

Der Längsee.

Eine limnologische Untersuchung.

Von Ingo Findenegg.

(Mit sechs Abbildungen im Text.)

Der Längsee gehört zu den weniger bekannten Seen Kärntens. Er liegt etwas abseits von den größeren Verkehrslinien und kann von der Bahnhaltestelle St. Georgen a. Längsee in einer halben, von St. Veit aus auf einem Waldweg in etwa einer Stunde erreicht werden. Im Osten und Westen von bewaldeten Höhenzügen umgeben, liegt er in einer flachen Mulde mitten in echter Unter-kärntner Landschaft. Von den Höhen ergeben sich Blicke auf benachbartes Hügelland, auf die von Bergkirchlein geschmückten Züge des Magdalens- und Ulrichsberges, auf die Burgen- und Ruinenhügel der alten Herzogstadt St. Veit, darüber hinaus in die Weiten der Unterkärntner Ebene und des Krappfeldes, die in blauer Ferne durch die zackigen Grate der Karawanken und Julier oder von den sanft geschwungenen Linien der Gurktaler Berge und der breit-rückigen Saualpe abgeschlossen werden. Zu Füßen liegt die etwas eilänglich gestreckte Fläche des Sees, der mit etwa 0,76 km² Oberfläche zu den kleinsten der Talseen Kärntens gehört. Von Norden schiebt sich eine kleine, spitze Halbinsel in die Wasseroberfläche vor, während am Ostufer eine flache Bucht landwärts ausladet. Mit Ausnahme des Westufers, das vom „Steinkogel“ verhältnismäßig steil einfällt und Buschwald und Viehweiden trägt, sind die Ufer flach, etwas versumpft und von Röhricht umgeben. Im Norden wird die Mulde von einer flachen Wasserscheide begrenzt, auf der die Ortschaft Töplach liegt und die in der Hauptsache Felder und Wiesen trägt. Auch der Osthang ist größtenteils Kulturland, hier liegen einige hundert Meter vom See ab die Ortschaft Drasendorf und der Gemeindegort St. Georgen. Nach Süden zu geht der See in ein langgestrecktes Moor über, das vor Zeiten, als der Seespiegel noch etwas höher lag, auch dem See zugehörte und ihm seinen heute nicht mehr recht passenden Namen eingetragen haben mag. Der Abfluß des Sees, ein kleines Bächlein, durchströmt es seiner ganzen Länge nach. Die geringe Wasserführung dieses Bächleins deutet schon an, daß der See nur sehr schwache Zuflüsse aufweist, die aus ganz wenigen, im Sommer oft nahezu trocken liegenden Wiesenquellen und dem Grundwasserstrom besteht, der aus den Hängen der Mulde kommt, in deren Mitte der See liegt.

Was die Beschaffenheit des Bodens und seiner geologischen Grundlage anlangt, so ist die Umgebung des Sees, wie schon angedeutet, landwirtschaftlich genutzt. Wiesenhänge und Ackerland be-

decken den größeren Teil des Einzugsgebietes. Aus diesem fruchtbaren Boden bezieht der See mehr Pflanzennährstoffe, als es bei einer chemischen Untersuchung des Seewassers zunächst den Anschein hat. Auch der hohe Kalkgehalt des Seewassers — der Längsee hat unter den Kärntner Talseen die größte Wasserhärte — steht im Zusammenhang mit dem verhältnismäßig großen Humusreichtum des Bodens, da das Wasser der Niederschläge beim Versickern durch die Ackerkrume viel Kohlendioxyd aufnimmt, das sich bei der Verwesung von Pflanzenresten bildet. Dadurch ist das Grundwasser imstande, größere Mengen von Kalk zu lösen, der im Untergrund reichlich vertreten ist. So besteht, wie ich aus einer freundlich zur Verfügung gestellten Mitteilung von Dr. Kähler und der geologischen Karte von Beck entnehme, der westlich des Sees gelegene Seekogel aus untertriadischem Muschelkalk, während an den Osthängen der Mulde von St. Georgen der Hauptdolomit der oberen Trias zutage tritt. Südlich des Seekogels (Höhe 746, der Spezialkarte) liegen Werfener Schichten und Grödner Sandstein, unter ihnen ein paläozoischer Diabas. Der größte Teil des Felsgrundes ist aber in der Mulde von St. Georgen mit eiszeitlichen Moränen bedeckt, die der Draugletscher abgelagert hat und die den geologischen Bau der Gegend verschleiern. Diese Moränen sind auch die Ursache der Bildung des Längsees, da sie das Tal nördlich von Krottendorf abdämmen und so den See aufstauen. Die Entstehung des Tales hingegen hat mit der Eiszeit nichts zu tun; sie ist auf eine ältere Störung im Erdbau zurückzuführen, die sich längs einer von Norden nach Süden laufenden Linie äußert. Dies kann aus dem Umstand geschlossen werden, daß die beiden Talseiten sich geologisch nicht entsprechen.

Dieser kleine und auch nur 21 m tiefe Längsee bietet nun trotz seines bescheidenen Formates dem die Natur nicht nur mit den Augen, sondern auch mit dem Verstande genießenden Wissenschaftler auch in letzterer Hinsicht manche interessante Eigenheiten, die sich, wie wir sehen werden, letzten Endes alle aus seiner Lage in einem nach allen Seiten hin ziemlich abgeschlossenen Becken ergeben. Die Beobachtungen, die hier mitgeteilt werden, stammen zum größten Teil aus den Jahren 1934 und 1935 und wurden anlässlich von Tagesexkursionen gewonnen. Sie wurden 1943 durch einen mehrtägigen Aufenthalt am See ergänzt. Zunächst sei auf die Abb. 1 verwiesen, die eine Vorstellung von der Gestalt des Seebeckens geben soll. Der Tiefenkarte liegen dieselben Lotungen zugrunde, die E. Richter für seine Tiefenkarte benützt hat und die ich noch durch einige eigene Lotungen zu ergänzen in der Lage war. Die Isobathenlinien wurden von 5 zu 5 Metern eingezeichnet, wobei ich als Ausgangsniveau die Seeoberfläche wählte, während

Richter von der 550-m-Isohypse ausgeht. Dadurch ergeben sich gegenüber der Karte im Seenatlas kleine Differenzen. Ich fand die größte Seetiefe mit fast 21 m (alle gefundenen Werte wurden auf $\frac{1}{2}$ m abgerundet), während der Seenatlas zwar einen Lotungspunkt mit 20 m verzeichnet, der Kartenerläuterung aber nur 19,5 m als Maximaltiefe angibt. Das Seevolumen fand ich in guter Übereinstimmung mit Richter zu $8.500.000 \text{ m}^3$, die mittlere Seetiefe beträgt 11,2 m.

