

## Die Seeforelle im Bodensee und seinen Zuflüssen: Biologie und Management

CH. RULÉ<sup>1</sup>, G. ACKERMANN<sup>2</sup>, R. BERG<sup>3</sup>, T. KINDLE<sup>4</sup>, R. KISTLER<sup>5</sup>,  
M. KLEIN<sup>6</sup>, M. KONRAD<sup>7</sup>, H. LÖFFLER<sup>8</sup>, M. MICHEL<sup>9</sup>, B. WAGNER<sup>10</sup>

(im Auftrag der Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei)

- 1) Hauptstraße 1, CH-8716 Schmerikon
- 2) Amt für Jagd und Fischerei des Kantons St. Gallen, Davidstraße 35, CH-9001 St. Gallen
- 3) Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg, Untere Seestraße 81, D-88085 Langenargen
- 4) Liechtensteinisches Amt für Umweltschutz, Postfach 684, FL-9490 Vaduz
- 5) Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Thurgau, CH-8510 Frauenfeld
- 6) LfL; Institut für Fischerei, Weilheimer Straße 8, D-82319 Starnberg
- 7) Regierungspräsidium Tübingen, Konrad-Adenauer-Straße 20, D-72072 Tübingen
- 8) Institut für Seenforschung, Argenweg 50/1, D-88085 Langenargen
- 9) Amt für Jagd und Fischerei Graubünden, Loestraße. 14, CH-7001 Chur
- 10) Amt der Vorarlberger Landesregierung, Landhaus, A-6901 Bregenz

### Abstract

#### The lake trout of Lake Constance and its tributaries: Biology and Management

The different development stages in the life cycle of lake trout (*Salmo trutta*) have high demands on their specific habitat. The spawning migration constitutes a special bottleneck for a successful development of this fish species. The deficiency in the longitudinal and lateral connectivity of waters as well as stocking not adapted to the natural reproduction biology of lake trout have led to a nearly cessation of the spawning migration of lake trout into the tributaries of Lake Constance. The need for different habitats makes the lake trout very vulnerable to anthropogenic impacts such as migration barriers, water morphology, water quality or fishing. For more than 100 years lake trout have been exposed to all the harmful human influences which finally brought the lake based population to a collapse in the middle of the last century. An integral restoration program for the lake trout, focusing on the lake-tributary system (fishing regulations, removing migration barriers, autochthon stocking material, lake trout adapted stocking), soon showed success. Yields of lake trout catches in the lake increased again and in many tributaries of Lake Constance lake trouts have reconquered their natural reproduction sites.

### Inhalt

Vorwort .....	231
Zusammenfassung .....	232
1. Einleitung .....	233
2. Beschreibung der Seeforelle .....	233
2.1 Morphologische Merkmale .....	233
2.2 Systematik .....	234

2.3 Biologie .....	235
2.3.1 Ernährung .....	235
2.3.2 Wachstum .....	236
2.3.3 Reifeentwicklung .....	236
2.3.4 Lebenszyklus .....	237
3. Der Zusammenbruch des Seeforellenbestandes und seine Ursachen .....	240
3.1 Erreichbarkeit der Fortpflanzungshabitate .....	242
3.2 Schonbestimmungen .....	244
3.3 Suche nach Problemlösungen .....	245
4. Das Seeforellenprogramm als integrale Problemlösung .....	246
4.1 Verbesserung der Schonmaßnahmen in der Bodenseefischerei .....	249
4.1.1 Schonmaß .....	249
4.1.2 Schonzeit .....	249
4.1.3 Weitere Schonmaßnahmen .....	249
4.1.4 Schongebiete .....	249
4.2 Intensivierung der Besatzmaßnahmen .....	249
4.3 Beseitigung von Aufstiegshindernissen .....	250
4.4 Revitalisierung der Zuflüsse .....	255
4.5 Angleichung der Fischereibestimmungen in den Zuflüssen .....	256
5. Erfolgsnachweise .....	257
6. Schlussfolgerungen und Ausblick .....	259
Literatur- und Quellenverzeichnis .....	260

## Vorwort

Die Bewirtschaftung der Fischbestände im Bodensee-Obersee stellt auf die internationale Übereinkunft ab, mit welcher die Regierungen von Liechtenstein, Baden, Bayern, der Schweiz und von Württemberg am 5. Juli 1893 in Bregenz die Anwendung gleichartiger Bestimmungen für die Fischerei im Bodensee vereinbart haben. Zweck der Übereinkunft ist es (Präambel), die wertvollen Fischarten im Bodensee zu erhalten. Liechtenstein ist Vertragsstaat, weil damals die Seeforellen zahlreich zum Ablachen in die in den Alpenrhein mündenden liechtensteinschen Fließgewässer einstiegen. Die an der Übereinkunft beteiligten Regierungen verpflichteten sich, in den Zuflüssen des Bodensees, welche von der Seeforelle regelmäßig zum Laichgeschäft aufgesucht werden, dieser Fischart mindestens den Schutz angedeihen zu lassen, welcher durch die Artikel der Übereinkunft für den See selbst festgesetzt ist (Art. 13 der Bregenzer Übereinkunft).

Trotz dieser Bekenntnisse zur Erhaltung der »wertvollen« Fischarten und insbesondere der Seeforelle musste die Bevollmächtigtenkonferenz in den 1970er Jahren, also rund 85 Jahre nach Abschluss der Bregenzer Übereinkunft, einen Einbruch im Seeforellenbestand zu Kenntnis nehmen, der eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema Seeforelle verlangte. Liechtenstein mahnte dabei die Berücksichtigung des Wirkungsgefüges Bodensee-Zuflüsse, insbesondere des Alpenrheins, an.

Seither sind 25 Jahre vergangen. Die gesetzten Maßnahmen haben Wirkung gezeigt und der Seeforellenbestand hat sich erholt. Mit dem vorliegenden Fachbericht werden die bisherigen Aktivitäten bei der Umsetzung des Seeforellenprogramms in den letzten Jahren gewürdigt sowie die Notwendigkeit für weiterführende Arbeiten und für zusätzliche zielorientierte Maßnahmen – vor allem im Bereich der Lebensraumverbesserung – postuliert. Als Ziel gilt nach wie vor die Erhaltung eines stabilen Seeforellenbestandes im Zusammenspiel von Bodensee und Zuflüssen mit der Möglichkeit einer adäquaten Befischung im See und in den Zuflüssen. Für die Lebensraumverbesserungen, die auch ins Zentrum des Förderungsprogramms für die Seeforelle gerückt sind, bestehen heute weit bessere Voraussetzungen als damals, als das Programm seinen Anfang nahm. Das Gewässer- und Fischökologische Konzept Alpenrhein war Anlass für die Schaffung der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein, die mit einem

fachgebietübergreifenden Ansatz dem Lebensraum große Beachtung schenkt. In gleicher Weise wird die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union wirken.

Die in der vorliegenden Publikation aufgezeigten erfolgreichen Lösungen für die Seeforellenprobleme lassen die Kompetenz der Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Fischerei im Bodensee erkennen, auch komplexe Fragen zielführend anzugehen. Vor diesem Hintergrund ist zu verstehen, dass die Konferenz im Jahre 2004 ihrer Arbeitsgruppe Seeforelle ein breiteres Tätigkeitsfeld zugewiesen und sie gleichzeitig zur Arbeitsgruppe Wanderfische umbenannt hat. Dieses Tätigkeitsfeld wird räumlich weiterhin der Bodensee und seine Zuflüsse sein. Ihre Arbeit wird zukünftig aber auch Fischarten zugute kommen, denen bislang weniger Aufmerksamkeit zugekommen ist als der Seeforelle.

## **Zusammenfassung**

Die Seeforelle (*Salmo trutta* L.) gehört zu denjenigen Fischen der einheimischen Ichthyofauna, welche in ihrem Lebenszyklus verschiedene Habitate beanspruchen. Die Fortpflanzung findet in den Zuflüssen der Seen auf kiesigen Laichgründen statt, die für eine ungestörte Embryonalentwicklung von kühlem, sauerstoffreichem Wasser durchströmt sein müssen. In den Fortpflanzungsgewässern oder ihrer näheren Umgebung verbringen die jungen Seeforellen oft den ersten Lebensabschnitt zusammen mit Bachforellen. Danach wandern sie – unterschiedlich für die verschiedenen Gewässersysteme – als halb- bis zweieinhalbjährige Fische in die Seen ab. Dort findet ein im Vergleich zur residenten Bachforelle beschleunigtes Wachstum statt, das bis zur Erlangung der Fortpflanzungsfähigkeit anhält. Bevor die Geschlechts- und Laichreife erreicht ist, ziehen die adulten Fische zur Fortpflanzung in die Herkunftsgewässer zurück. Der See und die Fortpflanzungshabitate können weit voneinander entfernt sein. Dieser Lebenszyklus ähnelt dem der Meerforelle und dem des Lachses, welche die Wachstumsphase allerdings küstennah oder im offenen Meer verbringen.

Die Beanspruchung verschiedener Habitate macht die Seeforellen für anthropogene Einflüsse besonders empfindlich. Hindernisse auf dem Weg zu den Fortpflanzungsgebieten, Veränderungen in der Struktur der Gewässersohle z. B. durch Kolmatierung, Veränderungen im Abflussregime oder unzureichende Wassergüte in den Zuflüssen erschweren oder verhindern die Fortpflanzung ebenso wie die Befischung der noch nicht fortpflanzungsfähigen Fische in den Seen. Die Seeforelle des Bodensees war während mehr als hundert Jahren der ganzen Palette schädlicher menschlicher Einflüsse ausgesetzt, unter denen aber die kontinuierliche Zerstückelung des See-Zuflusssystem und der unzureichende Schutz der Fische während der Wachstumsphase im See die bedeutsamsten Einwirkungen sind. Als Folge davon brach ab Mitte des letzten Jahrhunderts der Bestand im See zusammen, und auf den wenigen noch zugänglichen Laichhabitaten blieben die fortpflanzungsfähigen Fische bis auf wenige Individuen aus. Der drohende Verlust der in ihrem biologischen Verhalten besonderen Seeforelle hat damit in kurzer Zeit einem während langer Jahre nur fischereiwirtschaftlich bearbeiteten Problem eine artenschützerische Dimension verliehen.

Die dramatische Entwicklung hat gegen Ende der 1970er Jahre die unabdingbare Notwendigkeit erkennbar gemacht, ein an allen Schwachstellen im See und im Zuflusssystem greifendes, also integrales Sanierungsprogramm auszulösen. Weitgehend zeitgleich wurden die Schonbestimmungen im See verschärft, die Aufstiegshindernisse in den Zuflüssen abgebaut und die Beschaffungsmöglichkeiten für autochthones Besatzmaterial verbessert. Der Schutz der Seeforelle im Bodensee hat nicht nur bei den für den Fisch unmittelbar relevanten Bestimmungen ange-setzt. Alle Änderungen in den Betriebsvorschriften der Fischerei im Bodensee-Obersee werden seit mehreren Jahren auf ihre Auswirkungen auf das Seeforellengeschehen hin überprüft.

Die nun während eines Vierteljahrhunderts umgesetzten Schon- und Fördermaßnahmen dieses Seeforellenprogramms blieben nicht ohne Erfolg. Die Fangerträge im See steigen wieder an, und in vielen Bodensee-Zuflüssen kommen Seeforellen, zum Teil in beachtlichen Zahlen, wieder zur Fortpflanzung. Das Sanierungsprogramm hat vor allem aber auch zu erkennen gegeben, dass gewässer- und fischökologische Probleme nicht ohne Bezug zum gesamten See-Zuflusssystem bearbeitet werden können. Diese Erkenntnisse sollen zukünftig auch anderen

fischereiwirtschaftlich weniger bedeutenden Arten zugute kommen und für andere Arbeiten im Bereich des Gewässermanagements beispielhaft sein.

## 1. Einleitung

Die Seeforelle des Bodensees<sup>1</sup> hat die Tätigkeit der Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei, IBKF<sup>2</sup>, während der letzten 25 Jahre maßgeblich beeinflusst. Die diesem Fisch gewidmete Arbeit wurde durch Projektideen für die Wasserkraftnutzung im Alpenrhein in mehreren Stufen initiiert. Im Verfahren zur Prüfung der Umweltverträglichkeit dieser Nutzungsvorhaben kam der Seeforelle als Wanderfisch mit hohen Anforderungen an ein intaktes Gewässersystem eine wesentliche Bedeutung zu. Die Auseinandersetzung mit ihren Bedürfnissen hat sie zur Zielart für gewässer- und fischökologische Aktivitäten mit Fokus auf das gesamte See-Zuflusssystem gemacht. Bei der Bearbeitung der Fragen um die Seeforelle hat sich die IBKF – wie bei keinem anderen Fisch vorher – auch von artenschützerischen Überlegungen leiten lassen und die Aspekte der Nutzung zurückgestellt. Die Aufarbeitung des Seeforellengeschehens in der IBKF dient der Dokumentation der wichtigen Rolle dieses Fisches in der Neuausrichtung der fischereilichen Sichtweise sowohl in Bezug auf den Lebensraum als auch auf die Arterhaltung.

## 2. Beschreibung der Seeforelle

Die europäische Forelle (*Salmo trutta*<sup>3</sup>) ist wohl eine der faszinierendsten Fischarten der einheimischen Ichthyofauna. Ihre Verbreitung reicht von Island und dem russischen Eismeer (Okrug-Region) im Norden bis zum nordafrikanischen Atlasgebiet im Süden und vom Aralmeer im Osten bis Portugal im Westen (Baglinière, 1991). Sie lebt in Bächen verschiedener Höhenstufen, in Flüssen, Seen und in ufernahen Bereichen der angrenzenden Meere. Sehr oft spielt sich der Lebenszyklus in mehr als einem Habitat ab, wobei sich die Larval- und Jungfischphase in der Regel in den Oberläufen der Fließgewässer, die Wachstums- und Adultphase in nahrungsreicheren, meist größeren Fließgewässern (Bachforellen), in Seen (Seeforellen) oder im Meer (Meerforelle) abspielen.

Die Seeforelle des Bodensees gehört zur zweiten der drei genannten Formen. Bei ihr findet die Larval- und Jungfischphase in den Bodensee-Zuflüssen, z.T. auch im See statt; die Wachstums- und Adultphase spielen sich im Bodensee selbst ab. Zwischen den unterschiedlichen Habitats finden z.T. sehr lange Wanderungen statt. Mit den Habitatswechseln ist die Seeforelle einer erhöhten Gefährdung ausgesetzt, weil schädliche Einflüsse im See, auf den Wanderrouten wie auch in den von den Larven und Jungfischen bewohnten Fließgewässern auf sie einwirken. Der Seeforelle als wandernde Form der Art *Salmo trutta* wird in den Roten Listen (Blab et al., 1984; Bohl, 1992; Haider & Dreyer, 1984; Hoffmann et al., 1995; Kirchhofer et al., 1990) deshalb ein höherer Gefährdungsstatus als der Bachforelle eingeräumt. Bei der Suche nach Lösungen für Bedrohungsprobleme ist deshalb eine alle Habitate umfassende Betrachtung unabdingbar.

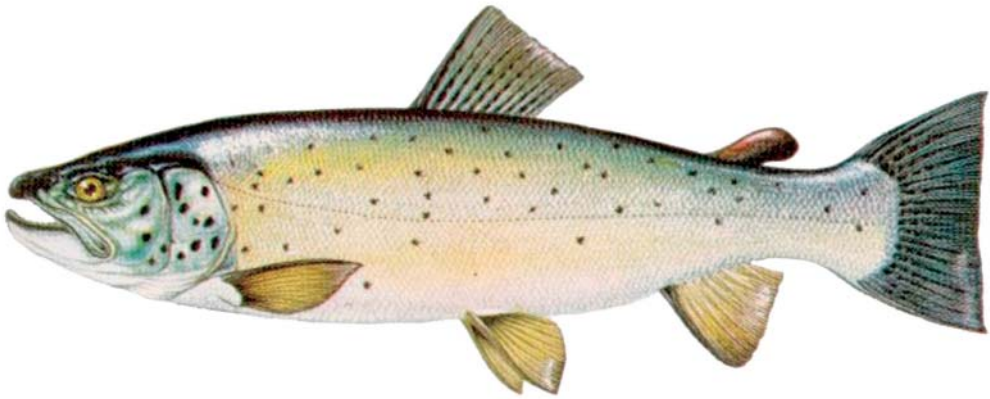
### 2.1 Morphologische Merkmale

Der Körper der Seeforelle weist – unabhängig von der Herkunft – die charakteristischen Merkmale des Forellenkörpers auf. Er ist eher langgezogen und für das schnelle Schwimmen oder

1) Die Zuständigkeit der IBKF beschränkt sich auf das Gebiet des Bodensee-Obersees. In aller Regel beziehen sich die Aussagen über die Seeforelle auf diesen Teil des Bodensees sowie auf seine Zuflüsse, auch wenn dies nicht in jedem Fall hervorgehoben wird. Abweichungen davon werden besonders erwähnt.

