



# Die Rückkehr des Lachses in der Schweiz – Potential und Perspektiven

## Auslegeordnung

Expertenbericht im Auftrag des  
Bundesamtes für Umwelt BAFU

**Dezember 2016**

**F I S C H W E R K**

**WERNER DÖNNI**

FISCHBIOLOGIE • GEWÄSSERÖKOLOGIE • GEOINFORMATIK

NEUSTADTSTRASSE 7, 6003 LUZERN

T 041 210 20 15

INFO@FISCHWERK.CH

WWW.FISCHWERK.CH

## Impressum

Auftraggeber	<p>Bundesamt für Umwelt (BAFU) Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).</p> <p><i>Kontaktperson</i> Andreas Knutti T 058 464 72 83 andreas.knutti@bafu.admin.ch</p>
Auftragnehmer	<p>Fischwerk Neustadtstrasse 7 6003 Luzern</p> <p><i>Kontaktperson</i> Werner Dönni T 041 210 20 15 werner.doenni@fischwerk.ch</p>
AutorInnen	<p>Werner Dönni (Fischwerk) Lena Spalinger (Fischwerk)</p>
Begleitung BAFU	<p>Andreas Knutti</p>
Arbeitsgruppe	<p>David Bittner (Sektion Jagd und Fischerei AG) Daniel Zopfi (Jagd- und Fischereiverwaltung BL) Hans-Peter Jermann (Amt für Umwelt und Energie BS) Andreas Hertig (Fischerei- und Jagdverwaltung ZH) Armin Peter (ehemals EAWAG)</p>
Beratung Kapitel 7	<p>Andreas Becker (Hydra)</p>
Disclaimer	<p>Dieser Expertenbericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.</p>
Zitervorschlag	<p>Dönni, W., Spalinger, L., Knutti, A. 2016: Die Rückkehr des Lachses in der Schweiz – Po- tential und Perspektiven. Auslegeordnung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, 55 S.</p>
Titelseite	<p>Die Töss im Mündungsbereich – ein historisches Lachsgewässer und ein Potenzialgewässer für die Wiederansiedlung. © Fischwerk.</p>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2 Historische Verbreitung</b>	<b>7</b>
<b>3 Rechtliche Grundlagen</b>	<b>9</b>
<b>3 Habitat</b>	<b>10</b>
3.1 Habitatanforderungen	10
3.2 Habitatpotenzial	10
3.3 Flächenbedarf	11
3.4 Erhöhung des Habitatpotenzials	13
<b>4 Durchgängigkeit</b>	<b>14</b>
4.1 Situation am Oberrhein	14
4.2 Situation in der Schweiz	16
4.2.1 Ausdünnung während der Wanderung	16
4.2.2 Zeitverzögerungen bei der Passage von Wanderhindernissen	17
4.2.3 Natürliche Wanderhindernisse	17
<b>5 Weitere Faktoren</b>	<b>18</b>
5.1 Hydrologie und Geschiebehaushalt	18
5.2 Wasserqualität und Wassertemperatur	19
5.3 Krankheiten und Parasiten	19
5.4 Konkurrenz zur Bachforelle	20
5.5 Neozoen	20
<b>6 Mittelfristig erreichbare Gebiete</b>	<b>21</b>
6.1 Perimeterausscheidung für ein etappiertes Vorgehen	21
6.2 Charakterisierung Perimeter I	24
6.3 Risikoanalyse Perimeter I	24
6.3.1 Habitatpotenzial	25
6.3.2 Durchgängigkeit	25
6.3.3 Hydrologie und Geschiebehaushalt	26
6.3.4 Wasserqualität (inkl. Wassertemperatur)	26
6.3.5 Konkurrenz zur Bachforelle	28
6.3.6 Neozoen	28
6.3.7 Kommunikation	28
<b>7 Überlegungen zu einer Besatzstrategie</b>	<b>30</b>
7.1 Notwendigkeit eines Besatzes	30
7.2 Bisheriger und laufender Besatz	30
7.3 Generelle Voraussetzungen	31
7.3.1 Grundsatz der Nachhaltigkeit	31
7.3.2 Historisches Vorkommen und natürliche Ausbreitungsgrenze	32
7.3.3 Gewässergrösse	32
7.3.4 Habitatverfügbarkeit	33
7.4 Besatz	34
7.4.1 Besatzgewässer	34
7.4.2 Besatzalter, Besatzdichte, Besatzproduktion	34
7.4.3 Erfolgskontrolle	35
<b>8 Ausblick</b>	<b>37</b>
<b>9 Zitierte Literatur</b>	<b>38</b>
<b>Anhang</b>	<b>42</b>
A Hinweise zur historischen Verbreitung	43
B Berechnung des Habitatpotenzials	45
C Potenzialgewässer in Perimeter I	48
D IUCN-Kriterien	49
E Communiqué der Rhein-Ministerkonferenz (Auszug)	51
F Verbreitung von Seeforelle und Barbe	54
G Mindestanforderungen an einen Schlitzpass	55

## Zusammenfassung

Der Lachs ist im Rheineinzugsgebiet vor Jahrzehnten als Folge von Flusskorrekturen, Wasserkraftnutzung, Gewässerverschmutzung und Überfischung ausgestorben. In der Schweiz wurde sein Aussterben primär durch das Errichten von Kraftwerksanlagen an den grossen Flüssen verursacht. Seit Anfang der 1990er-Jahre laufen Bemühungen der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), den Lachs – das Flagship für die Gesundheit des Rheins – wieder anzusiedeln. In den Rheinzufüssen zwischen den Niederlanden und Basel gibt es bereits wieder selbstreproduzierende Populationen.

Im Hochrhein wurden in den letzten Jahren drei adulte Lachse nachgewiesen (Rückkehrer), die die Kraftwerksanlagen am Oberrhein vermutlich via Schiff-Schleusen passieren konnten – ein Weg, den aber nur einzelne Lachse finden. Sobald die oberrheinischen Kraftwerke in Gerstheim, Rhinau, Marckolsheim und Vogelgrün über Fischaufstiegshilfen verfügen, werden Lachse wieder regelmässig in den Hochrhein gelangen. An der Ministerkonferenz der IKSR im Jahre 2013 wurde beschlossen, dass an den Oberrheinstautufen Rhinau, Marckolsheim und Vogelgrün ein effizientes Fischpasssystem zu planen und auszuführen ist, damit die Fische bis 2020 den Alt-(Rest)Rhein und Basel erreichen können.

Es stellt sich daher die Frage, ob die Schweiz für den Lachs bereit ist. Die vorliegende Studie beschreibt die heutige Situation bezüglich der Schlüsselaspekte für eine erfolgreiche Wiederbesiedlung. Sie dient als Auslegeordnung, um später gemeinsam mit den Kantonen ein eigentliches Programm für die Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz über die in der Region Basel liegenden Fliessgewässer hinaus zu entwickeln.

Es wird gezeigt, dass auch oberhalb von Basel ein verhältnismässig grosses Angebot an Flächen mit potenziellem Laich- und Juvenilhabitat für den Lachs besteht (Habitatpotenzial). Daraus wird ein primärer Besiedlungsperimeter (Perimeter I) hergeleitet, in dem die Wiederbesiedlung gezielt gefördert werden soll. Er umfasst das bekannte historische Verbreitungsgebiet unterhalb der grossen Alpenrandseen. Der übrige Teil liegt in einem sekundären Perimeter (Perimeter II), in dem jede Gelegenheit genutzt werden soll, die Fliessgewässer für den Lachs bereitzustellen.

Für den Perimeter I werden 59 Gewässerabschnitte mit Habitatpotenzial (Potenzialgewässer) ausgewiesen. Das rechnerisch geschätzte Habitatangebot liegt in der Grössenordnung von 450 ha. In groben Zügen wird aufgezeigt, welche Verbesserungen im Perimeter I umgesetzt werden müssen, um möglichst optimale Bedingungen für eine erfolgreiche Wiederansiedlung erreichen zu können. In erster Linie muss die Fischgängigkeit verbessert werden. An vielen Gewässern werden auch Habitatverbesserungen notwendig sein. In der Schweiz werden seit 30 Jahren im Raum Basel und seit einigen Jahren auch in Aargauer Hochrheinzufüssen Junglachse in kleinsten Mengen eingesetzt. Zu den notwendigen Massnahmen gehört auch ein deutlich umfangreicheres Besatzprogramm, zu dem erste Überlegungen angestellt wurden.

Die Rückkehr des Lachses in die Schweiz in den nächsten 15 Jahren ist machbar. Dank der Inkraftsetzung der revidierten Gewässerschutzgesetzgebung ist die Ausgangslage sogar äusserst günstig. Es erlaubt, die Fischwanderung an den Kraftwerksanlagen deutlich zu verbessern, weitere Revitalisierungsprojekte umzusetzen, den Geschiebetrieb zu reaktivieren bzw. zu verbessern und die negativen Auswirkungen von Schwall und Sunk zu dämpfen.

Die Schweiz möchte diese günstigen Bedingungen nützen und die Voraussetzungen für die Rückkehr des Lachses deutlich verbessern. Bis 2030 sollen sämtliche Kraftwerksanlagen im Perimeter I über lachsgängige Fischaufstiegshilfen verfügen. Zudem sollen bis dann der Fischschutz und der Fischabstieg soweit als möglich gewährleistet sein. Gleichzeitig sollen die bezeichneten Potenzialgewässer vor einer Verschlechterung des bestehenden Zustandes bewahrt und bei Bedarf aufgewertet werden. Bis spätestens 2030 sollen wieder vermehrt Lachse in Schweizer Gewässer aufsteigen und sich natürlich fortpflanzen.

Es verbleiben aber auch Risikofaktoren. Hervorzuheben sind die Ketten von Wasserkraftwerken. Trotz modernster Wanderhilfen dürfte jedes Hindernis bei einem Teil der Fische zu einem Wanderungsab-

bruch führen. Dies kann zu einer Ausdünnung der aufsteigenden Laichtiere bzw. der abwärts wandernden Smolts entlang der Kraftwerkketten führen. Die schleichende Zunahme der Wassertemperatur, Fischkrankheiten und invasive Neozoen sind weitere Risikofaktoren, deren Relevanz im Auge zu behalten ist. Gleichwohl macht eine Intensivierung und Ausdehnung der laufenden Wiederansiedlungsbemühungen ausgesprochen Sinn. Vom Lachs als Flagship-Art werden nämlich zahlreiche andere Fischarten und der aquatische Lebensraum als Ganzes profitieren.

Im Bericht wird aufgezeigt, welche Massnahmen angegangen werden müssen, um eine Wiederansiedlung des Lachses bis 2030 im schweizerischen Einzugsgebiet des Hochrheins zu erreichen. Im Rahmen der laufenden Zusammenarbeit mit den Kantonen und anderen Partnern sollen diese Massnahmen in einem Programm gebündelt und umgesetzt werden. Im Jahr 2022 sollen eine erste Bilanz gezogen und Empfehlungen für das weitere Vorgehen definiert werden.

## 1 Einleitung

Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), in der auch die Schweiz vertreten ist, hat sich die Rückkehr des Lachses in den Hochrhein bis zum Jahr 2020 zum Ziel gesetzt (IKSR 2004a, 2009, 2013). Dazu wird ein internationales Wiederansiedlungsprogramm mit Massnahmen zur Aufwertung des Lebensraums und einem Besatzprogramm umgesetzt. Bereits seit etlichen Jahren werden geeignete Gewässer im Raum Basel mit jungen Lachsen besetzt, um die Wiederansiedlung in der Schweiz zu ermöglichen.

Der Lachs ist eine national prioritäre Art (BAFU 2011). Er gilt in der Schweiz nach wie vor als ausgestorben, auch wenn im Jahre 2008 ein Lachs bei Basel und 2012 zwei Lachse bei Rheinfelden 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 15 Jahre umfassende ökologische Aufwertungen der Fliessgewässer zu erwarten. Von dieser positiven Entwicklung wird auch der Lachs profitieren. Im Hinblick auf eine erfolgreiche Wiederbesiedlung der Schweiz durch den Lachs sollen verschiedene Fragestellungen zum Habitatangebot und zur Durchwanderbarkeit aber auch zu Risiken erörtert werden. Die Gewässer Wiese, Birs und Ergolz im Raum Basel wurden bereits zwei Mal auf ihre Eignung und Entwicklung als zukünftiger Lebensraum für den Lachs genauer untersucht (Rey et al. 1996; Becker et al. 2004).