Wie schon erwähnt, ergeben sich eine Reihe seenkundlicher Besonderheiten aus der Lage des Gewässers in einer allseits geschlossenen Geländemulde. Dadurch ist die Seefläche nämlich vor stärkerem Winde, aus welcher Richtung immer er kommen mag, weitgehend geschützt.

Dies hat aber nun seinerseits wieder zur Folge, daß sich der Längsee in etwas tieferen Schichten im Sommer weniger stark erwärmt als andere, ungefähr gleich große Seen in Kärnten. Die Erwärmung tieferer Wasserschichten kann nicht direkt durch die Sonnenstrahlen vor sich gehen, da Wasser für Wärmestrahlen nur sehr wenig durchlässig ist. Von der Oberfläche des Sees aber kann das erwärmte Wasser, da es spezifisch leichter geworden ist, nicht so ohne weiteres in tiefere Seeschichten gelangen, dazu ist vielmehr eine Kraft erforderlich, die nur der Wind leisten kann. Er nimmt bei seinem Hinüberstreichen über die Wasserfläche durch die Reibung gewissermaßen das oberste Wasserhäutchen mit und staut es gegen das entgegenstehende Ufer, wo es in die Tiefe gedrückt wird, während er am entgegengesetzten Ufer kühleres Wasser an die Oberfläche emporsaugt. So kommt es schließlich zu einer Art Zirkulationsbewegung in vertikaler Richtung, die zu einer Vermischung des kalten Tiefenwassers mit dem erwärmten Oberflächenwasser führt und so einen Temperaturanstieg auch in den Schichten zur Folge hat, zu denen die Wärmestrahlen nicht mehr gelangen können. Je ausgiebiger die Energieübertragung von der bewegten Luft, dem Winde, auf das Wasser vor sich gehen kann, um so stärker werden sich bei sonst gleichen Umständen die tieferen Wasserschichten eines Sees erwärmen. Vergleichen wir nun den Längsee mit einem annähernd gleich großen Kärntner See, zum Beispiel dem Afritzer See, der etwas kleiner und auch nur zwei Meter tiefer ist, so zeigt sich in der Tiefe deutlich der Unterschied. Beide Seen habe ich im Herbst 1934 und Juni 1935 innerhalb weniger Wochen thermisch ausgelotet, so daß die beiden Temperaturserien sich in den Tiefen durchaus vergleichen lassen. Unter Ausschaltung der Temperaturen oberhalb zehn Meter Tiefe ergibt sich in beiden Vergleichsserien eindeutig eine im Durchschnitt um einen halben Grad geringere Wasserwärme beim Längsee.

Tiefenkarte des Längsees.

548 m Seehöhe.

0.76 km²

21 m Tiefe

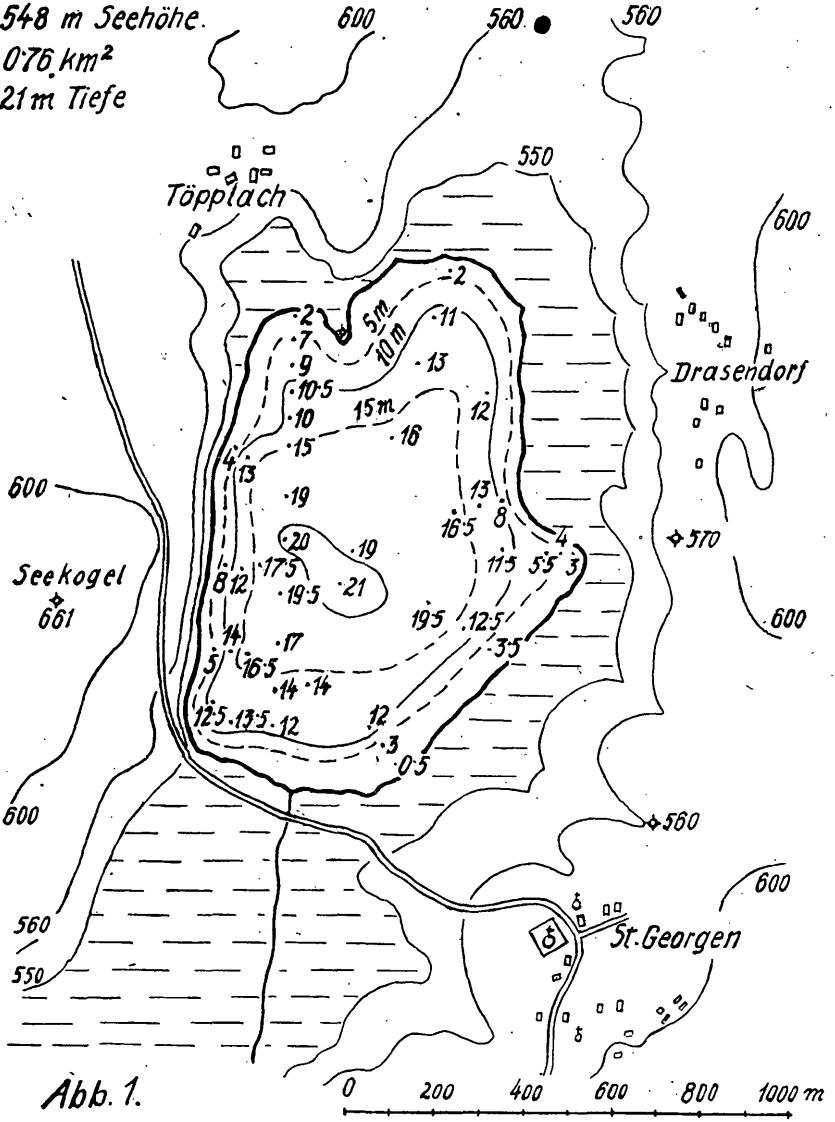


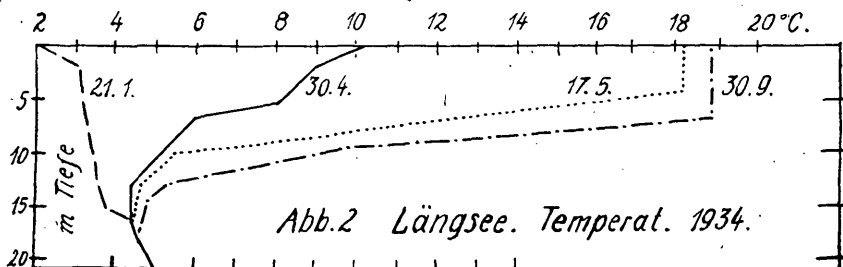
Abb. 1.

