenen Netzzügen Bodenschlamm an. Bei dessen Untersuchung fand ich, daß er zum überwiegenden Teil aus feinsten Partikeln von weniger als 1μ bis zu 4μ bestand. Dazu kamen zahlreiche Mineralkörnchen von $2-6\mu$. In dieser Grundsubstanz waren die weniger zahlreichen größeren Körnchen eingebettet. Genau die gleichen Angaben treffen für die Trübungstoffe in den Filtraten des Juli zu. Näher behandelt wurde die Sedimentation des Lüner Sees von PECHLANER (1963).

C. Das Zooplankton des Lüner Sees im Speziellen

1. *Polyarthra dolichoptera* Idelson 1925

Siehe zu den folgenden Merkmalen Abb. 11. Körper rechteckig, dorsoventral leicht abgeplattet. Cuticula dünn, konservierte Exemplare oft zusammengezogen. Farblos

bis leicht gelblich. Auge dunkelrot bis violett. Räderorgan als Wimperkranz ausgebildet. 8 Dotterstockkerne. 16μ lange Lateraltaster an den Ecken des Hinterkörpers. 2 schmale 60μ lange Ventralstacheln am oberen Ende eines stark vorstehenden Kehlsacks. Quergestreifter Muskel rund um den Vorderteil des Verdauungstraktes. Körperlänge $110-140 \mu$. An der Vorderseite der Tiere sitzen dorsal und ventral an beiden Seiten (zusammen also 4) Bündel mit je 3 Anhängen, die das Körperende immer weit überragen. Die Länge der Anhänge beträgt $140-200 \mu$, die Breite 8 bis 13μ . Die deutlich gesägten Anhänge besitzen einen Mittelnerv, der bis in die Spitze läuft. Seitennerven fehlen. Die normale Fortbewegung der Tiere erfolgt durch das Räderorgan. Überdies können die 4 Bündel von Schwebedorsten durch einen breiten quergestreiften Muskel, der bis zum Hinterende des Körpers verläuft, ruckartig vorgeschleunigt werden. Die Rückstellung der Borsten besorgt ein schmalerer Antagonist. Auf je 10μ Muskellänge kommen 11 Querstreifen. An Eiern treten drei verschiedene Typen auf:

1. Dauereier: Ihre Größe beträgt durchschnittlich $72 \times 56 \mu$. Zwischen den einzelnen Tagen bestehen nur geringfügige Unterschiede. Die Maße der meisten Eier entsprechen genau dem Mittelwert. Sie haben einen dunklen Inhalt und besitzen zwei Schalen, die von zylinderförmigen Stäbchen auseinandergehalten werden. Die Dicke von Innenschale, Zwischenraum und Außenschale mißt zusammen überall rund 5μ . Gelegentlich treten Variationen (Mißbildungen?) auf. Der Abstand zwischen den Schalen kann so groß sein, daß die Stäbchen, die teils an der Innen- teils an der Außenschale sitzen, frei in den Zwischenraum ragen (vgl. Abb. 11). Weiters sind die Stäbchen manchmal zu kleinen Köpfchen reduziert, oder es fehlt die äußere Schale.

2. Subitaneier: Sie erreichen ähnliche Größe ($73 \times 55 \mu$), sind aber länglicher. Ihr Inhalt ist heller, ihre einzige Schale glatt und glasig. Der Abstand zwischen Schale und Eidotter ist an der Eispitze und an der Seite, mit der das Ei längere Zeit am Hinterende der Tiere haftet, sehr groß (etwa 18μ). An der entgegengesetzten Eihälfte wird er sehr schmal (bis $1,5 \mu$). In den Eiern sieht man öfters verschieden weit entwickelte Embryonen.

3. Männcheneier: Ihre Größe liegt bei $35-40 \times 30-34 \mu$, ihre Schale ist gleichmäßig dünn. Die Tiere tragen bis zu 3 Stück davon an ihrem Hinterende. In solchen Dreiergruppen werden die Eier auch meistens abgelegt.

Neben den angeführten typischen Eiern treten noch andere auf, die auch an den Tieren haften. Ihr Inhalt ist meist dunkel, die Schalen haben verschiedene Dicke. Vielleicht sind es Varianten von Subitaneiern.

Nun möchte ich auf ein interessantes Merkmal dieser *Polyarthra dolichoptera* eingehen. Daß es sich hier um eine *Polyarthra dolichoptera* handelt, dürfte nach den obenstehenden Merkmalen feststehen. Nicht dazu paßt der stark abstehende Kehlsack (Abb. 11), der das Hauptmerkmal der *Polyarthra proloba* Wulfert 1937 ist. Diese Art besitzt aber keine Ventralstacheln. Wichtig ist auch die Feststellung, daß *Polyarthra dolichoptera* vom 4. Juli bis zum 9. November 1965 und am 30. August 1966 an

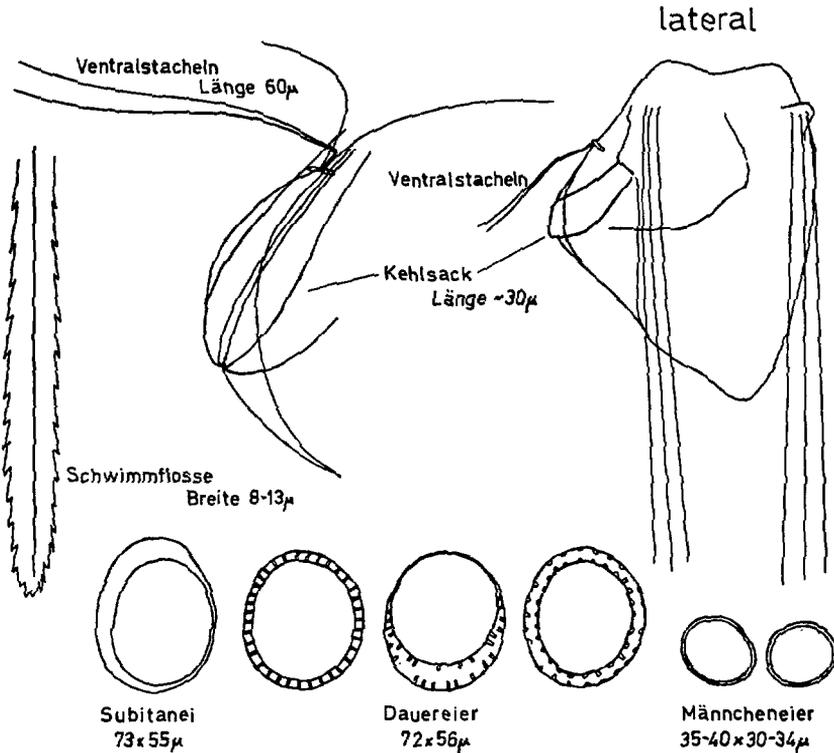
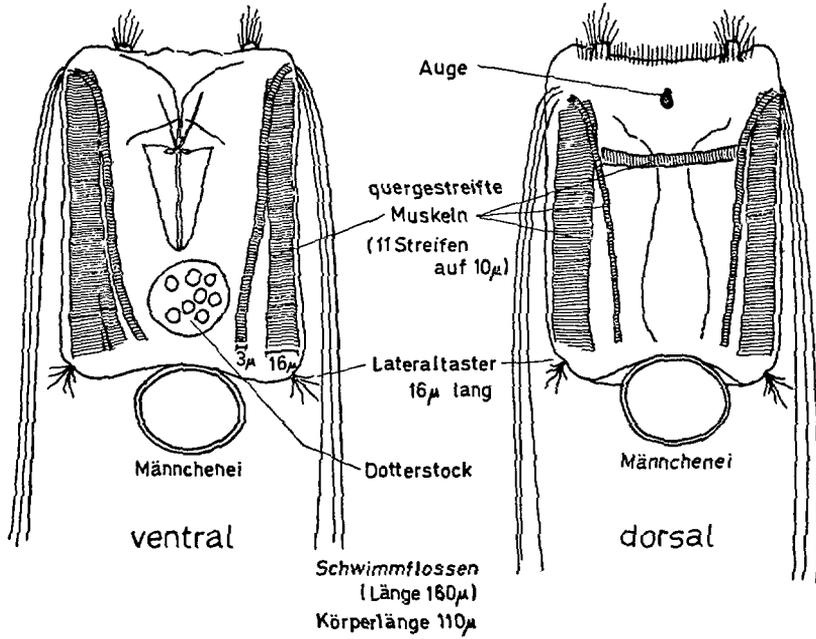


