

WIEDERANSIEDLUNGSKONZEPT ATLANTISCHER LACHS SCHWEIZ FÜR DIE JAHRE 2021-2025



CORDAST, 31.08.2023

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Wasser, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: Aquabios GmbH, Les Fermes 57, 1792 Cordast / Fischwerk, Neustadtstrasse 7, 6003 Luzern

Autor/Autorin: Pascal Vonlanthen, Werner Dönni, Lena Ninck, Thomas Kreienbühl

Begleitung BAFU: Andreas Knutti, Susanne Haertel-Borer, Carmela Doenz, Oliver Selz

Hinweis: Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUSGANGSLAGE	5
2.1	KONTEXT	5
2.2	LACHS ALS FLAGGSCHIFFART	6
2.3	RECHTLICHE GRUNDLAGEN	6
2.4	ZIELE DES WIEDERANSIEDLUNGSKONZEPTS	7
3	DER ATLANTISCHE LACHS DES RHEINS UND DER SCHWEIZ	10
3.1	HISTORISCHE VERBREITUNG IM RHEIN	10
3.2	LEBENSZYKLUS DES RHEINLACHSES	12
3.3	BISHERIGE MASSNAHMEN ZUR WIEDERANSIEDLUNG DES LACHSES IN DER SCHWEIZ.....	14
4	PRIORISIERUNG DER GEWÄSSER	20
4.1	ZWECK DER PRIORISIERUNG.....	20
4.2	AUFBAU DER PRIORISIERUNG	20
4.3	RESULTATE PRIORISIERUNG	21
5	BESATZPLANUNG	26
5.1	VORGABEN.....	26
5.2	ALLGEMEINES ZU DEN BISHERIGEN WIEDERANSIEDLUNGSBEMÜHUNGEN DES LACHSES IM RHEIN UND IN DER SCHWEIZ.....	26
5.3	BESATZSTRATEGIE FÜR DIE SCHWEIZ 2021-2035	28
5.4	VORGEHEN LACHSBESATZ 2021-2035.....	34
5.5	ADAPTIVES MANAGEMENT.....	36
6	POPULATIONSDYNAMISCHER MODELLANSATZ	38
6.1	PROBLEMERKENNUNG UND ZIELDEFINITION	38
6.2	DATENGRUNDLAGE	39
6.3	ERKENNTNISSE	40
7	WIRKUNGSKONTROLLE	45
8	GROBKOSTENSCHÄTZUNG	58
8.1	KOORDINATION.....	58
8.2	BESATZ.....	58
8.3	WIRKUNGSKONTROLLE	58
8.4	EVALUATION.....	58
9	ORGANISATION	59
9.1	PROJEKTLAUFLEITUNG - LACHSGRUPPE SCHWEIZ	59
9.2	KOORDINATIONSSTELLE	59
9.3	PROJEKTSPEZIFISCHE AUFTRAGNEHMER	61
9.4	EXTERNE EVALUATION	61
10	LITERATURVERZEICHNIS	62
11	ANHANG	66

1 Zusammenfassung

Der Bund hat sich zum Ziel gesetzt, dass bis 2030 die ersten Lachse in die Schweizer Gewässer aufsteigen und sich fortpflanzen können. Der Lachs dient dabei als Flaggschiffart für des gesamte Ökosystem der Gewässer und insbesondere für alle lang- und mitteldistanzwandernden Fischarten. Um dieses ehrgeizige Ziel erreichen zu können, müssen insbesondere der Rhein und seine Zuflüsse für Lachse mit Wanderhilfen ausgestattet sein. Gemäss der Rheinminister Konferenz von 2020 sollte dies 2027 der Fall sein.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie der Lachs in Zukunft in der Schweiz wieder angesiedelt werden soll und welche Vorbereitungen dafür getroffen werden müssen. Im Rahmen des vorliegenden Wiederansiedlungskonzepts wurden das aktuelle Wissen zusammengestellt, die prioritären Gewässer ausgetrennt, Vorschläge für die zukünftige Besatzbewirtschaftung ausgearbeitet und die notwendigen Wirkungskontrollen aufgezeigt. Ebenfalls wurde ein Modell aufgebaut, anhand dessen künftig Szenarien für den Erfolg der Wiederansiedlung simuliert werden können.

Die Besatzmassnahmen werden in Zukunft gemäss einer Priorisierung durchgeführt. Dafür war zunächst erforderlich, die Gewässerabschnitte mit dem grössten Wiederansiedlungspotenzial zu identifizieren. Damit verschiedene Gewässerstrecken verglichen und priorisiert werden konnten, wurde die komplexe reale Situation auf eine Auswahl von Parametern (z.B. Wasserqualität, und Mortalität durch Turbinenpassage) heruntergebrochen, die ein vereinfachtes Bild der Wirklichkeit widerspiegeln. Dadurch entstand eine objektiv vergleichbare Einschätzung der Eignung für alle Lachspotentialgewässer im Besatzperimeter. Gewässer im Einzugsgebiet der Wiese, der Birs und der Ergolz werden demnach besonders hoch priorisiert. Hoch priorisierte Gewässer, mit dem höchsten Wiederansiedlungspotential, sollen in Zukunft prioritär besetzt werden.

Von 2021 bis 2024 sollen in der Schweiz ca. 150'000 Lachse ausgesetzt werden. Ab 2025 soll der Besatz auf ca. 500'000 Lachse erhöht werden, um ab 2027, wenn der Rhein bis in die Schweiz durchgängig sein wird, eine höhere Anzahl Rückkehr im Rhein zu ermöglichen.

Die durchgeführten Modellierungen, die nicht als Prognosen zu verstehen sind, zeigen, dass die Etablierung einer selbsterhaltenden Population in der Schweiz theoretisch möglich ist, sofern die Mortalitäten beim Auf und Abstieg im Rhein tief gehalten werden können. Mit zunehmender Distanz des Laichgewässers rheinaufwärts von Basel wird die erfolgreiche Wiederansiedlung wegen der kumulativen negativen Effekten der Wanderhindernisse entsprechend schwieriger.

Insgesamt müssen die durchgeführten Wiederansiedlungsmassnahmen konsequent und intensiv mit Wirkungskontrollen überprüft werden. Dies gilt ganz besonders für die Überlebensraten der Junglachse in den Besatzgewässern sowie für die Bestimmung der Mortalitäten beim Abstieg der Lachssmolts und für die Effizienz des Aufstiegs der adulten Lachse. Ohne diese Angaben können die getätigten Massnahmen in Zukunft nicht optimiert und der Erfolg der Wiederansiedlungsbemühungen nicht überprüft werden. Die Wiederansiedlungsbemühungen sollen alle 5 Jahre evaluiert und das Konzept sollte spätestens 2035 anhand der gewonnenen Erfahrungen überarbeitet werden.

2 Ausgangslage

Der Bund hat sich zum Ziel gesetzt, dass bis 2030 die ersten Lachse in die Schweizer Gewässer aufsteigen und sich fortpflanzen können [1]. Um dieses ehrgeizige Ziel erreichen zu können, müssen verschiedene Rahmenbedingungen erfüllt sein. In erster Linie muss der Rhein (v. a. der Oberrhein und Hochrhein) für aufsteigende Lachse mit Wanderhilfen ausgestattet werden. Gemäss Rheinminister Konferenz von 2013 sollte dies am Oberrhein bereits 2020 der Fall sein. Aufgrund von diversen Verzögerungen und gemäss neuen Angaben der Rheinministerkonferenz von 2020 wird es bis 2027 dauern. Es ist aber davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren alle Kraftwerke im Rhein, also auch in Frankreich, für den Fischeaufstieg mit Wanderhilfen ausgestattet sein werden. Damit können Lachse und alle anderen Wanderfischarten mittelfristig die Schweiz erreichen und den Hochrhein flussaufwärts durchwandern.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie der Lachs in Zukunft in der Schweiz wieder angesiedelt werden soll und welche Vorbereitungen dafür getroffen werden müssen. Um diese Frage zu klären beauftragte das BAFU die beiden Büros Aquabios und Fischwerk damit, ein Wiederansiedlungskonzept auszuarbeiten. Im Rahmen dieses Konzepts sollten das aktuelle Wissen zusammengestellt, die prioritären Gewässer ausgeschieden, Vorschläge für die zukünftige Besatzbewirtschaftung ausgearbeitet und die notwendigen Wirkungskontrollen aufgezeigt werden. Ebenfalls sollte ein Modell aufgebaut werden, anhand dessen künftig Szenarien für den Erfolg der Wiederansiedlung simuliert werden können.



Abbildung 2-1. Der Atlantische Lachs soll bis 2030 in der Schweiz wieder angesiedelt werden (Foto © Michel Roggo).

2.1 Kontext

Der Lachs ist eine national prioritäre Art [2]. Er gilt in der Schweiz nach wie vor als ausgestorben, auch wenn im Jahr 2008 ein Lachs bei Basel und 2012 zwei Lachse bei Rheinfeldern nachgewiesen wurden. Diese Fische fanden den Weg in die Schweiz vermutlich über die Schiffsschleusen am Oberrhein. Dieser Trend wird sich

fortsetzen und sich deutlich verstärken, wenn in absehbarer Zeit alle Wanderhindernisse im Oberrhein passierbar und der Hochrhein via Altrhein für aufsteigende Lachse gut erreichbar ist.

Dank der Inkraftsetzung der revidierten Gewässerschutzgesetzgebung im Jahr 2011 sind in der Schweiz für die nächsten Jahre umfassende ökologische Aufwertungen der Fliessgewässer zu erwarten. Von dieser positiven Entwicklung wird in der Schweiz auch der Lachs profitieren. Im Hinblick auf eine erfolgreiche Wiederbesiedlung der Schweiz durch den Lachs spielen die Vernetzung (Auf- und Abstieg) der grossen Flüsse Rhein, Aare, Limmat und Reuss eine entscheidende Rolle. Ebenfalls entscheidend ist die Wiederherstellung und Erreichbarkeit und die Revitalisierung von Jungfischhabitaten in den Zuflüssen.

2.2 Lachs als Flaggschiffart

In dem vorliegenden Wiederansiedlungskonzept des atlantischen Lachses wird der Fokus von Besatzmassnahmen, Lebensraumverbesserungen und Wirkungskontrollen auf den Lachs gelegt. Von den getätigten Lebensraummassnahmen profitieren jedoch auch andere Fischarten und Gewässerorganismen. Dazu gehört beispielsweise eine Vielzahl von bedrohten Fischarten wie die Äsche, der Aal und die Nase. Auch von den spezifisch für den Lachs vorgeschlagenen Wirkungskontrollen können viele andere Fischarten profitieren. Indirekt indem sie zu Verbesserungen in der Umwelt führen oder gar direkt indem sie in die Wirkungskontrollen einbezogen werden. Es geht also bei der Wiederansiedlung des Lachses darum, den Lachs in der Schweiz wieder heimisch zu machen. Von den getätigten Massnahmen profitieren jedoch eine Vielzahl von weiteren Schlüsselarten, die einer breiten Öffentlichkeit weniger bekannt sind.

2.3 Rechtliche Grundlagen

Das Bundesgesetz über die Fischerei (BGF, SR923.0) verlangt im Zweckartikel, die natürliche Artenvielfalt und den Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen. Nach Art. 5 Abs. 1 BGF bezeichnet der Bundesrat die Arten und Rassen von Fischen und Krebsen, die gefährdet sind. Gemäss Art. 5 Abs. 2 BGF sind die Kantone verpflichtet, die erforderlichen Massnahmen zum Schutz der Lebensräume von gefährdeten Arten und Rassen zu ergreifen. Der Lachs gilt gemäss Anhang 1 VBGF in der Schweiz als ausgestorben (höchster Gefährdungstatus).

Zudem ist der Lachs als national prioritäre Art eingestuft [2]. Demnach trägt die Schweiz eine internationale Mitverantwortung zur Erhaltung des Lachses, weshalb eine hohe nationale Priorität bzgl. der Förderung der Art ausgewiesen ist. Die Strategie Biodiversität Schweiz verlangt, den Erhaltungszustand der Populationen von National Prioritären Arten bis 2020 zu verbessern. Folglich sind rasch Massnahmen zur Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz zu ergreifen. Die einzigen heute in der Schweiz noch vorkommenden Lachse werden in einigen wenigen Gewässern ausgesetzt.

Gemäss dem revidierten Gewässerschutzgesetz (GSchG, SR814.20) sollen bis 2090 rund 4'000 Kilometer Fliessgewässer revitalisiert werden und die Sanierung der Wasserkraft ist bis 2030 vorzunehmen. Für die Wiederansiedlung des Lachses sind insbesondere die Revitalisierung nach Art. 38 Bst a Abs. 1 GSchG, die Sanierung der Fischgängigkeit nach Art. 10 BGF und die Wiederherstellung des Geschiebehalt nach Art. 43 Bst. A GSchG von Bedeutung. Sie legen die gesetzliche Grundlage für die Umsetzung der notwendigen Massnahmen fest, die für die Rückkehr des Lachses notwendig sind. Im Rahmen der internationalen

Abkommen mit der IKSR hat sich die Schweiz verpflichtet, die Wiederansiedlung des Lachses im Einzugsgebiet des Rheins wirksam zu unterstützen.

2.4 Ziele des Wiederansiedlungskonzepts

2.4.1 Eingliederung der Lachswiederansiedlung in Strategien des Bundes

Im Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz anerkennt der Bundesrat, dass der Handlungsbedarf für den Schutz und die Förderung der einheimischen biologischen Vielfalt gross ist [3]. Das Oberziel dieser Strategie lautet wie folgt:

«Die Biodiversität ist reichhaltig und gegenüber Veränderungen reaktionsfähig. Die Biodiversität und ihre Ökosystemleistungen sind langfristig zu erhalten»

Ein Kernanliegen der Strategie Biodiversität Schweiz ist der Aufbau, Ausbau und Unterhalt einer landesweiten ökologischen Infrastruktur. Diese stellt schweizweit die Vernetzung ökologisch wertvoller Flächen sicher und bildet damit sowohl die räumliche als auch die funktionale Basis für eine reichhaltige, gegenüber Veränderungen reaktionsfähige und langfristig erhaltbare Biodiversität [3]. Der Bundesrat hat am 18. Mai 2016 beschlossen, die Kantone während der Jahre 2017 – 2020 bei der Durchführung von Sofortmassnahmen zur dringenden Abfederung von Vollzugsdefiziten in den Bereichen Naturschutz und Waldbiodiversität zu unterstützen.

Die Aktionspläne gemäss «Konzept Artenförderung Schweiz» [4] orientieren sich u.a. an den Lebensraumansprüchen der National Prioritären Arten oder deren Artengruppen. Im Fokus von spezifischen Fördermassnahmen stehen Arten, die hierzulande gefährdet sind, für welche die Schweiz international besondere Verantwortung trägt, und die dringende Massnahmen für ihre Erhaltung brauchen; Grundlage ist die Liste der National Prioritären Arten.

Ein erster Schritt für die Förderung der Arten besteht in der Sicherung und Förderung ihrer Lebensräume [2]. Davon profitieren nicht nur die National Prioritären Arten, sondern auch alle anderen Arten des Lebensraumes. Die National Prioritären Arten dienen demnach als Flaggschiffarten für den Erhalt und die Förderung der gesamten Biodiversität eines Lebensraumes. Dies gilt insbesondere auch für die Wanderfischarten. Der Bund hat deshalb die Grundlagen zur Erhaltung und Förderung der Wanderfische in der Schweiz erarbeitet und darin auch einen Fokus auf den Lachs gelegt [5]. Der Atlantische Lachs ist in der Liste der National Prioritären Arten aufgeführt und dient als Flaggschiffart für viele weitere Wanderfischarten der Schweiz und der grossen Flüsse Europas.

2.4.2 Allgemeine Ziele der Lachswiederansiedlung

Das vorliegende Konzept befasst sich ausschliesslich mit der Wiederansiedlung des atlantischen Lachses (*Salmo salar*). Von den ausgelösten bzw. unterstützten Massnahmen werden aber auch andere Fischarten und schliesslich der gesamte aquatische Raum im Wiederansiedlungsgebiet des Lachses profitieren. Oberstes Ziel der Lachswiederansiedlung im Rheinsystem ist:

«Der Lachs etabliert sich im Rheinsystem mit selbsterhaltenden Populationen.»

Damit Lachse wieder in der Schweiz heimisch werden, müssen auf nationaler und internationaler Ebene verschiedene Teilziele erreicht werden:

1. **Lachse können ihre angestammten Laichgewässer im Rhein und seine wichtigsten Zuflüsse erreichen.** Dies bedingt eine effiziente Auffindbarkeit und Passierbarkeit der Fischaufstiegshilfen (geringer Zeit- und Energieverlust bei der Wanderung) sowie eine funktionierende Längsvernetzung des Gewässersystems insgesamt.
2. **Lachse finden genügend (a) Laichgebiete und (b) Jungfischhabitats.** Die prioritären Lachsgewässer sind identifiziert, revitalisiert und bieten ausreichend Fortpflanzungs- und Jungfischhabitats.
3. **Lachssmolts können das Meer in ausreichend grosser Anzahl erreichen.** Die Mortalitätsraten während der Abwanderung, verursacht durch Kraftwerke und Staubereiche sind so tief wie möglich und werden laufend vermindert.
4. **Die Überlebensrate der Lachse im Meer ist so hoch, dass die Rückkehrerrate eine Wiederbesiedlung erlaubt.**

Teilziel 2 liegt in der Verantwortung der Schweiz. Die Teilziele 1 und 3 betreffen teilweise die Schweiz, aber auch die anderen Rheinanliegerstaaten Frankreich, Deutschland und Niederlande. Viele Entscheide hinsichtlich dieser Teilziele werden in der IKS (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) getroffen, in der auch die Schweiz aktiv mitwirkt (Vertretung durch Bund, Kantone und Umweltverbände). Ziel 4 liegt nicht im direkten Einflussbereich der Schweiz.

2.4.3 Spezifische Zielvorgaben für die Wiederansiedlungsperiode 2021-2035

Um den Erfolg der Wiederansiedlungsbemühungen von 2021 bis 2035 beurteilen zu können (vgl. Kapitel 5.5, Kapitel 7), müssen spezifische Ziele definiert werden. Diese sollen ambitioniert, aber auch realistisch sein. Die Zielvorgaben sind in drei Perioden von fünf Jahren (2021-2025, 2026-2030, 2031-2035) gegliedert. Aufbauend auf den Erfahrungen aus Deutschland und Frankreich werden folgende spezifische Ziele für die Schweiz definiert:

Bis 2025:

- *Potenzielle Laichgebiete und die Lebensraumkapazität für Lachse sind bekannt. Massnahmen für notwendige Lebensraumaufwertungen sind identifiziert, formuliert und fliessen in die Revitalisierungsplanung ein. Erste Revitalisierungen in hoch priorisierten Gewässerstrecken sind in Planung oder wurden umgesetzt.*
- *Die Planung für die Sanierungsmassnahmen von nichtkraftwerkbedingten Wanderhindernissen in den Lachspotenzialgewässern liegt vor und wurde vom BAFU genehmigt. Die Vernetzung in hoch priorisierten Gewässern wurde umgesetzt. Massnahmen für den Fischabstieg bei Grosswasserkraftanlagen an grossen Fliessgewässern werden weiter erforscht und erste Massnahmen sind bereits umgesetzt.*
- *Wichtige Erkenntnisse über unterschiedliche Besatzstrategien sind erlangt und die Besatzbewirtschaftung wurde dementsprechend angepasst. Dazu gehören: Smoltproduktion der Besatzgewässer, Überlebensrate verschiedener Besatzstadien und Besatzdichten. Notwendige Folgeuntersuchungen sind definiert.*
- *Die reelle kumulative Mortalität bei der Abwanderung der Smolts durch Staustufenketten wurde beispielhaft im Hochrhein untersucht. Die Ergebnisse lassen Abschätzungen für andere Staustufen in grossen Gewässern zu.*

Bis 2030:

- *Dringende Massnahmen für Lebensraumaufwertungen (Revitalisierungen) wurden umgesetzt.*
- *Die Sanierung aller Wanderhindernisse in den Lachspotenzialgewässern ist erfolgt (Fischauf- und Fischabstieg) und die Ergebnisse der Wirkungskontrollen liegen vor.*
- *Erste Lachse steigen bis in die Schweiz auf.*

Bis 2035:

- *Die Anzahl aufgestiegener Lachsrückkehrer nimmt zu.*
- *Erste Nachweise von natürlicher Reproduktion von Lachsen in der Schweiz.*
- *Entscheid über die Zukunft bzw. Fortführung der Lachswiederansiedlung wurde gefällt.*

3 Der Atlantische Lachs des Rheins und der Schweiz

3.1 Historische Verbreitung im Rhein

Bis ins 18. Jahrhundert galt der Rhein als wichtigster Lachsfluss Europas [6]. Viele seiner Zuflüsse beherbergten zu dieser Zeit Lachse mit teilweise noch relativ grossen Laichtierpopulationen (Abbildung 3-1).

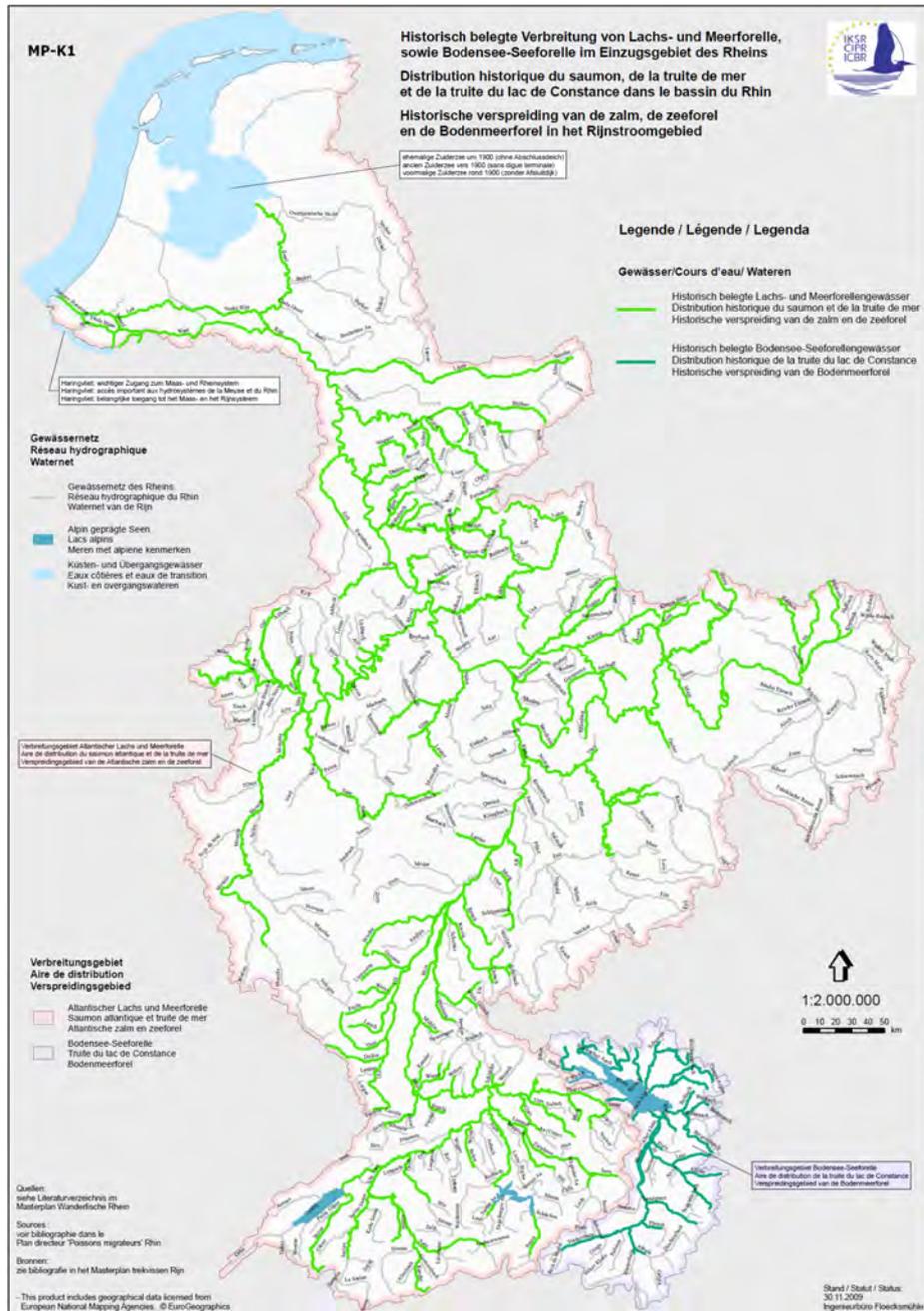


Abbildung 3-1. Historische Verbreitung des Atlantischen Lachses im gesamten Rheineinzugsgebiet gemäss IKSR [7].

Auch in der Schweiz war der Lachs bis ins 19. Jahrhundert weit verbreitet (Abbildung 3-2). Die Tiere laichten in vielen Zuflüssen des Rheins, der Aare, der Reuss und der Limmat. Aber auch die Hauptströme selbst wurden als Laichgewässer genutzt [8, 9].

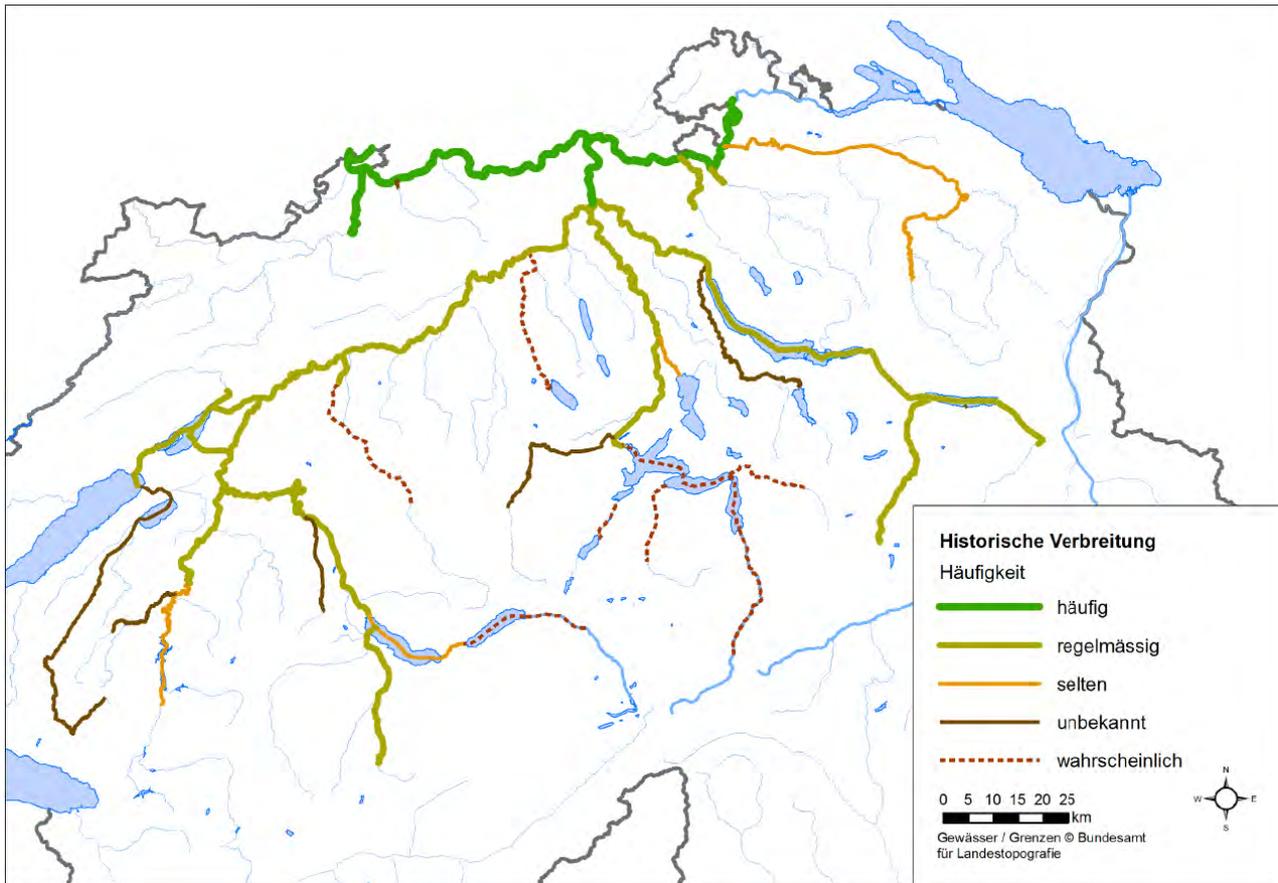


Abbildung 3-2. Dokumentierte Historische Verbreitung der Lachse in der Schweiz aus [1].

Schon im 18. Jahrhundert wurden in verschiedenen Gewässern deutliche Rückgänge der Lachsbestände dokumentiert [10], dies insbesondere in den Randgebieten der Verbreitung [11]. Für den Bestandsrückgang im 18. und 19. Jahrhundert wurde vor allem die intensive Fischerei verantwortlich gemacht. Aber auch Wehre, die den Zugang in zahlreiche Laichgebiete versperren, wurden als Ursache identifiziert. So forderten die Fischer schon damals den Bau von „Lachsleitern“. Auch in der Schweiz, wie z. B. an der Saane, wo 1880, nur 10 Jahre nach dem Bau der Maigrauge Staumauer, eine Fischtreppe für den Lachs gebaut wurde [11, 12].