Die vorliegende Studie dient als Auslegeordnung, um gemeinsam mit den Kantonen ein eigentliches Programm für die Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz über die in der Region Basel liegenden Fliessgewässer hinaus zu entwickeln. Sie zeigt auf, welche weiteren Schweizer Fliessgewässer der Lachs mittelfristig besiedeln kann (ökologisches Potenzial<sup>1</sup>) und welche Schlüsselaspekte dabei von Bedeutung sind. Der potenzielle Ausbreitungsperimeter wird definiert und die notwendigen Massnahmen, die dem Lachs die Wiederbesiedlung bis 2030 zu ermöglichen sollen, werden grob umrissen. Zudem wird eine Risikoanalyse vorgenommen und es werden wichtige Wissenslücken thematisiert. Die bereits gestartete vertiefte Analyse wird das Potenzial für die Wiederansiedlung in den bezeichneten Gewässerabschnitten noch genauer aufzeigen.

Der vorliegende Bericht ist eine wichtige Grundlage für den Bericht zur «Erhaltung und Förderung der Wanderfische in der Schweiz» des Bundesamtes für Umwelt, der neben anderen Wanderfischarten auf den Lachs als wichtige Zielart fokussiert (Dönni et al. 2017).

---

<sup>1</sup> Bei der Festlegung des ökologischen Potenzials ist bei beeinträchtigten Gewässern, deren ökologische Bedeutung in einem gedachten Referenzzustand zu berücksichtigen, in dem die anthropogenen Beeinträchtigungen soweit beseitigt sind, als dies mit verhältnismässigem Aufwand möglich ist (Art. 33a GSchV).

## 2 Historische Verbreitung

Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet des Atlantischen Lachses in der Schweiz ist in erster Linie für grössere Gewässer historisch belegt. Insbesondere von kleineren Fließgewässern sind wenige Informationen vorhanden. Die verfügbaren Angaben basieren primär auf etwa einem Dutzend Schriften aus der Zeit zwischen 1820 und 1910. Eine eigentliche historische Analyse liegt aber nicht vor. Die teils widersprüchlichen Quellen zeichnen kein eindeutiges Bild. Zudem scheinen die Aussagen einiger Autoren weniger auf eigenen Erkenntnissen als auf denen der anderen zu beruhen.

Die bekannte historische Verbreitung umfasst einen Grossteil des Rheineinzugsgebietes (Abb. 1, Anhang A). In Basel erschienen die Lachse während ihres Laichzuges flussaufwärts jeweils ab ca. Ende Mai. In den folgenden Monaten zogen sie zu ihren angestammten Laichgebieten. Die Laichzeit lag mehrheitlich in den Monaten November und Dezember.

Das Kerngebiet lag unterhalb des Rheinfalls und unterhalb der grossen Alpenrandseen (Thunersee, Vierwaldstättersee und Zürichsee). Asper (1890) vermutet, dass die grossen Seen natürliche Ausbreitungsbarrieren waren und dass die historischen Angaben zu Lachsvorkommen oberhalb dieser Seen auf einzelne Streuner (Lachse, die nicht ihre Geburtsgewässer aufsuchen) oder Verwechslungen mit der Seeforelle zurückzuführen sind<sup>2</sup>. Die historische Verbreitungsgrenze in den alpinen Oberläufen der grossen Flüsse ist daher meistens nicht bekannt<sup>3</sup>. Auffällig ist, dass der Lachs nur für wenige Mittellandbäche westlich der Reuss dokumentiert ist. Über die damaligen Laichgebiete der Lachse ist wenig bekannt. Sicher ist aber, dass nicht bloss in den Zuflüssen, sondern auch im Hochrhein und in der Aare grosse Laichgebiete lagen.

Bereits Mitte des 19. Jh. begann der Niedergang des Lachses im gesamten Rheingebiet als Folge von Flusskorrekturen, Gewässerverschmutzung und Überfischung. In der Schweiz wurde sein Aussterben primär durch das Errichten von Kraftwerksanlagen in den als Wanderkorridor genutzten Gewässern verursacht. Nach Inbetriebnahme des Aarekraftwerks Wynau (1895) gelangten nur noch einzelne Lachse in den Kanton Bern. 1902 kam mit dem Aarekraftwerk Beznau das Aus für die Lachse in den Kantonen Solothurn und Luzern. Der Bau des Kraftwerkes Augst-Wyhlen 1912 bedeutete das Ende im Hochrhein. Schliesslich verschwand er auch aus dem Raum Basel, als 1932 das Kraftwerk Kembs ans Netz ging.

<sup>2</sup> Tschudi (1853) schreibt aber in seinem Werk «Das Thierleben der Alpen» (S. 50): «... zieht ohne Aufenthalt durch die Länge der Seen nach deren Zufluss ...».

<sup>3</sup> Zumindest das Linthgebiet scheint aber vom Lachs besiedelt gewesen zu sein. Steinmüller (1827) unterscheidet nämlich klar zwischen Seeforelle und Lachs.

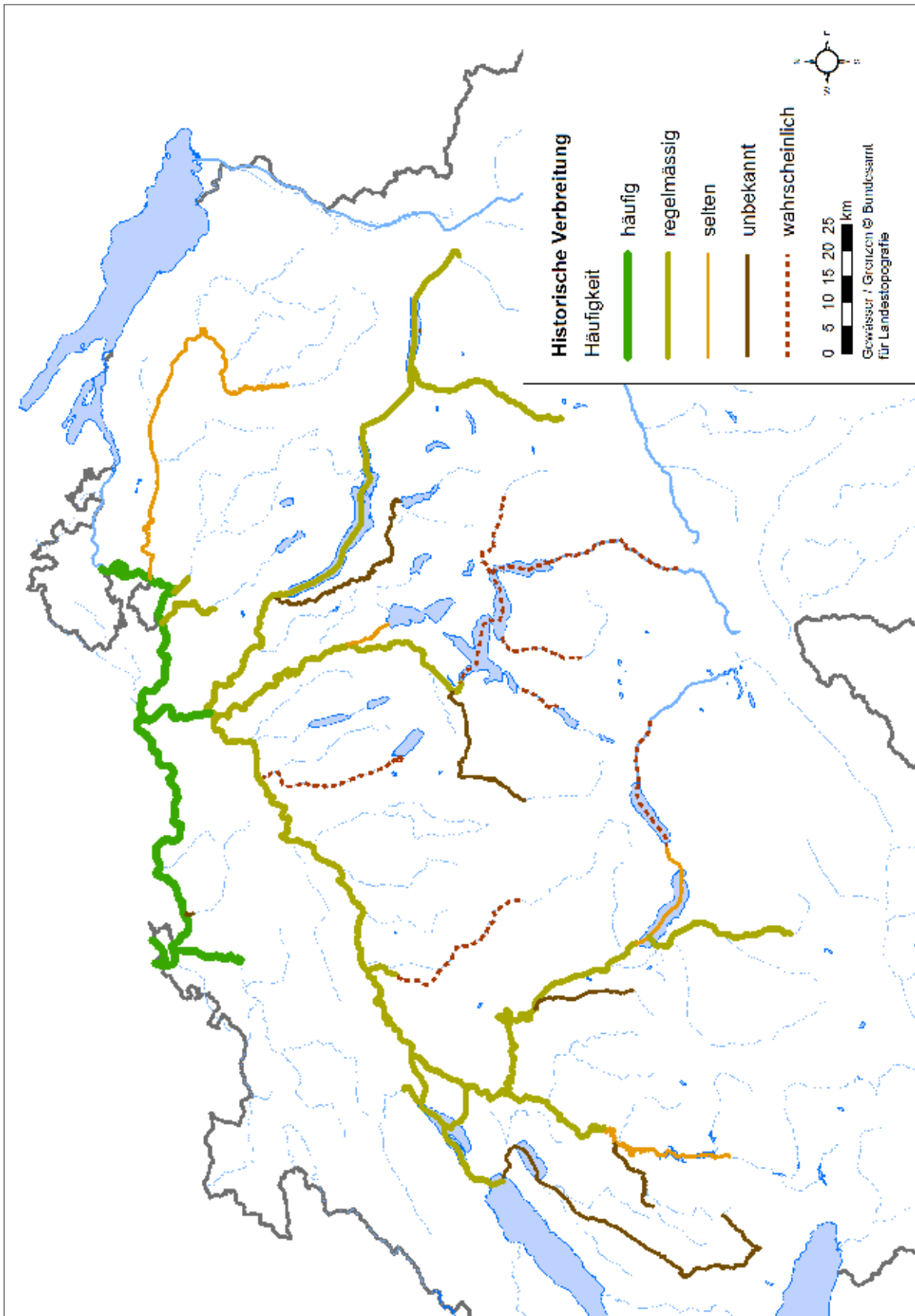


Abb. 1 Bekannte historische Verbreitung des Lachses in der Schweiz. Einschätzung der Häufigkeit des Vorkommens auf der Basis historischer Quellen.

### 3            **Rechtliche Grundlagen**

Das Bundesgesetz über die Fischerei (BGF, SR923.0, Art. 1) verlangt, die natürliche Artenvielfalt und den Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen. Insbesondere sind bedrohte Arten und Rassen von Fischen und Krebsen zu schützen. Nach Art. 5 BGF bezeichnet der Bundesrat die Arten und Rassen von Fischen und Krebsen, die gefährdet sind. Die Kantone ergreifen die erforderlichen Massnahmen zum Schutz der Lebensräume von gefährdeten Arten und Rassen. Der Lachs ist eine gefährdete Art und ebenfalls eine national prioritäre Art. Entsprechend sind Massnahmen zu ergreifen.

Gemäss dem revidierten Gewässerschutzgesetz (GSchG, SR 814.20) sollen bis 2090 rund 4000 Kilometer Fliessgewässer revitalisiert werden und die Sanierung der Wasserkraft ist bis 2030 vorzunehmen. Dabei bedeuten insbesondere die Revitalisierung nach Artikel 38a Absatz 1 GSchG, die Sanierung der Fischgängigkeit nach Artikel 10 BGF und die Wiederherstellung des Geschiebehauhalts nach Artikel 43a GSchG eine grosse Möglichkeit für die Rückkehr des Lachses.

Die Strategie Biodiversität Schweiz verlangt, den Erhaltungszustand der Populationen von National Prioritären Arten bis 2020 zu verbessern und das Aussterben so weit wie möglich zu unterbinden.

Im Rahmen der internationalen Abkommen mit der IKSr hat sich die Schweiz verpflichtet, die Wiederansiedlung des Lachses im Einzugsgebiet des Rheins wirksam zu unterstützen.

### 3 Habitat

#### 3.1 Habitatanforderungen

Die **Laichhabitate** der Lachse liegen primär in der Äschenregion und in der unteren Forellenregion, teilweise auch in der oberen Barbenregion. Die Qualität eines Laichhabitates ergibt sich vor allem aus der Fläche und der räumlichen Verteilung der Laichplätze und der Deckungsstrukturen (Forseth & Harby 2014). Die minimale Gewässerlänge eines Laichhabitats sollte mindestens 500 m, besser mehr als 1000 m betragen. Die minimale Wasserspiegelbreite liegt bei etwa 3 m, besser sind aber mehr als 5 m (Neumann et al. 2006, Schwevers & Adam 2000).

Aus verschiedenen Literaturangaben ergeben sich die folgenden bevorzugten Bedingungen für das Laichhabitat: überströmte, nicht kolmatierte Kiesbänke, Mächtigkeit der Kiesschicht mehr als 30 cm, Korngrössendurchmesser 2–10 cm, Anteil an Feinmaterial (Sand, Silt, Ton) unter 10 %, Fließgeschwindigkeit 0.3–0.5 m/s, Wassertiefe 30–60 cm, Wassertemperatur für die Eiablage um 8 °C, für die Embryonalentwicklung 6–10 °C, Sauerstoffkonzentration im Interstitial über 7 mg/l.

Die flussabwärts der Laichgebiete liegenden **Jungfischhabitate** (Larval- und Juvenilhabitate) werden nach der Emergenz der Brütlinge zwischen März und Mitte Mai durch aktive Wanderung und Verdriftung aufgesucht. Ihre Distanz zu den Laichgebieten sollte deshalb nicht mehr als 250 m betragen, ansonsten ist mit erheblichen Verlusten durch Prädation zu rechnen (Neumann et al. 2006).

Aus der umfangreichen Literatur lassen sich die folgenden optimalen Anforderungen an das Juvenilhabitat definieren: Riffle (Furt) mit einem hohen Anteil an Grobkies, mit grösseren Steinen oder Blöcken und mit Totholz, Fließgeschwindigkeit 0.1–0.5 m/s, Wassertiefe unter 30 cm, Wassertemperatur 16–17 °C. Eine Nahrungsaufnahme und damit ein Wachstum sind bis etwa 23 °C möglich. Bei höheren Temperaturen nimmt die Mortalität deutlich zu.