Abb. 11: *Polyarthra dolichoptera* des Lünzer Sees

sämtlichen Entnahmetagen und in allen Tiefen nur mit dem erwähnten schräggestellten Kehlsack zu finden war. Diese Schrägstellung war konstant, es gab also keine Übergangsformen. Außer dieser *Polyarthra* war nur noch eine *Polyarthra vulgaris* im See vorhanden. Da die Kehlsackformen schon früher beobachtet wurden, möchte ich einen Auszug aus RUTTNER-KOLISKO (1959) hier wiedergeben. Sie schreibt:

„Weil die Kehlsackformen

1. nun bereits kombiniert mit den Merkmalen von drei *Polyarthra*-Arten, nämlich *dolichoptera*, *vulgaris* und *remata* (?) gefunden wurden, da sie

2. niemals in einem Biotop für sich allein, sondern immer räumlich und zeitlich zusammen mit einer anderen Art vorkommen und da

3. der Kehlsack in allen Abstufungen von schwacher Vorwölbung der ventralen Körperwand bis zu spitz kegelförmig vorspringendem Sack auftreten kann, möchte ich den Vorschlag machen, die Ausbildung eines Kehlsackes nicht mehr als ein Artmerkmal anzuerkennen, die Art *Polyarthra proloba* Wulfert 1941 einzuziehen und die auftretenden Kehlsackformen als Temporalvariation der jeweils begleitenden Art auffassen, mit der die übrigen Bestimmungsmerkmale übereinstimmen“.

POURRIAT (1965) schließt sich dieser Auffassung an.

Die Ansicht, daß der vorspringende Kehlsack eine Temporalvariation ist, scheint auch für den Lüner See zuzutreffen. Während im Sommerhalbjahr immer nur Formen mit stark vorgestelltem Kehlsack vorhanden waren, konnte ich im spärlichen Plankton des 3. April 1966 3 Stück „normale“ feststellen. Bei diesen ragte der Kehlsack überhaupt nicht heraus, und die seitlich angrenzenden Teile (vgl. Abb. 11) standen nur wenig vor.

Entwicklung und Vertikalverteilung:

Für den Zürichsee hat NIPKOW (1952) die Entwicklung gut untersucht und auch Züchtungsversuche durchgeführt. Er schreibt: „*Polyarthra dolichoptera* ist eine kaltstenotherme Form, deren Entwicklung im frühen Frühjahr beginnt. Im Zürichsee zeigt sie gewöhnlich Mitte April, in kühleren Jahren dagegen oft erst gegen Mitte bis Ende Mai ihre maximale Entfaltung. Zu dieser Zeit treten die ersten miktischen Weibchen mit Männcheneiern auf, und einige Tage später findet man im Plankton auch solche mit anhaftenden Dauereiern.“

Die Sexualperiode dauert gewöhnlich drei bis vier Wochen. Dann verschwindet die Art den Sommer über vollständig aus dem Plankton des Zürichsees. Die Dauereier sinken zu Boden und werden im geschichteten Schlamm des Zürichsees in der Frühjahrsschicht eingelagert. In den großen Seetiefen mit deutlicher Schlammschichtung dürften sie endgültig begraben bleiben, während sie über dort, wo die Herbstzirkulation noch einigermaßen wirksam ist, zu dieser Zeit wieder ins Plankton gelangen und erneut zur Entwicklung kommen können. Man trifft sie hier deshalb wieder vereinzelt vom Oktober an den ganzen Winter über“.

Bei seinen Züchtungsversuchen fand er heraus, daß sich aus den Dauereiern eine forma *aptera* entwickelt, die auf den ersten Blick einer kleinen *Asplanchna* ähnelt.

Diese anhanglosen zarten Tiere entwickeln nach 2—3 Tagen Subitaneier, aus denen dann die typischen Formen schlüpfen.

Am Lüner See findet sich *Polyarthra dolichoptera* am 14. Juli 1965 das erstmal. Am 4. Juli fehlten sowohl Tiere als auch Eier. Am 14. jedoch sind die typischen Tiere und die normalen Subitaneier der amiktischen Weibchen zu sehen. Apteraformen konnte ich nicht auszählen. In diesem Zusammenhang erscheint mir das Auftreten von *Synchaeten* eigenartig. Das Vorkommen an diesem Tag ist völlig isoliert und beträgt nur 3 Stück. Sollte ich fixierte und zusammengeschrumpfte *Aptera*weibchen für *Synchaeten* gehalten haben? Da ich noch nie *Aptera*formen gesehen habe, und diese nur lebend sicher zu bestimmen sind, wäre diese Deutung nicht unwahrscheinlich. Bei einer Überprüfung konnte ich die 3 *Synchaeten* vor lauter Trübungstoffen nicht mehr finden. Bezüglich der gleichzeitig auftretenden *Asplanchna priodonta* ist eine Verwechslung ausgeschlossen. Interessant ist, daß *Polyarthra dolichoptera* am 14. Juli ausgerechnet in 25 m Tiefe vorkommt. 9 Tage später bewohnt sie nämlich die oberflächennahen Schichten. Ich vermute, daß durch das Pumpwasser Dauereier vom Grund emporgewirbelt werden, die sich dann in dieser Tiefe über die *Aptera*formen zu den typischen amiktischen Weibchen entwickeln. Ob die gleichzeitig auftretenden Subitaneier von diesen oder jenen (oder beiden) Weibchen herrühren, kann nicht gesagt werden.

Der 23. Juli besitzt eine oberflächennahe amiktische Population, die Subitaneier erzeugt. Kaum hat sie aber am 12. August eine größere Dichte erreicht, geht die Entwicklung schon weiter. Die miktisch gewordenen Weibchen tragen Männcheneier, und die ersten Dauereier treten auf. Diese Entwicklung erfaßt aber nicht die ganze Population und ist auch nicht wie im Zürichsee auf 3 Wochen beschränkt. Die Bevölkerungsentwicklung steht am 12. August im Lüner See ja erst am Anfang. Bis in den September verlaufen amiktische und miktische Phasen gleichzeitig. Die Population vergrößert sich dabei immer mehr und erreicht am 16. September ihren Höhepunkt. Das Nebeneinander der beiden Fortpflanzungsarten ist in Tab. 12 schön zu erkennen. Wir sehen dort die absoluten Produktionszahlen für Subitan- und Dauereier bis in den September ständig wachsen. Dennoch steigt der Prozentsatz der Dauereier an der Gesamtzahl. Für die Männcheneier ergibt sich am 31. August ein Maximum, welches, wie der Anteil von 10% im September beweist, nur langsam zurückgeht. Am 16. September habe ich für die Tiefenschicht von 7,5 — 17,5 m die Eier an den Weibchen untersucht. Ich zählte dabei 74 Dauereier, 28 Subitaneier und 7 Männcheneier. Das ergibt praktisch die gleiche Prozentaufteilung wie bei den losen Eiern.