Bereits im 19. Jahrhundert wurde versucht, mit Besatzmassnahmen dem Lachsrückgang entgegen zu wirken. Dabei wurden von 1877 bis 1888 in der Schweiz mehr als 11 Mio. Lachse ausgesetzt [10]. Das trotzdem erfolgte Erlöschen der Lachspopulationen im Rhein korreliert zeitlich eng mit der Errichtung von Wanderhindernissen im Rhein [9]; als weitere Faktoren wirkten sich die Verschlechterung der Wasserqualität, Flussverbauungen und die Überfischung der Restbestände aus [9]. Im Hochrhein galt der Lachs noch 1900-1910 als wichtigster Wirtschaftsfisch. Hier schnitt der Kraftwerksbau der Werke Augst-Wyhlen (1907-1912) und Laufenburg (1908-1914) bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts den Zugang zu wichtigen Reproduktionsgebieten (u. a. Hochrhein zwischen Waldshut und Albruck-Dogern) ab. Mit der Fertigstellung des Kraftwerkes Märkt (1932) kam der Lachsaufstieg im Hochrhein praktisch ganz zum Erliegen, lebte aber nach Zerstörung des Stauwehres 1945 vorübergehend wieder auf (Fänge sind unterhalb vom Kraftwerk Augst-Wyhlen dokumentiert) [9]. Eine vergleichbare kurzfristige Rückkehr des Lachses in der Wiese und dem Rhein bei Basel wurde im Winter 1944/45 nach der Bombardierung des Kraftwerkes Kembs verzeichnet. Der letzte Lachs im Hochrhein wurde 1954 mit Aufstau des Kraftwerkes Birsfelden gefangen [9]; unterhalb Birsfelden gelangen die letzten Fänge 1958 [13].

3.2 Lebenszyklus des Rheinlaches

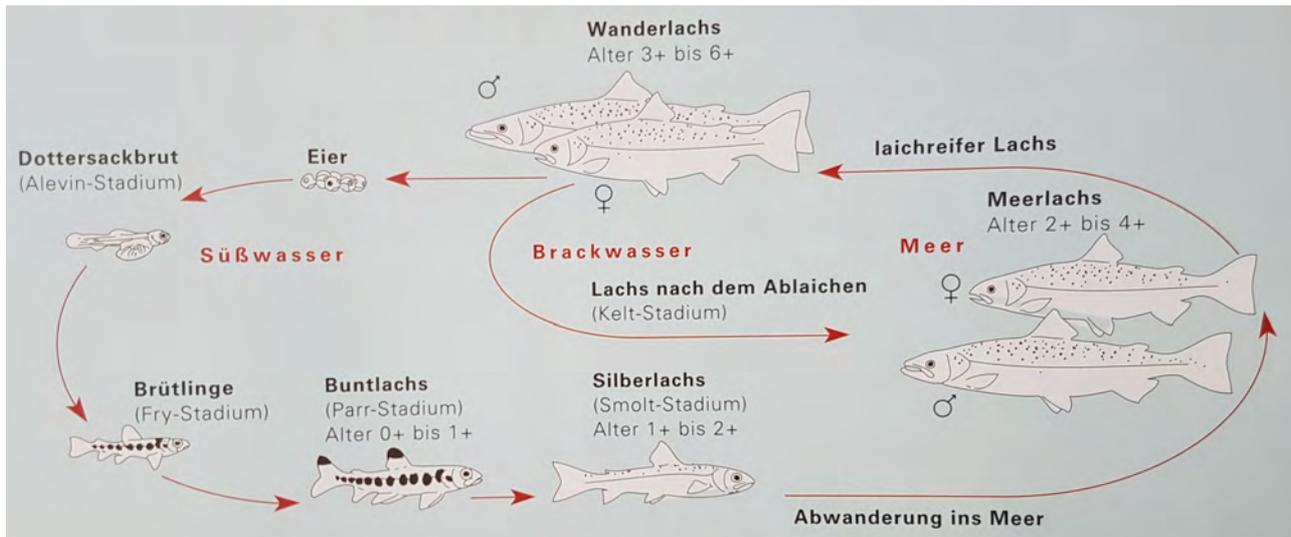


Abbildung 3-3. Lebenszyklus des Lachses (Grafik aus [14]).

Als anadrome Fischart ist der Atlantische Lachs darauf angewiesen, die lange und beschwerliche Wanderung zwischen Süßwasser und Meer in seinem Leben zweimal erfolgreich zu meistern. Der Lebenszyklus beginnt mit der Inkubation der Eier (Abbildung 3-4, links). Sie werden wie auch bei der Atlantischen Forelle in einer durch das Weibchen gegrabenen Laichgrube im Herbst im durchströmten Kies eines Fließgewässers abgelegt. Die bevorzugten Laichgebiete liegen in der unteren Forellen- und in der Äschenregion [9]. Die Eier entwickeln sich über den Winter bis sie je nach Wassertemperatur nach 70-200 Tagen schlüpfen [14]. Die ersten Wochen nach dem Schlüpfen bleiben die Lachsbrütlinge geschützt im Kies. Erst wenn der Dottersack aufgebraucht ist, was in vielen Gewässern ca. im Mai der Fall ist, schwimmen die Junglachse (Abbildung 3-4, rechts) aus dem Kieslückensystem und besiedeln das offene Wasser. Dies ist teils mit einer erheblichen räumlichen Ausbreitung verknüpft. Diese sog. Dispersionsphase dauert etwa sechs Wochen an. Danach sind die Junglachse territorial und standorttreu.



Abbildung 3-4. Links: Lachseier im sog. Augenpunktstadium während der Embryonalentwicklung; Rechts: Lachsbrütling mit nahezu vollständig aufgezehrtm Dottersack (Fotos © Michel Roggo).

Sobald die Lachse aus dem Kieslückensystem (Interstitial) aufschwimmen (sog. Emergenz), beginnen sie auch gleich zu fressen. Anfangs besteht die Nahrung hauptsächlich aus Insekten und deren Larven. Mit zunehmender Länge ernähren sie sich auch räuberisch. Nach ein bis zwei Jahren machen die Junglachse eine Smoltifikation durch. Dabei färbt sich das Schuppenbild silbrig und die roten Punkte verschwinden. Diese

Smoltifikation geht auch mit physiologischen Veränderungen einher. Anschliessend – meistens im Frühjahr bei Hochwasserereignissen – beginnt die lange Wanderung der Lachssmolts bis ins Meer [15].

Die Lachse aus dem Rhein verbleiben mehrheitlich zwei oder drei Jahre im Meer, bevor sie mit einer Länge von 75 bis 100 cm wieder zu den Laichgründen aufsteigen [9]. Dabei legen die Atlantischen Lachse ein ausgeprägtes Heimfindeverhalten an den Tag. D. h. sie schwimmen für die Fortpflanzung gezielt in ihr eigenes Geburtsgewässer zurück (sog. Homing). Folglich kommt es über Generationen durch räumliche Isolation und gewässerspezifische Ausleseprozesse zu Anpassungen an die jeweiligen Umweltbedingungen in den Heimatgewässern (u.a. Temperaturregime, Wanderdistanzen, Abflüsse, Fressfeindvermeidung). Die Wahrscheinlichkeit einer natürlichen Wiederbesiedlung nach einem Erlöschen der Population ist gering, weil nur wenige Lachse (Streuner) sich in anderen als ihrem Ursprungsgewässer fortpflanzen. Zudem gibt es in keinem Rheinzufluss und auch in der Nordsee kaum grössere Spenderpopulationen, aus denen Streuner in anderen Gewässern erwartet werden könnten.

Lachse, die grosse Distanzen zurücklegen, steigen schon sehr früh in den Rhein ein, oftmals fast ein ganzes Jahr vor der Laichzeit. Die Aufwärtswanderung in die Schweiz findet denn auch mehrheitlich im Frühjahr statt, zu einem Zeitpunkt, an dem das Wasser des Rheins noch kühl ist. Dies belegen die Aufsteigerzahlen aus Iffezheim und Gamsheim [9]. Nur wenige Nachzügler wandern erst im Herbst rheinaufwärts. Im Sommer, während der Rhein warm ist, wandern kaum Lachse. Sie ziehen sich in Refugien zurück und warten kühlere Tage ab. Der obere Wassertemperaturgrenzwert für die Wanderaktivität liegt bei etwa 25°C.



Abbildung 3-5. Links: Lachsparr; Rechts: Lachs beim Versuch ein Wanderhindernis zu überwinden (Fotos © Michel Roggo).

Erst im Oktober bis November, kurz vor der Laichzeit, tauchen sie in den Laichgewässern auf. Wie bei den Forellen schlägt das Lachsweibchen die Laichgrube und die Männchen balzen um die Gunst des Weibchens (Abbildung 3-7). Am Laichakt nehmen auch die juvenilen, frühreifen Männchen teil (meist Altersklasse 1+). Nach der Eiablage sterben viele adulte Lachse. Ein kleiner Teil wandert als so genannte Kelts ins Meer zurück und kann sich möglicherweise ein oder zwei Jahre später noch einmal fortpflanzen. In langen Wandergewässern ist der Anteil solcher „Multiplen Laicher“ allerdings gering. Die vormals frühreifen Männchen wandern dagegen mehrheitlich als Smolts ab; nur ein kleiner Teil verbleibt als „stationäre Parrs“ im Süsswasser. Damit hat der männliche Populationsteil stets eine höhere Chance auf einen weiteren Fortpflanzungserfolg als der obligat anadrome weibliche Teil, der sich überwiegend nur einmal reproduziert.

Der Lebenszyklus des Lachses zeigt, wie wichtig die longitudinale Durchgängigkeit eines Fließgewässersystems ist, damit diese Wanderfische innerhalb eines artspezifischen Migrationszeitraums bis zum Beginn der jeweiligen Laichzeit geeignete Reproduktionsgebiete bzw. Laichareale erreichen [9]. Genauso wichtig ist eine

unbeschadete Abwanderung ins Meer, welche die Smolts im Frühjahr beginnen. Die Mortalitäten bei Turbinenpassagen [16] und durch Prädation im Stauraum [16, 17] können dabei beträchtlich ausfallen.

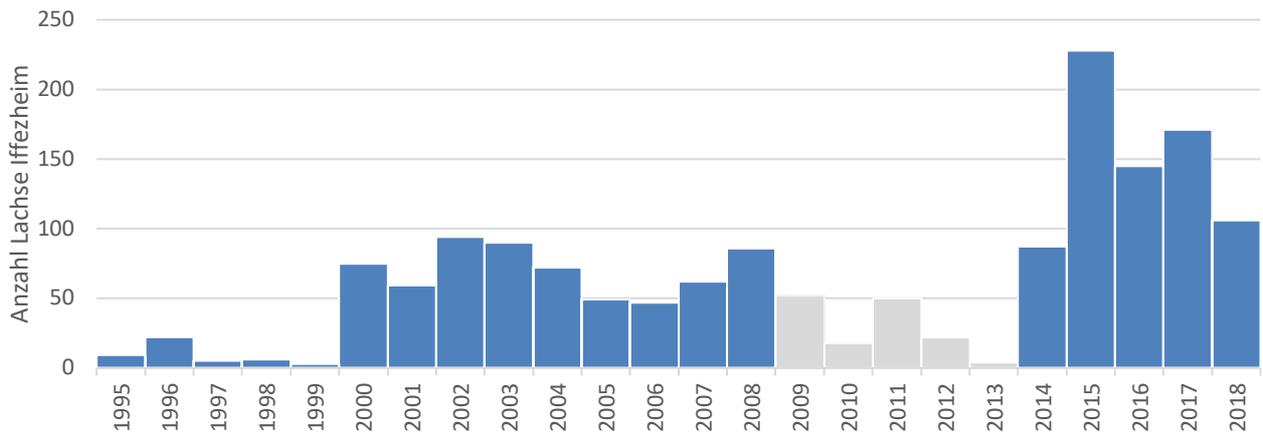


Abbildung 3-6. Anzahl in Iffezheim, am untersten Kraftwerk des Hochrheins, zwischen 1995 und 2018 in der Fischtreppe nachgewiesene Lachse. Von 2009 bis 2010 (graue Balken) war die Fischtreppe wegen Arbeiten am Kraftwerk nur teilweise in Betrieb. Daten: Association Saumon Rhin.



Abbildung 3-7. Atlantische Lachse während der Fortpflanzung auf einer Laichgrube (Foto © Michel Roggo).

3.3 Bisherige Massnahmen zur Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz

3.3.1 Longitudinale Vernetzung der Gewässer

In den Lachspotenzialgewässern oberhalb von Basel liegen viele Kraftwerksanlagen und andere künstliche Wanderhindernisse. In den letzten Jahren wurde an mehreren Anlagen der Fischaufstieg ermöglicht oder verbessert. Trotzdem sind heute noch viele Gewässer nicht oder nur eingeschränkt, d. h. nur für einen Teil der aufwärts wandernden Fische, erreichbar (Abbildung 3-8). Im Rahmen der Sanierung der Fischgängigkeit sollen bis 2030 aber zahlreiche Kraftwerksanlagen durchgängig werden. Daneben laufen auch viele

Bestrebungen, die nichtkraftwerksbedingten Hindernisse zu beseitigen. Daher darf erwartet werden, dass sich die Bedingungen für die Erreichbarkeit potenzieller Lachslaichgebiete in den nächsten Jahren deutlich verbessern wird. Gleichzeitig wird sich auch die Durchgängigkeit am Oberrhein verbessern, wo noch an drei Kraftwerken (Rhinau, Marckolsheim, Vogelgrün) die freie Fischwanderung hergestellt werden muss.

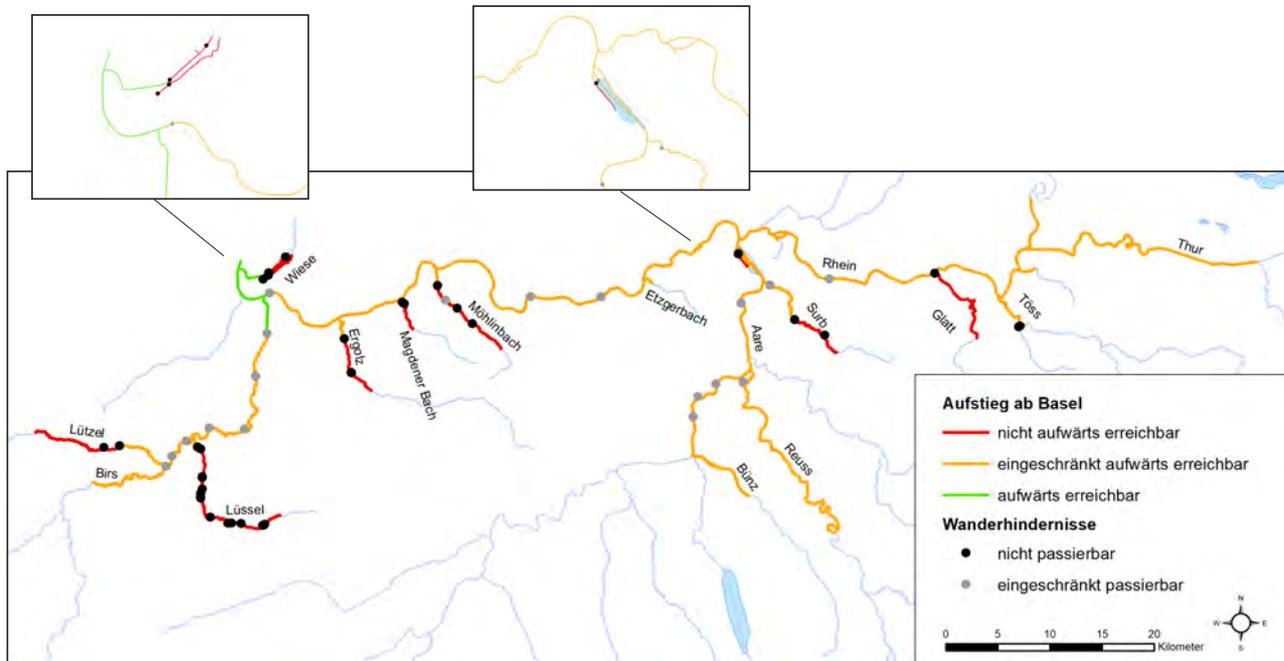


Abbildung 3-8. Heutige Erreichbarkeit der Lachspotenzialgewässer im Besatzerperimeter unter Berücksichtigung der Wanderhindernisse oberhalb von Basel (Kraftwerke und andere Hindernisse). Einstufung der Durchgängigkeit analog zum Vorgehen in Kapitel 11.5.3.1. Passierbare Kraftwerkanlagen wurden nicht dargestellt. Dasselbe gilt für Hindernisse, welche am oberen Ende der betrachteten Gewässer liegen.

3.3.2 *Einschätzung des Ausbreitungspotenzials und Ausscheidung des Wiederansiedlungsperimeters*

Die Wiederherstellung der Fischgängigkeit muss gemäss Gewässerschutzgesetz bis 2030 erfolgt sein. Es darf deshalb angenommen werden, dass bis 2035, dem Zeitfenster dieses Konzepts, die Gewässer für den Lachs und weitere Wanderfische in einem relevanten Teil des ausgemachten Potenzialgebietes durchgängig sind und dank weiterer Revitalisierungen das Habitatangebot grösser geworden ist [1].

Derzeit ist es aber schwierig abzuschätzen, wie rasch die Wiederbesiedlung in den verschiedenen Potenzialgebieten voranschreiten wird. Da der Zugang zu allen potenziellen Lachsgewässern vorbereitet werden muss (vor allem Wanderhilfen und Habitatverbesserungen), wurde ein räumlich und zeitlich etappiertes Vorgehen vorgesehen [1]. Es wurden deshalb zwei Ausbreitungsperimeter für die Wiederbesiedlung der Schweiz durch den Lachs definiert (Abbildung 3-9).

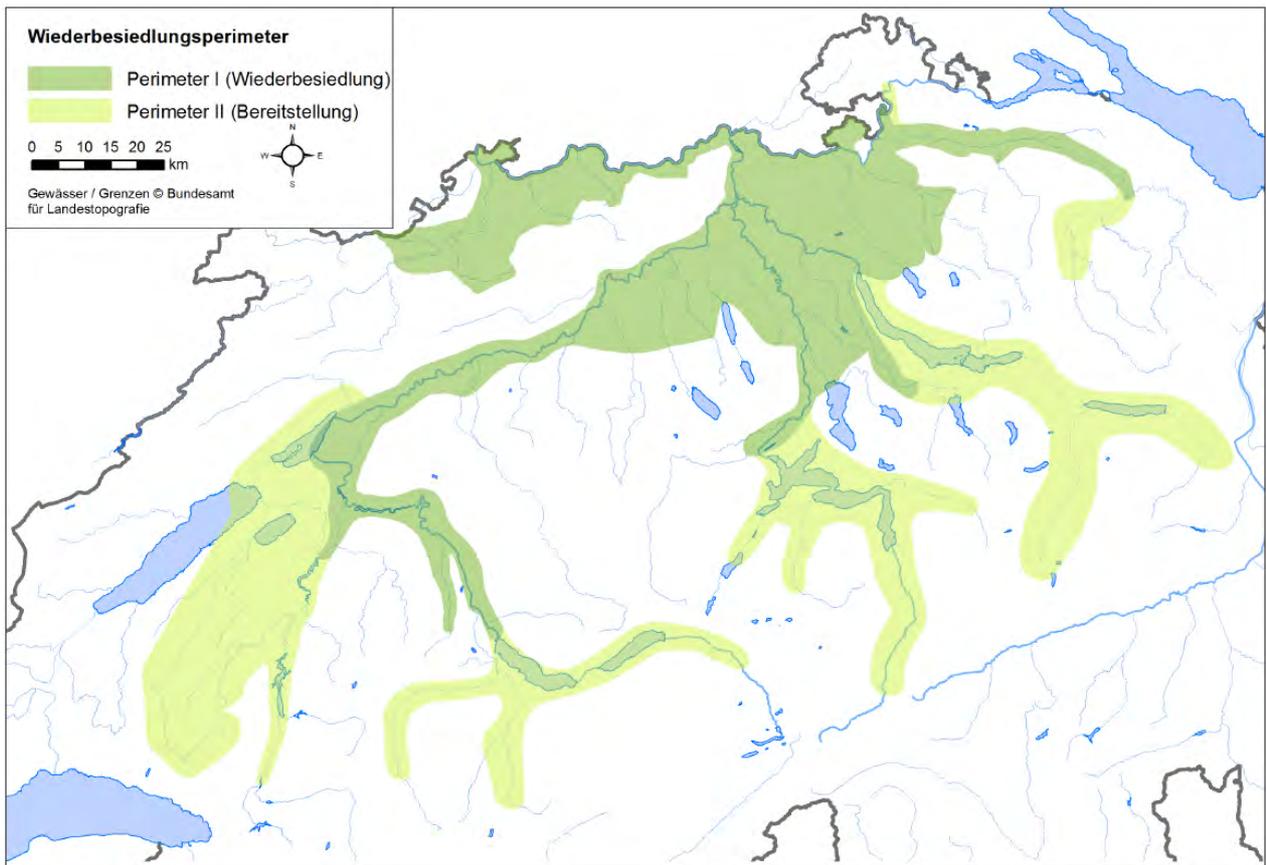


Abbildung 3-9. Ausbreitungsperimeter für den Lachs. Perimeter I: mittel- bis langfristige Wiederbesiedlung, gezielte Bereitstellung der Habitate und der Vernetzung. Perimeter II: langfristige Wiederbesiedlung, Bereitstellung der Habitate und der Vernetzung bei sich bietender Gelegenheit (aus [1]).

Für die Erstellung dieser Karte wurden die historische Verbreitung, das Habitatpotenzial und die Ausdünnung der auf- und absteigenden Lachse durch Kraftwerksketten berücksichtigt [1]:

Der Perimeter I umfasst insbesondere die Potenzialgewässer unterhalb der grossen Alpenrandseen. Der Perimeter wurde mit den Fischereiverwaltungen der am meisten betroffenen Kantone (BS, BL, AG, ZH, TG) festgelegt. Für den Perimeter I besteht mittelfristig die grösste Chance für eine Wiederbesiedlung durch den Lachs. Innerhalb des Perimeters I liegt der Besatzperimeter (Abbildung 3-10) für den die Priorisierung und die Besatzplanung erstellt wurden. Er ist kleiner als der Perimeter I, damit nicht allzu viele kraftwerksbedingte Hindernisse zwischen den Besatzgewässern und Basel liegen. Er wurde zusammen mit der Lachsgruppe Schweiz festgelegt.

Der Perimeter II wird durch die bekannte historische Verbreitung und das bekannte Vorkommen von Potenzialgewässern oberhalb der grossen Alpenrandseen definiert. Die Besiedlung wird sich über längere Zeiträume erstrecken. Trotzdem sollen bereits heute alle Gelegenheiten zur Schaffung von Lebensraum und deren Vernetzung für den Lachs ergriffen werden. Fischwanderhilfen und Lebensraumaufwertungen sollen daher in diesem Perimeter auch auf die Anforderungen des Lachses ausgelegt werden.

3.3.3 Lachsbesatz

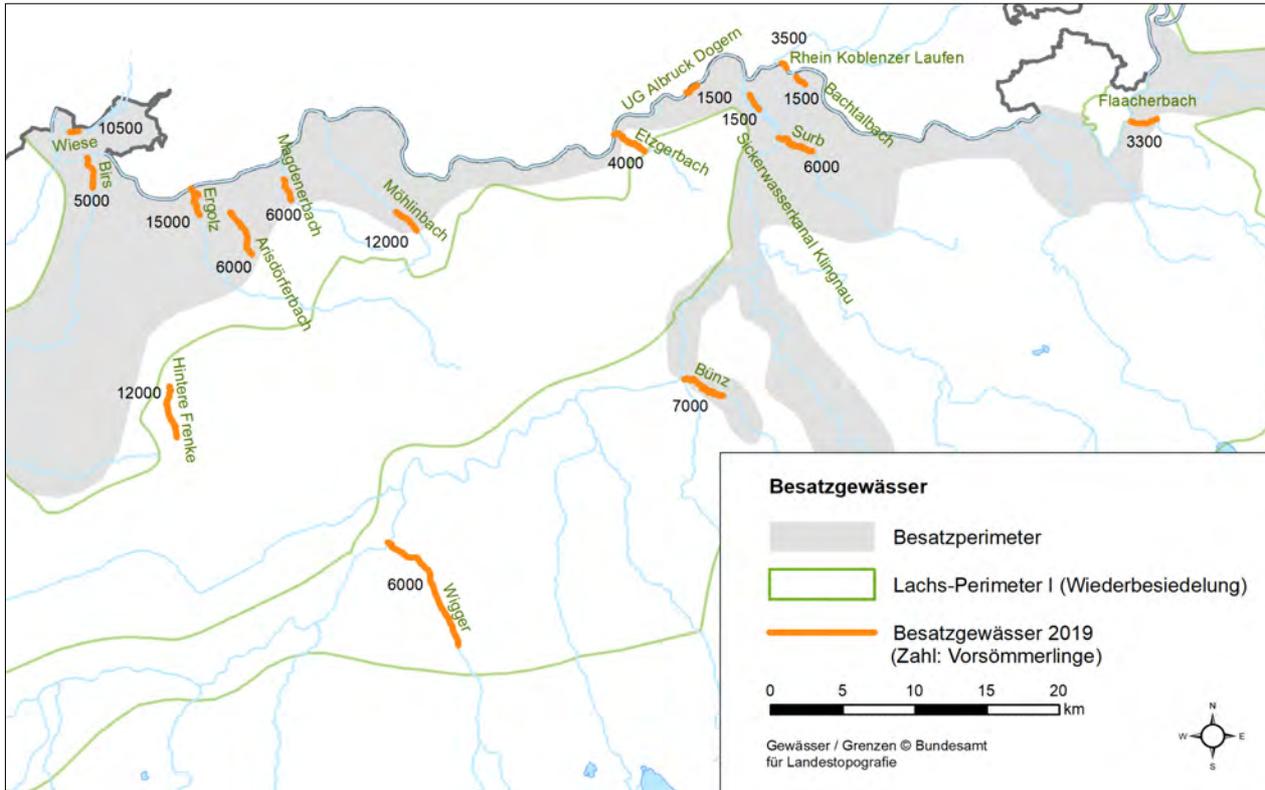


Abbildung 3-10. Die 2019 mit Lachs besetzten Gewässer in der Schweiz.

Die ersten Lachsbesätze im Rhein erfolgten unter dem Eindruck der schwindenden Bestände bereits Ende des 18. Jahrhunderts [14]. In dieser Zeit wurden auf der Schweizer Seite des Einzugsgebiets des Hochrheins jährlich um 800'000 Jungfische aus einheimischer Aufzucht eingesetzt. Die ersten Besatzversuche der jüngeren Zeit starteten 1983 im Kanton Basel-Stadt. Bis 2012 wurden im Raum Basel (Wiese und Birs, später auch Ergolz) und seit 2006 auch im Kanton Aargau jährlich mehrere Tausend Sömmerlinge eingesetzt. 2013 wurde die Besatzstrategie etwas verfeinert. Seither werden in etwa einem Dutzend Gewässern (Abbildung 3-10) insgesamt 30'000 bis 50'000 Vorsömmerlinge pro Jahr eingesetzt [18]. Ziel dieser Besatzmassnahmen war es, erste Erkenntnisse über die Eignung dieser Gewässer für die Wiederansiedlung der Lachse zu gewinnen und erste Erfahrungen mit Lachsbesatz zu machen. Diverse Erfolgskontrollen zum Aufwuchs der Junglachse in den besetzten Gewässern wurden durchgeführt. Diese Wirkungskontrollen müssen aber noch standardisiert und verfeinert werden [19], um belastbare Ergebnisse und damit Empfehlungen für die zukünftige Besatzbewirtschaftung abgeben zu können.

3.3.4 Evaluation Fischzuchten

Die bis 2018 in der Schweiz eingesetzten Lachse wurden alle in der Zucht «Petite Camargue Alsacienne» in Huningue (Frankreich) produziert. Für den Initialbesatz besteht mittelfristig gemäss ersten Einschätzungen ein Bedarf von ca. 400'000 Vorsömmerlingen [18], der nicht alleine durch die Fischzucht Petite Camargue gedeckt werden kann.

Um die Besatzlachse allenfalls in der Schweiz produzieren zu können, wurden mehrere Fischzuchten bezüglich ihrer Eignung als Lachszucht überprüft [18]. In Giebenach, Dachsen und Neuhausen wurden anschliessend ab 2017 im Rahmen eines Versuchs erfolgreich Lachse aufgezogen. In Dachsen konnten 2018 erstmals Lachse gestreift werden. Diese Zuchten sind in der Lage, die benötigte Menge an Lachsen zu produzieren.

Einzelne Standorte benötigen aber Umbauten, bzw. Umrüstungen, um effizient und preisgünstig produzieren zu können. Realistische Preise liegen gemäss ersten Kostenschätzungen zwischen CHF 1 und 2 pro Vorsömmerling. In der Petite Camargue Alsacienne (Frankreich) liegt der Preis pro Vorsömmerling bei ca. 0.75 Euro.

3.3.5 Evaluation Jungfischhabitate

Die Jungfischhabitate wurden zuerst in den kleineren Gewässern nach der Methode von Nemitz und Molls [20] bestimmt. Demnach weisen die verschiedenen Lachspotenzialgewässer (Zuflüsse der grossen Flüsse) insgesamt 244 ha geeignete Habitate für Junglachse auf, die sich auf verschiedene Gewässer verteilen. Insbesondere in der Sihl, Birs, Töss, Emme, Alte Aare, Suhre und Bünz steht viel geeignetes Habitat zur Verfügung (Abbildung 3-11, Abbildung 3-12).

In den grossen Flüssen, die früher ebenfalls vom Lachs zur Fortpflanzung genutzt wurden, stehen weitere 135 km geeignete Lachshabitate zur Verfügung (Abbildung 3-13). Geeignetes Habitat für das Aufkommen der Junglachse ist in der Schweiz also bereits heute vorhanden. Durch Revitalisierungsmassnahmen wird die Fläche in Zukunft noch leicht ansteigen.

