



Seeforelle

Arterhaltung in den Bodenseezuflüssen – Kurzbericht



Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei

Impressum

Herausgeber: Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF)

Autoren: Peter Rey, Stefan Werner, John Hesselschwerdt, HYDRA Konstanz

Gestaltung: J. Hesselschwerdt, P. Rey; Fotos: HYDRA

Begleitung: Arbeitsgruppe Wanderfische der IBKF

Zitiervorschlag: Rey P., Werner S. & Hesselschwerdt J. (2014): Seeforelle – Arterhaltung in den Bodenseezuflüssen – Kurzbericht, IBKF, 23 S.

Druck: Druckerei Uhl, D-78315 Radolfzell

Download pdf: www.ibkf.org

Konstanz, im Oktober 2014

1. Auflage: 1000

© IBKF 2014



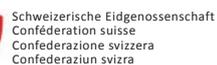
Seeforelle

Arterhaltung in den Bodenseezuflüssen

Zusammenfassender Kurzbericht der im Rahmen des Interreg IV-Programms erarbeiteten gleichnamigen Studie

Auftraggeber:

Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF)





Inhalt

Die Rettung der Seeforelle im Bodensee	2
Projekt und Programmgewässer	4
Biologie und Lebenszyklus der Seeforelle	5
Abflüsse und Wassertemperaturen.....	6
Laichfischfang, Erbrütung und Besatz der Seeforellen	8
Fang, Untersuchung und Markierung der Laichfische	10
Wieviele Laichfische wandern in die Zuflüsse?	12
Wanderzeiten und Wanderwege.....	13
Qualität und Dimension potenzieller Laichgebiete	16
Die natürliche Seeforellen-Reproduktion	18
Die Entwicklung der Seeforellenbrut.....	19
Empfehlungen	21
Quellen und weiterführende Literatur	23



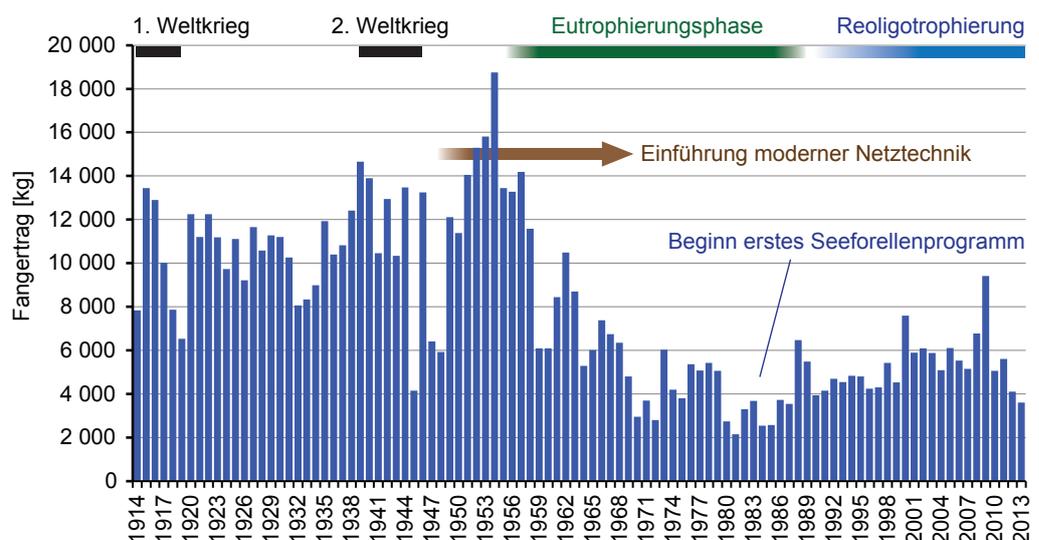
Die Rettung der Seeforelle im Bodensee

In der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts wurden von den Berufsfischern am Bodensee-Obersee durchschnittlich 11 000 kg/Jahr Seeforellen gefangen. Nach dem zweiten Weltkrieg kam es durch den Einsatz von fängigeren Netzen zu einer Ertragssteigerung. Aber schon in den 1970er Jahren sank der Ertrag trotz Besatzmaßnahmen wieder kontinuierlich ab und erreichte 1985 ein Minimum von etwa 1 500 kg. Noch deutlicher zeigte sich dieser Trend bei den Laichfischen, von denen immer weniger in die Bodenseezuflüsse aufstiegen. Seit etwa 20 Jahren hat sich der Seeforellenertrag etwas erholt und liegt im Bereich von 5 t jährlich (Abb. 1).

Für den Zusammenbruch des Seeforellenbestandes waren ausschließlich vom Menschen verursachte Faktoren verantwortlich. Schlechte Wasserqualität, Kraftwerkstufen, zu wenig Restwasser in den Ausleitungsstrecken von Wasserkraftwerken, Schwall und Sunk, Grundwasserabsenkungen, Verfestigung der Gewässersohlen (Kolmationen), Kiesbaggerungen und andere Gründe führten relativ schnell zu einem Verlust der natürlichen Fortpflanzungsmöglichkeiten. Für die Laichgewinnung zur Produktion von heimischem Besatzmaterial standen nicht mehr genügend Laichfische zur Verfügung. In dieser kritischen Zeit versuchte die Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF) zumindest einen gewissen fischereilichen Ertrag an Seeforellen für die Berufs- und Angelfischer zu erhalten. Versuche mit verschiedenen Fang- und Fanggerätebeschränkungen schlugen jedoch ebenso fehl wie der Import von Besatzfischen aus anderen Voralpenseen.

Die IBKF erkannte jedoch, dass eine nachhaltige Bestandsförderung der Seeforelle nur über ein langfristig angelegtes Programm zur Arterhaltung mit Reaktivierung der natürlichen Vermehrung (= Reproduktion) funktionieren kann. 1983 rief die IBKF die «Arbeitsgruppe Seeforelle» ins Leben und lancierte ein erstes Seeforellenprogramm. Dessen Ergebnisse brachten unmissverständlich zum Ausdruck, dass für alle Probleme Lösungen im Sinne der Seeforelle gefunden werden müssen. Der Wiederaufbau eines Seeforellenbestands aus autochthonem (heimischem) Eimaterial gelang in letzter Minute. Wenige Eier einer Restpopulation aus dem Alpenrhein und aus der Goldach bildeten den Grundstock für die in den folgenden Jahren bewirtschafteten Elterntierstämme. Nach und nach konnten dann auch in den Bodenseezuflüssen wieder Laichfische gefangen und gestreift werden.

Abb. 1: Entwicklung der Seeforellenfänge im Bodensee 1914–2013 (Quelle:IBKF).



Das erste Seeforellenprogramm der «Arbeitsgruppe Seeforelle» war rückblickend dafür verantwortlich, dass die Seeforelle im Bodensee überhaupt überleben konnte und heute wieder fischereilich genutzt wird. Entscheidende Maßnahmen waren die Rettung der letzten Laichfische, die dadurch ermöglichten Besatzmaßnahmen und die schrittweise Be-

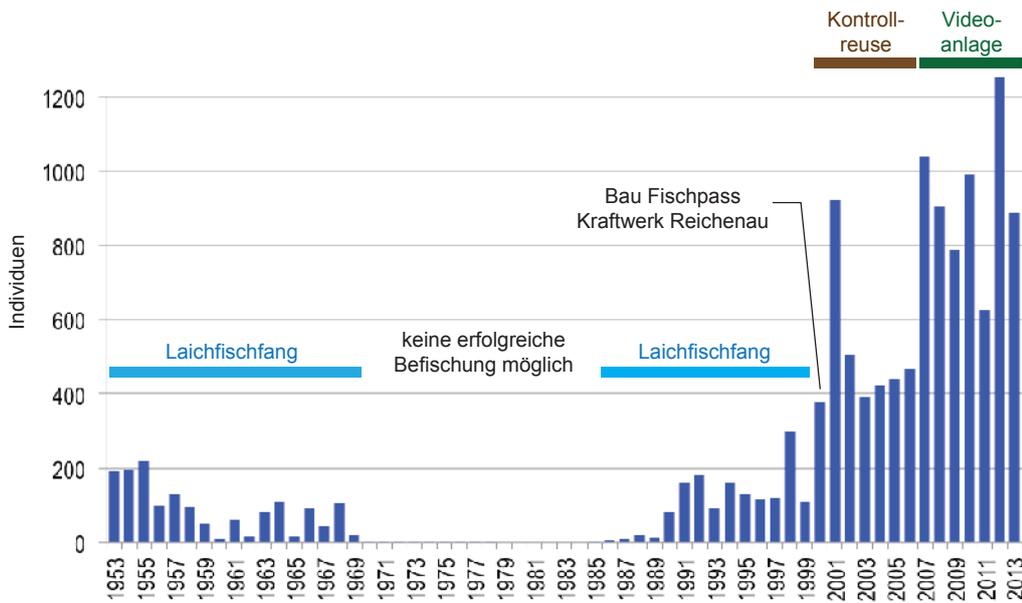


Abb. 2: Seeforellenaufstieg am Kraftwerk Reichenau (Alpenrhein), Bau des Fischpasses und Erfassung der aufsteigenden Seeforellen mit verschiedenen Methoden (Quelle:AJF Graubünden).

seitigung von Wanderhindernissen in den Laichflüssen. Zwischenzeitlich hat sich die Seeforelle als Galionsfigur nachhaltiger Gewässerschutzarbeit hervorgetan. Sie besitzt heute im Einzugsgebiet Alpenrhein-Bodensee etwa denselben Stellenwert wie der Lachs in den unterhalb liegenden Rheinabschnitten.

2004 hat die IBKF der früheren «Arbeitsgruppe Seeforelle» ein neues Mandat erteilt. Sie beschäftigt sich seither als «Arbeitsgruppe Wanderfische» (AG Wanderfische) auch mit anderen Fischarten. Die Seeforelle bleibt aber noch immer im Fokus der grenzüberschreitenden Arbeit. Wichtige Ziele bezüglich ihrer Arterhaltung wurden noch nicht erreicht und setzen zuvor die Beantwortung grundlegender Fragen voraus, z.B.: wann und wie viele Seeforellen wandern in welche Bodenseezuflüsse ein? Erreichen sie überhaupt Flussabschnitte, die sich zur Fortpflanzung eignen? Findet erfolgreiche natürliche Fortpflanzung statt und in welchem Maße? Welche Verhältnisse herrschen für die Jungfische? Wie verläuft die Abwanderung in den Bodensee? Auf diese Fragen müssen Antworten gefunden werden, um Gefahren oder Engpässe zu beseitigen, die beim Aufenthalt der Seeforellen in den Laichgewässern auftreten.

Die nächsten Schritte zum Schutz der Seeforelle sind damit vorgegeben. Um ihren Bestand nachhaltig zu sichern, muss den Fischen die Möglichkeit zurückgegeben werden, ihren gesamten Lebenszyklus (Abb. 5) zu durchlaufen und gesunde, sich selbsterhaltende Populationen aufzubauen. Langfristiges Ziel ist es auch, die heute noch intensiven Besatzmaßnahmen zu reduzieren oder ganz auf sie verzichten zu können.



Abb. 3: Seeforellenweibchen (Rogner) wartet an der untersten Blockrampe der Bregenzerach auf geeignete Abflussverhältnisse für den Aufstieg.

Projekt und Programmgewässer

In den letzten Jahren wurden vor allem Informationen über die Wanderung und Fortpflanzungsmöglichkeiten der Seeforelle im Alpenrhein als wichtigstem Bodensee-Zufluss gesammelt. Größere Wissenslücken bestanden noch bei den übrigen großen Zuflüssen des Bodensees. Die IBKF fasste daher 2009 den Beschluss, ein geeignetes Untersuchungskonzept zu entwickeln. Die AG Wanderfische wurde beauftragt, ein entsprechendes Projekt federführend zu begleiten. Das Interreg IV-Projekt lief unter dem Namen «Seeforelle-Arterhaltung in den Bodenseezuflüssen» und dauerte vom 1.1.2010 bis zum 31.12.2013. Ausgeführt wurde der Auftrag durch die «Arbeitsgruppe Bodensee-Seeforelle», geleitet vom Büro HYDRA aus Konstanz. Die Ergebnisse sind in einem rund 200 Seiten starken Fachbericht dokumentiert (www.IBKF.org). Der vorliegende Kurzbericht fasst diesen zusammen und gibt dabei einen Überblick über die Untersuchungsgewässer und ihre Besonderheiten.

Das Projekt soll dazu beitragen, noch bestehende Wissenslücken zu den Reproduktionsverhältnissen der Bodensee-Seeforellen in ausgewählten Gewässern zu schließen. Darauf aufbauend sollten Vorschläge für Maßnahmen zur Verbesserung der Fortpflanzungsbedingungen mit dem Ziel der Arterhaltung und einer nachhaltigen Nutzung erarbeitet werden.

An den fünf untersuchten Bodensee-Zuflüssen Rotach, Argen (Baden-Württemberg), Leiblach (Bayern, Vorarlberg), Bregenzerach (Vorarlberg) und Goldach (St. Gallen) (Abb. 4) wurde der Weg aufsteigender Laichfische und absteigender Jungfische (Smolts) verfolgt, die wichtigsten Charakteristika und Belastungen der Zuflüsse erfasst und deren Durchgängigkeit und ihre Eignung als Reproduktionsgewässer beurteilt.

