

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 122 (1971)

Heft: 12

Artikel: Fischereibiologische Probleme in Brienzer-, Thuner- und Bielersee

Autor: Roth, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767301>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Journal forestier suisse

122. Jahrgang

Dezember 1971

Nummer 12

Fischereibiologische Probleme in Brienzer-, Thuner- und Bielersee¹

Von H. Roth, Bern

Oxf. 157

Brienzer-, Thuner- und Bielersee sind in fischereibiologischer Hinsicht Seen recht verschiedenen Charakters. Beim Brienzer- und beim Thunersee handelt es sich um tiefe trogförmige Becken mit vorwiegend steil abfallenden schmalen Ufern. Demgegenüber ist der Bielersee bedeutend weniger tief und weist zahlreiche flache Uferpartien auf. Die Hauptzuflüsse des Brienzersees stammen aus einem stark vergletscherten Einzugsgebiet und führen dem See kaltes und an Schwebestoffen reiches Wasser zu. Der Thunersee dagegen erhält als Hauptzufluss Wasser aus dem Brienzersee, das eine höhere Temperatur und nur wenige Schwebestoffe aufweist. Mehrere auf die Fische einwirkende Umweltfaktoren unterscheiden sich somit von See zu See in ihrem Wirkungsgrad. Gerade diese Tatsache bewog mich, alle drei Seen in die heutige Vorlesung einzubeziehen, denn die unterschiedliche Einwirkung verschiedener Umweltfaktoren ermöglicht den Versuch, bestimmte fischereibiologische Erscheinungen, die im einzelnen See schwer verstehbar sind, zu interpretieren.

In allen drei Seen sind die Fischbestände und die Fischereierträge beträchtlichen Schwankungen unterworfen (Abb. 1). Die Ursachen der Bestandes- und Ertragschwankungen sind erst zum Teil bekannt. Wenn der Fischereiwirtschafter nähere Aufschlüsse über die Zusammensetzung der Fischbestände und über die Bestandesschwankungen erhalten will, ja, wenn er gar aktiv in das Geschehen im See eingreifen will, kommt er nicht darum herum, sämtliche Umweltfaktoren, die auf die Fische einwirken, eingehend zu studieren.

Gut bekannt sind die Auswirkungen der in einem See herrschenden morphometrischen Verhältnisse. Die tiefen trogförmigen Becken der Alpenrandseen, bieten, sofern sie nicht zu stark verunreinigt sind, gute Existenzbedingungen für kälteliebende Tiefseeformen wie den Seesäibling und für Felsenarten, deren Eier sich in sauerstoffreichem Wasser der Tiefenzone entwickeln. Im Bielersee dagegen, mit seinen ausgedehnten Flachufern und den hohen sommerlichen Temperaturen in den oberen Wasserschichten, kam seit je verschiedenen karpfenartigen Fischen, insbesondere dem Rotauge und dem Brachsen, sowie dem Barsch und dem Hecht eine bedeutende Rolle zu.

¹ Antrittsvorlesung an der ETH Zürich vom 8. November 1971.

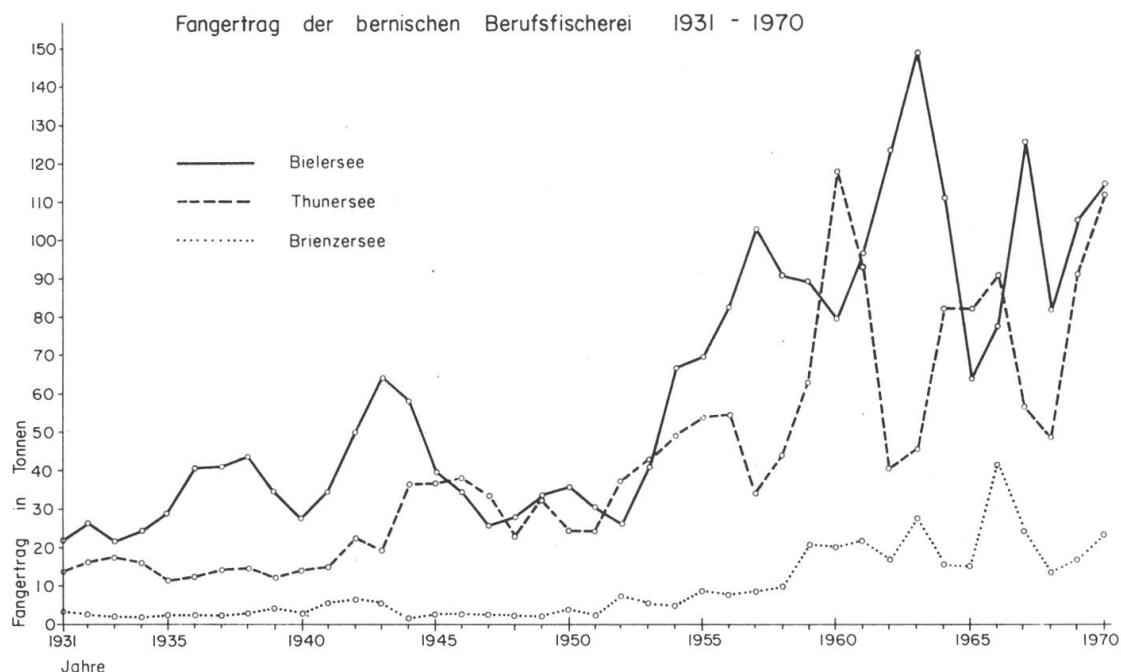


Abbildung 1

Auch die Zusammenhänge zwischen der typologischen Zugehörigkeit eines Sees und seinen fischereilichen Verhältnissen sind schon recht weitgehend erforscht. Namentlich am Bodensee sind hierüber seit einer Reihe von Jahren sehr aufschlussreiche Untersuchungen im Gange. Über die physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse in den Schweizerseen liefern uns die Limnologen laufend neue Unterlagen.

Die am Brienzersee durchgeföhrten Untersuchungen zeigen, dass dieser See hinsichtlich seiner Sauerstoffverhältnisse den oligotrophen Seen zugezählt werden kann. Allerdings ist dieser Zustand vor allem auf das kühle Wasser und auf die starke Trübestoffbelastung zurückzuföhren. Bereits im Jahre 1965 wurde nämlich eine sommerliche Nitrat-Zehrung festgestellt, die für einen oligotrophen See recht hoch war, und im Epilimnion wurden beträchtliche Gesamtphosphorgehalte gefunden, wobei der hohe Anteil an geförmtem Phosphor auf eine grosse Planktondichte hinwies. Der zunehmenden Eutrophie des Sees entsprechend haben sich auch bereits Massenentwicklungen einzelner Planktonorganismen ereignet, zunächst der Kieselalge *Tabellaria fenestrata* im Herbst 1966 und seit 1968 auch der Blaualge *Anabaena flos-aquae*. Der zunehmende Nährstoffreichtum des Brienzersees ist in erster Linie auf die Abwassereinleitung aus den sich rasch entwickelnden Ufergemeinden und aus den Kurorten der Lütschinentaler zurückzuföhren. Dem Brienzersee werden durch die Aare nämlich im Mittel nur 52 mg/l gelöste Stoffe zugeführt, durch die Lütschine dagegen 149 mg/l, also rund dreimal soviel. Wir können den Brienzersee heute typologisch als oligotrophen See bezeichnen, der sich im Übergang zum mesotrophen Seetyp befindet.