Die Bevölkerungszunahme bis zum September ist nicht ganz geradlinig. Sie weist ein Minimum am 31. August auf. Eigenartigerweise fehlt ein solches aber bei den dazugehörigen Eiern. Bei der Vertikalverteilung kann man ein Absinken des Maximums von der Oberfläche (Juli) in 10 m Tiefe (September) beobachten. Die tieferen Schichten werden immer stärker besiedelt und weisen im September erhebliche Individuenzahlen auf. Am 9. November 1965 ist die Population bereits auf einen

sehr niederen Wert zurückgegangen. Das einzige *Polyarthra*-Ei, das an diesem Tage gefunden wurde, war ein Subitanei und hing noch an einem Weibchen.

Die 3 Exemplare am 3. April 1966 deuten auf eine sehr geringe Bevölkerungsdichte unter dem Eis hin. Durch das Ablassen des Speicherwassers wird diese weiter vermindert und sinkt wahrscheinlich auf Null. Dadurch kann der neue Entwicklungszyklus, wie wir für 1965 gesehen haben, erst wieder im Juli beginnen, wenn aus den Dauereiern, welche durch das Pumpwasser aus dem Schlamm emporgewirbelt werden, neue Weibchen schlüpfen.

Am 30. August 1966 stellt *Polyarthra dolichoptera* wie im Vorjahr den Hauptanteil am Zooplankton. Bemerkenswert ist an diesem Tage das starke Überwiegen der Dauereier. Subitan- und Männcheneier fallen ihnen gegenüber kaum ins Gewicht. Vielleicht hat sich der Entwicklungsgang wegen der geringeren Störung des Sees durch den Kraftwerksbetrieb vorverlegt.

2. *Polyarthra vulgaris* Carlin 1943

Körper rechteckig und farblos. Körperlänge etwa 180 μ . Die federartigen Anhänge überragen das Körperende immer deutlich und sind wenig schmaler als 28 μ . Ein schräggestellter Kehlsack konnte nicht bemerkt werden. Die folgenden Angaben aus VOIGT (1957) entzogen sich meiner Beobachtung: Lateraltaster ziemlich weit vom Körperhinterrand entfernt. Zwei ventrale Borsten, 8 Dotterstockkerne. Dauerei meist zweischalig, innere Schale gebuckelt. Zwischen den Schalen eine gefaltete Eihaut.

Entwicklung und Vertikalverteilung:

Polyarthra vulgaris ist durchschnittlich zu 1,75% im Plankton vertreten. Das erste Mal fand ich sie am 23. Juli 1965 neben *Polyarthra dolichoptera* in 5 m Tiefe. Am 12. August befindet sie sich in 80 m Tiefe, am 22. August wieder weit oben in 10 m Tiefe. Die letzten beiden Untersuchungstage zeigen sie über alle Tiefen verstreut, wobei sie am 31. August einen Schwerpunkt bei 20 m und einen anderen bei 50 m Tiefe hat. Die Vertikalverteilung entbehrt bei *Polyarthra vulgaris* also jeder Regelmäßigkeit. Am 9. November 1965 und im folgenden Jahre fehlt sie im Plankton.

Auffällig ist das Überwiegen von leeren, also toten Exemplaren. Doch treten auf der anderen Seite immer wieder (auch im Netzplankton) sehr lebenskräftig aussehende Individuen auf. Wegen der regellosen Verteilung halte ich aber eine Einschwemmung der Tiere aus den im Tal gelegenen Speicherbecken durch den Wälzbetrieb für möglich. Dadurch wäre auch der hohe Prozentsatz an toten Tieren erklärbar.

3. *Synchaeta stylata* Wierzejski 1893

Hierzu gibt VOIGT (1957) an: „Körper in der Mitte verbreitert. Fuß von breiter Basis entspringend, sich allmählich verjüngend. Gesamtlänge 200—313 μ . Ähneln *Synchaeta grandis* und *Synchaeta longipes*. Wimperohren hängend. Zehen sehr klein. Uncus ohne Zähnen. Augenfleck dunkelrot, zuweilen zweiteilig. Lateraltaster bei

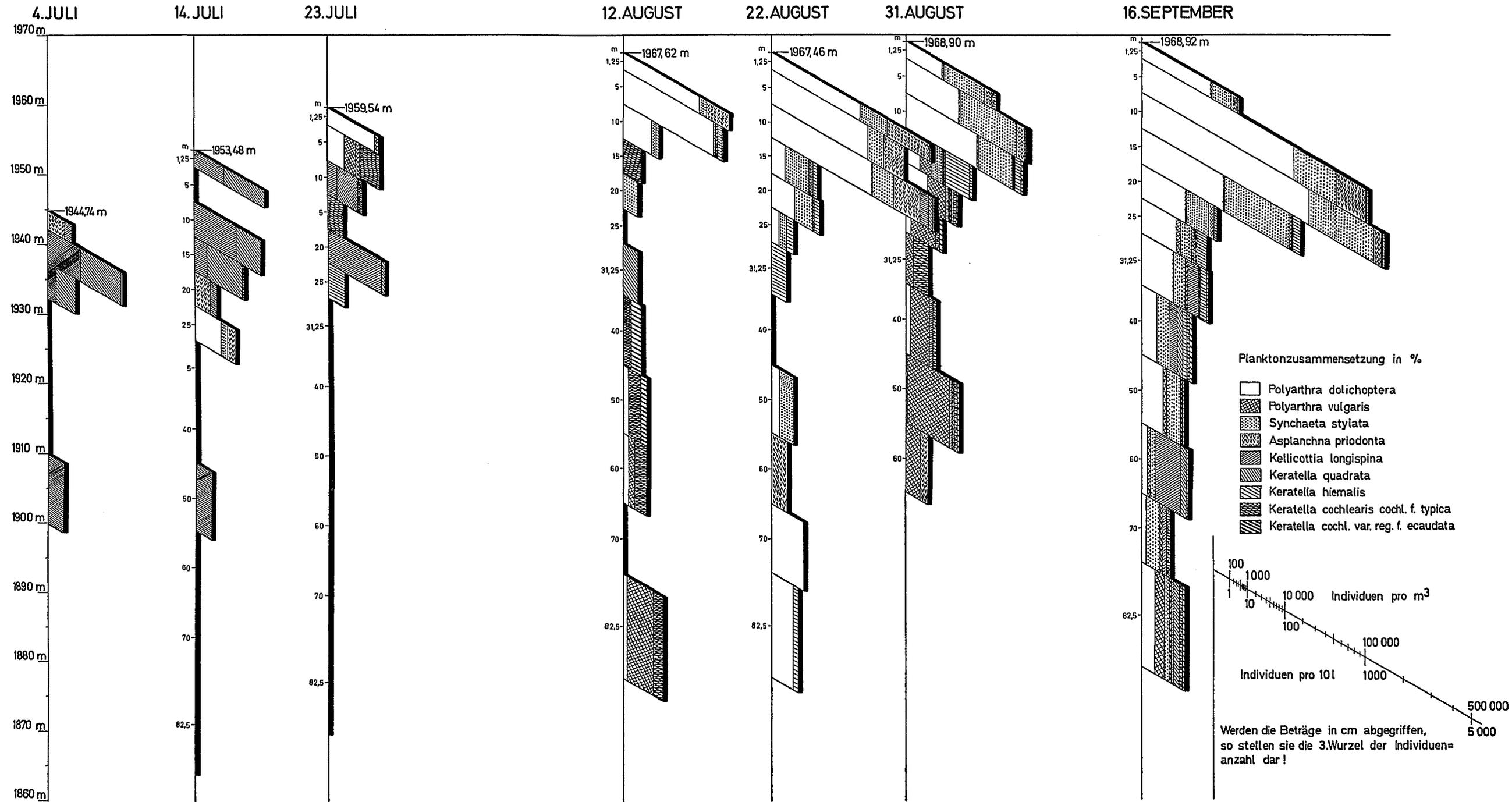


Abb. 9: Entwicklung und Vertikalverteilung des Rotatorienplanktons im Lünzer See, Juli–September 1965

Beginn des letzten Rumpfdrittels. Subitanei mit Öltropfen und langen (bis $150\ \mu$), dünnen Schwebedorsten. Männchen unbekannt”.

