

Alpine Reservoirs and Fisheries

(A Translation)

*Abstract*

The 68 alpine reservoirs at full capacity occupy a combined area of 6100 ha (15073 acres). These numbers give no indication that new losses of fish yields have occurred because of water management techniques predisposed towards industrial water use. From the standpoint of fisheries one cannot manage our alpine reservoirs as if they were detached from their effect on surface and groundwater hydrology.

Because of the enormous variation in available surface waters (in the alps) relatively few food organisms are present. Moreover, the most significant producer of food organisms in alpine lakes in terms of both quality and quantity, is the zoobenthos. This contrasts with zooplankton forms whose appearance is greatest in the warmer months of the year and is promoted by extensive reservoir discharges which retain the relatively warmer epilimnion. Zooplankton production is not seen as completely in reservoirs as in similar natural bodies of water where production occurs relatively late in the spring.

All of the diverse and desirable species of fish in our alpine reservoirs, namely trout, rainbow trout, sea and brook char as well as Canadian lake trout and lake char are, if not to the same extent, able to adapt to the currently available food supply. Food supplies for fish in these waters is therefore above all a quantitative and less a qualitative problem.

The natural propagation potential for lake spawning fish like char and Canadian lake trout is directly proportional to the time, duration, and extent of (reservoir) drawdown. For those species that spawn in winter, the danger to eggs and fry from (excessive) \*drawdown is especially great. Trout and brook trout, which spawn in the tributaries, are in this regard less subject

to this \*artificial regime. The \*latter (?) has at most a favorable consequence on the temperature and oxygen content of the reservoir.

Flushing or draining of the reservoirs causes damage to food organisms and fish habitat not only within the reservoirs themselves but also in the main drainage channels.

The natural productive potential of alpine reservoirs is, depending on the amount of and temporal variation in reservoir volume, the geochemical quality of the watershed and climatic conditions, from .5 to 10 Kg fish/hectare/year. Fisheries management is able to determine (influence) to a considerable degree the productive capacity of these waters, and the point at which they will be exhausted.

It is of foremost importance that consideration be given to fisheries in the design, construction, and management of present and future reservoirs.

Phu B  
U. Bern  
Aug. '83



8. Internationale Fachmesse und Fachtagungen  
für Umweltschutz  
Wasser - Abwasser - Abfall - Luft - Lärm

8<sup>e</sup> Salon international et journées d'information  
de la protection du milieu vital  
Eau - eaux usées - déchets - air - bruit

8th International Exhibition and  
Technical Meetings for Environmental Sanitation  
Water - Waste Water - Refuse - Air - Noise

17-21. Juni 1980  
in den Hallen der Schweizer Mustermesse  
Basel/Schweiz

8/29/83

Bill,

This is the only  
fisheries material I  
obtained in Switzerland.

Given me by Dr. P.  
Messerli, U. Bern.

Dr. H. Mauer is the  
authority on Swiss fish  
impact studies.

Phu

ALPINE SPEICHERWERKE UND DIE FISCHEREI  
ALPINE RESERVOIRS & FISHERIES

Dr. H. MARRER, Büro für Gewässer- und FISCHEREIFRAGEN  
FISCHEREIBIOLOGE, SOLOTHURN  
POSTFACH 734  
4502 SOLOTHURN  
SWITZERLAND

Alpine Speicherwerke und die Fischerei

H. Marrer, Fischereibiologe,  
Solothurn

Die 68 alpinen Stauseen mit einer Ausdehnung von je mindestens 10 ha bedecken bei Vollaufstau eine Fläche von rund 5'100 ha. Diese Zahlen dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die neugeschaffenen Produktionsflächen die fischereilichen Ertragsverluste, die in den durch die Wasserkraftnutzung beeinflussten Fliessgewässern eingetreten sind, in der Regel bei weitem nicht auszugleichen vermögen. Vom Standpunkt der Fischerei aus lassen sich deshalb die Speicherwerke in unseren Alpen nicht losgelöst von ihren Auswirkungen auf die ober- und unterliegenden Gewässerstrecken behandeln.

An die z.T. enormen Wasserspiegelschwankungen sind verhältnismässig nur wenig Nährtierarten angepasst. Dabei ist die in natürlichen Alpenseen für Fische meist bedeutendste Nahrungsfraction, das sogenannte Zoobenthos, sowohl qualitativ wie quantitativ am stärksten betroffen. Demgegenüber sind Zooplanktonarten, deren Hauptentwicklung in die warme Jahreszeit fällt, wegen dem weitgehenden Fehlen einer Ausschwemmung und dem Zurückhalten des relativ warmen Oberflächenwassers in dieser Periode eher begünstigt. Die Zooplanktonproduktion ist gesamthaft gesehen in Speicherseen geringer als in vergleichbaren natürlichen Gewässern und setzt zudem im Frühjahr etwas später als in diesen ein.

Alle in unseren alpinen Stauseen verbreiteten Zielfischarten, nämlich die Forelle, die Regenbogenforelle, der See- und Bachsaibling sowie die Kanadische Seeforelle, richtiger Kanadischer Seesaibling genannt, sind, wenn auch nicht in demselben Masse, befähigt, sich an die jeweils verfügbare Nahrung anzupassen. Die Ernährung der Fische in diesen Gewässern ist deshalb vor allem ein quantitatives und weniger

ein qualitatives Problem.

Die natürlichen Fortpflanzungsmöglichkeiten der im See laichenden Fischarten, wie des Seesaiblings und der Kanadischen Seeforelle, hängen entscheidend vom Ausmass und vom zeitlichen Verlauf der Absenkung ab. Weil es sich bei ihnen ausnahmslos um Winterlaicher handelt, ist die Gefahr der Trockenlegung von Eiern und Brut besonders gross. Forellen und Bachsaiblinge, die vor allem in den Zuflüssen laichen, sind diesbezüglich dem künstlichen Regime weniger unterworfen. Letzteres hat meist günstige Auswirkungen auf den Temperatur- und Sauerstoffhaushalt des Stausees.