Noch etwas weiter fortgeschritten ist diese Entwicklung im Thunersee. Bereits im Oktober 1965 wurde hier an der tiefsten Stelle des Sees ein Sauerstoffgehalt von nur 3,2 mg/l gemessen. Spätere Untersuchungen in den Jahren 1966/67 zeigten wiederum auffallend niedrige Sättigungskonzentrationen in 200 m Tiefe, die auch nach Beendigung der Zirkulation nur knapp 70 % erreichten. Die Bestimmung der Stickstoffmengen und der Stickstoffzehrung lassen auf eine zunehmende Organismentätigkeit im Thunersee schliessen. Während im Jahre 1960 die Zehrung in den obersten 5 Metern 0,16 mg/l Nitratstickstoff betrug, war sie im Jahre 1967 bereits auf 0,27 mg/l angestiegen.

Besonders auffallend war im Juni 1965 eine starke Ansammlung geformten Phosphors in 7,5 m Tiefe, ein Hinweis auf eine hohe Planktondichte. Ein weiterer Hinweis auf eine grosse pflanzliche Produktion sind die Kurven der elektrischen Leitfähigkeit, die gleichzeitig den Verlauf der Wasserhärte und damit das Ausmass der biogenen Entkalkung wiedergeben. Aus diesen Kurven zu schliessen ist die biogene Entkalkung im Thunersee 3 bis 5 mal grösser als im Brienzersee. Eine erste Massenentwicklung eines Plankters beobachteten wir im Sommer 1957. Es handelte sich um die Kieselalge *Tabellaria fenestrata*. Als zweite Form folgte die Blaualge *Anabaena flos-aquae* im November 1968, deren Massenentwicklung, wie es sich in den Jahren 1969 und 1970 zeigte, zu einer ständigen Erscheinung in diesem See zu werden scheint. Alle diese Vorgänge zeigen, dass der Grad der Eutrophie im Thunersee noch weiter fortgeschritten ist als im Brienzersee. Da nun aber der Bau einer Gabelleitung im Gange ist, welche die Abwässer aller grösseren Ufergemeinden, mit Ausnahme von Interlaken und Leissigen, dem See fernhalten wird, besteht Aussicht, dass der Thunersee in den oligotrophen Zustand zurückkehren wird.

Im Bielersee stellte Minder im Jahre 1930 als niedrigsten Sauerstoffgehalt in 46 m Tiefe 8,1 cm³/l entsprechend einer Sättigung von 60 % fest. Seither haben sich die Sauerstoffverhältnisse bedenklich verschlechtert. Im November 1969 wurde in 58 m Tiefe ein Sauerstoffgehalt von nur noch 0,3 mg/l ermittelt. Solche Sauerstoffgehalte würden die Entwicklung von Felcheneiern ausschliessen. Glücklicherweise sorgte bisher die Herbstzirkulation dafür, dass in der Zeitspanne von der Eiablage im Monat Dezember bis zum Schlüpfen der Brut der Sauerstoffgehalt in der Seetiefe gerade noch zur Entwicklung von Felcheneiern ausreichte.

Im Bielersee herrschen bedeutend höhere Phosphat- und Nitratgehalte als im Thuner- und Brienzersee. Ein hoher Chloridgehalt zeigt, dass die Anreicherung des Seewassers mit Pflanzennährstoffen in erster Linie auf die Zufuhr häuslichen Abwassers zurückzuführen ist. Ein untrügliches Zeichen einer starken pflanzlichen Produktion ist der grosse Konzentrationsunterschied des Phosphat-P im Seeauslauf zwischen den Wintermonaten und der Sommerstagnation. Die niedrigsten Konzentrationen während der Monate

April bis Juli 1968 betragen 7—36 mg/m³ und die höchsten Konzentrationen in den Monaten Dezember 1968 bis Februar 1969 betragen 95 bis 106 mg/m³.

Im Diatomeenplankton des Bielersees ist oft *Stephanodiscus hantzschii* vorherrschend, und sehr zahlreich sind die Gattungen *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Synedra* und *Asterionella*. Die Blaualge *Oscillatoria rubescens* war bis zum Herbst 1963 regelmässig stark vertreten, jedoch ohne Massenentwicklung. Seither macht sie sich nur noch in verschwindend kleinen Anteilen am gesamten Phytoplankton bemerkbar.

Seit Beginn der regelmässigen Untersuchungen des Bielersees im Jahre 1959 wurden nur zwei Massenentfaltungen von Phytoplankton registriert, die erste im Herbst 1963 durch *Aphanizomenon flos-aquae* und die zweite im April 1968 durch den Flagellaten *Peridinium*. Als Besonderheit ist zu erwähnen, dass das Vorherrschende verschiedener Arten viel stärker wechselt als im Brienzer- und im Thunersee. Hinsichtlich seiner Sauerstoffverhältnisse, seines Nährstoffgehaltes und der Zusammensetzung des Phytoplanktons ist der Bielersee eindeutig dem eutrophen Seetyp zuzurechnen.

Ein Faktor, der bisher meines Erachtens zu wenig beachtet wurde, ist die Durchflutung der Seen. Da unterhalb des Thunersees bedeutende Zuflüsse wie Zulg, Gürbe und Saane in die Aare einmünden und dem Bielersee ausser dem Wasser der Aare noch dasjenige der Zihl, der Schüss und des Twannbaches zufliesst, ist die Wasserzufuhr zu diesem See bedeutend grösser als zu den beiden Alpenrandseen. Entsprechend dieser stärkeren Wasserzufuhr und dem geringeren Seeinhalt erfolgt die Wassererneuerung im Bielersee bedeutend rascher als im Brienzer- und Thunersee. Die theoretische Dauer der Erneuerung der gesamten Wassermenge beträgt im Brienzersee 973 Tage, im Thunersee 684 Tage und im Bielersee nur 59 Tage.

Die Schwankungen des mittleren jährlichen Abflusses des Brienzersees bewegen sich zwischen den Extremwerten von 51 und 70 m³/sec und sind somit sehr gering. Im Thunersee sind sie bereits etwas grösser und bewegen sich zwischen 83 und 126 m³/sec. Weitaus am grösssten sind sie im Bielersee mit einem Schwankungsbereich von 159—311 m³/sec. Im Bielersee kann somit die mittlere Jahresabflussmenge in wasserreichen Jahren den doppelten Betrag derjenigen wasserarmer Jahre erreichen. Angesichts der geringen theoretischen Dauer der Wassererneuerung kann der Anteil des dem See entzogenen Planktons in wasserreichen Jahren mit starker Durchflutung Ausmasse annehmen, die sich auf die Grösse des Fischbestandes sowie auf das Wachstum und den Ernährungszustand der Fische auswirken. Ich werde darauf noch zurückkommen.