	Längsee 30. 9 1934	Afritzer See 14. 10. 1934	Längsee 23. 6. 1935	Afritzer See 11. 6. 1935
1 m	18,8	13,8 Grad C.	20,6	19,0 Grad C.
5 m	18,8	13,8 Grad C.	17,6	14,2 Grad C.
10 m	9,0	9,5 Grad C.	6,9	8,4 Grad C.
15 m	4,8	5,7 Grad C.	5,7	6,2 Grad C.
21 m	4,9	5,3 Grad C.	5,3	5,8 Grad C.

Da nun der Grad der Einwirkung des Windes auf das Wasser bei gleicher Windstärke von mehreren Umständen abhängt, müssen diese genauer gewürdigt werden. Es kommen in Betracht: 1. Der Grad der Exposition der Seefläche gegenüber der vorherrschenden Windrichtung, also die mehr oder weniger windgeschützte Lage. 2. Die absolute Größe der Seefläche und 3. das Verhältnis der Seefläche zu seinem Wasservolumen, also die mittlere Seetiefe. Vergleicht man diese Faktoren bei den genannten Seen miteinander, so ergibt sich, daß der Längsee sowohl die größere, absolute Seefläche (0,76 km² gegenüber 0,49 km² beim Afritzer See), als auch die kleinere, mittlere Tiefe aufweist (11,2 m gegenüber 14,7 m) mithin aus beiden Gründen stärker vom Wind hinsichtlich seiner Tiefentemperaturen beeinflusst werden müßte als der Afritzer See. Wenn nun aber gerade das Gegenteil davon zutrifft, so ist es klar, daß der Grad der Windexposition hier der ausschlaggebende Faktor ist. Die windgeschützte Lage in dem Becken von St. Georgen schützt den See vor stärkerer Wasserzirkulation viel besser als die kleinere Oberfläche und größere Durchschnittstiefe den in einer windigen Talfurche gelegenen Afritzer See davor zu bewahren vermag.

Die verhältnismäßig schwache Wasserdurchmischung im Längsee ist aber auch die Ursache einer physikalisch sehr interessanten Erscheinung, die man in manchen Jahren beobachten kann, nämlich einer Temperaturumkehr in der Wärmeschichtung des Sees. Um sie zu verstehen, muß daran erinnert werden, daß das Wasser bei 4 Grad Celsius sein größtes spezifisches Gewicht aufweist. Demzufolge müßte das im Winter auf diese Temperatur abgekühlte Oberflächenwasser in die Seetiefe absinken und sie ausfüllen. Diese theoretische Überlegung trifft nun aber insofern nicht ganz zu, als das während des ganzen Sommers in der Tiefe befindliche Wasser durch die Berührung mit dem Schlamm und durch Verwesungsvorgänge, die sich an den Resten von abgestorbenen Tieren und Pflanzen hier abspielen, nicht unbeträchtliche Mengen von mineralischer und organischen Substanzen aufgelöst hat und dadurch noch schwerer

geworden ist als das zu Winterbeginn auf 4 Grad abgekühlte Oberflächenwasser. Es läßt sich daher zunächst nicht vom letzteren aus der Tiefe verdrängen. Nur wenn es durch die schon oben erwähnten, windbedingten Zirkulationsströmungen erfaßt wird, räumt es die tiefsten Seeteile und mischt sich mit dem Oberflächenwasser. Wir sprechen dann von einer Vollzirkulation. Eine solche kommt bei den meisten Seen auch wirklich zustande. Beim Längsee hingegen unterbleibt sie, da die Windeinwirkung in diesem Falle zu schwach ist, den Kraftaufwand für eine solche totale Umschichtung zu bestreiten. Das auf 4 Grad abgekühlte Oberflächenwasser gelangt nur bis in eine Tiefe von etwa 15 m, der Wasserkörper unterhalb dieser Grenze bleibt unberührt und bewahrt auch während des Winters seine etwas höhere Temperatur, die im Jahre 1934 etwa 4,8 Grad betrug. Diese Verhältnisse sind in Abb. 2 graphisch

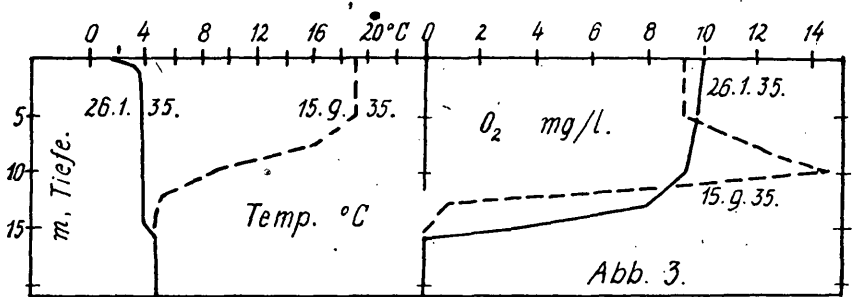


dargestellt. Dabei sind von links nach rechts die Wassertemperaturen, von oben nach unten die Seetiefen aufgetragen. Die gestrichelte Kurve links (21. Jänner) ist durch Eintragung der in den verschiedenen Tiefen gefundenen Temperaturgrade am 21. Jänner 1934 zustande gekommen. Der scharfe Knick bei 15 m Tiefe zeigt deutlich, daß die winterliche Abkühlung nur bis hierher vorgedrungen ist. Wenn nun im Frühjahr, wie dies 1934 der Fall war, nach dem Auftauen der Eisdecke die Erwärmung der obersten Wasserschichten bei warmem und windstillem Wetter sehr rasch vor sich geht, so greift die nachwinterliche Wasserzirkulation nicht einmal so weit in die Tiefe, wie es die vorwinterlichen Durchmischungsvorgänge getan haben. Es bleibt dann bei ungefähr 15 m ein Rest der Winterschichtung bis in den Spätsommer hinein erhalten. Wie aus der ausgezogenen Kurve, die einem Zeitpunkt nach Beendigung der Frühjahrszirkulation entspricht (30. April), ersichtlich ist, hatten sich zu dieser Zeit die obersten Schichten (0 bis 5 m) auf 8 bis 10 Grad erwärmt. Zwischen 5 und 13 m Tiefe liegt die

thermische Sprungschicht, die sich im Laufe des Sommers immer mächtiger entwickelt (punktierte Kurve vom 17. Mai). Zwischen 13 und 17 m bleibt die Temperatur konstant auf etwa 4,3 bis 4,4 Grad, um von da ab bis zum Grunde auf 4,9 bis 5 anzusteigen. So kommt um 15 m Tiefe herum eine Temperaturumkehr oder Inversion zustande, die die Folge einer Überlagerung des von der herbstlichen Zirkulation unberührt gebliebenen Tiefenwassers mit etwa 4,8 Grad durch eine im Winter auf 4 Grad abgekühlte Wasserschicht ist, die im folgenden Frühjahr ihrerseits wiederum von der Frühjahrszirkulation nicht erfaßt wurde. In Jahren mit stürmischem Frühlingwetter reicht die nachwinterliche Zirkulation ebenso tief wie die Herbstzirkulation, eine mittlere Kaltwasserschicht als Rest der Winterschichtung kann infolgedessen nicht bestehen bleiben und das Phänomen der Inversion ist in solchen Jahren dann verschwunden.