Spülungen und Seeentleerungen verursachen sowohl im See selber wie namentlich aber auch im Vorfluter Schäden am Nährtier- und Fischbestand.

Das natürliche Ertragsvermögen der alpinen Speicherseen beträgt, je nach dem Ausmass und dem zeitlichen Verlauf der künstlich verursachten Wasserspiegelschwankungen, den geochemischen Eigenschaften des Einzugsgebietes und den klimatischen Verhältnissen, 0,5 bis 10 kg Fische je Hektare und Jahr. Art und Umfang der Fischereiausübung entscheiden zu einem erheblichen Teil darüber, wieweit die natürliche Ertragsfähigkeit des Gewässers an Fischen ausgeschöpft werden kann.

Es werden die wichtigsten Wünsche und Anregungen an Bau und Betrieb der Stauanlagen aus der Sicht der Fischerei dargelegt.

## Alpine Speicherwerke und die Fischerei

H. Marrer, Fischereibiologe,  
Solothurn

### 1 Einleitung

Mit dem Ausbau der Wasserkräfte sind in unseren Alpen z.T. grossflächige Speicherseen entstanden, die überwiegend auch Gegenstand fischereilicher Nutzung sind. Von den 68 Staubecken mit einer Wasseroberfläche von je mindestens 10 ha, die geographisch diesem Raum zugeordnet werden können, gingen 25 aus ehemals natürlichen Seen hervor, die übrigen sind rein künstlichen Ursprungs. Sie bedecken bei Vollaufstau eine Fläche von rund 6'100 ha, was einem Anteil von 3,1 % an der Gesamtausdehnung unserer stehenden Gewässer entspricht (EIDG. AMT FUER WASSERWIRTSCHAFT 1976).

Diese Zahlen dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die neugeschaffenen Produktionsflächen die fischereilichen Ertragsverluste, die in den durch die Wasserkraftnutzung beeinflussten Fliessgewässerneingetreten sind, in der Regel bei weitem nicht auszugleichen vermögen. Die fischereiliche Ertragsfähigkeit von stehenden Gewässern, die unter gleichen klimatischen Bedingungen im günstigsten Falle je Flächeneinheit nur etwa die Hälfte derjenigen von Fliessgewässern beträgt, wird in Speicherseen noch zusätzlich durch künstliche Spiegelschwankungen sowie periodische Spülungen und Leerungen vermindert. Neben dem Verlust an nutzbarer Wasserfläche musste die Fischerei also auch empfindliche qualitative Einbussen hinnehmen.

Der reine Geldwert des entgangenen Fischertrages ist im Vergleich mit den wirtschaftlichen Vorteilen, die mit der Wasserkraftnutzung verbunden sind, meist lächerlich klein. Eine allein auf dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit vorgenommene Interessenabwägung muss deshalb - wie die Erfahrung aus den letz-

ten Jahrzehnten zeigt - zwangsläufig zugunsten des Kraftwerksbaus ausfallen. Dem zunehmenden Umweltbewusstsein breiter Bevölkerungskreise Rechnung tragend, hat der Gesetzgeber in neuerer Zeit Vorkehrungen getroffen, um künftig eine haushälterische, im Gesamtinteresse stehende Nutzung unserer Gewässer zu gewährleisten. Besonders erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang der vom Schweizervolk im Jahre 1975 deutlich angenommene neue Wasserwirtschaftsartikel der Bundesverfassung (Art. 24<sup>bis</sup> BV), der den Bund u.a. dazu verpflichtet, Bestimmungen über die Sicherung angemessener Restwassermengen zu erlassen, sowie das Bundesgesetz vom 14. Dezember 1973 über die Fischerei, das unter weitgehend definierten Bedingungen die Erhaltung und Wiederherstellung der Fischgewässer als wesentlichste Ziele verfolgt. Wieweit diese Rechtsgrundlagen auch wirkungsvoll durchgesetzt werden können, muss sich allerdings erst noch weisen. Diese kurzen Hinweise auf die sich abzeichnenden Interessenkonflikte machen deutlich, dass sich vom Standpunkt der Fischerei aus die Speicherwerke in unseren Alpen nicht losgelöst von ihren Auswirkungen auf die ober- und unterliegenden Gewässerstrecken behandeln lassen.

Angesichts des Umstandes, dass die fischereilichen Verhältnisse durch das künstliche Regime meist in stärkerem Masse als durch das Klima geprägt werden, ist eine räumliche Beschränkung auf die alpine Stufe im vegetationskundlichen Sinne nicht zwingend. Es werden deshalb auch Stauseen im Alpenraum zur Sprache kommen, die unterhalb der klimatischen Wald- bzw. Baumgrenze (vgl. ELLENBERG 1963) liegen, also nicht mehr der eigentlichen Hochgebirgsregion zugerechnet werden können.

Die Stauseen der Alpen sind im allgemeinen fischereibiologisch noch wenig erforscht (s.a. PECHLANER 1961, FRANZ 1979). Dies gilt in besonderem Masse auch für die alpinen Gewässer der Schweiz. Einige wenige Arbeiten befassen sich mit dem Lac de Fully (VOUGA 1926), dem Lac d'Emosson (LINDER 1928-47,

PIGNAT 1941/1960) und dem Arnensee (GRIMÅS und NILSSON 1962). Die nachstehenden Ausführungen stützen sich hauptsächlich auf die in den Jahren 1971-75 in verschiedenen Speicherseen der Tessiner Alpen durchgeführten limnologischen und fische-reibiologischen Untersuchungen, deren Ergebnisse demnächst im Rahmen zweier Dissertationen über alpine Seen noch umfassend dargestellt werden (MARRER, SCHNEIDER, unpubl.).

## 2 Alpine Speicherbecken als Lebensräume für Fische

### 21 Auswirkungen der Wasserspiegelschwankungen

Die Speicher dienen bekanntlich dazu, das vor allem im Sommer aus dem Einzugsgebiet zufließende Wasser zu sammeln, um es im Herbst und Winter für die Energieerzeugung nutzbar zu machen. Im Spätsommer oder Herbst wird das Stauziel sowie im Frühjahr, d.h. meist in den Monaten April/Mai, der tiefste Seestand erreicht.