2) Für die Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei wurde bis zum Jahre 1995 die Kurzbezeichnung IBK verwendet. Diese Abkürzung ist von der dann gegründeten Internationalen Bodensee-Konferenz beansprucht worden. Seither führt die Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei die Kurzbezeichnung IBKF.

3) Auf die früher gebräuchliche Nomenklatur mit besonderer Bezeichnung der Ökoformen (*Salmo trutta fario* = Bachforelle; *S. t. lacustris* = Seeforelle; *S. t. trutta* = Meerforelle) wird verzichtet. Die Erklärung dafür ergibt sich aus dem Text in Kapitel 2.2.



**Abb. 1:** Seeforelle

(Bild: Technische Universität Dresden)

für das Schwimmen in schnell fließendem Wasser ausgebildet. Er ist hochoval mit einer maximalen Körperhöhe beim vorderen Ansatz der Rückenflosse (20–25% der Totallänge [TL]). Die Schwanzflosse ist hoch (13% der TL). Der Kopf ist lang (23% der TL). Das Auge ist mittelgroß (17% der Kopfgröße). Das Maul ist endständig, die Maulspalte reicht stets mindestens bis zum hinteren Augenrand. Laichreife Männchen bilden am Unterkiefer einen Haken aus, der sich nach der Fortpflanzung wieder zurückbildet. Die Bezaehlung des Ober- und des Unterkiefers ist ausgeprägt. Das Pflugscharbein ist am Kopf und am Schaft bezaehnt. Die Zunge weist zwei Zahnreihen auf. Zwischen der Rückenflosse und der Schwanzflosse liegt die Fettflosse. Die Seitenlinie weist bis zum vorderen Ansatz der Rückenflosse einen Bogen auf; von da an verläuft sie gradlinig. Die Schuppen sind cycloid. Entlang der Seitenlinie sind es 120 bis 130 Schuppen; zwischen der Fettflossenbasis und der Seitenlinie 13 bis 16. Die Zahl der Pylorusanhänge beträgt 30 bis 60, die Wirbelzahl 56 bis 61 (Beschreibung in Anlehnung an Scott & Crossman, 1973). Als Maximalgrößen werden 140 cm Körperlänge und 30 kg Gewicht genannt. Die Färbung unterliegt großer Variabilität. Aus dem Fließgewässerhabitat abwandernde Jungfische können die für Bachforellen typische Rottupfung oder aber eine silbrige Smoltfärbung aufweisen (Schulz, 1994). Im See lebende Fische sind in der Regel eher silbern und weisen x-förmige dunkle Tupfen auf (Abb. 1).

## 2.2 Systematik

Die Seeforelle des Bodensees – wie auch die anderen Vertreter der Art *Salmo trutta* – gehört nach Behnke (1972) zur Ordnung der Salmoniformes. Nach neueren molekulargenetischen Untersuchungen (Bernatchez, 2001) sind an der Art *Salmo trutta* fünf Stämme beteiligt: Atlantikstamm, Donaustamm, Mittelmeerstamm, Adriastamm, Marmoratastamm. Dem Atlantikstamm, dem die Seeforelle des Bodensees zuzuordnen ist, kommt eine engere verwandtschaftliche Beziehung zum Lachs zu als den anderen vier Stämmen (Abb. 3). Die Formen Bachforelle, Seeforelle und Meerforelle sind nicht als eigene Arten zu betrachten; die Übergänge sind fließend. Dies ist Anlass dafür, in der wissenschaftlichen Nomenklatur auf die Formenbezeichnungen (*S. t. fario*, *S. t. lacustris*, *S. t. trutta*) zu verzichten.



**Abb. 2:** Seeforelle über den Laichgründen im Vordergrund bei Tavanasa

(Bild: P. Rey)

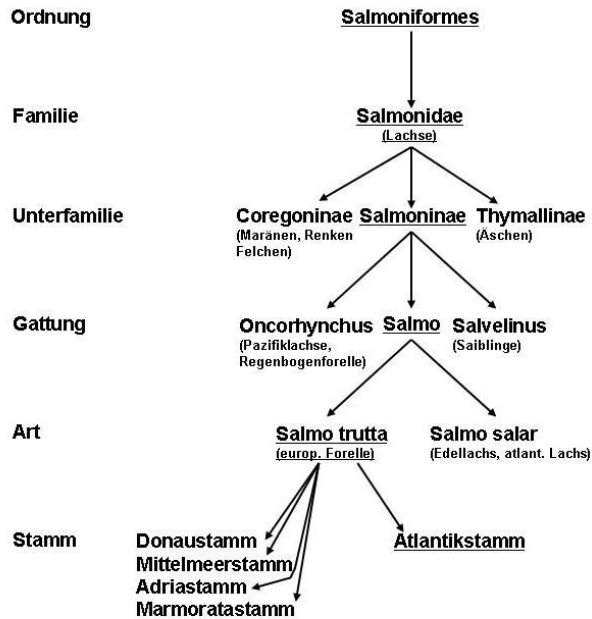
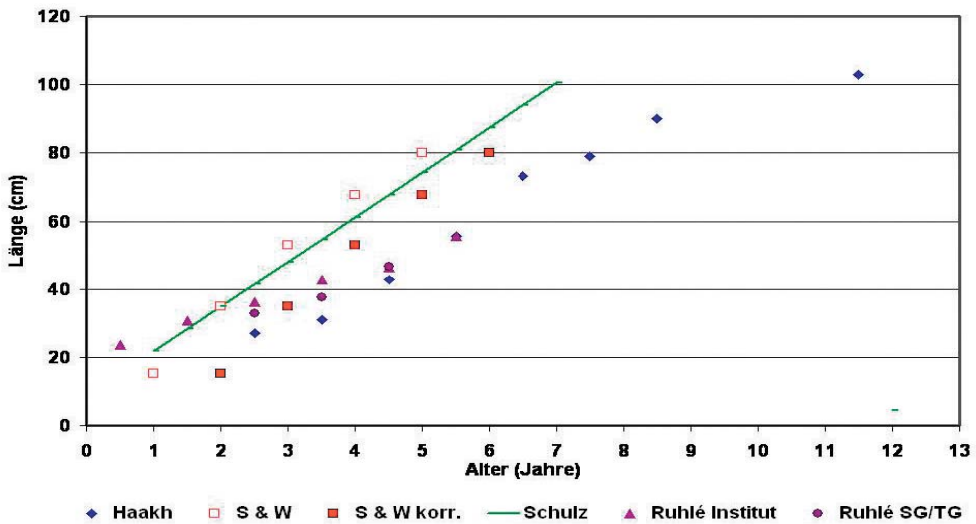


Abb. 3: Systematische Stellung der Art *Salmo trutta* (nach Behnke, 1972, und Bernatchez, 2001, kombiniert)

## 2.3 Biologie

### 2.3.1 Ernährung

Über die Ernährung der Seeforelle des Bodensees liegen nur spärliche Informationen vor. Nümann (1939) fand in den Mageninhalten stets Reste von Fischen, meistens von kleinen Barschen. Aus den Anfängen der 1970er Jahre liegen Informationen über die Ernährungsweise von 150 während der Sommermonate gefangenen Seeforellen vor (Ruhlé et al., 1984). Fünfzig der untersuchten Mägen waren leer, 60 Seeforellen hatten nur Fische im Mageninhalt, bei 33 waren es Plankton sowie Organismen der Seeoberfläche (Neuston) und bei 7 sowohl Plankton als auch Fischreste. Schulz (1995) hat die Mageninhalte von 749 Seeforellen untersucht und festgestellt, dass mit einer Häufigkeit von 43% Zooplankton im Magen vorgefunden wurde, bei den Fischen war die Frequenz 55% und bei den Insekten ebenfalls 55%. Nach Auffassung von Schulz (1995a) ist der Fraßdruck auf die Felchen nicht nennenswert; Barsche bilden hingegen den Hauptteil der aus Fischen bestehenden Nahrung. Die Längen der Seeforellen, die ausschließlich Fische gefressen hatten (Median 38 cm), unterscheiden sich signifikant von denen, die Insekten gefressen hatten (Median 36 cm) und von denen, die Zooplankton aufgenommen hatten (Median 32 cm). Zudem wird die Auffassung vertreten, dass gegenüber früher (Klunzinger, 1881) Insekten und Zooplankton als Futterorganismen an Bedeutung gewonnen haben. Ähnliche Verlagerungen, die auf Veränderungen in der Trophie des Sees zurückgeführt werden, sind von anderen Fischen, insbesondere Barschen, bekannt (Hartmann, 1975). Alle vorliegenden Informationen über die Ernährungsweise der Seeforelle stammen von Fischen, die im Bodensee gefangen worden sind; Angaben über die Ernährung der Forellen bei der Wanderung in die Fortpflanzungsgebiete vor oder während der Abwanderung aus den Fließgewässern fehlen.



**Abb. 4:** Angaben zum Längenwachstum (TL) der Seeforelle des Bodensees nach verschiedenen Autoren (Haakh, 1929 [Mittelwerte]; Schindler & Wagler, 1936 [Mittelwerte]; Schindler & Wagler [korrigiert gem. Schulz]; Schulz, 1995a [lin. Reg; N = 243]; Ruhlé, 1983 [Material Institut für Seenforschung, 1967 bis 1982; Mittelwerte]; Ruhlé, 1983 [Material aus Versuchsfischerei St. Gallen und Thurgau 1979 und 1982; Mittelwerte])

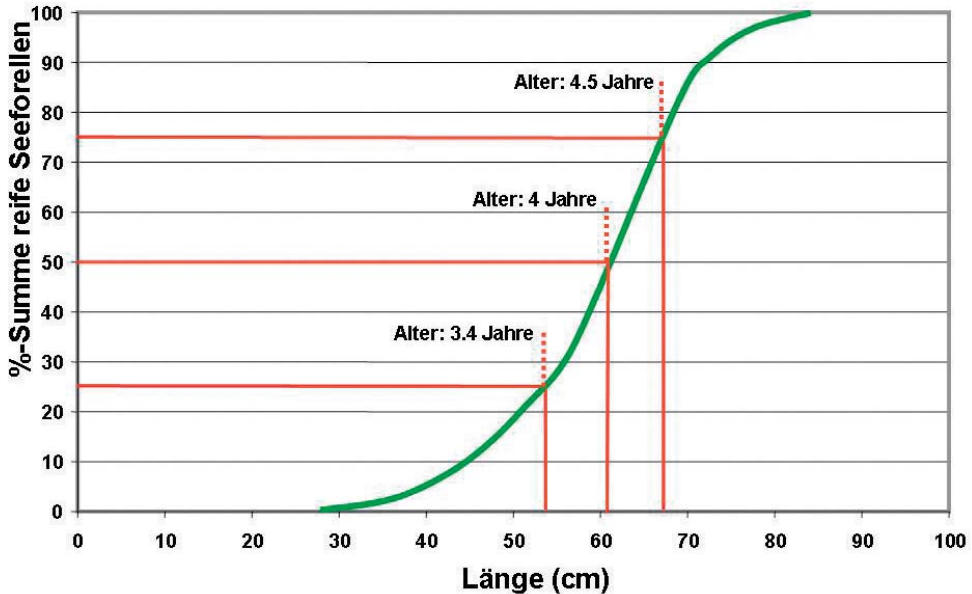
### 2.3.2 Wachstum

Zu den älteren Angaben über das Wachstum der Seeforelle des Bodensees gehören diejenigen von Haakh (1929), die allerdings von Schindler & Wagler (1936) als untauglich beurteilt werden. Die beiden letzteren Autoren vertreten die Auffassung, dass bei der Interpretation des Schuppenbilds durch Haakh (1929) der erste Ring fälschlicherweise als erster Annulus interpretiert worden sei. Für sie wird er beim Wechsel von der Kleintier- bzw. Planktonnahrung zur räuberischen Ernährungsweise gegen den Spätsommer hin bzw. bei der Abwanderung der 0+-Fische im ersten Sommer gebildet und ist somit kein Annulus; die Altersangaben des erstgenannten Autors seien deshalb um ein Jahr zu hoch. Dieser Auffassung widerspricht Schulz (1995a), für den die ersten beiden Ringe in den Altersbestimmungen von Haakh Annuli sind. Dementsprechend werden die Altersbestimmungen von Schindler & Wagler (1936) korrigiert. Die modifizierten Werte ergeben einen Wachstumsverlauf, der geringer ist als derjenige, den Schulz (1995a) aufgrund von 243 Seeforellen ermittelt hat. Der Unterschied wird von Schulz (1995a) auf Veränderungen im Trophiezustand<sup>4</sup> und im Nahrungsangebot des Bodensees zurückgeführt. Informationen aus verschiedenen Untersuchungen sind in Abbildung 4 grafisch dargestellt.

### 2.3.3 Reifeentwicklung

Nach Klunzinger (1881) tritt die Fortpflanzungsfähigkeit der Seeforelle des Bodensees im vierten Jahr ein. Haakh (1929) findet laichreife Exemplare erst vom 5. Lebensjahr an. Nach Schindler & Wagler (1936) kann die Geschlechtsreife im 4. Jahr bei mindestens 60 cm Länge eintreten; sie kann aber auch später erfolgen. Nach Ruhlé (1983) sind bei einem geringen Anteil der untersuchten 2+- und 3+-Fische (8% bzw. 22%) Anzeichen für eine im gleichen Lebensjahr eintretende Geschlechtsreife zu erkennen. Bei 4+- und 5+-Fischen macht der Anteil 75% bzw. 100% aus. Schulz (1995a) stellt fest, dass 70% der von ihm untersuchten Seeforellen-

4) Die Phosphor-Konzentration betrug in den Jahren vor 1950 weniger als 10 mg/m<sup>3</sup>. Das Maximum wurde 1979 (87 mg/m<sup>3</sup>) erreicht. Die aktuellen Werte liegen bei 10 mg/m<sup>3</sup>.



**Abb. 5:** Relative Längenverteilung (%-Summen) der Seeforellenaufsteiger aus den südlichen Zuflüssen Alpenrhein und Goldach (Zahlengrundlagen: Schulz 1995a)

aufsteiger größer als 50 cm sind; zwischen den Fischen aus südlichen Zuflüssen (Alpenrhein und Goldach) und denen aus nördlichen Zuflüssen (Leiblach, Nonnenbach, Argen, Mühlkanal und Rotach) bestehen erhebliche Unterschiede in der Längenverteilung, die damit erklärt werden, dass das Untersuchungsmaterial aus den nördlichen Zuflüssen auch Bachforellen umfasst. Die Längenverteilung der Fische des Untersuchungsmaterials aus den südlichen Zuflüssen (Abb. 5), das keine Bachforellen umfasst, zeigt, dass nur bei 25% der Fische die Reife bei einer Länge von weniger als 53 cm Länge erreicht wird; 50% der Fische sind bei Eintritt der Reife kleiner als 61 cm und 75% kleiner als 68 cm. Mit der Wachstumsgeraden von Schulz (1995a; Abb. 4) lässt sich für Fische dieser Längen ein Alter von 3,4 , 4 und 4,5 Jahren ermitteln. Fische mit Längen um 35 cm (kleinerer Fisch in Abb. 6) sind lediglich knapp zweijährig und mit großer Wahrscheinlichkeit noch nicht reif.

#### 2.3.4 Lebenszyklus

Mit zunehmender Reife steigen die Seeforellen zur Fortpflanzung in die Seezuflüsse ein; Ausnahmen bilden die Absteiger in den Seerhein und diejenigen Seeforellen, welche als Fortpflanzungshabitate geeignete Seeteile mit Grundwasseraustritt (Brabrand et al., 2002) nutzen. Klunzinger (1881) nennt als Aufstiegszeit den Zeitraum zwischen Ende September und Dezember, wobei die jüngsten Fische den Anfang machen. Er erwähnt aber auch Beobachtungen anderer, nach denen die Wanderung der großen Fische Ende Juni, die der kleineren im September stattfindet. Amann (zitiert nach Marrer, 1975) nennt als Aufstiegszeit für die Seeforellen in der Bregenzerach die Monate Juli bis September. Bei Elektro-Abfischungen durch das Landesfischereizentrum Vorarlberg im Unterwasser eines Kraftwerkskanals aus der Bregenzerach bei Bregenz, der zu Revisionszwecken jeweils im Juli abgeschlagen wird, werden regelmäßig aus der Bregenzerach aufgestiegene Seeforellen nachgewiesen. Nach Aufzeichnungen des Amtes für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden kommen die ersten Seeforellen bereits im August in Reichenau an; der Hauptpeak liegt in der Mitte des Monats Oktober (siehe hierzu auch Abb. 23). Für die Landquart werden vergleichbare Aufstiegszeiten genannt. Der Einstieg





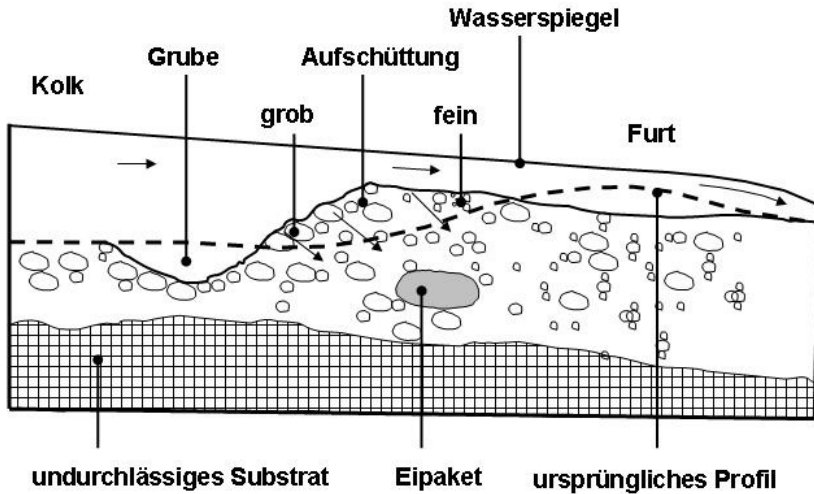
**Abb. 6:** Größenvergleich einer nahezu reifen (Totallänge: 75 cm) und einer juvenilen Seeforelle (Totallänge: 38 cm). Die Gonaden des juvenilen Tieres liegen auf dem Papier an der oberen rechten Bildecke. Bei beiden Fischen handelt es sich um Fänge aus dem Bodensee (Bild: Ruhlé).

in die Goldach und in die Steinach findet demgegenüber relativ spät Ende November bis Anfang Januar statt. Generell gilt, dass abhängig von den zurückzulegenden Distanzen zu den Laichgründen (groß für Bregenzerach, Ill, Alpenrhein, klein für Goldach, Steinach, Rotach) die Wanderung jahreszeitlich früh (Frühwanderer) oder spät (Spätwanderer) einsetzt.