Die Abwanderung der Junglachse in Richtung Meer setzt mehrheitlich nach 1–2 Jahren ein.

#### 3.2 Habitatpotenzial

Das Habitatpotenzial<sup>4</sup> setzt sich aus dem potenziellen Angebot an Laich- und Jungfischhabitat zusammen. Gewässerabschnitte mit Habitatpotenzial werden als Potenzialgewässer bezeichnet. Sie stimmen insbesondere für die kleineren Fließgewässern nicht immer mit der nur ungenau bekannten historischen Verbreitung überein.

Das **Habitatpotenzial** wurde für die Kantone AG, BE, BL, BS, SO, LU, TG und ZH sowie teilweise FR<sup>5</sup> auf der Basis der Grundlagen von Becker & Rey (2005),

<sup>4</sup> Unter «Habitatpotenzial» wird die rechnerisch ausgewiesene Fläche verstanden, die möglicherweise als Habitat dienen könnte. Es ist nicht das Revitalisierungspotenzial gemeint.

<sup>5</sup> Im Kanton Fribourg besteht ein grösseres Habitatpotenzial im Einzugsgebiet der Saane. Da aber die Ökomorphologie nur für wenige Gewässer bekannt ist, konnte nur für die Glâne und die Neirigue ein Potenzial ausgewiesen werden.

##### Genauigkeit der Flächenabschätzung

Das ausgewiesene Habitatpotenzial beschreibt den Zustand um 2005, da die Berechnungsgrundlage primär auf den vor ca. 10 Jahren erhobenen Ökomorphologiedaten beruht. Feldkartierungen wurden bisher nur an Wiese, Birs und Ergolz (Becker & Rey 2005) durchgeführt. Derzeit findet eine Kartierung von weiteren Gewässern statt. Inzwischen dürfte sich das Angebot an geeignetem Habitat dank Revitalisierungen in einigen Gewässern erhöht haben (z. B. Thur). Es sind aber auch Verluste an Lebensraum zu verzeichnen, wie derjenige des Gwolds bei Rheinfeldern<sup>1</sup>.

Die Genauigkeit der Flächenabschätzungen ist gering, entspricht aber in etwa der, mit der die IKSAR arbeitet (Schneider 2009). Insbesondere für die stark verbauten Flüsse Rhein, Aare und Limmat dürfte das Habitatpotenzial deutlich zu hoch angegeben bzw. erst mit umfangreichen Revitalisierungen zu erreichen sein.

<sup>1</sup> Durch den Neubau des Kraftwerks Rheinfeldern verlor der Abschnitt oberhalb des Kraftwerks an Bedeutung (geringere Fließgeschwindigkeiten, stärkere Versandung). Vom Neubau profitiert hat jedoch die Strecke unterhalb des Kraftwerks mit dem neuen Umgehungsgerinne, das als potenzielles Lachshabitat zur Verfügung steht.

Dönni (2009) und Spalinger et al. (2012) sowie eigenen Analysen berechnet (Details vgl. Anhang B). Aufgrund der unzureichenden Datenbasis sowie der Ausführungen in Kapitel 3.1 wurde nicht zwischen Laich- und Juvenilhabitat unterschieden.

Insgesamt wurde ein Habitatpotenzial auf gut 900 km Länge bzw. 530 ha Fläche ausgewiesen. Es verteilt sich auf 76 **Potenzialgewässer** (Abb. 2). Die Gewässerabschnitte mit dem grössten Habitatpotenzial sind Abschnitte des Hochrheins, der Unterlauf der Thur, die Sihl unterhalb des Sihlsees, die Reuss unterhalb Luzern und die Aare zwischen Bern und Thun.

Für das gesamte Rheineinzugsgebiet unterhalb von Basel werden insgesamt rund 1000 ha potenzielle Habitatfläche ausgewiesen. Davon sind derzeit nur etwa ein Viertel für den Lachs erreichbar (IKSR 2013). Innerhalb der Schweiz verfügen die meisten Kraftwerksanlagen in den Potenzialgewässern über Fischaufstiegshilfen. Die potenziellen Lachsgewässer wären derzeit jedoch erst beschränkt für den Lachs erreichbar, weil noch nicht alle Fischaufstiegshilfen für den Lachs dimensioniert sind (vgl. Kap. 4.2).

### 3.3 Flächenbedarf

Das langfristige Ziel eines Wiederansiedlungsprogramms sind selbstreproduzierende Populationen. Hierfür müssen die potenziellen Gewässer eine Mindestfläche an Laich- und Jungfischhabitat aufweisen, um eine ausreichend grosse Smoltproduktion gewährleisten zu können. Für die Abschätzung dieser Mindestflächen wurde als Arbeitsgrundlage eine einfache **Modellrechnung** durchgeführt (vgl. Kasten).

#### Berechnung des Flächenbedarfs (Angaben nach Schneider 2009 soweit keine andere Quelle erwähnt)

*Rückkehrerrate = 3 %<sup>1</sup>*

Für eine sich selbsterhaltende Population wird von mindestens 100 Laichtieren (50 % Weibchen) ausgegangen. Weiter wird angenommen, dass nur 75 % der Weibchen verlaichen (Thiel & Magath 2010). Ein Lachsweibchen braucht, abhängig von der Substratqualität, eine Fläche von etwa 2–10 m<sup>2</sup>, um seine Laichgruben schlagen zu können (Neumann et al. 2006, Schwevers & Adam 2000).

Ein mittelgrosses Weibchen legt etwa 5000 Eier. Man kann somit von insgesamt knapp 190'000 Eiern ausgehen (50x0.75x5000). Bei einer Überlebensrate vom Ei bis zum abwandernden Smolt von 2 % verbleiben 3750 Smolts, aus denen sich bei einer Rückkehrerrate von 3 % genügend Laichtiere (>100) ergeben. Für die Produktion von 1000 Smolts ist eine Fläche von etwa 1 ha gutem Jungfischhabitat notwendig<sup>2</sup>. Eine Population benötigt somit eine minimale Habitatfläche von etwa 3.8 ha.

<sup>1</sup> Rückkehrer sind Laichtiere, die den Weg aus dem Atlantik zurück in das Gewässersystem gefunden haben, in dem sie geschlüpft sind bzw. besetzt wurden.

<sup>2</sup> Gemäss einer Literaturstudie von Lascaux & Vandevallé (2007) beträgt die Produktion in nordamerikanischen und französischen Lachsgewässern 200–1300 Smolts/ha.

*Rückkehrerrate = 1 %*

Die IKSR geht davon aus, dass für eine selbsterhaltende Population eine Rückkehrerrate von etwa 3 % notwendig ist (Schneider 2006). In der Schweiz muss man aber aufgrund der grossen Distanz zum Meer eine tiefere Quote erwarten. Becker & Rey (2005) gehen von weniger als 1 % aus.

Folglich muss von einer höheren Überlebensrate vom Ei bis zum Smolt (etwa 5.4 %) als in der nebenstehenden Modellrechnung ausgegangen werden. Der Bedarf an Jungfischhabitat würde auf gut 10 ha steigen.

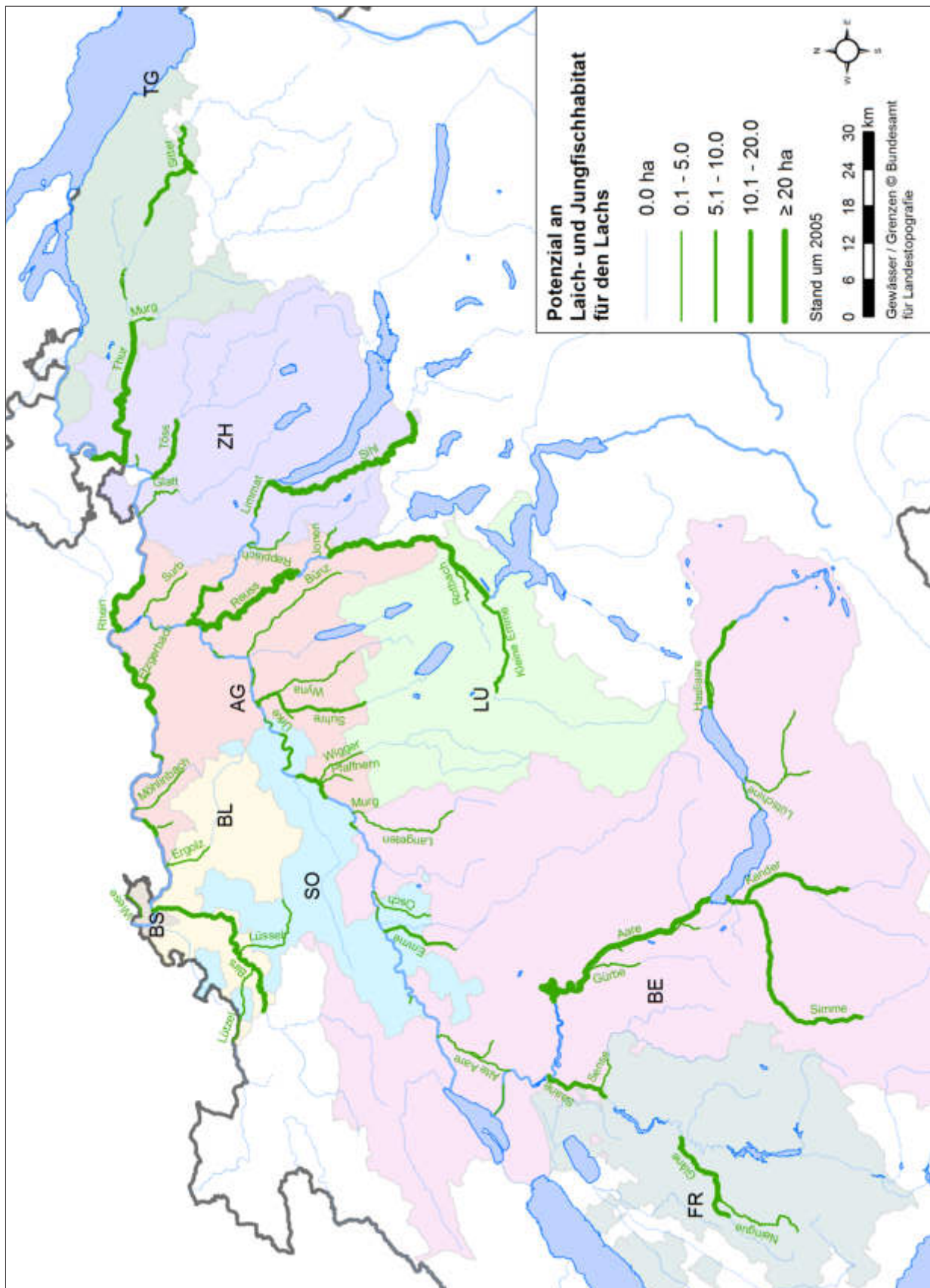


Abb. 2 Lachspotenzialgewässer in den Kantonen AG, BE, BL, BS, LU, FR (teilweise), SO, TG und ZH. Bezeichnung des potenziellen Angebotes an Laich- und Jungfischhabitat (Habitatpotenzial). Berechnungsgrundlage: Daten Ökomorphologie, Stand um 2005.

Demnach benötigt eine **Laichpopulation** eine Fläche von lediglich wenigen Hundert Quadratmetern. Damit diese Laichfläche tatsächlich bereitgestellt werden kann, muss sie jedoch in bedeutend grössere, potenziell zur Fortpflanzung geeignete Kieskörper eingelagert sein. Ansonsten sind negative Effekte auf den Fortpflanzungserfolg durch suboptimale Bedingungen im Kieslückensystem und aufgrund von Überlaichung zu erwarten.

Der **Flächenbedarf der Jungfische** ist um ein Vielfaches grösser als derjenige der Laichtiere. Er ist denn auch von der IKSR als einer der kritischen Parameter für Lachswiederansiedlungsprogramme identifiziert worden<sup>6</sup>. Das bedeutet, dass ein Lachsgewässer eine gewisse Grösse haben muss (Kap. 3.1). Für eine überlebensfähige Population wird von einer minimalen Habitatfläche von 3.8–10 ha ausgegangen.

### 3.4 Erhöhung des Habitatpotenzials

Das bezeichnete Habitatpotenzial für den Lachs soll in Zukunft qualitativ aufgewertet und flächenmässig erhöht werden. Mit dem Inkrafttreten des revidierten Gewässerschutzgesetzes im Jahr 2011 wurden die Kantone verpflichtet, bis Ende 2014 strategische Planungen u. a. in den Bereichen Revitalisierung und Sanierung des Geschiebehaushalts zu erstellen und den Gewässerraum auszuscheiden. Dabei wurden jene Fliessgewässer bezeichnet, deren Revitalisierung den grössten Nutzen für die Natur und die Landschaft hat und die vorrangig revitalisiert werden sollen (Göggel 2012). Kriterien für ein grosses ökologisches Potenzial und eine grosse landschaftliche Bedeutung sind unter anderem auch besondere Fischlebensräume. Somit sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen ausgesprochen günstig, um die bezeichneten Potenzialgewässer aufzuwerten bzw. zusätzliche geeignete Habitate für den Lachs zu schaffen.