Die jährlichen Wasserspiegelschwankungen sowie die Veränderungen in Volumen und Fläche der Seen sind, wie Tabelle 1 für einige tessinische Speicher zeigt, z.T. enorm. So kann beispielsweise der Lago di Luzzone um maximal 156 m auf nur 3,2 % seiner grössten Flächenausdehnung abgesenkt werden. Demgegenüber betragen die jährlichen Niveauunterschiede in natürlichen Alpenseen höchstens einige wenige Meter. Der Oeschinensee mit Schwankungen bis zu 18,5 m (SCHMASSMANN 1919) stellt eine Ausnahme dar.

Durch den periodischen Wechsel von Ueberflutung, Trockenlegung und Ausgefrieren wird der Seegrund im Schwankungsbereich mehr und mehr vom organischen Feinmaterial entblösst, das in der Tiefe des Sees als Schlamm abgelagert wird. Zurück bleiben Blöcke, Steine und Sand. Diese Zone wird deshalb auch etwa Aridal genannt (SHADIN 1961).

Tab. 1 Jährliche Wasserstands- und Oberflächenänderungen in einigen tessinischen Speicherseen (nach EIDG. VERKEHRS- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSDEPARTEMENT 1973 und Werkangaben)

See	Kote maximal m Ü.M.	Absenkung maximal m	Oberfläche		
			maximal ha	minimal ha	%
Lago di Luzzone	1'591,0	156,0	126,7	4,0	3,2
Lago di Naret	2'310,0	83,0	73,4	5,2	7,1
Lago di Lucendro	2'134,5	82,5	53,7	6,4	11,9
Lago di Robiei	1'940,0	40,0	24,1	7,5	31,1
Lago Ritom	1'850,1	47,1	149,0	57,0	38,2
Lago Tremorgio	1'830,0	31,4	36,3	21,0	57,8

Die Wasserspiegelschwankungen treffen die potentiell produktivste Zone des Sees, das Litoral, in dem sich natürlicherweise die Hauptaufwuchsgebiete der wichtigsten Fischnährtiere, des sogenannten Zoobenthos, befinden. Zwar kann auch in unbeeinflussten Seen kurz nach dem Auftauen eine Verarmung des unmittelbaren Uferbereiches an tierischen Bodenorganismen als Folge des winterlichen Tiefstwasserstandes und mechanischer Einwirkungen des Eises beobachtet werden (s. Abbildung 1), doch setzt schon bald danach eine Neubesiedlung dieser Gebiete ein (MARRER 1975). Im Speichersee ist dies nur sehr beschränkt der Fall. Hauptursachen sind die ungünstige Veränderung des Besiedlungssubstrats und der steigende Wasserstand, der die Tiefenhorizonte des Litorals schon nach relativ kurzer Zeit aus dem photosynthetisch aktiven Bereich rückt, der bei rund 1 % des Oberflächenlichtes bzw. zwischen 4 und 6 m Wassertiefe liegt. Eine Besiedlung durch Algen, Bakterien und Protozoen, die für die Fischnährtiere des Litorals die wichtigste Nahrungsquelle darstellen würden, unterbleibt dadurch weitgehend.

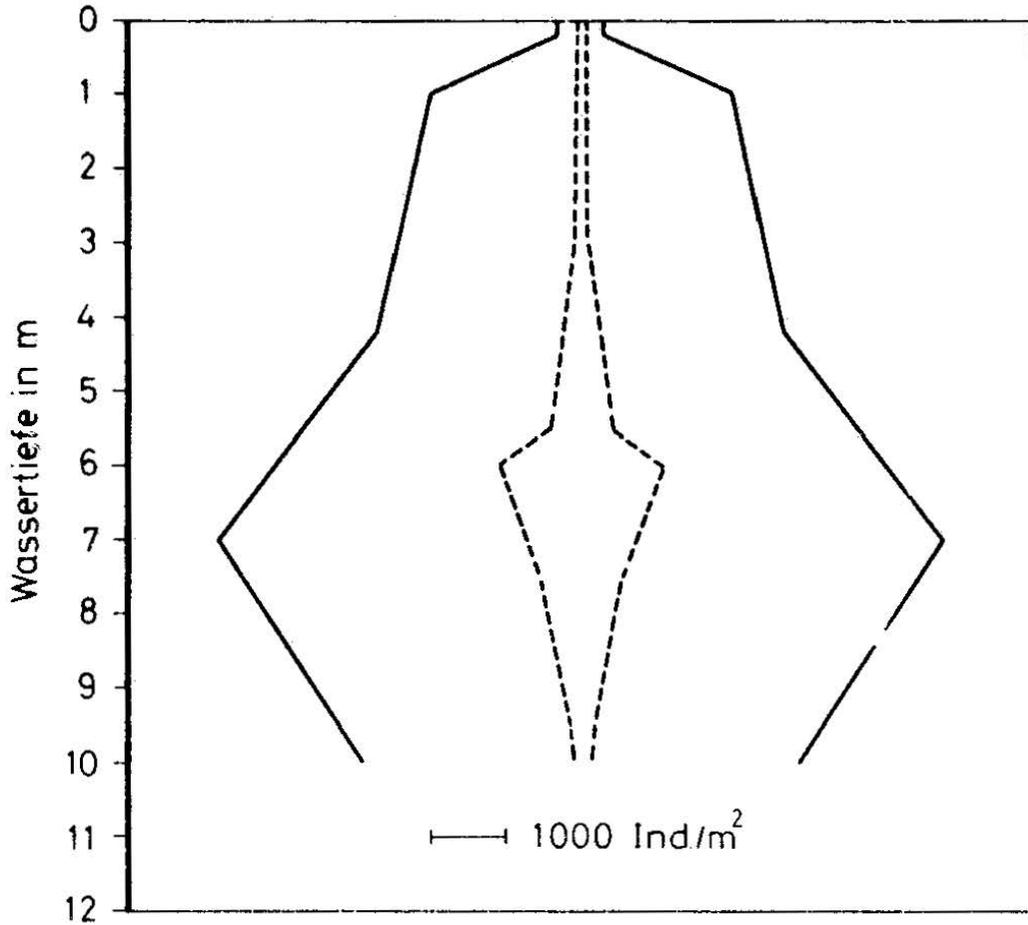


Abb. 1 Abundanz des Zoobenthos im unbeeinflussten Lago di Tom (—) und im genutzten Lago Tremorgio (----) kurz nach Eisbruch im Juni