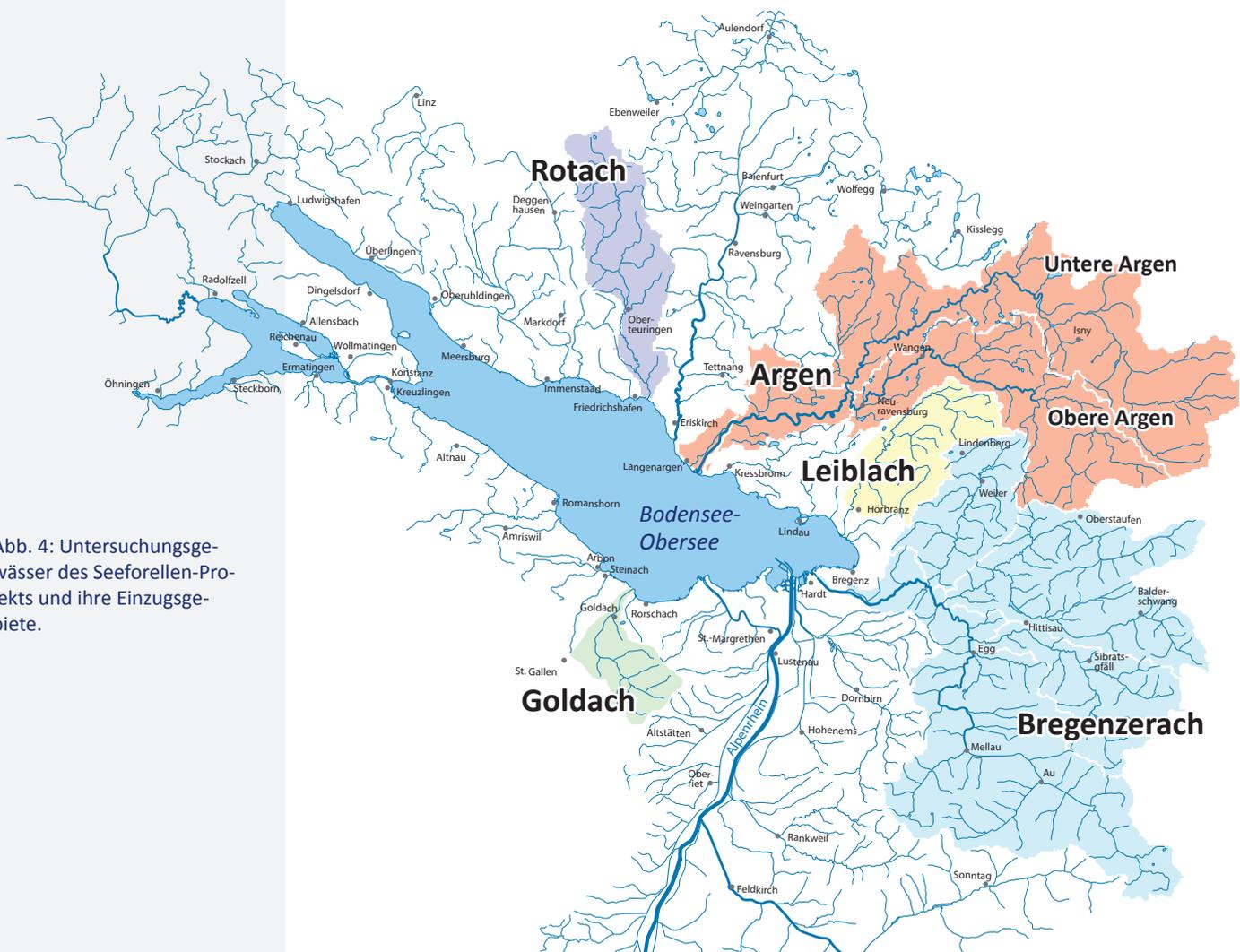


Abb. 4: Untersuchungs-gewässer des Seeforellen-Projekts und ihre Einzugsgebiete.

Biologie und Lebenszyklus der Seeforelle

Bei der europäischen Forelle (*Salmo trutta* L.) handelt es sich um eine Fischart, die in vielen verschiedenen Formen vorkommt und eine ausgeprägte Fähigkeit zur lokalen Anpassung besitzt. In der Fachwelt wird die Systematik von *Salmo trutta* schon lange kontrovers diskutiert. Genetische Untersuchungen haben ergeben, dass sich alle in Mitteleuropa existierenden *Salmo-trutta*-Populationen auf fünf ursprüngliche «Stämme» zurückführen lassen, die durch eine eiszeitlich bedingte geographische Isolation entstanden. Durch die Entwicklung unterschiedlicher Fortpflanzungs- und Wanderstrategien entstanden stationäre (Bachforelle, *Salmo trutta forma fario*) und migrierende Formen (Meerforelle, *S. trutta f. trutta* und Seeforelle, *S. trutta f. lacustris*). Der Ökotyp Seeforelle (Abb. 5) – die großwüchsige Binnen-Wanderforelle, die im Fließgewässer laicht und im See zum geschlechtsreifen Tier heranwächst – ist dabei im Laufe der Wiederbesiedlung des Alpenraums nach der letzten Eiszeit mehrfach unabhängig in verschiedenen Flusssystemen entstanden. Verbreitungsschwerpunkte der Seeforellen sind bei uns die großen Alpen- und Voralpenseen. Bevorzugt werden nährstoffarme, tiefe Seen mit guter Sauerstoffversorgung und Wasserqualität besiedelt. Dazu zählt nach dem Rückgang des Nährstoffgehalts (Reoligotrophierung) auch der Bodensee. Seeforellen ernähren sich hauptsächlich von Fischen, als Jugendstadien aber auch von tierischem Plankton und wirbellosen Kleintieren. Sie können Längen von über einem Meter und ein Gewicht von über 20 kg erreichen.

Zur Reproduktion wandern Seeforellen aus dem See zu ihren Laichgründen, die zumeist im Oberlauf der Seezuflüsse liegen (Abb. 6). Noch weitgehend unerforscht sind die Faktoren, die den Seeforellen ermöglichen, ihre Heimatgewässer wiederzufinden (Homing). Neben einem guten Orientierungssinn spielt dabei sicher der spezifische Geruch der Gewässer eine große Rolle und mit ihm die Anwesenheit von jungen Seeforellen und bereits eingestiegenen Laichfischen. Bei ihren historischen Laichzügen sind Seeforellen über 145 km weit gewandert (im Vorderrhein bis Disentis) und in Höhen von über 1300 m aufgestiegen (in der Landquart, bis Novai).



Abb. 5: Anpassung der Seeforellen an ihre Laichwanderung. Oben: silbernes Seekleid; Mitte: goldbraunes Flusskleid; Unten: ausgeprägter Laichhaken bei den Seeforellenmännchen (Milchnern).

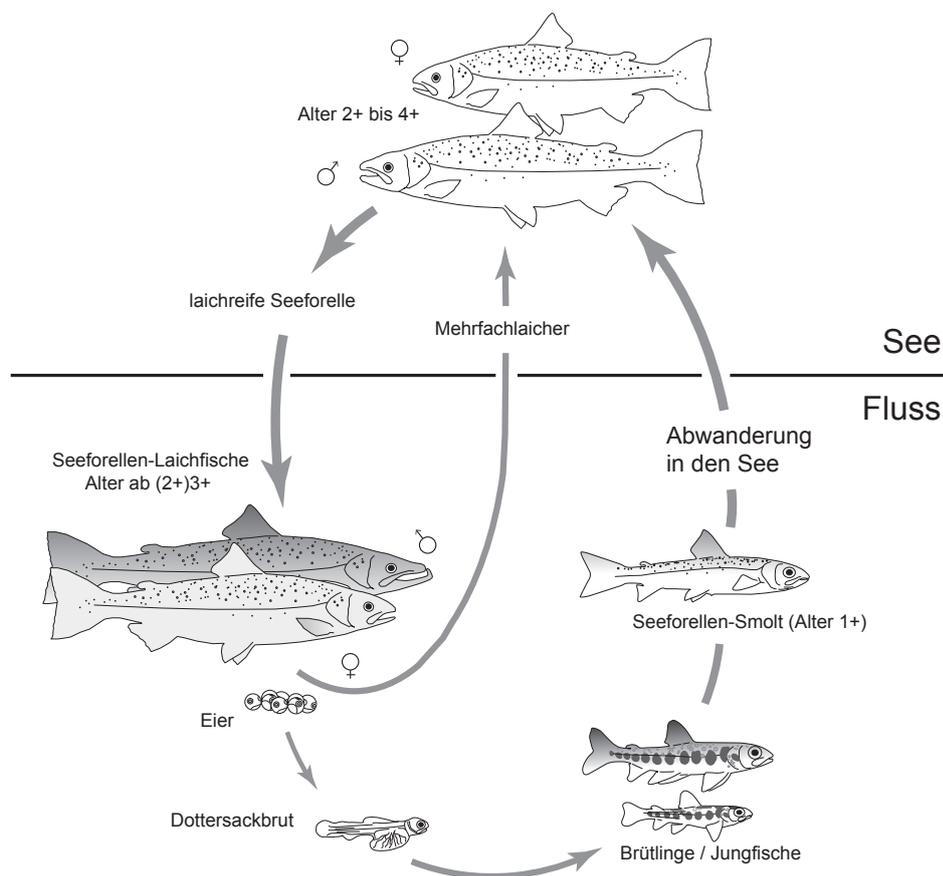
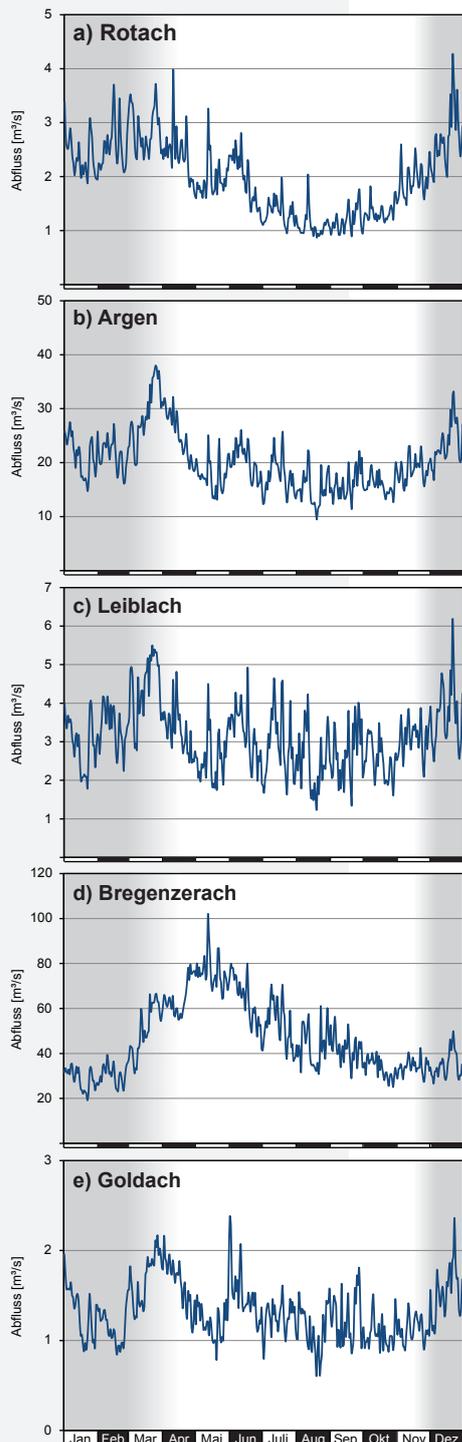


Abb. 6: Die verschiedenen Entwicklungsstufen der Seeforelle. Alle Seeforellen durchlaufen einen Lebenszyklus, bei dem sie - z.T. auch mehrfach - zwischen ihren Geburtsflüssen und dem Bodensee hin und her wandern.

Abflüsse und Wassertemperaturen

Starke Winterhochwasser und die Prognosen des Klimawandels deuten darauf hin, dass die Hauptachsen der Bodenseezuflüsse für die Seeforellenreproduktion immer riskanter werden. Seitengewässer und Flussoberläufe werden dafür künftig eine zunehmend wichtigere Rolle spielen, da sie im Verhältnis zu ihrer Wasserführung noch größere bewaldete Pufferräume aufweisen. In den intensiver genutzten Gebieten werden die Hochwasser dagegen durch Entwässerung, Flächenversiegelung, Bodenverdichtung und damit insgesamt durch mangelnden Wasserrückhalt verstärkt. Schnell ansteigende Abflussspitzen tragen so viel Energie ins Gewässer ein, dass die kiesige Flussohle umgewälzt und der abgelegte Seeforellenlaich geschädigt wird.

Abb. 7: Abflussverhalten der Programmgewässer (langjährige Mittelwerte). Für die Seeforellen-Reproduktion sensible Zeiträume sind grau hinterlegt. Jahresreihen: Rotach 1983–2013; Argen, Goldach 1980–2013; Leiblach, Bregenzerach 1976–2013.



Die Wassertemperaturen beeinflussen die Fortpflanzung in entscheidendem Maße. Bei Temperaturen um 0 °C (Grundeisbildung) und über ca. 10 °C kann die Entwicklung der Forelleneier in Mitleidenschaft gezogen werden. Sommerliche Wassertemperaturen über 20 °C überschreiten den Toleranzbereich für kälteliebende Fischarten. Bachforellen stellen z.B. ab 20 °C die Nahrungsaufnahme ein. In Gewässern, die regelmäßig solche Werte erreichen, können keine stabilen Populationen mehr erwartet werden, und Temperaturen ab 25 °C können für die Forellen sogar tödlich sein.

Die **Rotach** zeigt ein pluvio-nivales, also ein sowohl durch Regen (lat: *pluvia*), als auch durch Schneeschmelze (lat: *nivis*=Schnee) geprägtes Abflussregime (Abb. 7a). Üblicherweise bedeutet dies ein Abflussmaximum während der Wintermonate. Nahtlos schließt sich danach eine Abflussspitze durch Schmelzwasser aus dem oberen Einzugsgebiet an. Die höchsten Abflüsse in der Rotach fallen somit mit der Reproduktionszeit der Seeforellen zusammen. Wassertemperaturen über 20 °C wurden im Sommer in der Rotach dagegen seltener gemessen als in den anderen Programmgewässern.