Das Fehlen der Vollumschichtung im Winter drückt sich nun aber nicht nur thermisch aus, wie die Abb. 2 gezeigt hat, sondern auch für den chemischen Teil der Seeuntersuchung ergeben sich daraus gewichtige Folgen. Durch die dauernde Stagnation des Tiefenwassers nimmt der Gehalt an gelösten Stoffen, der, wie schon erwähnt, auf die Abbauvorgänge organischer Substanz in der Tiefe zurückzuführen ist, von Jahr zu Jahr zu, bis sich ein gewisser Austausch-Gleichgewichtszustand einstellt. Schon im normalen See mit winterlicher Vollumschichtung stellen sich im Laufe des Sommers immer größer werdende Unterschiede in der Wasserbeschaffenheit zwischen Oberfläche und Tiefe ein. Bekanntlich werden in den noch hinreichend vom Sonnenlicht erhellten oberen Schichten jedes stehenden Gewässers, in dem sogenannten Epilimnion, durch grüne Pflanzen aus Kohlendioxyd, Wasser und gelösten Nährsalzen (zum Beispiel Stickstoff- und Phosphorverbindungen) organische Substanzen aufgebaut. Diese Pflanzen sind zum Teil groß und haften im Seegrund der Uferzone, zum Teil sind sie von mikroskopischer Kleinheit, schweben im Wasser und werden als Phytoplankton bezeichnet. Dieser Aufbau pflanzlicher Substanz durch die im Wasser schwebenden Algen ist mit der Bildung von freiem Sauerstoff verbunden, der sich im Epilimnion bis zur Übersättigung im Wasser löst. In der dunklen Region des Sees, in der Tiefe, findet ein entgegengesetzter Vorgang statt. Tier- und Pflanzenreste verwesen hier, dabei wird Sauerstoff verbraucht. Wegen der starken Temperaturdifferenzen zwischen Ober- und Tiefenschicht ist eine nennenswerte Vermischung der beiden Wasserkörper und damit ein Ausgleich der gelösten Stoffe während des Sommers unmöglich. So wird im Laufe der wärmeren Jahreszeit die Verarmung des Epilimnions an Pflanzennährstoffen bei gleichzeitigem Überschuß

an Sauerstoff und die Anhäufung von Pflanzennährstoffen bei immer zunehmendem Sauerstoffmangel im Hypolimnion immer stärker. Während aber im normalen See (zum Beispiel im Afritzer See) in der kalten Jahreszeit nach dem Wegfallen der Temperaturunterschiede eine bis zum Grunde reichende Wasservermischung durch den Wind bewirkt wird, die für einen ziemlich vollkommenen Ausgleich in dem Gehalt an gelösten chemischen Stoffen sorgt, unterbleibt bei den so windgeschützten Seen wie beim Längsee dieser Ausgleich, oder richtiger gesagt, er reicht nur bis 15 m Tiefe. Daher enthält die Seetiefe auch im Winter keinen Sauerstoff. Aus der Abb. 3 kann dies wieder anschaulich entnommen werden. Der

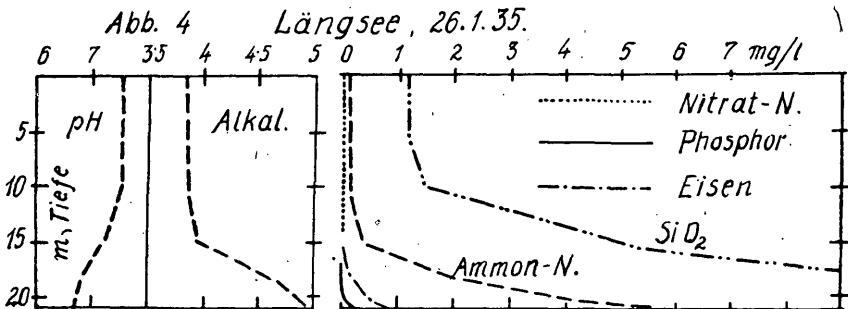


linke Teil der Abbildung zeigt die Temperaturkurve vom 26. Jänner 1935, der rechte Teil die ihr entsprechende Sauerstoffkurve, die bis 10 m völlig ausgeglichenen Gehalt von etwa 10 mg im Liter erkennen läßt, während die Kurve (ausgezogene Linie) dann in einer nur 5 m dicken Sprungschicht auf 0 mg/l abfällt. Der Sauerstoffverbrauch während des folgenden Sommers wird durch ein Höherücken dieser Sprungschicht um etwa 3 m bis zum September 1935 (gestrichelte Kurve) angedeutet.

Ein kurzer Hinweis erscheint noch erforderlich auf den sonderbaren nach rechts vorspringenden Zacken der Sauerstoffkurve vom 15. September 1935 in der Tiefe von etwa 10 m. Er bringt eine starke Anreicherung dieses Gases in jenen Schichten zum Ausdruck, die den stärksten Temperaturabfall (siehe den linken Teil der Abbildung) aufweisen, der im vorliegenden Fall bis zu 4 Grad je Meter Tiefenzunahme beträgt. Diese Wasserschichten sind natürlich infolge ihres verschiedenen spezifischen Gewichtes außerordentlich Mischungseindlich, daher reichert sich der in ihnen durch den pflanzlichen Aufbau gebildete Sauerstoff gewaltig an. So bildet sich ein Maximum an Gehalt dieses gelösten Gases aus, während in

den obersten, annähernd gleich warmen Wasserschichten, die durch den Wind immer wieder in Zirkulationsbewegung versetzt werden, die Möglichkeit besteht, daß das Wasser an die Oberfläche gelangt und seinen überschüssigen Sauerstoff an die Luft abgibt, wodurch ein ausgeglichener Sauerstoffgehalt dieser Schichten zustande kommt. Von 10 m Tiefe abwärts hingegen reicht die Lichtstärke für den Aufbau pflanzlicher Substanz nicht mehr aus, der von früher her vorhandene Sauerstoff wird im Gegenteil durch die Verwesungsvorgänge aufgezehrt, daher die rasche Abnahme zwischen 10 und 15 m von 14 mg/l auf Null in der Abb. 3.