In Abbildung 1 ist die Tiefenverteilung des Zoobenthos, ausgedrückt in der Individuenzahl je m<sup>2</sup> Bodenfläche, für den wasserwirtschaftlich genutzten Lago Tremorgio (Kote 1'809 m) und den unbeeinflussten Lago di Tom (2'021 m ü.M.) dargestellt, und zwar für den Monat Juni. Die beiden Seen wurden erst kurze Zeit vorher eisfrei. Zwei Monate früher hatte der Lago Tremorgio den um rund 6 m tieferen Minimalwasserstand erreicht. Auf diesem Horizont sammelte sich Detritus an, der

den zurückweichenden Organismen eine willkommene Nahrungs- und Besiedlungsgrundlage bot. Dies drückt sich durch eine erhöhte Individuendichte in dieser Zone aus. Im Verlaufe der Vegetationsperiode wurde diese Konzentration jedoch wieder weitgehend aufgehoben.

Der Lago Tremorgio kann um weitere 4 m abgesenkt werden, so dass das ganze abgebildete Tiefenintervall als Schwankungsbereich aufzufassen ist. Beim Lago di Tom hingegen liegt der tiefste Wasserstand nur etwa 1 m unter der aktuellen Kote.

An die lebensfeindlichen Bedingungen im Schwankungsbereich sind nur verhältnismässig wenige Benthosarten angepasst. Dabei scheint die Beweglichkeit der Tiere nicht die bedeutende Rolle zu spielen, wie bisher angenommen wurde. Wichtiger für das Ueberleben einer Art ist die Substratbeschaffenheit. So sind Chironomiden im Schwankungsbereich häufiger als Oligochaeten, die ihre Hauptverbreitung im Profundal haben. Ueberhaupt ist die Bodenfauna im Speicher meist sehr eintönig. Neben den bereits genannten Chironomiden und Oligochaeten findet man in der Regel etwa noch Pisidien, Ostracoden und Planarien. Im Mündungsgebiet der Zuflüsse, wo sich die Wasserstandsschwankungen weniger stark auswirken, ist eine typische Bachfauna angesiedelt.

Wesentlich schwieriger erfassbar sind die Reaktionen des Zooplanktons auf die künstlichen Milieubedingungen. Dies liegt weniger an der angewandten Untersuchungsmethodik als am Umstand, dass sich wegen den öndernden klimatischen, hydrologischen und betriebsbedingten Einflüssen allfällige Schädigungen oder Anpassungen einzelner Arten erst nach einer längeren Reihe von Jahren im Datenmaterial manifestieren dürften. Solches liegt für die alpinen Speicherseen heute leider noch nicht vor. Als gesichert gilt, dass Arten, wie z.B. *Daphnia longispina*, deren Hauptentwicklung in den Som-

mer fällt, durch das weitgehende Fehlen einer Ausschwemmung und das Zurückhalten des warmen Oberflächenwassers eher begünstigt sind. Im Herbst legt diese Art zudem Dauereier, Ephippien genannt, die Austrocknung überstehen können. Ihrer Verbreitung sind aber klimatische Grenzen gesetzt.

Eine andere, in Alpenseen weit verbreitete Art ist *Cyclops abyssorum taticus*, die in der Regel in der kalten Jahreszeit geschlechtsreif wird. Sie wird durch die winterliche Absenkung in ihrem Bestand z.T. erheblich gefährdet.

Allgemein kann beobachtet werden, dass die Zooplanktonproduktion in Speicherseen geringer als in vergleichbaren natürlichen Gewässern ist und zudem im Frühjahr etwas später als in diesen einsetzt. Eine Beziehung zwischen Phyto- und Zooplankton ist vorhanden, wenn auch im einzelnen schwer durchschaubar. Detritus spielt, wie allgemein in den Alpenseen, auch im Speicher für die Zooplanktonernährung eine bedeutende Rolle.

Die gestörte Entwicklung des Zooplanktons und namentlich des Zoobenthos drückt sich vor allem auch in der Nahrungsaufnahme der Fische aus. Auf benthische Nahrung spezialisierte Fischarten, wie die Bachforelle, müssen sich im alpinen Stausee z.T. erheblich umstellen. Dabei gewinnen die nicht seeigenen, also heterochthonen Nahrungsquellen an Wichtigkeit. Da ist einmal die organische Drift zu nennen, worunter man die aus dem meist künstlich vergrößerten Einzugsgebiet eingeschwemmten Bachorganismen versteht. Die Mündungsgebiete der Zuflüsse sind deshalb oft auch fischreich. Eine weitere wichtige Fischnahrung stellt der sogenannte Anflug dar. Es handelt sich dabei um Luftinsekten, die sich vor allem abends unter Ausnützung der Oberflächenspannung auf dem relativ warmen Wasser absetzen oder durch Wind, Niederschläge oder andere Einwirkungen passiv ins Gewässer verfrachtet werden. Eigene Messungen haben ergeben, dass auf

diese Weise bis zu 40 Landinsekten je m<sup>2</sup> und Tag eingetragen werden können. Letztlich sind auch die eingesetzten Jungfische dem heterochthonen Nahrungsangebot zuzurechnen.