Die **Argen** entsteht durch die Vereinigung von Oberer und Unterer Argen, die ein weitgehend identisches pluvio-nivales Abflussregime zeigen (Abb. 7b). Infolge von Winterniederschlägen treten Ende Dezember bis Januar, also in der Reproduktionszeit der Seeforellen, regelmäßig Abflussspitzen auf. Im Sommer gibt es typische Niedrigwasserstände, die sich bis in den späten Herbst hinein ziehen. Wasserentnahmen für die Landwirtschaft und Restwasserverhältnisse in Ausleitungsstrecken mindern noch einmal die ohnehin sehr geringen Wasserstände und führen damit auch zur Erhöhung der Wassertemperatur. In den Sommermonaten werden abschnittsweise Werte über 20 °C erreicht.

Das Abflussregime der **Leiblach** ist ebenfalls pluvio-nival geprägt (Abb. 7c). Auch hier gibt es typische, niederschlagsgeprägte Abflussspitzen während der Wintermonate. Im Gegensatz zu Rotach und Argen sind Schmelzwasserabflüsse im Frühjahr aber deutlicher ausgeprägt und halten auch länger an. Die Leiblach weist typische Niedrigwasserstände erst im Sommer und Herbst auf. Dabei treten regelmäßig Wassertemperaturen über 20 °C auf, im Sommer 2013 wurden sogar knapp 25 °C erreicht. Die winterlichen Tiefsttemperaturen liegen in der zeitweise wasserarmen Leiblach oft um die 0 °C und stellen zusammen mit den in manchen Jahren hohen Frühjahrstemperaturen um 15 °C eine Gefahr für die Brütlingsentwicklung dar.

Der Abflusscharakter der **Bregenzerach** ist gemäßigt nival mit den höchsten Abflüssen im Mai (Abb. 7d). Erst an der Pegelmessstation bei Kennelbach im Unterlauf der Ach sind auch deutliche Einflüsse von Winterniederschlägen im langjährigen Abflussregime erkennbar, flussaufwärts ist die Häufigkeit und Intensität von Winterhochwassern deutlich geringer als in den anderen Programmgewässern (Abb. 7). Ein erster Anstieg der Abflüsse nach der Niederwasserperiode

im Winter entsteht durch die Schneeschmelze in mittleren Höhen Mitte März. Ende April schließt sich die Schneeschmelze in oberen, alpinen Lagen an und verursacht eine zweite Abflussspitze mit deutlich größeren Abflussmengen. Das jährliche Niedrigwasser tritt ab Spätherbst auf. Die Wassertemperatur der Bregenzerach erreicht bereits im Mittelauf bei Mellau sommerliche Werte knapp über 20 °C. Für wärmeempfindliche Fischarten kritisch sind noch höhere Wassertemperaturen in den Restwasser-/Ausleitungstrecken flussabwärts von Bezau und von Kennelbach bis in den Bodensee. Ebenfalls innerhalb der Ausleitungstrecken treten im Winter regelmäßig Wassertemperaturen um den Gefrierpunkt auf.

Das Abflussregime der **Goldach** ist wieder pluvio-nival geprägt (Abb. 7e). Im Mittwinter gibt es nur eine geringe, niederschlagsgeprägte Abflussspitze. Erhöhte Abflüsse treten vor allem als Folge der Schneeschmelze von Mitte März bis Ende Mai auf. Mit Ausnahme dieser Abflussspitzen zeigt die Goldach recht konstante hydrologische Bedingungen bei vergleichsweise geringen Abflussmengen. Niedrige Wasserstände in den Herbstmonaten können den Forellenein- und -abstieg behindern. In der Goldach treten in der Restwasserstrecke des KW Bruggmühle regelmäßig Wassertemperaturen um und über 25 °C auf. Die ermittelten Temperaturbereiche führen hier möglicherweise sogar zu einer erhöhten Mortalität von Sömmerlingen. Im Winter werden regelmäßig Temperaturen um den Gefrierpunkt erreicht.

Gewässer	Einzugsgebiet	Ursprung	Länge	MQ	NQ	HQ ₁₀
Rotach	132 km ²	620 m ü. M	39 km	1,97 m ³ /s	0,13 m ³ /s	59,4 m ³ /s
Argen	639 km ²	800 m ü. M	94 km	20,1 m ³ /s	2,9 m ³ /s	338 m ³ /s
Leiblach	102 km ²	692 m ü. M	33 km	3,3 m ³ /s	0,1 m ³ /s	95 m ³ /s
Bregenzerach	832 km ²	2 400 m ü. M	67 km	46,3 m ³ /s	1,1 m ³ /s	940 m ³ /s
Goldach	50 km ²	1 060 m ü. M	19 km	1,35 m ³ /s	0,06 m ³ /s	71 m ³ /s

Tab. 1: Allgemeine Kenndaten der Programmgewässer. MQ = mittlerer Abfluss; NQ = niedrigster Abfluss; HQ₁₀ = statistisch zehnjährliches Hochwasser.



Abb. 8: Am Beispiel der Bregenzerach zeigt sich der Wechsel in der Abfluss- und Temperaturdynamik in besonderem Maße. a) Hochwasser (680 m³/s) am 10. Oktober 2011. b) Niedrigwassersituation am 1. Dezember 2011 (9 m³/s). c) Wassertemperaturen über 20 °C (4. September 2011) locken Badegäste an. d) Eistreiben am 7. Februar 2012.

Laichfischfang, Erbrütung und Besatz der Seeforellen

Seeforellenbesatz findet in unterschiedlichem Maße in allen untersuchten Bodenseezuflüssen statt. Während der Besatz in **Argen** und der **Bregenzerach** von in Fischzuchten gehaltenen Elterntierstämmen abstammt, wird in der **Leiblach**, der **Rotach** und der **Goldach** weitestgehend bzw. ausschliesslich auf Laich aus dem Laichfischfang zurückgegriffen. Dieser findet in der Regel zwischen dem 1. Dezember und dem 10. Januar statt. In diesem Zeitraum werden in den Flüssen die meisten laichreifen Seeforellen erwartet.

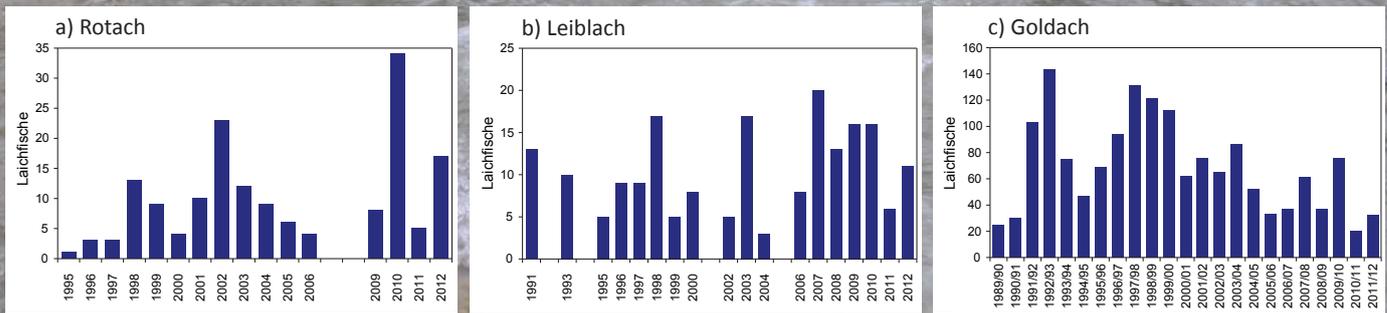


Abb. 9: Ergebnisse der Laichfischfänge der letzten Jahrzehnte aus der Rotach, der Leiblach und der Goldach. In der Argen und der Bregenzerach findet bislang kein regelmässiger Laichfischfang statt.

Der Erfolg der Laichfischfänge in der **Rotach** schwankt stark. Dies liegt am unterschiedlichen Befischungsaufwand, aber auch an der sehr unterschiedlichen Zahl aufsteigender Laichfische (Abb. 9a). Das Geschlechter-Verhältnis ist zu den Weibchen (Rognern) hin verschoben. Für die Aufzucht wird das Besatzmaterial aus dem Wildfang durch solches aus einem Elterntierstamm ergänzt. Brütlingsbesatz findet in der Rotach und ihren Zuflüssen jährlich statt (Abb. 10a). Die Besatzzahlen haben sich seit 2010 auf etwas über 100 000 Brütlinge eingependelt.

In der **Argen** gelingt wegen der geringen Aufsteigerzahlen und des großen Einzugsgebietes kein Laichfischfang. Für den Seeforellenbesatz, der jährlich im gesamten System erfolgt (mit einem hohen Anteil an vorgestreckten Brütlingen, Abb. 10b, 11), muss deshalb vollständig auf Eimaterial aus Elterntierstämmen zurückgegriffen werden. Die Elternstämme stammen von im Freiland gefangenen Fischen ab.

Vom Laichfischfang in der **Leiblach** liegen schon seit 1991 Zahlen vor (Abb. 9b). In das System werden jährlich große Mengen Seeforellenbrütlinge und -sömmerlinge eingesetzt (bis 2010 durchschnittlich 380 000 Individuen/Jahr). Im Gegensatz zur Rotach reichen hier Laichfische aus, um einen aus Wildfischen rekrutierten Besatz zu gewährleisten. Gelegentlich findet sogar Besatz mit der Altersklasse 1+ (Einjährige) statt. Seit dem Jahr 2010 wurden die Besatzzahlen deutlich reduziert (Abb. 10c).

In der **Bregenzerach** fand bisher noch kein Laichfischfang statt. Im VKW-Kanal, dem gemeinsamen Werkskanal der Vorarlberger Kraftwerke AG und Kraftwerke Schindler, finden

allerdings alljährlich Bestandsbergungen statt, wenn der Kanal im Sommer betriebsbedingt vorübergehend entleert werden muss. Dabei wurden bisher stets sehr früh eingestiegene, noch unreife Seeforellen erfasst. Zusammen mit den neu gewonnenen Erkenntnissen lässt dies den Schluss zu, dass sich im System der Bregenzerach Seeforellen fast über das gesamte Jahr hinweg aufhalten. Seeforellenbesatz wurde 2004 bis 2005 mit durchschnittlich 13 600 Jungfischen begonnen. Seit 2009 werden um die 100 000 Brütlinge und Sömmerlinge aus verschiedenen Elterntierstämmen besetzt (Abb. 10d). Für ein Gewässersystem dieser Größe sind dies vergleichsweise geringe Zahlen.

Seit dem Jahre 1989 findet in der **Goldach** regelmäßig Seeforellen-Laichfischfang mit unterschiedlichem Aufwand, aber mit stets vergleichsweise großem Erfolg statt (Abb. 9c); 2012 wurde er vorerst eingestellt. Die bisher gewonnenen Eizahlen reichten aus, um ausschließlich Material aus Wildfängen für die Erbrütung und für den Besatz zu verwenden. Von St. Galler Seite werden Seeforellenbrütlinge und Vorsömmerlinge in oberen und mittleren Bachabschnitten besetzt. Die Thurgauer Verwaltung setzt jährlich rund 10 000 Vorsömmerlinge in den untersten Goldachabschnitt ein. Nach stärkeren Schwankungen lagen die Besatzzahlen beider Kantone in den letzten Jahren im Schnitt knapp unter 50 000 Individuen (Abb. 10e). Auch wenn man den unterschiedlichen Befischungsaufwand berücksichtigt, ist die Zahl einsteigender Laichfische rückläufig.

Der Seeforellenlaich wird in den Brutanstalten Rorschach, Hard, Nonnenhorn und Langenargen erbrütet.

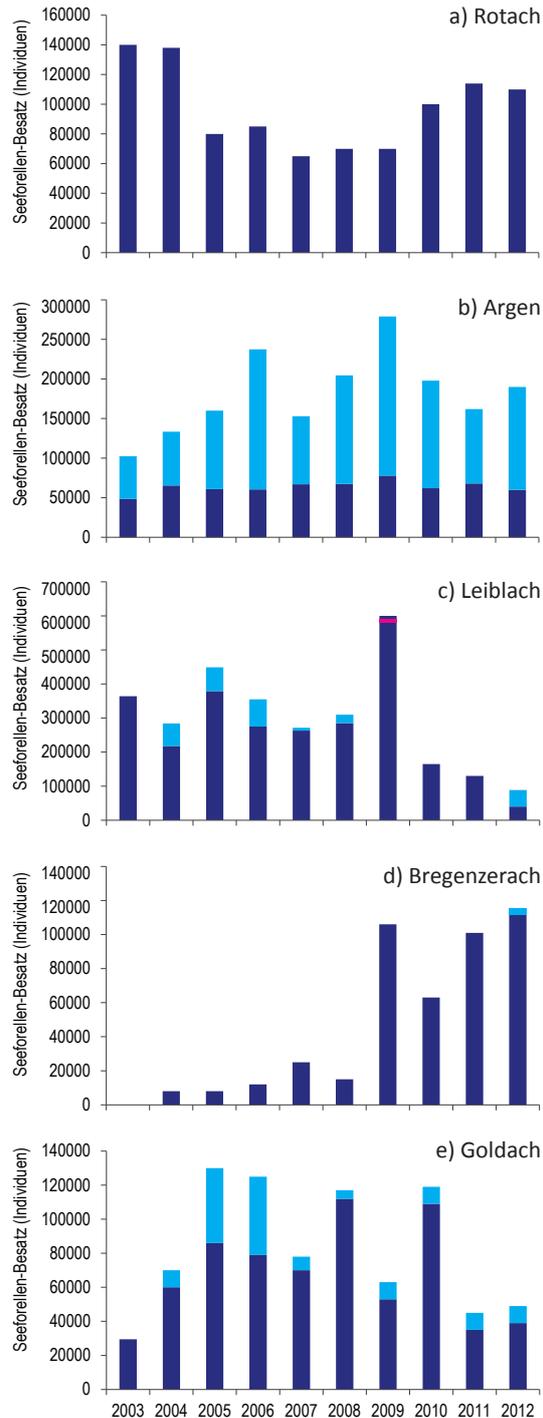


Abb. 10: Seeforellenbesatz in den fünf Programmgewässern.