Das Fehlen von Sauerstoff in der Seetiefe zieht weitere Folgen nach sich. Nicht allein, daß tierisches Leben in den Tiefenschichten dadurch unmöglich wird, auch die Art des chemischen Abbaues der abgesunkenen Pflanzen- und Tierleichen wird dadurch verändert, zum Teil sogar unmöglich gemacht. Am Grunde häufen sich unzersetzte organische Verbindungen an. Es kommt zur Bildung des giftigen Schwefelwasserstoffes. Die zersetzten Eiweißstoffe werden nicht zu Nitrat oxydiert, sondern bleiben als Ammoniumverbindungen in Lösung. Der Seegrund unter 15 m ist mit einer Art Faulschlamm bedeckt und nahezu frei von Lebewesen, nur gewisse Bakterien, die ohne Sauerstoff zu leben vermögen, und eine Mückenlarvenart, die sich den Sauerstoff aus etwas höheren Wasserschichten holt, können sich hier behaupten.



Wegen der andauernden Stagnation sammeln sich in den Tiefenschichten beträchtliche Mengen gelöster Salze an. Ammonium- und Eisenverbindungen, die im Seewasser sonst nur in geringen Mengen nachzuweisen sind, treten in der Analyse hier deutlich hervor. Auch der Karbonat- und Kieselsäuregehalt nimmt stark zu. Aus der Abb. 4 ist diese Zunahme in den untersten Seeschichten gut erkennbar. Selbst der Phosphor, von dem man im Seewasser nur Spuren findet,

erfährt unmittelbar über dem Grunde eine wenn auch bescheidene Anreicherung. Hingegen fehlt, wie schon oben erwähnt, der Nitratstickstoff hier völlig, der in den durchmischten Schichten wenigstens im Frühjahr in kleinen Mengen vorkommt. Später allerdings verschwinden die Nitrate auch hier, da sie als wichtiger Baustoff der Pflanzenkörper, von dem sich in dem wärmeren und lichtreicheren Epilimnion in großer Menge entwickelnden Planktonalgen verbraucht werden. Das gleiche Schicksal erleidet auch jener Teil der Stickstoffverbindungen, die dem See noch nachträglich während des Sommers durch Zuflüsse und den Grundwasserstrom zugeführt werden, ehe sie sich in nennenswerten Mengen in den epilimnischen Schichten anhäufen können. Und die durch die Verwesung dieser Plankter in der Seetiefe wieder frei werdenden Stickstoffverbindungen scheiden wegen der Dauerstagnation dieser Schichten aus dem Stoffkreislauf aus, sie kehren zum größten Teil nicht mehr in die oberen Wasserschichten zurück, wo sie dem Aufbau neuer Pflanzen zur Verfügung stehen würden.

Alle diese Nährsalze, vor allem die Nitrate und Phosphate, kehren in einem normal zirkulierenden See im Winter wieder in das Epilimnion zurück. Das Epilimnion wird gewissermaßen mit hypolimnischem, nährstoffreichem Wasser gedüngt und daraufhin setzt im Frühjahr ein starkes Wachstum des Phytoplanktons ein. Nach dem im letzten Abschnitt Mitgeteilten kann man annehmen, daß die Erzeugung pflanzlicher Substanz, die Produktion des Längsees keineswegs sehr bedeutend sein wird. Dies trifft im wesentlichen auch zu. Der Längsee ist auf Grund seines im Epilimnion verhältnismäßig geringen Gehaltes an Pflanzennährstoffen in die Gruppe der nährstoffarmen oder oligotrophen Gewässer einzureihen. Als solcher müßte er klares und bläulich gefärbtes Wasser führen. Wenn dies nun nicht so ganz zutrifft, die Wasserfarbe vielmehr etwas ins Grünliche spielt (Forel-Ule-Skala 8—10) und die Wassertrübung durch die Planktonalgen im Frühjahr zu einer Verminderung der Sichttiefe auf nur etwas über 2 m führt, sich im Mittel bei etwa 4 m hält und erst gegen den Herbst zu bis 8 m ansteigt, welcher Betrag einem nährstoffarmen See ungefähr angemessen wäre, so beweist dies, daß die produzierenden Schichten des Längsees laufend Zuschüsse von Pflanzennährstoffen erhalten, die offenbar zum Teil aus den Zuflüssen und dem Grundwasserstrom stammen, und zum anderen, vermutlich größeren Teil aber durch Diffusion und auch durch Austauschbewegungen aus dem ja nur wenige Meter tiefer liegenden Depot des dauernd stagnierenden Tiefenwassers nach oben gelangen. Erst wenn im Laufe des Sommers mit zunehmender Trockenheit die Zuflüsse spärlicher werden und die Absperrung zwischen Epi- und Hypolimnion durch die immer mächtiger

werdende thermische Sprungschicht ihrem Höhepunkt zustrebt, nimmt der See auch die optischen Merkmale eines nährstoffarmen oder oligotrophen Gewässers an. Vom Gesichtspunkt der chemischen Wasseranalyse aus gesehen ist unser See das ganze Jahr hindurch oligotroph. Da die oben erwähnte Nährstoffzufuhr ganz allmählich vor sich geht und die Phytoplankter sich sogleich ihrer bemächtigen, sind die im Epilimnion nachweisbaren gelösten Salzmengen — vom Karbonat abgesehen — kaum der Rede wert und man würde aus ihnen niemals auf verhältnismäßig so große Mengen von Phytoplankton schließen, wie man sie wenigstens im Frühjahr und Vorsommer zuweilen antrifft. In dieser Hinsicht erinnert unser Gewässer etwas an den Klopeiner See, der ebenfalls ein See ohne Vollzirkulation ist und optisch ausgesprochen oligotrophe Merkmale sowie einen sehr geringen Nährstoffgehalt im Epilimnion aufweist, dabei aber gar nicht unbedeutende Planktonmengen, vornehmlich allerdings in etwas tieferen Wasserschichten, erzeugt.

Wir wollen uns nun noch etwas eingehender mit der Art und dem jahreszeitlichen Auftreten der verschiedenen Algen beschäftigen; die in ihrer Gesamtheit das Phytoplankton des Längsees ausmachen. Die Beschreibung bezieht sich hauptsächlich auf die Verhältnisse, die ich im Jahre 1935 feststellte, doch sind auch Beobachtungen von 1934 und 1943 berücksichtigt. Wie wir sehen werden, ergeben sich gewisse Parallelen zu dem Phytoplankton im Wörther See, dem der Längsee in Hinsicht auf das stark überwiegende Vorkommen einer Blaualge, *Oscillatoria rubescens*, unter den Kärntner Seen am meisten ähnelt.