Als Fortpflanzungshabitate kommen alle zugänglichen Fließgewässer, insbesondere deren Oberläufe, in Frage, welche die erforderliche Substratsstruktur aufweisen (Korngröße: 10 bis 70 mm, Anteil Feinsedimente < 1 mm: 6 bis 10% [Jungwirth et al., 2003]) und über die erforderliche Wassergüte bezüglich Temperatur, O<sub>2</sub>-Gehalt und Feinsedimentfracht verfügen (Ingendahl, 1999). Für die Eientwicklung sind Temperaturen zwischen 2 und 6° C optimal; lethal sind Wassertemperaturen unter 0° C und über 15 bis 16° C (Haury et al., 1991). Ein Sauerstoffgehalt < 6 mg/l beeinträchtigt die Eientwicklung erheblich (Turnpenny & Williams, 1980). Feinsedimenteinträge, welche die oben erwähnte Sohlenzusammensetzung und damit den Sauerstoffgehalt im Interstitialwasser verändern, schädigen die Eientwicklung (Schälchli et al., 2002). Nach Haury et al. (1991) beträgt die Wassertiefe über den Laichgruben zwischen 25 und 82 cm und die Fließgeschwindigkeit zwischen 20 und 80 cm/s.

Die Weibchen schlagen ins kiesige Substrat – oft in Kolk-Furt-Übergängen – Laichgruben. In sie werden die Eier portionenweise deponiert und nach der Befruchtung durch ein oder mehrere Männchen von den Weibchen mit Sohlenmaterial zugedeckt. Am Fortpflanzungsgeschehen können auch residente Bachforellen beteiligt sein.

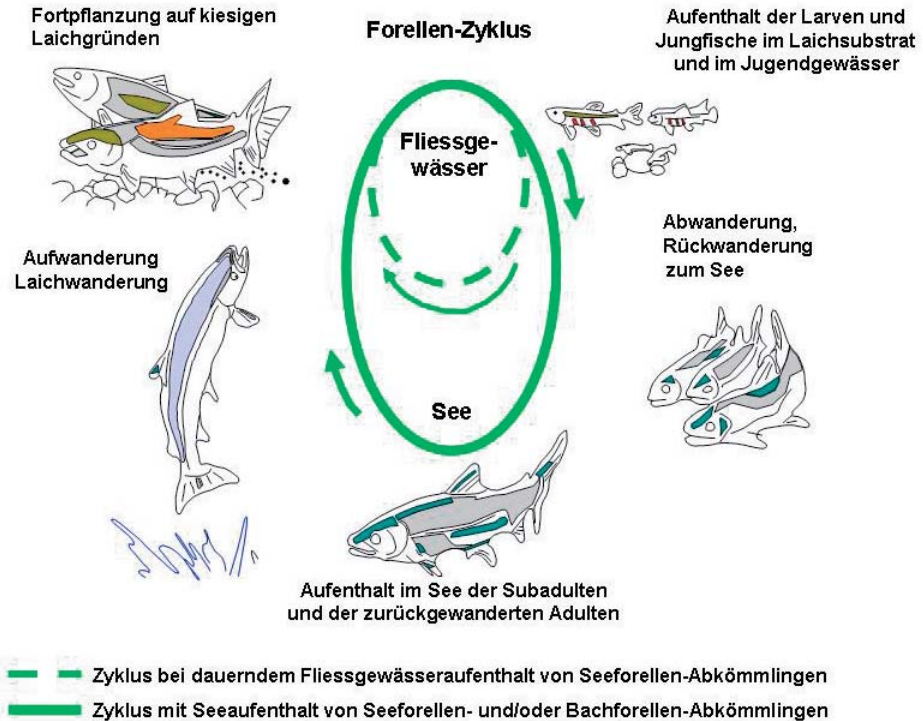
Nach dem Schlüpfen, das zeitlich von der Wassertemperatur abhängt, verbleiben die Jungfische bis zum Verbrauch der Dottersackreserven in der von sauerstoffreichem Wasser durchströmten Sohle (Abb. 7). Nach der Emergenz setzt die exogene Ernährung ein. Der Abstieg der Juvenilen zum See erfolgt zum größten Teil als 1+-Fische. Nach Schulz (1994, 1995a) machen ältere Fische weniger als 10% der Abwanderer aus. Schindler und Wagler (1936) gehen davon aus, dass die Abwanderung schon bald nach dem Verbrauch der Dottersackreserven



**Abb. 7:** Längsschnitt durch einen Bach mit einer Forellen-Laichgrube (nach Haury et al., 1991, vereinfacht). Die Pfeile zeigen die Fließrichtung des Wassers über der Laichgrube und im Sohlensubstrat an.

erfolgt. Abwanderer können auch juvenile Forellen sein, deren Eltern residente Fließgewässersbewohner sind. Seeforellen-Nachkommen können auch zu residenten Bachforellen werden. Schulz (1994) stellt zwei Typen von Forellenabwanderung fest. Die Abwanderung des ersten Typs erstreckt sich über den Sommer und Herbst. Die Tiere wandern dann einzeln oder in Gruppen von wenigen Individuen aus dem Gewässer; sie entsprechen im Habitus Bachforellen. Die Abwanderung der Fische des zweiten Typs ist zeitlich auf das Frühjahr von März bis Mai mit Schwerpunkt im April beschränkt. Die Abwanderung erfolgt schubweise in größerer Individuenzahl und wird meist durch erhöhte Wasserstände ausgelöst. Wenn im Frühjahr die Hochwasserereignisse fehlen, erstreckt sich der Vorgang über längere Zeit. Diese Tiere sind dann silbern gefärbt, teilweise mit einzelnen roten Punkten.

Die an der Fortpflanzung beteiligten adulten Fische verbleiben unterschiedlich lang in den Fortpflanzungsgewässern und benötigen für die Rückwanderung unterschiedlich viel Zeit. Peter (2004) hat eine sehr rasch abgelaufene Rückwanderung beobachtet, bei der ein Fisch für eine Strecke von 86 km lediglich 20 Stunden benötigt hat. Es ist nicht auszuschließen, dass ein erheblicher Teil der Adulten nach der Fortpflanzung stirbt. Als Hinweis dafür ist die oftmals starke Verpilzung der Adulten nach der Fortpflanzung zu sehen. Die Fischereiaufsicht beobachtet immer wieder abwandernde, an Wehren von Wasserkraftanlagen anstehende Tiere, die stark verpilzt sind und geschwächt wirken; die meisten von ihnen verenden nach kurzer Zeit. Die Zahl der in Markierexperimenten registrierten Zweitlaicher jedenfalls ist nach Schulz (1995a) sehr gering. Von den in der Goldach in den Jahren 1989 bis 2003 markierten 1038 Seeforellen wurden nach Angaben des Amtes für Jagd und Fischerei des Kantons St. Gallen lediglich 52 Fische ein zweites Mal in diesem Gewässer beobachtet. Nur drei Seeforellen wurden dreimal registriert. Ob die geringe Wiederbeobachtungshäufigkeit auch Folge der in der Goldach nur extensiv durchgeführten Aufstiegskontrolle ist oder auf andere Gründe zurückgeführt werden muss, kann zur Zeit nicht beurteilt werden. Eine extensive Kontrolle als Ursache für die sehr geringe Wiederbeobachtungshäufigkeit ist für die zum Wehr des KW Reichenau aufsteigenden Fische allerdings auszuschließen, weil hier seit dem Jahr 2000 alle Fische in der Kontrollreue erfasst werden. Denkbar ist, dass die Wiederholung der Fortpflanzung der in der Goldach markierten Seeforellen ohne Beobachtung in einem anderen Zufluss stattfindet. In



**Abb. 8:** Forellen-Zyklus (nach Ruhlé & Kindle, 1993, geändert). Die Darstellung berücksichtigt die Erkenntnis, dass einerseits Seeforellen auch Bachforellen-Abkömmlinge sein können und dass andererseits Seeforellen-Abkömmlinge nicht zwingend aus dem Fließgewässer-Habitat abwandern.

der Steinach ist die Zahl der beobachteten Zweitlaicher etwas größer als in der Goldach (1996–2003: markiert 335, Zweitlaicher 36). Die Frage, weshalb die Zahl der Zweit- und Mehrfachlaicher nach bisherigen Erkenntnissen klein ist, erfordert jedenfalls weitere Abklärungen. Gleiches gilt für die Frage, ob es sich bei den beobachteten größeren und älteren Fischen (siehe auch Abbildung 25) um spät reifende Individuen handelt oder ob es Mehrfachlaicher sind, die früher nicht beobachtet wurden.

### 3. Der Zusammenbruch des Seeforellenbestandes und seine Ursachen

In der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts betrug der Seeforellenertrag der Berufsfischerei im Bodensee-Obersee im Mittel ungefähr 11.000 kg/Jahr (Ruhlé et al., 1984; Schulz, 1995a; Abb. 9). Zu Beginn der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts kam es wegen des Einsatzes von fängigeren Netzgeräten kurzfristig zu einer Ertragssteigerung. Danach sank der Ertrag trotz Besatzmaßnahmen in den 1970er Jahren kontinuierlich ab und erreichte 1985 ein Minimum von etwa 1550 kg. Diese Zahlen sind – wie die meisten fischereilichen Ertragszahlen – nicht als Absolutwerte zu verstehen, als Größen zur Beurteilung eines Entwicklungstrends eignen sie sich durchaus.

In der Periode des starken Rückgangs der Fänge der Berufsfischerei (ab 1955) ging auch die Zahl der laichreifen Tiere im Laichfischfang beim Kraftwerk Reichenau von rund 200 Tieren auf wenige Einzel Exemplare (Abb. 10) zurück.

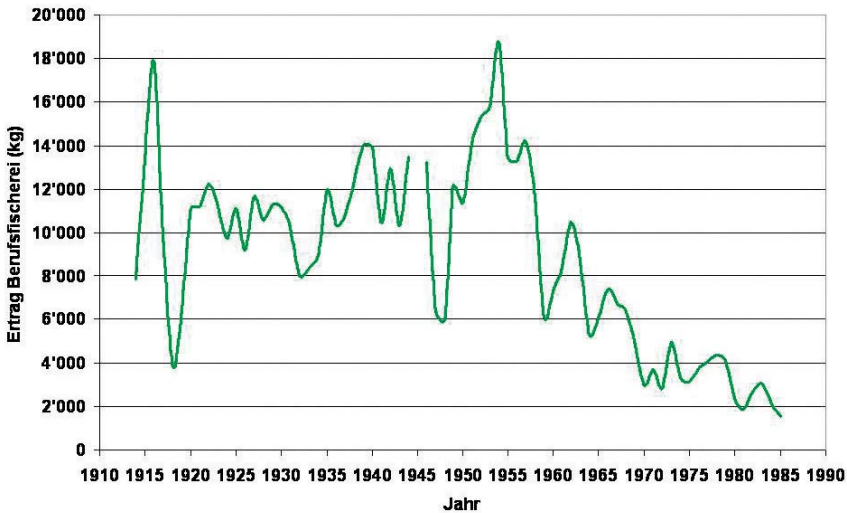


Abb. 9: Verlauf der Seeforellen-Fangerträge der Berufsfischerei des Bodensee-Obersees 1914 bis 1985

Die Ursachen für den Zusammenbruch des Seeforellenbestandes sind in verschiedenen Veröffentlichungen analysiert worden (Deufel & Löffler, 1978; Kindle, 1988; Nümann, 1973; Ruhlé, 1983; Ruhlé et al., 1984; Ruhlé, 1990; Ruhlé, 1992; Ruhlé, 1996; Ruhlé & Kindle, 1993; Wagner, 1983; Wagner, 1990). Sie zeigen, dass dafür nicht ein einzelner Grund verantwortlich ist, sondern eine Verkettung oder Vernetzung ungünstiger Umstände, unter denen allerdings dem Bau des Kraftwerks Reichenau (1959–1962) ohne Aufstiegshilfe eine zentrale Bedeutung zukommt. Mitverantwortlich sind aber auch unzureichende, während langer Jahre gültige Bestimmungen für die Fischerei in den Zuflüssen und im Bodensee. Summarisch dargestellt kann festgehalten werden (Schulz, 1995a), dass der Lebenszyklus der Seeforelle und der damit verbundene Wechsel zwischen See und Fließgewässer diesen Fisch für anthropogene Veränderungen besonders anfällig macht. Die abnehmende Erreichbarkeit der Fortpflan-

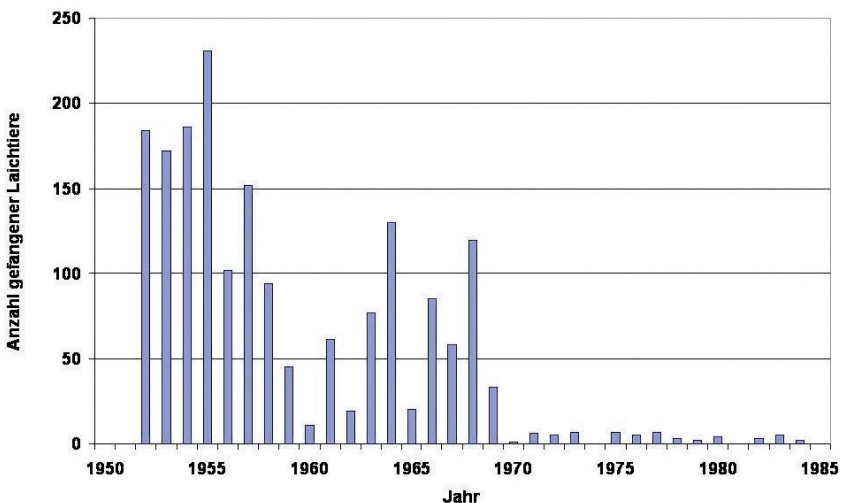


Abb. 10: Seeforellen-Laichfischfänge beim Wehr des Kraftwerks Reichenau 1952 bis 1985

zungsgewässer in Folge von Quer- und Längsverbauungen der Flüsse (unüberwindbare Ufersicherungen bei Zuflussmündungen), Verschlechterung der Wasserqualität, veränderte Wasserführung und Austrocknung der Laichplätze als Folge von Grundwasserabsenkungen, Kolmatierung der Gewässersohlen sowie der starke Befischungsdruck im Bodensee und früher auch in den Zuflüssen trugen zur drastischen Einschränkung der natürlichen Reproduktion und zur Dezimierung der Bestände bei.

### 3.1 Erreichbarkeit der Fortpflanzungshabitate

Nach Klunzinger (1881) steigt die Seeforelle zum Laichen in die stärkeren und stark strömenden Seezuflüsse, besonders in den Alpenrhein, die Ill, die Bregenzerach, aber nicht in die württembergischen Zuflüsse ein. Diese von Klunzinger angesprochene geringe Bedeutung der württembergischen Zuflüsse hat sich bis heute erhalten. Die nördlichen Zuflüsse des Bodensee-Obersees weisen in ihren Oberläufen zwar geeignete Strukturen zur Fortpflanzung von Salmoniden auf, dennoch konnten sie wegen der früh einsetzenden Verbauung der Flüsse durch Mühlenwerke bereits zu Zeiten Klunzingers oft nicht mehr erreicht werden. So wurden z. B. in der Argen schon Mitte des 16. Jahrhunderts Mühlen, Geschützgießereien und Hammerwerke gebaut. Die seenahen, noch erreichbaren Abschnitte waren kurz und strukturell ungeeignet, um die natürliche Reproduktion ausreichend zu ermöglichen (Schulz, 1995a). Anfangs der 1990er Jahre wurden jedoch in der Rotach aufsteigende Seeforellen vor einer unüberwindbaren Wehranlage beobachtet. Wiederansiedlungsversuche der Seeforelle fanden dort zuvor nicht statt (Konrad, Regierungspräsidium Tübingen, mdl.).