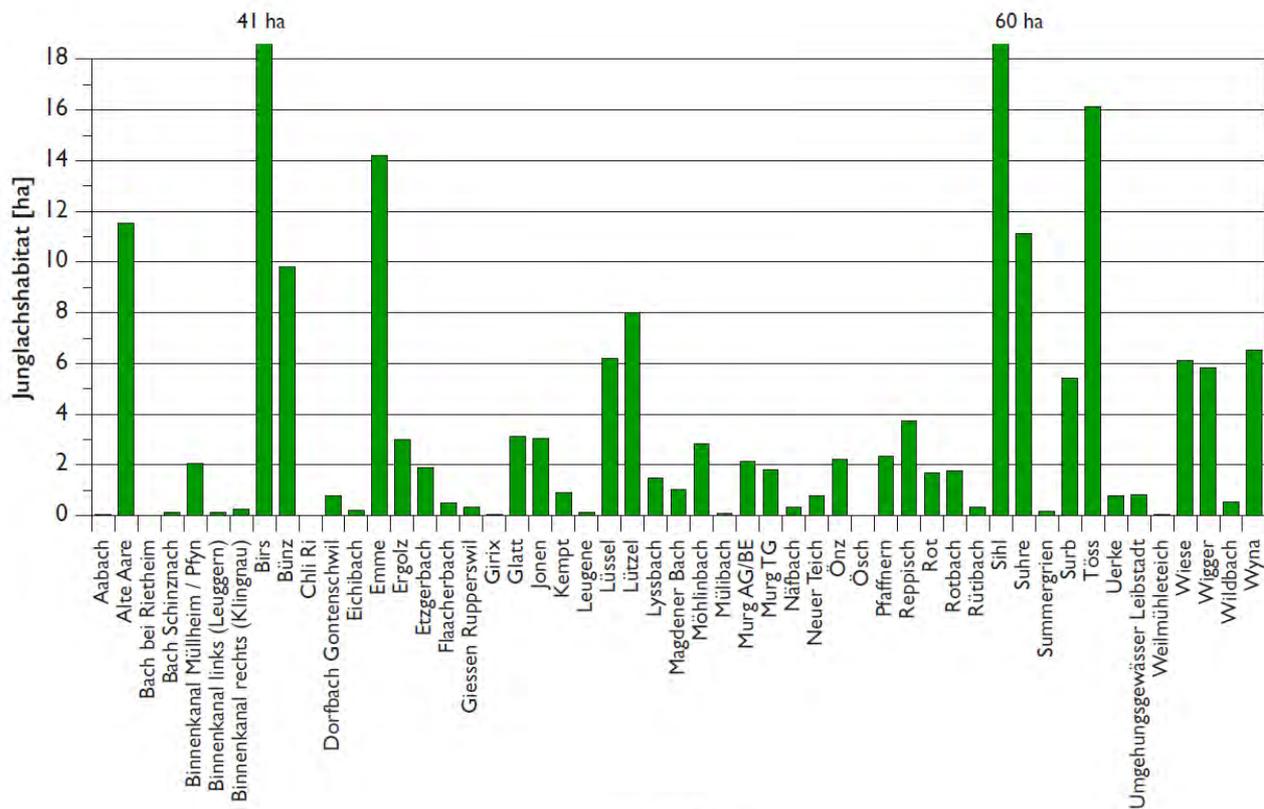


Abbildung 3-11. Gewichtetes Flächenangebot an Jungfischhabitat für den Lachs in den kleinen und mittelgrossen Lachspotenzialgewässern (aus [21]).

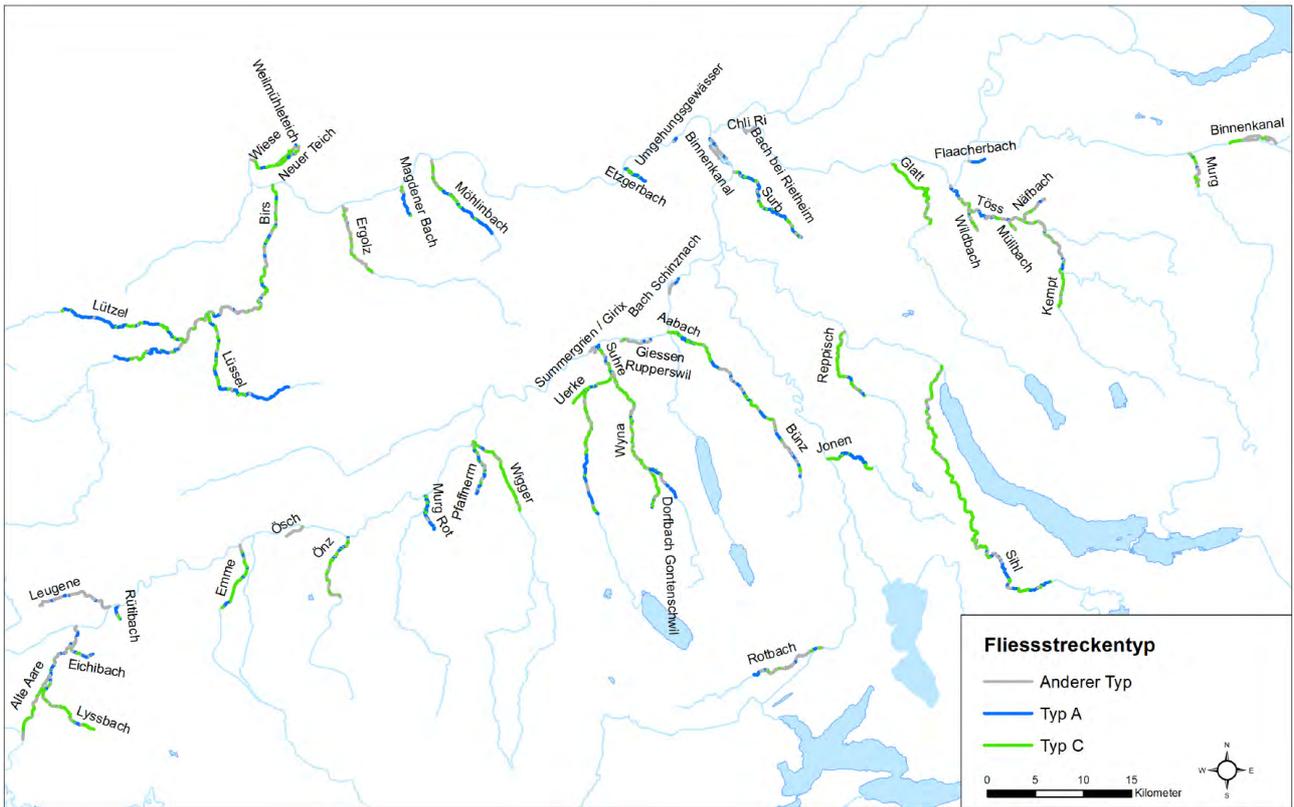


Abbildung 3-12. Für Junglachse geeignete Abschnitte kleinerer und mittelgrosser Gewässer mit Fließstreckentypen A (unverbaut, turbulent fließend) oder Typ C (verbaut, turbulent fließend) in den kartierten Gewässern (aus [21]).

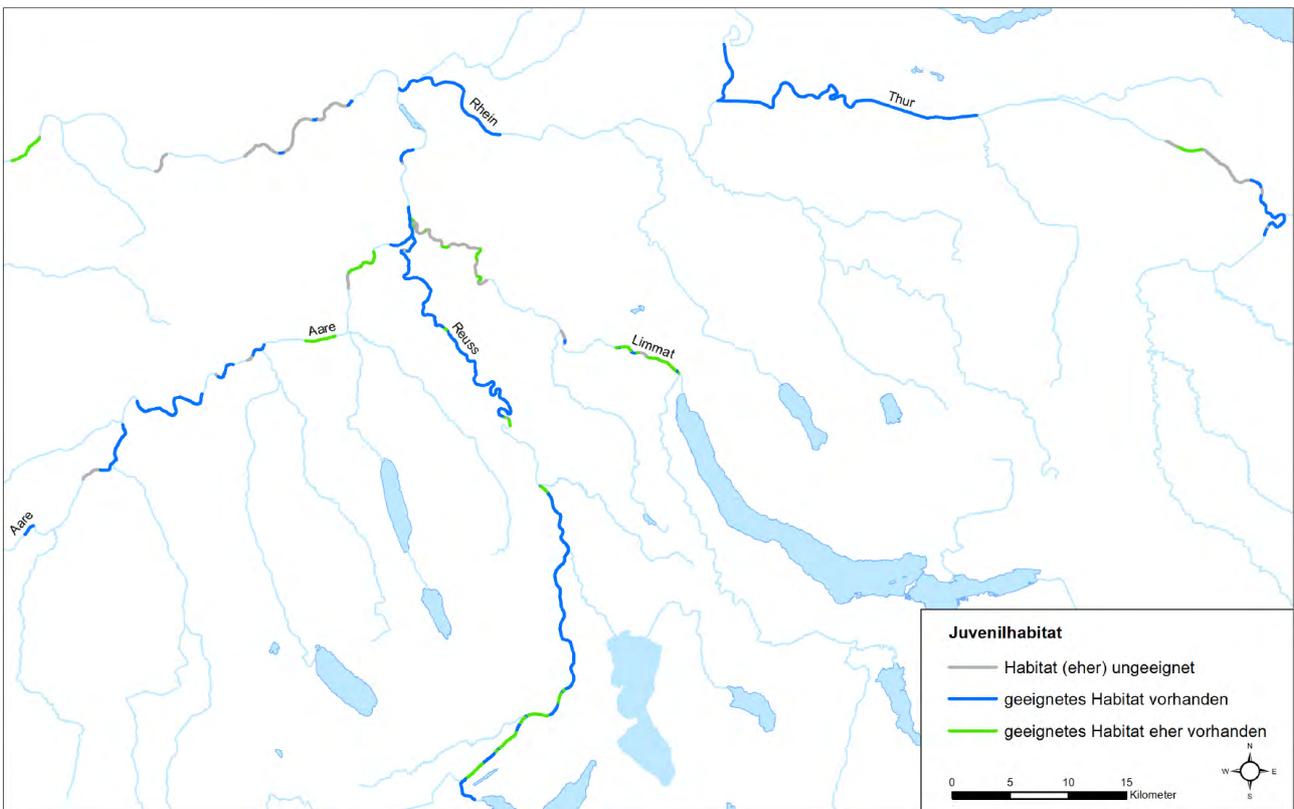


Abbildung 3-13. Angebot an Juvenilhabitat für Lachse in den untersuchten Abschnitten grosser Fließgewässer (aus [21]).

4 Priorisierung der Gewässer

4.1 Zweck der Priorisierung

Die Priorisierung soll die Gewässerabschnitte mit dem grössten Wiederansiedlungspotenzial evaluieren. Dabei handelt es sich um Abschnitte, die geeignete Aufwuchsbedingungen bieten, den abwandernden Smolts einen möglichst gefahrlosen Abstieg ins Meer ermöglichen und in die Rückkehrer aufsteigen können. Das zur Verfügung stehende Besatzmaterial kann somit in die Gewässer eingesetzt werden, in denen die Chancen selbstreproduzierender Populationen am grössten sind. Die Priorisierung bildet demnach eine wichtige Grundlage für die Auswahl der Besatzgewässer (Kap. 5.3.3) und die Festlegung der Besatzdichten (Kap. 6.2.5). Im Rahmen der konkreten Besatzplanung (Besatztool) können spezifische lokale Gegebenheiten, die in der Priorisierung nicht ausreichend zum Tragen kommen, berücksichtigt werden.

4.2 Aufbau der Priorisierung

Zur Priorisierung der Gewässerabschnitte wurden die Gewässerabschnitte sowie jedes Hindernis in den Lachsgewässern durch zahlreiche Parameter beschrieben. Für die Beurteilung der Erreichbarkeit der Gewässerabschnitte (Auf- und Abstieg) wurden die flussabwärts gelegenen Strecken mitberücksichtigt. Die Landesgrenze bei Basel wurde als Systemgrenze angenommen. Das genaue Vorgehen ist im Anhang 11.5 beschrieben. Für die Priorisierung wurden bestehende Daten verwendet, die durch Angaben der kantonalen Ämter ergänzt oder angepasst wurden. Das aggregierte streckenspezifische Ergebnis der Priorisierung ist ein Wert zwischen 0 (keine Priorität) und 1 (höchste Priorität). Folgende Parameter wurden für die Aggregation berücksichtigt:

- Erreichbarkeit des Gewässerabschnitts für Rückkehrer (Verluste pro Hindernis)
- Erreichbarkeit des Meeres für abwandernde Smolts (Mortalität pro Hindernis)
 - Physikalische Schädigung: Turbinenabstieg, Wehrabstieg
 - Prädation in Staubereichen
- Qualität und Fläche des verfügbaren Lebensraums
 - Jungfischhabitat
 - Wasserqualität (Chemische/biologische Wasserqualität, Wassertemperatur, Wasserführung, Beeinträchtigung Abfluss)

Für die Planung der Besatzmassnahmen sind zum **heutigen Zeitpunkt** primär Strecken relevant, die geeignete Habitate aufweisen und den Abstieg in Richtung Meer (beziehungsweise bis Basel) ermöglichen. Der Aufstieg in die entsprechende Strecke muss derzeit nicht zwingend möglich sein, da Lachse aus den heute besetzten Gewässern erst nach vier bis sechs Jahren als Rückkehrer erwartet werden.

Die Priorisierung zeigt auch auf, welche Gewässerstrecken sich **längerfristig** für die Wiederansiedlung eignen, da in Zukunft die Rückkehrer in diese Strecken aufsteigen sollen. Bis in einigen Jahren wird die Fischgängigkeit bei verschiedenen Wasserkraftanlagen saniert sein.

Aus diesem Grund wurden zwei Varianten für die Priorisierung berechnet. Die erste berücksichtigt nur das Habitat und die Mortalität beim Abstieg im heutigen Zustand. Diese Variante, welche für die Planung der Besatzmassnahmen zum heutigen Zeitpunkt relevant ist, wurde als «heutiger Zustand exklusiv Aufstieg»

bezeichnet. Die zweite Variante berücksichtigt zusätzlich den Fischaufstieg und ist für die längerfristige Planung der Besatzmassnahmen relevant. Diese zweite Priorisierung wurde «sanierter Zustand» genannt (Sanierungshorizont Aufstieg 2024, Abstieg 2030).

4.3 Resultate Priorisierung

4.3.1 Habitat

Die meisten für die Besatzplanung berücksichtigten Gewässer weisen ein gutes Habitatangebot auf (Abbildung 4-1). Insbesondere in Rhein und Aare gibt es aber Abschnitte ohne nennenswertes Lachshabitat.

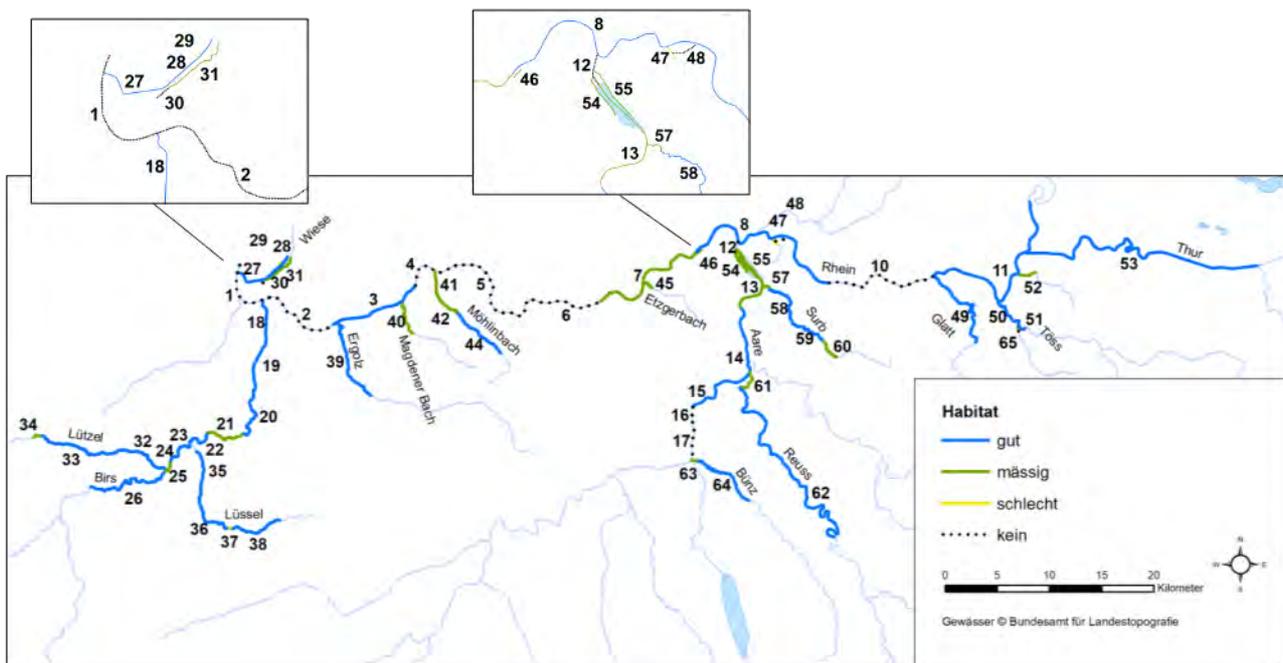


Abbildung 4-1: Bewertung des Habitats der für die Priorisierung berücksichtigten Gewässerstrecken. Die Nummern entsprechen der Strecken-ID.

4.3.2 Erreichbarkeit

Die Erreichbarkeit eines Potenzialgewässers wurde immer von Basel aus berechnet. Für die Beurteilung des heutigen Zustands (Abbildung 4-2) wurden nur die Mortalitäten beim Abstieg berücksichtigt.

Für die Einschätzung des «sanierteren Zustands» (Abbildung 4-5) wurden zusätzlich die Verluste beim Aufstieg einberechnet. Berücksichtigt wurden immer die Mortalitäten bzw. Verluste über alle zwischen Basel und der zu bewertenden Strecke liegenden Abschnitte. Um die Verluste beim Aufstieg (Abbildung 4-3) zu beurteilen, wurde die Auffindbarkeit und die Passierbarkeit von Kraftwerkenanlagen und nichtkraftwerkbedingten Hindernissen betrachtet. Es wird angenommen, dass auch in Zukunft (bis 2024) der Aufstieg beim Kraftwerk Birsfelden und beim Wehr des Kraftwerks Wildegg-Brugg bei Schinznach erschwert sein wird, weil trotz grosser Gewässerbreite künftig nur eine Aufstiegshilfe vorhanden sein wird. In anderen Gewässern wird der Aufstieg auch im sanierten Zustand nicht möglich sein, auf Grund folgender unpassierbarer Hindernisse:

- Lützel (33): Sohlschwelle bei Kleinslützel
- Lüssel (35): Schwellen bei Breitenbach und Büsserach
- Ergolz (39): Abstürze (künstlich und natürlich) bei Füllinsdorf und Liestal

- Magdenerbach (40): Blockrampen bei Rheinfelden
- Wildbach ZH (51): Absturz (natürlich) bei Rorbas
- Binnenkanal links (54): Rampe bei Leuggern

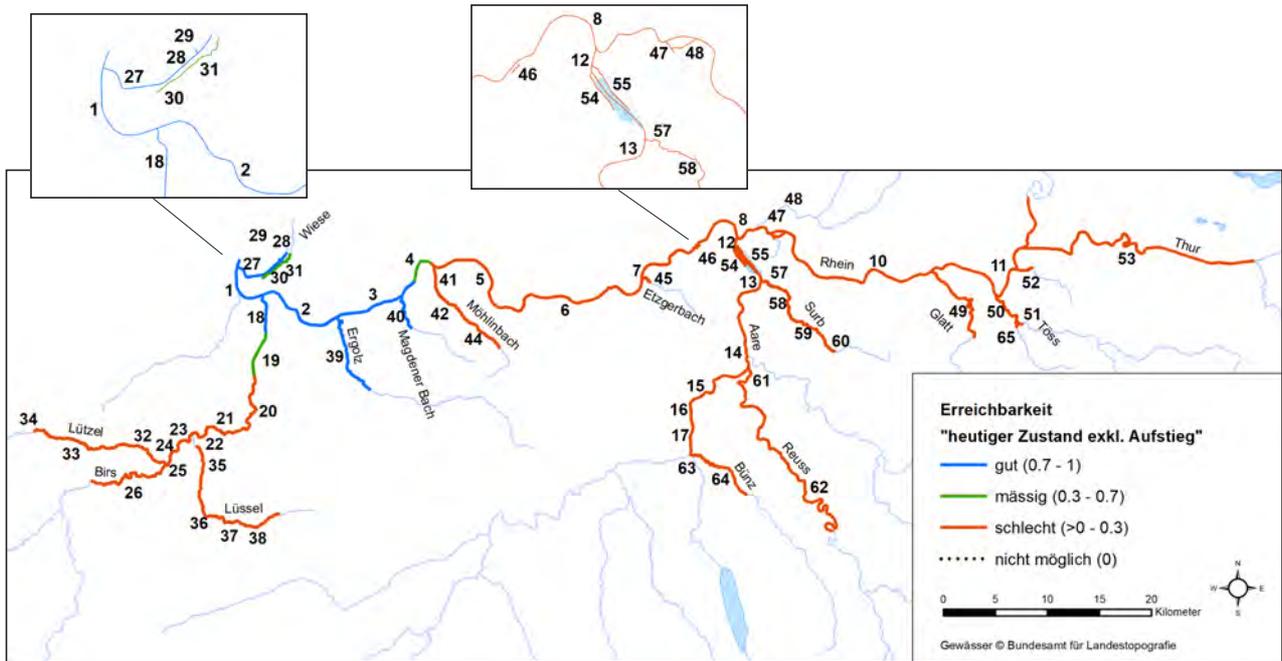


Abbildung 4-2: Bewertung der Erreichbarkeit im heutigen Zustand (ohne Berücksichtigung der Verluste beim Aufstieg) in den für die Priorisierung berücksichtigten Gewässerstrecken. Die Nummern entsprechen der Strecken-ID.

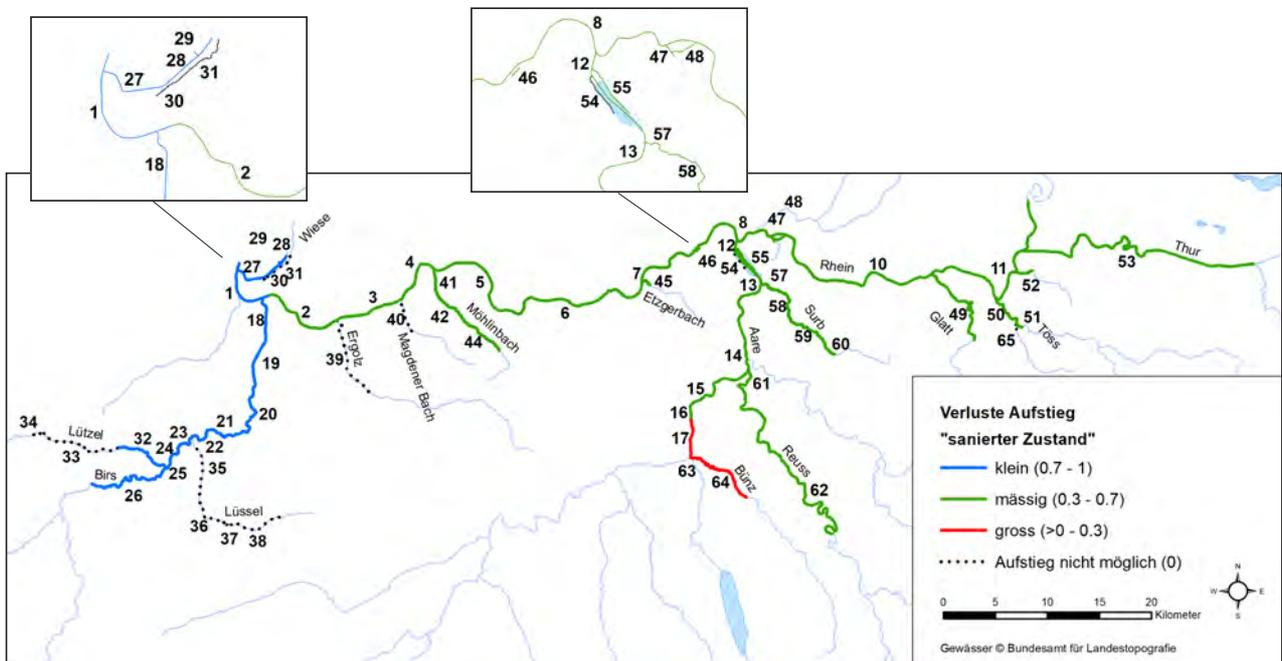


Abbildung 4-3: Bewertung des Aufstiegs (Verluste) im «sanierten Zustand» (Annahme 2024) in den für die Priorisierung berücksichtigten Gewässerstrecken. Die Nummern entsprechen der Strecken-ID.

Es wird angenommen, dass im sanierten Zustand (bis im Jahr 2030) die abwandernden Smolts die Kraftwerke ohne erhöhte Mortalität passieren können. Die Mortalität beim Abstieg (Abbildung 4-4) wird demnach im sanierten Zustand einzig durch die Prädation bestimmt.

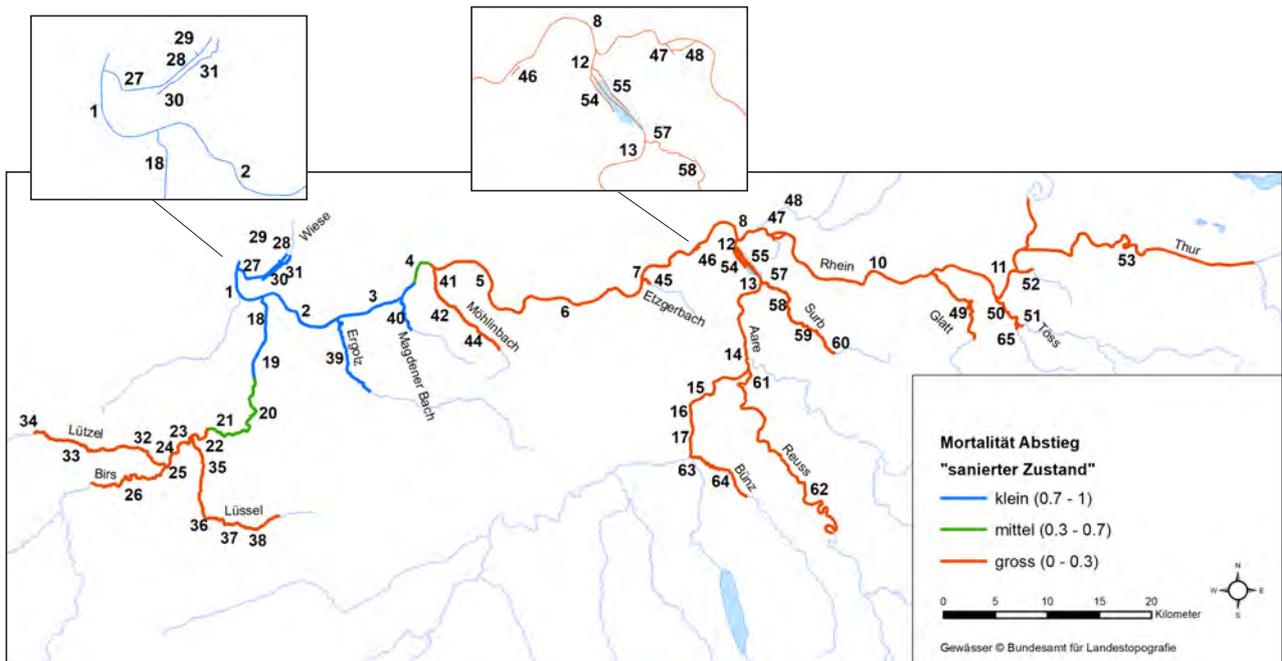


Abbildung 4-4: Bewertung des Abstiegs (Mortalität) im «sanierten Zustand» (Annahme 2030) in den für die Priorisierung berücksichtigten Gewässerstrecken. Die Nummern entsprechen der Strecken-ID.

Basierend auf der Mortalität beim Abstieg und den Verlusten beim Aufstieg wurde die Erreichbarkeit im «sanierten Zustand» (Abbildung 4-5) berechnet. Auf Grund einiger unpassierbarer Hindernisse (siehe Verluste Aufstieg) können einige Gewässerabschnitte nicht erreicht werden.

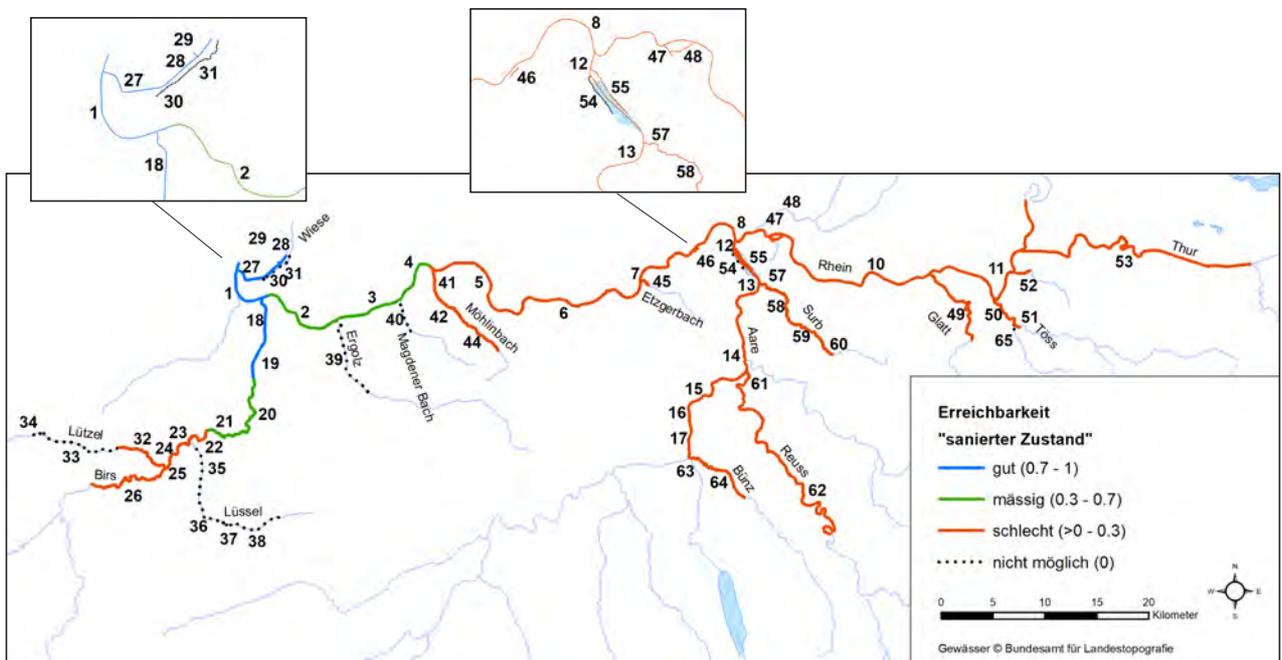


Abbildung 4-5: Bewertung der Erreichbarkeit im «sanierten Zustand» (mit Berücksichtigung der Verluste beim Auf- und Abstieg) in den für die Priorisierung berücksichtigten Gewässerstrecken. Die Nummern entsprechen der Strecken-ID.