■ Brütlinge
■ Sömmerlinge
■ AK 1+ (Einjährige)



Abb. 11: Die ersten Entwicklungsstadien der Seeforelle. Links: «geäugtes» Ei vor dem Schlüpfen. Mitte: frisch geschlüpfte Seeforellen-Larve mit Dottersack. Rechts: pigmentierter Brütling.

Fang, Untersuchung und Markierung der Laichfische

Zur Untersuchung der Seeforelleneinwanderung wurden einsteigende Laichfische gefangen. Nachdem sich der Fang mit einem dynamischen Fischwehr als zu aufwändig und hochwasseranfällig erwiesen hatte, erfolgten in den fünf Programmgewässern insgesamt 78 Elektrofischungen unterschiedlicher Flussabschnitte (Abb. 12) – v.a. im Bereich von Wanderhindernissen.



Abb. 12: Erfolgreicher Seeforellenfang mit dem Elektrofischgerät erfordert – wie hier in der Leiblach – einen hohen personellen und apparativen Aufwand. Im Rahmen des Projekts wurde das Team dankenswerterweise durch eine Vielzahl von Helfern aus Fachstellen und Angelsportvereinen unterstützt.

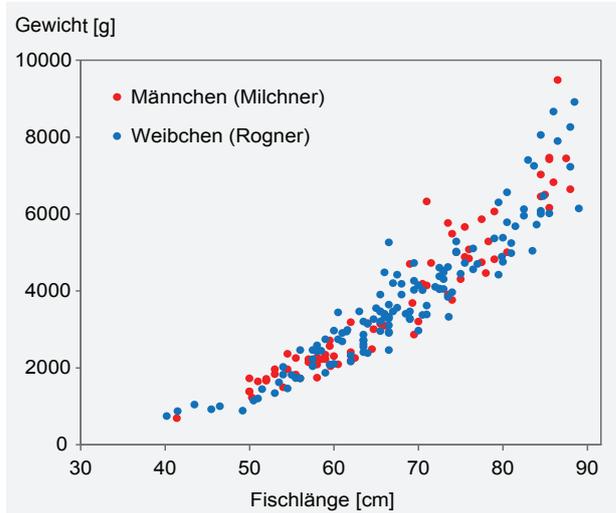


Abb. 13: Längen-Gewichtsverhältnis der gefangenen und vermessenen Seeforellen, bei denen zusätzlich das Geschlecht festgestellt wurde.

Alle gefangenen Laichfische wurden vermessen, gewogen und fotografiert, um einen Individuenkatalog herzustellen, biometrische Daten aufzunehmen (Abb. 13) und den Gesundheitszustand der Tiere zu dokumentieren. Danach wurden sie meist wieder am Fangort entlassen. Ein Großteil der Seeforellen war zwischen 55 cm und 75 cm lang und 2 kg bis 4,5 kg schwer. Die Geschlechterverhältnisse waren deutlich zu den Rognern (Weibchen) hin verschoben. Im Mittel kamen zwei Rogner auf einen Milchner (Männchen), wobei das Verhältnis von 1:1,63 (Leiblach) bis 1:3 (Argen) variierte.

Die größten Seeforellen waren über 91 cm lang, andere bis zu 16,5 cm dick bzw. fast 22 cm hoch; die schwersten Individuen wogen bis zu 9,5 kg (Abb. 14). Die Körperform der Seeforellen unterscheidet sich damit recht deutlich von den «schlankeren» Lachsen. Bezüglich der Körperbreite bestehen – in Abhängigkeit von der Gesamtlänge – auch Unterschiede zwischen den Geschlechtern und dem Reifegrad der Rogner. Im Mittel sind Rogner mit Laich jedoch breiter als Milchner.

Abb. 14: a) Seeforellen-Rogner aus der Leiblach, 88,5 cm, 8,9 kg, 16,2 cm breit. b) Seeforellen-Milchner aus der Bregenzerach, 86,5 cm, 9,5 kg, 20,5 cm hoch (ohne Flossen).



Bei den gefangenen Laichfischen fielen neben verschiedenen Verletzungen an Kopf (verursacht durch Hindernisse), Schnauze (Hakenschädigungen) und Bauch (Abschürfungen) auch Krankheiten auf. Die häufigste war die *Ulzerative Dermalnekrose* (UDN) mit sekundärem Befall durch den Scheinpilz *Saprolegnia* (Abb. 15).



Abb. 15: Starker Pilzbefall durch *Saprolegnia* bei einem reifen Rogner in der Goldach.

Die Ursachen für diese Erkrankung sind noch weitgehend unbekannt. Sie kann in Abhängigkeit des sekundären Pilzbefalls zum Tod der Fische führen, aber im Seewasser auch wieder vollständig abheilen. Die Befallsraten der Seeforellen schwankten zwischen 0 % in der Argen und 12,5 % in der Goldach. Die Häufigkeit verpilzter Fische stand dabei in direktem Zusammenhang mit der Aufenthaltsdauer der Tiere in ihrem Laichgewässer und war 2010/2011 wesentlich höher als in den beiden Jahren danach. Bei andauernden Niedrigwasserständen hatten die abgelaichten und entkräfteten Seeforellen – zumindest in der Goldach – kaum eine Chance, den Weg zurück in den See zu bewältigen.



Abb. 16: Besenderung der Seeforellen mit Pit-Tags (= Passive Integrierte Transponder). Auch die größten Transponder sind nur kleine, mit Elektronik gefüllte Glasröhrchen, die durch einen ca. 5 mm langen Schnitt in die Bauchhöhle der Fische geschoben werden können. Der Schnitt wird anschließend mit Gewebekleber verschlossen.

In den Programmgewässern wurden 164 adulte Laichfische und 194 Jungfische mit Passivsendern markiert, sogenannten PIT-Tags (PIT=Passive Integrierte Transponder). Diese Sender übertragen eine digital kodierte Nummer und eignen sich so zur individuellen Markierung der Fische. Durch den Verzicht auf eine Batterie sind die Sender sehr klein und können den Fischen durch einen kleinen Schnitt schadlos eingeführt werden (Abb. 16). Für diesen Eingriff wurden entsprechende Tierversuchsgenehmigungen von den jeweiligen Ländern erteilt.

Die zur Datenübertragung nötige Sendeenergie wird dem PIT-Tag von einem Antennenkabel übertragen, das quer über den Fluss gelegt wird. Die maximal erfassbare Gewässerbreite hierfür lag bei 25 m, so dass im Unterlauf von Argen und Bregenzerach keine Antennen verlegt werden konnten. Je nachdem, an welchen Orten die Kabel positioniert waren, konnten die Wanderwege der besenderten Seeforellen mehr oder weniger präzise verfolgt werden. Dabei können theoretisch auch Fische detektiert werden, die - z.B. bei Hochwasserabfluss - bis zu 60 cm über der Antenne schwimmen.

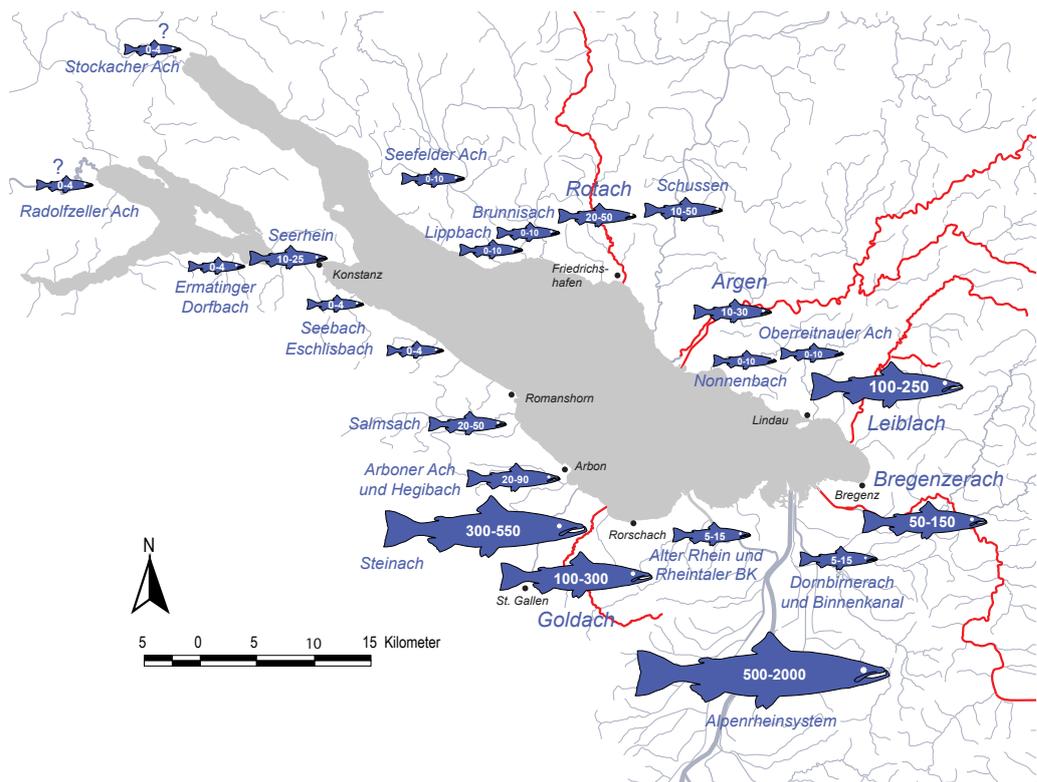
PIT-Tags wurden sowohl zur Untersuchung der Wanderung aufsteigender Laichfische als auch absteigender Jungfische eingesetzt. Sie sind über viele Jahre aktivierbar. Dies ermöglicht eine langfristige individuelle Erkennung der besenderten Fische. Bei adulten Rognern kommt es während des Abblauschens allerdings oft zum Verlust des frei in der Bauchhöhle liegenden Transponders.

Wieviele Laichfische wandern in die Zuflüsse?

Auf Basis einer datengestützten Expertenabschätzung wurden die aktuellen Einsteigerzahlen für Seeforellen für die Jahre 2010 bis 2012 ermittelt. Herangezogen wurden: Fangzahlen, Anzahl der Befischungen, befischte Strecken, Zahl und Ort der Wiederfänge, detektierte Individuen, Aufenthaltszeiten in den Gewässern und Einstiegszeiten außerhalb der Befischungskampagnen, Beobachtungen und Anglerfänge. Die Daten wurden mit jenen der Steinach und des Alpenrheins verglichen, die aus Laichfischfang und Videoüberwachung langjährig dokumentiert sind. Auch Informationen über andere Seeforellengewässer konnten gesammelt werden, die z.T. auch älteren Datums waren (Abb. 17). Die Einsteigerzahlen zeigten erwartungsgemäß erhebliche Unterschiede zwischen den Laichgewässern, schwankten aber auch innerhalb der gleichen Gewässer zwischen den Jahren um den Faktor 2 bis 3 (Tab. 2).

Bezogen auf das Einzugsgebiet – ein Maß für die Größe des Gewässers – sind die Einsteigerzahlen von **Goldach** und Steinach bei Weitem die höchsten, gefolgt von der **Leiblach**. Die großen Gewässer Alpenrhein und **Bregenzerach** sind miteinander vergleichbar, liegen aber deutlich unter den Werten der drei bereits genannten Flüsse. Die **Rotach** liegt im Bereich der Angaben für Alpenrhein und Bregenzerach. Die **Argen** weist die geringsten Einsteigerzahlen auf, sowohl absolut als auch bezogen auf das Einzugsgebiet.

Laichgewässer	Einsteiger	Einzugsgebiet (km ²)	Einsteiger pro km ²	gut erreichbare Strecke	Einsteiger pro km erreichbare Strecke
Rotach	20-50	132	0,15-0,38	7,6 km	2,7-6,8
Argen*	10-30	639	0,02-0,05	47 km	0,2-1
Leiblach	100-250	102	0,98-2,45	13,1 km	7,8-19,4
Bregenzerach*	50-150	830	0,06-0,18	7,1 km (52 km)**	6,9-20,8 (1,0 - 2,9)**
Goldach	100-300	50	2-6	2,15 km (7,9 km)**	46,5-139,5 (13,1 - 39,2)**
Steinach	300-550	24	12,5-22,9	1,8 km	166,7- 305,6
Alpenrhein*	500-2000	6120	0,08-0,33	145 km	3,4-13,8



Tab. 2: Abschätzung der Einsteigerzahlen von Seeforellen-Laichfischen in die Programmgewässer sowie die Referenzgewässer Steinach und Alpenrhein (2010 bis 2013).

*) aufgrund der Größe des Gewässers und des Einzugsgebiets mit höherer Unsicherheit behaftet.

**) nur eingeschränkt oder selektiv erreichbar.

Abb. 17: Abschätzung der Einsteigerzahlen in die Seeforellengewässer des Bodensee-Einzugsgebiets (Quelle: aktuelles Programm, Informationen der Fischerfachstellen, Beobachtungen, Grundlagenbericht Seeforelle, IBKF 2009). Programmgewässer sind rot eingezeichnet.