Die große Bedeutung des Rheins als Aufstiegs- und Fortpflanzungsgewässer ist auch aus den Beschreibungen der Fischereiverhältnisse im Kanton Graubünden von Lorenz (1898) abzuleiten. Nach diesem Autor kommt dem Hinterrhein eine geringere Bedeutung zu als dem Vorderrhein. Für den Vorderrhein nennt Lorenz (1898) die Gebiete bei Tavanasa, Danis, Ringenberg und Trun als Hauptlaichplätze. Auf diesen Laichplätzen soll die Rheinlanke, wie die Seeforelle des Rheins auch genannt wird, bis zur fast völligen Ausrottung befischt worden sein. Im Vorderrhein, bei Disentis, Trun und Ilanz, habe das Kloster Disentis Vache<sup>5</sup> betrieben (Lorenz, 1898). Solche Fach(t)en<sup>5</sup>, »welche den Fluss bis auf eine kleine Öffnung abschließen«, sind nach Klunzinger (1881) auch im Mündungsbereich des Alpenrheins errichtet worden. Auf St. Galler Seite befand sich z. B. auf der Höhe von Büchel (Gemeinde Rüthi) eines dieser Fache oder Archen (Haidvogel & Eberstaller, 1997).

Schädigende Auswirkungen auf den Seeforellenbestand hatte nach Lorenz (1898) u. a. das schon seit dem 17. Jahrhundert bestehende und den Aufstieg hindernde Wehr im Vorderrhein oberhalb von Reichenau, das nur bei günstiger Wasserführung von Seeforellen mittlerer Größe überwunden werden konnte (Wassali & Sprecher, 1860).

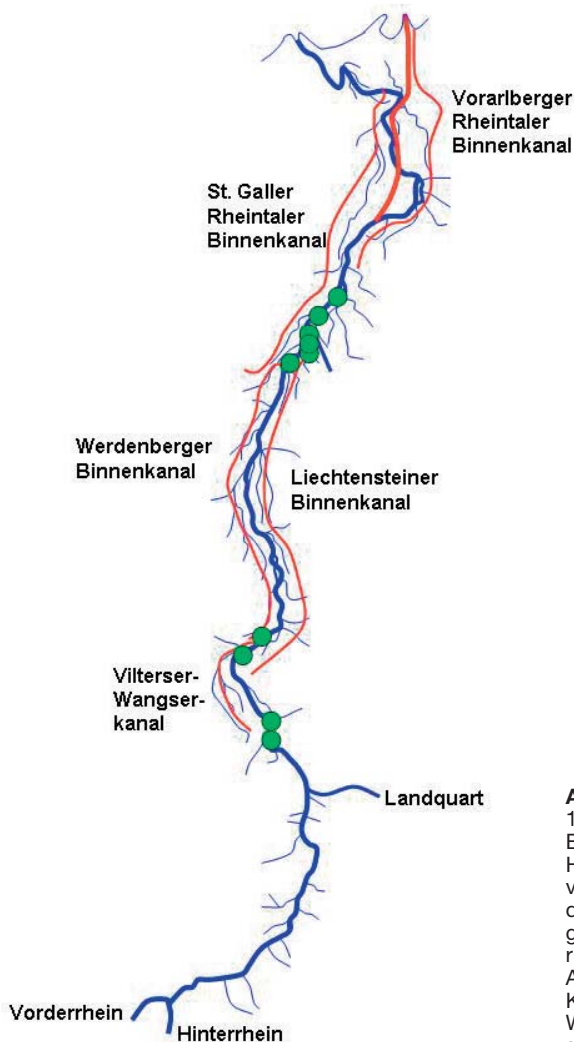
Klagen der Herrschaften Bludenz und Sonnenberg gegen die Herrschaft Feldkirch wegen des Ausfalls der Seeforellenwanderung als Folge des 1566 mit größerer Höhe wieder instand gestellten Wehrs in der Felsenau bei Feldkirch belegen, dass vor dieser Instandstellung Seeforellen in bedeutender Zahl auch in die obere Ill zogen (Haidvogel & Eberstaller, 1997).

Diese wenigen Hinweise zeigen, dass die Seeforelle schon früh auf ihrer Wanderung Hindernissen begegnete, die zum Teil auch fischereibedingt waren. Der Umstand hingegen, dass Klunzinger (1891) und Lorenz (1898) nur ein paar wenige Zuflüsse als Aufstiegs- und Fortpflanzungsgewässer nennen, braucht nicht zwingend als Zeichen für eine schon damals bestehende umfassende Einschränkung der Fortpflanzungsmöglichkeiten gewertet zu werden. In der Mitte des 19. Jahrhunderts war der Alpenrhein noch reich an Nebengewässern, in denen die Fortpflanzung stattfinden

---

5) Vach, Fach oder Arche: »... diese Bauten dienten offensichtlich der Fischerei. Jedes Hüttchen stand über der Mündung eines trichterförmig angelegten, flussaufwärts offenen Geheges aus Flechtwerk (Fach). In den Schlund und an die Wände des Fachs wurden auch hier Reusen gelegt ...« (Amacher, 1996). »Der Seeforellenfang wurde meist mit sogenannten »Archen« durchgeführt. Diese bestanden aus Weidenzäunen mit ca. 2 m Höhe, die an beiden Ufern des Rheins bzw. eines Rheinarms zur Flussmitte hin gesetzt und mit Pfählen befestigt wurden. In der Mitte blieb eine ca. 1 m breite Öffnung, in die eine Reuse eingebaut war ...« (Wartmann, 1783; zit. in Haidvogel & Eberstaller, 1997).

konnte: zwischen der Landquartmündung und dem Bodensee lagen rechtsseitig 23 und linksseitig 30 Zuflussmündungen (Haidvogel & Eberstaller, 1997; Abbildung 11). Schwerwiegende, den Aufstieg hindernde Eingriffe in den Zuflüssen erfolgten in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts. Dies gilt z.B. für die Landquart, in der eine 1867 errichtete, 6 m hohe Sperre den Zugang zu den urkundlich belegten Laichgründen oberhalb der Ortschaft Kloster und bei dem Weiler Serneus verwehrt (Ackermann, 2001). Besonders einschneidend war aber vor allem die Abkoppelung eines großen Teils der früher zwischen der Landquartmündung und dem Bodensee bestehenden 53 Nebengewässer, die in künstliche Kanäle links und rechts des begradigten Alpenrheins umgeleitet worden sind (Abb. 11). Gegenwärtig bestehen in diesem Abschnitt nur noch 10 direkte Zuflüsse (Haidvogel & Eberstaller, 1997). Als Ersatzaufstiegsgewässer konnten die Kanäle nur bedingt funktionieren. Im St. Galler Rheintaler Binnenkanal z.B. wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts drei Kraftwerke im Hauptschluss gebaut. Die gleichzeitig errichteten Fischtreppen waren funktionsuntüchtig und damit die oben liegenden Kanalzuflüsse als Fortpflanzungsgewässer verloren.



**Abb. 11:** Zuflüsse des Alpenrheins Mitte des 19. Jahrhunderts, die mehrheitlich durch das Binnenkanalsystem (dünne rote Linien) vom Hauptfluss abgetrennt worden sind. Die noch verbleibenden Zuflüsse zwischen der Landquartmündung und dem Bodensee sind durch grüne Punkte gekennzeichnet. Die Veränderungen am Hauptfluss sind nur im nördlichen Abschnitt eingezeichnet (starke rote Linie). Kartengrundlage: Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement; vereinfacht.

Kraftwerksbauten wurden auch in anderen Aufstiegsgewässern zu Hindernissen. In der Leiblach, in der allerdings bereits gegen Ende des 19. Jahrhunderts keine Seeforellen mehr beobachtet worden sind, wurde 1949 ein Wehr für einen Werkskanal in Betrieb genommen. Eine Fischleiter war eingebaut, jedoch für den Aufstieg von Fischen nicht geeignet (Marrer, 1975). Der Aufstieg in die Bregenzerach, der früher bis nach Bezau geführt haben soll, wurde 1839 durch den Bau des Wehrr Kennelbach unterbrochen. In das Wehr wurde 1939 ein Fischpass eingebaut, der aber während der Aufstiegszeit nur bei Hochwasser funktionierte. Zudem stiegen die Seeforellen nach dem Wehrbau fast ausschließlich bei Bregenz in diesen Werkskanal ein, von wo sie nicht mehr weiter wandern konnten.

Aufstiegshindernisse anderer Art waren die unzureichende Gewässergüte (Dornbirnerach, Vorarlberger Rheintaler Binnenkanal, Spiersbach, St. Galler Rheintaler Binnenkanal, Liechtensteiner Binnenkanal, Argen, Schussen, Rotach) und ausgetrocknete Gewässer als Folge von Grundwasserabsenkungen (z. B. Zapfenbach und verschiedene Gießen im Rheintal).

Wasserbaulich bedingte Korrekturen der Sohlenlage im begradigten Alpenrhein, Erosionsvorgänge, vor allem aber kommerzielle Kiesbaggerungen führten ab den 1950er Jahren zu einer Absenkung der Sohle des Alpenrheins (Zarn, 1999). Die zur Sicherung der Böschungen mit groben Blöcken errichteten Längsbauwerke, die bei Normalabfluss für das Zuflusswasser durchlässig waren, waren auch für schwimmstarke Fische nicht überwindbar. Dies führte zur Abtrennung verschiedener noch bestehender direkter Zuflüsse (Saar, Liechtensteiner Binnenkanal, Spiersbach) und ihrer Fortpflanzungshabitate. Der Absturz der Plessur bei der Mündung in den Alpenrhein wurde in den 1960er Jahren ohne Aufstiegshilfe instand gestellt, weil die Fortpflanzungshabitate im Sand bei der Mündung der Rabiosa wegen des Betriebs von Kraftwerken und wegen Wasserableitungen nicht mehr funktionstüchtig waren (Marrer, 1975).

In der Mitte des 20. Jahrhunderts gab es – neben bescheidenen Unterlauf-Abschnitten der Bregenzerach und der Ill sowie der Seelaichgebiete – zugängliche Laichgebiete nur noch im Vorderrhein bis auf die Höhe von Disentis, im Hinterrhein bis kurz hinter Thusis sowie in der Albula bis zur Schinschlucht (Michel, 2005). Für das Fortbestehen der Seeforelle des Bodensees hatten sie existenzielle Bedeutung. Der Bau des Kraftwerks Reichenau (1959–1962) ohne Fischaufstiegshilfe hatte deshalb zwangsläufig schwerwiegende Folgen für die natürliche Reproduktion der Seeforelle des Bodensees und damit für die Bestandserhaltung.

### **3.2 Schonbestimmungen**

Der unter Ziffer 3.1 beschriebene Raubbau bei den aufsteigenden Seeforellen in den Zuflüssen – Haidvogel und Eberstaller (1997) nennen für das frühe 19. Jahrhundert einen jährlichen Fangertag von rund 1000 Stück allein im Vorarlberger Alpenrhein-Abschnitt – war keine auf den Rhein beschränkte Erscheinung. Für die Schweiz jedenfalls widerspiegelt sie vielmehr die Denkweise der Zeit nach der Französischen Revolution, nach welcher jedermann jedes Gut uneingeschränkt nutzen konnte. Die Fischerei sank deshalb in der Mitte des 19. Jahrhunderts in vielen Ländern auf einen Tiefstand, der Abhilfe verlangte. Das erste schweizerische Bundesgesetz über die Fischerei (1888) schaffte einerseits die Voraussetzungen für den Abschluss von internationalen Vereinbarungen über die Fischerei in den Grenzgewässern, regelte andererseits aber auch den Fischereibetrieb in den Binnengewässern. Feststehende Fischfangvorrichtungen wie Fischwehre, Fache, Sperrnetze, die mehr als die Hälfte des Wasserlaufs versperrten, wurden verboten. Verboten war auch der Fischfang in den Mündungsbereichen der Zuflüsse in den Seen. Für die Seeforellen bestand eine Schonzeit vom 1. Oktober bis 31. Dezember und es galt ein Schonmaß von 30 cm. Ähnliche Bestimmungen bestanden auch im Fischereirecht des Fürstentums Liechtenstein. Auf württembergischem Gebiet wurde das Recht des Gemeingebrauchs zur Fischereiausübung frühzeitig beschränkt. Bereits 1614 erließ das Herzogtum Württemberg in der Forstverordnung Regeln und Vorschriften zur Fischereiausübung, die für das ganze Land galten. Auch für Baden galten schon seit dem Jahr 1852 fischereigesetzliche Bestimmungen (Geissler, 1957). Auf der Grundlage der Fischereigesetze setzten Vorarlberg und Bayern 1893 sowie Baden und Württemberg 1894 die Vorgaben der Bregenzer Übereinkunft von 1893 übereinstimmend um.

In der Bregenzer Übereinkunft von 1893 wurden den Seeforellen ein Schonmaß von 30 cm sowie eine Schonzeit vom 1. Oktober bis 31. Dezember zugemessen (Keiz, 1993). Es steht fest, dass diese Schonbestimmungen den in der Regel bereits damals anerkannten Grundsätzen der Schonung der Fische wenigstens vor der erstmaligen Fortpflanzung nicht zu genügen vermochten. Schon Klunzinger (1881) liefert Hinweise über den Eintritt der Fortpflanzungsfähigkeit der Seeforelle des Bodensees, für den er das vierte Jahr nennt. Wird dieses Alter, das durch jüngere Untersuchungen bestätigt wird (Ruhlé, 1983), mit dem Wachstum in Bezug gebracht (Abb. 4), so wird deutlich, dass bei einem Schonmaß von 30 cm der Fang von Seeforellen erheblich vor der ersten Fortpflanzung zulässig war. An dieser Feststellung vermag auch die 1950 vorgenommene Schonmaßerhöhung auf 40 cm für die sogenannte Grundforelle nichts Grundsätzliches zu ändern (siehe auch Abb. 5 und 6).

Eine gleichgerichtete Beurteilung ist für die in der Übereinkunft von 1893 festgeschriebene Schonzeit angezeigt. Die wichtigen Aufstiegsengewässer waren damals die großen im Osten des Sees mündenden Flüsse Bregenzerach, Ill und Alpenrhein, in welche die Seeforellen schon im Sommer einstiegen (Klunzinger, 1881; Amann zitiert nach Marrer, 1975; Bericht des Landesfischereizentrums Vorarlberg, Aufzeichnungen des Amtes für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden, 2003). Es handelte sich also um Früh- bzw. Langdistanzwanderer, für die eine Schonung im See nach dem Einstieg in diese Flüsse nicht zielführend sein konnte. Die Schonzeit wurde dieser Erkenntnis entsprechend 1959 auf den Zeitraum vom 15. Juli bis 15. September vorverlegt (Keiz, 1993). Mit dieser Schonzeit konnte allerdings den Schutzbedürfnissen der Spät- bzw. Kurzdistanzwanderer nicht Genüge getan werden.

Die damals im Bodensee angewandten Schonbestimmungen vermochten insgesamt keinen Beitrag zur Sicherung der Fortpflanzung und des Bestandes zu erbringen.

### 3.3 Suche nach Problemlösungen

Die Erhaltung eines Fischbestandes, dessen natürliche Fortpflanzung nicht mehr gewährleistet ist, bedingt besatzwirtschaftliche Maßnahmen. Bereits gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde deutlich, dass die intensive Fischerei auf aufsteigende Forellen ohne geregelte Laichgewinnung schädliche Folgen hat. An einer internationalen Fischereikonferenz in Wien im Jahre 1885 sind Empfehlungen über Fördermaßnahmen abgegeben worden, die auch die Errichtung von Brutanstalten für Forellen und Felchen beinhalteten (Keiz, 1993).

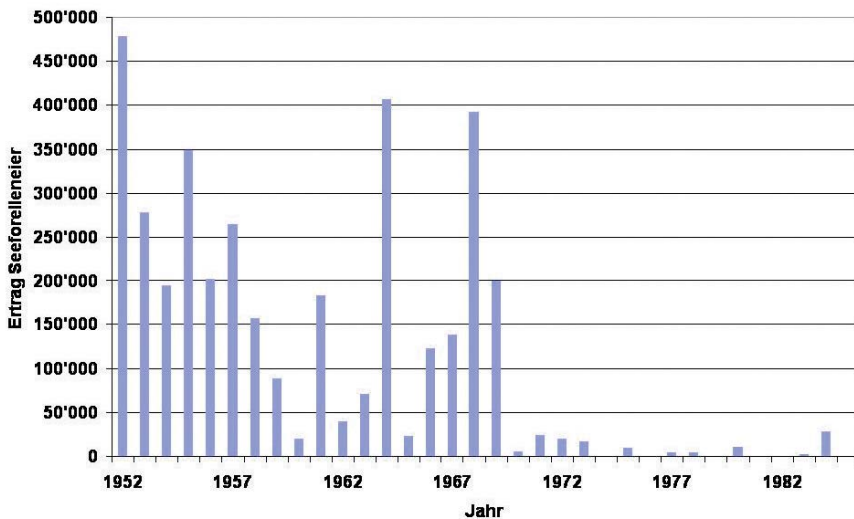


Abb. 12: Ertrag an Seeforelleneiern aus dem Laichfischfang im Alpenrhein bei Reichenau 1952–1985

(Quelle: Amt für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden, 2004)



Die Gewinnung von autochthonem Fortpflanzungsmaterial setzt allerdings das Vorhandensein von Fischen voraus, welche die Geschlechtsreife erreicht haben. Wie unter 3.2 dargelegt, erfüllten die Schonbestimmungen für die Fischerei im Bodensee die Voraussetzungen dafür nicht. Es vermag deshalb nicht zu erstaunen, dass die Gewinnung von Seeforelleneiern im Laichfischfang im Alpenrhein bei Reichenau schon Anfang der 1970er Jahre eingebrochen ist (Abb. 12).

Wegen des fast gänzlichen Verlustes der Fortpflanzungsgebiete und der weitgehenden Verhinderung der natürlichen Reproduktion sah die IBKF vorerst keine Veranlassung, ein reproduktionsbiologisch ausgewiesenes Schonmaß vorzuschreiben. Den Anträgen auf Schonmaßerhöhung (z.B. 1970 durch Bayern und durch den IBF [Internationaler Bodensee-Fischereiverband]) wurde nicht entsprochen. Das seit 1955 gültige, reproduktionsbiologisch allerdings ebenfalls ungenügende Schonmaß von 40 cm wurde vielmehr 1978 auf 35 cm reduziert. Begründet wurde die Maßnahme mit der seeinternen Besatzwirtschaft und mit der Selektivität der von der Berufsfischerei verwendeten Schwebnetze mit 44 mm Maschenweite (Ruhlé et al., 1984). Damit konnte wenigstens verhindert werden, dass die immer wieder stattfindende Auseinandersetzung über die ungleiche Behandlung der Berufsfischer und der Angelfischer in der Schonmaßfrage fortgeführt wurde.

In der Folge wurde die Beschaffung von autochthonem Besatzmaterial immer schwieriger. Der Versuch, im Bodensee selbst fortpflanzungsfähige Forellen zur Laichgewinnung zu fangen, war zum Scheitern verurteilt. Für die Aufrechterhaltung der Besatzwirtschaft wurde damit der Zukauf von Besatzmaterial z. B. aus dem Genfer See und dem Alpsee (Bayern) unumgänglich. Dabei wurden heute selbstverständliche genetische Kriterien (wie der Verzicht auf den Einsatz von Fischen aus fremden Einzugsgebieten; Largiadèr & Hefti 2002) außer Acht gelassen. Zudem erschwerte sich die Beschaffung von Besatzmaterial aus anderen Seeforellenbeständen zusehends, weil die Seeforellenbestände anderer Seen ebenfalls stark gefährdet waren.

Die Besatzwirtschaft mit Regenbogenforellen wurde deshalb zur naheliegenden Alternative. Sie sind bei den kommerziellen Fischzüchtern günstig zu erwerben. Sie waren aber auch in verschiedenen staatlichen Fischbrut- und Fischzuchtanstalten geschätzt, weil sie fischzüchterisch keine hohen Anforderungen stellen. Dies und die mit ihnen erzielten Besitzerfolge, die Nümann aufgrund der von ihm durchgeführten Versuche anfänglich noch angezweifelt hatte (IBKF, 1970), förderten eine positive Haltung gegenüber Regenbogenforellen-Einsätzen und ließen die Suche nach Lösungen, die auf die komplexen Problemursachen ausgerichtet waren, erlahmen. Ihren Auswirkungen auf das Zuflusssystem wurde noch in den 1970er Jahren wenig Beachtung geschenkt.

Der Bericht der 1983 von der IBKF ins Leben gerufenen »Arbeitsgruppe Seeforelle« (Ruhlé et al., 1984) nennt summarisch als bedeutendste Probleme der Seeforellenbewirtschaftung die ungenügenden Schonbestimmungen in der Fischerei im Obersee und die Fortpflanzungserchwernisse in den Zuflüssen. Er betont des Weiteren, dass die beiden Problembereiche verhängnisvoll miteinander verknüpft seien und dass der Glaube an eine Problemlösung mittels seeinterner Besatzwirtschaft eine entscheidende Rolle spiele (Abb.13).

#### **4. Das Seeforellenprogramm als integrale Problemlösung**

Die Durchsicht der Protokolle der IBKF aus den frühen 1970er Jahren führt zum Eindruck, dass damals die Voraussetzungen nicht gegeben waren, um die fischereilichen und artenschutzrechtlichen Probleme bei der Bodensee-Seeforelle in ihren ganzen Ausmaßen zu erkennen. Dementsprechend fehlten Vorstellungen zu konkreten und umfassenden Problemlösungen. Die Lösungsansätze waren vielmehr sektoriell auf die sich jeweils stellenden Fragen ausgerichtet. Ein »roter Faden« findet sich nicht. So wurde in einem Jahr (1975) die Auffassung vertreten, es sei im Sinn der Empfehlungen der Sachverständigen auf Regenbogenforelleneinsätze zu verzichten. Nur ein Jahr später wurden Regenbogenforelleneinsätze ausnahmsweise aber zugelassen, sofern das Eimaterial aus dem Bodensee stammte und die Besatzfische unter staatlicher Kontrolle produziert wurden. Im Jahre 1976 bestand noch die Meinung, das Seeforellen-Schon-



**Abb. 13:** Schematische Darstellung der Verknüpfung der Problembereiche »Schonbestimmungen im See« und »Fortpflanzungerschwernisse in den Zuflüssen«

maß sei bei 40 cm zu belassen; bereits 1978 wurde es um 5 cm auf 35 cm verringert. Weitere ähnliche Beispiele könnten beigelegt werden.

Im Jahre 1977 erteilte die IBKF dem Sachverständigenausschuss aber den Auftrag, bis 1978 einen Gesamtbericht über die Bewirtschaftung der Forellenbestände zu erstatten. Und 1979 richtete der neue Bevollmächtigte des Fürstentums Liechtenstein einen Appell an die Anliegerstaaten, sich für die Sicherstellung des Forellenaufstiegs einzusetzen. Dies hat offensichtlich dazu beigetragen, für die Seeforellenprobleme zielgerichtete und integrale Lösungen zu suchen.

In der Folge wurden verschiedene seeforellenrelevante Beschlüsse getroffen. Für die Umsetzung des Seeforellenprogramms wurde die »Arbeitsgruppe Seeforelle« der IBKF ins Leben gerufen. Das Programm umfasste im Wesentlichen folgende Schwerpunkte:

- Erfassung der Fortpflanzungshabitate
- Seeforellenaufstieg
- Bereitstellung von Seeforellensetzlingen
- Schonbestimmungen
- Artenschützerische Aspekte unter Beachtung der »Frühwanderer« und »Spätwanderer«
- Nachhaltigkeit der fischereilichen Nutzung im See und den Zuflüssen
- Veröffentlichung einer geeigneten Gesamtdarstellung über die Seeforelle.

Die Veröffentlichung der Gesamtdarstellung erfolgte im Jahre 1984 (Ruhlé et al., 1984). Darin wurde festgehalten, dass die abnehmenden Erträge die Bestandesentwicklung widerspiegeln und dass bei gleichgerichtetem Fortlauf der Entwicklung die Seeforelle in absehbarer Zeit aus dem Bodensee und seinen Zuflüssen verschwinden werde. Das Programm brachte unmissverständlich zum Ausdruck, dass deshalb überall dort, wo Problemursachen ausgemacht worden sind, ohne Rücksichtnahme auf die divergierenden Interessen der verschiedenen Betroffenen nach Lösungen gesucht werden müsse. Ein weiterer Beitrag zum Programm zum Schutz der Seeforelle lieferte Schulz (1995b).

Die »Arbeitsgruppe Seeforelle« der IBKF erhielt 1988 »in Würdigung des staaten- und länderübergreifenden Vorgehens zur Rettung der Bodenseeforelle« eine Anerkennungs-gabe des Kuratoriums des Binding-Preises für Natur- und Umweltschutz.

## **4.1 Verbesserung der Schonmaßnahmen in der Bodenseefischerei**

### **4.1.1 Schonmaß**

Die IBKF hat bereits anlässlich ihrer Konferenz von 1983 in zwei Bereichen Verbesserungen der Schonvorschriften für die Fischerei im Bodensee-Obersee zugestimmt, indem sie das Schonmaß auf 50 cm erhöhte und die Maschenweite des Forellensatzes diesem Schonmaß anpasste. Damit wurde gewährleistet, dass wenigstens 20% aller Fische die Fortpflanzungsfähigkeit erlangen (Abb. 5). Das Schonmaß von 70 cm, bei dem der überwiegende Teil der Seeforellen die Geschlechts- und Laichreife erlangt, wurde nicht weiter verfolgt.

### **4.1.2 Schonzeit**

Die Schonzeit wurde 1984 entsprechend den Anforderungen der »Frühwanderer« im Zeitraum 15. Juli bis 15. September belassen. Für einen umfassenden Schutz im Sinn der Vorstellungen der Arbeitsgruppe, der auch den Anforderungen der »Spätwanderer« genügen würde, fehlte den Bevollmächtigten damals noch die erforderliche Entscheidungsgrundlage. In diesem Jahr wurde allerdings auf Antrag des Internationalen Bodensee-Fischereiverbandes (IBF) beschlossen, dass ab 1. Januar 1985 für drei Jahre eine ganzjährige Schonzeit gelte. Eine besondere Schonzeit für die »Spätwanderer« wurde an der Konferenz 1987 eingeführt. Seit diesem Zeitpunkt gibt es für die Seeforelle des Bodensees zwei Schonzeiten, nämlich für die Zeiträume 15. Juli bis 15. September und 1. November bis 10. Januar.

### **4.1.3 Weitere Schonmaßnahmen**

Der Schutz der Bodensee-Seeforelle wurde aber nicht nur bei denjenigen Bestimmungen verbessert, welche die Seeforelle unmittelbar betreffen. Alle Beschlüsse, welche Änderungen bei den Einsatzmodalitäten der Fanggeräte zum Gegenstand haben, wurden und werden unter Würdigung allfälliger Auswirkungen auf die Seeforelle gefällt. So wurde 1987 ein Einsatzverbot für Bodennetze auf der Halde für die Zeit vom 16. Dezember bis 9. Januar erlassen; ein Antrag des IBF, in der Zeit vom 14. November bis 9. Januar hier wenigstens Bodennetze mit einer Maschenweite von 60 mm zuzulassen, wurde wegen des Risikos der Seeforellen-Beifänge anlässlich der Konferenz von 1990 abgelehnt. Anlässlich der Konferenz von 1994 fällten die Bevollmächtigten den Beschluss, dass in der Zeit vom 15. Oktober bis 15. März der Zandersatz mit Schnüren von wenigstens 5 m gesetzt werden müsse. Aus dem Bereich der Angelfischerei kann beispielhaft die Bestimmung genannt werden, nach welcher während der Seeforellenschonzeit nur mit Einfachhaken geschleppt werden darf (1984).

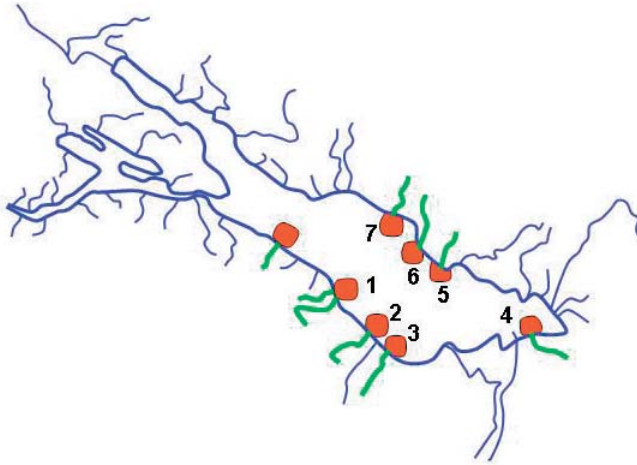
Der Seeforelle kamen aber vor allem die Netzzahl-Verringerungen zugute. In der Schwebnetzfisherei wurde die je Patent zulässige Netzzahl per 1. Januar 1981 von 6 auf 4 und per 1. Januar 1988 von 4 auf 3 verringert. Im Jahre 1990 wurde beschlossen, die Zahl der Bodennetze, die von einem Patentinhaber eingesetzt werden dürfen, von 20 auf 12 zu verringern. Kein Erfolg war aber der Suche nach Lösungen für die Einschränkung der Beifänge juveniler Seeforellen in der Felchenfischerei beschieden.

### **4.1.4 Schongebiete**

Eine Schonmaßnahme besonderer Art stellt die erst in den letzten Jahren verwirklichte Ausweisung von Schongebieten zur Sicherstellung des Einstiegs vor den Mündungen verschiedener Zuflüsse dar (Abb. 14). Ihr zeitlicher und räumlicher Geltungsbereich ist den Aufstiegsverhältnissen in den jeweiligen Zuflüssen angepasst. Die Ausweisung weiterer Schongebiete ist für die Zukunft vorgesehen.

## **4.2 Intensivierung der Besatzmaßnahmen**

Das Anliegen, zu Gunsten der Seeforelle eine intensive Besatzwirtschaft mit qualitativ hochwertigem Besatzmaterial zu betreiben, ist alt und lässt sich schon aus den Besatzzahlen für die Jahre um 1900 ableiten (Ruhlé et al., 1984). Ausdruck dafür ist aber auch das 1937 zwischen den Kantonen St. Gallen und Graubünden abgeschlossene Übereinkommen über die Fische-

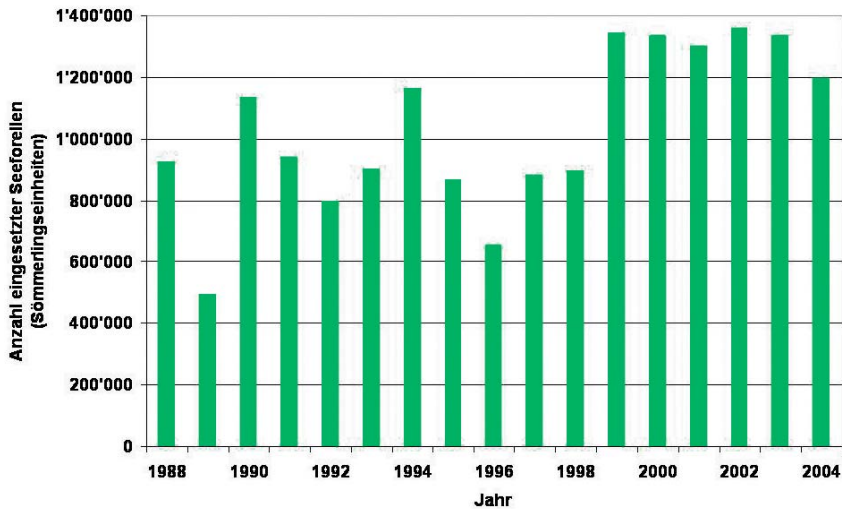


**Abb. 14:** Schongebiete zur Sicherstellung des Einstiegs in die Bodenseezuflüsse (1 = Hornbach/Eschelischbach, Aach, 2 = Steinach, 3 = Goldach, 4 = Bregenzerach, 5 = Argen, 6 = Schussen, 7 = Rotach)

rei in der Grenzstrecke des Rheins, mit welchem auch die Verwendung der im Laichfischfang bei Reichenau gewonnenen Seeforelleneier geregelt wird.

Der hohe Stellenwert, welcher der Besatzwirtschaft beim Wiederaufbau des Seeforellenbestandes zukommt, war auch der IBKF und der »Arbeitsgruppe Seeforelle« bewusst gewesen. Zum Zeitpunkt, als Aufträge zur Suche von Verfahren für die Beschaffung von autochthonem Seeforellen-Besatzmaterial erteilt wurden, waren Laichtiere aber kaum mehr vorhanden. Im Jahre 1983 konnten vor dem Wehr des Kraftwerks Reichenau gerade noch vier aufgestiegene Seeforellen-Weibchen und ein Seeforellen-Männchen gefangen werden. Von diesen Fischen wurden 2000 Eier gestreift. Die daraus gewonnenen Fische bildeten den Grundstock von Elterntierstämmen und wurden während der folgenden Jahre immer weiter ausgebaut. Zudem wurden sie durch den Einbezug von Eiern und Jungfischen von Laichtieren weiterer Laichfischfänge auch in anderen Zuflüssen ergänzt. So wurden im Jahre 2000 bei den Bodensee-Anrainern, im Fürstentum Liechtenstein und im Kanton Graubünden in elf Elterntierstämmen insgesamt fast 20.000 Seeforellen unterschiedlicher Altersklassen der Provenienzen Rhein, Landquart, Goldach, Bregenzerach, Leiblach, Argen und Rotach für die Sicherstellung eines Teils der Besatzfische gehalten. Ein anderer Teil stammt jeweils von Eiern ab, die bei verschiedenen Laichfischfängen gewonnen werden. Über die seit den späten 1980er Jahren getätigten Einsätze, die, soweit sinnvoll in den Zuflüssen, in geringem Umfang auch im See erfolgten, gibt Abbildung 15 Auskunft.

Die Intensivierung der Besatzwirtschaft mit autochthonen Seeforellen kann nicht vom Regenbogenforellen-Geschehen losgelöst verstanden werden. Die Anfänge der Abkehr von der Besatzwirtschaft mit dieser aus dem Westen Nordamerikas eingeführten Fischart erfolgte, als die IBKF erkannte, dass mit den Forelleneinsätzen nicht nur fischereiwirtschaftliche, sondern auch artenschützerische Aufgaben zu lösen waren (Ruhlé et al., 1984). Für eine verstärkte Ausrichtung der Besatzwirtschaft auf Seeforellen sorgte zudem die die früher schon an anderen Orten beobachtete (Hayes, 1987) und hier 1989 erstmals thematisierte Konkurrenz zwischen den einheimischen Forellen und den Regenbogenforellen (IBKF, 1989). Die Frage der Konkurrenz der beiden Arten wurde Gegenstand eines Gutachtens, für das die IBKF 1990 der EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) einen Auftrag erteilte (Peter, 1997). Das Gutachten enthielt u.a. die Empfehlung, auf



**Abb. 15:** Seit 1988 getätigte Seeforelleneinsätze (Umrechnung von Brütlingen, Vorsömmerlingen/Vorstrecklingen und Jährlingen zu »Sömmerlingseinheiten« nach Roth (1985))

Regenbogenforellen-Einsätze in die Bodensee-Zuflüsse zu verzichten.<sup>6</sup> Die Empfehlung wurde 1997 von Baden-Württemberg und Bayern umgesetzt. In die liechtensteinischen und schweizerischen Zuflüsse konnten aufgrund der Bestimmungen des jeweiligen Landesrechts bereits seit 1990 bzw. 1994 keine Regenbogenforellen mehr eingesetzt werden. Das Land Vorarlberg hat die Empfehlung nicht in vollem Umfang übernommen, sondern auf Fließgewässer beschränkt, in denen die Bachforelle ihren natürlichen Lebensraum hat. In anderen Fließgewässern, wo vor allem Defizite der Gewässerstruktur und der hydrologischen Gegebenheiten (z.B. Schwall) das Aufkommen der See- und Bachforelle beeinträchtigen, wird bis zur Behebung der Defizite ein moderater Besatz mit Regenbogenforellen toleriert.

Der Verzicht auf Regenbogenforelleneinsätze in den See, dem von allen Anrainern seit 1988 nachgelebt wird, und der Einsatzverzicht für die meisten Zuflüsse haben auch diejenigen personellen und infrastrukturellen Ressourcen zugänglich gemacht, die früher für die Erbrütung und Aufzucht von Regenbogenforellen genutzt worden sind. Der Verzicht auf Regenbogenforelleneinsätze hat vor allem aber zu einem Leistungszwang bei den Anstrengungen zugunsten der Seeforellen-Besatzwirtschaft geführt. Mit ihnen sollte dem Anliegen der Angler Rechnung getragen werden, trotz umfassendem Schutzprogramm wieder Forellenfänge tätigen zu können.

### 4.3 Beseitigung von Aufstiegshindernissen

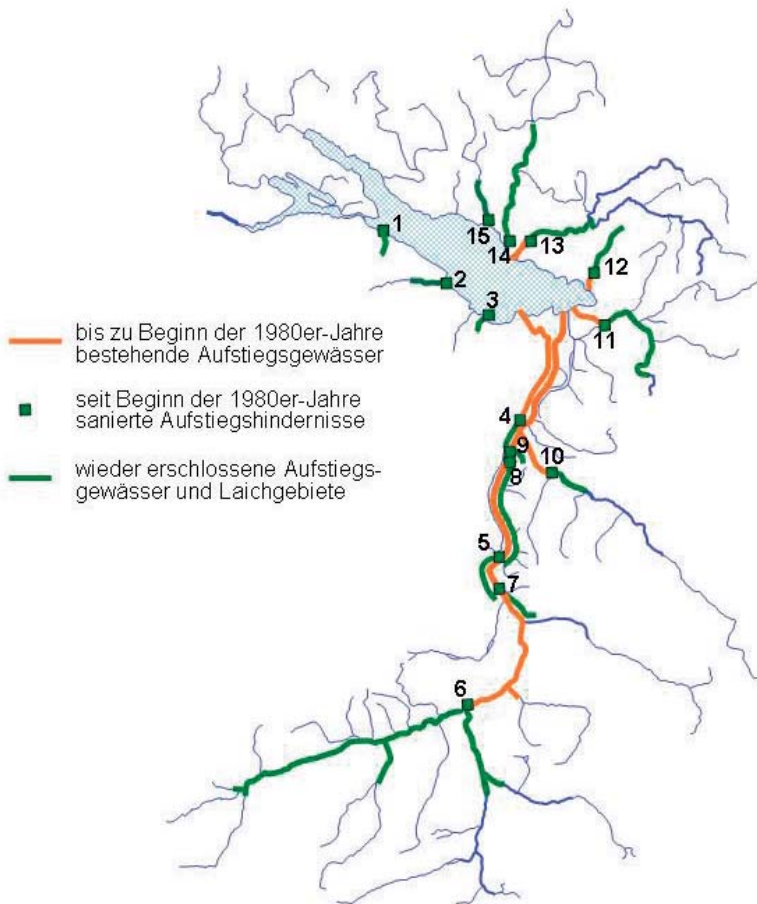
Im Bericht der »Arbeitsgruppe Seeforelle« (Ruhlé et al., 1984) wurde das zu Beginn der 1970er Jahre erstellte Inventar über die Aufstiegshindernisse (Marrer, 1975) aktualisiert. Die Auf-

6) Der Schweizerische Fischereiverband hat sich zum erwähnten Gutachten in einer Stellungnahme geäußert (SFV, 1998) und darin die Auffassung vertreten, dass weder eine statistische Beweisführung noch überzeugende Indizien für die Hypothese bestünden, neben dem Fehlen geeigneter Lebensräume und ausreichender Wasserqualität sei vor allem die Konkurrenz durch die Regenbogenforelle Ursache für das weitgehende Verschwinden der Bachforelle.

Die Widersprüche in der Frage der Konkurrenz zwischen der einheimischen Forelle und der Regenbogenforelle haben den schweizerischen Bevollmächtigten an der Konferenz im Jahr 2001 veranlasst, den Regenbogenforellenbesatz zu thematisieren. Im Jahre 2002 wurde eine Expertenbefragung angekündigt. Sie fand im Jahre 2003 statt. Keiner der befragten Experten hat die Auffassung vertreten, dass Regenbogenforellen-Einsätze unter allen Umständen mit dem Nachhaltigkeitsprinzip im Widerspruch stünden. Damit waren die Grundlagen für einen auf sieben Jahre beschränkten Versuch gegeben, in dessen Rahmen neben Verbesserungen des Lebensraumes und der verstärkten Äschenförderung in die Binnenkanäle auf Schweizer Seite Regenbogenforellen eingesetzt werden können. Ein Monitoring begleitet den Versuch.

arbeitung zeigte, dass verschiedene Hindernisse im ersten Inventar fehlten. Für sankt-gallische Gewässer galt dies z. B. für die Goldach und die Steinach, die durch Sohlensicherungsschwellen – erstellt im Zusammenhang mit dem Eisenbahnbau Rorschach–Romanshorn – abgeschnitten worden waren, oder für den Sickerkanal bei Widnau, in welchem Wassergüteprobleme eine weitere Nutzung als Fortpflanzungshabitat verhinderten.

Erste Sanierungen setzten 1981 ein. Damals wurde der Liechtensteiner Binnenkanal für Seeforellen wieder zugänglich gemacht. Das auf schwimmstarke Fische ausgerichtete Bauwerk wurde in einem zweiten Schritt (1999/2000) naturnah und auch für Kleinfische passierbar umgebaut (Abb. 17 und 18). Weitere besonders wichtige Sanierungen sind der Bau von Fischpassanlagen am Wehr Kennelbach in der Bregenzerach (1987), am Wehr des Kraftwerks Reichenau (2000) und an der Ill beim Hochwuhr in Feldkirch (2003). In Tabelle 1 sind die einzelnen Sanierungen und die dafür aufgebrauchten Finanzmittel aufgelistet. Es sind dies in Summe bisher 17,5 Mio. sfr oder 11,7 Mio. Euro. Abbildung 16 gibt einen Überblick über die seit Beginn der 1980er Jahre sanierten Hindernisse.



**Abb. 16:** Seit Beginn der 1980er Jahre beseitigte Aufstiegshindernisse (die Ziffern beziehen sich auf die Angaben in Tabelle 1)

Tab. 1: Überblick über die wichtigsten Sanierungen von Aufstiegshindernissen

Nr. gem. Abb. 15	Jahr	Beseitigtes Hindernis – errichtete Aufstiegshilfe	Erschlossene Aufstiegs- gewässer und Laichgebiete	Approx. Sanierungs- kosten (CHF)
1	2001/2003	Stichbach Bottighofen: Sanierung von 3 Wehren und 1 Betonabsturz	2,4 km	3.000.000
2	2000/2004	Aach (Romanshorn/Salmsach): Beseitigung von 4 Schwellen	10 km	150.000
3	1983/1991	Goldach: Sanierung von Schwellen im Unterlauf	2 km	25.000
4	1989	Rheintaler Binnenkanal SG: Einbau von 3 Beckenpässen bei den Kraftwerken	20 km	600.000
5	1985	Saar: Einbau eines Beckenpasses über die Böschung bei der Mündung der Saar in den Alpenrhein	20 km	150.000
6	2000	Alpenrhein GR: Einbau eines Vertical-Slot-Passes beim Wehr des KW Reichenau	90 km	5.000.000
7	2003	Mühlbach GR: Einbau eines Fischpasses bei der Mündung des Mühlbachs in den Alpenrhein	5 km	9600
8	1981 1999/2000	Binnenkanal FL: Sanierung der Mündung in den Alpenrhein	40 km	1.500.000
9	1991	Spirsbach: Sanierung der Mündung in den Alpenrhein	3 km	86.000
10	2003	Ill bei Feldkirch: Einbau eines Vertical-Slot-Passes beim Hochwuh	26 km	1.000.000
11	1986–1987	Bregenzerach: Einbau eines Beckenpasses beim Wehr Kennelbach	30 km	208.000
12	1994	Leiblach: Sanierung der Fischtreppe am Sannwald-Wehr	27 km	900.000
13	1993–1997	Argen: Sanierung der Schwellen 25 und 28 sowie des Kauffmannschen Wehrs	23 km	4.800.000
14	1994–1998	Schussen: Umbau von 3 Abstürzen in der Schussen in raue Rampen	23 km	30.000
15	1997/98, 2002	Rotach: Sanierung Rundelwehr	4 km	60.000

Beispielhaft wird auf zwei Bauwerke besonders eingegangen: die Mündung des Liechtensteiner Binnenkanals wegen seiner naturnahen Ausbauf orm und Anbindung an den Alpenrhein und die Fischaufstiegshilfe beim Kraftwerk Reichenau wegen ihrer großen Bedeutung für die Erschließung verschiedener wichtiger Laichgebiete. Damit sei in keiner Weise die Bedeutung der anderen Sanierungen verkannt.

### **Die Anbindung des Liechtensteiner Binnenkanals an den Alpenrhein**

Die Kiesentnahmen aus dem Alpenrhein in den 1950er- und 1960er Jahren führten, wie bereits erwähnt, zu einer Eintiefung der Rheinsohle um mehrere Meter (Zarn, 1999). Dadurch wurden früher niveaugleiche Zuflüsse abgeschnitten. Erhebliche Wassermengen dieser Zuflüsse flossen seither durch die grobblockigen Rheinböschungen, und der Einstieg in die Zuflüsse wurde unterbunden. Prominentes Beispiel (neben Saar und Spirsbach) ist die Mündung des Liechtensteiner Binnenkanals, bei der im Vergleich zu 1944/45 die Eintiefung der Rheinsohle rund 4 bis 4,5 Meter ausmachte.

In einem ersten Sanierungsschritt wurde die Höhendifferenz 1981 mit einem klassischen Beckenpass überwunden (Abb. 17). Bald wurde allerdings deutlich, dass diese technische Vernetzungsmaßnahme nur schwimmstarken Fischen, insbesondere den Forellen und einigen wenigen Äschen, zugute kam.

Für kleinere oder weniger schwimmstarke Fischarten sowie für die Kleinorganismen der Gewässersohle waren die Abstürze der Fischtreppe weiterhin nicht überwindbar (Bohl et al., 2004). Dieser aus fisch- und gewässerökologischer Sicht unbefriedigende Zustand, der im Widerspruch zu den Anforderungen des liechtensteinischen Fischereigesetzes steht, hat den



**Abb. 17:** Beckenpass als technische Lösung für das Aufstiegshindernis bei der Mündung des Liechtensteiner Binnenkanals  
(Bild: Ruhlé)



**Abb. 18:** Mündung des Liechtensteiner Binnenkanals nach der später vorgenommenen Sanierung in Form eines natürlichen Fließgewässers  
(Bild: P. Rey)





**Abb. 19:** Luftbild des linken Wehrteils des Kraftwerks Reichenau mit Vertical-Slot-Fischpass hinter der linksufrigen Böschungsmauer. Die untere und obere Öffnung des Passes sind mit roten Pfeilen markiert.  
(Bild: Tiefbauamt des Kantons Graubünden)

Staat und die Gemeinden dazu bewogen, eine umfassende Umgestaltung der Binnenkanalmündung vorzunehmen (Abb. 18). Der Umgestaltung ist ein großer Erfolg beschieden: Während vor dem Bau der klassischen Fischtreppe lediglich vier schwimmstarke Fischarten im unteren Kanalabschnitt vorgekommen waren, werden dreieinhalb Jahre nach Abschluss der Revitalisierungsarbeiten im mündungsnahen Bereich 16 Fischarten, darunter neu auch strömungsindifferente Arten und eine stillwasserliebende Art nachgewiesen.

#### ***Die Fischpassanlage beim Wehr des Kraftwerkes Reichenau***

Das Kraftwerk wurde 1959–1962 ohne Fischaufstiegshilfe gebaut, vorab auch deshalb, weil zum Zeitpunkt seiner Errichtung rheinabwärts weitere Kraftwerksbauten zur Diskussion standen. Die Durchwanderbarkeit einer Staukette mit mehreren aufeinander folgenden Aufstiegs-

hilfen wurde damals in Frage gestellt. Allerdings wurde dann nur das Kraftwerk Reichenau gebaut. Die schwerwiegenden Folgen der Abtrennung der Fortpflanzungsgebiete im Vorder- und Hinterrhein sind bereits dargelegt worden. Erste Bestrebungen zur Sanierung in jüngerer Zeit kamen 1986 auf. Unmittelbarer Auslöser war der Vollausbau der Autobahn N13, der im Raum Reichenau eine Verlegung des Alpenrheins nach links bedingte. Dafür konnten Kompensationsleistungen aus Straßenbaukrediten erhalten werden, die für den Bau einer Aufstiegshilfe eingesetzt werden sollten. Weitere Impulse erfolgten durch den abschlägigen UVP-Bescheid für die Kraftwerkskette im sankt-gallisch-liechtensteinischen Rheinabschnitt im Jahre 1991 (Jungwirth et al., 1991) durch die Pläne, unterhalb von Reichenau eine zweite Nutzungsstufe Reichenau–Mastrils anzuschließen (Patvag, 1988) und durch eine außergerichtliche Einigung in einer zivilrechtlichen Beschwerde gegen die damalige Kraftwerksbetreiberin.

Im Laufe der letzten Jahre sind 3 grundsätzlich verschiedene Projektideen diskutiert worden, und zwar ein Umgehungsgerinne parallel zur Ausleitungsstrecke, ein Fischlift bei der Zentrale mit einer Transportrinne zum Stauraum und – im Rahmen der Projektierung der zweiten Nutzungsstufe Reichenau–Mastrils – ein Beckenpass beim Wehr. Das Projekt Reichenau–Mastrils wird zur Zeit nicht weiter verfolgt. Nach schwierigen Verhandlungen konnte aber eine Lösung gefunden werden, bei der unter weitgehender Beibehaltung des bestehenden Regimes (verarbeitete Wassermenge bei der Zentrale max.  $120 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und der Restwasserregelung im Sinn des Projekts Reichenau–Mastrils (Restwasser in der Ausleitungsstrecke  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) eine Aufstiegshilfe mit einem Vertical-Slot-Fischpass vom linken Wehrkolk aus (Abb. 19) gebaut werden konnte. Die große Zahl der seit Inbetriebnahme des Fischpasses in der Kontrollreuse (Abb. 20) erfassten Aufsteiger bestätigt, dass das im Vergleich zur verarbeiteten Wassermenge bescheidene Restwasser eine ausreichende Lockwirkung hat, um die Fische zum Wehr zu führen. Der Verlauf der Fänge in der Kontrollreuse bestätigt im Weiteren die bisherigen Kenntnisse über den jahreszeitlich früh einsetzenden Verlauf der Laichwanderung der Seeforellen bei Reichenau Anfang August mit einem Maximum im Oktober (Abb. 23).