4.3.3 Priorisierung

Die Priorisierung der Gewässerstrecken wurde basierend auf dem Habitat und der Erreichbarkeit bestimmt. Da nahe bei Basel liegende Gewässerstrecken bezüglich der Erreichbarkeit besser bewertet wurden (ausser gar nicht erreichbare Abschnitte), weisen Gewässerstrecken in der Nähe von Basel für den heutigen Zustand

(Abbildung 4-6) und für den sanierten Zustand (Abbildung 4-7) eine höhere Priorität auf. Davon ausgenommen sind Gewässerabschnitte ohne nennenswertes Habitat.

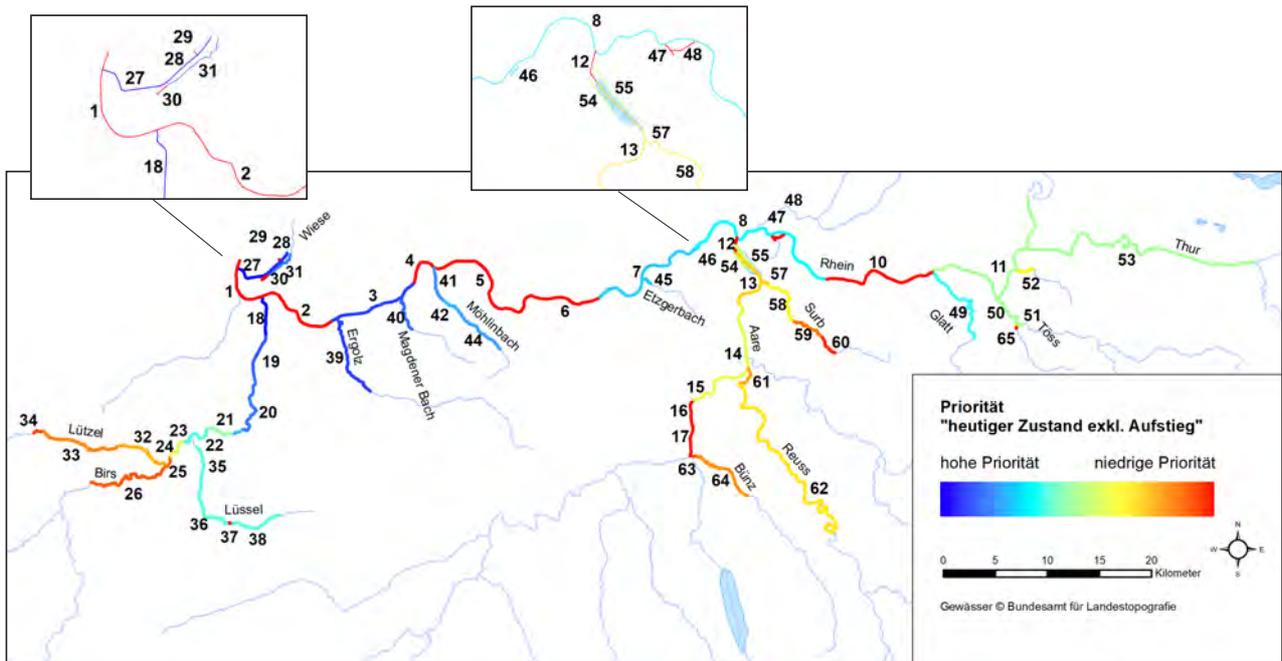


Abbildung 4-6: Priorisierung der Strecken im heutigen Zustand. Für den heutigen Zustand wurde bezüglich der Erreichbarkeit nur die Mortalitäten beim Abstieg berücksichtigt. Die Nummern entsprechen der Strecken-ID.

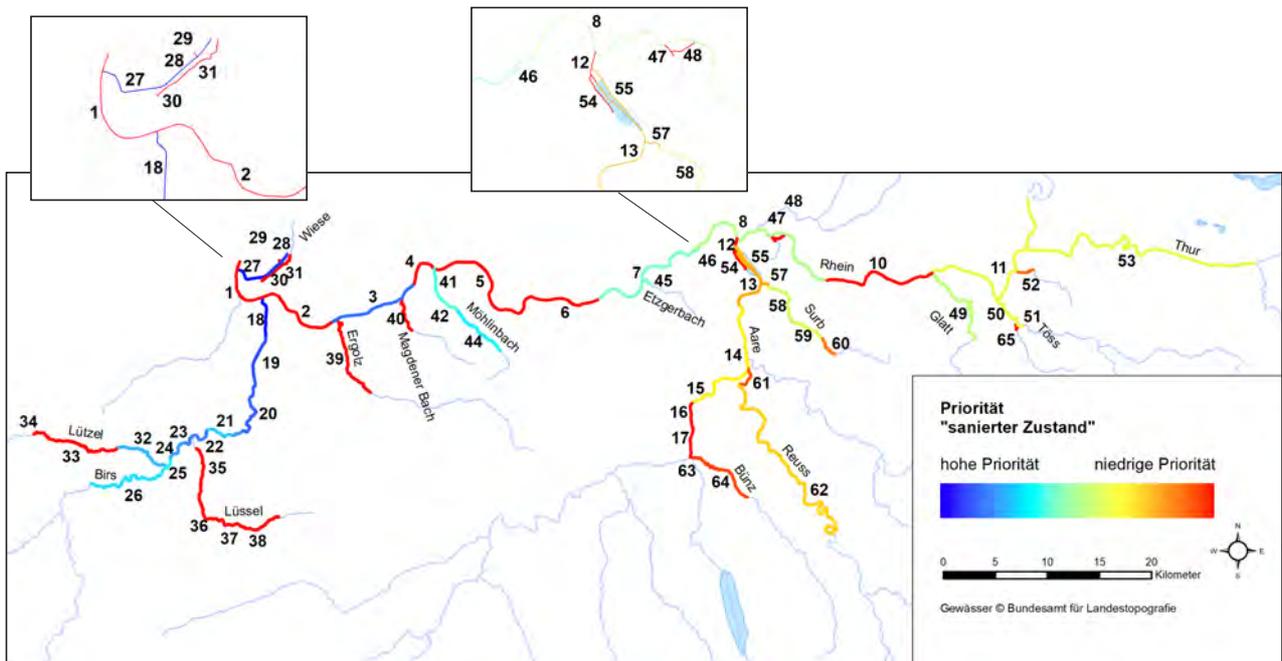


Abbildung 4-7: Priorisierung der Strecken im sanierten Zustand. Für den sanierten Zustand wurden bezüglich der Erreichbarkeit sowohl die Mortalitäten beim Abstieg als auch die Verluste beim Aufstieg berücksichtigt. Die Nummern entsprechen der Strecken-ID.

Tabelle 4-1: Priorisierung der Gewässerstrecken für die zwei betrachteten Zeitzustände.

ID Strecke	Gewässer	Kanton	Rang in Priorisierung «heutiger Zustand exklusiv Aufstieg»	Rang in Priorisierung «sanierter Zustand»
1	Rhein	BS/BL	49	39
2	Rhein	BL	49	39
3	Rhein	BL/AG	4	6
4	Rhein	AG	49	39
5	Rhein	AG	49	39
6	Rhein	AG	49	39
7	Rhein	AG	14	17
8	Rhein	AG	17	20
10	Rhein	AG/ZH	49	39
11	Rhein	ZH/SH	24	24
12	Aare	AG	49	39
13	Aare	AG	36	31
14	Aare	AG	30	27
15	Aare	AG	30	27
16	Aare	AG	49	39
17	Aare	AG	49	39
18	Birs	BS/BL	1	1
19	Birs	BL	6	4
20	Birs	BL/SO	8	5
21	Birs	BL	13	8
22	Birs	BL	23	11
23	Birs	BL	19	7
24	Birs	BL	29	9
25	Birs	BL	44	14
26	Birs	BL/SO/JU	45	12
27	Wiese	BS	1	1
28	Wiese	BS	3	3
29	Weilmühleiteich	BS	49	39
30	Riehenteich	BS	49	39
31	Riehenteich	BS	9	39
32	Lützel	BL/SO	39	10
33	Lützel	BL/SO	42	39
34	Lützel	BL	47	39
35	Lüssel	BL/SO	19	39
36	Lüssel	SO	19	39
37	Lüssel	SO	49	39
38	Lüssel	SO	19	39
39	Ergolz	BL	4	39
40	Magdener Bach	AG	7	39
41	Möhlinbach	AG	10	15
42	Möhlinbach	AG	12	16
44	Möhlinbach	AG	11	13
45	Etzgerbach	AG	14	17
46	Umgebungsgewässer Leibstadt	AG	14	17
47	Bachtalbach (Bach bei Rietheim)	AG	49	39
48	Chli Ri	AG	49	39
49	Glatt	ZH	18	21
50	Töss	ZH	24	24
51	Wildbach	ZH	33	39
52	Flaacherbach	ZH	33	35
53	Thur	ZH/TG	24	24
54	Binnenkanal links	AG	27	39
55	Binnenkanal rechts bis Mündung Sicherwasserkanal und Sickerwasserkanal	AG	27	30
56	Surb	AG	36	31
57	Surb	AG	36	31
58	Surb	AG	32	22
59	Surb	AG	43	23
60	Surb	AG	48	34
61	Reuss	AG	40	36
62	Reuss	AG	35	29
63	Bünz	AG	46	38
64	Bünz	AG	41	37
65	Wildbach	ZH	49	39

5 Besatzplanung

5.1 Vorgaben

Gemäss dem Konzept Artenförderung Schweiz [4] stehen der Schutz bestehender Populationen und die natürliche Wiederbesiedlung von Lebensräumen im Vordergrund der Artenförderung. Die künstliche Wiederansiedlung von Arten ist nur dann in Betracht zu ziehen, wenn andere Fördermassnahmen nicht zum Ziel führen.

Für eine erfolgreiche Wiederansiedlung des Lachses sind selbstreproduzierende Populationen und folglich ausreichend viele Rückkehrer nötig. Zwar kann in den nächsten Jahren immer wieder mit einzelnen rückkehrenden Fischen gerechnet werden. Aufgrund der eingeschränkten Durchwanderbarkeit (auf- und abwärts) und dem ausgeprägten Homingverhalten der Lachse (natürliche Wiederbesiedlung nur über Streuner möglich) wird die Anzahl Rückkehrer aber vorerst derart klein bleiben, dass allein hieraus kaum eigenständige Populationen entstehen werden. Das Einsetzen von Lachsen im Sinne einer Initialbesatzmassnahme ist in der Schweiz, wie auch in den deutschen und französischen Zuflüssen, deshalb notwendig, um dem Lachs eine zeitnahe Wiederbesiedlung zu ermöglichen [1].

Die NASCO (North Atlantic Salmon Conservation Organization) hat folgende Richtlinien für den Besatz mit Atlantischen Lachsen verabschiedet (angepasst auf die Schweizer Verhältnisse [1], an welcher sich die Besatzstrategie der Schweiz orientieren sollte):

- Sämtliche Besatzmassnahmen müssen im Einzugsgebiet (oder im Teileinzugsgebiet) abgestimmt werden.
- Der Besatz darf nur ein Pfeiler eines breit angelegten Wiederansiedlungsprogramms sein.
- Die Ziele müssen eindeutig formuliert werden.
- Besatzstadien (Alter), die Herkunft (Stamm), der Ort (Besatzgewässer), der Zeitraum (Jahreszeit) für den Besatz sowie die Zeit bis zur Abwanderung müssen ausreichend bekannt bzw. eingehend untersucht werden.
- Risiken müssen abgeschätzt und reduziert werden (Gesundheitskontrolle, genetische Studien, Ökosystem-Studien, Reduzierung der Auswirkungen der Zucht usw.).
- Der Erfolg muss durch ein Monitoring der Jungfischproduktion kontrolliert werden.
- Wenn die Ziele nicht erreicht werden, muss der Sinn und Zweck von Besatzmassnahmen hinterfragt werden.

5.2 Allgemeines zu den bisherigen Wiederansiedlungsbemühungen des Lachses im Rhein und in der Schweiz

Der anadrome Atlantische Lachs weist durch das ausgeprägte Homingverhalten ein geringes natürliches Wiederbesiedlungspotenzial auf [9]. Dieses Potential wird aufgrund der Populationszusammenbrüche in den Nachbarsystemen des Rheins zusätzlich eingeschränkt. Auch die Populationen mit Rückkehrern, die sich im Oberrhein mittlerweile auch natürlich fortpflanzen, z.B. in der Bruche, einem Zufluss der Ill in Frankreich, sind zu klein, um eine zeitnahe natürliche Wiederbesiedlung der Gewässer in der Schweiz zu ermöglichen. Aus

diesen Gründen wird entlang des gesamten Rheinsystems durch das Aussetzen von Junglachsen versucht, neue lokale Populationen aufzubauen.

Da der Lachs durch sein Homingverhalten mit hoher Präzision in seine ursprünglichen Laich- und Aufwuchsgewässer zurückkehrt, sind natürliche Populationen relativ stark voneinander isoliert, was sich in grösseren genetischen Unterschieden manifestiert [22, 23]. Diese räumliche Isolation fördert durch Selektionsprozesse auch Anpassungen an die Heimatgewässer, die sich in einer spezifischen genetischen Ausstattung manifestieren [24]. Biologisch zeigen sich solche Anpassungen z.B. durch unterschiedliche Verweildauern im Meer, unterschiedliche Migrationszeiten und spezifisch auf das Temperaturregime der Herkunftsgewässer ausgerichtete Laichzeiten [9].

Im Niederrhein wurden für die Wiederansiedlung Ätran-Lachse, die aus Schweden stammen, eingesetzt. Diese sind an kürzere Wanderdistanzen angepasst und verbleiben daher im Schnitt weniger lang im Meer und steigen tendenziell später im Jahresverlauf in den Rhein ein [9]. Im Hochrhein (Frankreich, Baden-Württemberg, im südlichen Rheinland-Pfalz und in der Schweiz) wurde auf Allier-Lachse aus dem Loire System in Frankreich gesetzt, die an lange Wanderdistanzen angepasst sind. Diese Lachse verbleiben tendenziell länger im Meer und steigen früher im Jahr in den Rhein auf. Der Grossteil der Lachse steigt von Mai bis Juni auf [9]. Im Gegensatz dazu steigen die meisten Lachse im Siegsystem (Ätran-Stamm) erst im Herbst in die Laichgewässer auf.

Da die für den Besatz im Rheinsystem verwendeten Spenderpopulationen allochthon und damit nicht an die besetzten Gewässer angepasst sind, muss dieser Anpassungsprozess über die folgenden Generationen ablaufen [9]. Parallel getätigter Besatz mit weiteren allochthonen Lachsen verzögert diese Anpassung. Defizite in der Anpassung können sich u. a. durch geringe oder ausbleibende Reproduktionserfolge, geringe Überlebensraten während der Aufwuchsphase, hohe Mortalität bei der Abwanderung und ungenügende Rückkehrerraten ausdrücken [9]. Deshalb wird heute vermehrt versucht, zurückkehrende Lachse zu fangen, um diese für die Erzeugung von Elterntieren zu verwenden. Daher werden heute für den Niederrhein in Siegburg [25] sowie für den Hochrhein in Iffezheim und in Gamsheim Lachse in Fischaufstiegshilfen mittels Reusen gefangen. Diese wilden Elterntiere werden anschliessend in einer Fischzucht (Niederrhein: Wildlachszenrum NRW; Hochrhein Fischzucht Saumon-Rhin in Obenheim) bis zur Laichreife gehältert. Die gewonnenen F1-Junglachs werden teilweise ausgesetzt und teilweise genutzt, um in verschiedenen Lachsziuchten einen Elterntierstamm aufzubauen. Aus diesen Elterntierstämmen wird die grosse Mehrheit der heute im Rhein ausgesetzten ca. 1.7 Mio. Lachse (Abbildung 5-1) gewonnen. Natürliche zurückkehrende Lachse werden so als Genbank genutzt, weil diese einen Teil des Lebenszyklus (Aufwuchs, Migration, marine Phase) einmal erfolgreich durchlebt haben und damit vermutlich einen höheren Grad der Anpassung an die Verhältnisse im Rheinsystem aufweisen als importierte allochthone Lachse.

In Hessen und Rheinland-Pfalz werden je nach Verfügbarkeit Junglachs aus natürlicher Reproduktion aus Projektgewässern gefangen und zu Elternfischen aufgezogen; diese Fische haben folglich den kompletten Lebenszyklus (inkl. Reproduktion, Emergenz, juvenile Phase bis zum ersten Herbst) und damit tatsächlich alle notwendigen Selektionsprozesse erfolgreich vollendet, was ihre Nachkommen (F1-Besatzfische) aus genetischer Sicht besonders wertvoll macht.

Die Schweiz besetzt seit 1993 jährlich einige Zehntausend Junglachs, ohne dass dies bisher regelmässig zu Rückkehrern geführt hat. In den letzten Jahren wurden insgesamt nur drei Rückkehrer in der Schweiz nachgewiesen.

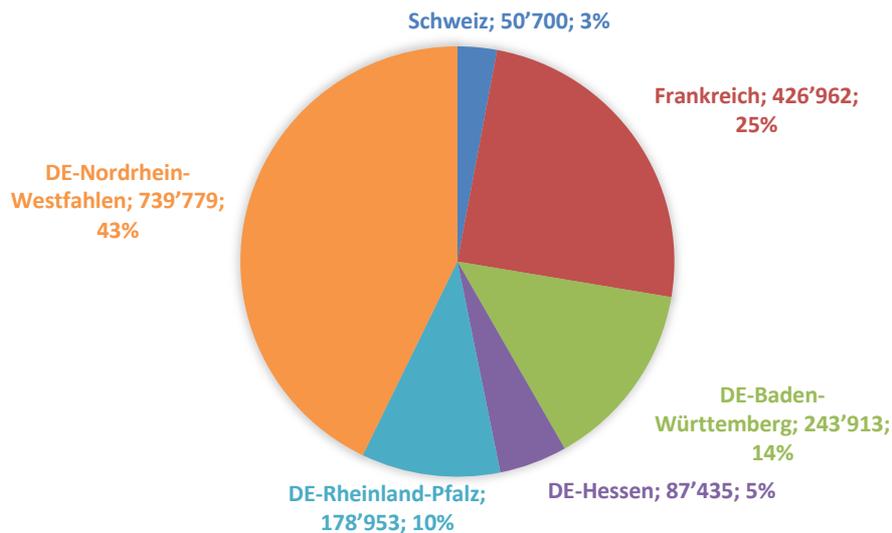


Abbildung 5-1. Anzahl der 2018 im Rheineinzugsgebiet ausgesetzten Lachse (Quelle IKSR).

5.3 Besatzstrategie für die Schweiz 2021-2035

5.3.1 Ziele der Besatzmassnahmen

Ein nachhaltiges Wiederansiedlungsprogramm muss langfristig einen selbsterhaltenden Lachsbestand zum Ziel haben, was auch den IUCN-Kriterien und dem Artenförderungskonzept Schweiz entspricht. Mit Besatzmassnahmen werden daher folgende Ziele verfolgt:

- Die Anzahl Rückkehrer wird gesteigert, damit sich selbsterhaltende Populationen etablieren können.
- Die genetische Vielfalt und lokale Anpassungen werden gefördert.

Um diese Ziele erreichen zu können, muss zuerst die benötigte Menge Besatzlachse bestimmt und die Kosten für deren Produktion optimiert werden. Zudem muss die Wirkung der Besatzmassnahmen – wie von der NASCO gefordert – auf verschiedenen Ebenen überprüft werden. Diese Erkenntnisse fliessen anschliessend im Sinne einer adaptiven Bewirtschaftung fortlaufend in die Besatzplanung ein (Vgl. Kapitel 7).

5.3.2 Grundsätze zum Vorgehen

Für den Initialbesatz [26] gelten die folgenden Grundsätze:

- **Priorisierung der Gewässer mit dem höchsten Wiederansiedlungspotenzial.** So lange Besatzmengen limitierend sind, sollen Gewässer mit höherem Potenzial prioritär besetzt werden.
- **Elterntierstamm nur mit natürlichen Rückkehrern aus dem Rhein:** Kurz- und mittelfristig werden Lachse verwendet, die in Iffezheim/Gambsheim gefangen werden. Langfristig sollen Lachse aus eigenen Fängen aus der Schweiz herangezogen werden.
- **Besatz mit möglichst frühen Altersstadien, um Domestikationseffekte zu minimieren.** Zur Reduktion von Domestikationseffekten ist es an sich sinnvoll, den Besatz möglichst mit angefügerten Brütlingen durchzuführen. Die Einbussen durch eine erhöhte Mortalität sind aber mit einzuberechnen. So lange die Besatzmengen limitierend sind, sollte daher auch ein Besatz mit Vorsommerlingen und Sommerlingen in Betracht gezogen werden. Die Erkenntnisse aus den genetischen

Monitorings in Frankreich, Baden-Württemberg und der Schweiz von Besatzversuchen mit Brütlingen und Vorsömmerlingen sollen in einer definitiven Entscheidung einfließen. Ältere Lachse wie Smolts sollen nur zu Versuchszwecken, z.B. für Untersuchungen zur Abwanderung (vgl. Kapitel B), eingesetzt werden.

- **Anpassung der Besatzdichten/Wirkungskontrolle:** Der Erfolg der Besatzmassnahmen in den einzelnen Gewässern soll durch Wirkungskontrollen regelmässig überprüft werden, um die Besatzdichten gewässerspezifisch anpassen zu können.
- **Besatz nur in Gewässern mit gutem Habitatangebot.**
- **Besatzgewässer werden strategisch ausgewählt,** um die Mortalität bei der Abwanderung zu minimieren.
- **Verzicht auf Besatzmassnahmen, sobald eine signifikante Naturvermehrung nachgewiesen wird.** Sobald Rückkehrer wieder in die Schweiz aufsteigen und sich in den Zuflüssen natürlich fortpflanzen, wird überprüft, ob sich diese Populationen selbst erhalten können oder nicht. Am effizientesten und kostengünstigsten erfolgt dies, indem auf weitere Besatzmassnahmen verzichtet wird.

Die Besatzmassnahmen sollen also die natürliche Wiederbesiedlung unterstützen. Sie ersetzen aber keinesfalls die Massnahmen zur Aufwertung des Lebensraums (Renaturierung, Fischwanderung, Wasserqualität usw.), die für selbsterhaltende Populationen unabdingbar sind. Ohne diese Umweltmassnahmen ist eine Wiederansiedlung in der Schweiz aussichtslos. Gemäss Zieldefinition soll der Nutzen der Besatzmassnahmen alle 5 Jahre überprüft werden. Die Besatzmengen werden danach jeweils adaptiv angepasst. Werden die gesteckten Ziele nicht erreicht (eine sich selbsterhaltende Population kann nicht etabliert werden) und können keine weiteren Verbesserungen bei den auftretenden Mortalitäten (z.B. Fischabstieg) erreicht werden, dann sollen die Besatzmassnahmen zurückgefahren, bzw. im Extremfall (die Wiederansiedlung des Lachses wird trotz allen getätigten Massnahmen als aussichtslos eingestuft) auch eingestellt werden.

Um die in der Schweiz vorgesehenen Besatzmassnahmen umsetzen zu können, waren mehrere vorgelagerte Arbeitsschritte notwendig, die in den folgenden Kapiteln einzeln beschrieben werden.

5.3.3 Auswahl der Besatzgewässer

In der Schweiz wurden den Gewässern im Wiederansiedlungsperimeter I (Abbildung 3-9) mittelfristig die grösste Chance für eine Wiederbesiedlung durch den Lachs attestiert [1]. Nicht alle Gewässer in diesem Perimeter weisen jedoch die gleichen Chancen auf. Daher wurden in Rücksprache mit dem BAFU und der Lachsgruppe Schweiz in einem ersten Schritt die Gewässer festgelegt, für welche grundsätzlich eine Besatzplanung durchgeführt werden soll (Abbildung 3-10). Die Besatzplanung erfolgt für die Gewässer dieses Besatzperimeters.

5.3.4 Herkunft der Besatzlachse und genetische Diversität

Derzeit werden im Hochrhein in Iffezheim und Gamsheim aufsteigende Lachse gefangen. Zwischen den Ländern Frankreich und Deutschland besteht diesbezüglich eine Abmachung, die diese Entnahmen regelt. Derzeit ist das Ziel, jährlich maximal 50 erwachsene Lachse zu fangen und in der Fischzucht Obenheim zu verpaaren. Diese Abmachung wird jährlich an der Sitzung der «Unité de Gestion du Rhin supérieur» neu ausgehandelt.

Das BAFU ging mit der «Association Saumon-Rhin» eine Abmachung ein, damit die Schweiz in Zukunft jährlich einen Drittel der von diesen Wildlachsen abstammenden Junglachse (Stadium geäugte Eier) erhält. Als Gegenleistung partizipiert die Schweiz an den anfallenden Kosten für den Fang und die Hälterung der

Wildlachse. Ab 2021 kann die Schweiz pro Jahr mit dem Erhalt von 10'000 bis 35'000 F1-Lachsen rechnen. Von 2019 bis 2021 werden jährlich 3000 F1-Lachse zur Verfügung gestellt.

Mit den aus Frankreich stammenden F1-Lachsen können in der Schweiz direkt Gewässer besetzt oder Elterntiere herangezogen werden. Bei der Aufzucht der Elterntiere ist darauf zu achten, dass die genetische Vielfalt möglichst erhalten bleibt. Da nur sehr wenige wilde F0-Elterntiere zur Verfügung stehen, effektiv weniger als populationsgenetische Studien empfehlen [27], sollte die genetische Vielfalt des Elterntierstammes und damit auch der F2-Nachkommen nicht weiter reduziert werden.

Um die genetische Vielfalt zu maximieren und Domestikationseffekte zu vermeiden, wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- Es werden von jedem verfügbaren Jahrgang F1-Lachse zu Elterntieren herangezogen.
- Sofern möglich werden die Weibchen eines Jahrgangs mit Männchen eines anderen Jahrgangs befruchtet (gängige Praxis in Frankreich). Damit wird die Verpaarung von Geschwistern vermieden (Inzucht).
- Weibchen sollen maximal drei Jahre als Elterntiere verwendet werden, Männchen nur 1 Jahr. Alte Elterntiere sollten ausgemustert werden, sobald genügend jüngere Elterntiere zur Verfügung stehen. Damit kann die Besatzmenge hochgehalten werden.
- Wann immer möglich sollten F0-Männchen für die Besamung verwendet werden, sofern Rückkehrer zur Verfügung stehen.
- Es sollen keine F2- (oder höher) Lachse zu Elterntieren herangezogen werden.
- Rückfänge von F1-Lachsen, die einige Monate in einem natürlichen Fließgewässer verbracht haben, fördern die natürliche Selektion bei F1-Elterntieren (wird z.B. an der Hasper Talsperre (Elternfischhaltung für Hessen und Rheinland-Pfalz) so praktiziert; ausserdem werden dort Junglachse aus natürlicher Reproduktion aus Projektgewässern gefangen und zu Elternfischen aufgezogen [28]).
- Sobald in der Schweiz wilde Rückkehrer gefangen werden und künstlich verpaart werden sollen, muss ein «Full-Factorial-Design» angewendet werden. Die Eier aller Weibchen sollten dabei möglichst gleichmässig mit Spermien aller wilden Männchen befruchtet werden.

5.3.5 Besatzdichte

Die natürlichen Dichten an Lachsen können je nach Gewässer stark variieren (vgl. Kap 11.1.2). Für Vorsömmerlinge (VS) liegen sie je nach Habitatqualität zwischen etwa 0.05 und 1.5/m², mit Extremwerten von bis zu 3.5/m² [29]. Die Besatzdichte in Baden-Württemberg beträgt im Allgemeinen 1–2 VS/m². Mit dieser Dichte soll gewährleistet werden, dass von Beginn weg möglichst viele Smolts aufkommen, um so die Rückkehrerquote zu maximieren. Im System der Kinzig (Hessen, Deutschland) lag die Besatzfischdichte mit Sömmerlingen im Jahr 2015 bei 0.5 Ind./m² [30]. Dönni et al. rechnen mit 0.3 VS/m² [18], was einer mittleren natürlichen Dichte entspricht [31].

Es konnte nachgewiesen werden, dass zu hohe Besatzdichten zu einer geringeren Smoltproduktion führen können [32]: Mit eher tiefen Besatzdichten von durchschnittlich 0.2 bis 0.5 angefügterten Brütlingen/m² Gewässerfläche konnten am meisten Smolts generiert werden. In Strecken mit höheren Besatzdichten (0.5 bis 2.15 angefügterte Brütlinge/m²) wurden signifikant weniger Smolts nachgewiesen. Dichteabhängige Mortalitäten spielen also auch bei Lachsen eine wichtige Rolle. Die Lebensraumkapazität des Gewässers muss deshalb bei der Bestimmung der Besatzdichte berücksichtigt werden. Die Kapazitäten der Schweizer Gewässer für Junglachse sind bisher nicht bekannt. Zudem ist noch nicht klar, in welchen der besetzten Gewässern die Lachse besonders gut überleben [19]. Diese Informationen müssen in einer ersten Phase der Wirkungskontrolle erarbeitet werden (vgl. Kapitel 7).

Anhand der Literaturangaben wird für die Berechnung der Besatzmengen von einer mittleren natürlichen Dichte von 1 angefütterten Brütling/m² (entspricht 0.3 VS) ausgegangen. Diese im Vergleich zu Deutschland eher geringe Dichte wurde ausgewählt, um mögliche dichteabhängige Effekte auszuschliessen und so die Überlebensrate und damit die gesamte Smoltproduktion zu maximieren. Anhand der Ergebnisse aus der Wirkungskontrolle soll die Besatzdichte im Sinne einer gewässerspezifischen adaptiven Bewirtschaftung laufend angepasst werden.

Im Rahmen eines von der IKSR initiierten Abstimmungsgesprächs zwischen deutschen und französischen Experten wurden die in Tabelle 5-1 dargestellten Umrechnungsfaktoren für Smoltäquivalente hergeleitet [9]. Daraus können die theoretischen Besatzdichten für die verschiedenen Altersstadien umgerechnet werden.

Tabelle 5-1. Smoltäquivalente für Lachse, die von Besatzmassnahmen abstammen [9], und Besatzdichten pro Besatzstadium, für die drei vorgesehenen Besatzvarianten.