Den drei Seen werden durch die Zuflüsse unterschiedliche Mengen Schwebestoffe zugeführt. Am besten untersucht sind die Verhältnisse am Brienzersee. Durch Errichtung mehrerer Speicherstaue an der Hasliaare und an deren Zuflüssen wurde die Schwebestoffzufuhr zum Brienzersee im Laufe

der letzten Jahrzehnte stufenweise verringert. Ohne auf die unterschiedliche Methodik der verschiedenen Autoren und auf gewisse Schwierigkeiten beim Vergleich ihrer Resultate einzutreten, sei hier lediglich festgehalten, dass die jährliche Schwebestofffracht der Hasliaare von rund 339 000 Tonnen vor Inbetriebnahme der ersten Staustufe auf 116 000 Tonnen in den Jahren 1959—1963 gesunken ist. Bedeutend grösser ist sie in der Lütschine trotz viel geringerer mittlerer Wasserführung, nämlich 178 000 Tonnen in den Jahren 1959—63. Die Ursache hiefür liegt in der grösseren Steilheit des Einzugsgebietes und im Fehlen von Speicherstauen, die an der Hasliaare als Klärbecken für Schwemmaterial wirken. Von den in den See eingetragenen Schwebestoffen sedimentiert der weitaus grössste Teil im Brienzersee. In den Jahren 1961/63 betrug der Abtransport in den Thunersee nur rund 2 % der Zufuhr. Der Brienzersee wirkt damit als grosses Klärbecken für den Thunersee.

Dem Thunersee werden also bedeutend weniger Schwebestoffe zugeführt als dem Brienzersee. Die Zufuhr durch die Aare betrug in den Jahren 1959/63 im Mittel nur 7015 Tonnen. Grösser ist die allerdings bloss geschätzte Zufuhr durch die Kander. Es wird für den Thunersee mit einer totalen jährlichen Schwebestoffzufuhr von rund 100 000 Tonnen im Vergleich zu einer Zufuhr von rund 339 000 Tonnen für den um 18,5 km² kleineren Brienzersee gerechnet. Damit ergeben sich für den Thunersee günstigere Transparenzverhältnisse und eine entsprechend mächtigere trophogene Wasserschicht.

Noch geringer ist die Schwebestoffzufuhr zum Bielersee. In der Aare als Hauptzufluss wurden erstmals im laufenden Jahre bei Hagneck regelmässige Messungen durchgeführt. Die bisher gewonnenen Werte liegen etwas höher als diejenigen in der Aare oberhalb der Einmündung in den Thunersee. Dagegen führen die übrigen grösseren Zuflüsse dem Bielersee bedeutend geringere Schwebestoffmengen zu als die Kander dem Thunersee. Der Bielersee bezieht den bedeutendsten Anteil seines Zuflusses aus anderen Seen, weshalb ihm vor allem feinste Schwebestoffe zugeführt werden. Gegenüber den Verhältnissen im Thuner- und Brienzersee zeigt sich im Bielersee ein starker Abfall der Blaudurchlässigkeit, aus der auf eine reichliche Zufuhr von Humusstoffen geschlossen wird. *Minder und Nydegger* bezeichnen den Bielersee als einen See mit verhältnismässig trägem Stoffwechsel, dessen Planktonproduktion besonders bei hoher Wasserführung der Zuflüsse durch überdurchschnittliche Trübung durch Humusstoffe gedrosselt wird. In wasserreichen Jahren kommt somit im Bielersee zur Verarmung an Plankton infolge starker Durchflutung noch hinzu, dass wegen der stärkeren Trübung überhaupt schon weniger Plankton gebildet wird als in weniger wasserreichen Jahren.

Überdurchschnittlich hohe Wasserführung der Zuflüsse wirkt sich somit im Bielersee in zweifacher Hinsicht nachteilig auf die Futterproduktion planktonfressender Fische, das heisst insbesondere der Felchen aus.

Ein Umweltfaktor von sehr wesentlicher Bedeutung für die fischereilichen Verhältnisse im See ist die Temperatur. Thuner- und Brienzersee sind im Verhältnis zur Oberfläche, durch welche der Wärmeaustausch vor allem vor sich geht, zu tief, als dass die Zeit der winterlichen Abkühlung ausreichen würde, um Homothermie bei 4 °C zustande zu bringen. Ihre Oberflächentemperatur liegt deshalb während des ganzen Jahres etwas über 4 °C. Sie müssen nach ihrem thermischen Verhalten dem subtropischen Seetyp zugerechnet werden.

Demgegenüber ist der Bielersee eindeutig als temperierter See anzusprechen, mit inverser Temperaturschichtung im Winter, der in Abständen von einigen Jahren immer wieder vollständig zufriert. Entsprechend der mehr oder weniger langen Dauer der inversen Schichtung und oft auch der Bedeckung mit Eis und Schnee, sind die Entwicklungsbedingungen für das Plankton im Bielersee während des Winters stärkeren Schwankungen unterworfen als im Brienzer- und Thunersee. Hinsichtlich der Entwicklung des Krebsplanktons, auf das die Felchenbrütinge ab ungefähr Mitte März für ihr Aufkommen angewiesen sind, können solche Temperatureinflüsse von ausschlaggebender fischereiwirtschaftlicher Bedeutung sein.

Der Temperaturhaushalt der drei Seen wird wesentlich durch die Zuflüsse beeinflusst. Das Wasser des Brienzersees stammt aus reinen Fliessgewässern, wogegen Thuner- und Bielersee die Hauptmenge ihres Zuflusswassers aus Seen erhalten. Die von der Aare durchflossenen Seen haben einen beträchtlichen Einfluss auf deren Temperaturentwicklung, und diese wiederum wirkt sich auf die flussabwärts folgenden Seen aus.

Der Brienzersee spielt für den Wärmeaushalt des Thunersees eine sehr bedeutende Rolle. In der Erwärmungsperiode März bis August 1948 gewann der Brienzersee infolge der positiven Strahlungsbilanz $20,54 \times 10^{12}$ kcal. Davon beanspruchte die Verdunstung 33 %, 43 % wurden als «Rücklage» im See gespeichert und 24 % wurden für die Auf temperierung des Abflusswassers verwendet. Der Brienzersee wird damit zu einem bedeutenden Wärmelieferanten für den Thunersee. Rund 30 % der Wärme, welche der Thunersee in der Erwärmungsperiode speichert, stammen aus dem Brienzersee. Der Wärmegewinn des Thunersees auf Kosten des Brienzersees wirkt sich indessen nicht in höheren Oberflächentemperaturen aus, wohl aber in einer Vergrösserung des Epilimnions. Wenn im Brienzersee im Hochsommer die Temperatur von 10 °C in einer Tiefe von 17—18 m liegt, so liegt diese Temperatur im Thunersee zur gleichen Zeit in 25 bis 28 m Tiefe.

Die Errichtung von Speicherstauen in der Hasliaare und in ihren Zuflüssen musste sich nicht nur auf die Schwebestoffzufuhr, sondern auch auf den Wärmeaushalt des Brienzersees auswirken. Leider sind diese Auswirkungen zahlenmässig heute nicht mehr erfassbar, weil systematische Temperaturbestimmungen in der Hasliaare bei Brienzwiler erst im Jahre 1964 begannen.