Alle in unseren alpinen Speicherseen verbreiteten Fischarten sind, wenn auch nicht in derselben Masse, befähigt, sich an die jeweils verfügbare Nahrung anzupassen. Präferenzen treten nicht so deutlich wie in unbeeinflussten Gewässern hervor. So stellten sich auch grössere Kanadische Seeforellen im Lago Tremorgio auf Zooplankton und Anflug ein, nachdem sie den anfänglich sehr reichen Elritzenbestand des Sees fast gänzlich aufgezehrt hatten. Die in Abbildung 2 dargestellten Ernährungsgewohnheiten der Regenbogenforelle stehen ebenfalls in enger Beziehung zum Nahrungsangebot. Bei Eisbedeckung, d.h. bei fast

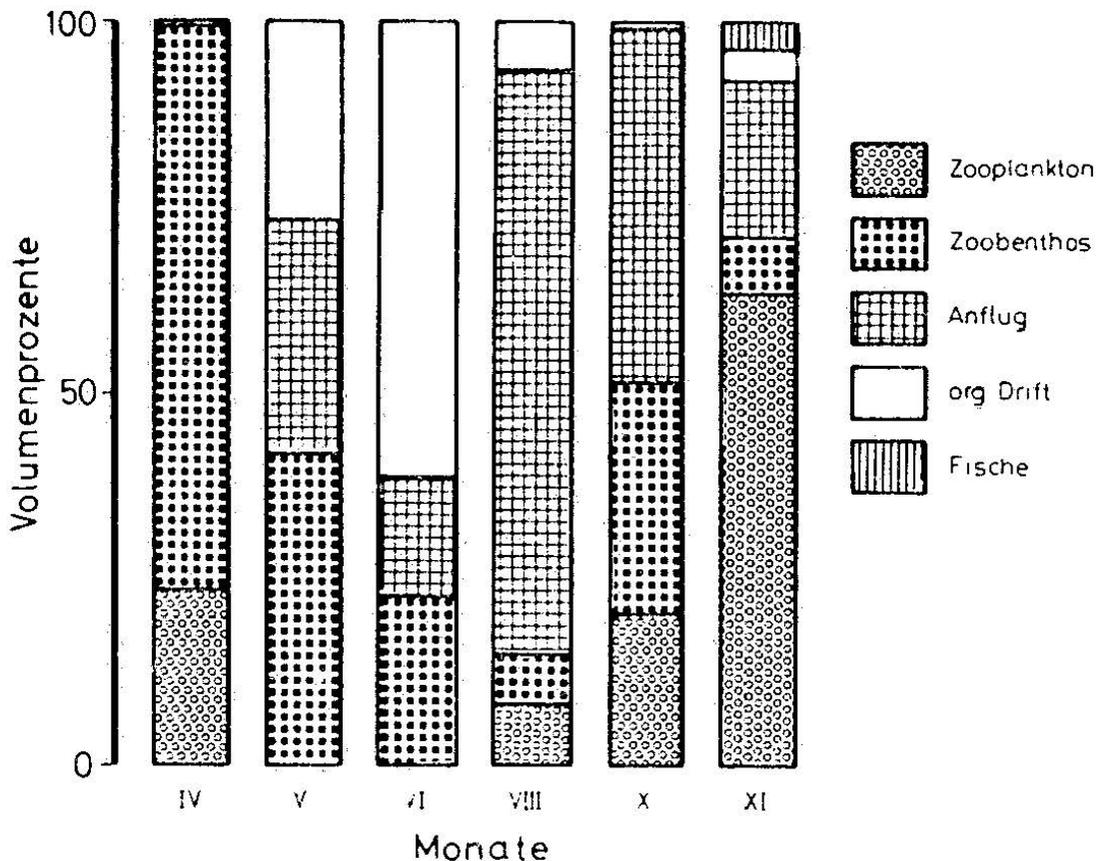


Abb. 2 Nahrungsaufnahme der Regenbogenforelle im Lago Ritom (Volumenprozent)

völliger Dunkelheit und tiefen Wassertemperaturen, ist die Nahrungsaufnahme der Fische zwar stark reduziert, deckt aber einen Teil der während dieser Zeit benötigten Erhaltungsenergie. Im betreffenden Untersuchungsjahr wurde der Lago Ritom bereits Mitte Mai weitgehend eisfrei, wodurch den Regenbogenforellen schon frühzeitig Anflug zur Verfügung stand, der intensiv genutzt wurde. Das Zooplankton hatte sich durch Ausschwemmung und Frass auf eine Gesamtbio­masse von rund 20 kg vermindert und trat in den Fischmägen nicht mehr auf. Ungünstige Witterungsbedingungen liessen im Monat Juni die Anflugnahrung etwas in den Hintergrund treten. Dafür gewann die organische Drift an Bedeutung. Im August erreichte das Zooplankton im See eine Biomasse von etwa 3'000 kg und wurde nun wieder vermehrt von den Regenbogenforellen ange­nommen. Einen Monat später stieg diese auf knapp 4'000 kg, was zu einer entsprechend erhöhten Fraktion in den Fischmägen führte. Die Anflugnahrung dominierte aber immer noch, wurde aber im Spätherbst mehr und mehr durch das Zooplankton abgelöst. Ausser im zeitigen Frühjahr war die Zoobenthosaufnahme kaum abundanzbezogen, was darauf hindeutet, dass diese Komponente mehr nur eine Verlegenheitsnahrung darstellte.

Die Regenbogenforellen in den anderen tessinischen Alpenspeichern unterschieden sich in ihren Ernährungsgewohnheiten nur unwesentlich von denjenigen des Lago Ritom.

Es fällt auf, dass Oligochaeten offenbar nicht direkt genutzt werden können; denn in keinem der untersuchten Mägen aller in den Alpenseen vorkommenden Fischarten liessen sich diese Würmer feststellen. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen überein (s.a. WAGNER 1975).

Die Ernährung der heimischen Fischarten in unseren alpi­nen Speicherseen ist vor allem ein quantitatives und weniger ein qualitatives Problem. Diese Feststellung lässt gewagte Versuche mit neuen, exotischen Fischarten als wenig sinnvoll

erscheinen, sofern nicht gleichzeitig Vorkehren zur Erhöhung des Nahrungsangebots getroffen werden.