Besatzstadium Bezeichnung		Besatzdichte pro Hektare (1000 m ²)			
IKSR	Schweiz	Smoltäquivalent	Gering	Mittel	Hoch
Dottersacklarve	Dottersacklarve	100	1000	5000	15000
Brütling (unangefüttert, 0.15-0.25g)	Brütling (unangefüttert, 0.15-0.25g)	40	400	2000	6000
Brütling (kurz angefüttert, <0.5g)	Brütling (kurz angefüttert, <0.5g)	20	200	1000	3000
Brütling (Sommerparr, 0.5-1.2g)	Vorsommerling	6	60	300	900
Parr (Herbst, 8-15g)	Sommerling	5	50	250	750
Parr 1+ (<20g)	Kleiner Jährling	5	50	250	750
Smolt 1+ (>25g)	grosser Jährling/Smolt	4	40	200	600
Smolt >1+	Smolt >1+	4	40	200	600

5.3.6 Besatzalter

Grundsätzlich sollte der Besatz mit möglichst jungen Lachsen erfolgen, um Domestikationseffekte zu vermeiden. Erfahrungen aus Deutschland und Frankreich (pers. Mitteilung Jörg Schneider) zeigen, dass in grösseren Gewässern ein Besatz mit grösseren und stärkeren Lachsen erfolgreicher ist. Je nach Erkenntnissen aus dem genetischen Monitoring, das dieser Frage derzeit und bis 2025 nachgeht, soll das Besatzalter gewässerspezifisch bestimmt werden.

5.3.7 Besatzplanung bisher

Die Besatzplanung wurde in der Schweiz bisher recht einfach durchgeführt. Eine Liste von potenziellen Gewässern wurde von den kantonalen Fischereifachstellen bestimmt. Die je nach Jahr zwischen 35'000 und 50'000 verfügbaren Lachsvorsommerlinge wurden auf diese Gewässer verteilt (Tabelle 5-2). Eine Priorisierung der Gewässerstrecken und eine strategische Herangehensweise waren bisher bei den geringen Besatzzahlen nicht notwendig. Es ging hauptsächlich darum, bei der rheinweiten Wiederansiedlungskampagne aktiv mitzuwirken und erste Erfahrungen zu sammeln.

Ein Vergleich der Besatzzahlen mit der nun bestimmten Priorisierung zeigt, dass besonders wichtige Gewässersysteme wie Birs, Wiese und Ergolz [9, 33] nicht stärker besetzt werden als andere Gewässer. Zudem ist die Besatzdichte hinsichtlich der Gewässerfläche (Abbildung 5-2) bzw. der verfügbaren Habitate [21] nicht optimiert. Neu soll die Besatzmenge dem Habitatangebot und der Wiederansiedlungspriorität der Gewässer angepasst werden (Vgl. Kap. 7).

Tabelle 5-2. Beispiel der bisher durchgeführten Besatzplanung in der Schweiz.

ZK	Gewässer	Ort	Strecke (m)	GB (m) Gew.breite	Anzahl 2018	Versuch	Genetische Gruppe	Alter
BS	Wiese	Revitalisierte Strecke	1500	25	4000 + 3700	VS und Brütlinge, Besatzdichte erhöhen (mindestens 200%)	B7 (4000, BR), B1+B2 (3700, VS)	BR + VS
	Rhein	Birskopf - mittlere Brücke	2300	175	-	keine		
	Riehenteich	Unterhalb Entenweiher	1200	5	-	keine dafür mehr in Wiese		
	Birs	Ab St. Jakobs-Strasse bis Mündung	1800	22	1800	VS	B5	VS
	Total Kanton BS					9500		
BL	Arisdörferbach		3800	2	2000 + 2000	VS und Brütlinge, Besatzdichte erhöhen (mindestens 200%)	B7 (2000, BR), B4 (2000, VS)	BR + VS
	Birs	Unterhalb KW Neue Welt bis St. Jakobs-Strasse	500	21	1000	VS	B5	VS
	Hintere Frenke	Reigoldswil			2000	VS	B5	VS
	Ergolz	Rotenfluh + unten	1500	15	4000 + 2400	VS und Brütlinge, Besatzdichte erhöhen (mindestens 200%)	B7 (4000, BR), B4 (2400, VS)	BR + VS
	Fluebach Arbotswil		3000	2	2000	VS	B5	VS
	Total Kanton BL					15400		
AG	Magdenerbach	Rheinfelden, Autobahn aufwärts	1600	3	5000	BR	B6	BR
	Möhlbach	Zuzgen, Hellikon	2000	2	8000	BR	B8 + B3	BR
	Etzgerbach	Mündung bis Mottau	2800	3	5000	BR	B6	BR
	Rhein	Umgebungsgewässer KW Albruck Dogern	800	100	1000	BR	B6	BR
	Alter Rhein	Koblener Laufen	500	100	2500	BR	B6	BR
	Bachtalbach	Mündung aufwärts, Rietheim	800	1	1000	BR	B6	BR
	Sickerwasserkanal Klingnau	unterer Teil	1200	2	1000	BR	B6	BR
	Surb	Mündung bis Tegerfelden			1250	BR	B6	BR
	Bünz	Bünzer Aue			1250	BR	B6	BR
	Total Kanton AG					26000		
ZH	Töss				0			
Total Alle Kantone					50900			

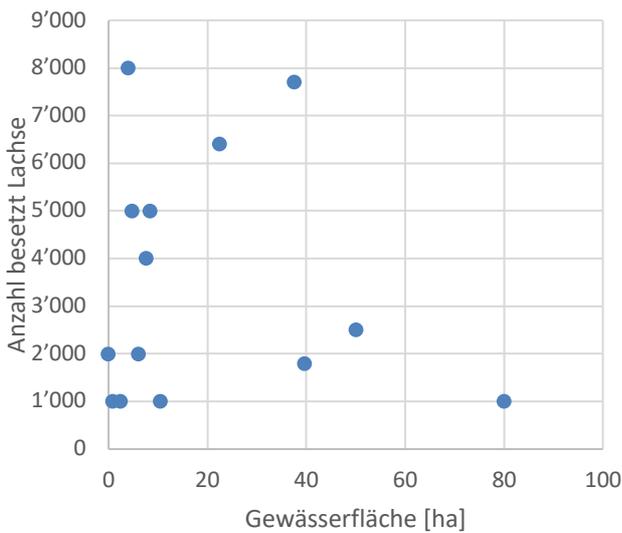


Abbildung 5-2. Vergleich der Besatzmenge und der besetzten Gewässerstrecke

5.3.8 Kapazitäten Fischzuchten

Werden die drei möglichen Lachszuchten in der Schweiz (Giebenach BL, Dachsen ZH, Neuhausen SH) sowie die Fischzucht Petite-Camargue Alsacienne in Frankreich in Betracht gezogen, dann liegt die derzeitige Produktionskapazität bei ca. 350'000 Lachseiern. Würden die oben genannten Zuchten ausgebaut und ausschliesslich auf den Lachs ausgerichtet, könnten diese sogar ca. 1.25 Mio. Lachseier produzieren (Abbildung 5-3).

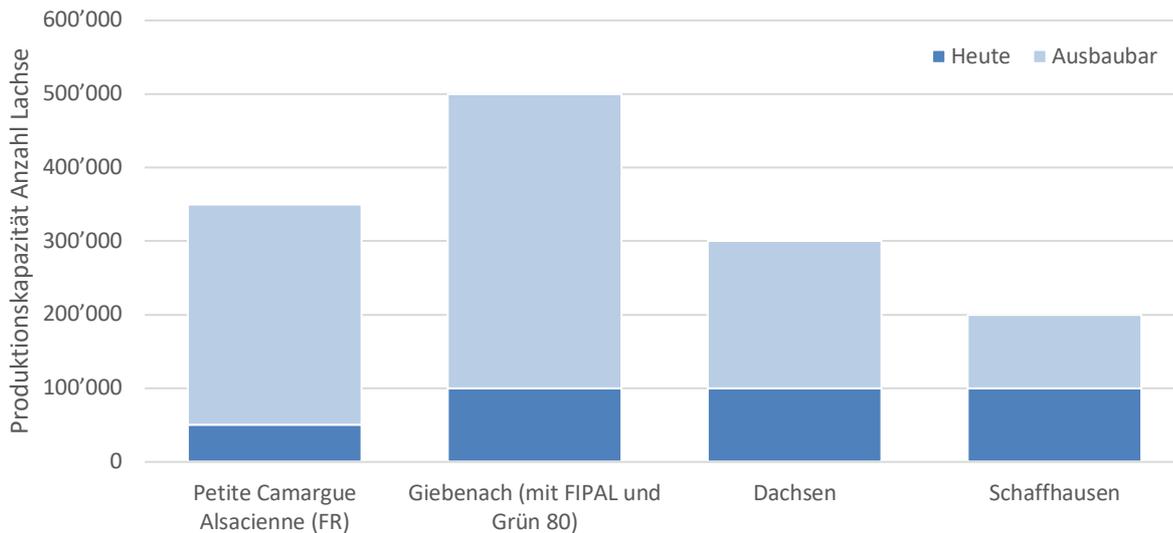


Abbildung 5-3. Geschätzte Kapazität der Zuchten für die Produktion von Lachseiern gemäss Aussagen ihrer Betreiber (Stand 24.04.2019).

5.3.8.1 Fischzucht Petite-Camargue Alsacienne Frankreich

Die Kapazität der Fischzucht Petite-Camargue liegt heute bei 50'000 Lachsen. Potenziell, sofern in Obenheim oder in Hunningue genügend Elterntiere herangezogen werden, sind 150'000 Vorsömmerlinge plus 200'000 Brütlinge möglich. Die Vorlaufzeit, um diese Zahlen zu erreichen betragen aber mindestens 3 Jahre. Derzeit kann aber keine Garantie abgegeben werden, dass auch wirklich so viele Fische produziert werden können.

5.3.8.2 Fischzucht Giebenach BL

Heute werden in Giebenach Lachsrückkehrer aus Obenheim rekonditioniert. Dies ist sehr aufwendig, hat aber den Vorteil, dass erneut F1-Lachse gewonnen werden, die genetisch besonders wertvoll sind. Die Produktionskapazität von rekonditionierten F0-Lachsen liegt bei ca. 50'000 Eiern, was aber noch bestätigt werden muss. Zusätzlich werden derzeit noch ca. 100 F1-Lachse aus Obenheim rekonditioniert, diese werden ca. 100'000 Eier liefern. Maximal könnte die Zucht, in Zusammenarbeit mit der FIPAL und der Grün 80 ca. 400'000 Lachseier ausbrüten.

5.3.8.3 Fischzucht Dachsen ZH

Derzeit werden in der Fischzucht Dachsen ca. 100 F2-Elterntiere gehalten. Diese wurden im Rahmen eines Aufzuchtversuchs im Möhlinbach als Smolts gefangen und seither in der Zucht aufgezogen. Im Herbst 2018 wurden sie erstmals laichreif und lieferten 44'000 Eier. Die Abgänge nach der Befruchtung waren vernachlässigbar. Die überlebenden Fische wurden rekonditioniert und werden 2019 nochmals zur Eigewinnung genutzt. Dabei erwartet Eduard Oswald ca. 100'000 Eier. Die Kapazität der Fischzucht schätzt er auf maximal 11 Mio. Eier, sofern diese voll auf den Lachs ausgelegt würde. Bei einer Teilauslegung mit der jetzigen Ausrüstung wären 300'000 Eier problemlos möglich.

5.3.8.4 Fischzucht Neuhausen SH

In der Fischzucht Schaffhausen wurden ebenfalls versuchsshalber Lachse aufgezogen. Diese werden im Winter 2019/20 erstmals laichreif. Die Kapazität der Zucht liegt im Moment bei ca. 100 Elterntieren. Dies entspricht ca. 50'000- 100'000 Eiern. Maximal könnte die Zucht gemäss Auskunft von Patrick Wasem auf 200 Elterntiere

ausgelegt werden, was einer maximalen Produktion von ca. 200'000 Lachseiern entspricht. Der Kanton hat jedoch entschieden, nicht weiter Lachs aufzuziehen. Diese Fischzucht steht demnach nicht mehr für das Lachprojekt zur Verfügung.

5.3.9 Umgang mit Besatz von anderen Fischarten

Der Lebensraum der Junglachse befindet sich hauptsächlich in der unteren Forellenregion und in der Äschenregion. Bei den Besatzmassnahmen sollten gefährdete oder ausgestorbene Arten, die in Anhang 1 VBGF gelistet werden, gegenüber fischereilich begründeten Besatzmassnahmen Vorrang haben. Grundsätzlich sollte also in Lachswiederansiedlungsgewässern der Lachs prioritär behandelt werden. Da die Forelle erwiesenermassen [34–37] eine zwischenartliche Konkurrenz gegenüber Lachsen ausübt, soll in Lachsbesatzgewässern auf Forellenbesatz verzichtet werden. Dies gilt insbesondere für Gewässer, die weniger als 5m breit sind. Andere Fischarten, sollen weiterhin besetzt werden können, z.B. im Rahmen von Initialbesatz nach einem Fischsterben ohne natürliche Wiederbesiedlungsmöglichkeit.

5.4 Vorgehen Lachsbesatz 2021-2035

5.4.1 Besatzstrategie von 2021 - 2024

Im definierten Besatzperimeter stehen heute geschätzt ca. 170 ha geeignete Lachsjuvenilhabitate zur Verfügung. Um alle diese Habitate mit 1 Brütling pro m² zu besetzen, wären 1.7 Mio. angefütterte Lachsbrütlinge notwendig. So viele stehen aber nicht zur Verfügung. Im Rahmen der Lachsgruppe Schweiz wurde entschieden, dass die Besatzmenge ab 2019 auf 150'000 Lachse (Brütlinge und Vorsömmerlinge) pro Jahr erhöht werden soll (Sitzung vom 29.05.2019).

Grundsätzlich soll bei der Aufteilung der Besatzlachse die Priorisierung der Besatzgewässer berücksichtigt werden. Sie hat zum Ziel, dass die Besatzmenge in Gewässern mit einer höheren Erfolgschance für die Wiederansiedlung möglichst maximiert wird. Gewässer mit weniger hohen Prioritäten sollten, sofern nicht genügend Lachse für einen flächendeckenden Besatz vorhanden sind, mit geringeren Dichten oder auch gar nicht besetzt werden.

Die effektive Aufteilung der Besatzlachse soll jährlich im Rahmen der Lachsgruppe Schweiz bestimmt werden. Der Entscheid wird dabei von Gewässer zu Gewässer einzeln gefällt. Strategische und politische Rahmenbedingungen sowie Resultate aus Wirkungskontrollen werden dabei nebst der Priorisierung berücksichtigt. Um die Besatzplanung zu vereinfachen, wurde eine EXCEL-Vorlage erstellt, mit der die Besatzplanung unkompliziert und mit geringem Aufwand umgesetzt werden kann.

2020 führte dies zu einer Besatzplanung, die der von 2019 sehr ähnlich war (Tabelle 5-3). Diese Planung soll in den nächsten Jahren schrittweise an die Priorisierung angepasst werden.

Tabelle 5-3. Lachsbesatzplan der Schweiz von 2020.

ZK	Gewässer	Ort	Geeignete Habitate [ha]	Anzahl 2020	Versuch	Genetische Gruppe	Alter
BS	Wiese	Revitalisierte Strecke	3.8	21'000	11'000 BR (Dachsen), 10'000 VS (Ligerz 2)	Dachsen, Ligerz 2	BR/VS
	Birs	NW Neue Welt bis Mündung	4.9	5'000	-	Dachsen	Brütlinge
	Total Kanton BS			26'000			
BL	Arisdörferbach		0.4	4'800	2400 BR (Ligerz 1), 2400 VS Ligerz 4)	Ligerz 1, Ligerz 4	BR/VS
	Birs	NW Neue Welt bis Mündung	4.9	15'000	-	Dachsen	Brütlinge
	Ergolz	Liestal bis Hundesport Itingen		10'600	5600 BR (Ligerz 3), 5000 VS (Ligerz 4)	Ligerz 3, Ligerz 4	BR/VS
Total Kanton BL			30'400				
AG	Rhein	Kw Augst-Wyhlen - Kw Rheinfelden	3.1	5'000	-	Dachsen	Brütlinge
	Rhein	Umgebungsgewässer KW Leibstadt	0.7	5'000	-	Dachsen	Brütlinge
	Rhein	Umgebungsgewässer KW Albruck Dogern		1'000		Dachsen	Brütlinge
	Magdenerbach	Rheinfelden, Autobahn aufwärts	0.9	8'000	4000 BR F1.5 (Ligerz 1), 4000 BR F3 (Dachsen)	Dachsen, Ligerz 1	Brütlinge
	Möhlinbach	Mündung bis Hellikon		16'000	-	Dachsen	Brütlinge
	Bachtalbach	Mündung aufwärts, Rietheim		800		Dachsen	Brütlinge
	Sickerwasserkanal Klingel	unterer Teil		1'200		Dachsen	Brütlinge
	Alter Rhein	Koblenzer Laufen		1'000		Dachsen	Brütlinge
	Etzgerbach	Mündung bis Mettau	0.5	5'000	3000 BR (Dachsen), 2000 VS (Grün 80 1)	Dachsen, Grün 80 1	BR/VS
	Surb	Mündung bis Endingen		7'500	3800 Dachsen BR F3, 3700 BR F1.5 (Ligerz 2)	Dachsen, Ligerz 2	Brütlinge
	Bünz	Mündung - Bünzer Aue		8'000	4000 BR F3 (Dachsen), 4000 BR F1.5 (Ligerz 1)	Dachsen, Ligerz 1	Brütlinge
	Wigger	Mündung bis Kantonsgrenze		4'000	600 VS (Grün 80 2), 3400 BR (Dachsen)	Dachsen, Grün 80 2	BR/VS
	Total Kanton AG			62'500			
	ZH	Flaacherbach			4'500	2500 BR F3 (Dachsen), 2000 BR F1.5 (Ligerz 1)	Dachsen, Ligerz 1
Glatt				8'000	-	Dachsen	Brütlinge
Töss				8'000	-	Dachsen	Brütlinge
Total Kanton ZH			20'500				
Total Alle Kantone			139'400				

Für die einzelnen Kantone bedeutet dies 2021-2024 ca. folgende Besatzzahlen: Die erste Zahl entspricht der Anzahl, die gemäss Besatzplan 2020 in etwa besetzt wird; die Zahl in Klammern entspricht der Anzahl, die pro Kanton gemäss der Priorisierung der Gewässer in etwa ausgesetzt werden soll (Birs noch eingeschränkt wegen Wanderhindernissen).

- Basel-Stadt: ca. 30'000 (45'000).
- Basel-Land: ca. 35'000 (55'000).
- Aargau: ca. 65'000 (50'000).
- Zürich: ca. 20'000 (0).

5.4.2 Besatzstrategie ab 2025

Sobald der Fischeaufstieg bis in die Schweiz möglich ist – gemäss Rheinministerkonferenz von 2020 sollte dies bis 2027 der Fall sein – sollen die Besatzmengen auf ca. 500'000 Lachse erhöht werden. Da Lachse vor ihrer Rückkehr mindestens ein Jahr im Süsswasser und zwei Jahre im Meer leben, sollte die Intensivierung der Besatzmassnahmen bereits 2025 erfolgen, drei Jahre vor der Inbetriebnahme der letzten Fischwanderhilfe (2027). Bis Ende 2024 muss demnach ein Elterntierstamm aufgebaut werden, der die Produktion von 500'000 Lachsen ermöglicht. Dies sollte in mindestens zwei Zuchtbetrieben parallel erfolgen, um die Risiken zu verteilen. Derzeit sind in der Schweiz nur die Standorte Dachsen und Giebenach geeignet. Dazu kommt der Standort Petite-Camargue Alsacienne (PCA). **Wir empfehlen daher, sowohl in Dachsen als auch in Giebenach**

Elterntiere aufzuziehen. Diese werden im dritten Lebensjahr erstmals laichreif. Deshalb sollte mit der Aufzucht der Elterntieren bereits 2022 begonnen werden.

Die PCA kann weiterhin als Lieferanten in Betracht gezogen werden, sofern sie ihre Produktion ebenfalls wieder hochfahren können. Da die Probleme in dieser Fischzucht schon länger anhalten und derzeit keine guten Lösungen vorliegen, sollte auf eine Schweizer Produktion gesetzt werden.

Solange keine Lachse in die Schweiz zurückkehren und keine Elterntiere in der Schweiz gefangen werden können, wird eine Zusammenarbeit mit der Fischzucht Obenheim und der Association Saumon Rhin (ASR) notwendig sein.

Gemäss Priorisierung der Gewässer und in der Annahme, dass Wanderhindernisse wie geplant mit Wanderhilfen ausgestattet wurden, bedeutet dies für die einzelnen Kantone ab 2025 geschätzt folgende Besatzzahlen:

- Basel-Stadt: ca. 75'000 (Wiese, Birs).
- Basel-Land: ca. 250'000 (Ergolz, Birs, Lützel, Hintere Frenke, Rhein).
- Aargau: ca. 65'000 (Möhlinbach, Etzgerbach, Rhein, Magdenerbach).
- Zürich: ca. 110'000 (Thur, Glatt, Töss).

5.5 Adaptives Management

Bei der Umsetzung der Wiederansiedlung müssen Erkenntnisse der IKSR, aus den Wirkungskontrollen und aus internationalen Studien berücksichtigt werden. Die Bewirtschaftung und die damit einhergehenden Besatzmassnahmen sollen daher alle 5 Jahre (2025, 2030, 2035) überdacht und aktualisiert werden (vgl. Kapitel 9). Zum adaptiven Management gehört auch die Entscheidung, ob und in welcher Form die Lachswiederansiedlung in der Schweiz vorangetrieben werden soll. Spätestens 2035 sollte eine detaillierte Bilanz gezogen werden und bei Bedarf das Wiederansiedlungskonzept entsprechend überarbeitet werden. Die Koordinationsstelle (Vgl. Kapitel 9.2) übernimmt die operative Planung und sichert ein standardisiertes Vorgehen bei der Bewirtschaftungsplanung.

Folgende Erkenntnisse sollten laufend einfließen.

1. **Naturverlaichung:** Bei signifikantem Nachweis: Verzicht auf weitere Besatzmassnahmen.
2. **Überlebensrate:** die Überlebensrate der Lachse wird in verschiedenen Besatzgewässern verglichen (Nachgewiesene Dichte durch elektrische Befischung/Besatzdichte). Gewässer mit hohen Überlebensraten werden höher priorisiert.
3. **Mortalität:** Verluste beim Abstieg (Kraftwerke, Prädation), die im Meer und beim Aufstieg auftreten werden, berücksichtigt.
4. **Besatzdichte:** Der Einfluss der Besatzdichte auf die Überlebensrate wird überprüft (Zeitreihe Dichte im Gewässer/Besatzdichte und gewässerspezifisch optimiert).
5. **Besatzalter:** Die Ergebnisse des genetischen Monitorings werden gewässerspezifisch berücksichtigt.

Die Projektleitung (vgl. Kapitel 9.1) beauftragt alle fünf Jahre eine unabhängige Evaluation der Wiederansiedlungsbemühungen. Dazu gehört auch die Prüfung der Sinnhaftigkeit von weiteren Besatzmassnahmen. Auf

weitere Besatzmassnahmen (regional oder national) soll verzichtet werden, wenn das Ziel der sich selbsterhaltenden Lachspopulation nicht erreicht werden kann. Dies ist der Fall, wenn für ein Besatzgewässer eine der folgenden Feststellungen gemacht werden:

- zu hohe Mortalität bei der Abwanderung,
- zu hohe Mortalität im Meer,
- zu schlechte Aufwuchsbedingungen im Besatzgewässer,
- zu wenige Lachse, die den Aufstieg bis ins Besatzgewässer schaffen.

Konkret orientieren sich die Wirkungskontrollen und Evaluationskriterien an den in Kapitel 2.4.2 definierten spezifischen Projektzielen.

6 Populationsdynamischer Modellansatz

Modelle dienen dazu, die Komplexität von Systemen zu reduzieren, um eine vereinfachte, auf das Wesentliche beschränkte Version der Realität darzustellen. Sie sollen helfen, die Abläufe in Systemen zu verstehen, Hypothesen zu prüfen und Prognosen zur Systemveränderung zu erstellen.

6.1 Problemerkennung und Zieldefinition

Bemühungen zur Wiederansiedlung des Lachses finden in der Schweiz auf verschiedenen Ebenen statt (Sanie rung Fischwanderung, Revitalisierung, Besatz). Das Unterfangen ist aufgrund der vielfältigen Herausforderungen innerhalb und ausserhalb der Schweiz sehr komplex. Viele Faktoren spielen hinein, die wir nur teilweise kennen oder gar beeinflussen können. Trotzdem sollten wir die Chancen und Risiken für die Etablierung einer selbsttragenden Population in einem Besatzgewässer soweit als möglich erkennen und gegeneinander abwägen zu können.

Einfache Abhängigkeiten – z. B. zwischen der Anzahl Besatzfische und der Anzahl Smolts – können wir zwar erkennen. Ein umfassendes, quantitatives Verständnis darüber, wie die gesamte Life history des Lachses auf die Besatzfähigkeit und Umweltveränderungen in den Besatzgewässern reagieren könnte, haben wir aber nicht. Um dieses Verständnis erarbeiten zu können, ist – anstelle eines lückenhaften mentalen Modells – der Aufbau eines quantitativen, computergestützten Modells zweckmässig.

Das nachfolgend vorgestellte Lachs-Modell (SIMSALAR) basiert auf einem systemdynamischen Ansatz¹, der entwickelt wurde, um komplexe Systeme übersichtlich zu strukturieren und somit auch besser zu verstehen [38]. Derzeit liegt lediglich ein einfaches Basismodell vor, das später zu einem Entscheidungs- und Prognosemodell weiterentwickelt werden soll. Dazu muss SIMSALAR vor allem um gewässerspezifische Werte erweitert werden und kann dann prinzipiell auf jedes Besatzgewässer angewendet werden. Details zur Entwicklung, Funktionsweise und Grenzen des Modells befinden sich in Anhang 11.6.

SIMSALAR soll dereinst bei der Einschätzung helfen, ob und unter welchen Bedingungen sich in der Schweiz mit den heute bekannten Rahmenbedingungen und wissenschaftlichen Kenntnissen eine selbsttragende Lachspopulation etablieren kann. Es simuliert die Entwicklung der Populationsgrösse von verschiedenen Altersstadien in der Schweiz, von den aufsteigenden Rückkehrern bis zu den abwandernden Smolts. Dabei stellen sich folgende Fragen:

- Unter welchen Voraussetzungen (Anzahl Rückkehrer, Mortalitäten, Habitatangebot) ist eine selbst-erhaltende Population möglich?
- Wie viele Lachse müssen besetzt werden, um eine bestimmte Anzahl Rückkehrer zu erhalten?

¹ Die Systemdynamik ist eine in den 1950er Jahren am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelte Methodik zur ganzheitlichen Analyse und Simulation komplexer, dynamischer Systeme. Im Wesentlichen geht es darum, Systemzusammenhänge mittels weniger Elemente (Bestände, Raten u. a.) in der Form von Flussdiagrammen (Wirkungsketten) zu beschreiben und zu simulieren. Der Hauptvorteil der Methodik ist es, bei Änderungen in der Wirkungskette mental nicht vorhersehbare, kontraintuitive Änderungen im Systemverhalten zu erkennen.

- Wie wirken sich die Hindernisse zwischen dem Besatzgewässer und Basel auf die Zu- und Abwanderung aus?

Jährlicher Besatz hält die Populationsentwicklung auch ohne Rückkehrer aufrecht. Mathematisch betrachtet genügt es aber für eine selbsterhaltende Population, wenn am Ende jedes Lebenszyklus mindestens ein Weibchen überlebt, Eier legt und Brütlinge schlüpfen. Hierfür muss eine bestimmte Rückkehrerrate (bezogen auf die Anzahl abwandernder Smolts) erreicht werden. Sie hängt von Faktoren ab, die innerhalb der Schweiz wirken (Laichwanderung ab Basel, Reproduktion, Smoltproduktion, Besatz, Abwanderung bis Basel) und von solchen, die ausserhalb der Schweiz zum Tragen kommen (Abwanderung ins Meer, Aufkommen im Meer, Laichwanderung bis Basel). In der Schweiz spielen primär folgende Faktoren eine Rolle, auf die wir Einfluss nehmen können:

- Habitatangebot (Laichhabitat, Juvenilhabitat): Aufgrund der Ergebnisse der Habitatkartierungen [21] wird angenommen, dass es in den Besatzgewässern ausreichend vorhanden ist, sich also nicht limitierend auf die Jungfischentwicklung auswirkt.
- Mortalität/Verluste entlang der Wanderkorridore (Auf- und Abstieg): Sie nehmen aufgrund der Sanierung der Fischwanderung im Laufe der Zeit ab. Wichtige Faktoren wie die Prädation auf abwandernde Smolts in den Stauräumen dürften sich aber nicht verbessern.
- Besatz: Es soll nur so lange besetzt werden, bis eine sich selbstreproduzierende Population entstanden ist.

Das Modell dient primär dem Verständnissgewinn, um Entscheide hinsichtlich der Besatztätigkeit fällen zu können.

6.2 Datengrundlage

Ein Modell kann nur so gut sein, wie die Daten, mit denen es gefüttert wird. Die im Basismodell implementierten Werte, vor allem für die Mortalitäten in den einzelnen Lebensstadien, sind plausible Annahmen basierend auf der Literaturrecherche (Kapitel 11). Prognosen für künftige Entwicklungen werden aber erst nach einer Kalibrierung anhand gewässerspezifischer Daten aussagekräftig. Diese Daten müssen noch erhoben werden:

- Möglichst viele Daten sollten in den Zuchten (z. B. Totallänge, Gewicht und Anzahl Eier der Muttertiere) und in den Besatzgewässern (z. B. Mortalitäten, Prädationsverluste, Wachstum, Lebensraumkapazität, Zeitpunkt Abwanderung) gesammelt werden.
- Zudem sollen mittels Experimenten Daten in den Besatzgewässern erhoben werden (Besatz mit verschiedenen Altersstadien, unterschiedlichen Dichten, in unterschiedlichen Gewässerabschnitten usw...).
- Schliesslich wäre eine systematische Auswertung bereits vorhandener Daten über das gesamte Rheinsystem wünschenswert, um generelle Zusammenhänge erkennen zu können. Schneider [39] schlägt vor, die Rückkehrerzahlen an den einzelnen Zählstationen mit verschiedenen Parametern (Abfluss während der Laichwanderung und des Smoltabstiegs, Wassertemperatur, Kormoranbestand usw...) zu korrelieren. So sollen Bottlenecks für die Wiederansiedlung identifiziert und evaluiert werden. Von anderen Fachleuten wird die Datenlage aber derzeit noch als zu gering für

belastbare Resultate eingestuft. Die IKSR sollte sich der Thematik annehmen und eine gezielte Datenerhebung koordinieren.