#### 4.4 Revitalisierung der Zuflüsse

Die Seeforelle stellt an ihre Fortpflanzungs- und Jungfischhabitate enge ökologische Ansprüche (siehe 2.3.4). Kann diesen nicht entsprochen werden, macht die Anbindung eines Zuflusses mit einem Fischpass oder mit anderen Aufstiegshilfen – aus der Sicht der Seeforellenreproduktion – wenig Sinn. Der Revitalisierung der Zuflüsse kommt deshalb eine große Bedeutung zu. Auch wenn die Wiederbewässerung des Oberlaufs des Liechtensteiner Binnenkanals mit Rheinexfiltrat nicht primär als Maßnahme zugunsten der Seeforelle verwirklicht wurde, kommt ihr gerade in dieser Hinsicht Modellcharakter zu: Viele Gewässer im Alpenrheintal leiden unter Strukturarmut und viele grundwassergespeiste Bäche (Gießen) sind trocken gefallen. Die am Oberlauf des Liechtensteiner Binnenkanals gesammelten Erfahrungen können auf diese Gewässer übertragen werden. In Einzelfällen ist dies bereits geschehen (Bewässerung und Instandstellung der Gießen in der Saarebene). Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung der Strukturarmut ist das Einbringen von Totholz (Becker et al., 2003). Die Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) zeigt zudem in ihrem Maßnahmenkatalog auf, wie die Alpenrheinzuflüsse und die Bäche im Rheintal unter Würdigung der ökologischen Aspekte entwickelt werden sollen (Rey, 2004).



**Abb. 20:** Hochgezogene Kontrollreuse am oberen Ende des Vertical-Slot-Fischpasses (Bild: Ruhlé)

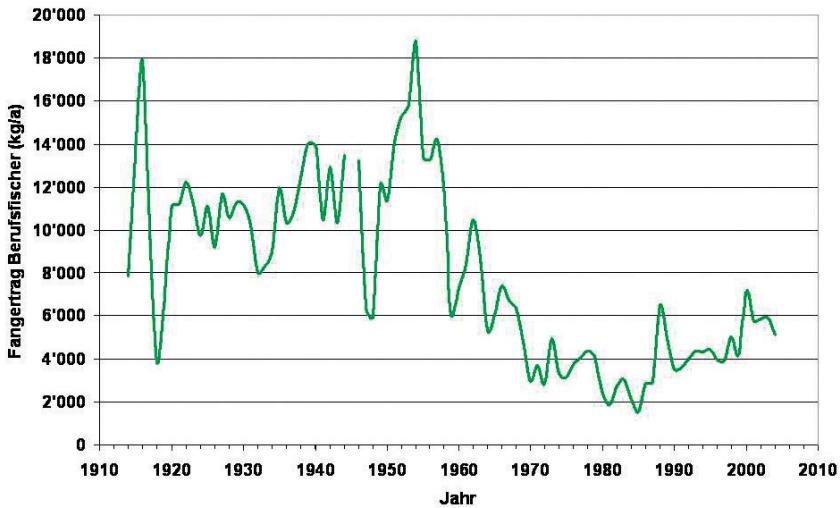


Abb. 21: Seeforellenfangerträge der Berufsfischer im Bodensee-Obersee 1914 bis 2004

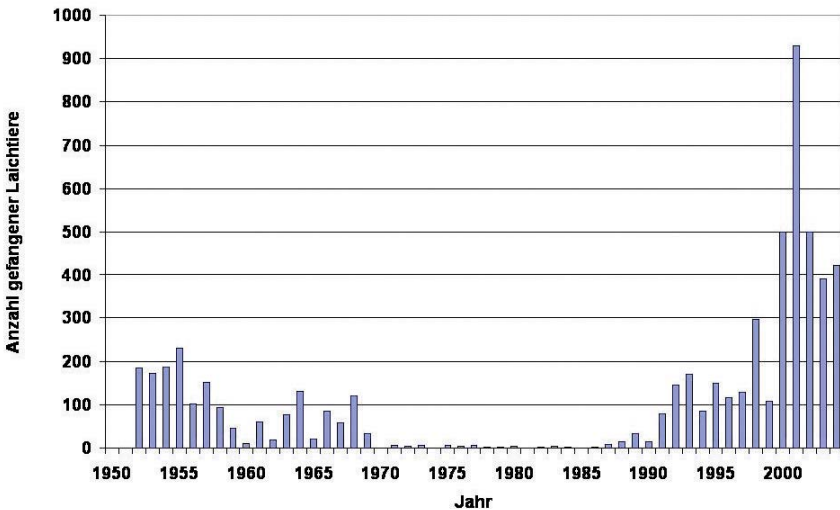
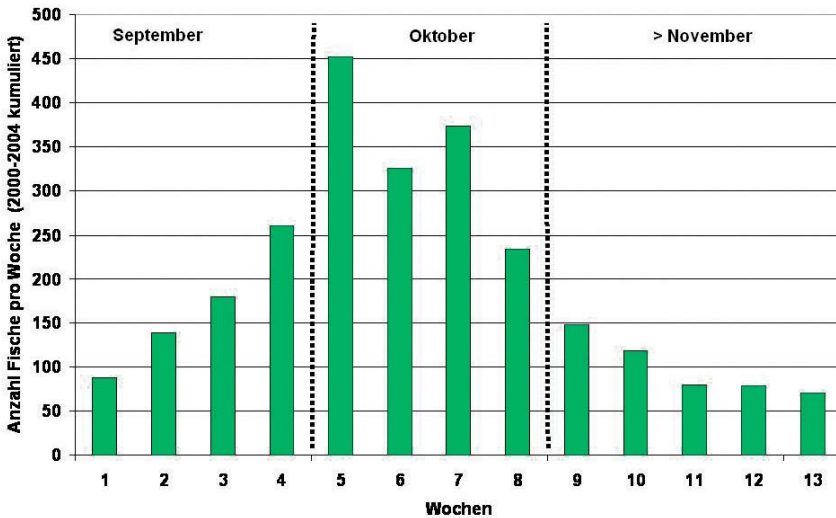


Abb. 22: Fangerträge im Laichfischfang beim Kraftwerk Reichenau 1952 bis 2004 (Werte vor 2000: Ergebnisse der Elektrofischerei; Werte nach 2000: Ergebnisse der Reusenfänge; Zahlgrundlage: Amt für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden, 2004)

#### 4.5 Angleichung der Fischereibestimmungen in den Zuflüssen

Wichtigste flankierende Maßnahme in den Zuflüssen ist die weitreichende Angleichung der Fischereivorschriften, die auf den Schutz der aufsteigenden Seeforellen ausgerichtet sind. So dürfen nach sankt-gallischem Fischereirecht in der Zeit vom 15. Juli bis 31. Januar keine Forellen größer als 40 cm gefangen werden (mit Ausnahme von Regenbogenforellen), da man annimmt, es handle sich um Seeforellen auf der Laichwanderung. Sinngemäß gilt diese Regelung auch für das Land Vorarlberg und für das Fürstentum Liechtenstein. Für den Kanton Graubünden gilt ein generelles Fischereiverbot vom 16. September bis 31. Januar. Damit wird



**Abb. 23:** Zeitlicher Verlauf der in der Kontrollreue der Fischpassanlage des Kraftwerks Reichenau erfassten Seeforellen (2000 bis 2004 kumuliert; Zahlengrundlage: Amt für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden, 2004)

eine weitgehende Schonung der aufsteigenden Seeforellen erreicht, die mehrheitlich im Monat Oktober im bündnerischen Alpenrhein erscheinen (siehe auch Abb. 23). In den baden-württembergischen und bayerischen Zuflüssen ist die Seeforelle, wie alle Forellenartigen, in der Zeit vom 1. Oktober bis 28. Februar eines Jahres geschont.

### 5. Erfolgsnachweise

Der Zusammenbruch der Seeforellenpopulation des Bodensees ist aus den stark abnehmenden Fangergebnissen der Berufsfischerei (Abb. 9) und den sinkenden Ertragszahlen im Laichfischfang in Reichenau (Abb. 10) abgeleitet worden. Es ist naheliegend, diese Kriterien auch für die Beurteilung des Erfolgs der getroffenen Fördermaßnahmen beizuziehen (Abb. 21 und 22). Beide Darstellungen belegen, dass der bis in die Mitte der 1980er Jahre anhaltende Negativtrend nicht nur gestoppt sondern in eine positive Entwicklung umgewandelt werden konnte. Weniger ausgeprägt gilt dies auch für die Fänge der Angler. Bedauerlicherweise fehlen Angaben über die Anglerfänge vor 1985. Nach Ende der dreijährigen Schonzeit steigen die Fänge seit 1988 allmählich an.

Bei der Beurteilung des Ausmaßes der Trendwende bei den Fangergebnissen der Laichfischfänge beim Kraftwerk Reichenau ist mit zu berücksichtigen, dass bei der mit Elektrofanggeräten betriebenen Laichfischerei in den Wehrkolken ein relativ kleiner Aufwand betrieben wurde (Abb. 24), der zudem dadurch gekennzeichnet war, dass zwischen den einzelnen Abfischereignissen größere Zeiträume lagen, in denen die aufgestiegenen Fische den Abfischbereich auch wieder verlassen konnten. Seit Inbetriebnahme der Fischpassanlage (2000) wird während der Hauptaufstiegszeit jeder aufgestiegene Fisch der Kontrollreue zugeführt, an der tägliche Erhebungen stattfinden.

Es ist zudem zu berücksichtigen, dass die Zahl der aufsteigenden Fische stark von äußere-



**Abb. 24:** Laichfischfang in den Wehrkolken des Kraftwerks Reichenau (Bild: Ruhlé)



**Abb. 25:** Fischereiaufseher M. Roва mit einer im Laichfischfang in der Goldach 2004 gefangenen Seeforelle  
(Bild: Wieser)

ren Umständen, insbesondere von der Wasserführung, abhängig ist. Es kann angenommen werden, dass die Wasserführung des Rheins schon für den Einstieg der Fische aus dem See bestimmend sein dürfte (für die Goldach ist hinlänglich dokumentiert, dass der Einstieg aus dem See vornehmlich nach Hochwasserereignissen stattfindet).

Einen Erfolgsnachweis liefern aber auch die Laichfischfangzahlen anderer Zuflüsse, die in den letzten zwei Jahrzehnten angestiegen sind. Zu nennen sind hier vorab die Goldach mit jährlich wiederkehrenden Fängen zwischen 50 und 100 Laichtieren (Abb. 25) sowie die Steinach mit Fängen um 50 laichreife Seeforellen. Eine besondere Erwähnung ist für die Laichwanderungen in die Zuflüsse in Baden-Württemberg (Rotach, Schussen, Argen) angezeigt, denen Klunzinger (1881) die Tauglichkeit als Aufstiegs- und Fortpflanzungsgewässer noch grundsätzlich abgesprochen hatte. Die an diesem Zufluss zu verzeichnenden Erfolge sind sicher auch den unermüdlichen Besatzanstrengungen der örtlichen Fischereivereine, insbesondere dem Angelsportverein Friedrichshafen und seiner »Arbeitsgruppe Seeforelle«, zu verdanken (ASV Friedrichshafen, 2003). Dabei wurden neue Wege in der Besatzstrategie beschritten, welche das »Homing« der Seeforellen verbessern sollen.

Bei der Beurteilung der Fangentwicklung in der Berufsfischerei ist mit zu berücksichtigen, dass sich der auf die Ertragslage auswirkende fischereiliche Aufwand seit Mitte der 1980er Jahre stark verringert hat. Bei allen Änderungen der Bestimmungen für den Einsatz von Geräten, die primär dem Fang anderer Arten als der Seeforelle dienen, sind die Auswirkungen auf die Beifangverhältnisse geprüft und mit berücksichtigt worden. Zudem sind vor verschiedenen Zuflüssen Schongebiete ausgewiesen worden, auf deren Arealen vorher eine gezielte Forellenfischerei betrieben worden war. Trotz der konsequenten Umsetzung des Schon- und Förderprogramms zu Gunsten der Seeforelle stiegen die Fänge in der Berufsfischerei und die Laichfischerträge in verschiedenen Zuflüssen an.

## 6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die IBKF hat die in ihrem Programm für die Rettung der Seeforelle des Bodensees gesteckten Ziele weitgehend erreicht. Die Maßnahmen zur Förderung des Seeforellenbestandes sind – wie von der Arbeitsgruppe Seeforelle postuliert (Ruhlé, 1984) – umgesetzt und ineinandergreifend im Zuflusssystem sowie im Bodensee selbst verwirklicht worden. Der bei der Lösung der Probleme um die Seeforelle eingeschlagene integrative Weg soll später bei anderen Fragen des Gewässermanagements, z. B. im Entwicklungskonzept Alpenrhein, das in Entstehung begriffen ist, ebenfalls zur Anwendung kommen. Dies gilt auch für die Gewässerentwicklungskonzepte anderer Zuflussgebiete. Verschiedene Fragen konnten allerdings noch nicht abschließend bearbeitet werden.

Es verbleibt die Lösungssuche für das Problem der Rückwanderung der adulten Fische nach der Fortpflanzung, das sich überall dort stellt, wo Aufstiegshindernisse bei Wehren im Hauptschluss für die aufsteigenden Fische passierbar gemacht worden sind. Das Problem darf allerdings nicht überbewertet werden, denn es ist aufgrund der Ergebnisse verschiedener Markierexperimente davon auszugehen, dass viele Aufsteiger – vor allem solche, die eine lange, Kräfte zehrende Laichwanderung hinter sich haben – nach der Fortpflanzung sterben. Das Problem des Abstiegs stellt sich indessen nicht nur bei der Rückwanderung der Adulten, sondern besonders für die Jungfische. Turbinenbedingte Schäden an abwandernden Fischen (Durchtrennung, Brüche, innere und äußere Verletzungen), die sich durch Kollisionen mit Turbinenteilen und durch Druckschwankungen während der Turbinenpassage ergeben, können durch die Wahl des Turbinentyps verringert werden. Unter gleichen Bedingungen sind Kaplan- und Francis-Turbinen »fischfreundlicher« als Francisturbinen und Durchströmturbinen. Dennoch wird man künftig das Augenmerk auf neuere Entwicklungen legen müssen, die eine ungehinderte Passage der abwandernden Fische vorbei an den Turbinen sichern.

Zur Zeit nicht beantwortet ist die Frage, wie weit der Aufbau der Elterntierstämme auf der Grundlage einer kleinen Individuenzahl eine genetische Flaschenhalssituation darstellte, die mit einer Verringerung der genetischen Variabilität verbunden ist. Unabhängig vom Ausgang von Abklärungen zu dieser Frage ist dem Management der Elterntierstämme mit dem Ziel, die genetische Identität der Stämme aus den verschiedenen Zuflusssystemen zu erhalten und Inzuchterscheinungen zu vermeiden, Beachtung zu schenken.

Als Daueraufgabe verbleibt zudem ein Monitoring, mit welchem der Erfolg der natürlichen Reproduktion auf den wieder zugänglich gemachten Laichgebieten kontrolliert wird. Diese Aufgabe stellt sich vor allem wegen der zunehmenden Bedeutung der Schwall-/Sunk-/Trübe-Problematik (Schälchli et al., 2002). Die Aufgabe kann durchaus mit anderen Monitoringaufgaben verbunden werden, die sich z. B. aus den Wasserrahmenrichtlinien (WRRL) ergeben.

Die seit dem Vollausbau der Wasserkraftnutzung bestehende und in den letzten Jahrzehnten immer gravierender gewordene Schwall-/Sunk-/Trübe-Problematik macht deutlich, dass die grundsätzlich positive Bilanz bei der Lösung von Seeforellenproblemen nicht zum Anlass genommen werden darf, an eine bereits verwirklichte umfassende gewässerökologische Sanierung des Systems Bodensee und seiner Zuflüsse zu glauben. Es ist vielmehr so, dass die vor 25 Jahren begonnene Analyse der Seeforellenprobleme lediglich einen Aspekt des mit verschiedenen Defiziten versehenen Systems aufgezeigt hat, die dringend noch abgebaut werden müssen. Dass dem so ist, zeigt das »Gewässer- und Fischökologische Konzept Alpenrhein« (Eberstaller et al., 1997), das als wichtiger Meilenstein auf dem Weg zur Gründung der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) im Jahre 1995 angesehen werden muss (Kindle, 1999). Die vor der Gründung der Kommission lediglich spärlich sowie fachlich und räumlich nur sektoriell angegangene Problembearbeitung ist im Rahmen der Tätigkeit der IRKA durch eine grenz- und fachgebietsübergreifende koordinierte Zusammenarbeit abgelöst worden, die auf grundlegende Abklärungen in jeder Projektgruppe (Flussbau, Gewässer- und Fischökologie, Energie, Grundwasser) zurückzuführen ist. Aus dem Bereich Gewässer- und Fischökologie können beispielhaft der bereits erwähnte »Großversuch Totholz« (Becker et al., 2003) und die Anleitung »Ökologische Aspekte der Gewässerentwicklung« (Rey, 2004) genannt werden. Ein übergeordnetes integratives Arbeitsinstrument wird das Entwicklungskonzept

Alpenrhein sein, das, aufbauend auf bestehenden Grundlagen und ergänzenden Untersuchungen, die aktuelle Situation des Flusses analysiert, Ziele für die Zukunft vorgibt und auf ein Maßnahmenprogramm hin arbeitet, das vor allem auf Verbesserungen in den Bereichen Hochwasserschutz und Ökologie abzielt. Es wird in hohem Maß mit den Anliegen der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR) und den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinien der EU (WRRL) kompatibel sein.