---

<sup>6</sup> Aber: Brutversuche mit Seeforelleneiern in Zuflüssen des Bodensees haben gezeigt, dass die Kiesbänke besonders in den Unterläufen durch Winterhochwasser umgelagert werden und damit die Brut zerstört wird (Werner et al. 2013). Somit kann, obwohl genügend Laichfläche vorhanden ist, die «Laichplatzfunktion» eines Gewässers für die Etablierung eines Bestandes limitierend sein und nicht die Fläche an Jungfischhabitat.

## 4 Durchgängigkeit

### 4.1 Situation am Oberrhein

Zehn Kraftwerke und mehrere Wehranlagen der Eléctricité de France (EDF) behindern am Oberrhein die freie Fischwanderung (Abb. 4). Die Kraftwerke Iffezheim und Gamsheim wurden 2000 bzw. 2006 mit Aufstiegshilfen ausgerüstet. 2015 wurde am Stauwehr Strasbourg ein weiterer Fischpass in Betrieb genommen und im selben Jahr wurden die Bauarbeiten für den Fischpass an der Staustufe Gerstheim eingeleitet. An der Rhein-Ministerkonferenz vom 28. Oktober 2013 (Anhang E) wurde zudem festgehalten, dass an den Staustufen Rhinau, Marckolsheim und Vogelgrün Aufstiegshilfen zu bauen sind, damit die Fische bis 2020 Basel via den Altrhein erreichen können. Die grösste technische Herausforderung liegt derzeit bei der Staustufe Vogelgrün.

Der Altrhein (auch Restrhein genannt) soll dereinst als Wanderkorridor zwischen dem Kraftwerk Vogelgrün und Basel und als wichtiges Fortpflanzungsgebiet (ca. 60 ha) dienen. Das Kulturwehr in Breisach am unteren Ende des Altrheins verfügt bereits seit 2008 über einen Fischpass. Beim Wehr Märkt wurde der bestehende Fischpass im Zuge des Baus eines Dotierkraftwerks 2016 ersetzt. Die Restwasserdotierung wurde deutlich erhöht. Weitere wichtige Massnahmen sind die teilweise Öffnung der Haringvlietschleusen und des Abschlussdams des IJsselmeers in den Niederlanden im Jahr 2018. Damit werden alternative Zugänge zum Flusssystem des Rheins geschaffen.

Seit dem Start der Wiederansiedlungsprogramme sind nachweislich mehrere Tausend adulte Lachse in das Rheingebiet zurückgekommen, um sich fortzupflanzen (Abb. 3). Die ersten rückkehrenden Lachse im Einzugsgebiet des Oberrheins wurden Mitte der 1990er-Jahre nachgewiesen. Im Jahr 2015 wurde beim Fischpass Iffezheim mit über 400 Lachsen ein absoluter Rekord an Rückkehrern verbucht.

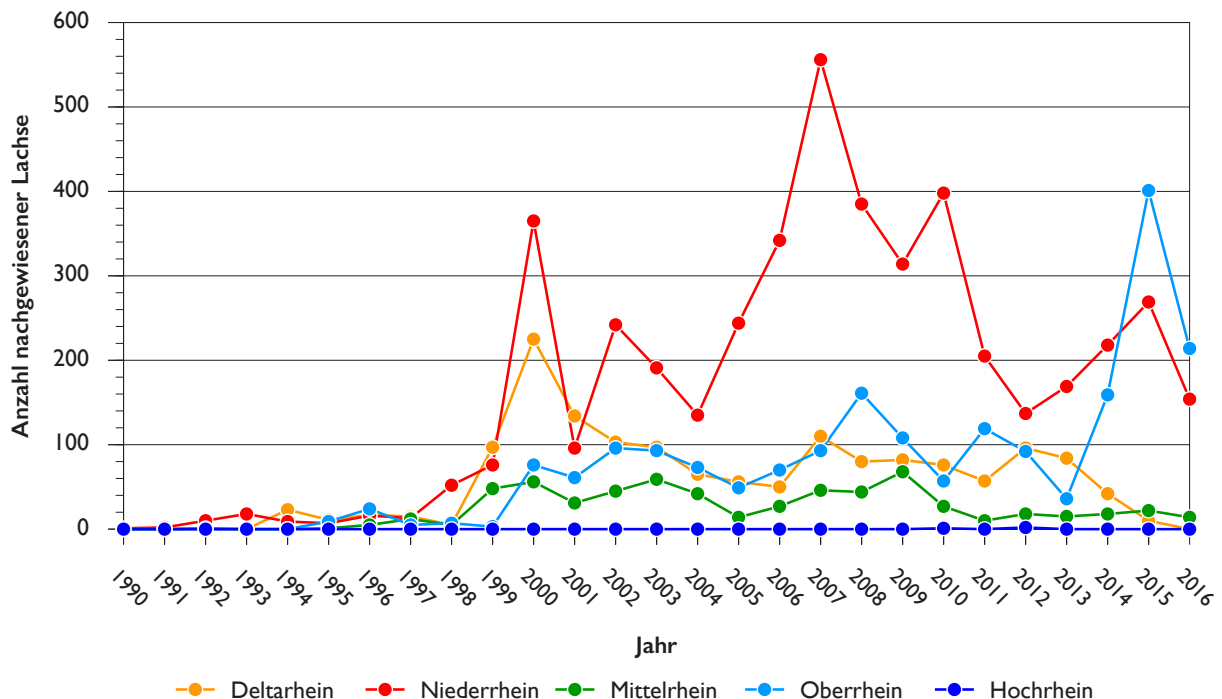


Abb. 3 Nachweise adulter Lachse (Rückkehrer) im Rheinsystem seit 1990 (Daten IKSR).

Es handelt sich um kumulierte Daten der Nachweisstationen. Das bedeutet beispielsweise für den Oberrhein, dass in Iffezheim registrierte Lachse auch in den Aufstiegszahlen für Gamsheim erscheinen können.



Abb. 4 Grössere Kraftwerksanlagen am Oberrhein inkl. Angabe des Eröffnungsjahrs der Fischaufstiegshilfe sofern vorhanden bzw. geplant.

## 4.2 Situation in der Schweiz

In den Potenzialgewässern (Abb. 2) bzw. in den Wanderkorridoren zu den Potenzialgewässern liegen etwa 200 Kraftwerksanlagen. In den letzten Jahren wurden an mehreren Anlagen die Aufstiegsmöglichkeiten für Fische dem aktuellen Stand der Technik angepasst. Mit Inkrafttreten des revidierten Gewässerschutzgesetzes (2011) haben sich die Rahmenbedingungen für die Wiederherstellung der Fischwanderung nochmals deutlich verbessert. Alle Kantone haben ihre kraftwerksbedingten Wanderhindernisse erfasst und festgelegt, ob eine Sanierung der Fischgängigkeit notwendig ist oder nicht. Dabei mussten auch die Ansprüche des Lachses berücksichtigt werden. Somit ist bekannt, welche Potenzialgewässer heute bereits für den Lachs erreichbar wären.

Die Wiederherstellung der Fischwanderung bei kraftwerksbedingten Anlagen muss bis spätestens im Jahre 2030 erfolgen. Die konkreten Fristen richten sich nach der Dringlichkeit aufgrund des ökologischen Potentials (Prioritäten) der Sanierung. Bei Lachspotenzialgewässern ist diese besonders hoch. Im Rahmen der kantonalen strategischen Planungen für die Sanierung der Fischgängigkeit legten die Kantone die Fristen im Lachsperimeter I für die meisten Wasserkraftanlagen deutlich vor 2030 fest.

Während bei der Aufwärtswanderung ökologische Kriterien und technische Lösungen schon sehr ausgereift sind, ist die Situation für die abwandernden Junglachse insbesondere an grossen Kraftwerksanlagen noch weitgehend ungelöst. Fischabstiegsanlagen an kleineren Gewässern werden in den nächsten Jahren vermehrt realisiert werden. Die Sanierung der Fischabwanderung bei den grossen Flusskraftwerken stellt hingegen eine grosse Herausforderung dar.

Nicht kraftwerksbedingte, künstliche Wanderhindernisse (z. B. Schwellen, glatte Rampen) gibt es vor allem in den kleineren Potenzialgewässern. Ihre Aufhebung wurde im Rahmen der kantonalen Revitalisierungsplanung im Allgemeinen hoch priorisiert, da neben dem Lachs auch andere Fischarten davon profitieren werden.

### 4.2.1 Ausdünnung während der Wanderung

Es ist davon auszugehen, dass jedes Hindernis – auch wenn es über eine gut funktionierende Aufstiegsanlage verfügt – zu einer Verzögerung oder sogar zu einem Wanderungsabbruch bei einem Teil der aufsteigenden Lachse führen wird. Folglich wird sich der Bestand der rückkehrenden Lachse entlang der Aufstiegshindernisse ausdünnen. Geht man von der derzeitigen Aufstiegsrate im Oberrhein und gleichbleibenden Besatzmengen aus (Kap. 4.1), ist bis ca. 2030 mit lediglich wenigen Hundert einwandernden Lachsen zu rechnen. Allerdings hängt die Anzahl Rückkehrer auch wesentlich von der Menge besetzter Junglachse ab.

Die Kraftwerksanlagen, welche die aufwärts wandernden Lachse überwunden haben, müssen später die abwandernden Smolts in entgegengesetzter Richtung passieren. Die verlängerte Abwanderungszeit in den nur träge fliessenden Stauräumen, die im Gebiet der Potenzialgewässer in der Schweiz etwa 120 km umfassen, sowie der Abstieg über die Querbauwerke erhöhen den Prädationsdruck und somit die Mortalität (z. B. Plumb et al. 2006, Venditti et al. 2000). Hinzu kommt die trotz Abwanderungshilfen verbleibende Turbinenmortalität.

Die kumulative Wirkung von Stauketten kann kritisch für das Aufkommen selbstreproduzierender Populationen sein. Daher ist Zurückhaltung bei der Installation zusätzlicher (Klein-)Wasserkraftanlagen geboten, um die Gesamtmortalität in den Potenzialgewässern auf ein vertretbares Mass für die einzelnen Fischpopulationen zu begrenzen (IKSR 2004b). Es ist zudem ausserordentlich wichtig, dass die Vernetzung über die bestehenden Kraftwerksketten so gut als möglich funktioniert. Hierfür müssen die Fischwanderhilfen auf dem aktuellen Stand der Technik und ihre Funktionsfähigkeit jederzeit vollständig gewährleistet sein. Fischaufstiegsanlagen müssen gemäss der DWA-Kriterien die Bewertung «gut» oder «sehr gut» aufweisen (Adam et al. 2014). Für Fischabstiegsanlagen bestehen derzeit noch keine etablierten Bewertungskriterien.

#### 4.2.2 Zeitverzögerungen bei der Passage von Wanderhindernissen

Den Lachsen steht für die **Aufwärtswanderung** zu ihren Laichgewässern nur ein begrenztes Zeitbudget zur Verfügung (genetisch fixiertes Zeitfenster). Der Zeitbedarf hängt neben der Migrationsdistanz, der Wassertemperatur und anderen Faktoren auch von der Auffindbarkeit der Fischaufstiegshilfen der Kraftwerksanlagen ab. Es stellte sich somit die Frage, wie weit entfernt ein Laichgebiet von Basel liegen darf, damit es innerhalb der Laichzeit für die Lachse noch erreichbar ist.

Dönni & Boller (2011) gingen dieser Frage unter Verwendung eines einfachen Zeitmodells nach. Obwohl diese Modellrechnung lediglich Anhaltspunkte liefern konnte, erachten die Autoren den Zeitverlust bei der Passage der Kraftwerksanlagen und Stauräume in Zukunft nicht als limitierender Faktor für die Erreichbarkeit der Laichplätze in den Schweizer Fließgewässern. Es muss aber sicher gestellt werden, dass sämtliche Kraftwerksanlagen über Fischaufstiegsmöglichkeiten verfügen, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen, damit es zu möglichst wenigen Wanderungsabbrüchen kommt.