Wanderzeiten und Wanderwege

Ein- und Abwanderungen der Seeforellen fanden bevorzugt bei erhöhten Abflüssen in den Laichgewässern statt. Die höchsten Wanderaktivitäten wurden in der ersten Nachthälfte registriert. Die mittleren Wandergeschwindigkeiten lagen zwischen 2,5 und 4 km pro Tag. Die längste im Rahmen des Projekts dokumentierte Wanderstrecke betrug 47 km; der entsprechende Fisch stand am letzten Aufstiegshindernis in der **Unteren Argen** an. In der **Bregenzerach** gelang der oberste Nachweis durch einen Fischer bei Bersbuch (ca. 30,5 km von der Mündung entfernt). In der **Leiblach** konnten mehrere Aufsteiger im Bereich des endgültigen Aufstiegshindernisses (13,1 km oberhalb Mündung) festgestellt werden; in der **Goldach** erfolgte der vorerst oberste Nachweis noch immer ca. 5 km unterhalb des finalen natürlichen Hindernisses (3 km vom See entfernt). Dass Seeforellen längere Wanderstrecken zurücklegen, wenn sie keine Hindernisse überwinden müssen, zeigten sogenannte *catch-and-carry*-Versuche in der Argen und der Bregenzerach. Zwei im Argenkanal gefangene und auf gleicher Höhe in die Argen ausgesetzte Fische wurden acht Tage später in der Oberen Argen detektiert. Auch vier Seeforellen der Bregenzerach gelang erst ein weiterer Aufstieg, nachdem sie in der Sackgasse VKW-Kanal gefangen und oberhalb des Kennelbacher Wehrs wieder in die Ach entlassen wurden.

Während ein Großteil der Seeforellen aus der **Goldach** bald nach dem Ablachen wieder in den See zurückschwamm, hielten sich einige früh eingestiegene Individuen in **Bregenzerach** und **Argen** bis mehrere Monate im Laichgewässer auf und verloren dabei - auch ohne abzulaichen - deutlich an Gewicht (Abb. 18).

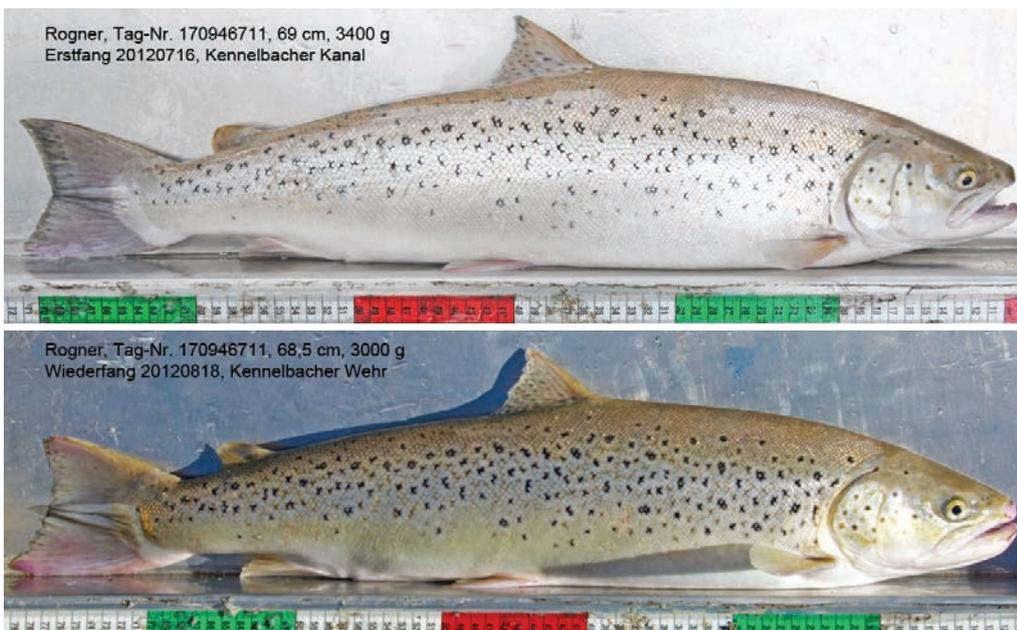


Abb. 18: Im Juli 2012 im VKW-Kanal gefangener und unterhalb des Kennelbacher Wehrs ausgesetzter Rogner. Das unreif verbliebene Weibchen konnte das Wehr via Fischweg nicht überwinden, färbte sich um und nahm in 5 Wochen um 400 g (-12 %) an Körpergewicht ab.

Mitte Dezember 2012 stiegen zwei Seeforellen-Männchen in die Goldach ein, die zuvor in der Bregenzerach bzw. der Leiblach gefangen und besendert worden waren (Abb. 19). Wie hoch der Anteil dieser auch als «Strayer» bezeichneten Tiere an der Gesamtpopulation ist, bleibt unbekannt. Die PIT-Tag-Antenne in der Mündung der Goldach war allerdings die einzige Stelle, an der andernorts markierte Fische erfasst werden konnten.



Abb. 19: Strayer sind in der Regel männliche Seeforellen, die verschiedene Laichgewässer aufsuchen. Zwei von ihnen, die zuvor in der Bregenzerach bzw. der Leiblach besendert wurden, tauchten später in der Goldach wieder auf. Blau: Fischwanderung, rot: Umsetzen der Fische.

Die hindernisreiche Einwanderung der Laichfische

Im Alpenrhein, aber offenbar auch in der **Bregenzerach** und **Argen**, beginnt der Einstieg der Seeforellen aus dem See bereits im Sommer. In den kleineren Gewässern **Rotach**, **Leiblach** und **Goldach** beginnt der Laichzug in der Regel erst Ende Oktober und endet meist Anfang Januar. Da der Bodensee im Spätherbst oft einen niedrigen Wasserstand hat, kann bereits der Einstieg in die Flussmündungen wegen zu geringer Wassertiefe Probleme bereiten. Die Seeforellen müssen hier deshalb das nächste Hochwasser abwarten und steigen dann – z.B. an der Goldach und der ihr benachbarten Steinach – in großer Zahl und kurzer Zeit ein. In allen untersuchten Laichgewässern sind die großen Seeforellen mit Hindernissen konfrontiert, die ihren Aufstieg verhindern oder zumindest verzögern. Auch bei optimalen Abflussverhältnissen können Hindernisse von über 70 cm Höhe von Seeforellen nur selten überwunden werden. Ist die Wassertiefe vor dem Hindernis geringer als das ca. 1,2- bis 1,4-fache der Hindernishöhe, können manchmal selbst Stufen von weniger als 40 cm Höhe unüberwindbar bleiben. Dasselbe gilt für Strecken mit zu geringer Wassertiefe (gleich oder weniger als Körperhöhe) und für Fischwanderhilfen, die für die großen Wanderfische nicht ausreichend dimensioniert oder von ihrer Konstruktion her ungeeignet sind. Zu Niedrigwasserzeiten können auch ansonsten überwindbare Blockrampen zum unüberwindbaren Labyrinth werden (Abb. 20).

Abb. 20: Seeforellen stoßen beim Einstieg in die Laichgewässer auf viele Hindernisse.

a) Seeforelle überspringt eine ca. 60 cm hohe Sohlschwelle in der Steinach.

b) Wehranlage Kennelbach mit nur eingeschränkt funktionierendem Beckenpass.

c) Von großen Seeforellen nicht überwindbarer Fischpass an der Oberen Argen.

d) Bei Niedrigwasser bilden die Blockrampen in der Bregenzerach ein unüberwindbares Labyrinth für auf- und absteigende Fische.



Die Wanderungen der Seeforellen enden in der **Argen**, der **Rotach** und der **Bregenzerach** vor künstlichen Querbauwerken. Nur in der **Leiblach** und der **Goldach** wird das Kontinuum durch natürliche Hindernisse begrenzt. Auch wenn viele Hindernisse für sich betrachtet überwindbar sind, bedeuten sie in Summe für die Seeforellen auf dem Weg zu den Laichgebieten stets einen höheren Energieaufwand und stellen für die Aufwanderung zumindest eine Verzögerung dar. Sie sind auch ein Grund dafür, dass viele Individuen weniger weit in die Gewässer einwandern, als dies eigentlich möglich wäre. An einem Felsriegel in der **Goldach** konnten Aktivitätspausen von mehreren Tagen vor und bis zu einer Woche nach Überwindung des Hindernisses festgestellt werden. In der **Argen** und der unteren **Bregenzerach** wird der erhöhte Energieaufwand und die damit verbundene Schwächung der Fische durch eine Serie von Blockrampen verursacht, die bei normalen Abflüssen gut überwindbar sind.

In der **Rotach** existierten 15 Querbauwerke, von denen in den letzten Jahren einige wieder rückgebaut oder mit Fischwanderhilfen ausgestattet wurden (Abb. 21). Die Buchmühle, rund 28 km oberhalb der Mündung, markiert das natürliche und überbaute Ende des Fischeaufstiegs. Leider können die Fische noch nicht bis dorthin aufsteigen.

Die **Argen** ist zwischenzeitlich fast 50 km durchgängig, das entscheidende Hindernis für die Seeforellenwanderung besteht aber schon an der Flussmündung. Der neben der Ar-

gen in den Bodensee mündende Mühlkanal in Langenargen leitet große Mengen Argenwasser für die Wasserkraftnutzung ab und lenkt mit seiner viel stärkeren Lockströmung einen Großteil der aufstiegswilligen Seeforellen von der Argen ab. Der Kanal selbst bildet eine Sackgasse für den Aufstieg.

Neben dem Sannwaldwehr und seinem Fischpass gibt es im Unterlauf der **Leiblach** weitere nur eingeschränkt passierbare Hindernisse, die den Seeforellenaufstieg bei Niedrigwasser verzögern können. Hier ist eine weitere Verbesserung der Durchgängigkeit erforderlich. Neben einigen überwindbaren natürlichen Hindernissen im Mittellauf stellt die Knochenmühle, 13,1 km oberhalb der Mündung, das wohl auch historisch natürliche Ende des Seeforellenaufstiegs dar.

Das Kontinuum des zweitgrößten Zuflusses des Bodensees, der **Bregenzerach**, ist derzeit am stärksten gestört. Durch die bei Niedrigwasser bzw. Sunk nur schwer überwindbaren Blockrampen im Unterlauf und dem unzureichend dimensionierten Beckenpass am Kennelbacher Wehr können größere Seeforellen geeignete Laichgründe im Mittel- und Oberlauf kaum erreichen. Hinzu kommt der abflussstarke VKW-Kraftwerkkanal, der – ähnlich wie der Mühlkanal an der Argen – die Fische vom eigentlichen Aufstiegsweg weglockt und in eine Sackgasse führt (Abb. 22).

Der Seeforellenaufstieg in der **Goldach** endete bis 2010 an einem 4 m hohen, nur 2,2 km von der Mündung entfernten Brückenfundament. Nach Rückbau des Fundaments wurde ein darunter liegender Felsriegel so umgestaltet, dass ihn Seeforellen bei geeigneten Abflüssen überwinden können. Ein Beckenpass überbrückt das nächste Hindernis, das Ausleitungswehr des Kraftwerks Bruggmühle. Bis zum endgültigen natürlichen Hindernis, rund 8 km von der Mündung entfernt, kommen keine weiteren echten Hindernisse hinzu.

Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass nicht nur unüberwindbare Hindernisse darüber entscheiden, ob und wie weit Seeforellen ins Laichgewässer einsteigen können. Auch die Art (Querbauwerk, falsche Lockströmung, Fischpass mit eingeschränkter Funktion) und die Abfolge der Durchgängigkeitsstörungen entscheiden über ihre Attraktivität.

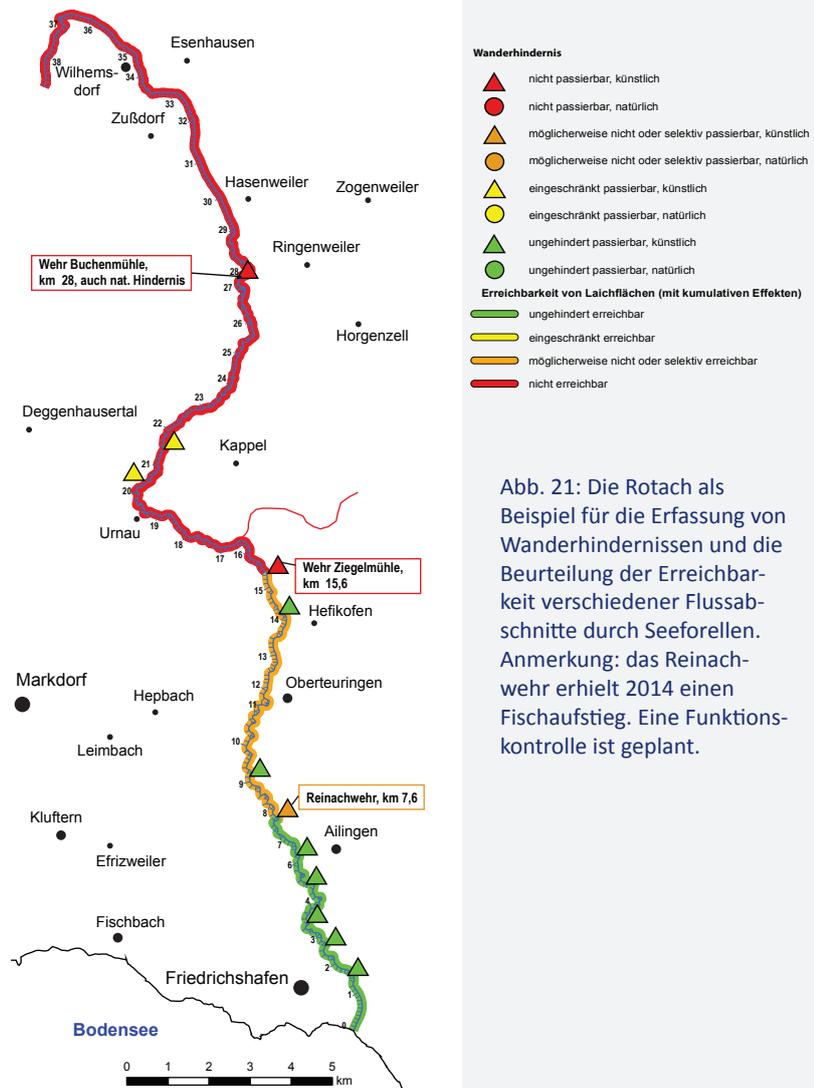


Abb. 21: Die Rotach als Beispiel für die Erfassung von Wanderhindernissen und die Beurteilung der Erreichbarkeit verschiedener Flussabschnitte durch Seeforellen. Anmerkung: das Reinachwehr erhielt 2014 einen Fischaufstieg. Eine Funktionskontrolle ist geplant.