Die Bestimmung der *Synchaeta* aus dem Lüner See bereitete große Schwierigkeiten. Das Tier mußte lebend bestimmt werden, da es sich bei der Konservierung immer zusamm zog. Das war sehr schwer, da die *Synchaeta* auch bei jeder Einengung ihrer Bewegungsmöglichkeiten dieses Verhalten zeigte. Hemmte man ihr ungestümes Umherschwimmen durch Auflegen eines Deckglases, so zog sie sich zusammen und entfaltete sich nie mehr zu ihrer vollen Größe. Ließ man ihr etwas mehr Raum, so schwamm sie davon. Ich untersuchte daher die Details unter Deckglas am lebenden oder konservierten Material, wogegen ich die Gesamtproportionen am schwimmenden Tier zu erfassen versuchte.

Die Synchaeten des Lüner Sees sind ziemlich gleichmäßig $260\ \mu$ lang. Nur wenige erreichen $310\ \mu$. Dadurch kommen, von anderen Merkmalen abgesehen, *S. grandis* ($408\text{--}600\ \mu$), *S. longipes* ($164\text{--}204\ \mu$) und *S. pectinata* ($340\text{--}511\ \mu$) nicht mehr in Betracht. Das einteilige und runde Auge meiner *Synchaeta* ist dunkelrot bis violett. Die Kopfgegend und die Gegend des Dotterstockes sind leicht gelblich. Die Gesamtgestalt ist T- bzw. pilzförmig. Die kräftigen Wimperrohre stehen seitlich stark ab und erwecken fast den Eindruck von ausgestreckten Armen. Die Breite beträgt an dieser Stelle rund $175\ \mu$. Das Kopfende ist vorgewölbt und trägt außer kleinen Wimpern 2 Gruppen von vielleicht 4 mittellangen Borsten. Zwischen diesen und den Wimperrohren ragt an beiden Seiten eine lange Borste aus einer kegelförmigen Erhöhung hervor. Der Kauapparat wird von 2 Muskeln bewegt. Protonephridien

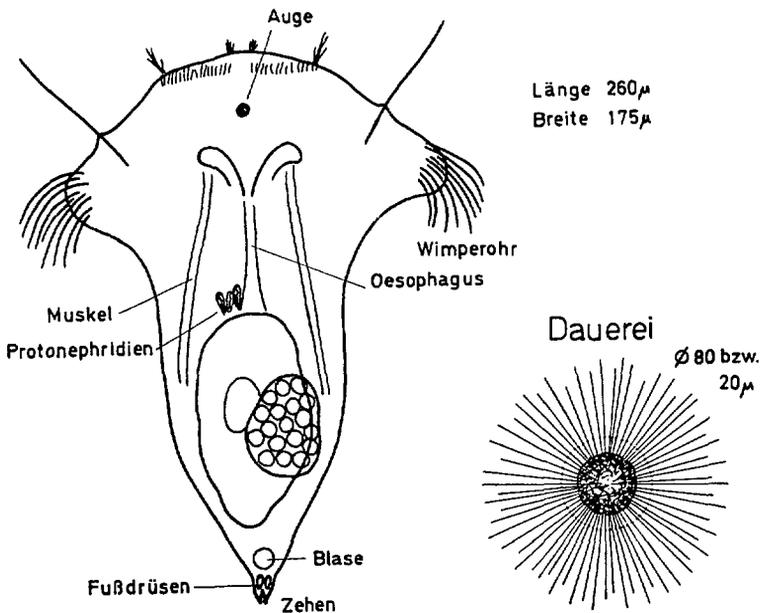


Abb. 12: *Synchaeta stylata* des Lüner Sees

sind bei Lebendmaterial sichtbar. Der Rumpf besitzt eine Breite von etwa 95μ , bevor er sich zum Fußansatz verschmälert. Der Fuß ist etwas länger als breit. Die Zehen sind sehr klein. Oberhalb der Zehen liegen zwei deutlich getrennte Klebdrüsen, die ungefähr Eiform haben. Noch weiter oben ist eine runde Blase zu sehen. Zu obigen Merkmalen vgl. Abb. 12.

Fast alle angeführten Merkmale sind für *Synchaeta stylata* typisch. Abweichend ist allerdings die große Breite in Höhe der Wimperohren und der nicht langgezogene Fuß. Auf Grund der Dauereier (Abb. 12) bin ich jedoch zur Ansicht gekommen, daß es sich tatsächlich um obige Art handelt. Die Größe der Eier scheint sehr verschieden zu sein. Meist haben die Eier einen Durchmesser von 20μ . Auf ihnen sitzen 30μ lange Schwebedorsten, wodurch sich ein Gesamtdurchmesser von 80μ ergibt. Die Maße sind sehr variabel, und die Stacheln können 150μ Länge erreichen.
Entwicklung und Vertikalverteilung:

Wenn man von einem zweifelhaften Auftreten am 14. Juli 1965 absieht (siehe p. 44), tritt *Synchaeta stylata* erst am 12. August auf. Die kleine Anfangspopulation ist auf die obersten Schichten beschränkt und hat ihr Maximum zwischen 0 und 2,5 m. Von ihrem ersten Auftreten an vermehren sich die Synchaeten gleichmäßig und erreichen am 16. September ihren Höhepunkt mit 1,2 Millionen Individuen unter 1 m^2 . Im Netzzug des 9. November waren nur mehr ganze 20 Stück vorhanden. Die Dauereierproduktion setzt am 22. August spärlich ein, beträgt am 31. August bereits 300.000 unter 1 m^2 und gipfelt im September mit 355.000. Im November fehlen Dauereier.

Die Vertikalverteilung gibt folgendes Bild: Das anfängliche, oberflächennahe Maximum bleibt am 22. August erhalten, doch tritt ein zweites in 10 m Tiefe hinzu. Auch der 31. August zeigt von 0 — 12,5 m die stärkste Besiedlung, doch kennt er nur ein Maximum in 5 m Tiefe. Im September sind auch die großen Tiefen unter 22,5 m bewohnt. Die Hauptmasse der Synchaeten ist ebenfalls tiefer gerückt und hält sich mit einem Maximum bei 10 m zwischen 2,5 und 17,5 m auf.

Im Jahre 1966 kommt *Synchaeta stylata* vermutlich an beiden Untersuchungstagen vor, doch konnten adulte Tiere mangels Lebendbeobachtung nicht eindeutig identifiziert werden. Ihr Vorhandensein im August kann allerdings wegen einer Anzahl Dauereier als sicher gelten. Dieselbe Bedeutung wie im Vorjahr hat die Art allerdings nicht entfernt erreicht.