Die Speicherung von Schmelzwasser während des Sommers und die Ab-

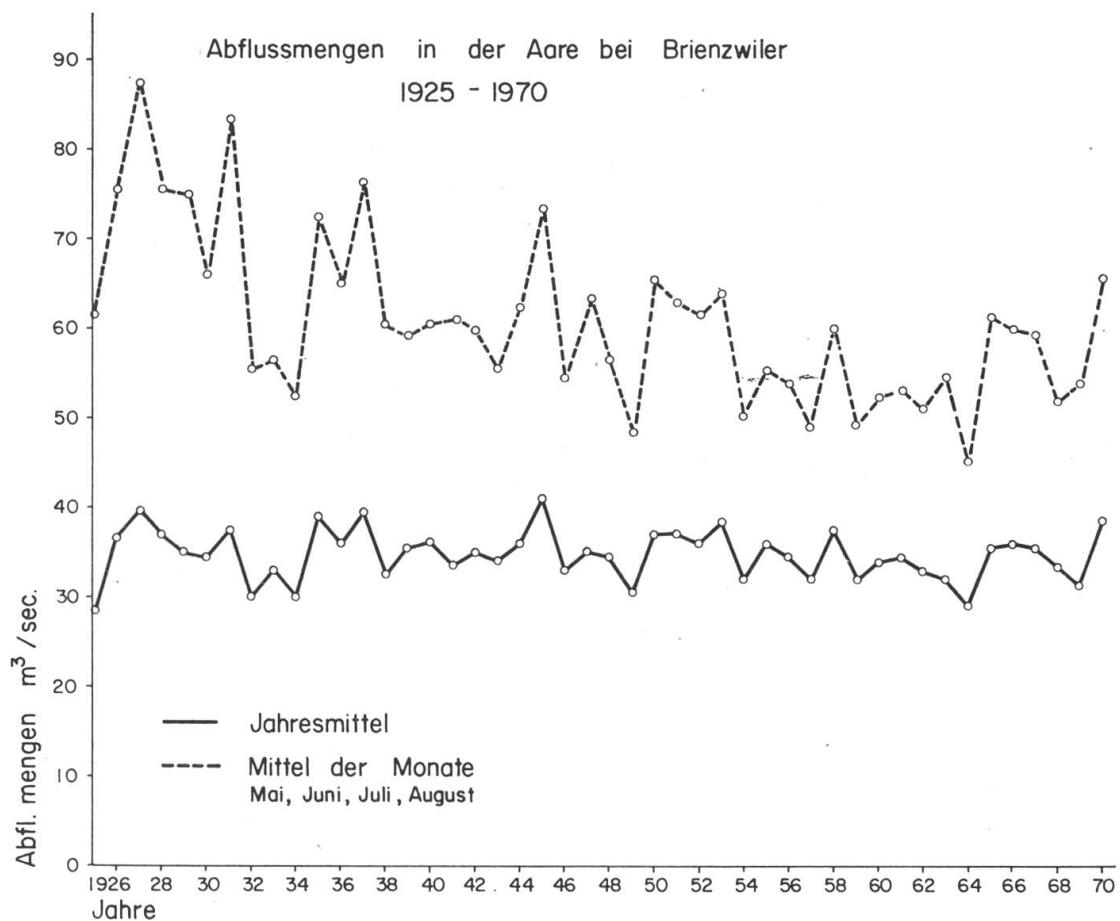


Abbildung 2

gabe gespeicherten Wassers im Winter führten stufenweise zu einer Abnahme des Sommerwasserabflusses und zu einer Zunahme des Winterwasserabflusses. Es blieben aber, je nach der Wasserführung in den verschiedenen Jahren, grosse Schwankungen der mittleren sommerlichen Wasserzufluhr zum Brienzersee bestehen (Abb. 2). Es drängt sich die Vermutung auf, dass sich in Sommern mit mittlerer und geringer Wasserführung das Epilimnion des Brienzersees etwas stärker aufwärmte als früher. Umgekehrt werden in Jahren mit grosser sommerlicher Wasserzufluhr die Temperaturverhältnisse jenen vor Errichtung von Speicherstauen entsprechen, wobei gleichzeitig auch die Schwebestoffzufluhr erhöht ist. Es darf somit angenommen werden, dass durch die Speicherwirkung der Oberhaslikraftwerke zwei für die Entwicklung von Plankton und somit auch von Fischnährtieren massgebende Faktoren, nämlich Temperatur und Transparenz im gesamten positiv beeinflusst wurden, dass aber in Jahren mit überdurchschnittlicher Sommerwasserführung der Aare, beispielsweise im Jahre 1970 dieser günstige Einfluss stark reduziert ist.

Ein fischereibiologisches Problem am Bielersee, das in engem Zusammenhang mit den morphometrischen Verhältnissen und ganz besonders mit

der zunehmenden Eutrophie steht, ist das sogenannte Weissfischproblem. Seit einer Reihe von Jahren wird dort eine Massenentwicklung einiger Fischarten aus der Familie der Karpfenfische (im Volksmund Weissfische genannt) beobachtet, insbesondere des Rotauges (*Rutilus rutilus*) und des Brachsens (*Abramis brama*). Die morphometrischen Verhältnisse des Sees sind für die Fortpflanzung der Weissfische bedeutungsvoll, weil beispielsweise das Rotauge Laichplätze im seichten mit Schilf bestandenen Wasser von nur rund 50 cm mittlerer Wassertiefe benötigt. Der Bielersee weist im Unterschied zu Thuner- und Brienzsee ausgedehnte derartige Laichgründe auf. Begünstigt wird die Fortpflanzung auch durch die grosse Fruchtbarkeit der Karpfenfische. Im Bodensee wurde beispielsweise festgestellt, dass die relative Fruchtbarkeit, das heisst die Eizahl je Einheit des Körpergewichtes der Laichfische, beim Rotauge ungefähr dreimal so gross ist wie diejenige des Blaufelchens. Im Bielersee dauert die Embryonalentwicklung des Rotauges bei einer Wärmesumme von 114 Tagesgraden je nach der Seetemperatur nur ungefähr 10 Tage. Damit sind diese Eier während viel kürzerer Zeit der Vernichtungsgefahr ausgesetzt als die Eier der Felchen, deren Entwicklungszeit drei Monate beträgt und die deshalb meist hohen Vernichtungsraten unterworfen sind.

Das Fortkommen der geschlüpften Brütlinge der Karpfenfische wird durch die mit fortschreitender Eutrophie zunehmende Produktion an Fischnahrung begünstigt. Meine Untersuchungen an Rotaugen des Bielersees ergaben, dass die Brütlinge zunächst fast ausschliesslich Rotatorien fressen, vereinzelt auch Diatomeen. Später herrschen bis zur Altersklasse 2+ Crustaceen vor, und zwar Bosmina und Cyclops. Noch später kommen dazu Insektenimagines und Chlorophyceen, wobei bei der Altersklasse 3+ immer noch tierische Nahrung vorherrscht. Von der Altersklasse 4+ an überwiegt nun die pflanzliche Nahrung. Es erscheinen Cladophora und Ulothrix, vor allem aber auch Phanerogamen im Nahrungsbild. Von der Altersklasse 8+ an werden neben vorwiegend Pflanzen fressenden Rotaugen auch solche festgestellt, die sich auf das Fressen von Mollusken spezialisieren. Das Rotauge nutzt also Organismen als Nahrung, die mit fortschreitender Eutrophie in zunehmendem Masse produziert werden, insbesondere Rotatorien, Crustaceen und die in der Uferregion sich in Massen entwickelnden Fadenalgen, höheren Wasserpflanzen und Mollusken. Die günstigen Ernährungsbedingungen führen nicht nur zu grösseren Fischbeständen sondern auch zu einem beschleunigten Wachstum. Da im Bodensee in grösseren Zeitabständen dreimal Wachstumsmessungen durchgeführt wurden, ist es möglich, die Wachstumsbeschleunigung auch zahlenmässig zu erfassen und das Wachstum des Bielersee-Rotauges mit demjenigen des Bodensees zu vergleichen (Abb. 3).