Inwieweit die Verzögerung bei der **Abwärtswanderung** durch die Stauhaltungen von zeitlicher Relevanz ist, ist nicht bekannt. Die Smolts des Atlantischen Lachses wandern im Allgemeinen zwischen April und Juni ab (Hendry & Cragge-Hine 2003). Der Zeitpunkt für die Abwanderung und für die physiologische Umstellung vom Süßwasser auf das Salzwasser (Smoltifikation) ist genetisch geprägt, aber auch durch Umweltparameter beeinflusst (Jonsson & Jonsson 2011). Es stellt sich die Frage, inwieweit eine allfällige Zeitverzögerung sich auf die Smoltifikation auswirken könnte.

#### 4.2.3 Natürliche Wanderhindernisse

Natürliche Abstürze können je nach Höhe und Ausgestaltung die Aufwärtswanderung mehr oder weniger stark behindern oder verunmöglichen. Weist das Gewässer oberhalb dieser Hindernisse ein grösseres Habitatpotenzial auf, stellt sich die Frage, ob durch künstliche Eingriffe die Passierbarkeit ermöglicht werden soll. Damit könnte der Verlust an historischem und heute nur mit unverhältnismässig hohem Aufwand erschliessbarem Lebensraum andersorts teilweise kompensiert werden.

Grundsätzlich kann die Beseitigung eines natürlichen Wanderhindernisses erst diskutiert werden, wenn der Lachs zurück ist und dies als letzte Möglichkeit für den Aufbau einer sich selbsterhaltenden Population angesehen wird. Folgende Aspekte könnten für die Diskussion von Bedeutung sein:

- Eine allfällige künstliche Vernetzung darf eine vorhandene bedeutende Fisch- oder Krebspopulation nicht gefährden.
- Das zusätzlich erreichbare Gewässer muss einen wesentlichen Anteil der Fläche liefern, die es für eine sich selbst erhaltende Lachspopulation braucht.
- Die Abwärtswanderung muss gewährleistet sein. Natürliche Abstürze verfügen meist über einen ausreichend tiefen Kolk, so dass die Smolts relativ gefahrlos das Hindernis passieren können.
- Besteht bereits eine künstliche Anlage, ist der Bau einer technischen Aufstiegshilfe sinnvoll. Beispiel: Die Höhendifferenz von ca. 8 m beim Wasserfall bei Grellingen an der Birs (BL) wird durch das Kraftwerk Büttlenen genutzt. Die Aufwärtswanderung für die Fische erfolgt bereits heute über einen Fischlift. Das so zusätzlich erschlossene Habitatpotenzial beträgt ca. 13 ha.

Ein mögliches Beispiel für ein Gewässer, wo der Bau einer naturnahen Aufstiegshilfe geprüft werden könnte, ist der ca. 6.5 m hohe Hülftenfall an der Ergolz. Das erschliessbare Habitatpotenzial würde derzeit etwa 4 ha betragen (pers. Mitt. D. Zopfi, Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Basel-Landschaft).

## 5 Weitere Faktoren

### 5.1 Hydrologie und Geschiebehalt

Prinzipiell sollten Potenzialgewässer hydrologisch möglichst unbeeinträchtigt sein. Wasserableitungen und Stauhaltungen beeinflussen das qualitative und quantitative Angebot an Laich- und Jungfischhabitat negativ. Ausleitstrecken mit ausgeprägter Restwasserproblematik sind demnach deutlich weniger geeignet als vergleichbare Vollwasserabschnitte, Staustrecken deutlich weniger als freie Fließstrecken. Durch Schwall und Sunk wesentlich beeinflusste Abschnitte sind für die Bereitstellung entsprechender Habitats schlecht geeignet. Sie können für Lachse höchstens als Wanderkorridore dienen. Da die meisten historischen Lachsgewässer auch für die **Wasserkraftnutzung** attraktiv sind, ist in vielen Potenzialgewässern mit Zielkonflikten zu rechnen. Allerdings sind schwallbeeinflusste Strecken nur in Perimeter II zu finden. Gleichwohl müssen die Beeinträchtigungen durch Schwall und Sunk bis 2030 saniert werden.

Auch die geologischen Bedingungen im Einzugsgebiet, allenfalls gekoppelt mit anthropogenen Faktoren (z. B. landwirtschaftliche Bewässerung), können zu langanhaltenden **Niedrigwasserperioden** führen (z. B. Sissle). Solche Gewässer sind als Lachspotenzialgewässer ungeeignet und wurden deshalb bei der vorliegenden Auswahl nicht berücksichtigt.

Gemäss verschiedener Klimamodelle werden **Winterhochwasser** in Zukunft öfters und stärker auftreten. Dies führt zu einer Intensivierung der Umlagerungen und der Erosion der Gerinnesohle und damit möglicherweise auch der Laichgruben des Lachses (Badoux et al. 2014).

Um die Anforderungen an die natürliche Fortpflanzung des Lachses zu erfüllen, sollten die Potenzialgewässer einen möglichst ungestörten **Geschiebetrieb** aufweisen. Dieser gewährleistet, dass genügend Kies im Gewässerbett vorhanden ist, regelmässig umgelagert wird und dabei die Kolmation aufreißt. Gewässer mit deutlichen Defiziten sind nur geeignet, wenn eine Reaktivierung des Geschiebehaltshaushalts oder ein gezieltes Kiesmanagement mittelfristig möglich sind (Kap. 3.4). Gewässer mit grossen **Trübstofffrachten**, die zu einer permanenten Kolmation der Flusssohle führen, sind als Lachspotenzialgewässer ungeeignet.

Mit Inkrafttreten des revidierten Gewässerschutzgesetzes müssen die anlagenbedingten wesentlichen Beeinträchtigungen des Geschiebehaltshaushalts in Gewässerabschnitten erfasst und bewertet werden. Die **Sanierungspflicht** der verursachenden Anlagen musste bis 2014 bestimmt werden. Die Sanierung der wesentlichen Beeinträchtigungen des Geschiebehaltshaushalts muss wie die Sanierung der Fischgängigkeit bis 2030 erfolgen.

### 5.2 Wasserqualität und Wassertemperatur

Der Atlantische Lachs ist eine kalt-stenotherme Fischart. Die kritischen **Wassertemperaturen** liegen ein paar Grad höher als diejenigen für die Bachforelle<sup>7</sup>. Werden in Potenzialgewässern die Temperaturanforderungen für die Bachforelle erfüllt, sind sie somit auch für den Lachs geeignet. Die maximalen Wassertemperaturen im Sommer sind aber möglicherweise weniger entscheidend als die schlechende Erwärmung der Gewässer.

Eine Erhöhung der Wassertemperatur kann sich in vielfältiger Hinsicht auswirken (Jonsson & Jonsson 2011). Zu hohe Temperaturen im Winter können die Entwicklungszeiten der Eier und Dottersacklarven verkürzen. Die Wachstumszeit im ersten Jahr wird damit verlängert, was sich positiv auf die spätere Entwicklung auswirkt. Trotzdem ist ein zu früher (ebenso ein zu später) Schlupf der Larven aus dem Kies (Emergenz) infolge verändertem Nahrungsangebot und Prädationsdruck problematisch für das Überleben der Brütlinge. Erhöhte Wassertemperaturen wirken sich im Allgemeinen auch negativ

<sup>7</sup> Lethaltemperatur für Jungfische gemäss einer Zusammenstellung aus der Literatur in Jonsson & Jonsson (2011): Lachs 29 °C, Bachforelle 25 °C.

auf die Energiebilanz der Laichtiere aus.

Da die Wiederansiedlung des Lachses als langfristig nachhaltiges Projekt betrachtet werden muss, sollten auch Einflüsse des Klimawandels soweit als möglich berücksichtigt werden. Gewässer, die derzeit schon eine grenzwertige Temperaturentwicklung aufweisen, sind für die Wiederansiedlung nicht geeignet, falls das Problem mit gezielten Aufwertungsmaßnahmen (z. B. Beschattung) nicht gelöst werden kann<sup>8</sup>. Für viele Potenzialgewässer sind die Temperaturverhältnisse heute nur unzureichend bekannt, weil die hydrologischen Messstationen vor allem an grossen Gewässern liegen.

In Restwasserstrecken können die Wassertemperaturen im Winter tiefer als bei Vollabfluss sein. Dadurch wird die Entwicklung verlangsamt und die Emergenz verzögert. Die Anfälligkeit auf Umlagerungen der Kiessohle durch Frühjahrshochwasser kann sich folglich erhöhen. Auch Totalverluste aufgrund des Durchfrierens der Gewässersohle sind möglich.

Auch die chemische **Wasserqualität** muss den Anforderungen des Lachses genügen. Für Besatzüberlegungen ist an sich nur die Entwicklung vom Brütling bis zum Smolt von Bedeutung. Langfristig gesehen, d. h. in Bezug auf eine selbstreproduzierende Population, muss aber auch die Entwicklung von Lachseiern im Kieslückensystem gewährleistet sein. Als besonders kritischer Punkt gilt die Versorgung der Eier mit ausreichend Sauerstoff (Ingendahl & Neumann 1996). Inwieweit Mikroverunreinigungen (z. B. hormonaktive Substanzen) für den Lachs von Bedeutung sind, ist weitgehend unklar.

### 5.3 Krankheiten und Parasiten

Die auffälligste Fischkrankheit in den wärmeren Potenzialgewässern ist die proliferative Nierenkrankheit (PKD). Sie tritt wie bei anderen Salmoniden auch beim Atlantischen Lachs auf. Insbesondere juvenile Lachse sind besonders stark betroffen (Ellis et al. 1985, Feist et al. 2002). In Norwegen reduzierte ein PKD-Ausbruch die Dichte an Junglachsen um 85 % (Sterud et al. 2007). Die Auswirkungen scheinen aber im Allgemeinen weniger gravierend zu sein als bei Bachforellen (Ellis et al. 1985). Wie für andere Salmoniden wird auch für den Lachs eine mindestens teilweise Immunität nach überlebter Exposition vermutet (Okamura et al. 2011).

In der Schweiz wurden bisher Lachse aus dem Magdenerbach (Kanton Aargau) sowie aus der Birs und der Ergolz (Kanton Basel Landschaft) auf eine Infektion mit PKD untersucht. Es wurden keine infizierten Fische gefunden. Die Junglachse in den Schweizer Gewässern zeigen – im Gegensatz zu den Literaturangaben – offenbar keine Empfänglichkeit für den PKD-Erreger (pers. Mitt. T. Wahli, FIWI). Untersuchungen aus dem Rheineinzugsgebiet unterhalb Basel fehlen (pers. Mitt. J. Schneider, Büro für fischökologische Studien, Frankfurt).

Beim Besatz von Atlantischen Lachsen sind laut Bakke und Harris (1998) Jungfische des Parr-Stadiums denen des Smolt-Stadium vorzuziehen. Erstere kommen zu Beginn ihres Lebenszyklus in Kontakt mit verschiedenen Krankheiten (nicht nur PKD). Sie können entsprechende Immunitäten ausbilden.

Andere Krankheitserreger als die PKD können auftreten (z. B. Saprolegna). Zudem ist bekannt, dass auch verschiedene Parasiten die jungen Lachse massiv befallen können.

---

<sup>8</sup> Beispiele dafür sind die Suhre oberhalb Triengen (LU), der Aabach (AG) und die Glatt oberhalb Bülach (ZH). Diese Bäche weisen ansich ein grosses Habitatpotenzial auf, wurden aber wegen der hohen Wassertemperatur im Rahmen der Evaluation der Potenzialgewässer verworfen. Kritisch scheint auch die Situation in der Thur zu sein. Sie bleibt aber wegen ihres grossen potenziellen Habitatangebotes vorerst ein Potenzialgewässer.

## 5.4 Konkurrenz zur Bachforelle

Verschiedene Studien zeigen, dass die juvenilen Bachforellen eher die Uferbereiche und die seichten Kiesbänke besetzen, während die Junglachse die rasch fliessenden Gewässerbereich bevorzugen. Diese Habitatsegregation ist teilweise in der unterschiedlichen Morphologie begründet (Lachse haben breitere Brustflossen und können daher in einer stärkeren Strömung stehen), kann aber auch auf eine Konkurrenz mit der Bachforelle zurückzuführen sein (Jonsson & Jonsson 2011). Bachforellen zeigen bezüglich des Raumanspruches ein deutlich aggressiveres Verhalten als der Lachs (z. B. Heggenes et al. 1995, Kennedy & Strange 1986). Der Lachs kommt aber dank seinem flexibleren Verhalten damit problemlos zurecht, so lange der Konkurrenzdruck nicht zu gross ist. Erfahrungen aus Deutschland zeigen, dass dies erst in Bächen mit einer Breite von weniger als 3 m zum Problem werden kann (pers. Mitt. J. Schneider, Büro für fischökologische Studien, Frankfurt und K. Basel, Büro für Fischereibiologie & Ökologie, Sölden).