4. *Asplanchna priodonta* Gosse 1850

Glasiger, sackförmiger Körper. Cuticula dünn. Räderorgan nach Asplanchna-Typ gebaut, Apikalfeld groß. Ein einfacher Ring von Wimpern bildet den Paratrochus. Fuß, Darm und After fehlen. Innenrand der Rami mit Zähnen, deren Zahl sehr wechselnd ist. Ein Zerebralaugenfleck und zwei Lateralaugenflecke sind vorhanden. Paarig angelegtes, ballenförmiges Ovar. Dotterstockkerne glattrandig. Klebdrüsen fehlen. Gesamtlänge $420\text{--}1500 \mu$. Dauerei mit mehrfach geschichteter, glatter Schale und Öltropfen im Inneren. Durchmesser der Dauereier $127\text{--}148 \mu$.

Entwicklung und Vertikalverteilung:

Asplanchna periodonta ist von Juli bis November 1965 in wechselnder Anzahl stets vorhanden. Nach *Polyarthra dolichoptera* und *Synchaeta stylata* hat sie im Lünser See die drittgrößte Individuenanzahl (8,4%). Bezüglich des Lebendvolumens (vgl. Tab. 10) rückt sie wegen ihrer Größe sogar an die 1. Stelle vor. Im Juli ist sie erst spärlich vorhanden und hält sich oberflächennah auf. Nur am 14. Juli finden wir sie eigenartigerweise zwischen 17,5 und 27,5 m Tiefe. Am 12. August ist sie schon häufiger und zwar wieder überwiegend in der obersten Schicht. Der 22. August bringt uns den ersten Entwicklungshöhepunkt. An diesem Tage zeigt *Asplanchna priodonta* ebenso wie *Polyarthra dolichoptera* und *Synchaeta stylata* ein doppeltes Maximum, eines nahe der Oberfläche und ein zweites bei 10 m Tiefe. Ich nehme an, daß diese Erscheinung auf den damaligen Sturm zurückzuführen ist. Der 31. August weist einen Entwicklungsrückschlag auf, der noch einschneidender als bei *Polyarthra dolichoptera* ist. Diese Entwicklung ist aber nur vorübergehend. Der September zeigt die höchste Individuenanzahl der ganzen Untersuchungsperiode. Das Maximum liegt wie am vorigen Untersuchungstag in 5 m Tiefe, doch sind selbst in größter Tiefe noch Asplanchnen zu finden. Im November ist noch ein kleiner Restbestand vorhanden. Die Dauereiproduktion beginnt schon am 14. Juli, erreicht aber nur von Mitte August bis September höhere Werte.

In den Proben von 1966 sind nur einzelne Exemplare von *Asplanchna priodonta* enthalten. Gleich wie bei *Synchaeta stylata* steht diese sehr geringe Bevölkerungsdichte in krassem Gegensatz zur Massenentwicklung des Vorjahres.

5. *Kellicottia longispina* (Kellicott) 1897

Glasiges Aussehen, Panzer eine dreiseitige Pyramide, deren Spitze zu einem langen Dorn ausgezogen ist. Am Vorderrand 6 verschieden lange Dornen, die mit winzigen Stacheln besetzt sind. Räderorgan nach dem Euchlanis-Typ. Uncus eine Zähnchenplatte. 1 roter Augenfleck. Gesamtlänge um 740 u. Subitaneier anhängend, Größe 93 x 48 u. Dauereier von der gleichen Form wie die Subitaneier, aber dickschaliger.

Entwicklung und Vertikalverteilung von *Kellicottia longispina* und *Keratella quadrata*:

Da die beiden Arten im Sommer 1965 den gleichen Entwicklungsrhythmus aufweisen und stets in gleicher Tiefe ihre oft gleiche maximale Individuenzahl haben, will ich sie zusammen behandeln. Im Juli-Plankton spielen sie eine dominierende Rolle. Am 4. Juli halten sie sich in 5m Tiefe auf. Der 14. Juli weist das schon im allgemeinen Teil erwähnte, eigenartige doppelte Maximum auf. Das obere liegt zwischen 0 und 2,5 m, das untere, welches mit Ausläufern in die darunterliegende Schicht reicht, zwischen 7,5 und 12,5 m Tiefe. Die planktonlose Zwischenschicht und die genau gleiche prozentuelle Verteilung der Arten oberhalb und unterhalb derselben zwingt mir die Ansicht auf, daß das Maximum vom 4. Juli durch eine eingeschobene Zwischenschicht von Bachwasser einfach gespalten wurde. Der 23. Juli zeigt wieder zwei besiedelte Horizonte. Der erste schwächere liegt bei 10 m,

der zweite stärkere bei 20 m Tiefe. Da am 12. August nur mehr eine *Keratella quadrata* in 30 m Tiefe zu finden ist, beide Arten im Juli keine Eier produzierten und ein hoher Prozentsatz der Individuen aus leeren Panzern bestand, glaube ich, daß wir am 23. Juli einfach eine sterbende, absinkende Population vor uns haben.

Am 22. August taucht eine neue Generation in 10 m Tiefe auf. Erstmals trägt *Kellicottia* auch Eier. Der 31. August bringt einen Rückschlag. Die Individuenzahl sinkt bei beiden Arten. *Kellicottia longispina* hält sich zwischen 2,5 und 17,5 m Tiefe auf, von *Keratella quadrata* sehen wir nur zwei Stück. Der September zeigt ein neues Aufleben. Die Tiere, die sich bisher nur in streng abgesonderten Horizonten aufhielten, sind über alle Tiefen verstreut, doch kann man 3 Zonen erkennen. Diese Zonen liegen um Maxima in 10 m, 30 m und 60 m Tiefe. Das gilt in gleicher Weise für beide Arten, nur ist *Keratella quadrata* weniger zahlreich vertreten. In den beiden oberen Zonen produziert *Kellicottia* auch Subitaneier. Am 9. November 1965 gibt es nur mehr Exemplare von *Kellicottia longispina*, von denen eines ein Ei trägt. Ihr Anteil am spärlich gewordenen Plankton ist größer geworden. Am 3. April 1966 stellt sie sogar ein Drittel der wenigen gefundenen Tiere. *Keratella quadrata* fehlt an beiden Tagen völlig. Auch der 30. August 1966 zeigt nichts mehr von der Gleichläufigkeit der Entwicklung des Vorjahrs. *Kellicottia longispina* ist das zweithäufigste Rädertier geworden und steht *Polyarthra dolichoptera* nur wenig nach. Im Gegensatz dazu sind nur wenige Exemplare von *Keratella quadrata* vorhanden.

6. *Keratella quadrata* (O. F. Müller) 1786

VOIGT (1957) gibt für *Keratella quadrata* eine große Variationsbreite bei der Ausbildung der Dornen und bei der Reduktion der Felderung an. Demgegenüber konnte ich am Lünser See eine Konstanz aller Merkmale über die ganze Untersuchungsperiode hin feststellen.