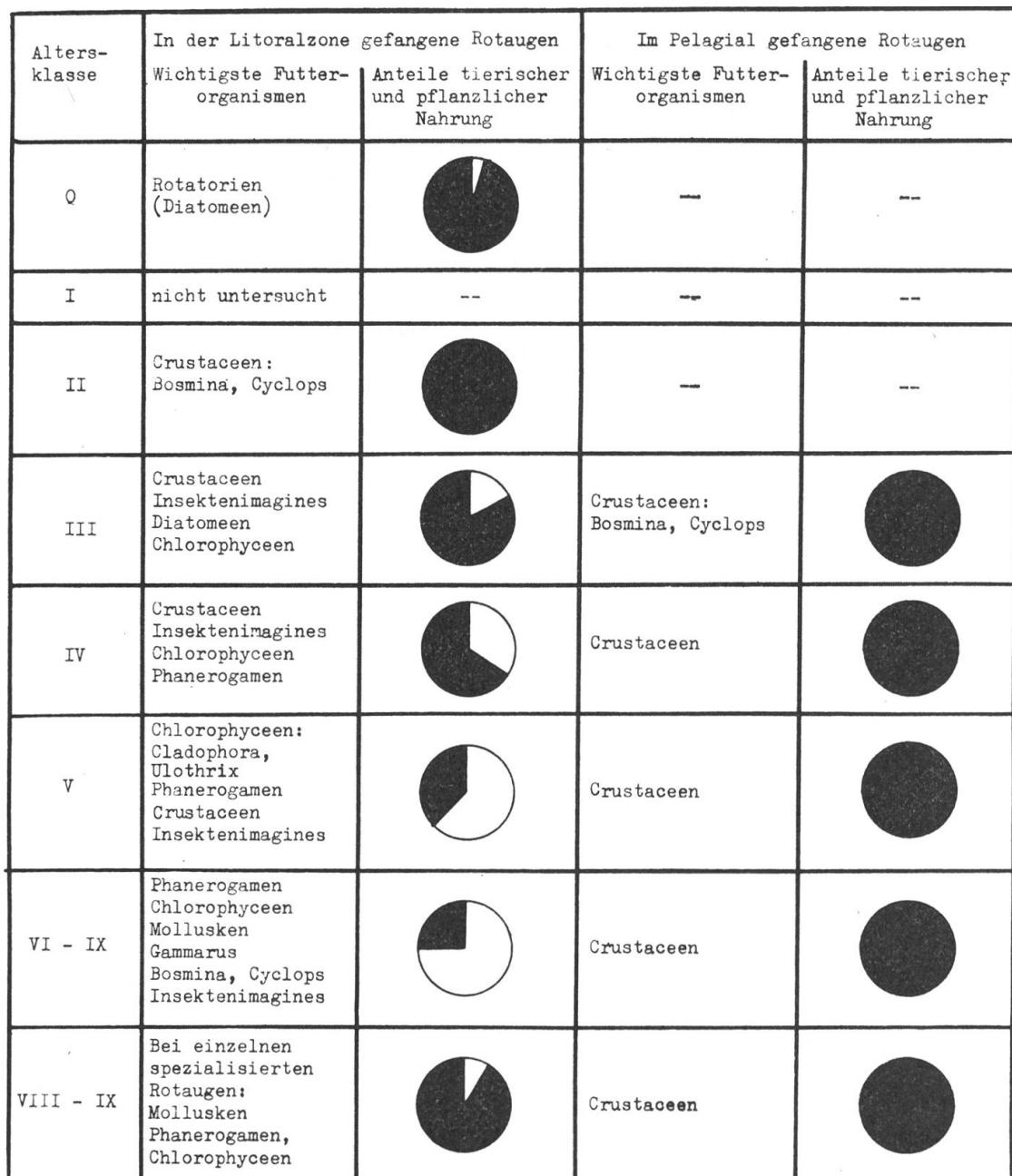
Mit zunehmender Bestandesgrösse wurden in den letzten Jahren Rotaugen nicht nur wie bisher in der Uferzone gefangen, sondern in steigendem

See	Altersklasse							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Mälarensee	4,2	7,6	11,1	14,0	16,1	17,8	19,1	19,9
Przetaček	5,6	8,1	10,3	12,7	14,7	16,7	-	-
Dowcién	6,6	10,2	14,0	16,5	18,9	22,4	-	-
Bodensee 1929	-	-	-	-	19,5	19,7	21,0	22,7
Bodensee 1939	-	-	-	-	20,8	20,9	22,0	22,6
Bodensee 1967	5,0*	10,2	15,5	17,8	21,5	26,4	26,0	28,0
Bielersee 1969	-	11,0	16,5	19,5	22,0	24,8	26,2	28,3
* nur 1 Exemplar								

Abbildung 3

Masse auch im Pelagial in Schwebnetzen, auf den gleichen Fangplätzen wie die Felchen. Es war deshalb möglich, Darminhalte von Felchen und Rotaugen zu untersuchen, die sich in den gleichen Netzen verfangen hatten und somit bis zum Fang auf den gleichen Futterplätzen gefressen hatten. Sämtliche Rotaugen hatten praktisch ausschliesslich Crustaceen aufgenommen, genau gleich wie die in denselben Netzen gefangenen Felchen, wobei allerdings in den Mageninhalten der Rotaugen Bosmina und in denjenigen der Felchen Cyclops vorherrschte. (Abb. 4).

Die im Pelagial gefangenen Rotaugen hatten sich somit, im Gegensatz zu den in der Uferzone gefangenen, ganz auf das Fressen von Krebsplankton spezialisiert. Es lebt also ein Teil des Rotaugenbestandes in den gleichen Gebieten des Pelagiels wie die Felchen und frisst dort die gleichen Nährtiere. Somit herrscht zwischen diesen beiden Fischarten Futterkonkurrenz. Die Frage, ob sich diese Konkurrenz auf den Bestand und auf das Wachstum der Felchen bereits nachteilig auswirkt, kann anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse noch nicht beantwortet werden. Die Vermutung liegt



tierische Nahrung



pflanzliche Nahrung

Abbildung 4

jedoch nahe, dass zumindest in wasserreichen Jahren mit geringeren Planktonmengen eine gegenseitige negative Beeinflussung möglich ist.