## 5.5 Neozoen

Mit der Eröffnung des Rhein-Main-Donau-Kanals 1993 setzte die Einwanderung von Fischen, insbesondere der invasiven Schwarzmeergrundeln aus dem Donau-Einzugsgebiet in den Rhein ein. Bereits 2011 wurden die Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*) und 2012 die Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*) in Basel erstmals nachgewiesen (Holm 2012). Die Marmorierte Grundel hat sich im Oberrhein weiter ausgebreitet, ist aber bisher nicht in der Schweiz gefunden worden.

Diese invasiven Grundeln können durch Frass von Laich und Larven, durch Konkurrenz um Nahrung und Habitate sowie allenfalls durch die Übertragungen von Krankheiten und Parasiten beträchtliche negative Auswirkungen auf die autochthone Fischgemeinschaft haben. Da sie grössere Fliessgewässer und damit dieselben Habitate wie die Junglachse besiedeln, stellen sie auch für ein Wiederansiedlungsprogramm eine potenzielle Gefahr dar. Daher dürfte es wichtig sein, dass die Besatzfische frühzeitig die Möglichkeit haben, ein Meideverhalten gegenüber Prädatoren zu entwickeln. Studien zur Prädation von Neozoen auf Junglachse und Lachseier scheinen weitgehend zu fehlen.

## 6 Mittelfristig erreichbare Gebiete

### 6.1 Perimeterausscheidung für ein etappiertes Vorgehen

Die Aufwertung und Vernetzung der Habitate für den Lachs wird von verschiedenen gesetzlichen Rahmenbedingungen inklusive Umsetzungsfristen begünstigt und ist damit zu einem grossen Teil planbar. So muss die Sanierung der Fischgängigkeit, des Geschiebehaushalts und des Schwall-Sunk-Betriebes bis 2030 erfolgt sein. Auch die Gewässer-Revitalisierungen erfolgen nach kantonalen Planungen. Sie beziehen sich auf einen Zeitraum von 20 Jahren und müssen periodisch (alle 12 Jahre) überprüft und aktualisiert werden. Innerhalb ca. 80 Jahre sollen so schweizweit rund 4000 km Fließgewässer revitalisiert werden. Es darf deshalb angenommen werden, dass in weniger als zwei Jahrzehnten die Gewässer für den Lachs und weitere Wanderfische in einem relevanten Teil des ausgemachten Potenzialgebietes durchgängig sind und das Habitatpotenzial deutlich grösser geworden ist.

Die Rückkehr der Lachse wird aber auch von Faktoren beeinflusst, die nicht oder nur geringfügig gesteuert werden können (z. B. Klimaveränderung, Krankheiten). Deshalb ist es heute schwierig abzuschätzen, wie schnell die Wiederbesiedlung in den verschiedenen Potenzialgebieten tatsächlich voranschreiten wird. Sie wird aber mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Da zudem die potenziellen Gewässer «vorbereitet» werden müssen (vor allem Wanderhilfen und Habitatverbesserungen), macht ein räumlich und zeitlich etappiertes Vorgehen Sinn. Es wurden deshalb zwei Ausbreitungssperimeter für die Wiederbesiedlung durch den Lachs definiert. Folgende Rahmenbedingungen wurden dabei berücksichtigt:

- **Historische Verbreitung** (Kap. 2): Das Kerngebiet lag unterhalb des Rheinfalls und unterhalb der grossen Alpenrandseen (Thunersee, Vierwaldstättersee und Zürichsee). Ein Ausbreitungssperimeter soll in der Regel nur Fließgewässer umfassen, in denen der Lachs natürlicherweise vorkam. Das historische Vorkommen ist aber nur unzureichend bekannt. Der Lachs dürfte auch in Gewässern gelaicht haben, die in keiner historischen Quelle erscheinen.
- **Habitatpotenzial** (Kap. 3): Grosse zusammenhängende Flächen bedeuten ein erhöhtes Lebensraumpotenzial. Daher ist die Grösse und die Vernetzung der vorhandenen Habitatflächen eines Potentialgewässers von Bedeutung.
- **Ausdünnung** (Kap. 4.2.1): Viele künstliche Wanderhindernisse werden in den nächsten Jahren saniert. Harte, unveränderbare Randbedingungen bleiben aber die Kraftwerksketten mit ihren Stauräumen. Sie haben vermutlich eine Ausdünnung der aufsteigenden Lachspopulation und der absteigenden Smolts zur Folge. Deshalb ist die Anzahl der Kraftwerke, die zwischen Basel und den betreffenden Potentialgewässern liegen, von grosser Bedeutung. Da die grossen Flüsse Rhein, Aare und Limmat lange Kraftwerksketten aufweisen, sind die kleineren Zuflüsse – insbesondere jene, die über eine vergleichsweise kurze Wanderstrecke von Basel her erreichbar sind – entsprechend wichtig.

Diese Kriterien wurden mit der begleitenden Arbeitsgruppe und einigen zusätzlichen Kantonsvertretern sehr intensiv und teilweise kontrovers diskutiert. Einig war man sich darüber, dass die historische Verbreitung berücksichtigt werden muss. Das Habitatpotenzial ist hingegen nur ungenau und nur für einen Teil der Kantone im historischen Einzugsgebiet bekannt. Und der Ausdünnungseffekt lässt sich mit dem heutigen Stand des Wissens nicht quantifizieren. Schliesslich einigte man sich auf die im Folgenden umschriebenen beiden Ausbreitungssperimeter (Tab. 1, Abb. 5.).

#### Perimeter I – Wiederbesiedlung

Der Perimeter I umfasst die Potentialgewässer unterhalb der grossen Alpenrandseen. Sind keine Seen vorhanden, wurde die Perimetergrenze pragmatisch aufgrund des Vorkommens oder potenziellen Vorkommens von Seeforelle und Barbe (Anhang F) festgelegt. Der Perimeter wurde mit den Fischerei-

verwaltungen der am meisten betroffenen Kantone (BS, BL, AG, ZH, TG) detailliert festgelegt<sup>9</sup>. Eine vertiefte Situationsanalyse findet sich in den Kapiteln 6.2 und 6.3.

Für den Perimeter I besteht mittelfristig die grösste Chance für eine Wiederbesiedlung durch den Lachs. Folgendes Ziel wurde definiert:

*Bis 2030 sollen zumindest in einzelne Zuflüsse des Hochrheins laichende Lachse aufsteigen.*

Um das gesteckte Ziel erreichen zu können, sind grosse Anstrengungen nötig (Tab. 1). Die Wiederbesiedlung wird erst dann erfolgreich sein, wenn die ersten selbstreproduzierenden Populationen sich etabliert haben. Schneider (2011) geht davon aus, dass dies im Ober-, Mittel- und Niederrheins bis 2020 der Fall sein könnte. Insofern erscheint der Zeitpunkt 2030 für die Schweiz ein erreichbares Ziel zu sein.

**Tab. 1** Unterschiede zwischen den beiden Ausbreitungsperimetern hinsichtlich der wichtigsten Massnahmen zur Erreichung der definierten Ziele. Weitere Massnahmen für den Perimeter I finden sich in Kapitel 6.3.

Perimeter	Ziele	Sanierung Fischwanderung	Revitalisierung Fließgewässer	Besatz (Kap. 7)
Perimeter I	Gezielte Förderung der Wiederbesiedlung, so dass bis 2030 Lachse zumindest in einzelne Hochrheinzuflüsse aufsteigen.	Wiederherstellung der Fischwanderung bei den Kraftwerken bis 2030 aufgrund gesetzlicher Vorgaben. Die Aufwärtswanderung bei den Kraftwerken am Hochrhein und in dessen Zuflüssen (ohne Aare) hat die höchste Priorität. Vor allem bei grösseren Anlagen bedeutet die Entwicklung ausgereifter technischer Lösungen für den Fischabstieg eine grosse Herausforderung. Machbare Massnahmen, wie der Abstieg über das Wehr oder die Schleuse, sollen rasch umgesetzt werden.	Ausscheidung national bedeutender Lachsvorranggewässer <sup>1</sup> . Deren Revitalisierung hat die höchste Priorität. Zudem soll damit eine Verschlechterung des aktuellen Zustands z. B. durch neue Migrationshindernisse vermieden werden <sup>2</sup> .	Intensivierung des Lachsbesatzes. Das Habitatangebot in den Potenzialgewässern soll im Feld kartiert werden. Darauf aufbauend wird ein deutlich grösserer Besatzperimeter ausgedehnt als heute. Die Besatzgewässer werden adäquat besetzt und das Aufkommen der Jungfische mittels Erfolgskontrolle überwacht.
Perimeter II	Bereitstellung der Gewässer bei jeder sich bietenden Gelegenheit	Wiederherstellung der Fischwanderung bei den Kraftwerken.	Revitalisierung der Fließgewässer bei sich bietender Gelegenheit.	Kein Besatz.

<sup>1</sup> Die vom Bundesrat verabschiedete Strategie Biodiversität Schweiz verlangt, dass prioritäre Lebensräume für die Fortpflanzung der Fische zu definieren sind und in die ökologische Infrastruktur aufgenommen werden sollen. Ideal wäre ein auf Bundesebene rechtlich verankerter Schutzstatus.

<sup>2</sup> Die vom Bundesrat verabschiedete Strategie Biodiversität Schweiz verlangt, dass prioritäre Lebensräume für die Fortpflanzung der Fische zu definieren sind und in die ökologische Infrastruktur aufgenommen werden sollen.

## Perimeter II – Bereitstellung

Der Perimeter wird durch die bekannte historische Verbreitung (Abb. 1) und das bekannte Vorkommen von Potenzialgewässern oberhalb der grossen Alpenrandseen definiert. Die Besiedlung wird sich über längere Zeiträume erstrecken. Trotzdem soll bereits jetzt jede Gelegenheiten zur Schaffung von Lebensraum und deren Vernetzung für den Lachs ergriffen werden. Fischwanderhilfen und Lebensraumaufwertungen sollen daher auch auf die Anforderungen des Lachses ausgelegt werden.

<sup>9</sup> Die Fischereiverwaltung des Kantons Jura stellte die Ausweitung des Perimeters I in der Birs bis Delémont zur Diskussion. Ein entsprechender historischer Nachweis konnte jedoch nicht beigebracht werden.

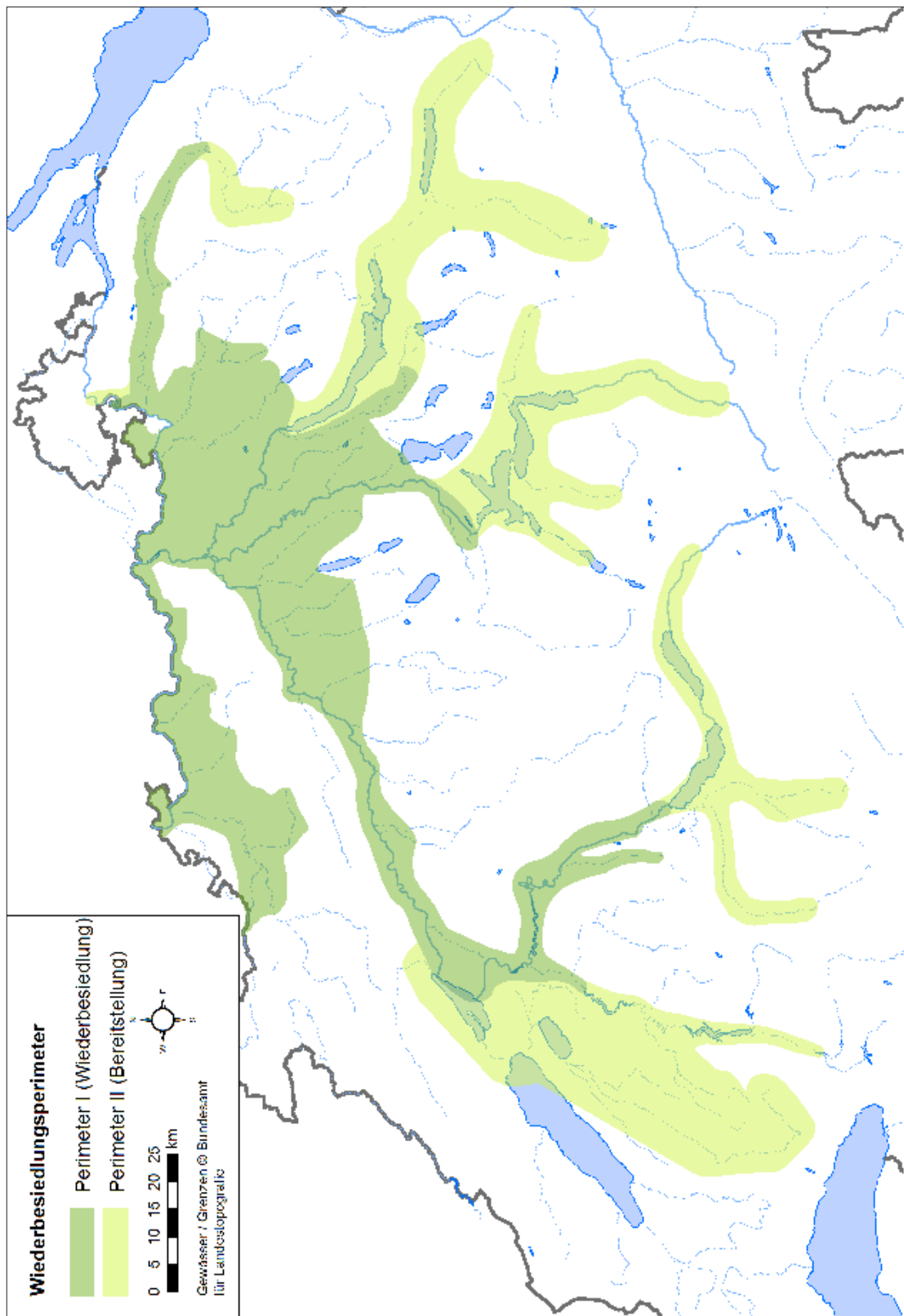


Abb. 5 Ausbreitungsperimeter für den Lachs. Perimeter I: mittel- bis langfristige Wiederbesiedlung, gezielte Bereitstellung der Habitate und der Vernetzung. Perimeter II: langfristige Wiederbesiedlung, Bereitstellung der Habitate und der Vernetzung bei sich bietender Gelegenheit.