Die Öffnung des Sichtfeldes hat nicht nur über die politischen Grenzen und die der betroffenen Fachbereiche hinaus stattgefunden. Die IBKF hat 2004 der früheren »Arbeitsgruppe Seeforelle« ein neues Mandat erteilt. Sie wird sich zukünftig als »Arbeitsgruppe Wanderfische« auch mit anderen Arten als der Zielart Seeforelle beschäftigen. Dies wird fischereiwirtschaftlich weniger bedeutenden Fischen zugute kommen und ihre Arbeit wird sich zwangsläufig auch auf andere Zuflüsse als die Seeforellen-Aufstiegsgewässer ausdehnen. Sie wird sich aber auch mit den Gegebenheiten auseinandersetzen müssen, die dann vorliegen werden, wenn der befristete Versuch mit den Regenbogenforellen-Einsätzen in den Rheintaler Binnenkanälen im Kanton St. Gallen abgeschlossen sein wird. Es wird dann abzuklären sein, ob die Regenbogenforellen das Wirkungsgefüge Bodensee – Zuflüsse mehr als dies heute schon der Fall ist ausnützen. Sie wird sich zudem mit der Frage beschäftigen, ob und wie weit die heute auf Seeforellen-Einsätze ausgerichtete Besatzpolitik Änderungen erfahren hat.

#### LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS

- Ackermann, G., 2001. Fischbiologische Anforderungen an die Sanierung der Wanderhindernisse in der Landquart. Unveröffentlicht.
- Amacher, U., 1996. Zürcher Fischerei im Spätmittelalter. Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich, Band 63.
- Amt für Jagd und Fischerei des Kantons Graubünden, 2003. Aufzeichnungen zu Laichfischfang/Reusenkontrolle Seeforelle 1952–2003, Stauwehr Domat/Ems, KW Reichenau.
- Angelsportverein Friedrichshafen e.V., 2003. Abschlussbericht über das Projekt Seeforelle des Bodensees 1997–2003. Unveröffentlicht. 14 pp, Grafiken, Tabellen.
- Baglinière, J. L., 1991. La truite commune (*Salmo trutta* L.), son origine, son aire de répartition, ses intérêts économique et scientifique. In : J. L. Baglinière & G. Maisse, eds., La truite – biologie et écologie. INRA éditions, Paris, 303 pp.
- Becker, A., Rey, P. & Willi, G., 2003. Großversuch Totholz – Strukturverbesserung von Alpenreinzufüssen und Bächen im Alpenrheintal mittels Totholz. Int. Regierungskommission Alpenrhein ed., 125 pp.
- Behnke, R. J., 1972. The systematics of salmonid fishes of recently glaciated lakes. J. Fish. Res. Bd. Can. 29: 639–671.
- Bernatchez, L., 2001. The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatched analyses of mitochondrial DNA variation. Evolution 55(2): 351–379.
- Blab, J., Nowak, E., Trautmann, W. & Sukopp, H., ed. 1984. Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. 4. erweiterte und bearbeitete Auflage. Naturschutz aktuell. Greven, Kilda Verlag, 270 pp.
- Bohl, E., 1992. Rote Liste gefährdeter Fische (Pisces) Bayerns. In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz ed.: Beiträge zum Artenschutz 15. Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns. München: 42–46.
- Bohl, E., Kindle, T. & Peter, A., 2004. Fischfaunistische Untersuchungen zur Umgestaltung der Mündung des Liechtensteiner Binnenkanals in den Alpenrhein. Abschlussbericht über die Untersuchungsphase Juli 2000 bis August 2003. Amt für Umweltschutz des Fürstentums Liechtenstein, ed., 51 pp.
- Brabrand, A., Koestler, A. G. & Borgstrom, R., 2002. Lake spawning of brown trout related to groundwater influx. J. Fish Biol. 60(3): 751–763.
- Deufel, J. & Löffler, H., 1978. Ursachen der Bestandesänderungen der Fischfauna im Bodensee. Beih. Veröff. Naturschutz/Landschaftspflege Baden-Württemberg, 11, 447–450.
- Eberstaller, J., Haidvogel, G. & Jungwirth, M., 1997. Gewässer- und Fischökologisches Konzept Alpenrhein. Internationale Regierungskommission Alpenrhein – Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, ed., 90 pp.
- Geissler, F., 1957. Das Fischereirecht in Baden-Württemberg. Boorberg Verlag, Stuttgart, Heft 890.
- Haak, T., 1929. Studien über das Alter und Wachstum der Bodenseefische. Arch. Hydrobiol. 20: 214–295.
- Haider, G. & Dreyer, S., 1984. Die Gefährdung der Fischfauna von Baden-Württemberg. Wasserwirtschaft, 74(6): 332–337.
- Haidvogel, G. & Eberstaller, J., 1997. Gewässer- und fischökologisches Konzept Alpenrhein – Analyse der historischen Verhältnisse. Universität für Bodenkultur, Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur, Internationale Regierungskommission Alpenrhein – Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, ed., 96 pp.
- Hartmann, J., 1975. Der Barsch (*Perca fluviatilis*) im eutrophierten Bodensee. Arch. Hydrobiol. 76/3: 269–286.
- Haurly, J., Ombredane, D. & Baglinière, J. L., 1991. L'habitat de la truite commune (*Salmo trutta* L.) en cours d'eau.

- In: J. L. Baglinière & G. Maisse, eds., *La truite – biologie et écologie*. INRA éditions, Paris, 303 pp.
- Hayes, J. W., 1987. Competition for spawning space between Brown (*Salmo trutta*) and Rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in a lake inlet tributary New Zealand. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 40–47.
- Hoffmann, R., Dehus, P., Berg, R., Grimm, R., Blank, S. & Rösch, R., 1995. *Fische in Baden-Württemberg – Gefährdung und Schutz*. Ministerium für ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 92 pp.
- IBKF, 1970. Niederschrift der Konferenz der internationalen Bevollmächtigten für die Bodenseefischerei vom 12. März 1970.
- IBKF, 1989. Niederschrift der Konferenz der internationalen Bevollmächtigten für die Bodenseefischerei vom 21. Juni 1989.
- Ingendahl, D., 1999. Der Reproduktionserfolg von Meerforelle (*Salmo trutta* L.) und Lachs (*Salmo salar* L.) in Korrelation zu den Milieubedingungen des hyporheischen Interstitials. Köln; 1999. 172 pp.
- Jungwirth, M., Moog, O. & Schmutz, St., 1991. Rheinkraftwerke Schweiz-Liechtenstein: Umweltverträglichkeitsbericht; Fachgutachten C10: Fischerei und Gewässerökologie. Studienkonsortium Rheinkraftwerke Schweiz-Liechtenstein, Baden.
- Jungwirth, M., Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S. & Schmutz, St., 2003. *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*. Wien, Facultas Verlags- und Buchhandels AG, 547 pp.
- Kindle, T., 1988. Förderung der Bodensee-Seeforelle (Rheinlanke) im Fürstentum Liechtenstein. *Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg* 17: 21–22.
- Kindle, T., 1999. Die Internationale Regierungskommission Alpenrhein. *Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg* 26: 217–226.
- Keiz, G., 1993. Die Bregenzer Übereinkunft und ihr Instrument: die Internationale Bevollmächtigtenkonferenz. In: *Bodenseefischerei*. Wagner, B., Löffler, H., Kindle, T., Klein, M. & Staub, E. eds., Jan Thorbecke Verlag, Sigmaringen, 172 pp.
- Kirchhofer, A., Zaugg, B. & Pedrolì, J. C., 1990. Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz. *Documenta Faunistica Helvetiae* Nr. 9, 23 pp.
- Klunzinger, C. B., 1881. Die Fische in Württemberg, faunistisch-biologisch betrachtet, und die Fischereiverhältnisse daselbst. *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg* 37: 172–304.
- Klunzinger, C. B., 1885. Über Bach- und Seeforellen. *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg* 41: 266–288.
- Largiadèr, C. R. & Hefti, D., 2002. Genetische Aspekte des Schutzes und der nachhaltigen Bewirtschaftung von Fischarten. *BUWAL. Mitteilungen zur Fischerei* Nr. 73, 114 pp.
- Lorenz, P., 1898. Die Fische des Kantons Graubünden (Schweiz). *Beilage zur Schweizerischen Fischerei-Zeitung* 1897/98. E. Zwingli, Pfäffikon/Zürich, 135 pp.
- Marrer, H., 1975. Bericht über die Ergebnisse einer Umfrage betreffend den Aufstieg der Seeforelle in die Zuflüsse des Bodensee (Stand 1972). *Eidg. Amt für Umweltschutz*, unveröffentlicht, 13 pp., 3 Karten.
- Michel, M., 2005. Die Seeforelle: Historisches und aktuelles zur Verbreitung der Rheinlanken im Kanton Graubünden. *Unveröffentlicht*, 2 pp.
- Nümann, W., 1939. Untersuchungen über die Biologie einiger Bodenseefische. *Z. Fisch.* 37: 637–688.
- Nümann, W., 1973. Versuch einer Begründung für den Wandel in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Fischbestandes im Bodensee während der letzten 60 Jahre und eine Bewertung der Besatzmaßnahmen. *Schweiz. Z. Hydrol.* 35: 206–238.
- Patvag Kraftwerke AG, 1988. *Neue Energie für das Bündner Rheintal*. Ein Plädoyer für den umweltgerechten Ausbau des Kraftwerks Reichenau.
- Peter, A., 1997. Untersuchungen zur Konkurrenz zwischen Bachforellen und Regenbogenforellen im Einzugsgebiet des Bodensees. *Studie im Auftrag der IBKF*. 119 pp. und Anhang 69 pp.
- Peter, A., 2004. Die Seeforelle im Alpenrhein – ist ihre Rückwanderung in den Bodensee wieder möglich? *Bündner Fischer* 7: 48–51.
- Rey, P., 2004. Ökologische Aspekte der Gewässerentwicklung. *Int. Regierungskommission Alpenrhein*, eds., 147 pp.
- Roth, H., 1985. Schadenberechnung bei Fischsterben in Fließgewässern. *BUWAL Schriftenreihe Fischerei* Nr. 44: 3–40.
- Ruhlé, Ch., 1983. Wachstumsverhältnisse und Reifeentwicklung bei der Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*) des Bodensees. *Österr. Fischerei* 36:196–201.
- Ruhlé, Ch., Deufel, J., Kindle, T., Klein, M., Löffler, H. & Wagner, B., 1984. Die Seeforelle des Bodensees. *Probleme und Problemlösungen*. *Österr. Fischerei* 37: 272–307.
- Ruhlé, Ch., 1990. Déclin et restauration de la population de truites lacustres (*Salmo trutta lacustris* L.) du lac de Constance. *Bull. Fr. Pêche Pisc.* 319: 167–172.
- Ruhlé, Ch., 1992. Déclin et restauration de la population de truites lacustres (*Salmo trutta lacustris* L.) du lac de Constance. In: *Tenderon, G. éd., Actes du colloque international «biologie écologie de la truite commune»* 6–8/9/1988, Le Paraclat., Edival, Paris, 223 pp.
- Ruhlé, Ch. & Kindle, T., 1993. Wissenswertes über die Seeforelle. In: *Wagner, B., Löffler, H., Kindle, T., Klein, M. & Staub, E. (eds) Die Bodenseefischerei*. Jan Thorbecke, Sigmaringen: 92–101
- Ruhlé, Ch., 1996. Decline and conservation of migrating brown trout (*Salmo trutta lacustris* L.) of Lake Constance. In: *A. Kirchhofer & D. Hefti eds.. Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe*. Birkhäuser Verlag Basel, Switzerland.
- Schälchli, U., Baumann, P., Moritz, Ch. & Eberstaller, J., 2002. Trübung und Schwall im Alpenrhein. *Internationale*



- Regierungskommission Alpenrhein – Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie ed., 47 pp.
- Schindler, O. & Wagler, E. 1936. Zur Biologie der Seeforelle (*Trutta lacustris* L.). Int. Rev. ges. Hydrobiol. 33: 327–356.
- Schulz, U., 1994. Untersuchungen zur Biologie und zum Wanderverhalten der Seeforelle des Bodensees: Die Abwanderung der Jungfische aus den Zuflüssen. BUWAL, Mitteilungen zur Fischerei 55: 73–87.
- Schulz, U., 1995a. Untersuchungen zur Ökologie der Seeforelle (*Salmo trutta* f. *lacustris*) im Bodensee. Konstanzer Dissertationen Bd. 456. Hartung-Gorre, Konstanz. 116 pp.
- Schulz, U., 1995b. Maßnahmenvorschläge zum Schutz und zur Bewirtschaftung der Bodensee-Seeforelle. Unveröffentlicht.
- SFV (Schweizerischer Fischereiverband), 1998. Marginale Bedeutung des Konkurrenzdrucks von Regenbogenforellen auf Bachforellen. Schlussfolgerungen aus der EAWAG-Studie vom 18. Juni 1997, 66 pp.
- Scott, W. B. & Crossman, E.J., 1973. Freshwater fishes of Canada. Bull. 184. Fish. Res. Bd. Can., 966 pp.
- Streba, G., 1987. Süßwasserfische der Welt, Ulmer, Stuttgart.
- Turnpenny, A. W. H. & Williams, R., 1980. Effects of sedimentation on the gravels of an industrial river system. J. Fish. Biol. 17: 681–693.
- Wagner, B., 1983. Zum Thema »Seeforelle«. Vbg. Jagd + Fischerei 11: 12–14.
- Wagner, B., 1990. Maßnahmen zum Schutz bedrohter Fischarten – dargestellt am Beispiel der Seeforelle des Bodensees. Proc. Symp. Schutz und Entwicklung großer mitteleuropäischer Binnenseelandschaften, Pamhagen im Seewinkel: 83–89.
- Wartmann, B., 1783. Von den Rheinlanken und Illlanken. G. L. Hartmann: Anmerkungen und Zusätze zu einigen Zoologischen Monographien. Original Kantonsbibliothek St. Gallen.
- Wassali, F. & v. Sprecher, A., 1860. Die Fischerei im Kanton Graubünden. Bündnerisches Monatsblatt 11(7): 101–107.
- Zarn, B., 1999. Der Alpenrhein – ein Kieslieferant? Geschiebetransport und Hochwasser. Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband. Verbandschrift 59: 85–98.

## MARKTNEUHEITEN

### Tretorn-Stiefel: technische Neuheiten für die Fischerei

Die Firma Tretorn wurde bereits 1891 gegründet und ist der traditionelle schwedische Stiefelhersteller schlechthin. Tretorn gilt als einer der besten Outdoor- und Treckingstiefel-Hersteller weltweit. Die Jagd- und Fischereistiefel werden noch immer in Handarbeit aus bestem Naturkautschuk und nach eigenem Rezept hergestellt. So werden die Stiefel je nach Modell aus bis zu 80 Teilen zusammengeklebt und vulkanisiert. Anschließend wird jeder Stiefel noch einer genauen Qualitätskontrolle unterzogen – nicht zuletzt auch um eine Garantie von 2 Jahren gewähren zu können.

Eine technische Besonderheit ist die Verwendung von Hi-Tech-Materialien, die aus der Raumfahrt stammen. So wird z. B. »Outlast« für das Innenfutter verwendet – ein Material, das die Schweißbildung im Stiefel nachweislich um bis zu 40% reduziert.

Eine weitere Neuheit für Einsätze bei großer Kälte stellen die neuen Kautschukstiefelmodelle mit Innenschuhen dar. Sie haben



zwei Paar herausnehmbare Innenschuhe aus Wolle. Somit kann man täglich ein Paar dieser sehr warmen Innenschuhe zum Trocknen aufhängen oder waschen und trägt ständig ein trockenes Paar in den Stiefeln. Sowohl das Hi-Tech-Innenfutter als auch die wechselbaren Woll-Innenschuhe sind gerade beim harten Einsatz in der Fischerei sehr hilfreich. Das Sohlenprofil ist sehr griffig und erlaubt rutschsicheres Gehen selbst in schwierigem Gelände und auf rutschigem Untergrund. Sehr praktisch ist auch die Möglichkeit, die Schaftweite an der Rückseite des Stiefels einstellen zu können; damit wird den oft kräftigen Wadenmuskeln von Fischern Rechnung getragen. Der ideale Stiefel für Fischzüchter, die Angel- und Berufsfischerei und alle die mit nassen, kalten Bodenverhältnissen zu tun haben.

W.H.