6.3 Erkenntnisse

Das bestehende Basismodell von SIMSALAR erlaubt es, beliebige Szenarien zu simulieren. Die im Folgenden beispielhaft vorgestellten Szenarien zeigen die Situation in **einem theoretischen Lachspotenzialgewässer**. Sie sollen die Simulationsmöglichkeiten des Modells und die Interpretationsmöglichkeiten der Ergebnisse zeigen. Letztere sind aber nicht als verlässliche Prognosen anzusehen, da spezifische Daten aus den Besatzgewässern noch fehlen (vgl. Kapitel 7 - Wirkungskontrolle).

Szenario 1

Das Modell wurde ohne die Verluste durch Querbauwerke und Wasserkraftanlagen betrachtet. Es wurde also nur der Lebenszyklus des Lachses simuliert. Die Erreichbarkeitsrate für die Auf- und Abwanderung wurde auf 100 % gesetzt. Für die populationsdynamischen Parameter (vor allem Mortalitäten) wurden möglichst plausible Werte aus der Literatur gewählt (vgl. Kapitel 11.6.3).

Das Modell startet die Berechnung mit dem Besatz von 10'000 Brütlingen im Jahr 1. In den Folgejahren werden gleich viele Brütlinge eingesetzt. Davon überleben 1.3 % die Wachstumsphase bis zum Smolt (Mortalitäten: Brütlinge 75 %, Vorsömmerlinge 17 %, Sömmerlinge 20 %, 1. Winter 20 %, 2. Winter 0 %). Die Smolts wandern ohne Verluste über die Wasserkraftanlagen oberhalb von Basel ab. Von diesen Smolts überlebt 1 % die Abwanderung ins Meer, die maritime Phase und die Aufwärtswanderung bis Basel (Rückkehrerrate). Die Rückkehrer wandern ohne Verluste über die Querbauwerke und Wasserkraftanlagen in ihre Laichgebiete auf. 50 % der Rückkehrer sind Weibchen, von denen 75 % an der Fortpflanzung teilnehmen. Die laichenden Weibchen sind im Mittel 80 cm lang, 5.7 kg schwer und legen je gut 10'000 Eier. Die Überlebensrate vom Ei zum Brütling beträgt 60 %.

Das Modell zeigt einen Anstieg der Rückkehrer auf etwa 2000 nach 30 Jahren (Abbildung 6-1). Der Grund für diesen exponentiellen Verlauf liegt darin, dass im Modell derzeit keine Begrenzung des Jungfischbestands aufgrund dichteabhängiger Faktoren eingebaut ist.

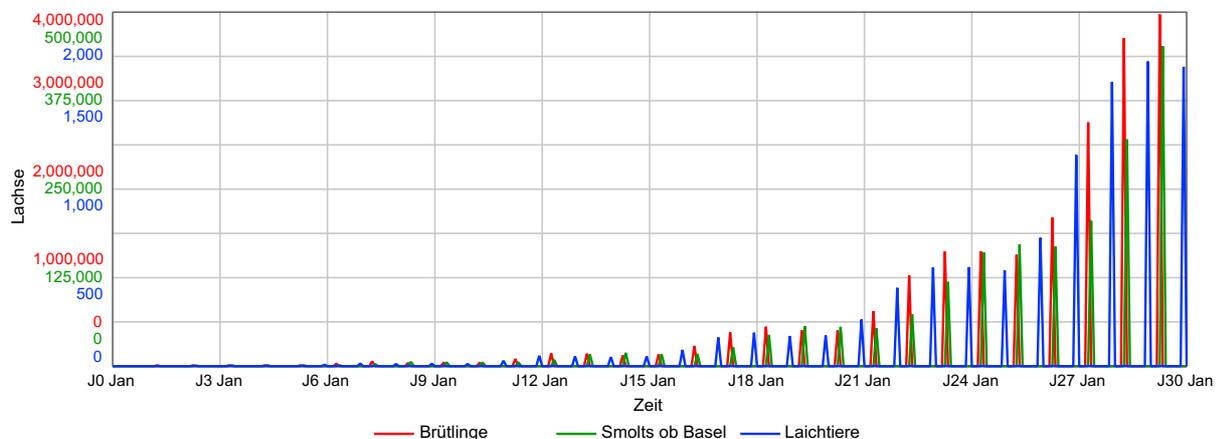


Abbildung 6-1: Modelloutput über 30 Jahre gemäss der für Szenario 1 getroffenen Annahmen.

Szenario 2

Szenario 1 wurde für den Abstieg der Smolts und für den Aufstieg der Rückkehrer zuerst mit einer Verlustrate von je 30 % ergänzt. In der Folge erreichen nach 30 Jahren nur noch etwa 90 Lachse die Laichplätze (Abbildung 6-2). Die Zunahme der Rückkehrer ist aber nach wie vor exponentiell. Wird die Verlustrate auf 50 % erhöht, zeigt das Modell nach etwa 20 Jahren einen Gleichgewichtszustand mit 8 bis 10 Laichtieren pro Jahr.

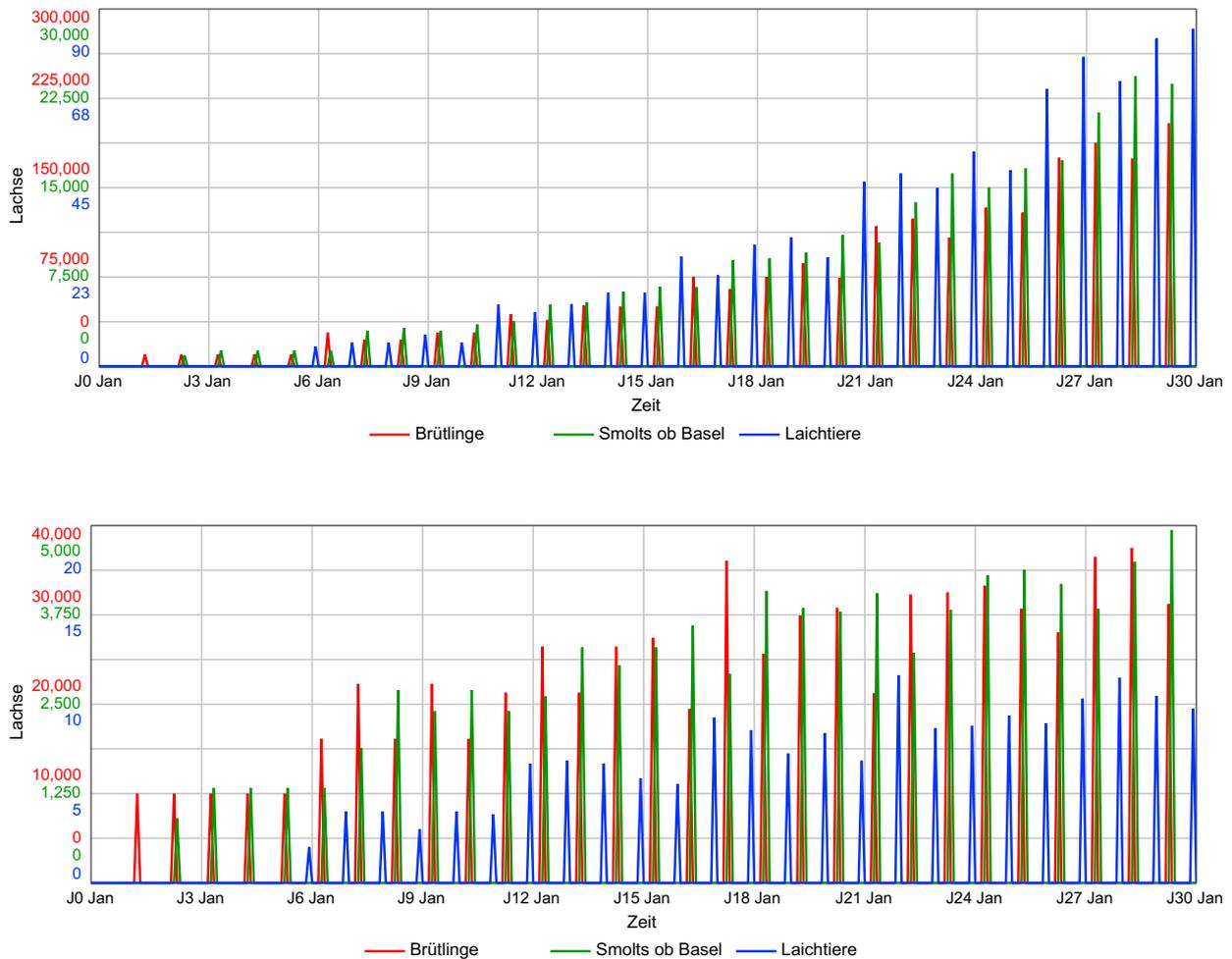


Abbildung 6-2: Modelloutput über 30 Jahre gemäss der für Szenario 2 getroffenen Annahmen. Oben Verlustrate bei den Kraftwerken und Querbauwerken (Auf- und Abwanderung) 30 %, unten 50 %.

Szenario 3

Szenario 2 wurde so angepasst, dass der Besatz nach 10 Jahren eingestellt wird. Demnach würde die Anzahl Rückkehrer wenige Jahre nach dem letzten Besatz langsam zurückgehen und sich etwa 40 Jahre später auf einem deutlich tieferen Niveau (1 bis 2 Lachse) einpendeln (Abbildung 6-3). Unter den angenommenen Bedingungen wäre also eine selbsterhaltende Population nicht möglich. Stochastischen Populationsschwankungen durch zusätzliche Effekte würden zu einem kompletten Verschwinden der Lachse führen.

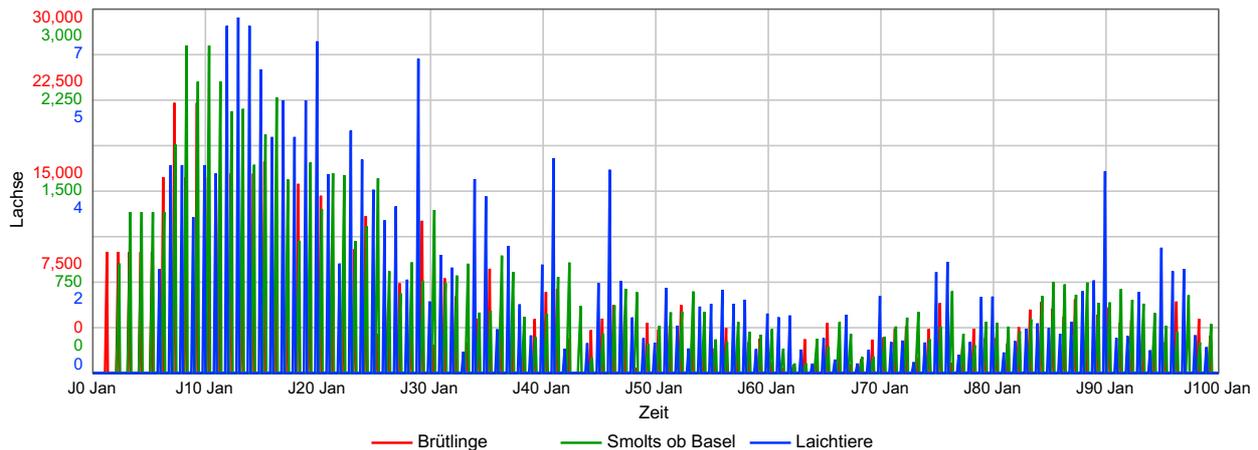


Abbildung 6-3: Modelloutput über 100 Jahre gemäss der für Szenario 3 getroffenen Annahmen. Verlustrate bei den Kraftwerken und Querbauwerken (Auf- und Abwanderung) 50 %.

Beispielgewässer

Szenario 3 wurde für den jeweils untersten Abschnitt der Birs, des Möhlinbachs und der Aare berechnet, in dem die im Rahmen der Priorisierung abgeschätzten Mortalitäten für den Auf- und Abstieg verwendet wurden (sanierter Zustand). Demnach würde für die Birs wie in Szenario 1 ein unrealistischer exponentieller Anstieg resultieren (Abbildung 6-4). Für den Möhlinbach wären jährlich Rückkehrer zu erwarten und damit eine selbsterhaltende Population im Prinzip möglich. Gemäss der Modellannahmen ist aber langfristig nur mit einzelnen Rückkehrern zu rechnen, so dass ein Aussterben der Population nach einem aussergewöhnlichen Ereignis (z. B. starkes Winterhochwasser) wahrscheinlich ist. Für die Aare ist sogar nur alle paar Jahre ein Rückkehrer zu erwarten, weshalb ein langfristiges Überleben der Population unwahrscheinlich wäre. Die Modellrechnungen bestätigen die Erwartung, dass die Etablierung einer selbsterhaltenden Population mit zunehmender Distanz des Laichgewässers von Basel schwieriger wird.

Für das Beispiel Möhlinbach wurden die Verlustraten für den Auf- und Abstieg mit dem Ziel variiert, innert 50 Jahren 50 Laichtiere zu erhalten. Demnach dürften die Verluste für den Aufstieg maximal 20 % und für den Abstieg 50 % betragen (Abbildung 6-5).

Weiterentwicklung und Aktualisierung des Modells

Alle gezeigten Modellrechnungen sind nicht als Prognosen zu verstehen, da wir die tatsächlichen Überlebensraten derzeit nicht kennen. Das vorliegende Basismodell von SIMSALAR ist denn auch noch kein Entscheidungs- und Prognosemodell für ein Lachsbesatzgewässer. Hierfür muss es erst um dessen gewässerspezifische Faktoren erweitert werden. Insbesondere sind dies die bachspezifischen Mortalitäten. Zudem sollen die Faktoren Abfluss und Wassertemperatur implementiert werden (sofern eine Messstation vorhanden ist), die als Ganglinien hinterlegt werden können².

² Damit könnte beispielsweise auch die Veränderung der potenziellen Smoltproduktion im Zuge des Klimawandels über die letzten Jahre/Jahrzehnte simuliert werden.

Danach sollen die bachspezifischen Modelle aufgrund neuer Erkenntnisse aus den Wirkungskontrollen und den aktuellen Abfluss- und Temperaturdaten regelmässig aktualisiert werden – mindestens für jede Evaluation (2025, 2030, 2035). Die Ergebnisse werden in den Jahresrapports festgehalten.

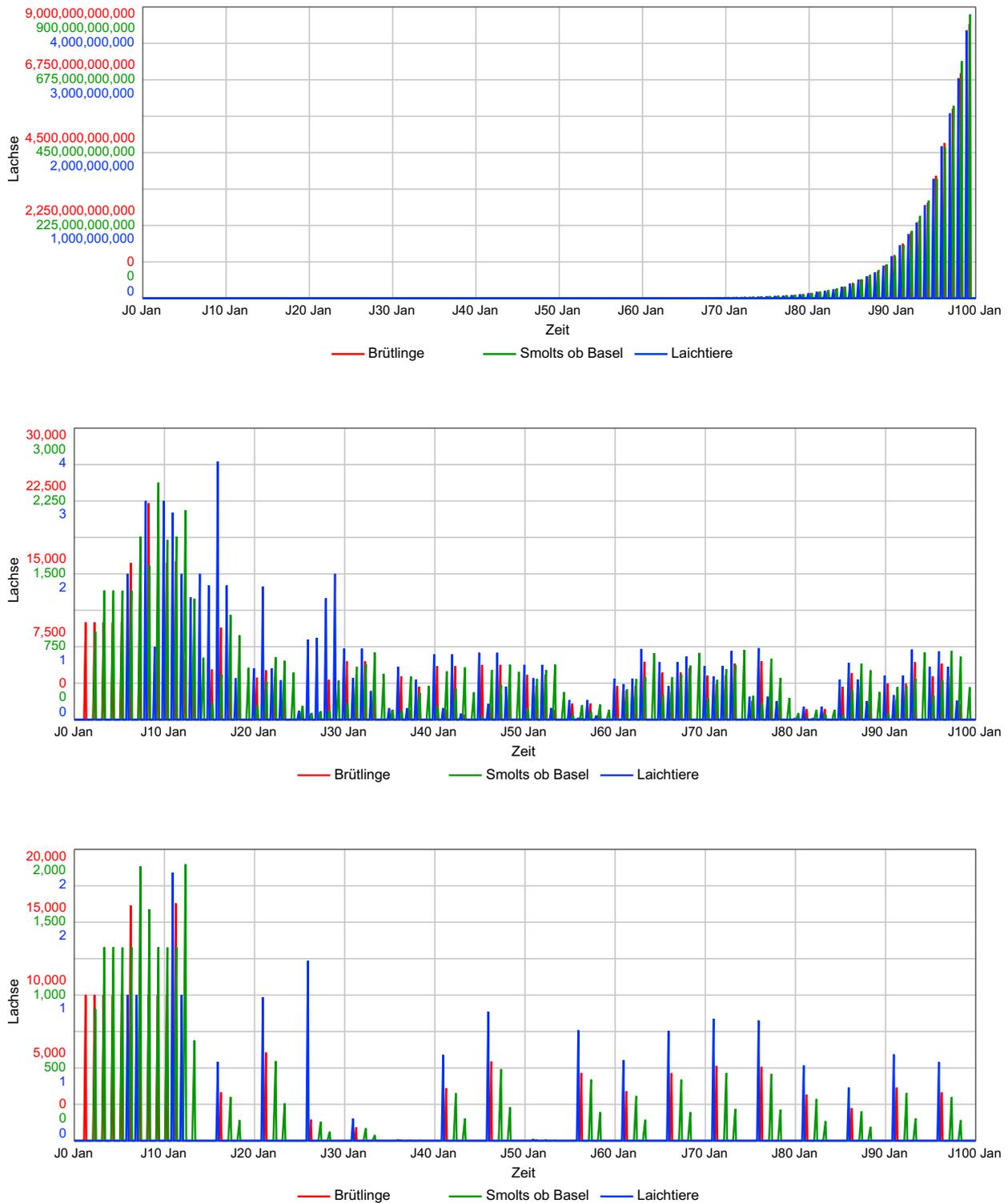


Abbildung 6-4: Modelloutput über 100 Jahre gemäss der Annahmen für Szenario 3 und gewässerspezifischen Verlustraten bei den Kraftwerken und Querbauwerken für die untersten Abschnitte (sanierter Zustand) der Birs (Auf- und Abstieg 0 %; oben), des Möhlinbachs (Aufstieg 50 %, Abstieg 76 %; Mitte) und der Aare (Aufstieg 50 %, Abstieg 94 %; unten).

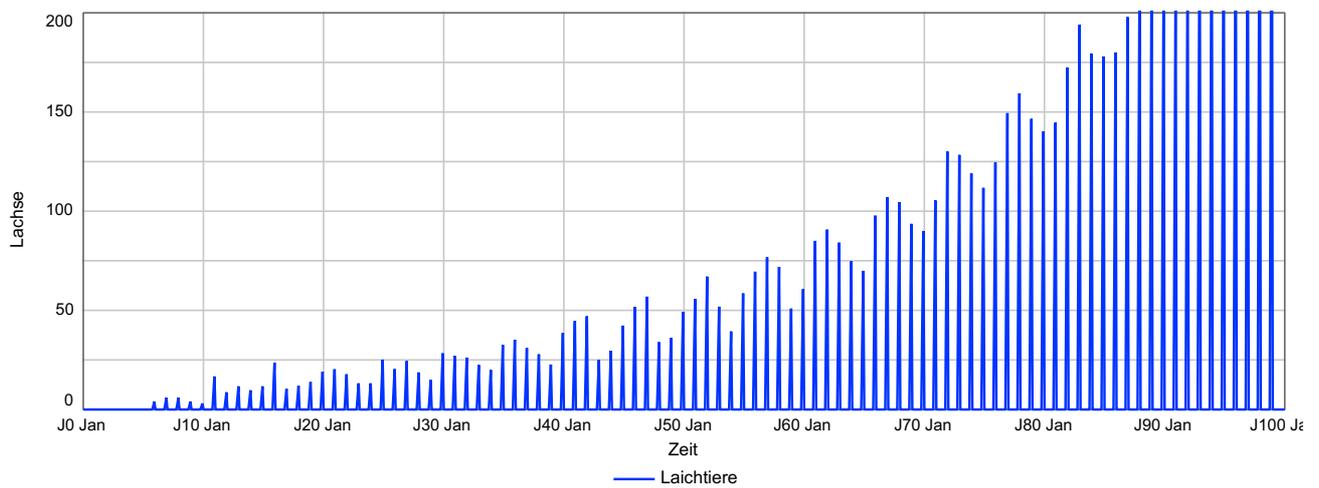


Abbildung 6-5: Modelloutput über 100 Jahre für den untersten Abschnitt des Möhlinbachs gemäss den Annahmen für Szenario 3 und Verlusten bei den Kraftwerken und Querbauwerken für den Aufstieg von 20 % und den Abstieg von 50 %. Die resultierende exponentielle Zunahme des Laichtierbestands ist auf die im Modell fehlende Begrenzung durch dichteabhängige Faktoren zurück zu führen. Ab welcher Bestandsgrösse diese wirken würden, hängt von der Lebensraumkapazität des Möhlinbachs ab, die derzeit unbekannt ist.

7 Wirkungskontrolle

Gemäss Vorgaben der NASCO sollen Besatzmassnahme von Wirkungskontrollen begleitet werden. Erkenntnisse über den Erfolg/Misserfolg von Massnahmen sind generell notwendig, um die Bewirtschaftung adaptiv anpassen zu können. Wirkungskontrollen sind also unabdingbar, um die Chancen für eine erfolgreiche Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz objektiv einschätzen zu können. Ohne aussagekräftige Wirkungskontrollen lassen sich die hohen Kosten für die Lachsbesatzmassnahmen (siehe Kapitel 8.2) nicht rechtfertigen. Nicht alle hier aufgeführten Wirkungskontrollen sind zum heutigen Zeitpunkt gleichermaßen wichtig und notwendig. Die einzelnen Wirkungskontrollen wurden deshalb in drei Kategorien eingeteilt:

1. Sollten **ab 2021 durchgeführt werden**, um Wissen anzueignen über Defizite bei der Überlebensfähigkeit der Lachse in Schweizer Gewässern und bei der Abwanderung.
2. Wichtige Bestandteile der Bewirtschaftung des Lachses bringen aber keinen sofortigen Mehrwert für den Lachs, **so lange keine Lachse bis in die Schweiz aufsteigen können** (vermutlich ab 2027 notwendig).
3. **Wissenschaftliche Interessante Projekte**. Die Koordinationsstelle prüft laufend ob geplante Projekte für den Lachs relevant sind und mit spezifischen Fragestellungen ergänzt werden können.

Wirkungskontrollen der Kategorien 1 und 2 sollten durchgeführt werden. Wirkungskontrollen der Kategorie 3 sind zum heutigen Zeitpunkt nicht zwingend notwendig.

A. *Natürliche Fortpflanzung und Besatz*

A1: Jungfischaufkommen

Kategorie	Zeitplan	Kosten
1	2021-2035	285'000 CHF

Je nach abiotischen und biotischen Eigenschaften eines Gewässers können mehr oder weniger Lachse darin überleben. Diese so genannte Lebensraumkapazität (engl. «Carrying capacity») ist für die adaptive Besatzbewirtschaftung (vgl. Kapitel 5.5) von grosser Bedeutung.

Die Kartierung der Jungfischhabitate [21] berücksichtigt bereits die strukturelle Habitatkomponente. Die pro Gewässer verfügbaren Flächen an geeigneten Habitaten werden deshalb auch im ersten Schritt zur Bestimmung der Besatzmengen verwendet. Andere Umweltparameter wie Hydrologie, Wasserqualität, Temperaturregime, Konkurrenz, Prädation usw... die das Überleben im Aufzuchtgewässer beeinflussen werden dabei jedoch nicht berücksichtigt.

Bisher fanden vereinzelt Erfolgskontrollen der Besatzmassnahmen statt [19]. Die ersten Resultate zeigen, dass sich die Gewässer bezüglich Überlebensrate, Grösse und Dichte der Lachse deutlich unterscheiden. [19]. Die bisherigen Daten sind jedoch zu ungenau und zu unterschiedlich erhoben worden, als dass schon konkrete Handlungsempfehlungen für die Bewirtschaftung einzelner Gewässer gemacht werden können [19].

Für die zukünftigen Wirkungskontrollen wurden bereits methodische Empfehlungen formuliert, damit vergleichbare und belastbare Ergebnisse produziert werden können [19]. Dabei wird nach Gewässergösse

unterschieden. Im Rahmen dieses Berichts wurden diese Empfehlungen grösstenteils übernommen und, wo aus unserer Sicht sinnvoll, leicht angepasst (Tabelle 7-1).

Tabelle 7-1. Vorgaben Wirkungskontrolle Junglachse (angepasst von [19]).

Vorgabe	Gewässer			
	Watbare benetzte Gewässerbreite			Nicht Watbar
	<5m	5-10m	>10m	
Methode	Quantitativ	Quantitativ	Quantitativ	Geeignete Mesohabitate
Anzahl Durchgänge	2	2	2	1
Streckenlänge [m]	100	150	200	variabel
Absperrung oben	Ja	Ja	Ja	Nein
Absperrung unten	Nein	Nein	Nein	Nein
Anzahl Anoden	1	2	*	1
Anzahl Strecken/Punkte pro Gewässer	2	1-2	1-2	variabel
Turnus erste 5 Jahre	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
Turnus Routineprogramm	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre
Aufnahmen Lachs	Anzahl, Länge, (Gewicht)	Anzahl, Länge, (Gewicht)	Anzahl, Länge, (Gewicht)	Anzahl, Länge, (Gewicht)
Aufnahmen Beifang (bei hoher Anzahl Schätzung)	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Habitatbeschreibung gemäss Ninck und Dönni 2019	einmalig	einmalig	einmalig	einmalig
Habitatbeschreibung gemäss Baier 2019	einmalig	einmalig	einmalig	einmalig
Installation Temperatur- und Wasserdrucklogger**	1 pro Befischungsstrecke	1 pro Befischungsstrecke	1 pro Befischungsstrecke	1 pro Befischungsstrecke
Messdauer Temperatur und Wasserdruck	2 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	2 Jahre

* Pro 5m benetzte Gewässerbreite eine Anode.

** Sofern keine Messstellen vorhanden sind.

Das Jungfischauftreten (A1) soll ab 2021 während 5 Jahren in den Besatzgewässern standardisiert untersucht werden. Die Koordinationsstelle ist in Zusammenarbeit mit den kantonalen Fischereifachstellen für die Organisation und Auswertung dieser Arbeiten zuständig. Nach 2025 wird die Wirkungskontrolle gemäss Empfehlungen der ersten Evaluation angepasst und in ein Routinemonitoring-Programm überführt.

Kostenschätzung:

Es wurde angenommen, dass von 2021-2025 in allen besetzten Gewässern (N=16) eine oder zwei (je nach Besatzperimeter, demnach 1.5) repräsentative Strecken quantitativ befischt werden (2 Durchgänge, 1-2 Anoden). Vermessen (und gewogen) werden nur Lachse. Eine Strecke ist 100 m lang und pro Tag können maximal drei Strecken untersucht werden. Pro Tag sind durchschnittlich drei Personen notwendig. Ab 2025 wird nur noch routinemässig oder an neuen Gewässern untersucht (nur alle drei Jahre, nur eine Strecke pro Gewässer). Es wird angenommen, dass sich der Aufwand gegenüber 2021-2025 um ca. 50 % reduziert. Die Datenauswertung und Berichterstattung wird auf eine Woche Aufwand pro Jahr geschätzt (2021-2025) bzw. auf eine halbe Woche pro Jahr (2026-2035). Dadurch entstehen von 2021-2025 jährlich Kosten von ca. CHF 29'000 und von 2026-2035 von CHF 15'000. Die gesamten Kosten für die Periode von 2021-2035 belaufen sich damit auf ca. **CHF 285'000**.

A2: Kartierung Laichgruben

Kategorie	Zeitplan	Kosten
2	Sobald Aufsteiger-2035	85'000 CHF*

*unter der Annahme, dass ab 2026 kartiert wird

In Frankreich und verschiedenen Gewässern Deutschlands [40, 41] werden Lachslaichgruben regelmässig kartiert. Zwar ist nicht immer klar, ob es sich nicht um die Laichgrube eines anderen Grosssalmoniden handelt. Trotzdem haben die Erfahrungen gezeigt, dass bei grossen Laichgruben in Gewässern mit Lachsrückkehrern i.d.R. anschliessend auch natürliche reproduzierte Lachsbrütlinge nachgewiesen werden können [42].

Wir empfehlen deshalb, dass sobald regelmässig Lachsrückkehrer in der Zählstation vom Kembs beobachtet werden, in ausgewählten Gewässern ein Monitoring der Laichgruben eingeführt wird. Aufgrund ihrer hohen Priorität eignen sich dazu in erster Linie die Einzugsgebiete der Birs, Wiese und Ergolz. Diese sollten von der Mündung bis zum ersten unüberwindbaren Hindernis im Dezember mindestens einmal begangen werden. Grosse Laichgruben sollen fotografiert, georeferenziert und vermessen werden (Grösse, Wassertiefe).

Kostenschätzung

Pro Tag können ca. 5-6 km Gewässerstrecke von einer Person kartiert werden. In der Annahme, dass nur ein Teil der wichtigeren Lachsgewässer kartiert wird, beträgt der jährliche Aufwand 7 Personentage. Inkl. Auswertungen und Berichterstattung belaufen sich die Gesamtkosten von 2026-2035 demnach auf ca. **CHF 85'000 CHF**.