Die bewusst unscharfen Perimetergrenzen decken auch Gewässer ab, die nicht als Potenzialgewässer ausgeschieden sind (Abb. 2). Zudem gibt es Potenzialgewässer, die teilweise ausserhalb der Perimeter liegen. Für diese Gewässer muss unter Berücksichtigung des ökologischen Potenzials und der Verhältnismässigkeit einzeln entschieden werden, ob bei Massnahmen Rücksicht auf den Lachs genommen werden muss.

In vielen Potenzialgewässern des Perimeters II kommen heute die Seeforelle und die Barbe vor – oder es besteht ein grosses Potenzial, dass sie diese in den nächsten Jahren besiedeln werden (Anhang F). Bezüglich der Dimensionierung von Fischwanderhilfen (Anhang G) und der Habitatanforderungen decken sich die Ansprüche der Seeforelle weitgehend, die der Barbe teilweise mit denen des Lachses. Somit profitiert der Lachs unmittelbar von Revitalisierungen und Vernetzungsmassnahmen für diese Arten, auch wenn sein Erscheinen lange auf sich warten lässt. Ein Besatz mit Lachsen soll erst nach der Etablierung sich selbst reproduzierender Lachspopulationen im Perimeter I diskutiert werden.

## 6.2 Charakterisierung Perimeter I

Der **Hochrhein** weist 10 Kraftwerke und Stauhaltungen auf. Längere frei fliessende Abschnitte beschränken sich auf wenige Kilometer bei Zurzach und Ellikon am Rhein. Insofern wäre er als Ausbreitungsgebiet von sekundärer Bedeutung. Der Hochrhein, der historisch vermutlich das wichtigste Laichgebiet in der Schweiz war, ist aber das erste Gewässer, das die aus dem Oberrhein einschwimmenden Lachse erreichen. Eine Wiederbesiedlung der Schweiz muss deshalb zwingend über die Hochrheinachse erfolgen.

Wichtig sind die kleineren **Hochrheinzuflüsse**. Die Wiese ist der erste Zufluss, der mit den deutschen Flussabschnitten bereits heute über ein grosses Habitatpotenzial verfügt. Auch die Birs weist ein grosses Habitatpotenzial auf. Zwischen ihrer Mündung in den Rhein und Delémont liegen aber neun Kraftwerksanlagen, die bei Bedarf mit modernen Fischaufstiegshilfen ausgerüstet werden müssen. Da es sich um kleinere Anlagen handelt, gibt es zudem bereits heute Lösungen für den Fischabstieg. Die weiter rheinaufwärts gelegenen linksufrigen Zuflüsse unterhalb der Aaremündung weisen im heutigen Zustand vermutlich ein zu kleines Habitatpotenzial für eine eigenständige Lachspopulation auf. Zudem gibt es an der Ergolz im Unterlauf einen nicht passierbaren natürlichen Absturz (Hülftenfall). Oberhalb der Aaremündung verfügen die Töss und die Thur über ausreichend Habitatflächen.

Die **Aare** weist mit ihren 10 Kraftwerksanlagen zwischen der Mündung und dem Bielersee und 7 weiteren bis zum Thunersee bezüglich der Längsvernetzung ähnlich ungünstige Bedingungen auf wie der Hochrhein. Die grösseren Zuflüsse (Suhre, Emme und Saane) weisen aber ein grosses Habitatpotenzial auf.

An der **Limmat** gibt es ebenfalls 11 Kraftwerke und teilweise sehr lange Stauhaltungen. Der einzige Zufluss mit derzeit ausreichend Habitatpotenzial ist die Sihl. Sie ist aber für den Lachs von der Aare her nur über 10 der 11 Kraftwerke erreichbar. Das unterste Kraftwerk an der Sihl wurde 2015 mit einem lachsgängigen Fischpass ausgerüstet. Mehrere Kraftwerksanlagen an der Limmat wurden in den letzten Jahren mit modernen Aufstiegshilfen, teilweise auch mit Abstiegshilfen ausgerüstet. Weitere Fischwanderhilfen und Fischschutzanlagen sind geplant.

An der **Reuss** stehen der Wanderung der Lachse zwischen der Mündung in die Aare und der Mündung der Kleinen Emme in Luzern 5 Anlagen im Weg. Die Schlüsselstelle dürfte das Kraftwerk Bremgarten-Zufikon mit seinem über 5 km langen Stau sein.

## 6.3 Risikoanalyse Perimeter I

Für eine erfolgreiche Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz sind die Schlüsselaspekte von Bedeutung, die in den vorangehenden Kapiteln ausführlich beschrieben wurden (Kap. 3–5). Diese werden im Folgenden wieder aufgegriffen und für den Perimeter I näher erläutert. Zusätzlich wird auf den Aspekt der Kommunikation eingegangen. Für jeden Schlüsselaspekt werden Massnahmen zur Verbesserung der aktuellen Situation empfohlen. Ein Zeitplan zu deren Umsetzung findet sich in Kapitel 8. In einer zusammenfassenden Tabelle werden die heutige Situation und die mittelfristig verbleibenden Risiken bewertet (Tab. 2).

### 6.3.1 Habitatpotenzial

- Schlüsselaspekte
- Das strukturelle **Angebot** an potenziellem Laich- und Jungfischhabitat basiert hauptsächlich auf den Ökomorphologie-Daten (Stand 2005) und wurde mehrheitlich durch Expertenmeinungen der kantonalen Fischereifachstellen aktualisiert. Es beträgt gut 450 ha, verteilt auf 59 Gewässerabschnitte (Abb. 6, Anhang C).
  - Eine überlebensfähige Population benötigt eine minimalen Habitatfläche von 3.8–10 ha (Kap. 3.3). Von den 59 Potenzialgewässern weisen 23 mindestens 3.8 und 15 mindestens 10 ha potenzielle Habitatfläche auf (Anhang C).
  - Die Angaben zum Habitatangebot sind nur Grössenordnungen. Das tatsächliche verfügbare Angebot muss im Feld kartiert werden. Als einfaches Verfahren hat sich im Rheineinzugsgebiet das Vorgehen nach Nemitz & Molls (1999) bewährt. Es erlaubt mit einem vergleichsweise kleinen Aufwand, einen Überblick über grosse Gewässerstrecken zu gewinnen. Deshalb werden bis 2017 gut 50 % der 658 km Lachspotenzialgewässer im Perimeter I nach dieser Methodik kartiert<sup>10</sup>.
  - Die Potenzialgewässer sind nicht unberührte Fliessgewässer. Sie unterliegen einer mehr oder weniger intensiven **Nutzung**. Teilweise sind weitere Nutzungen geplant. Die Empfehlung der Bundesämter zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke (BAFU et al. 2011) attestiert den Lachspotenzialgewässern die Schutzkategorie «sehr wertvoll».
- Massnahmen
- Es muss geprüft werden, ob in den Potenzialgewässern durch geeignete **Aufwertungsmassnahmen** ausreichend Habitatflächen geschaffen werden können. Falls dem so ist, sollten diese Gewässerabschnitte möglichst rasch revitalisiert werden.
  - Es soll ein **Faktenblatt** für Revitalisierungsmassnahmen erstellt werden, die auf die Habitatansprüche des Lachses ausgelegt werden sollen.
  - Zusätzliche Nutzungen (Stromerzeugung, landwirtschaftliche Bewässerung, harte Verbauungen usw.) zu den bereits existierenden sind zu vermeiden. Die Potenzialgewässer sollen deshalb im Sinne einer Planungshilfe als nationale **Lachsvorängewässer** ausgeschieden werden, um sie so möglichst vor einer weiteren Intensivnutzung zu schützen.

### 6.3.2 Durchgängigkeit

- Schlüsselaspekte
- In bzw. unterhalb der Potenzialgewässer im Perimeter I liegen insgesamt 196 Kraftwerksanlagen (Abb. 6). Bezüglich des Fischeaufstiegs besteht bei 121 Anlagen ein Sanierungsbedarf, bei 4 Anlagen liegen derzeit keine Angaben vor. Lediglich bei 69 Anlagen funktioniert der Fischeaufstieg zufriedenstellend. Der Fischabstieg ist bei 61 Anlagen sichergestellt und bei 127 Anlagen sanierungsbedürftig. Bei 4 Anlagen ist die Situation noch unklar (Daten BAFU, Stand Juni 2016).
- Massnahmen
- Die Erreichbarkeit aber auch die Abwanderungsbedingungen müssen noch für viele Potenzialgewässer verbessert werden. Der Durchgängigkeit der Kraftwerksanlagen an und unterhalb der Potenzialgewässer soll deshalb höchste Priorität eingeräumt werden.

<sup>10</sup> Eine andere etwas differenziertere Erhebungsmethodik kam an der Wiese, Birs und Ergolz zum Einsatz (Becker & Rey 2005). In Frankreich wird ebenfalls eine differenziertere Methodik auf der Basis der Mesohabitate angewandt (Lascaux & Vandewalle 2007). Die Anleitung zu einer detaillierten Habitatanalyse findet sich bei Forseth & Harby (2014).

Sollen Habitatkartierungen dereinst auch einen Beitrag zu Populationsmodellen liefern, müssten sie allenfalls zusätzlichen methodischen Ansprüchen genügen. Ein Beispiel ist das norwegische Lachspotenzialmodell NORSALMOD. Es simuliert die Populationsentwicklung von der Eiablage bis zur Abwanderung der Smolts, unter anderem anhand der Häufigkeit und Verteilung der Mesohabitate (Borsányi et al. 2004).

- Für das Problem des Fischabstiegs bei Anlagen an grossen Fliessgewässern muss die Forschung weiter forciert werden. Zudem sollen möglichst rasch Erfahrungen an Pilotanlagen gesammelt werden.
- Es sollte geprüft werden, ob der Abwanderungserfolg der Smolts aus der Schweiz zumindest qualitativ erfasst werden kann (Details vgl. Kap. 7.4.3).
- Andere Hindernisse (z. B. künstliche Schwellen) sollten ebenfalls mit hoher Priorität saniert werden.