Fischereiwirtschaftlich wurde die Massenentwicklung von Weissfischen deshalb zum Problem, weil diese sehr schwer verkäuflich sind. Hauptursache

des geringen Marktwertes sind die bei vielen Karpfenfischen, insbesondere aber beim Rotauge und beim Brachsen in grosser Zahl vorhandenen Fleischgräten. Bei steigenden Aufwendungen für Boote, Treibstoff, Netze und Löhne beim Fischfang ergab sich aus verschiedenen Gründen im Laufe der letzten 20 Jahre eine stark rückläufige Entwicklung der Weissfischpreise. Fang und Verwertung der Weissfische wurden damit oftmals zu einem Verlustgeschäft für die Berufsfischer. Dies hatte zur Folge, dass die Weissfische bei weitem nicht mehr so intensiv gefischt werden, wie es den vorhandenen Beständen entspräche. Mit der geringen Nutzung der Weissfischbestände, bei gleichzeitiger intensiver Befischung der Edelfische und des Hechtes trägt die heutige Fischereiwirtschaft massgeblich zur Störung des Gleichgewichtes zwischen den Fischarten bei. Mit Hilfe eines im Jahre 1970 erlassenen Bundesbeschlusses wird nun versucht, den Weissfischfang zu intensivieren, indem für die Verwertung der in gezielten Aktionen gefangenen Weissfische Bundes- und Kantonsbeiträge ausgerichtet werden.

Dass in dichten Fischpopulationen leicht Krankheiten seuchenhaften Charakters auftreten, ist schon lange bekannt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass seit mehreren Jahren in einer Anzahl Seen mit besonders grossen Weissfischbeständen umfangreiche Fischsterben eintreten. In der Regel nehmen alle einen sehr ähnlichen Verlauf: Sie beginnen im Frühjahr; zuerst sterben die Weissfische und manchmal auch die Barsche in grossen Massen; Forellen, Felchen und Hechte werden erst später, in viel geringerem Ausmass, oder überhaupt nicht befallen. Die Krankheit tritt häufig in Form einer Fleckenseuche auf; sekundär werden die Fische oft von Pilzen befallen. Die bisherigen Untersuchungen haben noch zu keinen eindeutigen Ergebnissen hinsichtlich des eigentlichen primären Krankheitserregers geführt. Fest steht lediglich, dass mit der Planktonproduktion diejenige von Wasserbakterien eng verkoppelt ist. Es befinden sich möglicherweise in der zunehmenden Masse von Wasserbakterien auch solche Arten, die als Erreger von Fischkrankheiten wirksam werden könnten. Es ist ferner bekannt, dass die durch die Bakterien *Pseudomonas fluorescens* und *Aeromonas punctata* verursachten Fleckenseuchen bei Weissfischen in abwasserbelasteten Gewässern stärker auftreten als in reinem Wasser. Neuerdings wird die Vermutung geäussert, dass Viren als primäre Krankheitserreger in Frage kommen könnten. Dafür sprechen insbesondere von Klingler durchgeführte Tastversuche mit Filtraten, bei denen es gelang, die Krankheit von befallenen Weissfischen aus dem Bielersee auf gesunde zu übertragen. Die endgültige Abklärung der periodisch eintretenden Weissfischseuchen ist eines der wichtigen fischereiologischen Probleme, das noch seiner Lösung harrt.

Ein weiteres nur zum Teil abgeklärtes Problem ist dasjenige des unaufhaltsamen Rückganges des Bestandes an Seesaiblingen im Thuner- und Brienzersee. Es steht fest, dass die Einsätze von Besatzfischen zu gering waren, um die Bestände merklich zu beeinflussen. Die Frage erhebt sich, ob

die Laichplätze, die sich auf kiesigem Grund in grosser Seetiefe befinden, bereits irgendwie durch Abwassereinleitung beeinträchtigt sind. Aus dem eutrophen Zugersee ist bekannt, dass dort die Verschlammung der Laichplätze eine der Ursachen für den Rückgang des Seesaiblings ist und dass man durch periodische Bekiesung der Laichplätze Abhilfe zu schaffen sucht. Es könnte auch sein, dass durch die sehr intensive Befischung des Seesaiblings mit der sogenannten Tiefseeschleppangel die Zahl der fortpflanzungsfähigen Fische so stark dezimiert wurde, dass der von diesen produzierte Nachwuchs zur Erhaltung des Bestandes nicht mehr ausreichte. Das Problem des Saiblingsrückganges im Zugersee ist Gegenstand einer an der fischereiwissenschaftlichen Abteilung der EAWAG im Gange befindlichen Doktorarbeit. Ich vermute, dass die Sterblichkeit unter den im Zugersee als Besatzfische zum Einsatz gelangenden Vorsömmerlingen sehr gross ist und dass zur Hebung des Saiblingsbestandes Sömmerlinge oder noch besser Jährlinge eingesetzt werden sollten. Es werden gegenwärtig Vorsömmerlinge aus dem Zugersee zunächst in der Fischzuchtanstalt Faulensee am Thunersee zu Sömmerlingen und dann in einem Netzgehege bei Scherzlingen zu Jährlingen aufgezogen. Diese sollen markiert und je zur Hälfte in den Zugersee und in den Thunersee eingesetzt werden, um Aufschluss über ihr Verhalten im See und über ihren Besatzwert zu erhalten. Die Sterblichkeit bei der Weiterzucht der Vorsömmerlinge zu Sömmerlingen war trotz sehr günstigen Aufzuchtbedingungen gross, was meine Vermutung über den Besatzwert der Vorsömmerlinge zu bestätigen scheint. Es konnten ferner während der Weiterzucht deutlich zwei Typen mit grossen Unterschieden in der Wachstums geschwindigkeit und im Farbkleid beobachtet werden. Es wird wohl eine zusätzliche Aufgabe der im Gange befindlichen Untersuchungen sein, abzuklären, ob im Zugersee und allenfalls auch im Thuner- und Brienzersee verschiedene Saiblingsschläge vorkommen und welche systematische Bedeutung ihnen zukommt.

Ein Problem, das die Fischer gelegentlich stark beschäftigt, ist dasjenige der Abwanderung von Fischen, insbesondere von Besatzfischen aus dem Bielersee in den Neuenburgersee. Es wird namentlich immer wieder behauptet, ein grosser Teil der in den Bielersee eingesetzten Seeforellen und Hechte würde in den Neuenburgersee abwandern. Diese Behauptungen stützen sich lediglich auf die im Verhältnis zu den Einsätzen von Besatzfischen sehr hohen statistisch erfassten Fangerträge im Neuenburgersee. Beweise für die Behauptung liegen praktisch keine vor. Dass eine gewisse Tendenz bei Forellenbesatzfischen besteht, den Bielersee in Richtung Zihlkanal zu durchschwimmen, zeigte uns ein im Jahre 1970 durchgeföhrter Markierungsversuch. In den Nidau—Büren-Kanal setzten wir im Juni zwischen Port und Brügg 1000 markierte Forellen ein. Von den in den Monaten Juli und August wiedergefangenen Fischen hatten bereits einzelne das obere See-Ende und den Zihlkanal erreicht. Gegenwärtig läuft nun ein Versuch mit

markierten Hechten, der von der fischereiwissenschaftlichen Abteilung der EAWAG durchgeführt wird. Vor einigen Tagen wurden mehrere hundert mit verschiedenen Farben gekennzeichnete Hechte am nördlichen und südlichen Seeufer und im obersten Abschnitt des Nidau—Büren-Kanals ausgesetzt. Der Versuch soll Aufschluss geben über die Wanderungen innerhalb des Sees und aus dem Fluss in den See und umgekehrt sowie über den Besatzwert der eingesetzten Fische. Eine gründliche Abklärung der Fischwanderung zwischen den beiden Seen würde umfangreiche Erhebungen erfordern, wobei ausser Netzen und anderen Fanggeräten auch ein selbständig arbeitender Registrierapparat, vermutlich auf der Basis von Ultraschall, eingesetzt werden müsste.