Abb. 22: Links: Die deutlich stärkere Strömung des VKW-Kanals bei seiner Einmündung in die Bregenzerach lockt viele Seeforellen in eine Sackgasse, weg von ihrem eigentlichen Weg. Rechts: Der Beckenpass am Kennelbacher Wehr an der Bregenzerach (hier ohne Wasser) ist für größere Seeforellen unzureichend dimensioniert.

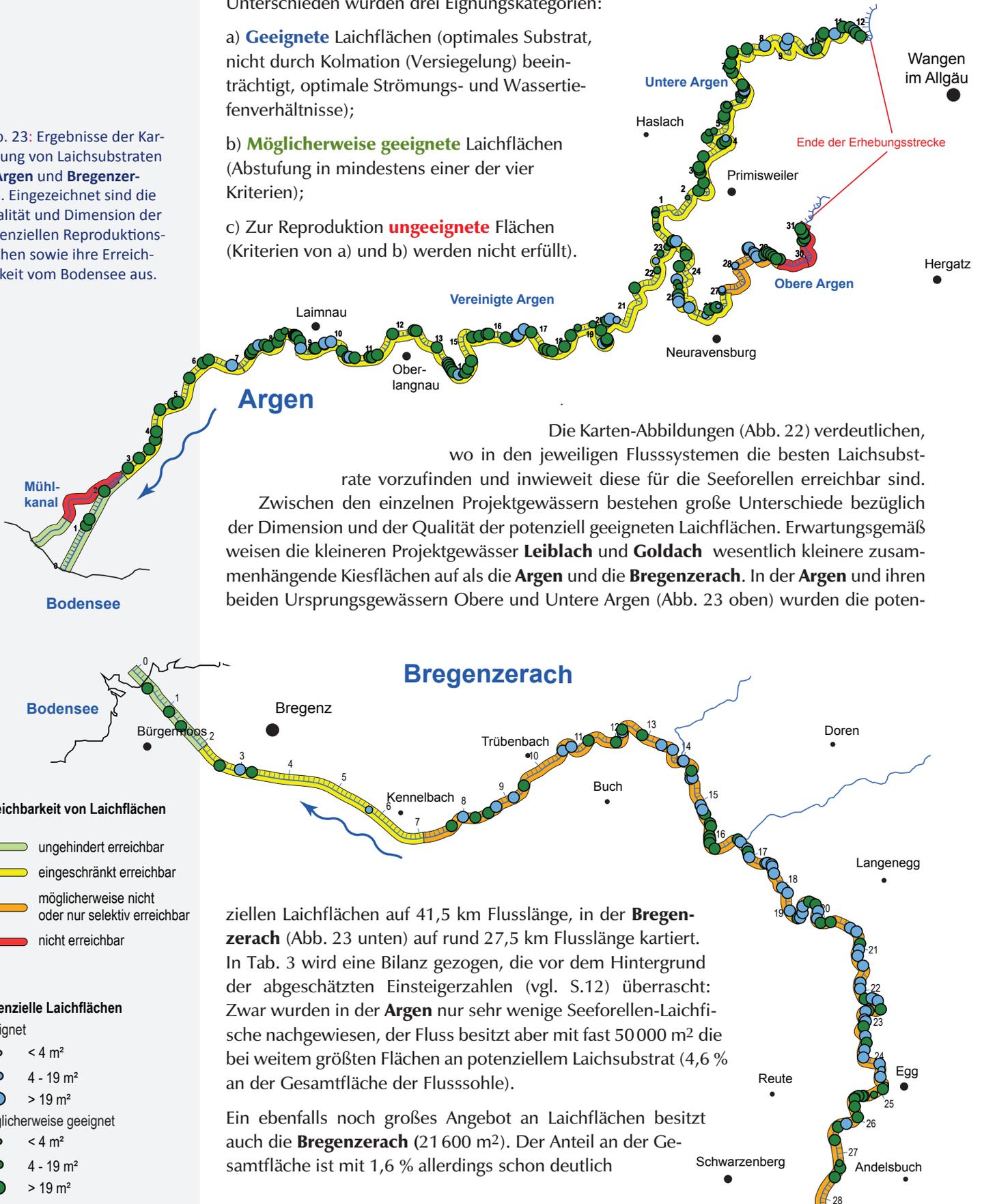
Qualität und Dimension potenzieller Laichgebiete

Potenzielle Laichgebiete für die Seeforelle wurden während Niedrigwasserbedingungen kartiert (Abb. 23, 24). Die Kriterien der Eignung von Substratqualität, Kolmation, Strömung und Wassertiefe wurden u.a. aus eigenen Analysen von Seeforellenlaichgruben abgeleitet.

Unterschieden wurden drei Eignungskategorien:

- Geeignete** Laichflächen (optimales Substrat, nicht durch Kolmation (Versiegelung) beeinträchtigt, optimale Strömungs- und Wassertiefenverhältnisse);
- Möglicherweise geeignete** Laichflächen (Abstufung in mindestens einer der vier Kriterien);
- Zur Reproduktion **ungeeignete** Flächen (Kriterien von a) und b) werden nicht erfüllt).

Abb. 23: Ergebnisse der Kartierung von Laichsubstraten in **Argen** und **Bregenzerach**. Eingezeichnet sind die Qualität und Dimension der potenziellen Reproduktionsflächen sowie ihre Erreichbarkeit vom Bodensee aus.



Die Karten-Abbildungen (Abb. 22) verdeutlichen, wo in den jeweiligen Flusssystemen die besten Laichsubstrate vorzufinden und inwieweit diese für die Seeforellen erreichbar sind. Zwischen den einzelnen Projektgewässern bestehen große Unterschiede bezüglich der Dimension und der Qualität der potenziell geeigneten Laichflächen. Erwartungsgemäß weisen die kleineren Projektgewässer **Leiblach** und **Goldach** wesentlich kleinere zusammenhängende Kiesflächen auf als die **Argen** und die **Bregenzerach**. In der **Argen** und ihren beiden Ursprungsgewässern **Oberer** und **Untere Argen** (Abb. 23 oben) wurden die poten-

ziellen Laichflächen auf 41,5 km Flusslänge, in der **Bregenzerach** (Abb. 23 unten) auf rund 27,5 km Flusslänge kartiert. In Tab. 3 wird eine Bilanz gezogen, die vor dem Hintergrund der abgeschätzten Einsteigerzahlen (vgl. S.12) überrascht: Zwar wurden in der **Argen** nur sehr wenige Seeforellen-Laichfische nachgewiesen, der Fluss besitzt aber mit fast 50000 m² die bei weitem größten Flächen an potenziellem Laichsubstrat (4,6 % an der Gesamtfläche der Flusssohle).

Ein ebenfalls noch großes Angebot an Laichflächen besitzt auch die **Bregenzerach** (21 600 m²). Der Anteil an der Gesamtfläche ist mit 1,6 % allerdings schon deutlich

Tab. 3: Erreichbarkeit und Substrateignung potenzieller Laichgebiete in den Untersuchungsgewässern.

Erfassung des Reproduktionspotenzials	Argen	Leiblach	Bregenzerach	Goldach
kartierte Flusslänge	41,5 km	12,3 km	27,5 km	7,9 km
kartierte Fläche, geschätzt (m ²)	1037 500	11 700	1 375 000	46 200
ungehindert erreichbare Abschnitte				
geeignetes Laichsubstrat (m ²)	-	120	-	200
möglicherweise geeignetes Laichsubstrat (m ²)	11 000	150	1 100	400
eingeschränkt erreichbare Abschnitte				
geeignetes Laichsubstrat (m ²)	10 500	5	400	40
möglicherweise geeignetes Laichsubstrat (m ²)	26 300	560	100	900
möglicherweise nicht erreichbare Abschnitte				
geeignetes Laichsubstrat (m ²)	150	-	15 500	-
möglicherweise geeignetes Laichsubstrat (m ²)	300	-	4 500	-
Gesamtbilanz Reproduktionspotenzial				
potenzielles Laichsubstrat gesamt (m ²)	48 200	830	21 600	1 600
Anteil pot. Laichsubstrat an der Gesamtfläche	4,6 %	0,7 %	1,6 %	3,4 %

geringer als in der Argen. Die größten Flächen in der Bregenzerach befinden sich außerdem in den Abschnitten, die von den meisten Seeforellen derzeit noch nicht erreicht werden können.

In der **Leiblach** (Abb. 24 oben) konnten auf 12,3 km kartierter Flusslänge nur 830 m² an potenziellem Laichsubstrat gefunden werden (0,7 % der Gesamtfläche). Dies dokumentiert das erhebliche Geschiebedefizit in diesem Gewässersystem. Damit ist auch die Zahl der möglichen Laichflächen stark eingeschränkt und kleiner als in den anderen Programm-gewässern. Auch in der **Goldach** (Abb. 24 unten), deren Potenzial auf 7,9 km Länge (bis zum natürlichen Aufstiegsende) erfasst wurde, findet man mit ca. 1 600 m² ein eher mäßiges Angebot an geeigneten Laichflächen. Bezüglich der geringen Größe des Bachs sind dies aber immerhin 3,4 % der Gesamtfläche, die zu einem großen Teil von Seeforellen auch erreicht werden können. Wie in der Leiblach, so sind auch in der Goldach Flächen mit gutem Laichsubstrat meist nur auf wenige Quadratmeter beschränkt.

Offensichtlich stehen vor allem an den größeren Bodenseezuflüssen Bregenzerach und Argen der Nutzung des Laichsubstrats durch Seeforellen ungünstige Rahmenbedingungen entgegen. Hierzu gehören Winterhochwasser und Schwall/Sunk-Betrieb, aber auch das ebenfalls schon angeführte Problem, dass geeignete Flächen nur schwer erreichbar sind oder die Laichfische den Weg dorthin nicht finden, weil sie durch die Strömung aus Kraftwerkskanälen abgelenkt werden.

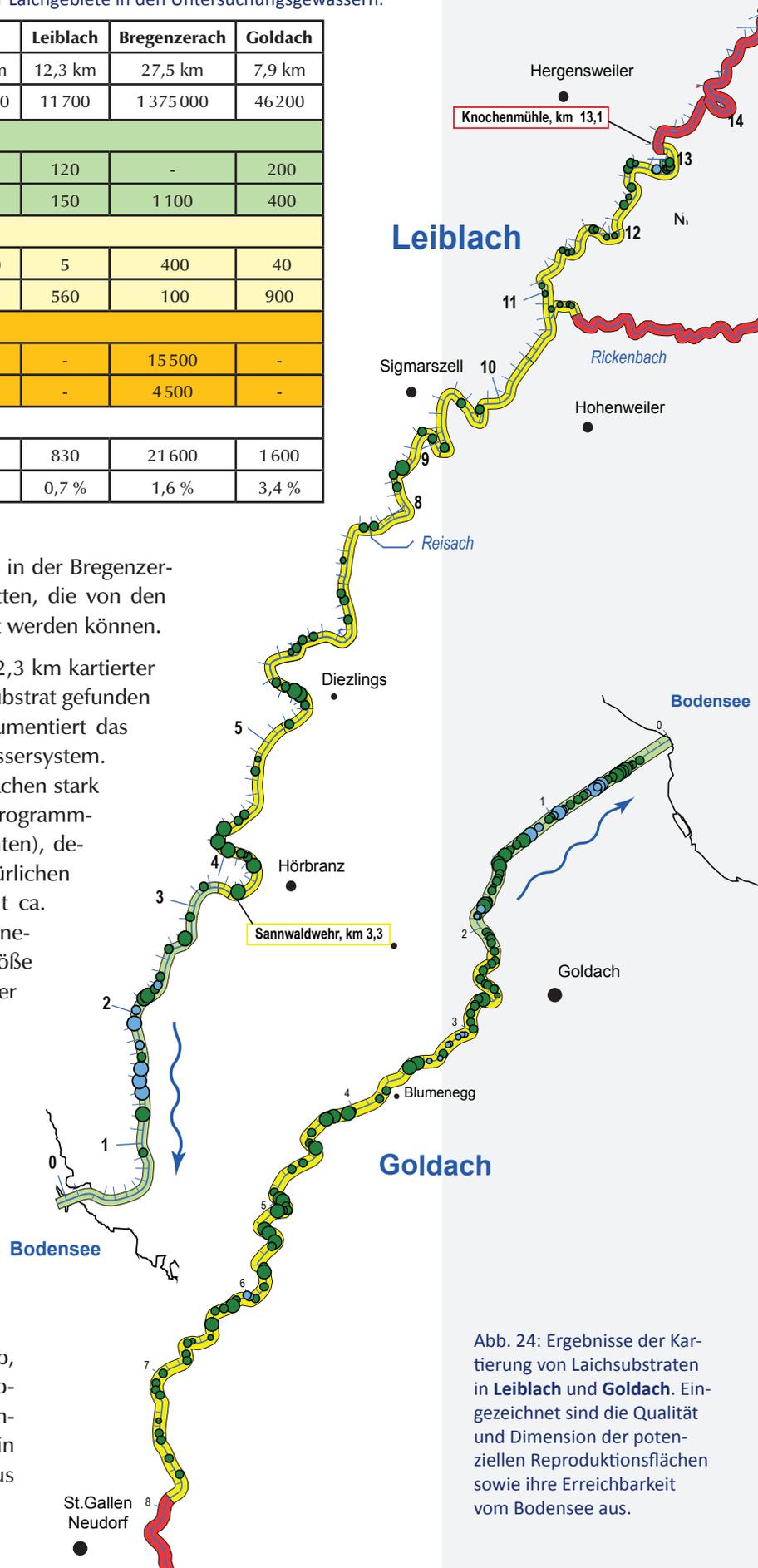


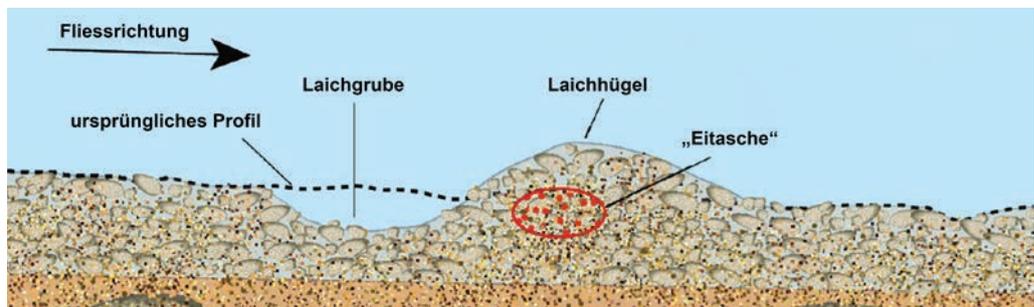
Abb. 24: Ergebnisse der Kartierung von Laichsubstraten in **Leiblach** und **Goldach**. Ein-gezeichnet sind die Qualität und Dimension der potenziellen Reproduktionsflächen sowie ihre Erreichbarkeit vom Bodensee aus.