A3: Brütlingbefischungen

Kategorie	Zeitplan	Kosten
2	Sobald Aufsteiger-2035	65'000 CHF*

**unter der Annahme, dass ab 2026 kartiert wird*

Sobald Laichgruben von Grosssalmoniden festgestellt werden, soll überprüft werden, ob es sich dabei um Lachslaichgruben handelt oder nicht. Am effektivsten ist dies durch eine gezielte elektrische Befischung in der Nähe der Laichgrube. Diese sollte kurz nach der Emergenz der Lachsbrütlinge und in jedem Fall vor den ersten Besatzmassnahmen stattfinden. Bei diesen Befischungen geht es nur um den Artnachweis, nicht um quantitative Angaben zur Naturverlaichung.

Kostenschätzung

Pro Tag können vier Strecken untersucht werden. Dazu sind mindestens zwei Personen notwendig. Pro Jahr sollten so 8 Gewässerstrecken befischt werden. Inkl. Auswertungen und Berichterstattung belaufen sich die Gesamtkosten von 2026-2035 demnach auf ca. **CHF 65'000 CHF**.

A4: Erfolg der natürlichen Fortpflanzung überprüfen

Kategorie	Zeitplan	Kosten
2	Sobald Aufsteiger-2035	Werden durch A1 und A3 abgedeckt

Besatzmassnahmen sollen aufgegeben werden, sobald sich eine signifikante natürliche Fortpflanzung in einem Gewässer einstellt. Es gibt mehrere Möglichkeiten zu prüfen, wie viele Lachse eines Gewässers aus der natürlichen Fortpflanzung stammen:

1. Die Lachsdichte wird durch eine standardisierte elektrische Befischung erhoben, bevor Lachse ausgesetzt werden.
2. Es wird kein Besatz mehr durchgeführt. Die Lachsdichte wird durch eine standardisierte elektrische Befischung im Herbst oder im Rahmen eines Abwanderungsversuchs, z. B. mit einer Reuse für Smolts, bestimmt.
3. Die Besatzfische werden vor dem Aussetzen markiert und können anschliessend bei Befischungen im Herbst oder bei einem Abwanderungsversuch gefangen und von den natürlich verlaichten Individuen unterschieden werden.

Aufgrund von Erfahrungen im In- und Ausland empfehlen wir folgendes Vorgehen anzuwenden, sobald die natürliche Vermehrung von Lachsen in Schweizer Fliessgewässern festgestellt wird.

- A. Der Erfolg der natürlichen Fortpflanzung wird durch Brütlingsbefischungen vor den Besatzmassnahmen überprüft.
- B. Sobald eine hohe Anzahl natürlich verlaichter Lachse an einem Standort festgestellt wird (die erforderliche Dichte soll vorgängig bestimmt werden), werden die Besatzmassnahmen eingestellt. In den folgenden Jahren wird der Bestand an Junglachsen weiterhin mittels elektrischer Befischungen überprüft, damit ein allfälliger Bestandsrückgang bemerkt wird.

Kostenschätzung

Sobald sich Lachse in gewissen Gewässern natürlich fortpflanzen, soll der Besatzerfolg überprüft werden. Für die Kostenschätzung gehen wir davon aus, dass diese Überprüfung im Rahmen des Jungfischmonitorings erfolgt. Es sollten also keine zusätzlichen Kosten anfallen.

A5: Fischzuchten

Kategorie	Zeitplan	Kosten
1	2021 -2035	28'000 CHF

Für die Optimierung des Modells sollten in den Zuchten möglichst viele Daten gesammelt werden. Insbesondere von wilden Rückkehrern: Totallänge, Gewicht vor dem Streifen und Anzahl Eier der einzelnen Muttertiere. Diese Informationen sollen gesammelt werden, sobald in den Zuchten Elterntiere gestreift werden.

Kostenschätzung

Der Aufwand für die Erfassung von Daten in den Fischzuchten wird auf 16 Stunden pro Jahr geschätzt. Die Kosten belaufen sich deshalb auf ca. CHF 1'800 pro Jahr. Für die Periode von 2021-2025 liegen die Kosten bei ca. **CHF 28'000**.

A6: Genetisches Monitoring

Kategorie	Zeitplan	Kosten
1	2017 -2035	67'500 CHF

Das koordinierte genetische Monitoring des Lachsbesatzes im Rhein startete 2017 und läuft bis 2025. Dabei können alle im Rhein besetzten Lachse mit einer Vaterschaftsanalyse erkannt werden. Diese Methodik wird genutzt, um verschiedene Besatzstrategien zu testen, deren Erfolg anhand der Smoltproduktion und der Anzahl an Rückkehrern gemessen wird. Für die Schweiz wird sich z.B. konkret zeigen, ob von 2021 bis 2025 Lachse in Iffezheim und Gamsheim gefangen werden, die in Schweizer Gewässer ausgesetzt wurden. Die

Schweiz nimmt an diesem Programm bereits aktiv teil. Aufbauend auf den Empfehlungen von 2025 sollen die Besatzbemühungen angepasst werden. Inwiefern das genetische Monitoring anschliessend fortgeführt wird, wird sich erweisen.

Von allen Lachselterntieren, die für Besatzmassnahmen in der Schweiz verwendet werden, soll weiterhin eine Gewebeprobe für genetische Untersuchungen entnommen werden. Damit wird sichergestellt, dass der Besatzerfolg jederzeit überprüft werden kann, z.B. auch bei Lachsrückkehrern, die im Oberrhein gefangen werden.

Kostenschätzung

Die Kosten des von 2017 bis 2025 laufenden koordinierten genetischen Monitorings sind bereits durch den Bund und die Kantone gedeckt. Wir gehen davon aus, dass für die Probenahme von Elterntieren und für gezielte spezifische Analysen (nicht alle Elterntiere werden untersucht) von 2021-2035 zusätzliche Kosten anfallen werden. Diese wurden auf ca. CHF 4'500 pro Jahr geschätzt. Für die Periode von 2021 bis 2035 würden die gesamten Kosten bei ca. **CHF 67'500** liegen.

B. Fischabstieg

Die Abwanderung, insbesondere die dabei auftretende Mortalität (Prädation, Fischerei, Turbinenpassage, usw.) in Staustrecken sowie der auftretende Zeitverlust spielen für die erfolgreiche Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz eine entscheidende Rolle³. Während die Aufstiegszahlen bei Fischwanderhilfen zuverlässig erfasst werden können (vgl. Abschnitt C in diesem Kapitel), ist dies bei der Abwanderung aufwendiger. Trotzdem sind diese Informationen unabdingbar, um einschätzen zu können, ob die Lachswiederansiedlung erfolgreich ist, bzw. um mögliche Flaschenhälse bei der Mortalität zu identifizieren. Zu diesem Zweck können je nach Fragestellung verschiedene Methoden eingesetzt werden, die hier kurz besprochen und evaluiert werden. Der mögliche Nutzen jeder dieser Methoden wird bezüglich einer Anwendung in der Schweiz eingeschätzt.

Abwandernde adulte Lachse (Kelts) werden als eher weniger wichtig eingestuft, weil zweimal laichende adulte Atlantische Lachse bei der Rekrutierung eine untergeordnete Rolle spielen [9]. Deshalb werden diese vorläufig bei der Abwanderung nicht untersucht.

B1: Akustische Telemetrie/Projekt AXPO Kraftwerk Wildegg Brugg

Kategorie	Zeitplan	Kosten
3	2021 -2022	1.400'00 CHF

Im Rahmen eines technischen Vorprojekts bezüglich der Sanierung des Fischabstiegs wird beim Kraftwerk Wildegg-Brugg an der Aare das Fischverhalten beim Abstieg durch dieses Kraftwerk untersucht. Damit bietet sich die Gelegenheit, das Verhalten und die Mortalität (im Staubereich, vor dem Kraftwerk, bei der Passage des Kraftwerks) von Lachssmolts zu bestimmen. Diese Angaben könnten mit Angaben aus der Literatur im Prognosemodell (Kapitel 11.6), sowie bei der Priorisierung (Kapitel 4) verwendet werden.

³ Die Abwanderung der Smolts wurde in der Schweiz bisher nur im Rahmen einer Masterarbeit am Möhlinbach (AG) untersucht [15].

Dazu würden idealerweise Lachse in der Bünz⁴ markiert und ein zusätzliches Hydrophon bei der Aabachmündung platziert. Die Untersuchung ist bereits angelaufen, deshalb sollten die Lachse möglichst noch 2020 markiert werden. Wir stufen die Priorität dieses Projekts für den Lachs jedoch in Kategorie 3 ein, da eine Untersuchung der Mortalität entlang einer Kraftwerkskette höher zu priorisieren ist.

B2: Mortalität Staustufenketten

Kategorie	Zeitplan	Kosten
1	2021 -2024	550'000 CHF

Die Priorisierung und die Modellierung haben gezeigt, dass die Mortalität beim Smoltabstieg eine entscheidende Rolle für den Erfolg der Lachswiederansiedlung in der Schweiz spielt. Deshalb ist es notwendig, im Verlauf der nächsten Jahre die kumulative Mortalität der abwandernden Smolts über mehrere Staustufen hinweg in grösseren und kleineren Gewässern zu untersuchen. Wichtig ist, dass die Untersuchungen der Mortalität bei der Abwanderung in den Staustufenketten (B2) der Aare und des Rheins zeitnah anlaufen. Diese sind in der Planung daher von 2021 bis 2024 vorgesehen, damit die Ergebnisse bei der ersten Evaluation 2025 vorliegen und in strategische Entscheidungen einfließen können. Dabei können nicht nur Lachse, sondern auch andere Arten, wie z.B. der Aal mit untersucht werden. Grundsätzlich stehen drei Methoden zur Auswahl, die hier kurz erläutert werden. Für die Kostenschätzung wurde angenommen, dass die Abwanderung entlang von vier Staustufen mittels eindimensionaler akustischer Telemetrie untersucht wird.

Eindimensionale akustische Telemetrie

Mittels an Bojen im Gewässer befestigten Hydrophonen können Fische, die mit akustischen Sendern versehen wurden, erfasst werden. Solche Hydrophone können oberhalb und unterhalb von mehreren Staustufen (Kette), bzw. Stauräumen und Fliessstrecken platziert werden. Anhand der Detektion von abwandernden Fischen können die Mortalität und der Zeitverlust bestimmt werden. Gegenüber dem NEDAP-System hat die akustische Telemetrie den Vorteil, dass auch kleinere Fische wie wilde 1+ Smolts mit Sendern versehen werden können. Zudem sind die Hydrophone kostengünstiger als NEDAP-Antennen. Jedoch müssten alle Antennen erst installiert werden. Allenfalls könnten die Geräte aus der AXPO Studie weiterverwendet werden.

Kostenschätzung

Die Kosten werden für ein Experiment geschätzt (Aufnahme vor möglichen Aufwertungsmaßnahmen), das in zwei unterschiedlichen Jahren und an vier nacheinander liegenden Staustufen im Rhein durchgeführt wird. Wir gehen davon aus, dass die akustische Telemetrie dazu verwendet wird und das pro Jahr ca. 300 Smolts besendert werden. Pro Staustufe wird ein Hydrophon oberhalb der Stauwurzel, eines oberhalb des Wehrs und eines unterhalb des Wehrs platziert. Zusätzlich werden am Ausfluss der Besatzgewässer mit markierten Lachsen noch fünf Hydrophone gesetzt. Für die Installation, Wartung und Auswertung sowie die Berichterstattung wird mit Pauschalen gerechnet. Die Kosten fallen einmalig und projektbezogen an. Sie belaufen sich auf. ca. **CHF 550'000**. Nach der Umsetzung von Fischschutzmassnahmen für den Fischabstieg sollte das Experiment wiederholt werden, um den Erfolg der Massnahmen zu prüfen. Dies wird aber sehr wahrscheinlich

⁴ Bei der NAWA- Abfischung in der Bünz konnte 2019 eine relativ hohe Anzahl Lachse festgestellt werden.

nach der ersten Wiederansiedlungsphase (nach 2035) der Fall sein. Die Kosten dafür werden deshalb hier nicht aufgeführt.

NEDAP Telemetrie

Entlang des gesamten Rheins sind heute eine Vielzahl von NEDAP-Antennen in Betrieb. Mit diesen wurde insbesondere das Wanderverhalten des Aals untersucht [43]. In der Mosel (Belgien und Niederlande) wurden aber auch abwandernde Lachsmolts mit dem NEDAP-System untersucht (pers. Mitteilung André Breukelaar). Dabei mussten jedoch relativ grosse Zuchtsmolts (ca. 20 cm) besendert werden, da wilde Lachsmolts zu klein für NEDAP-Sender sind. Die Repräsentativität der Ergebnisse ist deshalb mit diesem System mit Vorsicht zu betrachten. Der grosse Vorteil des NEDAP-Systems im Rhein ist die bereits bestehende Antennen-Infrastruktur. So könnte das Wanderverhalten der Lachse nicht nur in der Schweiz, sondern entlang des gesamten Rheins untersucht werden (Abbildung 7-1). Der Aufbau der Infrastruktur in der Schweiz wäre jedoch kostspielig (gemäss Angaben von André Breukelaar ca. 100'000 CHF pro Antenne) und würde sich allein für den Lachs kaum lohnen.

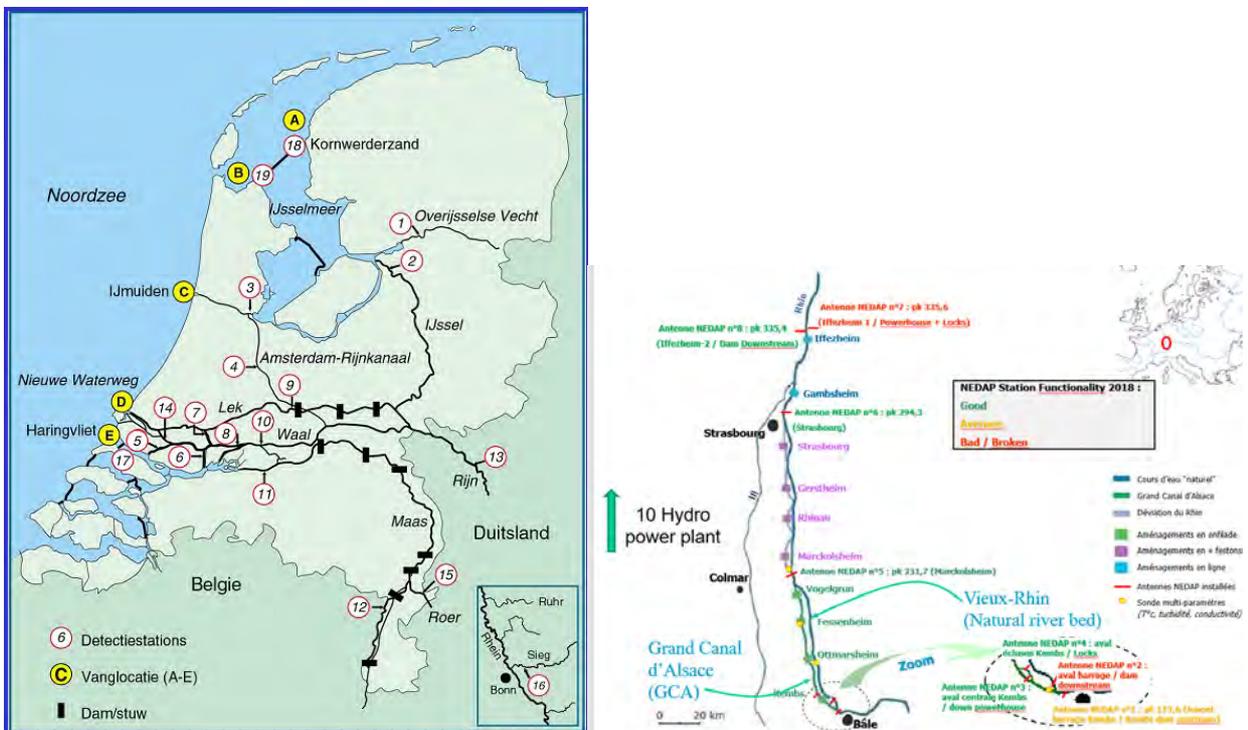


Abbildung 7-1. Platzierung von NEDAP-Antennen im Nieder- und Mittelrhein links, Hochrhein (rechts).

B3: Pit-Tagging Fischabstieg

Kategorie	Zeitplan	Kosten
1	2021 -2024	100'000 CHF

Pit-Tags (RFID-Tags) eignen sich, um die Abwanderung von Smolts in kleinen Gewässern oder in Bypässen bei Abstiegshilfen zu untersuchen. Bisher wurde diese Methode in der Schweiz und für den Lachs erst am Möhlinbach eingesetzt [15]. Für alle anderen Lachs-Besatzgewässer ist der Smolt-Output nicht bekannt. Elektrische Befischungen (vgl. Abschnitt A1 in diesem Kapitel) im Herbst oder Winter ermöglichen es, die Anzahl Junglachse abzuschätzen. Damit bleibt aber unbekannt, wie viele Smolts zu welchem Zeitpunkt abwandern

und grössere Gewässer erreichen. Da Pit-Tag-Studien im Vergleich mit der akustischen Telemetrie kostengünstig zu realisieren sind, empfehlen wir, in der Anfangsphase die Abwanderung der Smolts in wichtigen Gewässern mittels Pit-Tagging zu untersuchen. Im Rahmen der ersten Phase der Lachswiederansiedlung sind insbesondere Birs, Wiese, Ergolz, Magdenerbach und Etzgerbach relevant. Zukünftig sollten auch Fischabstieghilfen mit Pit Tag Antennen ausgestattet werden.

Kostenschätzung

Der Smoltabstieg soll in fünf weiteren wichtigen Gewässern einmalig untersucht werden. Pro Gewässer wird nur eine Antenne eingesetzt. Für die Besenderung der Lachse (N=200 Smolts pro Standort) und die Installation der Antenne, sowie Auswertungen und Berichterstattung wird eine Pauschale von 20'000 CHF für eine Abwanderungssaison (Jan-Juni des Jahres) veranschlagt. Damit betragen die gesamten Kosten einmalig **100'000 CHF**.

B4: Smolttrommel

Kategorie	Zeitplan	Kosten
3	-	Nicht geschätzt

In grösseren Gewässern ist der Fang von Smolts schwierig. In Nordamerika und in Deutschland kommen zu diesem Zweck Smolttrommeln (Engl. Rotary Screw Traps) zum Einsatz [44, 45]. Auch in der Agger, ein Zufluss der Sieg in Deutschland, der seit Jahren nicht mehr mit Lachsen besetzt wird, aber eine recht gute natürliche Fortpflanzung des Lachses aufweist, konnten damit erfolgreich Smolts gefangen werden [44]. Der Einsatz und die Wartung dieses Fanggeräts sind jedoch aufwendig, da die Trommel täglich überprüft werden muss. Zudem verstopft sie bei Hochwasserereignissen rasch mit Geschwemmsel [44], was die Fangbarkeit negativ beeinflusst.

Derzeit ist aus unserer Sicht der Einsatz von Radio- oder akustischer Telemetrie erfolgsversprechender, um Erkenntnisse über die Smoltabwanderung und die Sterberaten bei Kraftwerken zu gewinnen. Eine Rotary Screw Trap könnte sich aber als nützlich erweisen, falls in einem grösseren Gewässer Smoltproben gefangen werden sollen. Z.B. im Rahmen des genetischen Monitorings, um den Lachsoutput von verschiedenen Schweizer Gewässern bis Basel zu bestimmen.



Abbildung 7-2. Rotary Screw Trap (Smolttrommel) in der Agger in Nordrhein-Westfalen, Deutschland (Photos © Limnoplan).

B5: Fangreue bei Abwanderungseinrichtung

Kategorie	Zeitplan	Kosten
3	-	Nicht geschätzt

An der Ill in Niederbourg in Frankreich wurde statt einer Smolttrommel eine Fangreue bei einer Abstiegsanlage eingebaut. Die so gefangenen Lachse werden im Rahmen des koordinierten genetischen Monitorings verwendet, um den Smolt-Output verschiedener Ill-Zuflüsse abzuschätzen. Dies hat sehr gut funktioniert. Uns ist in der Schweiz jedoch kein nützlicher Standort (mit besetzten Lachsen im Einzugsgebiet) mit einer funktionierenden Fischabstiegsvorrichtung bekannt, an dem ein ähnliches System aufgebaut werden könnte. Deshalb wird der Nutzen dieser Methode derzeit nur als sekundär eingestuft. Im Rahmen der Sanierung des Fischabstiegs bei Kraftwerken sind aber sowieso Wirkungskontrollen vorgesehen. Eine entsprechende Fangvorrichtung an ausgewählten Anlagen (z. B. KW Birsfelden), mit der später auch die Smoltwanderung überwacht werden könnte, ist daher zu empfehlen und frühzeitig in der Planung zu berücksichtigen.



Abbildung 7-3. Lachssmolt-Fangreue beim Kraftwerk Niederbourg an der Ill in Frankreich (Foto © Frédéric Schaeffer).

C. Fischaufstieg

C1: Video-Zählungen

Kategorie	Zeitplan	Kosten
2	2021-2035	Bau: 100'000 CHF* Betrieb: 100'000 CHF pro Jahr

* Die Baukosten werden vermutlich durch die Sanierung Fischgängigkeit abgedeckt.

Bisher gibt es in der Schweiz innerhalb des Lachswiederansiedlungsperimeters keine kontinuierliche Überwachung des Fischaufstiegs mittels Video-Aufnahmen. Im Oberrhein hingegen wird der Fischaufstieg in Iffezheim, Gamsheim, Strassburg und seit 2019 auch in Kembs kontinuierlich überwacht. Mit der Zählstation in Kembs erhält die Schweiz aus Frankreich demnach Informationen über die Anzahl Lachse und die Anzahl anderer Fischarten, die in die Schweiz einwandern.

Was mit diesen Fischen danach in der Schweiz geschieht wird ohne Zählstation weiterhin unbekannt sein. Auch wenn die Auswertungen von Video-Aufnahmen schwierig und aufwendig sein können, sind sie im Rahmen der IKSR eines der wichtigsten Werkzeuge, um den Erfolg der Lachswiederansiedlung zu messen. In

diesem Sinne wird empfohlen, dass auch die Schweiz in Zukunft die Rückkehr des Lachses regelmässig mit diesem System überwacht. Ein Video-System ist dabei die kostengünstigste Lösung.

Entscheidend für die Aussagekraft ist nebst der Qualität der Installation auch der Standort. Da in Kembs bereits regelmässig gezählt wird, ist der Lachsinput in die Schweiz bekannt. Eine erste Zählstation in der Schweiz wäre daher oberhalb der Ergolz- und Wiese- und Birs- und Aare- und Rheinzugänge wichtig, um die Anzahl Lachse zu kennen, die in die Zuflüsse Wiese und Birs aufsteigen. Dazu würde sich der **Standort beim Kraftwerk Birsfelden (prioritär)** eignen. Anschliessend wäre sinnvoll zu wissen, welche Lachse in die Aare aufsteigen. Diesbezüglich empfiehlt es sich das **Kraftwerk Klingnau (sekundär)** im Rahmen der Sanierung der Fischwanderung mit einer Videoüberwachung für den Fischaufstieg auszustatten. Vorgängig ist abzuklären, ob der Bau eines Videokanals mit Sichtfenster möglich ist (z. B. beim KW Klingnau) oder ob mit Kameras im Fischpass gearbeitet werden kann/muss.

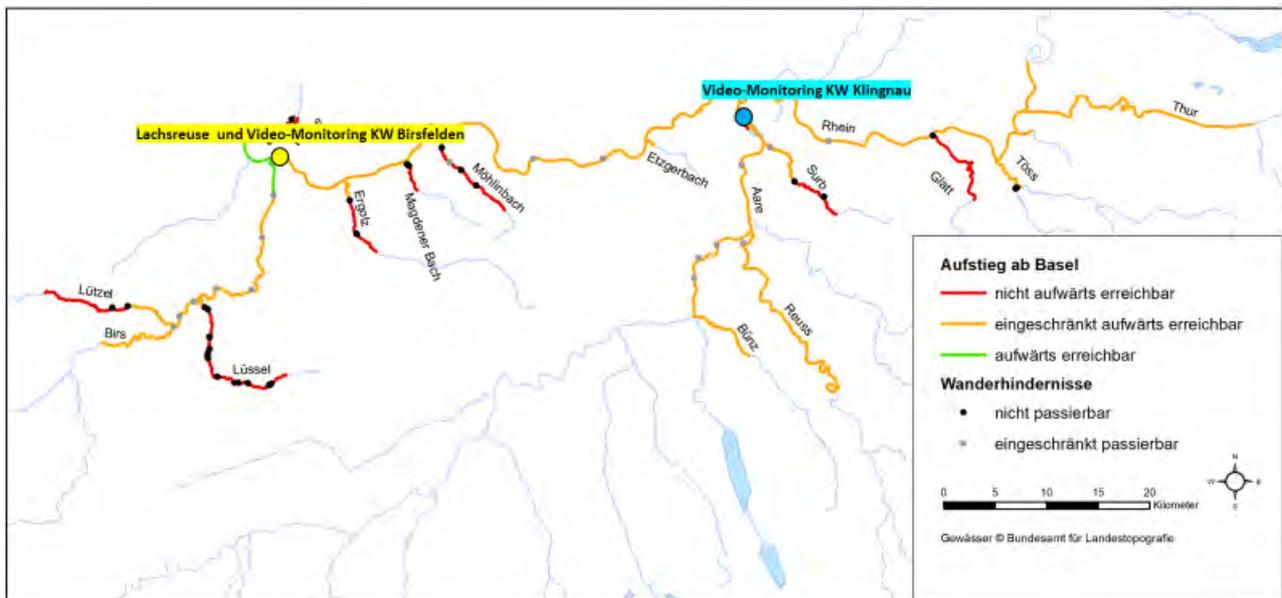


Abbildung 7-4. Ideale Positionierung der Fangreuse (Gelb) und der Video-Zählstationen entlang des Rheins und der Aare.

Grundsätzlich und hinsichtlich zukünftiger Fischaufstiegsmonitorings sollten alle Fischaufstiegshilfen so konzipiert und gebaut werden, dass jederzeit ein Video-Monitoring durchgeführt werden kann.

Für die Vorbereitungsarbeiten ist genügend Zeit vorhanden (2021 bis 2024). Die Inbetriebnahme der Kameraüberwachung erfolgt spätestens dann, wenn der Rhein in Frankreich und Deutschland durchgängig mit Wanderhilfen ausgestattet ist.

Kostenschätzung

Beim Bau der Fischtreppe muss Platz für die Videoüberwachung vorgesehen werden. Ansonsten fallen beim Bau der Fischtreppe keine zusätzlichen Kosten an. Wir gehen davon aus, dass diese Kosten Teil der Baukosten der Fischwanderhilfe sind und nicht zu Lasten des Lachswiederansiedlungsprogramms anfallen werden. Die Installation des Videosystems inkl. Lizenzen für Software belaufen sich maximal auf 50'000 CHF (einmalige Kosten). Für die Auswertung der Video Daten muss pro Tag mit einem durchschnittlichen Aufwand von 1h gerechnet werden. Das Reinigen der Anlage benötigt durchschnittlich 1h pro Woche (Im Sommer etwas mehr, im Winter eher weniger). Die Gesamtkosten für 2 Standorte von 2026-2035 belaufen sich demnach auf ca. **CHF 1'110'000**.

C2: Fangvorrichtung

Kategorie	Zeitplan	Kosten
2	2021-2035	Bau: 100'000 CHF* Betrieb: 35'000 CHF pro Jahr

* Die Baukosten werden vermutlich durch die Sanierung Fischgängigkeit abgedeckt.

Da die Schweiz mittelfristig Rückkehrer für die Produktion von Besatzlachsen und für den Aufbau des Elternstammes fangen soll (vgl. Kapitel 5.3.4), ist der Bau einer Fangvorrichtung notwendig. Diese muss möglichst im Unterlauf des Schweizer Rheins liegen. Das Kraftwerk Birsfelden würde sich diesbezüglich am besten eignen. Bei der Planung der Sanierung des Fischaufstiegs bei diesem Kraftwerk ist deshalb der Einbau einer Fangvorrichtung einzuplanen. Dabei ist ein Zählbecken einer Reuse vorzuziehen. Zählbecken bzw. Reuse sind gemäss den neusten Erkenntnissen hinsichtlich Fängigkeit und Verletzungen zu bauen (Kontakte: Chris Pareda, unio – river sciences / Armin Peter, Peter FishConsulting).

Die Inbetriebnahme der Fangvorrichtung erfolgt, sobald dies durch die Lachsgruppe Schweiz entschieden wird.

Kostenschätzung

Gemäss Angaben von Frédéric Schaeffer (Association Saumon Rhin) wird für den Bau einer Fangvorrichtung – zusätzlich zu den Baukosten für die Fischtreppe, die ohnehin anfallen – maximal CHF 100'000 benötigt. Wir gehen davon aus, dass diese Kosten Teil der Baukosten der Fischwanderhilfe sind und nicht zu Lasten des Lachswiederansiedlungsprogramms anfallen werden. Die Betriebs- und Wartungskosten werden allerdings berücksichtigt. In Gamsheim (Frankreich) ist die Fangvorrichtung für den Lachs ca. 100 Tage pro Jahr in Betrieb. Für das Leeren der Reuse und den Fischtransfer fallen pro Tag 2-4h Arbeit für eine Person an. Wir rechnen mit 300 Stunden pro Jahr. Die Gesamtkosten für die Periode von 2026-2035 belaufen sich demnach auf ca. **CHF 350'000**.

C3: Pit-Tagging Fischaufstieg

Kategorie	Zeitplan	Kosten
3	2021-2035	Nicht geschätzt

Verschiedenen Fischaufstiegshilfen sind derzeit mit Pit-Tag (RFID)-Antennen ausgestattet. Sofern diese in Betrieb bleiben, ergibt sich die Möglichkeit, Lachse, die für Fischabstiegsuntersuchungen mit RFID-Tags markiert werden, auch beim Aufstieg zu erfassen. Da die Anzahl Smolts, die markiert werden, hoch sein muss, um überhaupt Lachse erfassen zu können, stufen wir diese Wirkungskontrolle als sekundär ein. Synergien, auch mit Pit-Tag-Antennen, die in Frankreich in Betrieb sind, sollten in jedem Fall genutzt werden⁵.

C4: Koordiniertes Rhein-Aufstiegs-Monitoring (Kat 2)

Kategorie	Zeitplan	Kosten
-----------	----------	--------

⁵ Vorgängig ist zu klären, welche Antennen im Half-Duplex- bzw. Voll-Duplex-Betrieb arbeiten. Die beiden Systeme sind nicht kompatibel.