Es ist vorgesehen, diese Untersuchungen später einem Doktoranden der fischereiwissenschaftlichen Abteilung der EAWAG zu übertragen, sofern sich ausser dem Kanton Bern auch die Kantone Neuenburg und Waadt dafür interessieren und sich nötigenfalls auch finanziell beteiligen werden.

Weitaus am zahlreichsten sind die Probleme, die sich bei der Bewirtschaftung der Felchenbestände stellen. Die Berufsfischer sind in den wenigsten Fällen in der Lage, die einzelnen Arten oder Rassen mit Sicherheit voneinander zu unterscheiden. Uneinigkeit über die Felchensystematik herrscht unter den Fischereiwissenschaftlern. Unbekannt ist vielfach die Wachstums geschwindigkeit der einzelnen Arten oder Rassen, sowie der Zeitpunkt des Eintrittes der Geschlechtsreife, so dass es oft unmöglich ist, die Bestände mit Hilfe der richtigen Netzmaschenweiten zu nutzen und eine rationelle Besatzwirtschaft zu treiben. In den Jahren 1969 bis 1971 wurde durch die fischereiwissenschaftliche Abteilung der EAWAG in Zusammenarbeit mit dem bernischen Fischereiinspektorat Untersuchungsmaterial von rund 1100 Felchen aus allen drei Seen konserviert. Die Auswertung, das heisst die Untersuchung auf Totallänge, Körperlänge, Gewicht, Alter, Geschlecht, Rassen- und Artenzugehörigkeit und Nahrungsaufnahme wurde durch Mitarbeiter der EAWAG besorgt. Das Ergebnis dieser vorläufigen Untersuchung lieferte die Anhaltspunkte und Richtlinien für eine Doktorarbeit, die im Februar dieses Jahres in Angriff genommen wurde.

Die Resultate der vorläufigen Untersuchung gewährten unter anderem Einblick in die Felchensystematik und lieferten auch Hinweise auf die Auswirkungen der eingangs besprochenen Umweltfaktoren. Im Thunersee werden vier Felchenformen unterschieden, ein grosser und ein kleiner Schwebfelchen, der Albock und der Brienzlig, eine kleinwüchsige Tiefenform, der Kropfer und ein Uferfelchen, der Balchen. In den letzten Jahren wurden praktisch keine Kropfer mehr gefangen, und nach Auffassung der Berufsfischer auch keine Brienzlige mehr. Auf Grund der Reusendornenzahl des ersten Kiemenbogens, des sichersten taxonomischen Merkmals bei Felchen, erwies es sich indessen, dass viele von den Berufsfischern als Albock bezeichnete Felchen Brienzlige waren. Offenbar kann der Brienzlig vom Fischer

nicht mehr vom Albock unterschieden werden, weil er keine so typische Zwergform mehr ist wie früher. Auch der Balchen, der im Untersuchungsmaterial in kleiner Zahl vorhanden war, liess sich auf Grund der geringen Reusendornenzahl eindeutig vom Albock abgrenzen.

Im Brienzersee leben zwei Felchenformen, der Albock, der hinsichtlich der morphologischen und biologischen Merkmale demjenigen des Thunersees entspricht und der Brienzlig, der im vorliegenden Untersuchungsmaterial bei weitem überwog.

In früheren Jahren liessen sich Brienzlig und Albock ohne weiteres durch die verschiedene Wuchsigkeit voneinander unterscheiden. Auf Grund von Probefängen zeigten Surbeck und Steinmann, dass bis Ende der vierziger Jahre die Körperlänge des Brienzligs 18 cm nur selten überschritt. Die Mehrzahl dieser Fischchen wies nach Eintritt der Geschlechtsreife Totallängen von 14 bis 16 cm und ein Stückgewicht von etwa 30 g auf. Die heutigen Untersuchungen ergaben eine mittlere Körperlänge von 20,5 cm und ein Durchschnittsgewicht von 135 g. Es ist somit nicht verwunderlich, dass die Berufsfischer nun Mühe haben, den Brienzlig vom Albock zu unterscheiden. Ursache des beschleunigten Wachstums des Brienzligs im Thunersee ist wohl die zunehmende Eutrophie. Im Brienzersee scheinen mehrere Faktoren an der ausserordentlich starken Erhöhung der Wachstumsgeschwindigkeit beteiligt zu sein: Die Zunahme der Nährstoffe, die Abnahme der mineralischen Trübung und die Zunahme von Transparenz und Temperatur in der trophogenen Schicht während der Vegetationsperiode.

Einblick in die Auswirkungen hoher Abflussmengen und starker Zufuhr von Trübestoffen im Brienzer- und im Bielersee gewährte die Bestimmung der Konditionsindices. Der Konditionsindex ist ein Mass für den Ernährungszustand des Fisches und wird berechnet nach der Formel $\frac{G \cdot 100}{L^3}$.

Die Indices scheinen sich im Frühjahr in Gang und Höhe bei den Thunerseefelchen anders zu verhalten als bei jenen der anderen beiden Seen. Der Thunersee weist bezüglich der Schwebestoffzufuhr und der Wärme die stabilsten Verhältnisse auf. In den beiden anderen Seen werden dagegen die Produktionsverhältnisse in wasserreichen Jahren durch erhöhte Schwebestoffzufuhr, Herabsetzung der Temperatur und im Bielersee zudem durch starke Planktonabschwemmung ungünstig beeinflusst. Diese ungünstige Beeinflussung drückt sich nun offensichtlich in den Kurven der Konditionsindices aus.

Ein wichtiges Problem für den Fischereiwirtschafter ist die Beziehung zwischen dem Einsatz von Besatzfischen und dem Fangertrag. Da es sich in erster Linie um ein wirtschaftliches Problem handelt, sei es hier nur kurz gestreift. Es bestehen Anhaltspunkte dafür, dass bei den Seeforellen die Fangzahl in den 3 Seen rund 7 bis 9 % der Sömmelingsbesatzzahl beträgt. Beim Hecht schwankt der Fang in Prozenten des Sömmelingsbesatzes zwischen

rund 1,5 % im Brienzersee und 6,5 % im Bielersee. Die Wirksamkeit der Felcheneinsätze ist viel schwieriger zu beurteilen, weil zumindest im Brienzer- und im Thunersee noch sehr günstige Bedingungen für die Fortpflanzung herrschen. Wir arbeiten indessen an diesem Problem schon seit einigen Jahren, und es ist zu erwarten, dass die noch im Gange befindlichen Untersuchungen einen weiteren wesentlichen Beitrag liefern werden.