Die natürliche Seeforellen-Reproduktion

Im Rahmen des Projekts wurden nur an der **Goldach** systematische Erhebungen der Naturverlaichung durchgeführt (Abb. 26a). Dennoch wurden auch in den anderen Zuflüssen immer wieder Seeforellen-Laichgruben (Abb. 25) gefunden, in einigen Fällen konnten auch die Laichfische selbst beobachtet werden (Abb. 26b).

Im Unterlauf der **Rotach** werden von Seeforellen regelmäßig einige wenige Laichgruben angelegt. Der Nachweis erfolgreicher, natürlicher Reproduktion wurde jedoch nicht erbracht. Auch in der **Argen** gelang kein Nachweis einer Naturverlaichung anhand geschlüpfter Brütlinge. Hier wurde lediglich bei Pfliegelberg eine große Seeforellen-Laichgrube gefunden. In der **Leiblach** laichen Seeforellen regelmäßig unterhalb des Sannwaldwehrs ab (bis 12 Laichgruben auf ca. 100 m Strecke), aber auch in diesem Fluss gelang im Frühjahr kein Nachweis von Brütlingen. In der **Bregenzerach** laichen einzelne Seeforellen im schwallbeeinflussten Unterlauf, mehrere erfolglose Laichversuche wurden sogar in der zu starken Strömung des VKW-Kanals beobachtet. Die geringen Besatzzahlen in Kombination mit regelmäßig nachgewiesenen Smolts und einer mittleren Zahl an Einsteigern sprechen aber für eine bedingt erfolgreiche Naturverlaichung in der Bregenzerach.

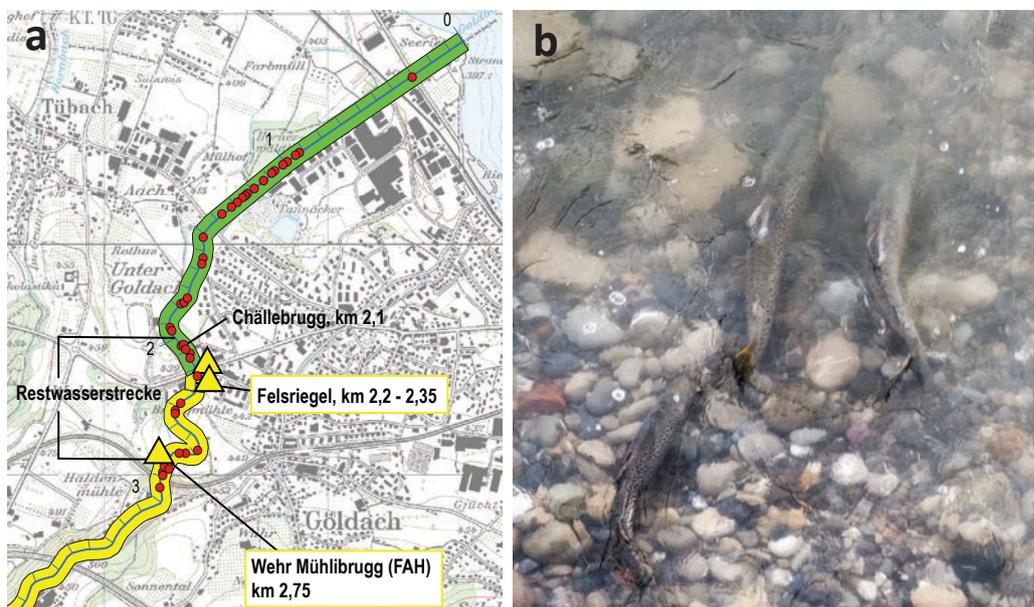
Abb. 25: Schematische Darstellung einer Seeforellen-Laichgrube.



Die natürliche Reproduktion der Seeforellen in der **Goldach** kann seit über 25 Jahren auf den ersten 2 km oberhalb der Mündung beobachtet werden. Hier war bis 2010 das Ende des Seeforellenaufstiegs. Viele der alljährlich einwandernden Laichfische kämpften hier um die wenigen Kiesflächen, in die sie ihre Eier ablegen konnten. Heute finden auch oberhalb des ehemaligen Wanderhindernisses Laichaktivitäten statt – wenn auch noch in geringerem Ausmaß als unterhalb. Eine systematische Laichgrubenkartierung wurde im Jahr 2010 durchgeführt (Abb. 26 a). Regelmäßig werden im Frühjahr in der unteren Goldach auch Seeforellenbrütlinge in hohen Dichten (bis 25 Ind./Laufmeter) nachgewiesen.

Abb. 26: a) Ergebnis der Laichgrubenkartierung an der Goldach am 04.12.2010. Eingezeichnet sind die Lage der Laichgruben (rote Punkte), die eingeschränkt überwindbaren Hindernisse (gelbe Dreiecke) und die Erreichbarkeit der Abschnitte (grün = uneingeschränkt, gelb = eingeschränkt erreichbar).

b) Laichende Seeforellenpaare in der Goldach werden oft von Satellitenmännchen (Sneakers) begleitet.



Die Entwicklung der Seeforellenbrut

Im Zuge von Brutboxenversuchen (Abb. 27a) wurden zahlreiche Risikofaktoren für die Seeforellen-Reproduktion ermittelt, die innerhalb der bislang erreichbaren Flussstrecken auftreten. So lagern in den meisten Projektgewässern Winterhochwasser die Kiesbänke um und vernichten dabei den Forellenlaich oder die Forellenbrut. Diese Problematik scheint im System der **Argen** und im Unterlauf der **Bregenzerach** am ausgeprägtesten zu sein. Aber auch in der **Rotach** und der **Leiblach** wurden bei erhöhten Abflüssen mehrfach Brutboxen und Brutröhrchen ausgegraben, was zu einem Totalausfall bei den Eiern und Brütlingen führte. Die Gefahr von Winterhochwasser kann teilweise auf menschliche Einflüsse zurückgeführt werden: Oberflächenversiegelung, Regenwassereinleitung, Entwaldung, Trockenlegung von Feuchtgebieten und landwirtschaftliche Nutzung in den Einzugsgebieten sowie der Gewässerausbau haben zu einer Verstärkung der Hochwasserwellen in den Flüssen geführt. In der **Goldach**, in denen Winterhochwasser nicht oder mit geringeren Amplituden auftritt, besteht dagegen nur eine geringe Gefahr, dass Gelege durch Substratlagerungen zerstört werden.

Zu Totalausfällen in den Brutboxen kam es auch in Schwall-Sunk-Strecken der **Bregenzerach**. In breiten Restwasserabschnitten veralgten die Brutboxen und der gesamte obere Kieskörper stark. Ohne Beseitigung der kraftwerksbedingten Defizite kann deshalb in der mittleren und unteren Ach keine regelmäßige Naturverlaichung von Seeforellen erwartet werden. In manchen Flussabschnitten führt Feinsedimenteintrag zu Überdeckungen und Verstopfungen des Laichsubstrats. Wenn es sich um organisch belastete Feinstoffe aus Kläranlagen und Regenausläufen handelt, wie teilweise in der **Rotach** oder ihren Seitenbächen, kann dies zum Absterben der Eier führen (Abb. 27b). Ähnlich gravierende Folgen hat ein massiver Eintrag anorganischen Feinstmaterials, wie er im Rickenbach, einem Nebengewässer der **Leiblach**, beobachtet wurde (Abb. 27c).

Aus den Brutboxen-Versuchen wird ersichtlich, dass gute Erfolgchancen auf eine natürliche Seeforellenvermehrung derzeit lediglich in der **Goldach** (Abb. 27d) und im Oberlauf der **Bregenzerach** existieren. Bei allen anderen Zuflüssen/Flussabschnitten muss man noch von einer lokal sehr eingeschränkten oder nur in günstigen Jahren funktionierenden natürlichen Fortpflanzung ausgehen (Tab. 4). Umso wichtiger ist es, auch Oberläufe und Nebengewässer der Bodenseezuflüsse in die künftige Maßnahmenplanung mit einzubeziehen und auch dort die Laichmöglichkeiten und Überlebenschancen für Seeforellen abzuklären.

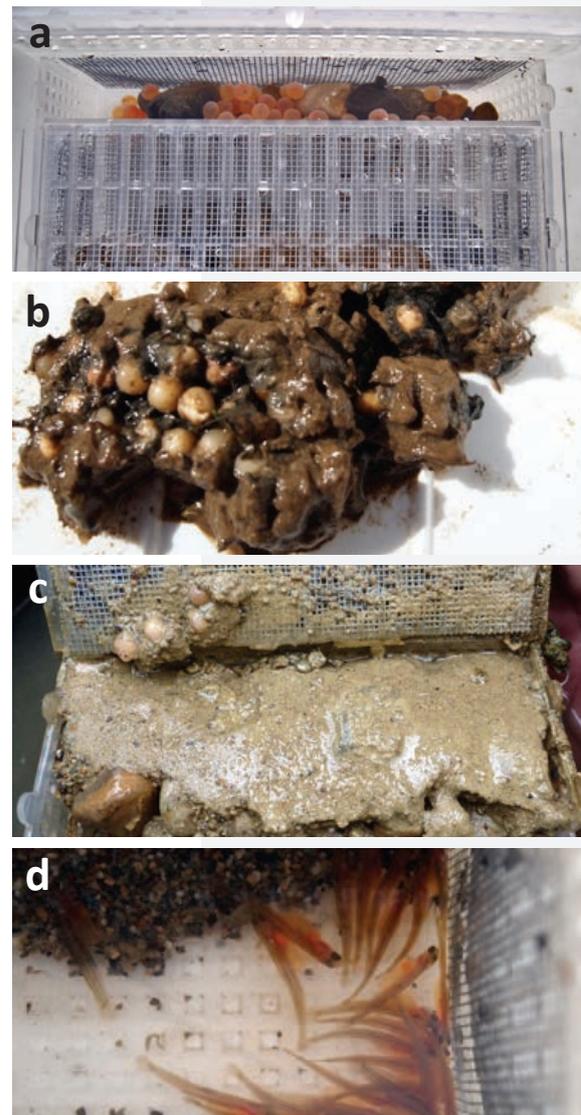


Abb. 27: a) Vibert-Whitlock-Boxen, gefüllt mit Kies und je 40 befruchteten Eiern. b) Mit organischen Feinstoffen verstopfter Boxeninhalte aus dem Fieselbach, einem Zufluss zur Rotach. Alle Eier sind hier abgestorben. c) Mit Feinsand verstopfte Brutbox aus dem Rickenbach, einem Zufluss zur Leiblach; die Eier sind ebenfalls abgestorben. d) Geschlüpfte Dottersackbrütlinge in einer Brutbox aus der Goldach.

Tab. 4: Einflussfaktoren auf die Naturverlaichung und Seeforellenreproduktion in den Untersuchungsgewässern.

Einflussfaktoren auf Naturverlaichung	Rotach	Argen	Leiblach	Bregenzerach	Goldach
Substratlagerung (Winterhochwasser)	hohes Risiko	sehr hohes Risiko	hohes Risiko	Risiko vorhanden	geringes Risiko
Geschiebedefizit (Stärke und Abschnitt)	nein	Obere und Untere Argen	gesamter Fluss	nein	lokal im Unterlauf
zu geringe natürliche Wasserführung	Risiko	nein	nein	nein	Risiko
Reproduktion in Restwasserstrecken	-	bedingt möglich	-	bedingt möglich	erschwert
Schwallbetrieb	-	-	-	sehr hohes Risiko	-
Beeinträchtigung durch Wasserqualität	lokal möglich	nein	nein	nein	nein
Vereisung (Winterniederwasser)	nein	nein	kaum	möglich (Restwasser)	kaum
Verluste durch Feinstoffeintrag	sehr hohes Risiko	Risiko vorhanden	hohes Risiko	Risiko (Restwasser)	Risiko (Restwasser)
Reproduktionschancen insgesamt	in manchen Jahren	in Ausnahmefällen und lokal	in manchen Jahren und lokal	in manchen Jahren und lokal	abseits der Restwasserstrecke gut

Entwicklung und Abwanderung der Seeforellen-Smolts

Um den Erfolg der natürlichen Fortpflanzung, aber auch den des Besatzes zu kontrollieren, müssen wandernde Seeforellen von standorttreuen Bachforellen unterschieden werden. Erst mit der sogenannten Smoltifikation, der vor der Abwanderung bei den meisten Jungfische einsetzenden Umfärbung zum silbrigen Seeforellen-Smolt, kann diese Unterscheidung auch optisch getroffen werden (Abb 28).