In vielen Alpenspeichern kann sich der Edelfischbestand nur dank regelmässigen Besatzmassnahmen behaupten. Die natürlichen Fortpflanzungsmöglichkeiten der im See laichenden Fischarten, wie des Seesaiblings und der Kanadischen Seeforelle, hängen entscheidend vom Ausmass und vom zeitlichen Verlauf der Absenkung ab. Weil es sich bei den betroffenen Fischarten ausnahmslos um Winterlaicher handelt, ist die Gefahr, dass Eier und Brut trockengelegt werden, besonders gross. Forellen und Bachsaiblinge, die vor allem in den Zuflüssen laichen, sind diesbezüglich dem künstlichen Seeregime weniger unterworfen. Die dazu in Frage kommenden Bachoberläufe sind aber meist zuwenig ausgedehnt und die Brut sowie die Jungfische extremen klimatischen Bedingungen zu stark ausgesetzt, als dass in jedem Falle von hier aus eine gesicherte Rekrutierung der Bestände im See erwartet werden könnte. Bei der ursprünglich aus Nordamerika eingeführten Regenbogenforelle stellen sich keine derartigen Probleme, weil sie sich in unseren Gewässern natürlicherweise nicht fortpflanzen kann.

Eine allfällige Anpassung des Laichverhaltens der Fische, etwa durch das Aufsuchen entsprechend tief gelegener Laichplätze, wird mit der Alterung des Sees durch die Feinmaterialablagerungen unterhalb der maximalen Absenkungskote erschwert. Autochthone Fischbestände treten deshalb gewöhnlich nur in überstauten, ehemals natürlichen Gewässern sowie in Speichern mit verhältnismässig geringen Niveauschwankungen auf.

Die Staumauer unterbindet die Zuwanderung von Fischen aus den unterliegenden Gewässern.

Es wurde am Beispiel der Wassertemperatur bereits darauf hingewiesen, dass die besondere Hydrologie und Hydraulik die Lebensbedingungen im Speichersee auch durchaus günstig beein-

flussen können. Dies gilt ebenso für die Dauer der Eisbedeckung und den Sauerstoffhaushalt. Im Winter wird dem See relativ sauerstoffarmes Wasser entzogen. Zudem tritt im Einlaufbereich des Druckstollens, also bei künstlichen Becken meist an der tiefsten Stelle, zeitweise Vollzirkulation ein (PECHLANER 1961), was unter Mitwirkung der ebenfalls begünstigten mechanischen Faktoren zum vorzeitigen Eisbruch führt. Die sonst in Alpenseen üblichen winterlichen Sauerstoffdefizite, die im Extremfall Fischsterben verursachen können, werden deshalb in den Speicherseen der Alpen nur selten beobachtet. Diese lassen sich zudem oft auf geochemisch bedingte Meromixis zurückführen (s.a. MARRER 1975).

## 22 Auswirkungen von Spülungen und Leerungen

Nach der eidgenössischen Talsperrenverordnung vom 9. Juli 1957 haben die Werkeigentümer die Ablässe der Stauanlagen in angemessenen Zeitabständen auf ihre Betriebsbereitschaft hin zu überprüfen. In der Regel wird einmal jährlich eine kurze Funktionskontrolle unter Aufsicht eines Bundesvertreters vorgenommen.

Es kommt gelegentlich vor, dass an diesen Anlagen Schäden auftreten oder an ihnen sonstwie Mängel festgestellt werden, die sich erst nach Entleerung des Stausees beheben lassen. Diese Entleerung wird dann meist auch dazu benutzt, um das im Stauraum angesammelte Sediment soweit als möglich auszuspülen. Das kann auch der einzige Anlass für eine völlige oder partielle Absenkung des Sees sein.

Obwohl diese betriebsbedingten Entleerungen und Spülungen definitionsgemäss als Abwassereinleitungen und deshalb nach den Kriterien des Gewässerschutzes zu beurteilen wären, werden sie von Seiten der Behörden meistens mehr oder weniger stillschweigend geduldet. Eine bestimmte Feststoffkonzentration lässt sich nur sehr schwer einhalten, weil sich infolge

unkontrollierbarer Sedimentabbrüche die Frachten immer wieder schlagartig erhöhen. Ein maschineller Abbau stösst andererseits wegen der Topographie, fehlenden Deponiemöglichkeiten und den hohen Kosten oft auf erhebliche, z.T. unüberwindbare Schwierigkeiten.

Für die Lebewesen im Stausee und im betroffenen Vorfluter ist eine Spülung meist ein katastrophales Ereignis. Trotz ihrer Resistenz gegenüber hohen Feststoffkonzentrationen bilden Fische diesbezüglich keine Ausnahme. Grössere Anteile an faulnisfähigem Material können sowohl im Restsee wie im Vorfluter zu lebensbedrohendem Sauerstoffschwund führen. Im stark getrübbten, turbulenten Wasser verlieren die Fische die Orientierung und erreichen deshalb den rettenden Bereich der Stauwurzel vielfach nicht. Aus diesen Gründen ist es angezeigt, den Fischbestand im See vor dem zu erwartenden Schadenereignis durch intensivierete Fischerei, z.B. mittels Netzen, möglichst weitgehend zu dezimieren und die Besatzmassnahmen rechtzeitig einzustellen.

Während sich die Nährfauna nach der meist im Frühjahr stattfindenden Neubespannung des Sees in diesem wieder ziemlich rasch erholt, wird das Zoobenthos des Vorfluters durch Überdeckung und Kolmatierung des Gewässergrundes nachhaltig geschädigt.

Die fischereiwirtschaftliche Einbusse in den betroffenen Gewässern kann die Grosserordnung von mehreren Jahreserträgen erreichen.

### 3 Fischereiliche Bewirtschaftung der alpinen Speicherbecken

#### 31 Natürliches Ertragsvermögen

Das Produktionsvermögen an Fischen wird in eigenen Speicherbecken durch folgendes, in der Reihenfolge ihrer Bedeutung geordnete Hauptfaktoren bestimmt: Wasser und natürlicher

Verlauf der künstlich verursachten Wasserspiegelschwankungen, geochemische Eigenschaften des Einzugsgebietes und klimatische Verhältnisse. Der nachhaltige Fischertrag dürfte für diese Gewässer, bezogen auf die maximale Wasseroberfläche, zwischen 0,5 und 10 kg je ha und Jahr liegen.

### 32 Fischarten

Die in den Stauseen unserer Alpen vorkommenden Zielfischarten wurden bereits verschiedentlich genannt: Forelle (Bach- und Seeforelle; *Salmo trutta*)<sup>Bachforelle</sup>, Regenbogenforelle (Salmo gairdneri)<sup>rainbow trout</sup>, Seesaibling (Salvelinus alpinus)<sup>Arctic char</sup>, Bachsaibling (Salvelinus fontinalis)<sup>brook trout</sup> und Kanadische Seeforelle (Salvelinus namaycush)<sup>lake trout</sup>, also ebenfalls eine Saiblingsart. Daneben sind auch die Elritze (Phoxinus phoxinus)<sup>minnow</sup> und die Groppe (Cottus gobio)<sup>sculpin</sup> in diesen Gewässern gut vertreten. Vereinzelt wurde auch die Trüsche festgestellt. Die letztgenannten Fischarten sind ohne wirtschaftliche Bedeutung. Das Artenspektrum liesse sich durch die Aesche (Thymallus thymallus)<sup>grayling</sup> und das Felchen (Coregonus sp.)<sup>whitefish</sup> erweitern, doch wurden mit diesen Arten bisher kaum ernsthafte Versuche unternommen.

Die Zielfischarten müssen an die tiefen Wassertemperaturen angepasst und unter möglichst weitgehender Ausnutzung der vorhandenen Nahrung in der Lage sein, während der kurzen Vegetationsperiode rasch zu wachsen. Darüber hinaus wünscht der Sportfischer drillstarke und kulinarisch bevorzugte Fische.

Gegenwärtig stehen wissenschaftlich überwachte Versuche mit einer fremden Lachs- und Futtertierart zur Diskussion, zu deren Durchführung der Bundesrat erst noch seine Zustimmung erteilen muss.

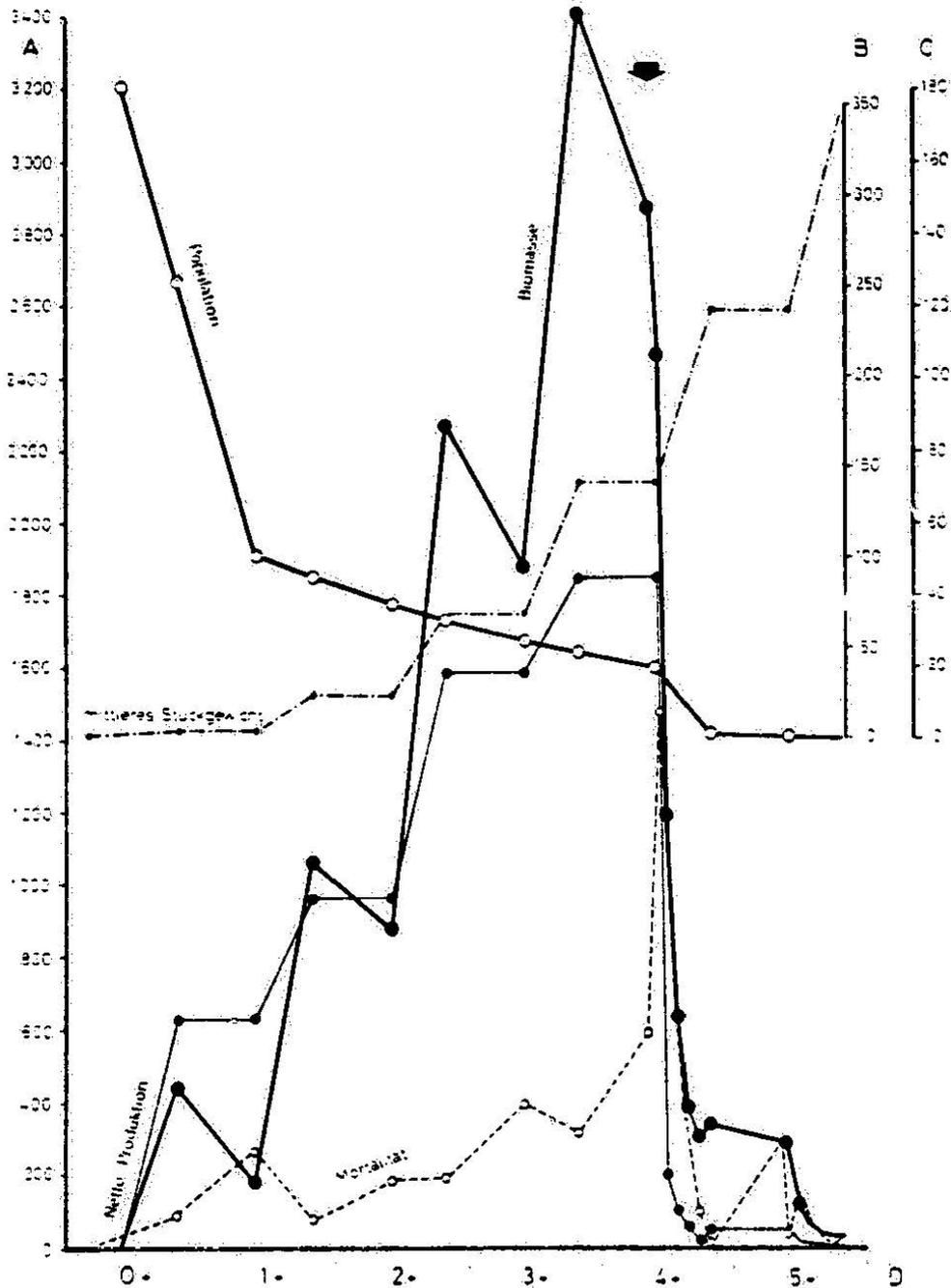
Im Stausee sollten nicht mehr als zwei oder höchstens drei Zielfischarten vertreten sein. Wichtiger für den Erfolg

der fischereilichen Bewirtschaftungsbemühungen sind Ausmass, altersklassenmässige Zusammensetzung und einwandfreie Herkunft des Fischbesatzes sowie die Art der Fischereiausübung. Die Besatzmassnahmen müssen sich nach den aktuellen Bestandesverhältnissen richten. Die erforderlichen Bestandeskontrollen werden am besten mit Hilfe des Echographen, in Kombination mit gezielten Netzeinsätzen, vorgenommen.