Im ersten Frühjahr, nach dem Schmelzen der Eisdecke, treten zunächst Algen auf, die zu ihrem Gedeihen niedrige Temperaturen verlangen, dabei aber verhältnismäßig hohe Lichtansprüche stellen. Sonderbarerweise tritt nun im Längsee gerade jene Form, die in anderen Kärntner Seen für diese Zeit typisch ist, *Dinobryon divergens*, verhältnismäßig spärlich auf. Sie wird teilweise durch *D. bavaricum* vertreten. Dabei scheint eine andere Form mit ähnlichen Temperatur- und Lichtansprüchen sich wesentlich besser zu entwickeln. Es handelt sich um eine der *Uroglena volvox* nahestehende Form, die zur Sichttiefenverminderung auf nur 2 bis 2½ m im April wesentlich beitragen dürfte. Unter den kleinsten, nur durch Zentrifugieren der Wasserproben greifbaren Algen entwickeln sich *Cryptomonas erosa* und *Rhodomonas lacustris*, eine *Kephyriopsis*, zu der sich bei etwas höher werdenden Temperaturen auch *Kephyriopsis ovum* gesellt, ferner *Gymnodinium helveticum* und die Diatomeen *Stephanodiscus astraea* und *Cyclotella glomerata*. Mit zunehmender Temperatur der epilimnischen Schichten tritt unter den größeren Formen, früher als es in anderen Kärntner Seen der

Fall ist, *Ceratium hirundinella* in beträchtlichen Mengen auf, was mit der infolge seiner windgeschützten Lage ungewöhnlich raschen Erwärmung des Oberflächenwassers zusammenhängen dürfte. Dieser Umstand in dem Zusammenspiel mit der zu dieser Zeit ziemlich geringen Lichtdurchlässigkeit des Wassers mag auch die Ursache davon sein, daß sich Dinobryon divergens, wie oben erwähnt, in unserem See nur so schwach entwickelt, da diese Art Temperaturen über 10 Grad nur mehr schlecht verträgt, die kühleren, etwas tieferen Schichten des Epilimnions ihrem starken Lichtbedürfnis aber nicht mehr zusagen. Das spätere Frühjahr, Ende Mai und erste Junihälfte, bringt, wie auch an den anderen Kärntner Talseen, den Höhepunkt an Produktion von Algensubstanz mit sich, der durch ein Massenaufreten von Cyclotellen, besonders der *Cyclotella comensis* entsteht, zu der sich die immer größer werdenden Mengen von *Ceratium hirundinella* und einer *Gymnodinium* sp. gesellen. Auch *Cryptomonas erosa* hat weiter an Zahl zugenommen, während sich *Rhodomonas lacustris* zu dieser Zeit bereits auf der absteigenden Bahn seiner jahreszeitlichen Entwicklungskurve befindet.

Nun beginnt im Juli eine gewisse Verödung der obersten Wasserschichten an Phytoplankton einzutreten. Es liegt nahe, diese Produktionspause mit einer Erschöpfung der obersten Wasserschichten hinsichtlich Nährstoffgehalt in Zusammenhang zu bringen, die durch die Massenentfaltung im Juni hervorgerufen sein könnte. Die geringen bis dahin noch nachweisbaren Nitratreserven des Epilimnions sind jedenfalls völlig verschwunden und eine Zufuhr von Stickstoffverbindungen von unten ist wegen der inzwischen stark erhöhten Stabilität der Wasserschichtung nicht mehr so leicht möglich. So ist das Sommerplankton im allgemeinen quantitativ ziemlich dürrig entwickelt. Es wird neben den schon für den Juni genannten Arten, unter denen *Ceratium* jetzt an der Spitze steht, während die Cyclotellen stark abgenommen haben, in gegen den Spätsommer immer mehr zunehmendem Maße von Blaualgen gebildet. Neben mehreren *Chroococcus*arten und den gegenüber anderen Kärntner Seen verhältnismäßig geringen Beständen von *Gomphosphaeria lacustris* tritt jetzt auch *Lyngbia limnetica* auf, die man als typische Warmwasserform mit mäßigen Lichtansprüchen bezeichnen muß, da sie bei entsprechender Wassertemperatur bis in den September an Zahl eher zunimmt.

Die Herbstmonate bringen einen Rückgang der Blaualgen, während die Cyclotellen wieder etwas häufiger werden. Es treten *C. glomerata*, weniger deutlich *C. comensis* neuerdings etwas mehr hervor, zu denen sich bei Winterbeginn auch *C. quadrijuncta* gesellt. Die genannten Diatomeen vegetieren zusammen mit einem gewissen Restbestande an *Ceratium hirundinella* den ganzen Winter

über im See. *Asterionella gracillima* wurde von mir stets nur in geringen Mengen gefunden, u. zw. nicht nur, wie in vielen Kärntner Seen, auf die kühlere Jahreszeit beschränkt. Herrschend in dem Winterbild des Phytoplanktons ist aber die Blaualge *Oscillatoria rubescens*, die im Winter auch in den epilimnischen Schichten auftaucht, während sie im Sommer nur in größerer Tiefe zu finden ist,

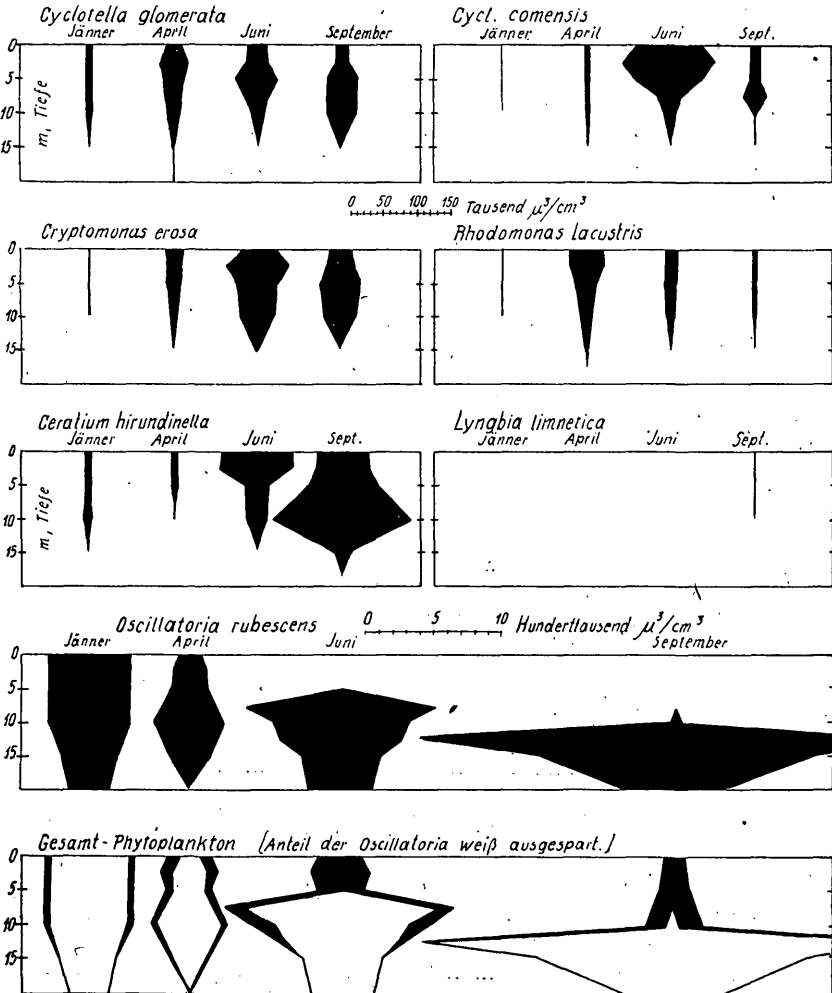


Abb. 5. Längsee, Phytoplankton 1935.

hier allerdings in gewaltiger Menge. Der Grund hiefür ist ihre Gebundenheit an niedere Temperaturen — unter 10 Grad — und eine, im Längsee allerdings weniger deutlich nachweisbare Vorliebe für ganz bestimmte, schwächere Lichtintensität, die im Spätsommer zu einer mächtigen Zusammenballung in bestimmten Schichten führt. Die Tiefe dieses Schichtungsmaximums hängt, wie ich im Wörther See zeigen konnte, einerseits von der Temperatur, anderseits nicht minder von der Lichtstärke im Wasser ab.

Die geschilderten Verhältnisse sind für einige charakteristische Vertreter des Phytoplanktons in der Abb. 5 anschaulich dargestellt und zwar im obersten Streifen für die beiden wichtigsten Cyclotella-Arten, im zweiten Streifen für zwei Cryptomonaden, *C. erosa* und *Rhodomonas lacustris*, im dritten für die beiden Sommerformen *Ceratium hirundinella* und, noch strenger an hohe Wassertemperatur gebunden, *Lyngbia limnetica* und schließlich für *Oscillatoria rubescens*. Die schwarz gehaltenen Flächen geben gewissermaßen Querschnitte durch den See zu vier verschiedenen Zeitpunkten (26. Jänner, 30. April, 17. Juni und 30. September), wobei die Breite der schwarzen Fläche die geringere oder größere Menge von Algen in der betreffenden Tiefe zum Ausdruck bringt. Um die tatsächliche Substanzmenge der einzelnen Arten besser vergleichen zu können, wurde als Grundlage des Maßstabes nicht die Zahl der ange-troffenen Individuen oder Zellen, sondern die Volumina der in der betreffenden Tiefe gefundenen Zellen benützt, die durch Multiplikation des mittleren Volumens der Zellart mit der Menge der vorhandenen Zellen ermittelt wurde. Dadurch ist trotz der verschiedenen Größe der einzelnen Arten die Menge der von jeder Art erzeugten Biomasse gut abzuschätzen. Für den vierten und fünften Streifen (*Oscillatoria* und Gesamtvolumen des Phytoplanktons) mußte allerdings ein kleinerer Maßstab gewählt werden, um mit dem Platz das Auslangen zu finden. Die Breite der schwarzen Flächen, die in den oberen drei Streifen 10.000 Kubikmikren Algen-volumen je Kubikzentimeter der Wasserprobe für die Einheit des Maßstabes bedeutet, ist im vierten und fünften Streifen auf $\frac{1}{5}$ verkleinert. Wie sehr in Wirklichkeit die Biomasse der *Oscillatoria* jene aller übrigen Phytoplankter übertrifft, ist daher am besten aus den Darstellungen im fünften Streifen zu ersehen, der die Gesamtmasse des Phytoplanktons in ihrer Vertikalschichtung bringt, wobei der auf die *Oscillatoria rubescens* entfallende Anteil weiß ausgespart geblieben ist. Wir haben es also beim Längsee mit einem ausgesprochenen *Oscillatoriassee* zu tun, was unter den übrigen Kärntner Seen nur noch für den Wörther See gilt.

Das tierische oder Zooplankton zeigt in seiner artlichen Zusammensetzung das normale Bild des Kärntner Kleinsees, der sich

hinsichtlich seines Bestandes an Kleinkrebsen von den größeren Seen durch das Auftreten zweier Wasserfloharten, *Bosmina longirostris* und *Ceriodaphnia pulchella*, unterscheidet, die man in den größeren Gewässern höchstens in den Uferbezirken antrifft. Über die kleinsten Mitglieder des Zooplanktons, die Protozoen und Rotorien, ist nichts besonderes zu bemerken, es sind in den meisten Kärntner Seen, wenn nicht ganz besondere Umstände mitspielen, fast überall dieselben Formen anzutreffen und es genügt, auf die im Schriftenverzeichnis angeführte zusammenfassende Arbeit über das Plankton des Kärntner Seengebietes hinzuweisen. Eine ausführlichere Darstellung verdienen hingegen die Kleinkrebse. Ihr jahreszeitliches Auftreten und ihre Vertikalverteilung ist in der Abb. 6 in gleicher

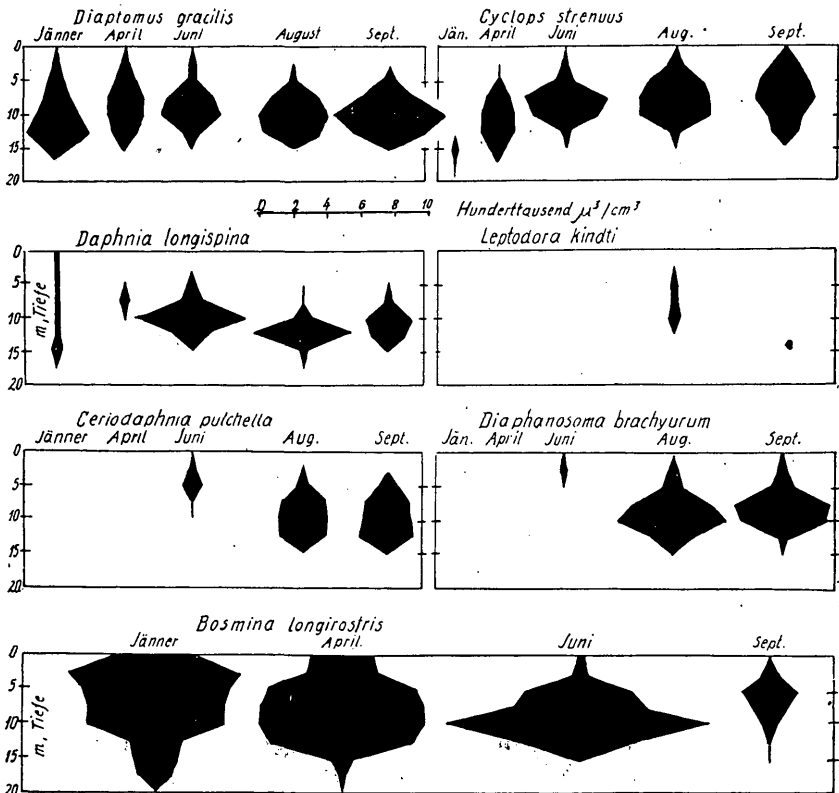


Abb. 6. Crustaceenplankton, Vertikalschichtung Längsee 1935.