Abb. 28: Verschiedene Jungforellen aus der Goldach. Deutlich zu unterscheiden sind Individuen, die bereits zum Smolt umgefärbt sind (links) und solche, die das Jugendkleid der Bachforellen tragen (rechts).

Um den Zeitpunkt der Abwanderung zu erfassen, wurden im Frühjahr in der **Goldach** und der **Rotach** jeweils rund 100 Jungforellen gefangen und mit PIT-Tags besendert. Ihre Abwanderung wurde durch Detektor-Antennen festgehalten, die mündungsnah über die Gewässer verlegt wurden. Dabei wurde bestätigt, dass sich einjährige Seeforellen vor der Abwanderung zu silbrigen Smolts umfärben und dann überwiegend von Mitte April bis Anfang Juni in den See abwandern (Abb. 29).

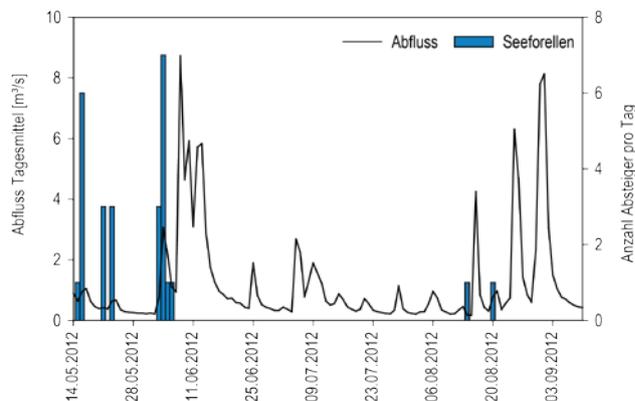


Abb. 29: Detektionen besendeter Jungforellen im Mündungsbereich der Goldach. Die Abwanderung dieser Fische erfolgte überwiegend in den Monaten Mai und Juni bei leicht erhöhten Abflüssen.

Der Anteil absteigender Jungfische gegenüber standorttreuen Individuen variierte zwischen den beiden Gewässern beträchtlich. Während in der **Goldach** 28 % der Jungfische umgefärbt waren und insgesamt 27 % abwanderten, waren in der **Rotach** nur 3 % der Forellen als Smolts zu identifizieren; nur ein einziger Fisch wanderte dort im Untersuchungszeitraum ab. Warum in

der Rotach aus dem guten *Salmo-trutta*-Bestand nur so wenige Seeforellen-Smolts «entstehen», ist nicht bekannt. Diskutiert werden beispielsweise Faktoren wie die Genetik des Elterntierstamms oder das große Nahrungsangebot, das eine hohe Dichte an Standfischen zulässt und eine Abwanderung in den nahrungsreichen See unnötig macht.

Auch in der **Argen** und der **Bregenzerach** wurden Seeforellen-Smolts nachgewiesen, die allerdings noch bis mindestens in den Oktober hinein im Fluss verblieben sind. In der **Leiblach** konnten generell nur sehr wenige Jungforellen nachgewiesen werden. Von den 4 Smolts unter insgesamt 27 besenderten Fischen wanderten zwei in den See ab.

Ein großes Problem - v.a. in der **Bregenzerach** und in der **Rotach** - sind die Gefahren, welche den abwandernden Smolts auf ihrem Weg in den See an Kraftwerkstufen und Wehren begegnen. So geraten die Fische teilweise noch in den Turbinenweg (falsche Lockströmung, zu weiter Stababstand am Rechen) oder werden beim Wehrüberfall verletzt (fehlender Kolk im Unterwasser).

Empfehlungen

Generelle Empfehlungen

- Für den Auf- und -abstieg der Seeforellen müssen künstliche Wanderhindernisse in den Laichgewässern beseitigt bzw. durchgängig gemacht werden. Auch Jungforellen (Smolts) müssen gefahrlos absteigen können. Die Durchgängigkeit ist bis zu den historischen Verbreitungsgrenzen in den Oberläufen und Nebengewässern zu gewährleisten.
- Bestehende Fischwanderhilfen müssen auf ihre Funktionsfähigkeit und Dimension hin geprüft und ggfs. verbessert/ersetzt werden.
- Hydrologische Defizite aus der Wasserkraftnutzung wie Schwall/Sunk, Lockströmungen aus KW-Kanälen und unzureichende Restwassermengen, die den Einstieg, Abstieg oder Reproduktionserfolg der Seeforellen einschränken oder verhindern, sind nach der besten verfügbaren Umweltpraxis zu beseitigen.
- Feststoffeinträge durch Flächenabschwemmungen, durch Regenüberlaufbecken bzw. Regenausläufe und aus Kläranlagen sind zu lokalisieren und zu reduzieren.
- Bevor sich die Seeforellen-Populationen nicht durch natürliche Reproduktion selbst erhalten können, kann auf autochthonen Seeforellen-Besatz nicht verzichtet werden. Hierfür ist die Genetik der Laich- und Besatzfische zu überprüfen. Die Besatzstrategien sind danach zu koordinieren und an die aktuellen Verhältnisse anzupassen.

Rotach

Im Oberlauf und in den Zuflüssen der Rotach werden bessere Reproduktionschancen erwartet als im Mittel- und Unterlauf. Bei ihrer Laichwanderung stoßen Seeforellen aber noch immer auf Wanderhindernisse. Auch die Abwanderung von Smolts über die Kraftwerkstufen ist gefährlich. Durch organische Feinstoffeinträge wird die Eientwicklung beeinträchtigt.

Empfohlene Maßnahmen:

- Erstellung der ungehinderten Durchgängigkeit für einsteigende und vor allem auch abwandernde Seeforellen; deutliche Verbesserung der Verhältnisse für die Seeforellen-Abwanderung: Entschärfung/ Sanierung von Abstürzen, Einbau von Feinrechen mit sehr geringem Stababstand (< 20 mm) oder Horizontalrechen in Turbinenwege u.a.
- Reduktion von Feststoffeinträgen; Überprüfung und Minderung der Einträge aus Regen-Rückhaltebecken, Regenausläufen und Kläranlagen.

Argen

Will man der Seeforelle eine Chance geben, sich in der Argen, dem größten Bodenseezufluss Baden-Württembergs, natürlich zu vermehren, muss man ihr den Weg in ihre Oberläufe und deren Zuflüsse freimachen. Daneben ist auch dringend das Problem «Mühlkanal» zu lösen, dessen Strömung die Fische vom eigentlichen Aufstiegs-gewässer weg in eine Sackgasse lockt.

Empfohlene Maßnahmen:

- Erstellung der ungehinderten Durchgängigkeit für einsteigende und absteigende Seeforellen bis in die Oberläufe und Seitenzuflüsse von Oberer und Unterer Argen.
- Verbesserung der Auffindbarkeit der Argenmündung trotz oder anstelle der Lockwirkung des Mühlkanals.
- Entschärfung der Hochwasserspitzen im Unterlauf z.B. durch Gerinneaufweitungen sowie durch verbesserten Hochwasserrückhalt im oberen Einzugsgebiet.
- Erhöhung des Wasserabflusses in den Ausleitungsstrecken in der Oberen und Unteren Argen (Verbesserung der Durchgängigkeit, Vermeidung zu starker Erwärmung).
- Reduktion von Feststoffeinträgen; Überprüfung und Minderung der Einträge aus Regen-Rückhaltebecken, Regenausläufen und Kläranlagen.

Rotach



Argen





Leiblach

Leiblach

In der Leiblach besteht ein erhebliches Geschiebedefizit. Damit tieft sich das Gewässerbett immer weiter ein. An den wenigen geeigneten Laichflächen kommt es durch Winterhochwasser zu Substratumlagerungen, die zu Verlusten an naturverlaichten Gelegen führen dürften. Vor allem der Rickenbach trägt große Mengen an Feinsedimenten in die Leiblach ein.

Empfohlene Maßnahmen:

- Verbesserung der Durchgängigkeit am Sannwaldwehr.
- Verbesserung des Hochwasserrückhalts im Ober- und Mittellauf.
- Behebung des Geschiebedefizits u.a. durch Zulassen der eigendynamischen Gewässerentwicklung.
- Untersuchung und Behebung der Feinsedimentproblematik.



Bregenzerach

Bregenzerach

In der Bregenzerach bestehen trotz der weitgehend naturnahen Morphologie im Mittellauf zahlreiche Defizite, die primär auf die Wasserkraftnutzung zurückzuführen sind. Diese betreffen vor allem die Durchgängigkeit, den Schwall-Sunk-Betrieb und die langen Ausleitungsstrecken mit zu geringer Restwasserführung.

Empfohlene Maßnahmen:

- Erstellung der ungehinderten Durchgängigkeit für aufsteigende Seeforellen. Neugestaltung des Fischpasses am Kennelbacher Wehr. Gewährleistung der Fischdurchgängigkeit von Blockrampen auch bei Niederwasser und Sunk.
- Fischschutzeinrichtungen am VKW-Kanal: Maßnahmen zur Verhinderung der Einwanderung von Seeforellen in den Triebwasserkanal – sowohl oberstromig als auch unterstromig. Lösung für das Problem der Lockströmung des VKW-Kanals.
- Dämpfung des Schwall-Sunk-Regimes am KW Langenegg.
- Erhöhung der Mindestwasserabflüsse in allen Restwasserstrecken.
- Berücksichtigung des Oberlaufsystems der Bregenzerach als potenzielles Reproduktionsgebiet für die Seeforellen; evtl. weitere Revitalisierungsmaßnahmen.



Goldach

Goldach

In der Goldach funktioniert die Naturverlaichung meistens gut. Dennoch muss in dem von Seeforellen zur Fortpflanzung bevorzugten Unterlauf von einem Geschiebedefizit ausgegangen werden. Innerhalb der Ausleitungsstrecke der Bruggmühle ist die Restwasserführung zu gering, der Feinstoffanteil erhöht und der Geschiebetransport mangelhaft.

Empfohlene Maßnahmen:

- Erhöhung des Restwasserabflusses in der Ausleitungsstrecke Bruggmühle in der Laich- und Brutentwicklungszeit (Oktober bis April).
- Geschiebesanierung im Restwasserbereich.
- Verbesserung der Gewässerstruktur / Morphologie im Goldach-Unterlauf.

Quellen und weiterführende Literatur

- CAVIEZEL, R. (2006): Reproduktion der Seeforelle im Alpenrhein. Diplomarbeit an der Eawag, ETH Zürich, 76 S.
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (HRSG.) (2010): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Entwurf. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), DWA-M 509, 286 S. Gelbdruck.
- INTERNATIONALE BEVOLLMÄCHTIGTENKONFERENZ FÜR DIE BODENSEEFISCHEREI (IBKF) (1999): Die Rettung der Bodensee-Seeforelle : eine Erfolgsstory . Hrsg.: Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF), 6 S.
- JONSSON, B. & JONSSON, N. (1993): Partial migration: niche shift versus sexual maturation in fishes. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 3: 348-365.
- KLUNZINGER C.B. (1885): Über Bach- und Seeforellen. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 41: 266-288.
- KOTTELAT, M. & FREYHOF, J. (2007): Handbook of European Freshwater Fishes, Cornol : Publications Kottelat.
- MENDEZ, R. (2007): Laichwanderung der Seeforelle im Alpenrhein. Diplomarbeit an der Eawag, ETH Zürich, 70 S.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM TÜBINGEN (2008): Bewirtschaftungsplan Alpenrhein/Bodensee (Baden-Württemberg) gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) Stand 12/2008. Tübingen. 186 S.
- REY, P., BECKER, A. & J. ORTLEPP, (IBKF Hrsg.)(2009): Lebensraum für die Bodensee-Seeforelle – Grundlagenbericht für nationale Maßnahmenprogramme.
- RÖSCH R. (1995): Argenwehre und Seeforelle. In: Kressbronner Jahrbuch : Beiträge aus Geschichte und Gegenwart, 1994/95 (1995): 32-34. Kressbronn
- RUHLÉ C.; DEUFEL J.; KEIZ G.; KINDLE T.; KLEIN M.; LÖFFLER H.; WAGNER B. (1984): Die Bodensee-Seeforelle - Probleme und Problemlösungen. Österreichs Fischerei, 37.
- RUHLÉ. C., G. ACKERMANN, R. BERG, T. KINDLE, R. KISTLER, M. KLEIN, M. KONRAD, H. LÖFFLER, M. MICHEL, B. WAGNER (2005): Die Seeforelle im Bodensee und seinen Zuflüssen: Biologie und Management. Österreichs Fischerei. 58/2005, S. 230-262.
- SCHMID W. (1999): Telemetrische Untersuchungen an Seeforellen (*Salmo trutta f. lacustris*) zur Durchwanderbarkeit der Argen mit besonderer Berücksichtigung der drei großen rauen Rampen bei Langenargen. [Bibliothek FFS, Langenargen].
- SCHUBERT, M. (2010): Einfluss standorttypischer abiotischer Faktoren auf die Brut ausgewählter rheophiler Fischarten. Dissertation Technische Universität München.
- SCHULZ, U. (1994): Untersuchungen zur Oekologie der Seeforelle (*Salmo trutta f. lacustris*) im Bodensee. Konstanz: Hartung-Gorre.
- SCHULZ, U. (1995): Untersuchungen zur Biologie und zum Wanderverhalten der Bodensee-Seeforelle. Die Abwanderung der Jungfische aus den Zuflüssen. Mitteilungen zur Fischerei 55: 73-87, BUWAL, Bern.



Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei