© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

VERÖFFENTLICHUNGEN

der

ZOOLOGISCHEN STAATSSAMMLUNG MÜNCHEN

Otto Schindler

Der Königssee als Lebensraum

Erste Mitteilung über die bisherigen Ergebnisse

MUS. COMP. ZOOL.
LIBRARY
APR 25 1951
HARVARD
UNIVERSITY

Veröff. Zool. Staatssamml. München	Band 1	S. 97—129	München, 1. Oktober 1950.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Der Königssee als Lebensraum

Erste Mitteilung über die bisherigen Ergebnisse

Von Otto Schindler

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Der Königssee, im äußersten Südostzipfel Deutschlands gelegen, nimmt in mancherlei Hinsicht eine gewisse Zwischenstellung ein zwischen den Seen des bayerischen Voralpenlandes und den eigentlichen Alpenseen. Denn obwohl er sich hinsichtlich seiner Höhenlage von 602 m über dem Meeresspiegel und seiner Flächenausdehnung von 5,17 qkm — Länge 8 km, größte Breite 1,3 km — gut in die Reihe der Voralpenseen einfügen würde, zeigt er doch mancherlei Züge, die den Alpenseen eigen sind. Als auffallendste Eigenschaft ist die niedrige Wassertemperatur zu nennen, die Einschränkungen der Lebensmöglichkeiten für die Pflanzen- und Tierwelt bedingt. So ist z. B. die geringe Zahl der Fischarten des Königssees auffällig. Die relativ niedere Wassertemperatur, auf die später näher eingegangen werden soll, ist wiederum erklärlich durch die Lage zwischen hohen Bergen, die, besonders bei der schmalen Beckenform des Sees, eine kürzere tägliche Sonnenbestrahlung als bei freiliegenden Seen bedingt. Keiner der größeren deutschen Voralpenseen liegt so lange im Schatten der Berge wie der Königssee. Dazu kommt seine große mittlere Tiefe, die 93,1 m beträgt. Der Königssee ist damit — abgesehen vom Bodensee — der See des deutschen Voralpen- und Alpengebietes mit der größten mittleren Tiefe. Seine größte Tiefe beträgt nach den bisherigen Angaben 188,2 m*). Der Walchensee, der ihm in vieler Hinsicht am ähnlichsten ist und der eine maximale Tiefe von 192 m hat, besitzt nur eine mittlere Tiefe von 81,8 m. Der Bodensee aber, der größte und tiefste deutsche See des Alpenvorlandes, weist bei einer maximalen Tiefe von 252 m eine mittlere Tiefe von 100,1 m auf.

Erklärlich ist die große mittlere Tiefe des Königsees durch den fast überall steilen Abfall seiner Ufer. Nur das schmale Nord- und Südufer machen eine Ausnahme, und an diesen beiden Stellen kann man auch von einer Uferbank sprechen. Im Flachwasser des Nord- und Südufers treten ausgedehnte Characeenrasen auf, an denen im Frühjahr Hechte und Barsche laichen. An den Längsseiten aber fallen die Felswände überall steil in den See ab. Eine Ausnahme macht nur das Gebiet um St. Bartholomä. An manchen Stellen, vor allem im nördlichen Teil, an der sog. „Archenwand" und im sog. „Echo" erreicht schon wenige Meter vom Ufer der Seeboden

*) Bei Messungen im Juni 1950 stellte Fischer M. Stöckl (St. Bartholomä) östlich von Kessel eine Tiefe von 210 m fest. Am 16. 6. 1950 nahm ich gemeinsam mit Dr. Pietschmann und den beiden Fischern M. Stöckl und A. Cecconi eine Nachprüfung der Tiefenmessung mit einer geeichten Lotwinde vor. Bei 207 m (der Gesamtlänge des uns zur Verfügung stehenden Drahtseiles) kam das Lotgewicht noch nicht auf Grund. Eine merkliche Abtrift war bei unseren Messungen nicht festzustellen. Bei Echolotungen durch Dr. Brandt (Hamburg) im September 1950 wurde eine maximale Tiefe von 194 m gefunden. Eingehende Serienmessungen (gemeinsam mit Dr. Zorell) sind für die nächste Zeit vorgesehen.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

eine Tiefe von 100 m und mehr, während andererseits die Felswände seiner Ufer mehr als 2000 m über den Seespiegel emporragen. Die Zuflüsse bestehen daher, mit Ausnahme des Zuflusses aus dem Obersee, fast ausschließlich aus Sturzbächen mit hohen Wasserfällen. Selbst der Eisbach, der durch das mitgeführte Gerölle am Aufstau des Schuttkegels von St. Bartholomä beteiligt war und ist, kann zumindest in seinem oberen, längeren Teil als steiler Gebirgsbach angesprochen werden. Entwässert wird der Königssee durch den Königsbach, der an seinem Nordende, beim Ort Königssee, ausmündet, und nach Lebling (1935) 1,5 bis 2 m^3/sec Wasser aus dem See führt.

Mit der Entstehung des Königssees haben sich Lebling und seine Mitarbeiter (Lebling u. a. 1935) eingehender beschäftigt. Sie sagen hierüber wörtlich: „Das Seebecken, das bis 420 m M.-H. absteigt und von da nach Norden ansteigt, kann also nur durch jugendliche tektonische Bewegung oder durch Eiserosion entstanden sein. Die erstere kann nicht nachgewiesen werden; auch ist das Becken trotz seiner Länge von 8 km reichlich kurz im Verhältnis zu einer Bewegung, die man sich doch als sehr weitreichend vorstellen muß. Es bleibt also nur die Annahme übrig, daß Eiserosion das Becken geschaffen habe". In der gleichen Arbeit wird dargelegt, daß die öfters ausgesprochene Annahme, der Königssee und der nahe seinem Südostende liegende Obersee hätten früher miteinander ein Becken gebildet, irrig ist. Die Folge der Ereignisse war nach diesen Autoren vielmehr: zunächst Abschmelzen des Gletschers in dem Gebiet zwischen Königssee-Dorf bis mindestens Sallet. Dadurch Entstehung des Königssees. Stillstand des Gletschers östlich von Sallet (also östlich vom Südufer) und Ablagerung einer Endmoräne im heutigen Gebiet zwischen Königssee und Obersee. Hierauf weiterer Rückgang des Gletschers bis Fischunkel (Ostufer des Obersees) und damit Entstehung des Obersees. Der Königsee und Obersee hingen danach also nie zusammen. Über der Endmoräne zwischen Königssee und Obersee soll nach Petzholdt (1843) Schutt eines Bergsturzes liegen. In der Arbeit von Lebling u. a. (1935) finden wir außerdem noch die Angaben, daß der Königssee ein Wasservolumen von 0,48 km^3 und ein Einzugsgebiet von 137,64 km^2 besitzt.

Auf die Untersuchung des Königssees wurde ich durch die in ihm vorkommenden Seesaiblinge *(Salmo salvelinus* L.*)* gelenkt, die hier in zwei Formen auftreten und zwar in der kleinen Form, den sog. „Schwarzreutern" und der großen Form, den sog. „Wildfangsaiblingen" (vergl. Schindler 1940).

Die Schwarzreuter erreichen meist nur eine Länge von 20 bis 23 cm und ein Gewicht von 70 bis 100 Gramm, während die Wildfangsaiblinge Gewichte von mehreren hundert Gramm bis zu 9 und 10 Pfund aufweisen. Die Hauptmasse wird von der kleinen Form gestellt. Sie ist auch von ausschlaggebender Bedeutung für die Fischerei des Sees; von den Wildfangsaiblingen werden alljährlich nur einige Exemplare gefangen. Die Frage, ob es sich um zwei Rassen, Wuchsformen oder nur um verschieden alte — und dadurch verschieden große — Tiere der gleichen Art handelt, harrt noch

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der letzten Klärung. Sie ist nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern auch für die Fischerei von Wichtigkeit, weil sie der Schlüssel zur richtigen Befischung des Sees ist.

Bei meinen Untersuchungen konnte ich selbstverständlich nicht bei der Feststellung der verschiedenen Merkmale der Saiblinge stehen bleiben, wollte ich kein einseitiges Bild bekommen. Vielmehr mußte damit die Erfassung des Königssees als Lebensraum Hand in Hand gehen. So ergab sich die Notwendigkeit, vor allem Wassertemperaturmessungen vorzunehmen und den Nahrungsreichtum des Sees zu überprüfen; sind doch Temperatur und Nahrungsmenge die beiden Faktoren, die das Wachstum der Fische am stärksten beeinflussen. Zu ihnen treten verschiedene andere Umweltbedingungen, die gleichfalls so weit als möglich berücksichtigt wurden. Die vorliegende Veröffentlichung kann nicht den Anspruch erheben eine abschließende Bearbeitung zu sein. Noch harren viele Fragen ihrer endgültigen Lösung. Die für sie notwendigen Arbeiten sind für die Folgezeit in Aussicht genommen und sollen mit einer monographischen Darstellung des Königssees als Lebensraum ihr Ende finden.

Allen denen, die mich bei der Durchführung meiner Arbeit unterstützt haben, möchte ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank sagen. Zu besonderem Dank bin ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. R. Demoll verpflichtet, der meine Arbeiten in jeder Hinsicht förderte und dessen Rat und Anregungen mir außerordentlich wertvoll waren. Herr Dr. Hans Liebmann übernahm die Bestimmung fast aller Planktonorganismen und unterstützte mich auch sonst bei der Auswertung der Planktonfänge weitestgehend. Herr Prof. Dr. Erich Wagler prüfte die Bestimmung einiger Plankton-Crustaceen nach und lieh mir seinen wertvollen Rat in verschiedenen Fragen. Beiden Herren sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Die Verwaltung der staatlichen Gärten, Schlösser und Seen in München sowie der Landesfischereiverband Bayern übernahmen im Jahre 1947 je einen Teil der Kosten für die Fahrten an den Königssee, die Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft stellte mir ab 1949 einen Reisekostenzuschuß zur Verfügung. Ihnen, sowie allen denen, die ich nicht namentlich nennen konnte, danke ich für die Unterstützung und Förderung meiner Arbeit.

Temperaturverhältnisse des Königssees.

In den Jahren 1947, 1948 und 1949 wurden in der Zeit von Ende Mai bis Anfang November Temperaturmessungen von Dr. Geßner und mir vorgenommen. Dr. Geßner war so freundlich, mir seine Messungsergebnisse zur Verfügung zu stellen, so daß sie hier mit verwertet werden können. Bei den Messungen fand jeweils ein Kippthermometer von Richter & Wiese, Berlin, Verwendung.

Beim Vergleich der Wassertemperaturverhältnisse des Königssees mit denen anderer oberbayerischer Voralpenseen fallen insbesondere die niedrigen Wassertemperaturen dieses Sees — vor allem unter 3 m bzw. 5 m Tiefe — und die hochliegende Sprungschicht auf (Abb. 1). Auf die außer-

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

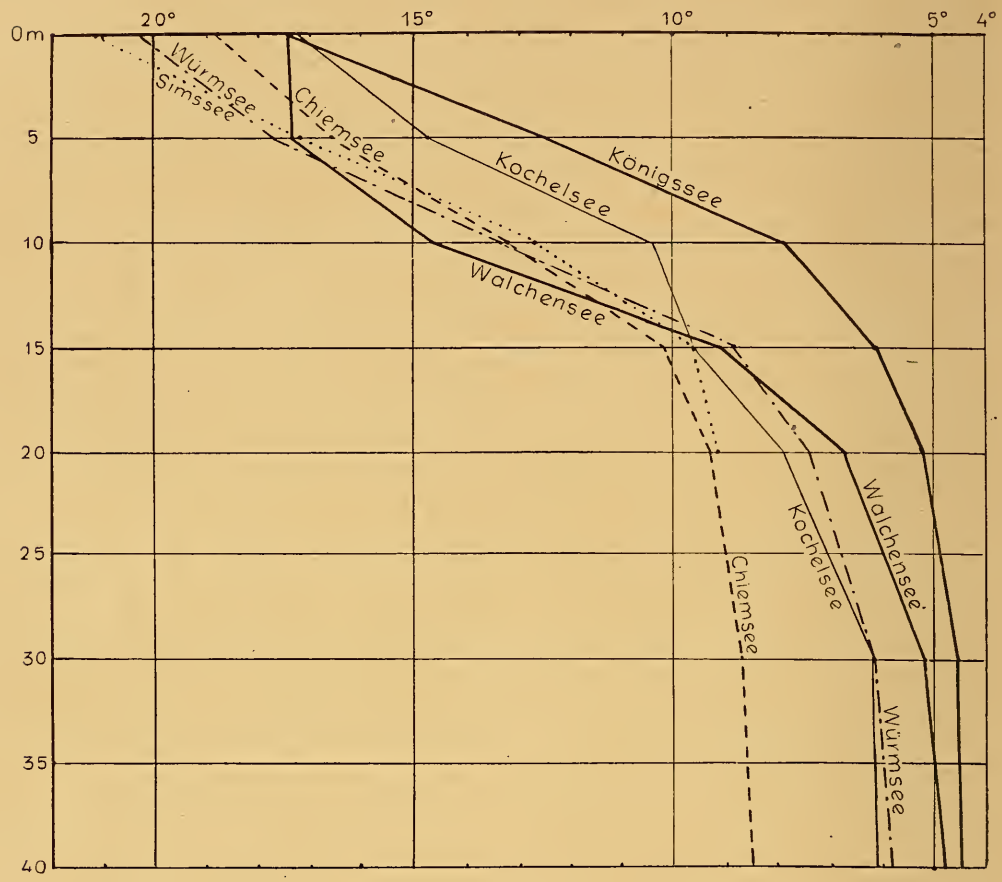

Abb. 1 Durchschnittstemperatur Juni mit September

gewöhnlich hochliegende Sprungschicht hat bereits Geßner (1948) hingewiesen. Er führt sie auf die geschützte Lage des Sees, der eng zwischen hohen Bergen eingeschlossen ist, zurück. Ich kenne den Königssee von meinen ungefähr 30 — jeweils mehrtägigen — Besuchen recht gut und weiß auch, daß er zwar manchmal tagelang recht heftigen Nord- und Südwinden ausgesetzt ist, die einen hohen Wellengang bedingen, daß aber andererseits wohl die längere Zeit des Jahres seine Wasserfläche spiegelglatt daliegt, so daß im großen und ganzen gesehen die Bezeichnung des Königssees als windgeschützter See berechtigt erscheint.

Leider liegen keine Windmessungen vom Königssee selbst vor. Die nächste Beobachtungsstelle des Deutschen Wetterdienstes liegt in Berchtesgaden. Beim Vergleich der Beobachtungsergebnisse über Windhäufigkeit und mittlere Windstärke der Beobachtungsstellen in Berchtesgaden, Prien-Stock (Chiemsee) und Tegernsee zeigt sich, daß in den Jahren 1948 und 1949 die Windhäufigkeit an allen drei Orten zwar ungefähr gleich, die mittlere Windstärke in Berchtesgaden jedoch viel geringer war als an den bei-

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

den anderen Orten *). Nun liegt aber Berchtesgaden viel offener als der Königssee, der durch die hohen Berge vor allem gegen West- und Ostwinde fast vollkommen geschützt ist. Für den Königssee sind praktisch nur die Nord- und Südwinde von Bedeutung.

Selbst im Vergleich zum Walchensee, der mit ihm — was die Lage zwischen hohen Bergen anbelangt — die größte Ähnlichkeit unter den größeren oberbayerischen Voralpenseen besitzt, ist er mit Recht als windgeschützt zu bezeichnen. Der Walchensee ist gerade bei gutem Wetter täglich von 10 Uhr Vormittag bis in die Nachmittagsstunden sehr starkem Wind ausgesetzt, der von Norden her über das Joch herabbraust. Hier konnte ja auch Demoll (1922) die deutlich ausgeprägten Temperaturwellen (seiches) feststellen, die durch den starken Wind bedingt sind und die bewirken, daß man an der gleichen Stelle in bestimmter Tiefe innerhalb kurzer Zeit die verschiedensten Temperaturen — Differenzen von 15° C und mehr — feststellen kann. Derartige Temperaturwellen sind also beim Königssee nur zu gewissen, ganz beschränkten Zeiten zu erwarten, während in den langen windstillen Perioden eine ziemlich ungestörte Sprungschicht vorhanden ist, die relativ hoch liegt. Die Durchmischung der oberen 10 bis 15 m Schicht mit dem warmen Oberflächenwasser kann im Königssee offenbar nicht so intensiv erfolgen und keine so starke Tiefenwirkung haben wie bei offengelegenen Seen. Der Haupttemperaturabfall lag an allen Untersuchungstagen während der Sommermonate zwischen 0 und 5 m — meist zwischen 3 und 5 m — (vergl. Tabelle 1). Am 28. September 1947 war der maximale

Tabelle 1 **Wassertemperaturen des Königssees.**

Meter	30. V. 47	4. VII. 47	13. VIII. 47	28. IX. 47	2. IX. 48	8. IX. 48	5. XI. 49
0	17.2°	22.4°	18.6°	16.1°	15.9°	14.4°	8.4°
3	15.7°		18.3°		13.37°	14.3°	8.2°
5	12.4°	14.6°	12.1°	15.3°	9.3°	10.4°	8.2°
10	7.7°	8.9°	7.9°	9.1°	6.8°	6.9°	8.1°
15	6.2°		6.2°	6.3°			8.0°
20	5.3°	5.1°	5.3°	5.3°	5.4°		7.3°
30			4.6°				4.7°
40	4.5°	4.5°	4.4°				
50	4.5°		4.4°	4.55°		4.43°	
185						5.1°	

*) Das Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes stellte mir in freundlicher Weise die Ergebnisse der Windbeobachtungen an den drei genannten Orten zur Verfügung.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Temperaturabfall zwischen 8 und 10 m festzustellen, für diese Jahreszeit noch immer eine relativ hohe Lage, wenn man bedenkt, daß die Herbstvollzirkulation sicher bereits eingesetzt hatte. Bei einer Temperaturmessung am 5. November 1949 lag die Sprungschicht zwischen 20 und 25 m Tiefe. Damals ergab die Messung bei $^1/_2$ m 8,4°C, 20 m 7,3°C und 25 m 4,7°C.

In der Arbeit von Bohmann, Froese u. a. (1939), die in den Jahren 1938/39 Temperaturmessungen an fünf Seen Oberbayerns und zwar am Würmsee, Chiemsee, Kochelsee, Simssee und Riegsee durchgeführt haben, sind Wassertemperatur-Tabellen gegeben, aus denen ersichtlich ist, daß eine derart hohe Sprungschicht in keinem der untersuchten Seen vorhanden ist. Der Haupttemperaturabfall liegt in den Seen vielmehr, mit Ausnahme ganz weniger Untersuchungstage, in den Monaten Juni mit September zwischen 5 und 10 m oder 10 und 15 m. Nur beim Kochelsee lag an 5 von 18 Untersuchungstagen der größte Temperatursprung zwischen 0 und 5 m und beim Simssee war lediglich am 28. August 1938 das gleiche der Fall. Nimmt man jedoch den Durchschnitt aus allen Messungen der genannten Zeit, dann ergibt sich der Haupttemperatursturz beim Chiemsee, Simssee und Kochelsee in der Wasserschicht von 5 bis 10 m und beim Würmsee zwischen 10 und 15 m. Nach Kühl (1928) lag im Walchensee in der Zeit vom Juli mit September 1921 die Sprungschicht zwischen 6 und 15 m, und zwar sank sie mit fortschreitender Jahreszeit tiefer. Während sie im Juni und Juli zwischen 6 und 12 m beobachtet wurde, hatte sie sich im September in die Zone zwischen 12 und 15 m verlagert. Bei Berechnung des Durchschnittes der Wassertemperatur in den genannten Zeiten zeigt sich im Walchensee der Haupttemperatursturz zwischen 10 und 15 m. Auch in diesem, dem Königssee an und für sich am ähnlichsten größeren Voralpensee ist also eine tiefere Lage der Sprungschicht festzustellen, die wohl vor allem durch die Durchmischung der oberen warmen Wasserschicht mit den kälteren unteren Schichten als Folge der Einwirkung des Windes zu erklären ist. In Abb. 1, der graphischen Darstellung der Mitteltemperaturen in der Zeit vom 1. Juni bis 30. September aller genannten Seen, kommt dies ganz deutlich zum Ausdruck. Ebenso ist aus dieser Abbildung ersichtlich, daß der Königssee in den Sommermonaten die niedersten Mitteltemperaturen aufweist. Nur die Oberflächen-Durchschnittstemperatur des Kochelsees und Walchensees ist in den Sommermonaten ungefähr gleich der des Königssees. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß der Sommer 1947, in dem die meisten Temperaturmessungen im Königssee vorgenommen wurden, extrem warm war, so daß der Königssee in normalen Jahren vielleicht noch schlechter abschneiden würde.

Bis zu 10 m Tiefe nimmt die Differenz der Durchschnittstemperatur zwischen Königssee und den anderen genannten Seen immer mehr zu. Im Extrem beträgt sie bei 10 m 5,8°C, bei 15 m 5,7°C. Auch in 20 m Tiefe ist sie immer noch 2,1 bis 3,9°C. Die Differenz der Durchschnittstemperatur zwischen Königssee und den anderen fünf Seen schwankt in der Zeit vom 31. Mai bis Ende September in folgenden Grenzen:

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

0 m	5 m	10 m	15 m	20 m
-0,16 bis 4,2°	2,3 bis 5,3°	3,6 bis 5,8°	2,8 bis 5,7°	2,1 bis 3,9°.

Schon in 15 m Tiefe herrschen also im Königssee während der heißesten Monate des Jahres Temperaturen, die ziemlich weit unter dem Optimum für kaltstenotherme Fische liegen, selbst für unsere am meisten kälteliebende Fischart, den Seesaibling. Für ihn dürften Temperaturen von 7 bis 8°C und knapp darüber das Optimum darstellen, während das Temperaturoptimum für die gleichfalls kaltstenothermen heimischen Forellen, soviel bekannt, höher liegt. Die Mitteltemperatur der 0 bis 40 m Schicht, also der Hauptwohnschicht der Fische, liegt im Königssee um mindestens 1°C (in den Monaten Juni mit September) tiefer als in den erwähnten fünf Seen und um 2,4°C tiefer als im Bodensee *). Selbst wenn man einwenden würde, daß die Temperaturmessungen an den verschiedenen hier genannten Seen aus verschiedenen Jahren stammten und daher kein genaues Bild geben könnten, so wird doch durch sie eine gewisse Übersicht geschaffen. Es handelt sich in unserem Fall ja gar nicht darum, ob die Temperaturdifferenz bei Messungen im gleichen Jahr an allen genannten Seen um Zehntelgrade gegen die hier mitgeteilten Zahlen abweicht oder nicht. Vielmehr soll gezeigt werden, daß das Wasser des Königssees während der Sommermonate im Durchschnitt bedeutend kühler ist als das der größeren süddeutschen Voralpenseen. Dieser Zweck ist durch die Angaben wohl erreicht, umso mehr, als die meisten Temperaturmessungen im Königssee aus dem extrem warmen Sommer 1947 stammen, in dem die Wassererwärmung offensichtlich überdurchschnittlich war. Über die Auswirkung dieser niederen Wassertemperaturen des Königssees auf die Wassertiere, besonders die Fische, soll später die Rede sein.

Erwähnt sei noch, daß die Wassertemperatur des Königssees in den größten Tiefen wieder zunimmt, wie ich bei einer Messung am 8. September 1948 selbst feststellen konnte. Diese Erscheinung ist bereits bekannt und wird auf die Erdwärme in diesen großen Tiefen zurückgeführt (Halbfaß 1923, S. 205).

Der Temperaturanstieg von 50 bis 185 m Tiefe betrug bei der Messung am 8. September 1948 0,67°C, von 150 bis 185 m 0,3°C. Ich beabsichtige, in der kommenden Zeit diese Tiefenmessungen zu wiederholen, um noch genauere Daten zu erhalten. Andere, tiefere Seen, wie z. B. der Bodensee mit 252 m Maximaltiefe, zeigen diese Erscheinung nicht. Beim Königssee gibt wohl seine schmale Beckenform den Ausschlag dafür, daß er zu den meromiktischen Seen, also den Seen mit unvollkommener Zirkulation gehört. Ausschlaggebend ist vor allem, daß beim Temperaturrückgang im Herbst und Winter die Zirkulation nicht bis zum Boden durchgreift (vergleiche Findenegg 1937).

*) Die Angaben über die Wassertemperatur des Bodensees sind der Arbeit von E. Wagler (1941) entnommen.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Plankton.

Die Veröffentlichungen über die Zusammensetzung des Königssee-Planktons sind sehr spärlich. Brehm (1906) gibt nach einem Fang von 16. 8. 1904 aus 0 bis 15 m Tiefe im südlichen Teil des Sees nur 6 Arten von Zooplanktonten an und zwar *Diaptomus bacillifer*, *Cyclops strenuus*, *Daphnia hyalina*, *Ceriodaphnia quadrangula* var. *hamata*, *Bosmina coregoni* und *Asplanchna priodonta*. Ferner schreibt er: „Das Litorale des Südufers war von großen Mengen des *Simocephalus vetulus* und der *Peratacantha truncata* bevölkert; seltener fand sich *Pleuroxus aduncus* Jurine, *Acroperus angustatus* Sars und ein kleiner *Chydorus* (wohl *sphaericus*)". Brehm und Zederbauer (1906) führen als erwähnenswert das Auftreten von *Diaptomus bacillifer* Kölbel in dem nur 600 m hoch gelegenen Königssee an, da diese Art sonst nur in den Seen der Hochgebirgszone gefunden würde. Außerdem bildet er nach diesen Autoren die Grenze zwischen den *Heterocope* - führenden westlichen Seen des Voralpengebietes und dem fast *Heterocope* - freien Seengebiet des Salzkammergutes.

In meinen Proben fanden sich:

von Crustaceen:	*Daphnia longispina* O. F. Müller
	Ceriodaphnia quadrangula O. F. Müller
	Bosmina coregoni Baird
	Diaptomus bacillifer Kölbel
	Cyclops strenuus Fischer
von Rotatorien:	*Asplanchna priodonta* Gosse
	Keratella cochlearis (Gosse)
	Keratella quadrata (Müll.)
	Notholca longispina (Kell.)
	Brachionus urceus L.
	Polyarthra spec.*
von Protozoen:	*Ceratium hirundinella* O. F. Müller
	Dinobryon sertularia Ehrbg.
	Stobilidium spec.
	Prorodon oder *Nassula* spec.
	ein Heliozoon der Gattung *Actinophrys* mit grünen Cromatophoren (nur in einer Probe vom November 1949 vereinzelt).
von Phytoplanktonten:	
Diatomeen:	*Asterionella formosa* Hassall
	Synedra acus Kg.
	Melosira botanica (nur November 1949)
Jochalgen:	*Closterium* spec.

*) Eine Bestimmung der Art war bei dieser sowie bei anderen kleinen und zarten, gegen Formolfixierung empfindlichen Arten nicht möglich. Sie waren durch die Formolfixierung zu stark deformiert.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Grünalgen: *Spirogyra* spec. einige ganz vereinzelt auftretende Formen, deren Bestimmung in fixiertem Zustand nicht möglich war.

Blaualgen: *Microcystis* spec. (Wasserblüte im Mai 1948)
Phormidium spec.

Außerdem enthält das Königssee-Plankton sicher noch eine Reihe anderer kleiner Planktonten (besonders Protozoen), die in den mit Formol fixierten Proben nicht mehr festzustellen waren. Hier wird eine Untersuchung lebenden Planktons, die in nächster Zeit vorgesehen ist, wahrscheinlich noch manche Aufschlüsse bringen. Alle bisher gefundenen Arten sind in der Tabelle 2 angeführt. Die Zahlen in den einzelnen Rubriken geben jeweils die relative Häufigkeit der Art in der betreffenden Probe an. Die Mengendifferenzierung ist auf Grund einer Durchsicht von je 100 Blickfeldern (Leitz Mikroskop, Okular Nr. 6, Objektiv Nr. 3) aufgestellt. Die ganze Probe befand sich zur Untersuchung in einer Petrischale von 8 cm Durchmesser, die Höhe der Wasserschicht betrug $^1/_2$ cm. Das durchschnittlich einmalige Auftreten eines Planktonten ist mit 1, das durchschnittlich zweimalige mit 2, das durchschnittlich dreimalige mit 3, das durchschnittlich viermalige mit 4 und das durchschnittlich mehr als viermalige mit m bezeichnet. Wenn ein Planktont selten, also nur in einem Teil der Blickfelder vorhanden war, wird dies durch ein v gekennzeichnet. An Hand der Tabelle lassen sich über Häufigkeit und Verbreitung der einzelnen Planktonten folgende Feststellungen machen:

Beim Crustaceen-Plankton zeigt sich ein gewisses diametrales Verhalten der Arten *Daphnia longispina* O. F. Müller und *Ceriodaphnia quadrangula* O. F. Müller einerseits und der Arten *Cyclops strenuus* Fischer und *Diaptomus bacillifer* Kölbel andererseits. Während nämlich die ersten beiden Formen ihre Maximalentwicklung in der warmen Jahreszeit haben, zeigen die beiden letzteren Formen besonders starke Entwicklung während der kühleren Monate. Sehr deutlich war dies im extrem warmen und trockenen Sommer 1947.

In der Probe vom 11. Mai 1947 sind *Cyclops strenuus* Fischer und *Diaptomus bacillifer* Kölbel in sehr großer Menge festzustellen, während *Daphnia longispina* O. F. Müller und *Ceriodaphnia quadrangula* O. F. Müller nur ganz vereinzelt zu finden sind. Am 17. August dagegen, also nach zwei heißen Sommermonaten, zeigte sich ein geradezu entgegengesetztes Bild. Die beiden Cladoceren *Daphnia longispina* und *Ceriodaphnia quadrangula* beherrschen infolge ihrer Massenentwicklung vollkommen das Bild, während die Copepoden bedeutend abgenommen haben (Abb. 2 u. Fig. 18 u. 19). Von einer Zunahme der Cladoceren ist in der Probe, die ich am 3. Juli 1947 nahm, noch nichts zu bemerken, die Massenentwicklung hat also frühestens Mitte Juli eingesetzt, und ich nehme an, daß sie direkt explosionsartig bei Erreichung der Optimaltemperatur stattfand. Das ist also ein analoges Verhalten, wie es in kleinen und seichten Gebirgstümpeln in Höhen von über 1500 m gelegentlich zu beobachten ist, in denen man nach heißen Sommermonaten geradezu einen Brei von Cladoceren antreffen kann. Sicherlich benötigen die beiden Arten

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

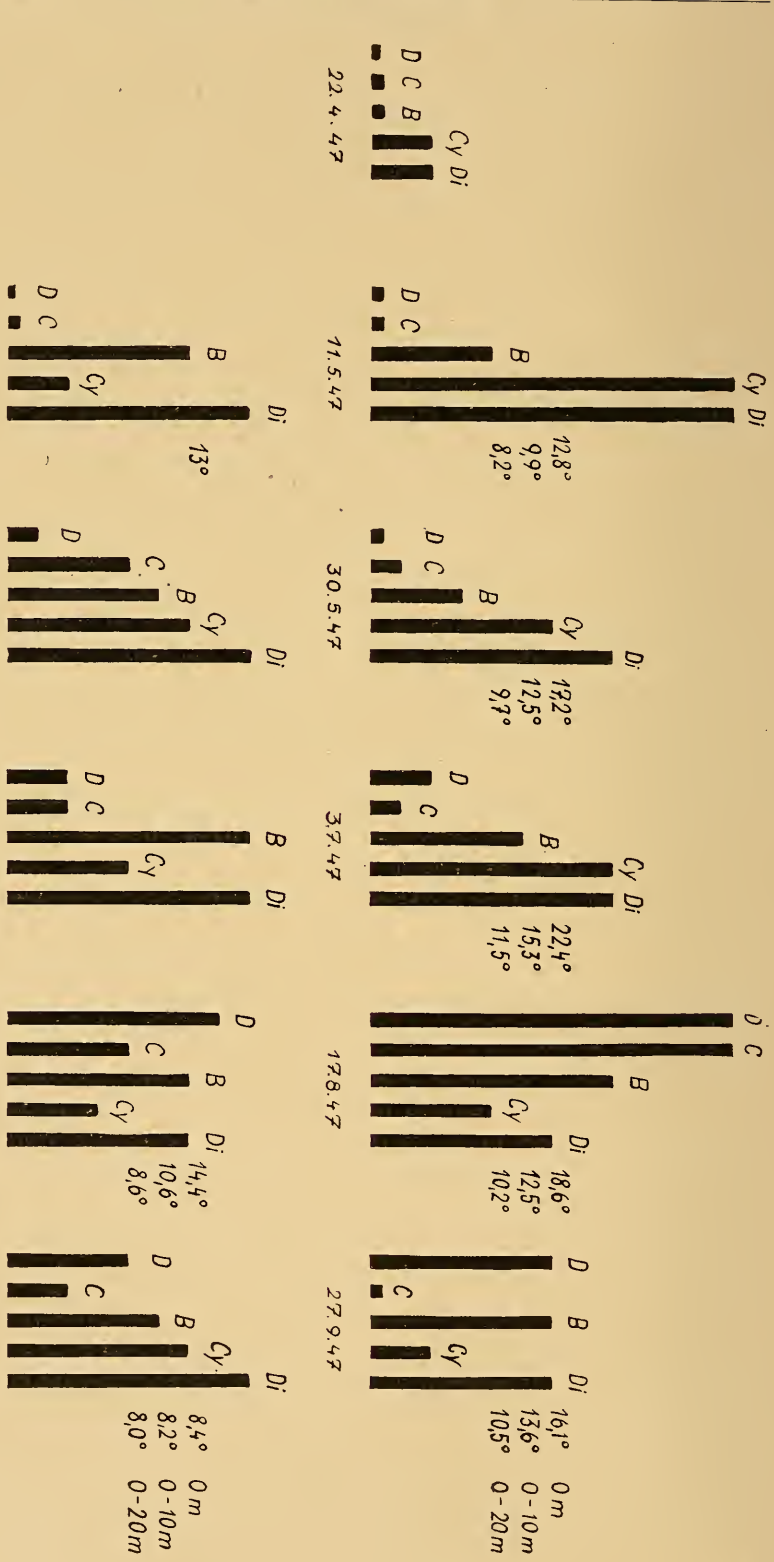

Abb. 2 [Relative] Häufigkeit der einzelnen Planktonten in den Proben der Jahre 1947, 1948 und 1949. Die Höhe der Säulen gibt vergleichsweise die Menge der Planktonart an (vergleiche Tabelle 2).
D = Daphnia, C = Ceriodaphnia, B = Bosmina, Cy = Cyclops, Di = Diaptomus.

	Probe vom 22. 4. 1947	11. 5. 1947	30. 5. 1947	3. 7. 1947	17. 8. 1947	27. 9. 1947	31. 5. 1948	15. 6. 1948	29. 8. 1948	9. 9. 1948	3.—5. 11. 1949
Daphnia longispina	v	v	v	1	m	3	v	v—1	1	3—4	2
Ceriodaphnia quadrangula	v	v	v—1	v—1	m	1	v	2	1	2	1
Bosmina coregoni	v	2	1—2	3—4	4	3	3	2—3	4	3	2—3
Diaptomus bacillifer	1	m	4	4	3	3	4	4	4	3	3
Cyclops strenuus	1	m	3	4	2	1	1	3	2	1—2	3
Ephippien v. Daphnia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	v
Nauplien	1	3	3	3	3	4	2	1—2	2—3	2	4
Asplanchna priodonta	—	v	v—1	1	v—1	1	2—3	1—2	1	1	1
Keratella cochlearis	v	v	1	v	1	v	1	1	1	v—1	v—1
Keratella quadrata	v	v	v	v	v	v	—	—	—	—	—
Notholca longispina	1	3	4—m	4	2	2	m	2—3	2	2—3	3
Brachionus urceus	—	—	v—1	—	1	v	3	1—2	—	—	v
Polyarthra spec.	v	—	—	—	—	—	—	—	—	—	v
Ceratium hirundinella	v	v	1	v	v	1	v—1	1	—	v—1	v
Dinobryon sertularia	—	v	1	3	—	—	v	v—1	—	v—1	—
Strobilidium spec.	—	—	—	—	—	—	v	—	—	—	—
Prorodon oder Nassula spec.	v	—	v	—	—	—	—	—	—	—	—
Heliozoon d. Gattg. Actinophrys	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	v
Asterionella formosa	m	3	1	v	v	v	1	1	1	1	1
Synedra acus	4	4	4	—	—	—	2	1	—	—	—
Melosira botanica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	v
Closterium spec.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	v
Spirogyra spec.	—	—	—	—	1	1	v—1	—	—	v	1
Microcystis spec.	—	—	—	—	—	—	m	2	—	—	—
Phormidium spec.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	v

Tabelle 2. Übersicht über die Häufigkeit der einzelnen Planktonten in den Proben (Vertikalzüge) von 0—40 m.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Daphnia longispina und *Ceriodaphnia quadrangula* zur Massenentwicklung eine entsprechend hohe Wassertemperatur.

Auf Abb. 2 ist jeweils die Oberflächentemperatur, die Mitteltemperatur der 0 bis 10 m Schicht und die Mitteltemperatur der 0 bis 20 m Schicht eingetragen. Es ist ersichtlich, daß die Mitteltemperaturen im Juli 1947 ein Maximum erreicht haben, das offenbar die Massenentwicklung der beiden Cladocerenarten ausgelöst hat. Schon im August 1947 ist das Temperaturmaximum überschritten, und damit geht langsam aber stetig eine Abnahme der beiden Cladocerenarten Hand in Hand.

Im Sommer 1948, der in seiner ersten Hälfte recht regenreich war und in dem aller Wahrscheinlichkeit nach nie so hohe Wassertemperaturen wie im Jahre 1947 erreicht wurden, fand ich in meinen Proben keine derartige Massenentwicklung der beiden erwähnten Arten wie bei dem Fang vom 17. August 1947. Aber auch hier ist schon nach einer kurzen Schön- und Warmwetterzeit in der zweiten Augusthälfte und in den ersten Septembertagen ein starkes Ansteigen der Zahl von *Daphnia longispina* und *Ceriodaphnia quadrangula* in den Planktonproben zu sehen. Beim Vergleich der Proben vom 29. August 1948 und 9. September 1948 (Abb. 2) wird dies deutlich, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Wassermasse der oberen Schicht des Sees sich viel langsamer als die Luft erwärmt. Am 29. August 1948 hatte sich also das warme Wetter noch nicht bemerkbar gemacht, am 9. September 1948 aber ist die in der Zwischenzeit erfolgte starke Vermehrung der beiden Cladocerenarten deutlich festzustellen. Leider stehen mir aus der Zeit zwischen Ende August und Anfang September 1948 keine Wassertemperaturmessungen zur Verfügung, ich kann bloß an Hand der Wetterkarte feststellen, daß die Lufttemperatur relativ hoch war (Tageshöchsttemperatur häufig über 20°C).

Eine für den Königssee anscheinend relativ seltene Erscheinung konnte ich am 31. Mai 1948 beobachten. Nach starken Regenfällen, durch die der Eisbach, der auf dem Schuttkegel von St. Bartholomä in den Königssee mündet, viel Wasser gebracht hatte, trat eine von mir vor- und nachher nie beobachtete Massenentwicklung der kolonienbildenden Blaualge *Microcystis* spec. auf, die eine starke Trübung des Wassers zur Folge hatte. Man konnte direkt von einer Wasserblüte sprechen, wie sie ja sonst eigentlich nur in warmen und verhältnismäßig seichten Seen und Teichen beobachtet wird. Am Tage vorher, also am 30. Mai 1948, schien es, als ob viel Pollenstaub auf dem Wasser liege. Leider kam ich am 30. Mai erst abends am Königssee an und damit zu spät zur Untersuchung an diesem Tag. Am 31. Mai früh aber war vom Pollenstaub an der Wasseroberfläche nichts mehr zu sehen und nur noch die starke Trübung des Wassers durch *Microcystis* spec. bei den Planktonfängen zu beobachten.