Abschliessend möchte ich noch einige Bemerkungen über die Befischung der drei Seen und über die dabei erzielten Fangerträge anbringen. Der Hauptanteil am gesamten Fischereiertrag entfällt auf die Berufsfischerei, wobei die erzielten Hektarenerträge entsprechend dem verschiedenen Reichtum an Nährstoffen im Brienzersee am kleinsten und im Bielersee am grössten sind. Der Anteil der Sportfischerei am Felchenertrag im Brienzer- und Thunersee beträgt weniger als 10 %, und im Bielersee erbeuten die Sportfischer praktisch überhaupt keine Felchen. Der Anteil der Sportfischerei am Ertrag der karpfenartigen Fische erreicht rund 20 %, am Ertrag der Barsche rund 40 % und am Forellen- und Hechtertrag rund 50 %.

Mittlerer Hektarenertrag und prozentualer Anteil der Fischarten am Gesamtertrag der Berufsfischerei im Jahrzehnt 1961 bis 1970

See	Ertrag je ha/kg	Prozentualer Anteil der Fischarten am Gesamtfang					
		Felchen	Seeforelle	Seesäibling	Hecht	Barsch	Übrige Fischarten
Brienzersee	7,4	97,0	0,9	0,1	0,8	0,5	0,7
Thunersee	15,6	91,8	0,7	0,2	0,8	5,5	1,0
Bielersee	25,6	50,8	0,4	—	4,1	5,6	39,1

In den fünfziger Jahren begannen in allen drei Seen die Felchenerträge stark zuzunehmen, zuerst im Bielersee und dann im Thunersee. Es lag zunächst nahe, die Zunahme auf die Tätigkeit der 1950 am Bielersee und 1952 am Thunersee erstellten staatlichen Aufzuchtanlagen zurückzuführen. Es folgte dann aber im Jahre 1955 der Brienzersee, an welchem keine solche Fischzuchtanstalt erstellt worden war. Somit mussten in erster Linie andere Ursachen für die Ertragssteigerung verantwortlich sein. Von ausschlaggebender Bedeutung war zweifellos die im Jahre 1953 einsetzende allmähliche Umstellung von Baumwollfasernetzen auf Kunstfasernetze, die es ermöglichte, die Felchenbestände bei geringerem Arbeitsaufwand viel stärker zu befischen als früher. Auch die Zunahme der Nährtiere infolge fortschreitender Eutrophie wird sich ausgewirkt haben. Der Verlauf der Felchenertragskurven im letzten Jahrzehnt, namentlich diejenige des Bielersees, geben Anlass zu Besorgnis. Die Ertragskurven sind dadurch charakterisiert, dass sie Höhen erreichen, die früher von der Fischereiwissenschaft für unerreichbar gehalten wurden und dass Schwankungen auftreten in einem Mass wie nie zuvor. Derartige Ertragskurven sind ein Anzeichen dafür, dass die betref-

fende Fischpopulation einem sehr starken Stress unterworfen ist. Im vorliegenden Fall handelt es sich um die Intensivierung der Befischung, durch die der Jahrgang 2+ so stark genutzt wird, dass nur noch ein sehr schwacher Jahrgang 3+ und gar keine noch älteren Jahrgänge übrigbleiben. So führt denn das Aufkommen starker oder schwacher Jahrgänge infolge unterschiedlicher Einwirkung der verschiedenen Umweltfaktoren zu den festgestellten krassen Ertragsschwankungen und könnte im Extremfalle sogar zum Aussterben der Art führen.

Im Bielersee bedeutet das gestörte Gleichgewicht eine besonders grosse Gefahr, weil in diesem eutrophen See die Felchenpopulationen ausser der Befischung noch weiteren Stresswirkungen unterliegen, zum Beispiel gerinem Sauerstoffgehalt während der Entwicklung, Dezimierung des Nachwuchses durch andere Fischarten, insbesondere durch den Barsch, Nahrungskonkurrenz durch die Rotaugen, und in bestimmten Jahren auch Eisbedeckung des Sees und sonstige ungünstige Witterungseinflüsse, die zu einem weitgehenden Fehlen des Ruderfusskrebses *Diaptomus*, des Hauptnährtieres der Felchenbrut führen. Einige orientierende Fütterungsversuche mit Brut der Bondelle zeigten, dass diese eindeutig den *Diaptomus* als Nährtier bevorzugt. Sie verweigert jedoch nicht unbedingt jede Nahrung, wenn *Diaptomus* fehlt und frisst sogar bei Anwesenheit von *Diaptomus* gelegentlich einen gewissen Prozentsatz *Cyclops*. War der Anteil des *Diaptomus* am Plankton zu niedrig, so traten bei der Aufzucht von Vorsömmerlingen in Trögen grosse Verluste auf, oder die Aufzucht gelang überhaupt nicht. Noch schlimmer sind die Auswirkungen des Mangels an *Diaptomus* zweifellos bei den Brütlingen, die aus der natürlichen Fortpflanzung im See hervorgehen, weil die Planktonkonzentration im See nur einen kleinen Bruchteil derjenigen in den Aufzuchtrögen entspricht. So kann der Mangel an Ruderfusskrebsen in bestimmten Jahren zu einem weitgehenden Ausfall des betreffenden Felchenjahrganges führen.

Zur Erzielung einer höheren fischereiwirtschaftlichen Stabilität erschien es angezeigt, im Bielersee den Befischungsdruck auf die Felchen etwas zu reduzieren und durch Erhöhung der Maschenweiten der Netze die Nutzung der Felchenbestände auf mehrere Altersklassen zu verteilen. Dieser Massnahme stehen die Berufsfischer vorläufig ablehnend gegenüber, weil die Felchen mit Zunahme des Stückgewichtes nicht mehr als Portionenfische in den Handel gelangen könnten und damit schwerer verkäuflich würden. Ferner wird mit Recht geltend gemacht, dass der Parasitenbefall, namentlich der Befall der Muskulatur mit Zysten des Hecht-Bandwurmes *Triaenophorus crassus*, bei älteren Felchen häufiger ist als bei jüngeren. Vor einer Korrektur der Netzmaschenweite muss schliesslich im Rahmen der laufenden Untersuchungen auch noch abgeklärt werden, ob die Mortalität bei den Altersklassen 3+ und 4+ nicht so gross ist, dass sich eine zu starke Schonung des Jahrganges 2+ nachteilig auf den Gesamtertrag auswirken würde.

Die fischereibiologische Forschung an Schweizerseen erreichte bisher mit Ausnahme derjenigen am Bodensee ein sehr bescheidenes Ausmass. Es handelte sich vorwiegend um kleinere Arbeiten, die kantonale Fischereiverwalter neben ihrer administrativen Tätigkeit durchführten. Der Durchbruch des Umweltschutzgedankens führte auch zur Erkenntnis, welche wichtige Rolle der Fisch als Indikator für den Zustand der Gewässer spielt. Es ist deshalb anzunehmen, dass die fischereibiologische Forschung künftig eine stärkere Förderung erfahren wird als bisher und dass sie auch entsprechende Fortschritte zeitigen wird. Die vor kurzem geschaffene fischereiwissenschaftliche Abteilung der EAWAG, die bereits mehrere wichtige Probleme in Angriff genommen hat, ist dazu berufen, hier eine sehr bedeutende Rolle zu spielen.