3

2021-2035

Nicht geschätzt

Das koordinierte Monitoring mittels Reusen und Zählkammern am Hochrhein, welches alle 10 Jahre stattfindet, wird in den nächsten etwa zwei Jahren neu überdacht. In diese Überlegungen sollte auch ein gezieltes Lachsmonitoring einfließen. Die kontinuierliche Überwachung des Lachsaufstiegs an zwei bis drei Standorten (inkl. Kembs) wird für die Wiederansiedlung des Lachses als wichtiger angesehen als eine sporadische Zählung in Staustufenketten. Dies könnte ein Argument dafür sein, ein neues Hochrheinmonitoring als Dauerbetrieb zu etablieren. Da derzeit aber unklar ist, wie das neue Monitoring aussehen wird, ist eine Priorisierung nicht möglich.

Wann und in welcher Form das koordinierte Fischmonitoring am Hochrhein künftig stattfinden wird, ist derzeit nicht bekannt.

D. Meer

Die Schweiz kann im Meer keine Wirkungskontrollen durchführen. Die NASCO führt aber immer wieder marine Projekte durch. Wir empfehlen deshalb, dass die Schweiz in Zukunft an NASCO- und anderen internationalen Veranstaltungen mit dem Thema Atlantischer Lachs, teilnimmt, um ausreichend informiert zu sein.

Tabelle 7-2. Zeitplan der im Rahmen der Wiederansiedlungsperiode von 2021-2035 anfallenden Arbeiten. Mit X markierte Felder: Arbeiten fallen an sobald der Fischaufstieg bis in die Schweiz möglich ist.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1. Koordination															
Koordination und wissenschaftliche Begleitung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Besatz															
Besatz von 150'000 Lachsen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Erhöhung Besatzmengen						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Wirkungskontrolle															
Fortpflanzung und Besatz															
A1: Jungfischaufkommen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A2: Kartierung Laichgruben						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A3: Brüttingsbefischungen						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A4: Erfolg natürliche Fortpflanzung						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A5: Fischzuchten	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A6: Genetisches Monitoring	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fischabstieg															
B1: Akustische Telemetrie AXPO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B2: Mortalität Staustufen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B3: Pit Tag Aufzuchtgewässer	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B4: Smolttrommel					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B5: Fangreuse					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fischaufstieg															
C1: Video Zählungen Rheinfelden/Klingnau						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C2: Fangreuse Birsfelden						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C3: Pit Tag Fischaufstieg						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C4: Rhein Koord. Aufstiegsmonitoring							X	X	X	X	X	X	X	X	X
Weiterentwicklung Modell															
Aktualisierung Modell	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4. Evaluation															
Evaluation Bisherige Massnahmen															
					Phase 1					Phase 2					Phase 3

8 Grobkostenschätzung

Für die von 2021-2035 anfallenden Arbeiten wird eine Grobkostenschätzung durchgeführt. Diese beinhaltet alle erbrachten Leistungen, also auch mögliche Eigenleistungen der Kantone. Die Genauigkeit der Kostenschätzung liegt bei +/- 30 %. Die gesamten Kosten von 2021-2035 (inkl. Ca. 10% für Unvorhergesehenes) belaufen sich demnach auf ca. 10 Mio. CHF. Das Potential für Eigenleistungen durch kantonales Personal liegt bei 6.5. Millionen.

8.1 Koordination

Für die Koordination fallen pro Jahr ca. 260 Arbeitsstunden an. Die Spesen werden auf 10% des Personalaufwands geschätzt. Insgesamt belaufen sich damit die Kosten für die Koordination auf ca. **CHF. 46'000** pro Jahr. Dies entspricht **CHF 690'000** für die Zeitperiode 2021-2035.

8.2 Besatz

Ein Besatz kostet derzeit je nach Besatzalter zwischen 0.65 CHF (Brütling Petite Camargue Alsacienne und Giebenach) und 3.50 CHF (Vorsömmerling, FZ Dachsen)⁶. Sobald die Fischzuchten optimal funktionieren, dürften die Produktionskosten zwischen 0.7 CHF und 0.9 CHF für Brütlinge, und zwischen 0.9 CHF bis 1.30 CHF für Vorsömmerlinge liegen. Für die Vollkostenrechnung wurde von einem Durchschnittspreis von 1 CHF pro besetzten Lachs ausgegangen. Die Besatzmenge wurde bis 2025 auf 150'000 Stück pro Jahr angesetzt und ab 2026 auf 500'000 pro Jahr. Damit entstehen für Besatzmassnahmen von 2021 bis 2025 jährlich Kosten von ca. CHF 150'000, und von 2026-2035 von ca. CHF 500'000. Falls diese Besatzzahlen beibehalten werden, belaufen sich die Gesamtkosten für die Periode 2021 bis 2035 auf **CHF 5.75 Mio.**

8.3 Wirkungskontrolle

Die Details der Kostenschätzung sind im Kapitel Wirkungskontrolle zusammengestellt. Insgesamt und in der Annahme, dass alle Kontrollen der Kategorien 1 und 2 auch durchgeführt werden, gehen wir von Kosten von **2.7 Mio.** für die Zeitperiode von 2021-2035 aus.

8.4 Evaluation

Wir gehen bei der Budgetierung davon aus, dass es sich beim Evaluationsteam um Personen handelt, die ihren Aufwand nicht in Rechnung stellen müssen und somit keine Kosten anfallen.

⁶ Vollkostenrechnung, inkl. Aufzucht der Elterntiere

9 Organisation

Da die Lachswiederansiedlung sowohl logistisch als auch finanziell bedeutend umfangreicher wird als bisher, empfehlen wir die Projektorganisation zu professionalisieren. Insbesondere ist der Einsatz einer Koordinationsstelle notwendig:



Abbildung 9-1. Vorgeschlagenes Organigramm.

9.1 Projektleitung - Lachsgruppe Schweiz

Die Projektleitung wird durch die Lachsgruppe Schweiz sichergestellt. Sie besteht wie bisher aus Vertretern von Bund, Kantonen und Verbänden. Neu sollte ein Vertreter des schweizerischen Fischereiverbands (SFV) und der Wissenschaft vertreten sein. Die Lachsgruppe Schweiz übernimmt die **technische Leitung des Wiederansiedlungsprojekts. Sie trifft auch die strategischen Entscheidungen.** Sie vergibt projektspezifische Aufträge und beaufsichtigt die Ausführung der Projekte. Sie sichert die Finanzierung des Lachswiederansiedlungsprojekts. Ein entsprechender Finanzierungsschlüssel wird erstellt. Die Lachsgruppe entscheidet jährlich wo und wie viele Lachse ausgesetzt werden. Sie überwacht die Arbeiten der Koordinationsstelle.

9.2 Koordinationsstelle

Die Koordinationsstelle plant die Besatzmassnahmen, koordiniert die verschiedenen Wirkungskontrollen, stattet der Lachsgruppe Schweiz Bericht über den Fortschritt der Arbeiten im Feld, in den Zuchten und der Wirkungskontrollen. Sie repräsentiert die Schweiz in den verschiedenen nationalen und internationalen Arbeitsgruppen des Lachses. Sie nimmt auch an internationalen wissenschaftlichen Kongressen zum Lachs teil.

Die Koordinationsarbeiten beginnen Anfang 2021 und ziehen sich über die gesamte Projektdauer. In den folgenden Kapiteln werden die zu koordinierenden Arbeiten kurz beschrieben und deren zeitlicher Ablauf skizziert.

9.2.1 Besatzplanung (jährlich)

Die Besatzpläne werden jährlich erstellt. Dabei fliessen Ergebnisse aus den Wirkungskontrollen, die Situation in den Lachszuchten und Erkenntnisse aus der Wissenschaft kontinuierlich ein. Der Besatzplan wird im Rahmen der Sitzungen der Lachsgruppe Schweiz besprochen und angepasst. Er dient auch der standortübergreifenden Zuchtplanung.

9.2.2 Teilnahme an Sitzungen und Kongressen

Die Koordinationsstelle nimmt folgende Aufgaben wahr:

- Sie nimmt zwei Mal pro Jahr an den Sitzungen der Lachsgruppe Schweiz teil und informiert über den Stand des Wiederansiedlungsprojekts des Lachses. Sie ist ebenfalls für die Erstellung des Sitzungsprotokolls verantwortlich.
- Sie nimmt einmal pro Jahr an der Sitzung der "Unité de gestion du Rhin supérieur" teil und vertritt die Schweizer Interessen in dieser Arbeitsgruppe. Die wichtigsten Punkte der Sitzung werden jährlich im Statusbericht festgehalten (Vgl. Kapitel 9.2.4).
- Sie vertritt die Schweiz zweimal pro Jahr an der Sitzung der "Commission de pisciculture de la Petite Camargue Alsacienne".
- Sie nimmt am jährlich stattfindenden Erfahrungsaustausch im Wanderfischprogramm der IKSR in Koblenz teil und präsentiert an dieser Sitzung jeweils die Fortschritte, die bei der Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz gemacht wurden. Die Erkenntnisse von anderen IKSR Mitgliedern lässt sie in die Schweizer Bemühungen einfliessen.
- Sie nimmt an wichtigen internationalen Kongressen zum Thema atlantischer Lachs teil. Dies beinhaltet insbesondere auch die Veranstaltungen der NASCO.

9.2.3 Koordination Wirkungskontrollen (jährlich)

Von 2021-2025 plant die Koordinationsstelle jährlich die Erfolgskontrollen für das Jungfischaufkommen (Wirkungskontrolle A1). Weiter pflegt sie den Austausch mit externen Auftragnehmern von Lachs-Wirkungskontrollen und nimmt an Projektleitungssitzungen teil. Schliesslich ist sie Teil der Arbeitsgruppe, die das koordinierte Hochrheinmonitoring weiterentwickeln wird.

9.2.4 Koordination Sanierung Wasserkraft

Die Koordinationsstelle sorgt dafür, dass Anliegen der Lachswiederansiedlung bei der Koordination der Sanierung Wasserkraft berücksichtigt werden.

9.2.5 Schriftliche Berichterstattung über Fortschritte in den Bereichen Besatz, Wirkungskontrolle und Austausch (jährlich)

Damit die Fortschritte bei der Wiederansiedlung des Lachses nachvollzogen werden können, rapportiert die Koordinationsstelle jährlich über die Fortschritte der Lachswiederansiedlung. Dabei sollen alle Bereiche zusammenfassend behandelt werden (Koordination, Besatz, Wirkungskontrolle und alle fünf Jahre eine Evaluation des Fortschritts). Die Ergebnisse werden zwecks Öffentlichkeitsarbeit für das laufende BAFU-Projekt «Mainstreaming Biodiversity» in geeigneter Form aufbereitet.

9.2.6 Weiterentwicklung des Modells und der Priorisierung

Im Rahmen der Wirkungskontrolle und dem Fortschritt in der Wissenschaft werden laufend neue Erkenntnisse anfallen, die wichtig sind, um die Chancen für selbsterhaltende Populationen in den Besatzgewässern einschätzen zu können. Aus diesem Grund sollen auch die Priorisierung (Kap. 4) und das computergestützte Basismodell (Kap. 6) fortlaufend aktualisiert werden. Zudem sollen die gewässerspezifischen Modelle aufgebaut werden, sobald sie mit aktuellen, spezifischen Daten gefüttert werden können. Dabei soll eine umfassende Sensitivitätsanalyse entwickelt werden, um die Schlüsselfaktoren hinsichtlich des Besatzerfolgs zu erkennen.

9.3 Projektspezifische Auftragnehmer

Komplexe und grössere (nicht Routine-) Arbeiten der Wirkungskontrollen können nicht von der Koordinationsstelle oder den Kantonalen Fachstellen übernommen werden. Diese werden projektspezifisch an Fachhochschulen oder Firmen in Auftrag gegeben. Diese arbeiten in der Regel im Auftrag der Lachsgruppe Schweiz. Die Koordinationsstelle wird in die Leitung dieser Projekte involviert.

9.4 Externe Evaluation

Es besteht das Risiko, dass die Wiederansiedlungsbemühungen nicht den gewünschten Erfolg bringen. So könnten beispielsweise Rückkehrer ausbleiben, oder deren Anzahl zu gering sein, um eine Wiederansiedlung erfolgreich zu gestalten. Um zu entscheiden, ob und in welcher Form die Anstrengungen fortgeführt werden, sollen die Wiederansiedlungsbemühungen alle 5 Jahre durch ein externes Gutachten beurteilt werden. Dieses Gutachten soll von einem Expertengremium verfasst werden, bestehend aus Lachsfachleuten und Wissenschaftlern sowie Behördenvertretern. Die Experten sollten nicht direkt an den Arbeiten in der Schweiz beteiligt sein. Diese Gutachten sollen kritisch und konstruktiv sein und mithelfen, die Wiederansiedlungsbemühungen zu optimieren und Ressourcen effizient einzusetzen. Durch eine externe Begutachtung wird sichergestellt, dass mögliche Interessenkonflikte von Beteiligten, sei es auf Behördenseite oder auf Auftragnehmerseite, bei der Urteilsbildung ausgeschlossen werden. Das Gremium berät zudem die Projektleitung bei strategischen Entscheidungen.

10 Literaturverzeichnis

1. Dönni, W., L. Spalinger, and A. Knutti. 2016. *Die Rückkehr des Lachses in der Schweiz – Potential und Perspektiven. Auslegeordnung*.
2. BAFU. 2011. *Liste der National Prioritären Arten*. Umwelt-Vollzug. Bern: Bundesamt für Umwelt.
3. Aktionsplan des Bundesrates. 2017. *Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz*. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).
4. BAFU. 2012. *Konzept Artenförderung Schweiz*. Bundesamt für Umwelt BAFU.
5. Dönni, W., and L. Spalinger. 2017. *Erhaltung und Förderung der Wanderfische in der Schweiz – Zielarten, Einzugsgebiete, Aufgaben*. Luzern.
6. IKS. 2004. *Rhein Lachs 2020*. Koblenz.
7. IKS. 2009. *Masterplan Wanderfische Rhein*. Koblenz: Internationale Kommission zum Schutz des Rheins.
8. Lauterborn, R. 2009. *50 Jahre Rheinforschung - Lebensgang und Schaffen eines deutschen Naturforschers*. Lavori Verlag.
9. IKS. 2009. *Gesamtanalyse einschließlich Bewertung der Wirksamkeit der laufenden und geplanten Maßnahmen im Rheingebiet mit Blick auf die Wiedereinführung von Wanderfischen*. Nr. 167. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins.
10. Fatio, V. 1890. Histoire naturelle des poissons. In *Faune des vertébrés de la Suisse*, ed. H. Georg. Genève et Bale.
11. Diserens, S. 2013. *Le saumon en pays de Fribourg - Distribution historique*. Fribourg: Service des forêts et de la faune, section pêche.
12. Musy, M. 1880. Statistique sur la distribution des poissons dans les lacs et les cours d'eau du canton de Fribourg. *Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles* 1.
13. Bartl, G., K. Parey, and H.J. Troschel. 1993. *Die historische Entwicklung der Fischerei am Hoch und Oberrhein in Baden-Württemberg – Materialsammlung, Band I*. Im Auftrag des Landes Baden- Württemberg und des Landesfischereiverbandes Baden-Württemberg e.V.
14. Mertens, M., R. Bösiger, P. Imhof, A. Knutti, D. Küry, and E. Staub. 2011. *Der Lachs - Ein Fisch kehrt zurück*. Bern: Haupt Verlag.
15. Kunz, F. 2014. Growth, habitat use and migration timing of stocked Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a Swiss tributary of the Rhine river. Zürich/Kastanienbaum: University of Zürich, EAWAG.
16. Thorstad, E., F. Whoriskey, I. Uglem, A. Moore, A. Rikardsen, and B. Finstad. 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *Journal of Fish Biology*: 500–542.
17. Jepsen, N., K. Aarestrup, F. Økland, and G. Rasmussen. 1998. Survival of radiotagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia*: 347.
18. Dönni, W., and P. Vonlanthen. 2017. *Die Rückkehr des Lachses in der Schweiz – Aufzucht von Besatzlachsen*. Luzern: Fischwerk, Aquabios GmbH.
19. Baier, E. 2019. *Untersuchung des Lachs-Monitorings in der Schweiz - Erfassung des Ist-Zustandes sowie Handlungsempfehlungen - Entwurf*. Zürich: Fischwanderung.ch.
20. Nemitz, A., and F. Molls. 1999. Anleitung zur Kartierung von Fließstrecken im Hinblick auf ihre Eignung als Besatzorte für 0+ Lachse (*Salmo salar* L.). *LÖBF, Beiträge aus den Fischereidezernaten* Heft 4.
21. Ninck, L., and W. Dönni. 2019. *Die Rückkehr des Lachses in der Schweiz - Habitatangebot für juvenile Lachse. Synthesebericht*. Studie Im Auftrag Des Bundesamtes Für Umwelt. Luzern: Fischwerk GmbH.
22. Verspoor, E. 1997. Genetic diversity among Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) populations. *ICES Journal of Marine Science* 54: 965–973.
23. Verspoor, E., L. Stradmeyer, and J. L. Nielsen. 2007. *The Atlantic Salmon - Genetics, Conservation and Management*. Oxford: Blackwell Publishing.
24. Araki, H., B. Cooper, and M. S. Blouin. 2007. Genetic Effects of Captive Breeding Cause a Rapid, Cumulative Fitness Decline in the Wild. *Science* 318: 100–103.
25. Klinger, H., D. Fey, A. Nemitz, H. Schulze-Wiehenbrauck, and K. Schindehütte. 2011. *Wanderfischprogramm Nordrhein-Westfalen. Ein Landesprogramm im Bereich Naturschutz & Gewässerökologie (Phase*

- 2011-2015). Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
26. Holzer, G., A. Peter, H. Renz, and E. Staub. 2003. *Fischereiliche Bewirtschaftung heute - vom klassischen Fischbesatz zum ökologischen Fischereimanagement*. Projekt «Netzwerk Fischrückgang Schweiz». Kastanienbaum,: EAWAG.
 27. Largiader, C. R., and D. Hefti. 2002. *Genetische Aspekte des Schutzes und der nachhaltigen Bewirtschaftung von Fischarten*. MITTEILUNGEN ZUR FISCHEREI NR. 73. Bern: Bundesamt für Umwelt.
 28. Schneider, J. 2009. *Die Lachs-Elternfischhaltung im Lachszentrum Hasper Talsperre e.V.* Frankfurt am Main: Bürogemeinschaft für fisch- und gewässerökologische Studien – BFS.
 29. Nemitz, A., and K. Schindehütte. 2010. Natürliche Reproduktion von Lachsen im Einzugsgebiet der Sieg in NRW – Status und Perspektiven. presented at the Workshop “Masterplan Wanderfische Rhein», Freiburg.
 30. Schneider, J. 2016. *Stand der Wiederansiedlung des Lachses (S. salar) im Gewässersystem der Kinzig (Hessen)*. Studie Im Auftrag Des Landes Hessen - Regierungspräsidium Darmstadt - Obere Fischereibehörde - Werkvertrag-Nr. F1/2016. BFS.
 31. Hendry, K., and D. Cragg-Hine. *Ecology of the Atlantic Salmon*. Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 7. Peterborough.: English Nature.
 32. McMenemy, J.R. 1995. Survival of Atlantic Salmon Fry Stocked at Low Density in the West River, Vermont. *North American Journal of Fisheries Management* 15: 366–374.
 33. Becker, A., and P. Rey. 2004. *Rückkehr der Lachse in Wiese, Birs und Ergolz*. MITTEILUNGEN ZUR FISCHEREI NR. 79. Ittigen: BAFU.
 34. Kennedy, G. J. A., and C. D. Strange. 1986. The effects of intra-and inter-specific competition on the distribution of stocked juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to depth and gradient in an upland trout, *Salmo trutta* L., stream. *Journal of Fish Biology* 29: 199–214.
 35. Harwood, A. J., N. B. Metcalfe, J. D. Armstrong, and S. W. Griffiths. 2001. Spatial and temporal effects of interspecific competition between Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 1133–1140.
 36. Riley, W. D., M. J. Ives, M. G. Pawson, and D. L. Maxwell. 2006. Seasonal variation in habitat use by salmon, *Salmo salar*, trout, *Salmo trutta* and grayling, *Thymallus thymallus*, in a chalk stream. *Fisheries Management and Ecology* 13: 221–236.
 37. Houde, Aimee Lee S., Chris C. Wilson, and Bryan D. Neff. 2015. Competitive interactions among multiple non-native salmonids and two populations of Atlantic salmon. *Ecology of Freshwater Fish* 24: 44–55.
 38. Hannon, B., and M. Ruth. *Modeling dynamic biological systems*. Springer Verlag.
 39. Schneider, J. 2017. *Datenauswertung zur Identifizierung und Evaluierung von bottlenecks und Mortalitätsursachen im Rahmen der Wiederansiedlung des Atlantischen Lachses im Rheinsystem*. Konzept. IKS.R.
 40. Association Saumon-Rhin. 2013. Saumon Rhin Infos 15.
 41. MUNLV. 2006. *Wanderfischprogramm Nordrhein-Westfalen – Phase 2007 bis 2010*. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW.
 42. Association Saumon-Rhin. 2014. *Repeuplement et suivi annuel des juvéniles de saumon atlantique dans le bassin Rhin-Meuse*. Oberschaeffolsheim: Oberschaeffolsheim.
 43. Trancart, T., S. Tétard, A. Acou, E. Feunteun, F. Schaeffer, and E. De Oliveira. 2018. Silver eel downstream migration in the River Rhine, route choice, and its impacts on escapement: A 6-year telemetry study in a highly anthropized system. *Ecological Engineering* 123.
 44. LimnoPlan. 2018. *Untersuchung der Smoltabwanderung in der Agger mit Hilfe einer Rotary-Screw-Trap (RST), Saison Frühjahr 2018*. Erfstadt: Untersuchung im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW.
 45. Scace, J.G., B. H. Letcher, and J. Noreika. 2007. An Efficient Smolt Trap for Sandy and Debris-Laden Streams. *North American Journal of Fisheries Management* 27: 1276–1286.
 46. Milot, E., C. Perrier, L. Papillon, J. J. Dodson, and L. Bernatchez. 2013. Reduced fitness of Atlantic salmon released in the wild after one generation of captive breeding. *Evolutionary Applications* 6: 472–485.
 47. Vonlanthen, P., and T. Kreienbühl. 2017. Wiederansiedlung des Lachses im Möhlinbach - Besatzversuch mit drei Altersstadien. Kanton Aargau, Abteilung Landschaft und Gewässer & Sektion Jagd und Fischerei, Aarau.

48. Stringwell, R., A. Lock, C. J. Stutchbury, E. Baggett, J. Taylor, P. J. Gough, and C. Garcia de Leaniz. 2014. Maladaptation and phenotypic mismatch in hatchery-reared Atlantic salmon *Salmo salar* released in the wild. *Journal of Fish Biology* 85: 1927–1945.
49. Evans, Melissa L., Tiago S. Hori, Matthew L. Rise, and Ian A. Fleming. 2015. Transcriptomic responses of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) to environmental enrichment during juvenile rearing. *PLoS one* 10: e0118378.
50. Nieland, Julie L., Timothy Francis Sheehan, Rory Saunders, Jeffrey S. Murphy, Tara R. Trinko Lake, and Justin R. Stevens. 2013. *Dam impact analysis model for Atlantic salmon in the Penobscot River, Maine*. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Northeast Fisheries Science Center.
51. Arzbach, H. -H., P. Beek, R. Bock, M. Brunke, H. BRUNKEN, R. Burkhardt, P. Dehus, et al. 2015. Bewertungsbögen der Rundmäuler und Fische als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring; Originalfassung Wanderfische; 2. Überarbeitung, Stand: 08/2015. Bundesamt für Naturschutz BfN.
52. Verspoor, Eric, Lee Stradmeyer, and Jennifer L. Nielsen. 2008. *The Atlantic salmon: genetics, conservation and management*. John Wiley & Sons.
53. Schneider, J. 1998. Zeitliche und räumliche Einnischung juveniler Lachse (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) allochthoner Herkunft in ausgewählten Habitaten. PhD, Frankfurt am Main: Johann Wolfgang Goethe - Universität zu Frankfurt am Main.
54. Roche, P. 1994. Habitat availability and carrying capacity in the French part of the Rhine for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Water Science and Technology* 29: 257–265.
55. Krau, F. Einfluss der Groppe (*Cottus rhenanus*) auf Überlebensrate und Wachstum juveniler Atlantischer Lachse (*Salmo salar*). MsC, Rostock: Institut für Biowissenschaften - Zoologie Studiengang Master of Science Meeresbiologie Universität Rostock.
56. Gabler, Heidi-Marie, and Per-Arne Amundsen. 2010. Feeding strategies, resource utilisation and potential mechanisms for competitive coexistence of Atlantic salmon and alpine bullhead in a sub-Arctic river. *Aquatic ecology* 44: 325–336.
57. Louhi, Pauliina, Aki Mäki-Petäys, Ari Huusko, and Timo Muotka. 2014. Resource use by juvenile brown trout and A lpine bullhead: influence of interspecific versus intraspecific competition. *Ecology of Freshwater Fish* 23: 234–243.
58. Schneider, J. 2017. Revitalisierung von Laich und Aufwuchsgewässern - was gefällt dem Lachs? Edited by Seminar 174411. Berner Fachhochschule, Burgdorf.
59. Bal, Guillaume, Etienne Rivot, Etienne Prévost, Cyril Piou, and Jean-Luc Baglinière. 2011. Effect of water temperature and density of juvenile salmonids on growth of young-of-the-year Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology* 78: 1002–1022.
60. Dönni, W., and L. Spalinger. 2018. *Wassertemperatur und Fische in Fließgewässern. Grundlagenbericht zum Faktenblatt Temperatur*. Bundesamt für Umwelt.
61. Jährling, K.-H., C. Linnenweber, S. Naumann, U. Dumont, M. Nussbaum, and B. Schneider. 2008. Strategiepapier Fischdurchgängigkeit.
62. Brevé, Niels WP, Anthonie D. Buijse, Martin J. Kroes, Herman Wanningen, and Frederik T. Vriese. 2014. Supporting decision-making for improving longitudinal connectivity for diadromous and potamodromous fishes in complex catchments. *Science of the Total Environment* 496: 206–218.
63. Fjeldstad, Hans-Petter. 2012. Atlantic Salmon Migration Past Barriers.
64. Newton, M., J. A. Dodd, J. Barry, P. Boylan, and C. E. Adams. 2018. The impact of a small-scale riverine obstacle on the upstream migration of Atlantic Salmon. *Hydrobiologia* 806: 251–264.
65. Sutela, Tapio, Panu Orell, Ari Huusko, Mikko Jaukkuri, Riina Huusko, Aki Mäki-Petäys, and Jaakko Erkinaro. 2018. Vertical and horizontal distribution of ascending Atlantic salmon in power plant tailrace channels. *Fisheries Management and Ecology* 25: 267–274.
66. Larinier, Michel. 2008. Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia* 609: 97–108.
67. Gustafsson, Stina. 2010. Migration losses of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at a hydropower station area in River Åbyälven, Northern Sweden.

68. Havn, Torgeir B., Finn Økland, Lisa Heermann, Eva B. Thorstad, Maxim AK Teichert, Stein Are Sæther, Meelis Tambets, and Jost Borcharding. 2016. Downstream migration of Atlantic salmon smolts at Unkelmühle power station and Buisdorf dam in 2016.
69. Thorstad, E. B., T. B. Havn, S. A. Sæther, L. Heermann, M. A. K. Teichert, O. H. Diserud, M. Tambets, J. Borcharding, and F. Økland. 2017. Survival and behaviour of Atlantic salmon smolts passing a run-of-river hydropower facility with a movable bulb turbine. *Fisheries Management and Ecology* 24: 199–207.
70. Riley, W. D. 2007. Seasonal downstream movements of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., with evidence of solitary migration of smolts. *Aquaculture* 273: 194–199.
71. Ebel, G. 2018. *Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Ingenieurbiologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung*. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie.
72. Newton, M., J. Barry, J.A. Dodd, M.C. Lucas, P. Boylan, and C.E. Adams. 2019. A test of the cumulative effect of river weirs on downstream migration success, speed and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts: An empirical study. *Ecology of Freshwater Fish* 28: 176–186.
73. McLennan, D., E. Rush, S. McKelvey, and N. Metcalfe. 2018. Timing of Atlantic salmon *Salmo salar* smolt migration predicts successful passage through a reservoir. *Journal of Fish Biology*: 1651–1656.
74. Reuter, M., and C. Kohout. 2014. *Praxishandbuch für den umweltbewussten Einsatz von Turbinentechnologien im Bereich der Kleinstwasserkraft*. Institut für Wasserwirtschaft, Siedlungswasserbau und Ökologie GmbH.
75. Bartholow, J.M. 2004. Modeling Chinook salmon with SALMOD on the Sacramento River, California. *Hydroécologie Appliquée* 14: 193–219.
76. Borsányi, P., K. Alfredsen, A. Harby, O. Ugedal, and C. Kraxner. 2004. A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic salmon in Norway. *Hydroécologie Appliquée* 14: 119–138.
77. Borsuk, M.E., P. Reichert, A. Peter, E. Schager, and P. Burkhardt-Holm. Assessing the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers using a Bayesian probability network. *Ecological Modelling* 192: 224–244.
78. Capra, H., C. Sabaton, V. Gouraud, Y. Souchon, and P. Lim. 2003. A population dynamics model and habitat simulation as a tool to predict brown trout demography in natural and bypasses stream reaches. *River Research and Applications* 15: 551–568.
79. Hamazaki, T. 2009. Using a salmon life-history simulation model to evaluate escapement goals derived from a spawner-recruit model. In *Pacific salmon environmental and life history models: advancing sciences for sustainable salmon in the future*. American Fisheries Society.
80. Jonsson, B., and N. Jonsson. 2009. A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of Fish Biology* 75: 2381–2447.
81. Dumas, J., and S. Marty. 2006. A new method to evaluate egg to fry survival in salmonids, trials with Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 68: 284–304.
82. Castellani, M., M. Heino, J. Gilbey, T. Svåsand, and K.A. Glover. 2015. IBSEM: An individual-based Atlantic salmon population model. *PLOS One*: 1–35.