In diesem Zusammenhang verdient vielleicht eine Beobachtung der Fischer Erwähnung. Sie behaupten, in Jahren, in denen viel Pollenstaub auf dem Wasser liegt, trete eine „Hechtseuche" auf. Ein großer Teil der gefangenen Hechte habe dann eitrige Stellen auf dem Körper und viele stür-

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ben an dieser Krankheit. Man könnte wohl an die Hechtpest denken. Leider ist es mir noch nie gelungen, derartige Hechte zu erhalten, obwohl ich die Fischer wiederholt bat, kranke Hechte sofort einzusenden. Ich selbst habe trotz meiner wiederholten Besuche des Königssees das erste Mal Ende Mai 1948 Pollenstaubtreiben auf der Wasseroberfläche beobachten können. Ich erwähne diese Erscheinung hier auch nur, um darauf aufmerksam zu machen; denn es wäre ja möglich, daß andernorts bereits Ähnliches beobachtet wurde.

Da bereits öfter die Vermutung ausgesprochen worden war, daß die Schwarzreuter des Königssees, die sich fast ausschließlich von Plankton ernähren, an Nahrungsmangel litten und deshalb so klein blieben, stellte ich vor allem die Planktonmenge dieses Sees in der Zone von 0 bis 40 m fest. Diese Zone von der Wasseroberfläche bis zu 40 m Tiefe, die weiterhin als obere Wasserzone bezeichnet wird, wurde vor allem von Wagler und seinen Mitarbeitern als die Wohnschicht der Renken erkannt, oder besser gesagt als die Schicht, in der die planktonfressenden Renken sich vor allem zum Nahrungserwerb aufhalten. Wagler und seine Mitarbeiter haben bei ihren zahlreichen Untersuchungen der Seen des deutschen Voralpengebietes stets die Planktonmenge dieser Wasserschicht gemessen. Zum Vergleich der Produktionskapazität des Königssees mit der anderer Seen des Voralpengebietes, in denen gutes Wachstum der planktonfressenden Fische (vor allem der Renken) festgestellt ist, mußte diese Tatsache also berücksichtigt werden. Nun könnte eingewendet werden, die Saiblinge leben in den meisten Fällen auch noch weit unter 40 m Tiefe. Dies stimmt wohl, in der Hauptwachstumsperiode aber, also in den Sommer- und frühen Herbstmonaten, halten sie sich, zumindest zur Nahrungsaufnahme, in den oberen 40 m auf, und ich nehme auf Grund meiner Beobachtungen am Königssee an, daß sie auch in der übrigen Zeit zur Nahrungsaufnahme in diese Schicht aufsteigen. In den oberen Wasserschichten werden sie daher auch in den Monaten Mai, Juni, Juli und teilweise noch im August in den frühen Morgenstunden mit dem Zugnetz gefangen.

Aus den angeführten Gründen wurde in den Jahren 1947, 1948 und 1949 eine Reihe von Fängen mit dem (schon in mehreren Arbeiten von E. Wagler und seinen Mitarbeitern erwähnten) „Normalnetz" von $^1/_4$ m² Öffnung und ca 1 m² filtrierender Gazefläche (Müllergaze Nr. 8) ausgeführt. Außerdem wurde eine Reihe von Stufenfängen, bzw. Schließnetzfängen von 10 zu 10 m, sowie von 0—3 m, 0—5 m und je ein Fang von 40 bis 80 m, bzw. 40 bis 60 m vorgenommen. Die gleich nach dem Fang mit Formol fixierten Proben ließ ich 24 Stunden in Meßzylindern (für 50 bzw. 100 ccm) absetzen und stellte dann die Menge des sedimentierten Planktons fest. Das Ergebnis ist aus Tabelle 3 ersichtlich.

Vergleicht man nun die von mir im Königssee in der Schicht von 0 bis 40 m in der Zeit vom 30. Mai bis Ende September festgestellten Planktonmengen mit den Mengen, die Bohmann, Froese u. a. (1939) von Anfang Juni bis Ende September 1938 im Chiemsee, Würmsee und Kochelsee fan-

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

den, dann ist festzustellen, daß der Königssee diesbezüglich an zweiter Stelle steht. Er wird nur vom Würmsee übertroffen. Als Durchschnittsplanktonmengen ergaben sich:

Würmsee:	50,3 ccm
Königssee:	42,1 ccm
Chiemsee:	34,3 ccm
Kochelssee:	32,0 ccm

Man mag die Zahl der Proben noch als zu gering für ein abschließendes Urteil erachten. Immerhin geben sie ein ausreichend klares Bild für unseren Zweck. Es sei übrigens ausdrücklich erwähnt, daß ich auch schon in den Jahren 1932 bis 1939 zahlreiche Proben in der gleichen Weise aus dem Königssee entnommen habe, wodurch das zur Verfügung stehende Untersuchungsmaterial in beträchtlichem Umfang vergrößert erschien. Auch damals ergab sich stets, daß der Königssee über eine verhältnismäßig hohe Planktonmenge in den Sommermonaten verfügt. Wegen des Verlustes sämtlicher Unterlagen während des Krieges kann ich aber leider keine ins Einzelne gehenden Angaben mehr machen. Jedenfalls läßt sich nach dem Vergleich der Planktonmengen sagen, daß Nahrungsmangel nicht der Grund für ein schlechtes Wachstum planktonfressender Fische des Königssees sein kann, denn im Chiemsee und Kochelsee, die eine geringere Planktonmenge aufweisen, ist das Wachstum der Planktonfresser unter den Fischen normalerweise gut. Auf diese Frage soll später noch näher eingegangen werden.

Während also hinsichtlich der Planktonmenge der 0 bis 40 m Zone der Königssee sich in die Reihe der drei genannten oligotrophen Seen Oberbayerns gut einfügt, zeigt er in Bezug auf die Vertikalverteilung Abweichungen. Auf Grund von Stufenfängen konnte nämlich festgestellt werden, daß die Hauptmasse des Planktons sich in der Zeit von Ende Mai bis Ende September in der Wasserschicht zwischen 0 und 10 m aufhält (vergleiche Tabelle 3 und Abb. 3). Die geringste Planktonmenge zeigt sich bei den Proben vom 31. Mai 1948, 15. Juni 1948, 3. Juli 1948 und 26. und 27. September 1947 in der Schicht von 10 bis 30 m Tiefe, während an diesen Tagen zwischen 30 und 40 m wieder eine Zunahme zu verzeichnen ist. Im Monat August 1947 und Anfang September 1948 hingegen nimmt die Planktonmenge der oberen Wasserzone gegen die Tiefe zu beständig ab. In den Proben vom 3. bis 5. November 1949 ist ein Minimum in der 20 bis 30 m Schicht festzustellen, dem in der Schicht von 30 bis 40 m wieder eine Zunahme folgt. Die Planktonmengen des Würmsees, Chiemsees und Kochelsees sind zwar im Juni in der 0 bis 10 m Schicht ebenfalls am größten, in den Monaten Juli, August und September tritt jedoch eine Verlagerung in die Tiefe auf (mit Ausnahme der Probe vom 11. August 1938 vom Kochelsee, bei der die 0 bis 10 m Schicht die Hauptmenge enthielt). Zu der Planktonverteilung in den drei genannten Seen wird von Bohmann, Froese u. a. (1938), S. 584, gesagt: „Betrachten wir zunächst die Tabelle für den Würmsee, so sehen wir, daß zu Beginn der Wassererwärmung im Frühjahr (18. Mai

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Vertikale Verteilung des Planktons im Königssee

Tabelle 3 in ccm unter 1 m² Oberfläche.

Meter	3. VII. 47	17. VIII. 47	27. IX. 47	31. V. 48	15. VI. 48	29. VIII. 48	9. IX. 48	3. bis 5. XI. 49*
0—10	20	30.8	22	18	24	33.2	21.6	16
10—20	5.2	28	16	2	0.8	8	10.8	10
20—30		5.2		2.8	0.7	4.8	6	3.2
30—40	6.8		14	3.2	8.5	3.2	4	8
0—40	32	64	52	26	34	49.2	42.4	37.2

* Durchschnittswert aus mehreren Fängen.

Druckfehlerberichtigung:

Bei Abb.3 auf Seite 113 sind, von links nach rechts, fol einzufügen:

3.VII.47, 17.VIII.47, 27.IX.47.

Auf Seite 114, drittletzte Zeile von unten soll es stat Planktonmenge" heissen: "kleine Phytoplanktonmenge".

bis 26. Juni) die Hauptmasse des Planktons sich in den obersten 10 m befindet, daß dann später dieses Maximum schwächer wird, während sich ein zweites stärkeres in der Tiefe von 30 bis 40 m herausbildet (17. Juli bis 1. September). Im Herbst findet die Umkehrung des Vorganges statt (9. Oktober, 30. Oktober). Das Tiefenmaximum verschwindet, und die Hauptmasse des Planktons hält sich wieder nahe der Oberfläche auf. In den beiden anderen oligotrophen Seen liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Die sommerliche Wanderung des Planktons nach der Tiefe ist auch hier, wenn auch nicht ganz so klar, zu verfolgen." Darnach könnte man also annehmen, daß das Plankton die höheren Wassertemperaturen der oberen Schichten, die während der Sommermonate in diesen Seen auftreten, flieht. Im Königssee ist bereits unter 5 m die Temperatur auch in den Sommermonaten derart niedrig, daß sie in den meisten Fällen unter der Juni-Durchschnittstemperatur der 0 bis 10 m Schicht des Würm-, Chiem- und Kochelsees liegt. Bei

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

keiner Messung betrug die Durchschnittstemperatur der 0 bis 10 m Schicht des Königssees über 15,3°C. Die Sommerdurchschnittstemperatur des Königssees in 10 m Tiefe entspricht somit Temperaturen, die in den drei anderen Seen zur gleichen Jahreszeit in 20 bis 40 m erreicht werden. Fliehen also wirklich die Planktonten hohe Wassertemperaturen, dann ist ihr gehäuftes Vorkommen in der 0 bis 10 m Schicht im Königssee auch während der heißesten Jahreszeit nicht verwunderlich.

Eigenartig ist bloß, daß die Lichtflucht bei der Vertikalverteilung im Falle Königssee anscheinend eine geringere Rolle spielt, als dies andernorts beobachtet wurde. Sollte hier der Faktor Temperatur doch eine größere Rolle spielen als die Lichtflucht? Die Sichttiefe im Königssee ist nämlich auch während der Sommermonate sehr groß, sie beträgt 8 bis 12 m. Die Hauptmasse des Planktons hält sich also im stark durchleuchteten Teil der Wassermasse des Königssees auf.

Auch Ruttner (1938, S. 293) weist bereits darauf hin, wenn er sagt: „Besonders schwierig ist es, die Temperatur- und Lichtwirkung voneinander zu trennen, da diese beiden Faktoren vor allem im Leben der Pflanzen — beim Prozeß der Photosynthese — eng miteinander verknüpft sind. Aber auch bei den Tieren ist es oft schwierig zu sagen, ob das Licht oder die Temperatur das Verteilungsbild maßgebend beeinflußt."

Schwieriger ist die im Königssee auftretende zweite Planktonanhäufung in der Wasserschicht zwischen 30 und 40 m zu erklären. Sie ist möglicherweise durch eine Massenentwicklung der Nauplien in dieser Zone bedingt. Zur endgültigen Klärung dieser Frage sind jedoch noch weitere Untersuchungen notwendig.

Die Hauptmasse des Chlorophyll - führenden Phytoplanktons befindet sich im Königssee nach den Untersuchungen von Geßner (1950) Ende Mai 1947 zwischen 10 und 15 m. Er sagt: „Mit fortschreitender Jahreszeit sinkt dieses Maximum weiter in die Tiefe und nimmt so stark ab, daß schon im August in vertikaler Hinsicht kaum mehr große Unterschiede in der Planktondichte bestehen". Phyto- und Zooplanktonmaximum befinden sich nach diesen Untersuchungen also nicht in der gleichen Tiefe, wie man an und für sich annehmen sollte, weil ja das Zooplankton vom Phytoplankton lebt. Es ist vielmehr so, daß in der Tiefenschicht, in der das Zooplanktonmaximum festgestellt wurde, eine Abnahme des Phytoplanktons zutage tritt (vergleiche Abb. 3).

Offenbar ist die starke Zehrung durch das Zooplankton von ausschlaggebender Bedeutung für diese Phytoplanktonabnahme in der Zone des Zooplanktonmaximums ist. Gleiche Beobachtungen machte u. a. Ruttner (1938) bei seinen Untersuchungen an Seen der Ostalpen. Auch er stellte fest, daß häufig niedrigen Werten des Phytoplanktons hohe des Zooplanktons gegenüberstehen. Er geht auf die Tatsache, daß einem großen Zooplanktonvolumen eine verschwindend kleine Planktonmenge gegenübersteht, näher ein und erklärt sie folgendermaßen: „Diese Frage dürfte dahin zu beantworten sein, daß die Abhängigkeit des Zooplanktons vom Phyto-

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

plankton wenigstens zum Teil keine gleichzeitige ist, sondern den Charakter einer Sukzession trägt. Die Vermehrung der Pflanzen muß, wie ja auch schon mehrfach beobachtet wurde, z. B. durch Dieffenbach (1912), jener der Tiere vorangehen, und die Höhepunkte der Entwicklung dieser beiden Organismengruppen müssen daher keinesfalls zusammenfallen. Ja es scheint von vornherein wahrscheinlich zu sein, daß das Zooplankton dann erst den kräftigsten Vermehrungsimpuls erfährt, wenn die als Nahrung dienenden Formen des Nannoplanktons sich in maximaler Entwicklung befinden. Nach dem Überschreiten dieses Höhepunktes kann der Abfall des Phytoplanktons — teils infolge Zehrung durch die Tiere, teils aus anderen Gründen — sehr rasch erfolgen und es resultiert schließlich eine Planktongesellschaft, in der die Tiere, die auf Konto des vorangegangenen Phytoplanktonmaximums herangewachsen sind, den weitaus überwiegenden Teil des Gesamtvolumens bilden." Zusammenfassend sagt er schließlich (S. 309): „Damit wird jedoch das Zooplankton, bzw. dessen Nahrungsbedarf, zu einem nicht zu vernachlässigenden Faktor für die vertikale Verteilung des Phytoplanktons".