### 33 Fischereiausübung

Die leichte Zugänglichkeit und die landschaftlich meist reizvolle Lage machen die alpinen Speichersseen zu beliebten Ausflugszielen namentlich auch der Sportfischer. Diese Gewässer sind also gewöhnlich einem erheblichen Fischereidruck ausgesetzt, den der Gesetzgeber durch Vorschriften über Fangmindestmasse, Schonzeiten sowie Beschränkungen von Fangzahl, Fangorten und -mittel zu steuern versucht. Abbildung 3 illustriert den Einfluss der Befischung auf den autochthonen Seesaiblingsbestand eines, allerdings durch Wasserspiegelschwankungen wenig tangierten Alpensees (MARRER 1979). Vor dem Eintritt in die Fangphase wird ein Grossteil der Population durch natürliche Selektion vernichtet. Die Verluste sind vor allem im ersten Lebensjahr bedeutend. Der zahlenmässigen Abnahme steht ein Gewichtszuwachs der überlebenden Individuen gegenüber, der zu einer Zunahme in der Gesamtbiomasse führt. Jeweils im Winter stagniert das individuelle Wachstum und die Biomasse der Population vermindert sich wegen den Stückabgängen vorübergehend. Das vorgeschriebene Fangmindestmass hat zur Folge, dass die Befischung der Population im 5. Lebensjahr einsetzt. Rund zwei Jahre später ist der betreffende Jahrgang fast vollständig eliminiert.

Rechtzeitige und intensive Befischung eines Bestandes erholt den fischereiwirtschaftlichen Nutzungsgrad. Damit ist nun auch ein Terminal gefallen, der den Bezug zur Elektrizitätswirtschaft erleichtern dürfte.



**Abb. 3** Populationsdynamik des Seesaiblings in einem Alpensee (Silvaplunersee)  
 A = Biomasse, Netto-Produktion und Mortalität (in kg);  
 B = mittleres Stückgewicht (in g); C = Population (x 1'000); D = Altersklassen; Beginn der Befischung

#### 4. Wünsche und Anregungen

Die wichtigsten Wünsche und Anregungen von Seiten der Fischerei an die Eigentümer und Betreiber der Stauanlagen, also an die Elektrizitätswirtschaft, lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen:

##### a. Während der Bauausführung

- Beseitigung von Hindernissen für die Fischereiausübung, wie Baumstrünke u.o., im zukünftigen Staubecken;
- Erstellen von Fischerwegen.

##### b. Während des Betriebes

- Einräumung eines gewissen Mitspracherechts bei der Gestaltung des Seeregimes;
- rechtzeitige Mitteilung von geplanten Spülungen und Entleerungen (mindestens ein Jahr vorher);
- Bewilligung zum Betreten der Stauanlagen zwecks Ausübung der Fischerei;
- finanzielle Abgeltung der entstandenen fischereiwirtschaftlichen Schäden (auch während des Baus);
- Bereitstellen eines Bootes für die erforderlichen fischereibiologischen Abklärungen und bestandesregulierenden Netzeinsätze.

## 5 Literatur

- Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (1976): Die Seen der Schweiz. Wasser, Energie, Luft 68, 11/12, 263-266
- Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (1973): Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz auf 1. Januar 1973. Hrsg. Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, 1-213
- Ellenberg H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In: Einführung in die Phytologie, Bd. 4, Teil 2, 1-943  
Ulmer Stuttgart
- Franz H. (1979): Oekologie der Hochgebirge. Ulmer Stuttgart, 1-495
- Grimås U. und Nilsson N.A. (1962): Nahrungsfauna und kanadische Seeforelle in Berner Gebirgsseen. Schweiz. Z. Hydrol. 24, 49-75
- Linder Ch. (1928-47): Contribution à la limnologie du lac de Barberine (Valais). Bull. murith., Soc. valais, Sci. nat. 45-64
- Marrer H. (1975): Zur fischereilichen Bewirtschaftung meromiktischer Alpenseen (Lago Cadagno, Kanton Tessin). Schweiz. Z. Hydrol. 37, 2, 213-219
- Marrer H. (1979): Bericht über die in den Jahren 1977 und 1978 in den Oberengadiner Talseen durchgeführten fischereibiologischen Untersuchungen. Bericht zuh. Jagd- und Fischereinsp. Graubünden, 1-27
- Marrer H. (unpubl.): Vergleichende Untersuchung über die Möglichkeiten der fischereilichen Bewirtschaftung von Alpenseen (in Vorbereitung)
- Pechlaner R. (1961): Umweltbedingungen und Lebewelt in alpinen Speicherseen. In: Wasser und Abwasser Bd. 1961: Zur Limnologie der Speicherseen und Flusssäume, 199-244

- Pignat U. (1941): Rapport concernant la pêche dans le lac de Barberine en 1940. Bull. murith., Soc. valais, Sci. nat. 63, 25-26
- Pignat U. (1960): Le lac de Barberine, réservoir d'énergie et bassin de pêche. Bull. murith., Soc. valais, Sci. nat. 77, 25-29
- Shadin W.I. (1961): Die Wirkung von Stauanlagen auf natürliche Gewässer. Verh. Internat. Verein. Limnol. 14, 792-815
- Schneider U. (unpubl.): Primärproduktionsmessungen in tessinischen Alpenseen (in Vorbereitung)
- Vouga M. (1926): Le Cristivomer ou Truite du lac de l'Amérique du Nord et son acclimatation dans les eaux valaisannes. Bull. murith., Soc. valais, Sci. nat. 43, 30-35
- Wagner B. (1975): Populationsdynamik der Oligochaeten im Vorderen Finstertaler See. Diss. Innsbruck, 1-102