Die Gesamtlänge liegt zwischen 290 und 320 μ , die Breite zwischen 100 und 110 μ . Von der Länge entfallen 95—125 μ auf die beiden parallelen, leicht geschwungenen Hinterdornen, genau 140 μ auf den Körperpanzer und auf die mittleren, vorderen Dornen 50—60 μ . Die beiden mittleren, vorderen Dornen stehen parallel. Die je zwei seitlichen Vorderdornen sind etwas kürzer und um 30° nach der Seite gerichtet. Die Panzerfelderung hat, wenn sie sichtbar ist, stets das gleiche Aussehen. Vorderes und hinteres Medianfeld sind sechseckig. Bei beiden sind die zwei hinteren, seitlichen Leisten der Sechsecke verkürzt. Die nach vorne zu den seitlichen Vorderdornen ausstreichenden Leisten sind nicht gegabelt wie die je zwei an die Rumpfsseiten führenden, sondern besitzen nur einen leichten Knick. Die beiden nach rückwärts führenden Panzerleisten gabeln sich, bevor sie gegen den Hinterrand ausstreichen.

Die Entwicklung und die Vertikalverteilung wurde zusammen mit *Kellicottia longispina* behandelt.

7. *Keratella hiemalis* Carlin 1943

Die Gesamtlänge beträgt etwa 180 μ , die Breite 80 μ . Die beiden Hinterdornen sind 35 μ lang, leicht geschwungen und ganz schwach nach außen gestellt. Der Körper mißt 115 μ und die mittleren, parallelen Vorderdornen 30 μ . Die seitlichen sind wie bei der vorhergehenden Art kürzer und abstehend. Von den beiden sechseckigen Medianfeldern des Panzers gleicht das vordere einem Trapez, das hintere einem fast quadratischen Rechteck. Die nach vorne führenden Leisten spalten sich an der Basis der mittleren Vorderdornen. Charakteristisch sind die beiden Hinterleisten, die sich nicht gabeln, und die nach rückwärts führenden Gabeläste der hinteren Seitenleisten. Diese vier Leisten führen langgezogen zum Hinterrand und besitzen kurz vor dem Ausstreichen einen Knick, der die mittleren Leisten zueinander, die äußeren zu den Hinterdornen führt.

Die Tiere tragen sehr oft anhängende Subitaneier, welche den Eiern von *Polyarthra dolichoptera* ähnlich sehen. Meist sind sie rundlich, häufig aber auch einer rechteckigen Form angenähert. Dauereier mit faltiger Oberfläche wurden nicht beobachtet.

Entwicklung und Vertikalverteilung:

Keratella hiemalis zeigt eine überaus gleichmäßige Entwicklung. Am 23. Juli 1965 taucht das erste Exemplar in 25 m Tiefe auf. Vom 12. August an wächst die Population gleichmäßig zu ihrem Maximum am 16. September an. Im November ist die Anzahl wieder viel niedriger, doch ist der Prozentsatz am Tagesplankton gestiegen. Die Zahl der Weibchen, die Subitaneier tragen, ist im August und September sehr hoch und erreicht in der bestbesiedelten Schicht häufig 50% der Tiere.

Am 12. August halten sich die Tiere praktisch nur zwischen 2,5 und 7,5 m auf. Der 22. August zeigt ein Maximum in 10 m Tiefe. Manche Exemplare sind auch noch weiter unten vorhanden, doch läuft die Verteilungskurve bei 35 m aus. Nahe der Oberfläche befindet sich ein zweites Vorkommen, welches dem schon mehrfach erwähnten doppelten Maximum dieses Tages entspricht. Am 31. August sehen wir eine Verteilung von 7,5 bis 17,5 m Tiefe. Im September wird die gleiche Tiefe bevorzugt, doch liegt die Spitze zwischen 12,5 und 17,5 m. Darüber hinaus treffen wir *Keratella hiemalis* von 0–45 m Tiefe überall an.

Im geringen Planktonbestand des 3. April 1966 ist *Keratella hiemalis* neben *Kellicottia longispina* Hauptbestandteil. Am 30. August 1966 dagegen sind nur einzelne Exemplare vorhanden, und nichts deutet auf eine ähnlich starke Entwicklung wie im Vorjahr hin.

8. *Keratella cochlearis cochlearis* Gosse 1886

Gesamtlänge 150 μ , Breite 58 μ . Die gekrümmten Vorderranddornen messen 20 μ , der Panzer 90 μ und der Hinterdorn 40 μ . Die Subitaneier sind dünnchalig. Die kräftige Panzermusterung besteht aus zwei nebeneinanderliegenden, vielseitigen

Feldern, welche je eine Leiste nach vorne und zwei an die Seiten entsenden. Die Felder berühren sich an einem sehr kräftigen Mediankiel, der geradlinig nach hinten führt und nur von einer Querleiste gekreuzt wird.

Entwicklung und Vertikalverteilung:

Keratella cochlearis cochlearis (forma *typica*) ist in wechselnder Zahl während der ganzen Untersuchungsperiode vorhanden. Am 23. Juli hält sie sich zwischen 2,5 und 7,5 m auf. Der 12. August sieht sie verstreut, insbesondere in größeren Tiefen. Dieser Tag bringt den ersten Höhepunkt der Individuenanzahl. Am 22. August sehen wir nur 3 Stück in 10 m Tiefe. Der 31. August zeigt die meisten Exemplare von *Keratella cochl. cochl.* Sie ist fast gleichmäßig auf die Tiefen von 0—55 m aufgeteilt. Im September hält sich eine kleine Zahl von Tieren tiefer als 30 m auf. Von den im November gefundenen Tieren tragen erstmalig zwei Exemplare ein Ei. Im April 1966 ist *Keratella cochl. cochl.* noch vorhanden, im August 1966 fehlt sie jedoch völlig.

9. *Keratella cochlearis* var. *regularis* forma *ecaudata* Lauterborn 1900

Die Gesamtlänge mißt 105 μ , wovon 90 μ auf den Panzer und 15 μ auf die mittleren Vorderranddornen entfallen. Die seitlichen Vorderdornen sind nur halb so lang. Die Panzerbreite beträgt 55 μ , ein Hinterdorn fehlt. Die Felder, die von kurzen Stacheln besetzt sind, haben kräftige Leisten. Die zwei Felder, welche beide durch Verschmelzung eines größeren vorderen und eines kleineren hinteren entstanden sind, werden durch einen Mediankiel getrennt. Bevor der Kiel ans Hinterende zieht, wo er von einer Querleiste gekreuzt wird, bildet er ein kurzes Stück die Begrenzung des einen Feldes. Dadurch erhält er einen doppelten Knick, so daß der Panzer ein asymmetrisches Muster besitzt.

Diese hinterdornlose Form finden wir von Ende Juli bis November 1965 sehr spärlich (nie mehr als 3 Stück) in verschiedenen Tiefen.

10. *Bosmina* (*coregoni*?)

Die im Lüner See gefundene *Bosmina* ist 470—520 μ lang, ihre 1. Antenne mißt etwa 230 μ .

Sie tritt nur in der ersten Julihälfte 1965 in größerer Zahl auf. Am 4. Juli befinden sich 11 ganze Exemplare und 32 Bruchstücke (pro 10 l) zwischen 2,5 und 7,5 m Tiefe. Am 14. Juli sehen wir fast die gleiche Anzahl auf 0—2,5 m und 7,5—17,5 m Tiefe verteilt. An beiden Tagen deckt sich ihr Lebensraum also exakt mit dem von *Kellicottia longispina* und *Keratella quadrata*. Diese Tatsache spricht gegen die Vermutung, daß das Auftreten von den meist sehr verwest aussehenden Bosminen auf Einschwemmung durch das Pumpwasser zurückzuführen ist. Eher dürften die Tiere Reste einer frühsummerlichen, seeigenen Population sein. Um sie als Aufarbeitungsprodukte von älteren Sedimenten zu deuten, müßte man die Sedimentationsverhältnisse der Flächen des Seegrundes genauer untersuchen, die über dem Absenkziel liegen. Ende Juli bis November 1965 und im August 1966 kommen immer wieder einzelne Exemplare oder Teile davon in verschiedenen Tiefen vor.