Weise anschaulich gemacht wie jenes der Phytoplankter in Abb. 5. Wiederum ist also nicht die Zahl der Individuen, sondern die aus dem mittleren Volumen der Art errechnete Biomasse in dem beigefügten Maßstab auf der Abszisse aufgetragen. Für die meisten Arten wurde als fünftes Schichtungsbild noch die Vertikalverbreitung am 15. August 1935 eingezeichnet. Wie man aus der Abb. 6 ersieht, ist von den beiden Hüpfertingen des Längsees *Cyclops strenuus* vorwiegend Sommerform, wenn er auch mit einer geringen Volkszahl den Winter überdauert, während *Diaptomus gracilis* keine sehr bedeutenden jahreszeitlichen Schwankungen erkennen läßt. Von den Cladoceren oder Wasserflöhen in weiterem Sinne treten *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia pulchella* und *Leptodora kindtii* nur in der warmen Jahreszeit auf, *Daphnia longispina* zeigt ein Minimum zu Winterende, was vermutlich mit den schlechten Ernährungsverhältnissen während der Zeit der Eisbedeckung zusammenhängt, während für die sowohl nach dem Art-Volumen als auch bei der geringen Körpergröße erst recht nach Individuenzahl stark überwiegenden *Bosmina longirostris* am ehesten ein Minimum im Herbst angenommen werden kann. Allerdings ist dabei zu bemerken, daß die Art im ersten Teil des Jahres 1935 in offenbar ungewöhnlich großen Massen auftrat, 1934 waren die beobachteten Mengen wesentlich geringer und dementsprechend der Rückgang im Herbst prozentuell nicht so hoch. Immerhin war auch in diesem Jahre und im Sommer 1943 *Bosmina longirostris* noch immer die vorherrschende Komponente des Zooplanktons. Hinsichtlich der *Daphnia longispina* wurde schon an anderer Stelle („Zur Kenntnis der planktischen Cladoceren Kärntens“) darauf hingewiesen, daß die *D. longispina-hyalina*-Rasse des Längsees sich von der in den großen Kärntner Seen auftretenden Form nicht nur durch ihre Größe, sondern auch durch ein physiologisches Merkmal unterscheidet, insofern als erstere während der Dunkelheit in die warmen epilimnischen Schichten aufsteigt, während dies z. B. bei der Wörther-See-Form nicht der Fall ist. Hingegen ist *Daphnia cucullata*, die nicht nur im Wörther- und Ossiacher See, sondern auch im kleinen Forst-, Keutschacher- und Rauschele-See vorkommt, im Längsee, ähnlich wie auch im Klopeiner See, nicht vorhanden, obwohl man sie eigentlich da erwarten würde.

Die Reste des abgestorbenen und in die Tiefe gesunkenen Planktons bilden, wie schon erwähnt, die Nahrung für die Tierwelt des Seegrundes. Diese ist nun allerdings wegen der schon geschilderten Sauerstoffarmut im Längsee in den tieferen Seeteilen recht dürftig entwickelt. Immerhin ist es ein verhältnismäßig recht großes Tier, das vermöge besonderer Einrichtungen auch noch praktisch sauerstoffreies Wasser zu bewohnen vermag, nämlich die Larve der

Mückenart *Sayomyia (Corethra) plumicornis*. Wir finden sie über und im Schlamm der Seetiefe in nicht ganz unbeträchtlichen Mengen an. In dem Schlamm der seichteren Seeteile, oberhalb 15 m Tiefe, finden wir sodann eine aus anderen Mückenlarven und Würmern gebildete Tiergesellschaft, deren hervortretendste Arten die Larven von *Chironomus bathophilus* und *Tubifex* sind. In der Uferzone sind auch noch größere Insektenlarven zu finden, jedoch keineswegs so reichlich wie etwa im Wörther See, in dem ein starker Bestand an untergetauchten, im Seeboden haftenden Pflanzen das Tierleben sehr begünstigt. Diese Unterwasserpflanzen sind im Längsee recht wenig entwickelt, nur am Süd- und Südostufer kommen sie in nennenswerten Mengen vor, wo unter anderen der in den Kärntner Seen recht ungewöhnliche, mir nur noch vom Gösselsdorfer See bekannte Wasserschlauch (*Utricularia/minor*) anzutreffen war, eine „fleischverdauende“ Pflanze, die mit Hilfe von reusenartigen Anhängseln der fein zerteilten Unterwasserblätter Wasserflöhe festhält, deren Eiweißstoffe abbaut und sich einverleibt. Der die Ufer säumende Röhrichtgürtel ist stellenweise gut entwickelt, aus Schilf und Binsen zusammengesetzt, zu denen die an anderen Kärntner Seen nicht häufige Wasserschneide (*Cladium Mariscus*) tritt.

Damit sei die Schilderung des Längsees abgeschlossen. Wenn die Behandlung der Bodenfauna gegenüber den übrigen Abschnitten etwas kurz geraten erscheint, so hat dies seinen Grund darin, daß die diesbezüglichen Untersuchungen durch die Ereignisse der letzten Jahre abgebrochen werden mußten. Der Verfasser hofft, auf die Bodenbesiedlung der Kärntner Seen zu gegebener Zeit noch einmal in einer zusammenfassenden Darstellung zurückkommen zu können.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ingo Findenegg, Klagenfurt, dzt. Bahnhofstraße 47.

Schriftenverzeichnis:

- Beck, Geologische Karte, 1:75.000. Blatt Hüttenberg-Eberstein.
 Findenegg, I., Limnologische Untersuchungen im Kärntner Seengebiet.
 Internat. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie. 1935.
 Findenegg, I., Zur Kenntnis der planktischen Cladoceren Kräntens.
 Carinthia II, 1943.
 Findenegg, I., Untersuchungen über die Oekologie und die Produktions-
 verhältnisse des Planktons im Kärntner Seengebiet. Internat. Revue
 d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie. 1943. (Ruttner-Festband.)
 Richter, E., Atlas der Österreichischen Alpenseen. Wien 1895.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1947

Band/Volume: [136_56](#)

Autor(en)/Author(s): Findenegg Ingo

Artikel/Article: [Der Längsee- Eine limnologische Untersuchung \(Mit 6 Abbildungen imText\) 77-93](#)