Die Untersuchungen Ruttners haben demnach zu denselben Folgerungen geführt, zu denen auch ich auf Grund meiner im Königssee durchgeführten Arbeiten gekommen bin.

Im Königssee ist bei der Planktonverteilung noch folgende Tatsache zu berücksichtigen: Infolge der großen Durchsichtigkeit des Wassers kann sich das Phytoplankton in diesem See auch in größeren Tiefen entwickeln als bei anderen Seen des Alpenvorlandes, deren Sichttiefe viel geringer ist. Es kann also unterhalb der Sprungschicht, in den kälteren Wasserschichten, seine Maximalentwicklung erreichen, während für das Crustaceenplankton, das ja die Hauptmasse des Zooplanktons ausmacht, die oberen, wärmeren Wasserschichten günstigere Lebensbedingungen bieten. Vor allem *Daphnia longispina* O. F. Müller und *Ceriodaphnia quadrangula* O. F. Müller bevorzugen höhere Temperaturen. Berücksichtigt man alle diese Faktoren — Wassertemperaturen, Durchsichtigkeit und Fraß — dann werden die Bilder, die stets ein Abwechseln zwischen Zooplankton- und Phytoplanktonmaximum zeigen, doch recht verständlich.

Betrachten wir nun auch noch kurz die Phytoplanktonmengen vom Standpunkt der Produktionskraft des Königssees, dann läßt sich feststellen, daß auch auf Grund der Chlorophylluntersuchungen von Geßner (1950) der Königssee nicht als nahrungsarm anzusprechen ist, wie dies oft, besonders wegen der hohen Durchsichtigkeit seines Wassers, angenommen wurde. Geßner erklärt die relativ hohe Phytoplanktonproduktion des Königssees, der durch menschliche Abwässer kaum gedüngt wird, insbesondere dadurch, daß die Hauptmasse des Phytoplanktons, begünstigt durch die hohe Wasserdurchsichtigkeit, sich unterhalb der Sprungschicht befindet. Dadurch aber steht dem Phytoplankton — infolge der Vertikalströmung — eine viel dickere Wasserschicht (mindestens 30 m) zur Ausschöpfung der Nährstoffe zur Verfügung als in den anderen Seen, in denen es auf den relativ engen Raum des Epilimnions zusammengedrängt ist, ja zusammengedrängt sein muß, weil das Licht

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

in ihnen nur 3 bis 6 m eindringt. Die Sprungschicht aber schließt das Epilimnion gewissermaßen von der großen Wassermasse des Meta- und Hypolimnions ab, denn die Vertikalströmungen durchdringen die Wasserschicht der Sprungschicht kaum.

Aus allen diesen Feststellungen geht hervor, daß die für die Fische wichtige 0 bis 40 m Zone des Königssees durchaus nicht als planktonarm anzusprechen ist, sondern ungefähr die gleiche Planktonmenge enthält wie die der anderen Voralpenseen.

Würde man allerdings die Gesamtplanktonmenge des Königssees auf sein Volumen umrechnen, dann fände man wahrscheinlich, daß er planktonarm ist. Unter 60 m, zu gewissen Zeiten wohl schon unter 40 m, nimmt ja die Planktonmenge des Königssees derart ab, daß sie fast verschwindend klein wird. Die Hauptmasse des Planktons unter 60 m (bzw. 40 m) besteht nur mehr aus leeren Schalen abgestorbener Plankton-Crustaceen, wie ich durch Schließnetzfänge feststellen konnte (Taf. 20, Fig. 20). Aber eine Produktionsberechnung durch Gegenüberstellung von Gesamtplanktonmenge zu Wasservolumen gibt bei tiefen Seen ein vollkommen irreführendes Bild. Der tiefere Teil des Hypolimnions scheidet nämlich bei ihnen vollkommen für die Produktion aus, da sowohl die Hauptmasse des Planktons wie auch der Fische sich — zumindest zur Nahrungsaufnahme — nur in den oberen 40 m aufhält und daher bloß diese Schicht maßgebend für die Produktionskraft solcher Seen ist. Man wird sich also mehr als bisher daran gewöhnen müssen (wie dies Wagler seit Jahren fordert), in tiefen Seen die Produktivität nach dem Nährtiergehalt der oberen 40 m Zone zu bemessen. Dabei zeigt sich dann fast immer, daß unsere Seen genug Nahrung für die in ihnen lebenden Fische enthalten und daß diese Nahrung auch gut greifbar für sie ist. Nur in besonderen und seltenen Ausnahmefällen kann Nahrungsmangel eines Sees für schlechtes Wachstum der in ihm vorkommenden Fische verantwortlich gemacht werden.

Fische.

Temperatur sowie Menge, Greifbarkeit und Zusammensetzung der Nahrung sind die Hauptfaktoren, die das Wachstum der Fische beeinflussen. Die Temperatur ist weitgehend für das Längenwachstum, die Nahrungsmenge für das Dickenwachstum bestimmend. Der sogenannte Raumfaktor, d. h. die Größe des Lebensraumes, der dem Fisch zur Verfügung steht, spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, kann aber natürlich bei einem größeren See vernachlässigt werden. Ein Faktor muß allerdings noch Berücksichtigung finden, nämlich die Fischkrankheiten. Fast alle Königsseefische sind krank, wovon jedoch erst später die Rede sein soll.

Die Zahl der im Königssee vorkommenden Fisch-Arten ist gering. Der wichtigste Fisch für die Fischerei ist der Seesaibling (*Salmo salvelinus* L.), ferner kommen Barsch (*Perca fluviatilis* L.), Hecht (*Esox lucius* L.), Elritze oder Pfrille [*Phoxinus phoxinus* (L.)] und Rutte oder Trüsche [*Lota lota* (L.)], vor.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Außerdem wurde immer wieder von Zeit zu Zeit die Seeforelle [*Salmo lacustris* (L.)] eingesetzt, die zwar ausgezeichnet wuchs, aber wegen schlechter Laichmöglichkeit immer wieder nach mehreren Jahren verschwand, wenn sie nicht nachgesetzt wurde.

Für die Fischerei von Bedeutung sind nur Seesaibling, Hecht und unter Umständen, d. h. eben zeitweise, die Seeforelle. Die Fangergebnisse von Seesaibling und Hecht verhielten sich gewichtsmäßig in den letzten Jahren wie 1:6 bis 1:8, Seeforellen wurden seit dem Jahre 1938 nicht mehr gefangen. — Betrachten wir zunächst den Seesaibling in seinen beiden Erscheinungsformen.

Der Saibling (*Salmo salvelinus* L.) tritt, wie eingangs kurz erwähnt, im Königssee in zwei verschiedenen Erscheinungsformen auf und zwar als großwüchsiger sogenannter „Wildfangsaibling" und als verhältnismäßig klein bleibender „Schwarzreuter". Die Schwarzreuter ernähren sich fast ausschließlich von Plankton und erreichen eine Länge von nur 20 bis 23 cm und ein Gewicht von 70 bis 100 g. Sie besitzen längs der Körperseiten die für junge Salmoniden charakteristischen Jugendflecken. Die Wildfangsaiblinge dagegen sind ausgesprochene Raubfische, die ein Gewicht von mehreren Pfund erreichen; die kleineren Exemplare, welche im Königssee gefangen werden, sind selten unter 200 g schwer. Der größte seit Beginn meiner Untersuchungen (1932) gefangene Wildfangsaibling hatte eine Länge von 67 cm und ein Gewicht von 3,5 kg. Wildfangsaiblinge in der Größe der erwachsenen Schwarzreuter und kleinere konnte ich im Königssee bisher nicht feststellen, und auch die Fischer, die schon seit Jahrzehnten die Saiblingsfischerei im Königssee betreiben, können keine einwandfreien Angaben über junge Wildfangsaiblinge machen. Manchmal glauben sie zwar, den oder jenen Fisch um 20 cm Länge als jungen Wildfangsaibling ansprechen zu können. Sie können jedoch niemals stichhaltige Gründe dafür anführen warum sie gerade diese Exemplare als junge Wildfangsaiblinge ansehen. Vielmehr bezeichnen sie rein gefühlsmäßig den oder jenen Fisch von „Schwarzreuter-Größe" als jungen Wildfangsaibling, ebenso wie sie oft gerade Exemplare, die besonders schlank und dunkel gefärbt sind, als „sehr alte" Schwarzreuter ansprechen. Diese „sehr alten" Fische stellen sich dann bei der Altersbestimmung stets als 3, höchstens 4jährig heraus. Es fehlen also die alten Schwarzreuter und die jungen Wildfangsaiblinge unter den Saiblingsfängen des Königssees. Dies erscheint immerhin merkwürdig. Bei den Messungen der Körperproportionen und den anatomischen Untersuchungen stellte sich außerdem heraus, daß zwischen Schwarzreuter und Wildfangsaibling keine anderen Unterschiede bestehen, als zwischen jungen und alten Tieren der gleichen Art. Ich kam daher auf Grund meiner im Jahre 1939 vorläufig abgeschlossenen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß es sich offenbar bei den Schwarzreutern des Königssees um die jüngeren, bei den Wildfangsaiblingen um die älteren Tiere derselben Art handelt und daß die Wildfangsaiblinge möglicherweise die vorwüchsigen Tiere darstellen (Schindler 1940). Beachtenswert erscheint in diesem Zusammenhang die

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tatsache, daß die Wildfangsaiblinge früher im Jahr laichen als die Schwarzreuter. Die Hauptlaichzeit der Wildfangsaiblinge fällt nämlich im Königssee in die Monate August und September, während die Schwarzreuter von August bis November laichen; die Hauptlaichzeit beginnt jedoch erst Mitte September und dauert bis Ende Oktober an. Auch im November werden noch laichreife Schwarzreuter bei Probefängen im Königssee gefangen. Die Laichplätze sind, wie auf Grund der Stellnetzfänge zu schließen ist, bei beiden Formen die gleichen. (Die Hauptmasse der Laichfische wird in Stellnetzen in einer Tiefe von 50 bis 70 m gefangen). Im Obersee, der die gleichen Saiblingsformen beherbergt, liegen die Laichzeiten noch deutlicher getrennt, denn dort laichen die Wildfangsaiblinge im Juli und August, die Schwarzreuter aber erst im November und Dezember. Da die Laichplätze die gleichen sind, kann die unterschiedliche Laichzeit der beiden Formen nicht durch die Wassertemperatur bedingt sein. Auch eine Beobachtung des Königsseefischers Stöckl spricht dagegen. Er teilte mir mit, daß in früheren Jahren (vor 1930), in denen Brut von Königssee-Saiblingen, die, wie bereits erwähnt, im Königssee um etwa einen Monat früher als die im Obersee laichen, in den Obersee eingesetzt worden war, und daß damals zur Laichzeit der Wildfangsaiblinge laichreife Schwarzreuter im Obersee gefangen wurden, die offenbar aus diesen eingesetzten Beständen stammten. Mit dem Aufhören des Einsatzes von Königssee-Saiblingsbrut hat bald auch der Fang dieser für den Obersee frühlaichenden Schwarzreuter aufgehört. Es scheint darnach, daß die Laichzeit bei den Saiblingen schon soweit erblich fixiert ist, daß sie zumindest einige Jahre beständig bleibt, auch wenn der Fisch unter andere Lebensbedingungen kommt. Andererseits ist anzunehmen, daß Nachkommen dieser verpflanzten Königsseesaiblinge auch jetzt noch im Obersee vorhanden sind. Diese haben sich, wenn die Beobachtungen des Fischers zutreffen, nun inzwischen „auf die Laichzeit im Obersee umgestellt".*)

Die Verschiedenheit der Laichzeiten großer und kleiner Saiblinge konnte ich übrigens auch am Würmsee feststellen. Hier laichen zum Beispiel in der Bucht von Starnberg — und wohl auch in anderen Teilen des Sees, was ich aber noch nicht sicher sagen kann — die großen Saiblinge im Dezember, während die kleinen Saiblinge von 20 bis 30 cm Länge und durchschnittlich 100 bis 200 g Gewicht frühestens Mitte Januar zum Laichgeschäft schreiten. Anscheinend sind im Würmsee aber auch die Laichplätze der großen und kleinen Saiblinge nicht die gleichen. Zumindest wurden bei wiederholten Versuchsfängen in der Nähe von Tutzing in Tiefen unter 40 m mit Stellnetzen von 25, 34 und 36 mm Maschenweite während der Monate Januar, Februar und März stets nur kleinere Saiblinge (bis 30 cm Länge), diese aber in großen Mengen, erbeutet.

*) Ausnahmen auch hinsichtlich der Zeit der Geschlechtsreife kommen bei einzelnen Exemplaren jedoch immer wieder vor. Am Neujahrstag 1948 fingen z. B. die Königsseefischer ein laichreifes Wildfangsaiblingsmännchen, während doch normalerweise sogar die Schwarzreuter um diese Zeit schon abgelaicht haben.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Der Seesaibling ist im allgemeinen sicherlich eine sehr modifikationsfähige Fischart, wie zahlreiche Versuche, auch der letzten Jahre, bewiesen haben. Ich verweise hier auf die Untersuchungen von Steinmann (1942) über Versetzungs- und Aufzuchtversuche von Seesaiblingen in der Schweiz. Bei diesen ergab sich zum Beispiel, daß bei Einsatz von Seesaiblingsbrut, die aus Eiern vom Zugersee stammte, in den Luganersee nach einigen Jahren in diesem, in dem vorher überhaupt keine Saiblinge vorhanden waren, Großsaiblinge von mehreren Kilogramm Gewicht auftraten. Im Zugersee dagegen waren nie solche große Saiblinge gefangen worden, vielmehr treten dort nur die „Normalsaiblinge" auf, die eine Länge von 18 bis 25 cm und ein Gewicht von 80 bis 100 g besitzen. Die auf den Laichplätzen in großer Zahl erbeuteten „Normalsaiblinge" des Luganersees waren im Durchschnitt 28 cm lang bei einem Gewicht von 180 g. Aus den kleinen „Normalsaiblingen" des Zugersees waren also im Luganersee im Durchschnitt bedeutend größere Saiblinge und außerdem eine kleinere Zahl von Großsaiblingen, also von sogenannten Wildfangsaiblingen, entstanden. Dieses Großexperiment zwingt unbedingt zu dem Schluß, daß die großen Saiblinge nur eine Modifikation der kleinen und daß die Wildfangsaiblinge entweder Vorwüchser oder ältere Tiere oder auch beides sind.*)

Die eben erörterte, von Steinmann und mir vertretene Meinung wird durch Schweizer Zuchtexperimente aus den Jahren 1939/40 und 1944 gestützt. Dort wurden in Brutteichen Seesaiblinge unter gleichen Lebensbedingungen herangezogen. Sie wuchsen schon nach 3 Monaten in ganz auffälliger Weise auseinander. Eines dieser Tiere wurde in 18 Monaten 39 cm lang und 420 g schwer. 12 Stück aus der Fischzuchtanstalt Arth am See (Schweiz) am 15. August von Steinmann untersuchte Exemplare schwankten im Extrem zwischen 3,1 und 9,8 cm Länge und einem Gewicht von 7,35 und 20 g. Diese Untersuchungsergebnisse decken sich prinzipiell mit meinen aus den Jahren 1936/37. Auch ich konnte damals ein starkes Auseinanderwachsen feststellen: Ein Tier zeigte typischen Wildfangsaiblings-Charakter. Meine Versuchstiere stammten damals allerdings aus sogenannten „Kreuzungen" zwischen Wildfangsaiblingen und Schwarzreutern des Königssees, weshalb die Ergebnisse nicht so eindeutig waren wie die Schweizer Versuche. Bisher deutet jedoch alles darauf hin, daß die Wildfangsaiblinge die Vorwüchser sind und daß wir es nicht mit verschiedenen Rassen oder gar Arten zu tun haben, sondern mit verschieden schnell wachsenden und zum Teil verschieden alten Fischen der gleichen Art. Wodurch diese Verschiedenheit im Wachstum zu erklären ist, läßt sich heute noch nicht einwandfrei sagen. Steinmann weist erstens auf den Antagonismus zwischen Wachstumshormonen und Sexualhormonen hin, also auf Frühreife verbunden mit Zwergwuchs und Spätreife verbunden mit

*) Diese Ansicht habe ich bereits im Jahre 1940 in meiner Arbeit über die Saiblinge des Königssees ausgesprochen, konnte sie aber noch nicht durch eine genügende Anzahl von Versuchen belegen.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Riesenwuchs und zweitens auch darauf, daß Salmoniden meist Nahrungsspezialisten sind. Er folgert aus letzterer Tatsache, daß möglicherweise die Wildfangsaiblinge Individuen sind, die sich frühzeitig auf Fischnahrung umgestellt haben und infolgedessen sehr rasch gewachsen sind. Ich möchte dazu vor Abschluß der auf meine Veranlassung hin begonnenen Aufzuchtversuche noch nicht Stellung nehmen.

Die meisten Saiblinge des Königssees sind, ebenso wie die anderen Fische des Königssees, krank. Sie sind mit dem Bandwurm *Triaenophorus nodulosus* (Pall.) infiziert, dessen Cysten in der Leber der Saiblinge, Barsche etc. oft in großer Menge zu finden sind. Ab und zu kommen sie auch in der Muskulatur vor. Den Endwirt des Bandwurms stellt der Hecht dar; in seinem Magen und Darm finden sich fast regelmäßig große Massen des geschlechtsreifen Wurmes. Das erste Larvenstadium hält sich im *Cyclops* auf. Da dieser ja zur Nahrung des Saiblings, Barsches usw. gehört, kommt dieses Stadium im Kreislauf wieder in den Fisch, der vom Hecht gefressen wird. Über den starken Befall der Königsseesaiblinge mit den Cysten des Bandwurmes habe ich bereits berichtet, möchte aber an dieser Stelle noch einige neuere Beobachtungen hinzufügen.

Bekanntlich wird vielfach angenommen, daß infolge dieser Bandwurminfektion die Saiblinge des Königssees zu einer Zwergrasse degeneriert sind (Hofer, 1904, Plehn, 1924). Verwunderlich erscheint nur, sofern diese Annahme stimmt, daß man hinsichtlich Größe und Ernährungszustand bei gleich alten Tieren keine Unterschiede zwischen infizierten und nicht infizierten Königssee-Saiblingen feststellen kann. Das daraufhin in der Zeit von 1932 bis 1949 von mir untersuchte Material umfaßte mehrere hundert Exemplare. Einen neuerlichen deutlichen Hinweis in dieser Richtung gaben Beobachtungen des Jahres 1947. Am 18. April 1947 fand ich einen 20,5 cm langen Saibling im Königssee fast tot an der Wasseroberfläche treibend; dessen Untersuchung ergab, daß die Leber fast vollkommen durch *Triaenophorus*-Cysten verdrängt war. An diesem Tage konnte ich nur dieses eine Tier bekommen. Die Fischer fangen jedoch in jedem Frühjahr eine große Zahl derart verhungerter Saiblinge, die an der Wasseroberfläche treiben, und zwar sind die ersten gleichzeitig mit den ersten Saiblingsschwärmen zu beobachten, die nach dem Aufenthalt in den tieferen Wasserschichten während des Winters zur Nahrungssuche in die oberen Wasserschichten aufsteigen. Auch am erwähnten 18. April 1947 zeigten sich die ersten Saiblingsschwärme nahe der Wasseroberfläche, wo sie ab und zu nach Luftnahrung sprangen. Die Annahme, der Grund für das Auftreten dieser sterbenden Hungerformen sei die starke *Triaenophorus*-Infektion, war naheliegend. Sie wurde jedoch durch Untersuchungen von drei Hungerformen am 12. Mai 1947 hinfällig, von denen zwei vollkommen gesunde Lebern hatten, während die dritte nur eine Cyste in der Leber aufwies. Unter den 19 an diesem Tag untersuchten Saiblingen befanden sich nur

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

drei Tiere ohne *Triaenophorus*-Cysten in der Leber, zwei davon waren die erwähnten ausgesprochenen Hungerformen mit einem Gewicht von 45 g bzw. 47 g bei einer Länge von 20,4 bzw. 21,4 cm. Die anderen an diesem Tage untersuchten Saiblinge waren bei gleicher Länge um 20 bis 30 g schwerer. Das immerhin noch sehr geringe Gewicht erklärt sich daraus, daß in dieser Jahreszeit die Menge des Planktons noch sehr gering ist und die Saiblinge nach der Winterruhe erst vor relativ kurzer Zeit mit der Nahrungsaufnahme begonnen haben. Später, also in den Sommer- und Herbstmonaten, ist das relative Körpergewicht bedeutend größer, jedoch nie so groß wie zum Beispiel bei den gleich langen Saiblingen des Würmsees. Man hat bei den Schwarzreutern des Königssees stets den Eindruck, daß sie magerer sind als die Saiblinge anderer Voralpenseen, wenn sie auch durchaus nicht als Hungerformen anzusprechen sind. Das Durchschnittsgewicht der 18,5 bis 22 cm langen Königssee-Schwarzreuter — die meisten sind 20 bis 21 cm lang — schwankt zwischen 63 und 82 g, meist beträgt es 70 bis 75 g. Die im Würmsee am 1. Februar 1948 gefangenen Seesaiblinge hatten bei Längen von 21,7 bis 25,3 cm — die meisten waren 20 bis 24 cm lang — ein Durchschnittsgewicht von 116 g. Vergleichsmaterial von anderen Seen konnte ich bisher nicht erhalten. Es ist auch deshalb schwer zu bekommen, weil die in anderen Seen gefangenen Saiblinge, infolge der dort verwendeten weitmaschigen Netze, meist größer sind. So hatten z.B. Seesaiblinge vom Walchensee, die ich im Herbst 1946 untersuchte, meist eine Länge von 25 bis 35 cm, wären also schon kleineren Wildfangsaiblingen des Königssees gleichzusetzen,

Wie mag wohl das immer wieder erörterte „Kleinbleiben" der Schwarzreuter des Königssees zu erklären sein? An und für sich erscheint die Annahme, die Bandwurminfektion sei daran Schuld, sehr bestechend. Die Tatsache, daß infizierte und nichtinfizierte Tiere keinerlei Unterschiede im Habitus zeigen, spricht scheinbar dagegen. Da jedoch die Krankheit bereits seit vielen Generationen auftritt, ist die Annahme einer Degeneration der gesamten Population wohl nicht ganz von der Hand zu weisen.

Jedenfalls kann ich mich des Eindruckes nicht erwehren, daß die *Triaenophorus*-Infektion äußerst ungünstig auf die Saiblinge wirkt; denn es ist kaum denkbar, daß die Zerstörung eines erheblichen Teiles der Leber keinen Einfluß auf die Auswertung der Nahrung und damit auf das Wachstum haben sollte. Traf ich doch auf Fische, deren Leber durch Bandwurmcysten mehr als zur Hälfte zerstört war.

Bei Annahme einer Degeneration der gesamten Population müßte allerdings die Nachkommenschaft, selbst wenn sie unter anderen Umweltbedingungen aufwächst, schlechte Erbanlagen zeigen. Aus diesem Grunde habe ich seit März 1948 Aufzuchtversuche in Fischzuchtanstalten durchführen lassen, die jedoch noch nicht abgeschlossen sind. Ein Teil der in Fischzuchtanstalten aufgezogenen Saiblingssetzlinge wurde bereits im Spätherbst 1948 in Saibling-freie Gewässer ausgesetzt, um festzustellen, ob sie hier, unter anderen Umweltbedingungen, auch ein anderes Wachstum als

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

im Königssee zeigen. Andere werden in Forellenteichen mit Naturnahrung aufgezogen. Ein Ergebnis dieser Versuche ist jedoch kaum vor dem Jahre 1951 zu erwarten.

Eine Überführung von 300 Stück Schwarzreutern (Länge der Tiere 18 bis 21 cm) aus dem Königssee Ende Mai 1947 in drei Forellenzuchtanstalten im weiteren Umkreis von München ergab, daß die wenigen am Leben gebliebenen Fische auch nach zwei Sommern, in denen sie gut gefüttert wurden, keinen merklichen Zuwachs zeigten, d. h. nicht über 25 cm lang wurden und auch nicht den Habitus von Wildfangsaiblingen annahmen. Dieser Versuch würde also gegen die Annahme sprechen, daß es sich bei den Schwarzreutern um junge Wildfangsaiblinge handelt.*) Aber dieser eine Versuch berechtigt noch zu keinem abschließenden Urteil. Er müßte zumindest noch einmal unter günstigeren äußeren Bedingungen wiederholt werden, was hoffentlich in der nächsten Zeit möglich sein wird.

Die einzige Möglichkeit einer wirksamen Bekämpfung der *Triaenophorus*-Infektion wäre wohl die Unterbrechung des Entwicklungszyklus des Bandwurmes durch Ausschaltung des Endwirtes; in diesem Falle also durch Entfernung des Hechtes aus dem Königssee. Ob sich dies praktisch in vollem Umfang durchführen läßt, ist fraglich und hängt sehr weitgehend vom vollen Einsatz der Fischer ab. Auf jeden Fall ist eine derartige Maßnahme nicht innerhalb kurzer Zeit durchführbar, sondern bedarf jahrelanger intensiver Arbeit in dieser Richtung.

Einen ungünstigen Einfluß auf das Wachstum der Saiblinge hat möglicherweise die niedrige Durchschnittswassertemperatur des Königssees selbst während der warmen Jahreszeit und damit der Hauptwachstumsperiode. Sie liegt ja, wie bereits früher ausgeführt, relativ weit unter der Temperatur anderer Voralpenseen. Allerdings ist bisher nicht einwandfrei nachgewiesen, welches die optimale Wassertemperatur für den Seesaibling ist. Man kann jedoch wohl auf Grund der bisherigen Beobachtungen annehmen, daß sie bei 7 bis 8° C, vielleicht sogar etwas höher, liegt. Im Königssee aber beträgt die Wassertemperatur, selbst während der warmen Jahreszeit, in 15 m Tiefe nur knapp über 6° C, in 20 m Tiefe knapp über 5° C. Die Erfahrungen bei der Zugnetzfischerei lassen es jedoch als ziemlich sicher erscheinen, daß die Saiblinge die meiste Zeit ihres Lebens unter 10 m, wahrscheinlich sogar unter 15 m Tiefe verbringen. Denn selbst in den Monaten Mai mit August, in denen sie während der Abendstunden nahe der Wasseroberfläche zu beobachten sind und in den frühen Morgenstunden, bevor die Sonne auf den See scheint, mit dem Zugnetz gefangen werden, gehen sie tagsüber in größere Tiefen — zumindest unter 10 m Tiefe — wie die Fischer stets feststellen, da tagsüber Zugnetzfänge ergebnislos bleiben. Schon im September anderer-

*) Schwarzreuter und Wildfangsaiblinge des Königssees zeigen ungefähr in gleichem Maße Befall durch *Triaenophorus nodulosus* (Pall.), wie ich 1940 bereits ausführte (Schindler 1940).

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

seits verlaufen Zugnetzzüge, auch in den frühen Morgenstunden, meist erfolglos. Die Saiblinge stehen dann in größerer Tiefe, sammeln sich zum Teil auch bereits an den Laichplätzen, die größtenteils unter 35 m liegen. In diesen Tiefen bleiben sie mit kurzen Unterbrechungen bis ungefähr Mitte April, oft noch länger, also bis sie die Suche nach Planktonnahrung wieder in höhere Wasserschichten führt. Selbstverständlich steigen sie auch zwischendurch, so zum Beispiel im Herbst nach der Laichzeit, zur Nahrungssuche in höhere Wasserschichten auf. In dieser Zeit sind jedoch auch die oberen Wasserschichten durch die herbstliche Vollzirkulation derart abgekühlt, daß man kaum von einem Aufsteigen in wärmere Wasserschichten sprechen kann.

In diesem Zusammenhang mögen noch ein paar Worte über die Nahrung der Schwarzreuter auf Grund der Mageninhaltsuntersuchungen gesagt sein. Ich konnte bisher feststellen, daß die Hauptmenge des Mageninhaltes in der Zeit von Mitte Mai bis Ende September aus Cladoceren — *Daphnia longispina* O. F. Müller, *Ceriodaphnia quadrangula* O. F. Müller, und *Bosmina coregoni* Baird — besteht. Eine Bevorzugung einer dieser drei Arten konnte nicht bemerkt werden; je nach der Menge, in der die eine oder die andere Art im Plankton vorkommt, findet man einmal die, das andere Mal jene maximal im Magenbrei. Ab und zu sind unter der Nahrung auch verschiedene kleine Fliegen, Mücken und Mückenlarven festzustellen. Besonders bemerkenswert erscheint, daß selbst im Frühjahr, zu einer Zeit, in der noch die Copepoden mit weitem Abstand zahlreicher im Plankton vorhanden sind als die Cladoceren, sich im Magen nur Cladoceren finden (vergleiche Taf. 20, Fig. 21.)

Das gleiche, also die Bevorzugung der Cladoceren als Nahrung wurde auch bereits bei den Renken festgestellt. Wagler und seine Mitarbeiter geben als Erklärung folgende Möglichkeiten an (Wagler 1941):

1. Die Auswahl findet nach dem Geschmack statt. Die Wasserflöhe schmecken vielleicht den Renken besser als die Copepoden. Das ist zwar schon angenommen worden, aber noch keineswegs bewiesen und ist auch nicht sehr wahrscheinlich, weil die Auslese auch innerhalb der Art stattfindet. Es ist nicht anzunehmen, daß jüngere Daphnien anders schmecken als ältere.

2. Die Auswahl kann ohne Absicht, d. h. nicht nach dem Geschmack, vor sich gehen:

a) weil die Cladoceren sich leichter fangen lassen, denn alle Cladoceren, selbst die großen Leptodoren nicht ausgenommen, sind langsamer als die Copepoden.

b) weil die Cladoceren in bestimmten Schichten dichter angehäuft sind als die Copepoden.

c) weil die Cladoceren im Durchschnitt größer sind als die Copepoden und daher mehr auffallen.

Dazu sagt Wagler noch: „Der Punkt 2a scheint mitzuspielen, b ist nicht sehr wahrscheinlich, weil gerade die am wenigsten dicht stehenden,

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

viel vereinzelter auftretenden Cladoceren *(Leptodora)* am meisten bevorzugt werden. Die größte Wahrscheinlichkeit besitzt 2c, denn dann wird am besten die Auslese innerhalb der Art zu erklären sein."

Dazu ist nun in unserem speziellen Fall Königssee zu sagen, daß der letzte Punkt ausscheidet, denn die im Königssee vorkommenden Cladoceren sind in der Hauptmasse kleiner als die Copepoden. Die Bosminen, die sich im Mai und teilweise auch im Juni vor allem im Magen der Saiblinge finden, sind viel kleiner als *Cyclops strenuus* Fischer und *Diaptomus bacillifer* Kölbel. Es bleibt also hier nur die Erklärung, daß die Planktonten erstens nach dem Geschmack und zweitens deshalb ausgewählt werden, weil sie sich leichter fangen lassen. Vielleicht ist es, was den zweiten Punkt betrifft, vor allem die Bewegungsart, die die Saiblinge mehr anlockt, denn die Cladoceren sind ständig in langsam hüpfender Bewegung, während die Copepoden von Zeit zu Zeit ruhig stehen und anschließend rasche und relativ weite Sprünge ausführen.

Aber auch die Annahme, daß die Saiblinge des Königssees ihre Nahrung nach dem Geschmack auswählen, ist wohl nicht ganz von der Hand zu weisen. Der Einwand Waglers, diese Annahme besitze wenig Wahrscheinlichkeit, weil die Auslese auch innerhalb der Art stattfinde und weil nicht anzunehmen ist, daß jüngere Daphnien anders schmecken als ältere, erscheint mir nicht stichhaltig. Auf Grund der geschilderten Untersuchungen steht ja wohl einwandfrei fest, daß die Fische die Planktonten einzeln schnappen und daß also die früher oft vertretene Meinung, der Fisch würde wahllos eine gewisse Menge Wasser in den Mund einsaugen und beim Auspressen durch die Kiemenspalten die Planktonten mit dem Kiemenfilter abfiltrieren, irrig ist. Wenn aber jeder Planktont einzeln geschnappt wird, dann erscheint wohl klar, daß der Fisch die größeren Bissen bevorzugt, weil er dadurch viel weniger oft schnappen muß, um seinen Magen zu füllen. Gerade bei dieser Überlegung aber gewinnt die Annahme der Auswahl nach dem Geschmack eine große Wahrscheinlichkeit für die Königsseesaiblinge; bevorzugen sie doch, wie erwähnt, die kleineren Bosminen vor den größeren und häufigeren Copepoden. Würde die Auswahl nach der Größe vorgenommen, dann müßten sie ja Copepoden fressen.

Hier sei erwähnt, daß im Jahre 1948, also nach dem Sommer mit dem starken Cladoceren-Maximum, die Königssee-Saiblinge im Durchschnitt größer waren als in den vorhergehenden Jahren. Das gleiche war im Jahre 1949, wenn auch nicht so deutlich ausgeprägt, der Fall. Sollte doch, zwar nicht die Planktonmenge an sich, aber die Art der Zusammensetzung einen Einfluß auf das Wachstum der kleinen Saiblingsformen haben? Dann wäre ja klar, daß die im Jahre 1947 besonders gut ernährten ein- und zweisömmerigen Schwarzreuter, die im Jahre 1948, bzw. 1949 als dreisömmerige zum Fang kamen, auch besseres Wachstum zeigten. Da die Vermehrung von *Daphnia longispina* O. F. Müller und *Ceriodaphnia quadrangula* O. F. Müller durch höhere Wassertemperaturen begünstigt wird, waren

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

also die Bedingungen im Jahre 1947 besonders günstig. Ich glaube, diese Beobachtung wäre wert, in den kommenden Jahren auch an anderen Seen verfolgt zu werden.

Fischerei

Zum Schlusse seien noch ein paar Worte über die Fischerei im Königssee angefügt. Weitaus den größten Ertrag liefert die Saiblingsfischerei, bei der wieder nur der Fang der kleinen Form von wirklich wirtschaftlicher Bedeutung für den See ist. Sie wird sowohl mit dem Zugnetz, wie auch mit dem Stellnetz betrieben und zwar jede zu bestimmten Jahreszeiten. Die Zugnetzfischerei vor allem — wie erwähnt — in den Monaten Mai bis August, die Stellnetzfischerei von Mitte August bis Oktober. Die Stellnetze werden vor allem an den Laichplätzen gesetzt; die laichreifen Saiblinge werden gestreift und die befruchteten Eier in der Brutanstalt von St. Bartholomä erbrütet. Die im Februar und März ausschlüpfende Saiblingsbrut wird knapp vor Verlust des Dottersackes in den See gesetzt. Über den Wert dieser Erbrütung kann man geteilter Meinung sein.

Der Hechtfang, der wertmäßig an zweiter Stelle steht, wird fast ausschließlich zur Laichzeit des Hechtes im Frühjahr mit Reusen betrieben. Der Ertrag schwankt in den einzelnen Jahren relativ stark, in der letzten Zeit waren es meist 150 bis 250 Hechte pro Saison mit einem Durchschnittsgewicht von $1^1/_2$ bis 2 Pfund, wobei allerdings das Stückgewicht sehr schwankt. Der Ertrag an Saiblingen ist gleichfalls großen Schwankungen unterworfen, in den letzten Jahren belief er sich auf durchschnittlich 1500 kg, also 30 Zentner im Jahr. Sehr ungünstig hat sich der Einsatz von Seeforellen auf den Saiblingsbestand ausgewirkt. In dem Jahr, in dem der Bestand an großen Forellen am besten war, sank der Fangertrag an Saiblingen am stärksten (vergleiche Schindler 1940). Da nun aber die große Seeforelle ungefähr acht bis zehn Pfund Fisch (vielleicht sogar noch mehr) fressen muß, um ein Pfund zuzunehmen, ist sie im Königssee ein viel zu teuerer Fisch. Von einem größeren Neueinsatz wurde daher seit dem Jahre 1925, in dem der letzte Seeforellensetzlings-Einsatz erfolgte, Abstand genommen.

Das Wachstum der Seeforelle war allerdings sehr gut, sie hatte ja schließlich Gelegenheit sich an den Laichplätzen, an denen die Saiblinge eng zusammenstehen, ziemlich mühelos sattzufressen. Beweis dafür sind wohl die großen Seeforellen, die im Jahre 1935 gefangen wurden. Von diesen war ein Männchen von 96 cm Länge und 10500 g Gewicht, ebenso wie zwei Weibchen von 112 cm (21000 g) und 100 cm (13500 g) nur fünf Jahre, ein Männchen von 108 cm Länge und 20000 g Gewicht sechs Jahre alt.

Im Herbst 1949 wurden das erste Mal probeweise Felchensetzlinge, die von Tegernsee-Felchen*) abstammten, in den Königssee eingesetzt. Ob

*) Im Tegernsee kommen 3 Felchenarten — Coregonus wartmanni Bloch, Coregonus macrophthalmus Nüsslin und Coregonus fera Jurine — vor. Es ließ sich bisher nicht einwandfrei ermitteln von welcher der drei Arten die in den Königssee eingesetzten Setzlinge abstammten.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

dieser Einsatz von Erfolg begleitet sein wird, wird die Zukunft lehren. Für die nächsten Jahre aber bleibt sicher der Seesaibling der wichtigste Fisch des Königssees. Er bedarf daher besonderer Pflege.

Zusammenfassung

Der Königssee weist in den Frühjahrs- und Sommermonaten (Anfang Mai bis 15. September) eine außergewöhnlich hochliegende Sprungschicht (meist oberhalb 5 m Tiefe) auf. Die Sichttiefe beträgt zur gleichen Zeit 8—12 m. Er unterscheidet sich dadurch von den anderen größeren süddeutschen Voralpenseen, bei denen die Sprungschicht zur gleichen Jahreszeit stets tiefer liegt und die Sichttiefe geringer ist. Ihre Erklärung findet die hochliegende Sprungschicht des Königssees vor allem in der windgeschützten Lage dieses Sees.

Die Durchschnittstemperatur des Wassers der oberen 0—40 m Zone des Königssees ist in der erwähnten Jahreszeit bedeutend niedriger als bei den anderen größeren Seen des Voralpengebietes.

Diese besonderen Eigenschaften des Königssees sind von großem Einfluß auf das Plankton und — direkt oder indirekt — auf die Fische. Die relativ große Sichttiefe und hochliegende Sprungschicht ergeben für das Phytoplankton, dessen Mengenmaximum unter der Sprungschicht liegt, die Möglichkeit, die gelösten Nährstoffe des Meta- und Hypolimnions, also einer dickeren (höheren) Wasserschicht auszuschöpfen als bei Seen mit geringer Sichttiefe und tiefer liegender Sprungschicht, bei denen das Phytoplanktonmaximum sich oberhalb der Sprungschicht befindet.

Das reiche Phytoplankton seinerseits bietet die Ernährungsgrundlage für das Zooplankton, das zwar in geringer Artenzahl, aber in großer Menge vorhanden ist. Es ergibt sich also, daß der Königssee in der oberen 0—40 m Zone nicht planktonarm ist, wie oft angenommen wurde, sondern ungefähr die gleiche Menge an Plankton wie die anderen süddeutschen Voralpenseen enthält. Die zooplanktonreichste Schicht ist die der oberen 10 Meter. Offenbar ist die Anhäufung des Planktons in dieser Schicht durch das rasche Absinken der Wassertemperatur gegen die Tiefe zu bedingt. Die Lichtflucht der Planktonten scheint demgegenüber eine geringe Rolle zu spielen. Besonders die starke Vermehrung von *Daphnia longispina* O. F. Müller und *Ceriodaphnia quadrangula* O. F. Müller ist an höhere Wassertemperaturen gebunden. Sie kann bei Erreichung der Optimaltemperatur (über 10° C) innerhalb kurzer Zeit zu einer Massenproduktion dieser beiden Arten führen.

Das Mengenmaximum an Zooplankton und Phytoplankton fand sich an den Untersuchungstagen nie in der gleichen Tiefenschicht. Vielmehr lag es für das Phytoplankton stets tiefer als für das Zooplankton. Es ist anzunehmen, daß eine merkliche Phytoplanktonverminderung infolge des Fraßes durch Zooplankton in der Zone auftritt, in der das Zooplankton ein Mengenmaximum erreicht.

Die niedrige Wassertemperatur dürfte das Wachstum der Königsseefische ungünstig beeinflussen. Außer dieser direkten Beeinflussung ist auch

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

noch, besonders für die Seesaiblinge, eine indirekte über das Plankton als Nahrungsquelle festzustellen. Die Seesaiblinge bevorzugen nämlich, wie auf Grund von Mageninhaltsuntersuchungen festgestellt wurde, ganz ausgesprochen die Cladoceren als Nahrungstiere. Die starke Vermehrung von zwei der insgesamt drei im Königssee vorkommenden Cladoceren-Arten aber wird, wie erwähnt, durch höhere Wassertemperaturen begünstigt. Bei höherer Wassertemperatur ist also für die Seesaiblinge ein reichlicheres Angebot an bevorzugter Planktonnahrung gegeben. Allerdings kann auch in kälteren Jahren keinesfalls von einem Mangel an Plankton und damit von einem Nahrungsmangel für die Fische die Rede sein.

Ungünstig wirkt sich auf das Wachstum der Königssee-Fische der starke Befall mit dem Bandwurm *Triaenophorus nodulosus* (Pall.) aus. Eine erfolgreiche Bekämpfung dieses Parasiten ist nur durch Entfernung der Hechte — als der Endwirte für den Bandwurm — möglich.

Vom fischereilichen Standpunkt gesehen ist die — wiederholt künstlich eingesetzte — Seeforelle (*Salmo trutta* L.) unvorteilhaft für den Fischbestand des Sees. Ein Einsatz von Schwebrenken könnte vielleicht fischereiliche Vorteile ergeben.

Angeführte Schriften

Bohmann, L., Engländer H. u. a.	1939:	Untersuchungen über die Ertragsfähigkeit einiger Seen Oberbayerns. Intern. Rev. ges. Hydrob., 39, S. 177—244.
Brehm, V.,	1906:	Untersuchungen über das Zooplankton einiger Seen der nördlichen und östlichen Alpen. Verh. k. k. zoolog.-botan. Ges. Wien, 61. S. 33—43.
Brehm, V. & Zederbauer, E.,	1906:	Beobachtungen über das Plankton in den Seen der Ostalpen. Arch. Hydrob. und Planktonk., 1.
Demoll, R.,	1922:	Temperaturwellen (=seiches) und Planktonwellen. Arch. Hydrob., XIII, 2. S. 313—320.
Findenegg, I.,	1937:	Holomiktische und meromiktische Seen. Intern. Rev. ges. Hydrob., 35, S. 586—610.
Geßner, F.,	1948:	The vertical distribution of Phytoplankton and the Thermocline. Ecology, 29, Nr. 3. S. 386—389.
Geßner, F.,	1950:	Das Phytoplankton der Seen Oberbayerns in seiner quantitativen Entfaltung. Ber. Bayer. Botan. Ges. München, 28. S. 180—194.
Halbfaß, W.,	1923:	Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde. Berlin.
Hofer, B.,	1904:	Handbuch der Fischkrankheiten. München.
Kühl, Fr.	1928:	Untersuchungen über Temperaturverhältnisse und Sichtigkeit im Walchensee und Kochelsee in den Jahren 1921—1923. Arch. Hydrob., VI, S. 57—95.
Lebling, C., Haber, G. u. a.	1935:	Geologische Verhältnisse des Gebirges um den Königssee. Abh. geolog. Landesunters. am Bayer. Oberbergamt München, H. 20.
Petzholdt, A.,	1843:	Beiträge zur Geognosie von Tyrol. Leipzig.
Plehn, M.,	1924:	Praktikum der Fischkrankheiten. Handb. Binnenf. Mitteleuropas, Stuttgart, 1, S. 301—470.
Ruttner, F.,	1938:	Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen. Arch. Hydrob., 32, S. 167—319.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Schindler, O., 1936: Zur Frage der Saiblingsfischerei im Königssee. Allg. Fi. Ztg., 14.

Schindler, O., 1940: Die Saiblinge des Königssees. Intern. Rev. ges. Hydrob., 39, S. 600—627.

Steinmann, P., 1942: Experimentelle Untersuchungen über die Wüchsigkeit der Seesaiblinge (Rötel). Schweiz. Fi. Ztg., 9,

Wagler, E., 1941: Die Lachsartigen (Salmonidae), II. Teil Coregonen. Handb. Binnenf. Mitteleuropas, Stuttgart, 3, H. 6, S. 371—501.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

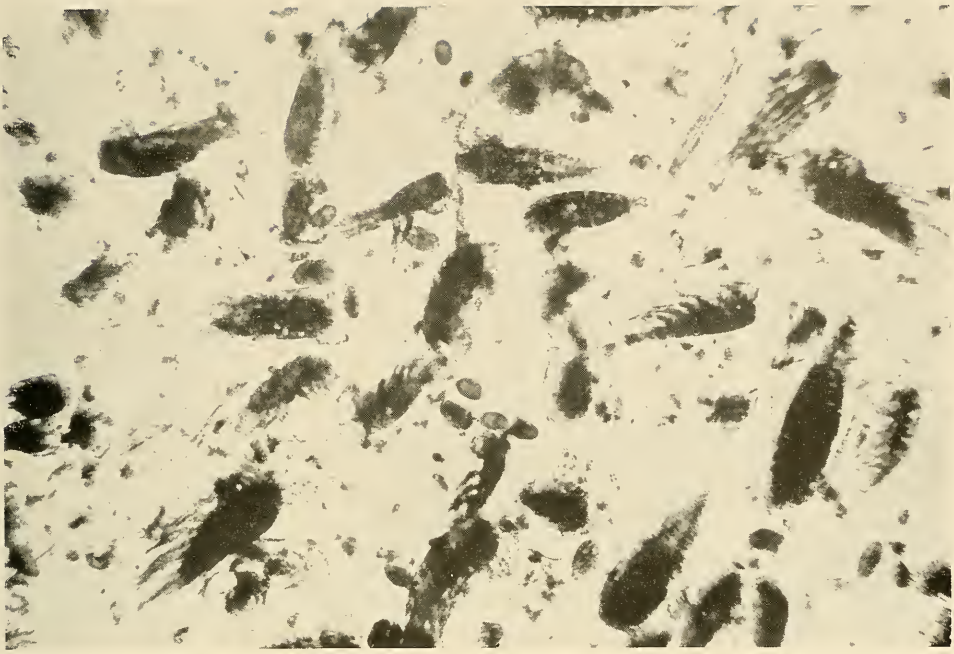

Fig. 18 Teil der Planktonprobe vom 30. Mai 1947, Vertikalzug 0—40 m.

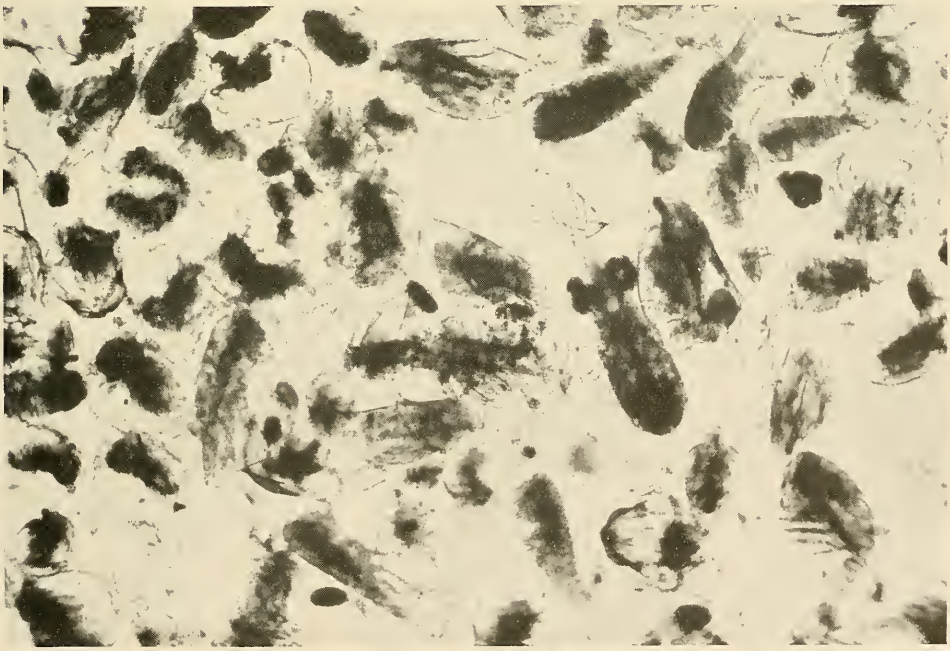

Fig. 19 Teil der Planktonprobe vom 17. August 1947, Vertikalzug 0—40 m.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

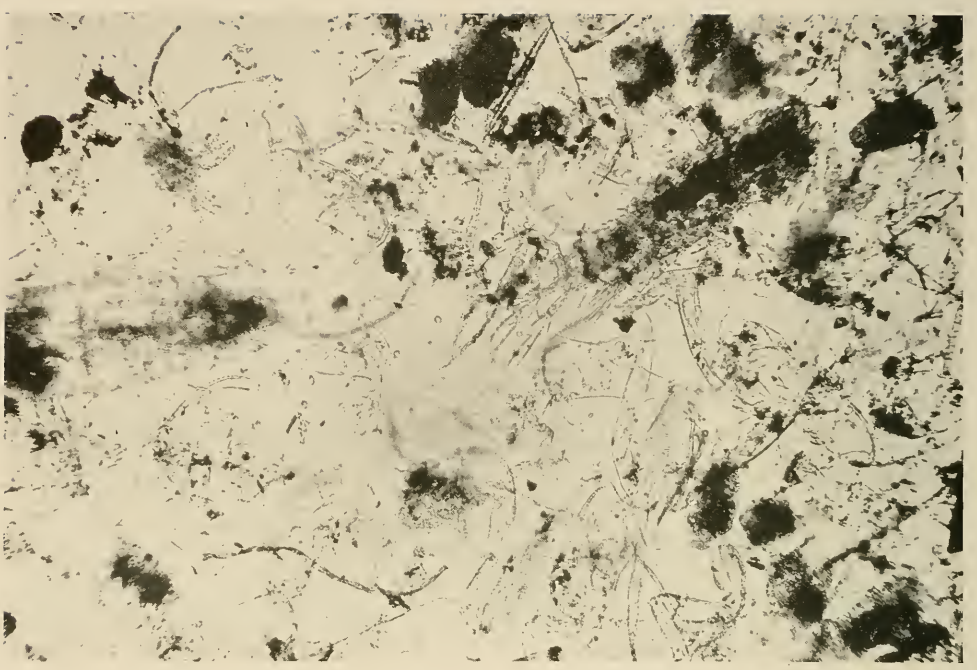

Fig. 20 Teil der Planktonprobe vom 27. September 1947, Vertikalzug 40—80 m.

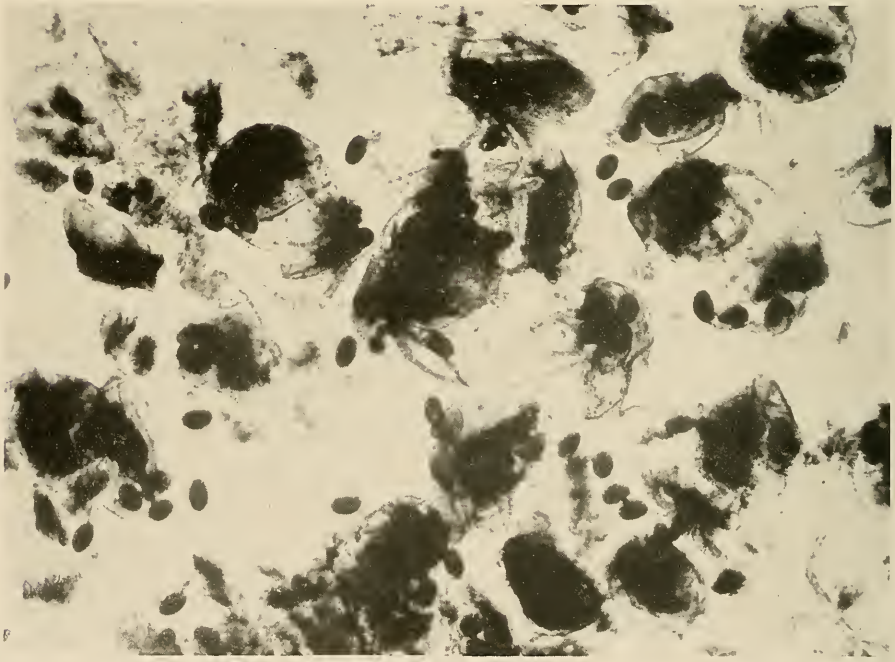

Fig. 21 Kleiner Teil des Mageninhaltes eines Seesaiblings (Schwarzreuter) vom Königssee, gefangen Mai 1947.

© Münchner Ent. Ges., Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Veröffentlichungen der Zoologischen Staatssammlung München

Jahr/Year: 1950

Band/Volume: 001

Autor(en)/Author(s): Schindler Otto

Artikel/Article: Der Königsee als Lebensraum - Erste Mitteilung über die bisherigen Ergebnisse. 97-128