11. *Daphnia (pulex?)*

Körperlänge 750—930 μ , dazu als Verlängerung der Schalen ein 340—460 μ langer Stachel, der mit anliegenden Härchen besetzt ist. Die 60 μ langen Furcalklauen sind in ihrer ganzen Länge kammartig mit feinsten Stacheln besetzt. Der After ist nicht in eine Afterbucht eingesenkt. Dorsal des Afters befinden sich zwei 160 μ lange Borsten. Zwischen Furca und After stehen etwa 10 Zähnchen, welche gegen den After hin immer kürzer werden. Das längste Zähnchen, knapp an der Furca gelegen, mißt 30 μ .

Daphnienreste tauchen regellos in verschiedenen Tiefen an fast allen Tagen auf. Tiere, die zur Zeit des Fanges sicher lebten, sind nur an 3 Tagen und mit einer Ausnahme nur im Netzplankton vorhanden. Am 23. Juli sind es 6 Stück, am 12. August 8 Stück und am 9. November 1 Stück. 1966 fehlen Daphnien. Da sie früher nicht beobachtet wurden und heute nur sporadisch in geringer Anzahl auftreten, halte ich ihre Einschwemmung durch das Pumpwasser für wahrscheinlich.

12. *Cyclops tatricus* Kozminski

Länge der Männchen 1,1—1,7 mm, Länge der Weibchen 1,9—2,0 mm. Die Weibchen tragen zwei oft ungleiche Eiballen mit zusammen 20 Eiern. Die Eier haben einen Durchmesser von 130—150 μ .

Von allen im Plankton des Lünser Sees vorkommenden Krebstieren ist dieser Copepode weitaus am häufigsten. Obwohl er stets vorhanden ist, ist seine Bedeutung wegen der kleinen Individuenanzahl sehr gering. Wie schon erwähnt, war er vor der Aufstauung des Sees ebenfalls nur spärlich vorhanden. Vielleicht sind daran die im See befindlichen Salmoniden schuld. Bei der Vertikalverteilung ist wegen der geringen Zahl der Tiere keine Gliederung zu erkennen. Die Entwicklung soll Tab. 13 veranschaulichen. Dabei wurden ohne Rücksicht auf das filtrierte Wasservolumen zur Erhöhung der Zahlen alle Proben des jeweiligen Tages berücksichtigt. Die geringe Besiedlungsdichte ersehen wir etwa daraus, daß die für den 17. September 1965 angeführten 12 Tiere Ergebnis von 10 Vertikalzügen mit dem Netz sind.

Tabelle 13: *Cyclops tatricus* im Lünser See 1965 und 1966

	4. 7. 1965	14. 7. 1965	23. 7. 1965	12. 8. 1965	22. 8. 1965	31. 8. 1965	16. 9. 1965	17. 9. 1965	9. 11. 1965	3. 4. 1966	30. 8. 1966
Nauplien	7	5	2	3		4	4	1	3		
Copepodide			1	9		1	2	3		2	1
Weibchen ohne Eier					2		3	1			
Weibchen mit Eier							3	3			
Männchen							6	4			1

13. *Diaptomus* sp.

Länge der adulten Männchen und Weibchen zwischen 1,2 und 1,6 mm. Spannweite der 1. Antennen 2,6—3,2 mm.

Diaptomus sp. befindet sich nur an zwei Tagen im Netzplankton. Am 23. Juli 1965 sind 3 Copepodide vorhanden, am 12. August 1965 sind es 1 Copepodid und 6 sehr schöne adulte Tiere, davon 3 Männchen und 3 Weibchen ohne Eier. Mehr ist über diese Art, die wahrscheinlich mit dem Pumpwasser in den See gelangt ist, nicht zu berichten.

D. Zusammenfassung

1. Der frühere natürliche See, dessen Wasserspiegel in 1938 m Meereshöhe lag, besaß im Sommer eine schöne Schichtung in ein warmes Epilimnion (bis 11° C), eine scharfe Sprungschicht und ein kaltes Hypolimnion, welches sich nur auf etwa 4° erwärmen konnte, weil die durch starke Winde hervorgerufene vollständige Herbstzirkulation den ganzen, über 100 m tiefen Wasserkörper auf etwa 3° abkühlte.

Beim heutigen Pumpspeicher wird das kalte Wasser des Winters größtenteils abgelassen, da in der Zeit von Oktober bis Mitte Mai vom Gesamtvolumen (95,0 Mio m³) bis zu 82,5% (78,3 Mio m³) zur Gewinnung von Winterenergie verwendet werden, so daß nur 16,7 Mio m³ Restwasser übrigbleiben. Zu diesem etwa 3,5° kalten Wasser wird von Mai bis August aus dem Tal herauf wärmeres Wasser gepumpt, bis zusammen mit den natürlichen Zuflüssen (im Sommer 15 Mio m³) das Stauziel von 1970 m erreicht ist. Das Pumpwasser schiebt sich unterhalb der Sprungschicht ein, vermischt sich mit dem Restwasser und stellt bis September so ein durchschnittlich 5,7° warmes Hypolimnion her. Epilimnion und Sprungschicht zeigen ähnliche Verhältnisse wie vor der Aufstauung. Die früher hohe Leitfähigkeit wird im Hypolimnion durch das Pumpwasser herabgesetzt und unterscheidet sich stark von der des Epilimnion, welches durch die natürlichen Zuflüsse gespeist wird. Die Herbstvollzirkulation läßt, wesentlich unterstützt durch den Wälzbetrieb, der zur Gewinnung von Spitzenenergie dient, das ungewöhnlich warme Hypolimnion bis zum Eisschluß im Dezember wieder auf rund 3,5° abkühlen.

2. Die charakteristischen Merkmale der pelagischen Lebewelt des Lüner Sees wurden durch die technische Nutzung nicht verändert. Auch heute stellen Rotatorien fast das ganze Zooplankton, sind Crustaceen unbedeutend und bildet die Kieselalge *Synedra acus* ein ungewöhnlich starkes Herbstmaximum. Menge und Zusammensetzung des Zooplanktons sind im Jahresablauf großen Schwankungen unterworfen.

Die Untersuchungen im Jahre 1965 ergaben für den Jahresablauf folgendes Bild: Im Frühjahr verarmt das ohnehin spärliche Winterplankton durch die starke Absenkung des Sees. Das ab Mitte Mai aus dem Tal in den See hinaufgepumpte Schmelzwasser ist praktisch frei von Zooplankton. Es hebt im Verlauf der Auffüllung des Sees das inzwischen entstandene Epilimnion immer höher hinauf. Der Bereich dieses Epilimnion und der darunterliegenden Sprungschicht ist belebt und vergrößert sich durch die Erwärmung von 12,5 m am 4. Juli auf 27,5 m am 23. Juli. In auffallendem Gegensatz zu den folgenden Monaten besteht das Zooplankton des Juli fast ausschließlich aus *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata* und *Bosmina (coregoni?)*.

Mit Ende der Saisonpumpspeicherung im August wird der See schlagartig bis in große Tiefe besiedelt. Bis zum Höhepunkt der Entwicklung im September (4,7 Mio Individuen unter 1 m²) nimmt die Zahl der Tiere in allen Tiefen zu, wobei aber in den obersten 20 m ein ausgeprägtes Maximum entsteht. Den größten Anteil an der Entfaltung des Zooplanktons haben mit Abstand *Polyarthra dolichoptera*, *Synchaeta stylata* und *Asplanchna priodonta*. Daneben kommen in wechselnder Zahl *Polyarthra vulgaris*, *Keratella hiemalis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata* und *Keratella cochlearis* vor. An Crustaceen treten selten *Cyclops taticus*, *Daphnia (pulex?)* und *Diaptomus* sp. auf, wobei die beiden letzteren vielleicht durch das Pumpwasser in den See gelangen.

Im November geht der Zooplanktonbestand wieder stark zurück. *Polyarthra dolichoptera* überwiegt, daneben kommen *Asplanchna priodonta* und *Synchaeta stylata* vor. *Keratella hiemalis* und *Kellicottia longispina* nehmen wieder einen höheren Prozentsatz ein. Diese beiden Arten stellen auch zu zwei Dritteln das sehr spärliche Plankton des 3. April 1966.

Die gegenüber dem Vorjahr veränderte Planktonzusammensetzung im August 1966 (überwiegend *Polyarthra dolichoptera* und *Kellicottia longispina*), ist wohl auf eine Änderung der Umweltfaktoren durch eine geringere Absenkung des Seespiegels im Frühjahr zurückzuführen.

3. Die im Lüner See vorkommende *Polyarthra dolichoptera* besitzt einen stark abstehenden Kehlsack. Dieses auffällige Merkmal konnte von Juli bis November 1965 und im August 1966 bei allen Exemplaren beobachtet werden. Tiere mit normalem Kehlsack oder Übergangsformen waren im eisfreien Lüner See nicht zu finden. Da den 3 einzigen Exemplaren in der Planktonprobe vom 3. April 1966 ein abstehender Kehlsack fehlte, ist es wahrscheinlich, daß dieser eine Temporalvariation ist.

Dank

Zum Abschluß möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dr. Janetschek herzlich für die Zuteilung dieses interessanten Gebietes als Thema einer Hausarbeit im Rahmen der Prüfung für das Lehramt an höheren Schulen danken. Besonderen Dank schulde ich Herrn Univ.-Dozent Dr. R. Pechlaner für seine Hilfe und seinen Rat bei der Ausführung der Arbeit.

Meinem Großvater, Herrn August Olbrisch, danke ich herzlich für seine finanzielle Unterstützung.

Der Direktion und den Betriebsleitungen der Vorarlberger Ill-Werke AG bin ich für einen Druckkostenbeitrag, für die Bereitstellung verschiedener Geräte und für viele Daten und Unterlagen (für Abb. 1—5) zu Dank verpflichtet.

Weiters habe ich mich beim Franz-Ruttner-Fonds für finanzielle Unterstützung zu bedanken.

Nicht zuletzt möchte ich für die Hilfe meines Kollegen Helmut Fellner, der mit mir zusammen am Lüner See die Proben entnahm, und die Hilfe der Dammwärter des Lüner Sees danken.

Zitierte Literatur

- BERGER, F. (1955): Lüner See, Thermik und Quellen. — Unveröffentl. Bericht an die Vorarlberger Ill-Werke AG mit Archiv-Nr. 55974.
- BERGER, F. (1955): Zur Limnologie des Lüner Sees. — Unveröffentl. Bericht an die Vorarlberger Ill-Werke AG mit Archiv-Nr. 55975.
- BERGER, F. (1965): Bemerkungen zur graphischen Darstellung von Planktondichten. — Int. Revue Hydrobiol. **50**: 91—93.
- ELSTER, H.-J. (1958): Zum Problem der quantitativen Methoden in der Planktonforschung. — Verh. Internat. Verein. Limnol. **13**: 961—973.
- NAUWERCK, A. (1963): Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken. — Symb. Bot. Ups. **17**, **5**: 99.
- NIPKOW, F. (1952): Die Gattung *Polyarthra* Ehrenberg im Plankton des Zürichsees und einiger anderer Schweizer Seen. — Schweiz. Ztschr. für Hydrologie **14**, **1**: 135—181.
- PECHLANER, R. (1963): Sedimentation in Hochgebirgsseen. — Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck **53**: 253—263.
- POURRIOT, R. (1965): Notes lazonomiques sur quelques Rotifères planctoniques. Hydrobiologia **26**: 579—604.
- RUTTNER, F. (1955): Das Plankton des Lüner Sees. — Unveröffentl. Bericht an die Vorarlberger Ill-Werke AG mit Archiv-Nr. 55975: 7.
- RUTTNER-KOLISKO, A. (1959): Über die Population der *Polyarthra dolichoptera* Idelson in den Kapruner Stauseen. — Anzeiger math.-nat. Kl. Österr. Akad. Wiss. 1959: 4—9.
- SCHMASSMANN (1924): Die Bodenfauna hochalpiner Seen. — Arch. Hydrobiol., Suppl. **3**: 1—106.
- VOIGT, M. (1957): Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. — **I**: 1—508, **II**: 115 Tafeln. Berlin.
- VORARLBERGER ILLWERKE AG (1958): Lüner-See-Werk. (Hieraus wurde Abb. 1—3 entnommen.)
- Weitere Angaben über den Lüner See befinden sich in:
- BERGER, F. (1958): Gutachten über den Chemismus der Quellen im Lüner-See-Gebiet. — Unveröffentl. Berichte an die Vorarlberger Ill-Werke AG mit Archiv-Nr. 58831.
- BERGER, F. (1958): Leitfähigkeit der Quellen im Lüner-See-Gebiet. — Unveröffentl. Berichte an die Vorarlberger Ill-Werke AG mit Archiv-Nr. 58832—58842.
- GAMS, H. (1929): Die postarktische Geschichte des Lüner Sees im Rhätikon. — Jahrb. geol. Bundesanstalt Wien, **79**: 531—570.
- GAMS, H. (1929): Sedimentation und Vermoorung der Lunzer Seen und des Lüner Sees. — Verh. Internat. Verein. Limnol. **4**: 325—332.
- KLEBELSBERG (1927): Vom abgesenkten Lüner See. — Mitt. des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1927. **38**—41.
- PECHLANER, R. (1961): Umweltsbedingungen und Lebewelt in alpinen Speicherseen. — Wasser und Abwasser (Wien) 1961: 190—244.
- PECHLANER, R. (1964): Plancton production in natural lakes and hydro-electric water-basins in the alpine region of the Austrian Alps. — Verh. Internat. Verein. Limnol. **15**: 375—383.
- SCHARDT, H. und ARNI, F. (1926): Über die Entstehung des Lüner Sees im Rhätikon. — Vjschr. Naturf. Ges. Zürich **71**: 269—290.
- SMIT SIBINGA, G. L. (1959): Ein Profil am Boden des abgesenkten Lüner Sees (mit Pollendiagrammen). — Jb. Vorarlbg. Landesmuseumsver. Bregenz 1958/59, 173—176.
- SINGER, M. (1926): Gutachten über den Lüner See mit Karte und Profilen. — Unveröffentl. Berichte an die Vorarlberger Ill-Werke AG.
- ZSCHOKKE, F. (1900): Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. — Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. Zürich **37**: 1—400.

Anschrift des Verfassers: Cand. phil. Manfred HUTER, Römerstraße 7,
A-6900 Bregenz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [55](#)

Autor(en)/Author(s): Huter Manfred

Artikel/Article: [Das Zooplankton des Pumpspeichers Lüner See \(1970 m, Rätikon/Österreich\). 13-58](#)