### 6.3.3 Hydrologie und Geschiebehaushalt

- Schlüsselaspekte
- Einige Potenzialstrecken unterliegen streckenweise einem **Restwasserregime**. Restwasserstrecken weisen gegenüber Vollwasserstrecken oft unzureichende Fliessgeschwindigkeiten für die Junglachse auf. Zudem können die Fortpflanzungsbedingungen durch höheren Feinstoffeintrag in die Kieslücken und durch stärkere Temperaturunterschiede im Kies beeinträchtigt sein.
  - Grundsätzlich gelten diese Aussagen auch für die einzige **Schwallstrecke** im Perimeter I (Saane/Aare zwischen Schifflensee und Bielersee). Hinzu kommen die bekannten Probleme bezüglich Verdriften und Stranden der Jungfische.
  - Aufgrund der Klimaveränderungen ist vermehrt mit ausgesprochenen **Niedrigwasserperioden** zu rechnen. Besonders die im Jura entspringenden Zuflüsse des Hochrheins sind aufgrund der Geologie im Einzugsgebiet teilweise betroffen.
  - Längerfristig ist eine Zunahme von **Winterhochwasser** und damit eine verstärkte Umlagerungen und Erosion der Gerinnesohle zu erwarten. Davon könnten auch die Laichgruben des Lachses betroffen sein.
  - Es ist davon auszugehen, dass der **Geschiebetrieb** in allen Potenzialgewässern mehr oder weniger stark reduziert ist.
  - Das Ausmass der **Kolmation** in den Potenzialgewässern ist derzeit nicht bekannt, wird aber im Rahmen einer Habitatkartierung bis 2017 in etwa 50 % der Potenzialgewässer qualitativ erfasst.
- Massnahmen
- Bei der Festlegung der minimalen **Restwassermenge** müssen gemäss Gewässerschutzgesetz die Ansprüche der Fische hinsichtlich der freien Fischwanderung und dem Angebot an aquatischen Habitaten berücksichtigt werden (GSchG Art. 31 Abs. 2 Bst c und d, sowie Art. 33 Abs. 3 Bst. b). Eine Erhöhung der Mindestrestwassermenge hinsichtlich der Ansprüche des Lachses ist dann angezeigt, wenn der Lachs im Gewässer nachgewiesen wurde.
  - Hinsichtlich der Sanierung des **Geschiebehaushaltes** sollen Lachspotenzialgewässer prioritär behandelt werden. Insbesondere gilt dies für den Hochrhein und die Reuss. Für den Hochrhein liegt ein Masterplan vor (Abegg et al. 2013).

### 6.3.4 Wasserqualität (inkl. Wassertemperatur)

- Schlüsselaspekte
- Die **Temperaturverhältnisse** sind aufgrund der Klimaerwärmung zu einem wichtigen Habitatparameter geworden. Die Bedingungen in den Potenzialgewässern sind hinsichtlich der Anforderungen des Lachses nicht ausreichend bekannt.
  - Prinzipiell dürfte die **Wasserqualität** der Potenzialgewässer den Ansprüchen des Lachses genügen. Es bestehen aber gewisse Unklarheiten, v. a. bzgl. der Mikroverunreinigungen.

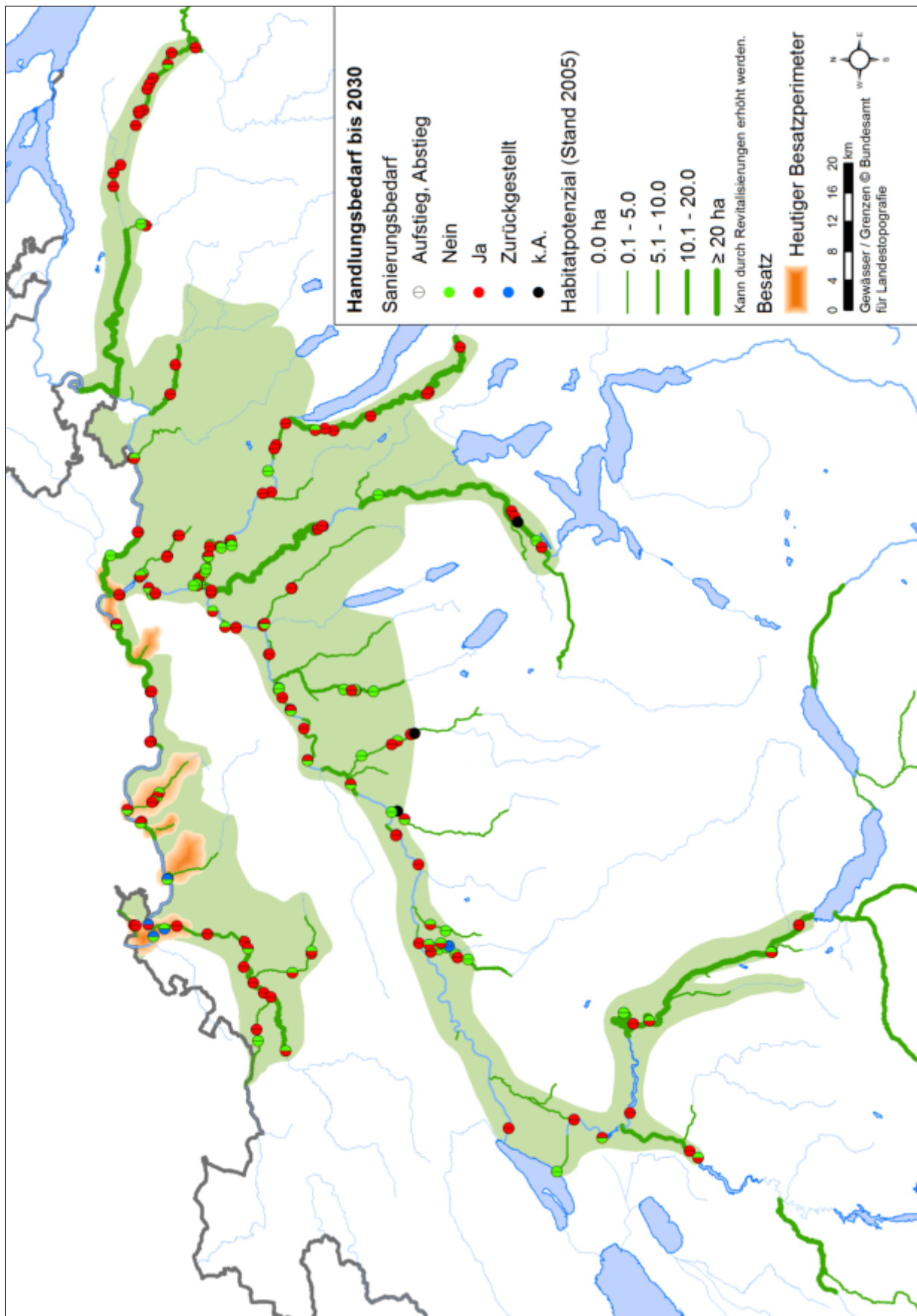


Abb. 6 Kraftwerkbedingten Wanderhindernisse und deren Sanierungsbedarf bzgl. Fischauf- und -abstieg in den Potenzialstrecken im Perimeter I (Daten BAFU, Stand Juni 2016).

- Massnahmen
- An mehreren Potenzialgewässern gibt es **Temperaturmessstellen**<sup>11</sup>. Ihre Zeitreihen sollten hinsichtlich der Anforderungen des Lachses ausgewertet werden. Dabei interessieren besonders der Sommer (Maximaltemperatur) und der Zeitraum zwischen Eiablage und Emergenz (Abschätzung der Länge der Inkubations- und Dottersacklarvenphase). In Potenzialgewässern ohne Messstellen sollte die Wassertemperatur zumindest über einige Jahre aufgezeichnet werden.
  - Da Lachse in ihren Ansprüchen an die chemische **Wasserqualität** den Bachforellen sehr ähnlich sind, kann der Forellenbestand im Potenzialgewässer als Indikator herangezogen werden. Bestehen Zweifel an der Wasserqualität sollten entsprechende Untersuchungen (z. B. Exposition von Eiern in Brutboxen) durchgeführt und bei Bedarf Massnahmen eingeleitet werden.

### 6.3.5 Konkurrenz zur Bachforelle

- Schlüsselaspekte
- Eine hohe Bachforellendichte kann in kleinen Gewässern die Überlebensrate der Junglachse durch Konkurrenz deutlich reduzieren.
- Massnahmen
- Fliessgewässer mit einer Breite von weniger als 3 m sollen nicht mit Lachsen besetzt werden.

### 6.3.6 Neozoen

- Schlüsselaspekte
- Neozoen der Fischfauna, primär invasive Grundeln, können aufgrund ihres Prädations- und Konkurrenzpotenzials eine Gefahr für Junglachse darstellen.
- Massnahmen
- Abklärungen zum **Ausbreitungspotenzial** sind dringend nötig. Eine Forschungsgruppe der Universität Basel hat sich diesen Fragen angenommen (Holm 2014).
  - Um das Eindringen dieser Fische in Lachspotenzialgewässer zu vermeiden, sollten geeignete **Abwehrmassnahmen** (z. B. Bootsreinigung vor Überlandtransporten) möglichst rasch geprüft werden.
  - Die **Ausbreitung** und die Ausbreitungsgeschwindigkeit der invasiven Grundeln sollten laufend überwacht werden.

### 6.3.7 Kommunikation

- Schlüsselaspekte
- Seit 20 Jahren werden in der Schweiz Lachse eingesetzt. Eine regelmässige Information der Fachwelt und der Öffentlichkeit fand bisher nicht oder nur spärlich statt (z. B. Basler Lachs Info). Die Information beschränkte sich auf einzelne Veröffentlichungen (z. B. Mertens et al. 2011, Staub 2000, Stucki 2010).
- Massnahmen
- Die Erfahrungen aus dem Wiederansiedlungsprogramm sollten durch eine zentrale Stelle gesammelt, ausgewertet und laufend veröffentlicht werden.
  - Ein Kommunikationskonzept soll aufzeigen, wann und wie die involvierten Kreise (Behörden, Forschung, Fischereivereine u. a.) und die Öffentlichkeit informiert werden sollen.

<sup>11</sup> Rhein (mehrere), Wiese, Birs, Magdenerbach, Möhlinbach, Etzgerbach, Surb, Glatt, Töss und Thur, Aare, Reuss.

**Tab. 2 Risikoanalyse für eine erfolgreiche Wiederansiedlung des Lachses im Perimeter A. Beschreibung der heutigen Situation und des zu erwartenden Zustandes in einigen Jahren. Bewertung des verbleibenden Risikos.**

Faktor		Situation		Restrisiko	Verweis	
Faktor	Schlüsselaspekt	Heute	Mittelfristig			
Habitatpotenzial	Angebot an Laichhabitat	Vermutlich ausreichend vorhanden.	Zunehmend	gering	Kap. 3.2	
	Angebot an Jungfischhabitat	Insgesamt vermutlich ausreichend vorhanden, in vielen Potenzialgewässern aber zu wenig.	Zunehmend	gering	Kap. 3.2	
	Schutz der Potenzialgewässer	Kein Schutzstatus, der explizit vor Intensivnutzungen bewahrt.	Schutzstatus erlassen, zumindest Ausscheidung als Vorranggewässer	mittel	Kap. 6.3.1	
Durchgängigkeit Perimeter I	Passierbarkeit von Kraftwerksanlagen aufwärts	Viele Potenzialgewässer sind nicht oder nur über ungenügende Fischaufstiegshilfen erreichbar.	Vollständige Durchgängigkeit	gering	Kap. 4.2	
	Passierbarkeit von Kraftwerksanlagen abwärts	Kaum Abstiegshilfen vorhanden.	Ungewiss, Verbesserung darf erwartet werden.	mittel	Kap. 4.2	
	Passierbarkeit von Stauhaltungen abwärts	Grosses Prädationsrisiko vermutet.	Keine Änderungen	mittel	Kap. 4.2.1	
	Kumulative Effekte entlang von Kraftwerkketten		Vermutlich beträchtliche Ausdünnung der aufwärtswandernden Laichpopulationen.	Verbesserung	mittel	Kap. 4.2.1
			Vermutlich beträchtliche Ausdünnung der abwandernden Smolts.	Ungewiss, Verbesserung darf erwartet werden.	gross	Kap. 4.2.1 Kap. 4.2.2
	Passierbarkeit von anderen Hindernissen	Nur in den kleineren Zuflüssen ein Problem.	Vollständige Durchgängigkeit	gering	Kap. 4.2	
Hydrologie	Restwasserstrecken	Kein offensichtliches Problem.	Verbesserung	gering	Kap. 5.1	
	Schwallstrecken	Nur eine Schwallstrecke (Saa-ne/Aare bis Bielersee).	Verbesserung	gering	Kap. 5.1	
	Niedrigwasser	Lange Niedrigwasserperioden treten vermehrt auf.	Tendenzielle Verschärfung des Problems	mittel	Kap. 5.1	
Geschiebehaushalt	Geschiebetrieb	Vermutlich überall mehr oder weniger stark reduziert.	Verbesserung	gering	Kap. 5.1	
	Winterhochwasser	Vermutlich erst langfristig von Bedeutung.	Tendenzielle Verschärfung des Problems	mittel	Kap. 5.1	
	Kolmation	Unklar, da Untersuchungen weitgehend fehlen.	Verbesserung	gering	Kap. 5.1	
Wasserqualität	Wassertemperatur	Spezifische Untersuchungen hinsichtlich des Lachses fehlen.	Tendenzielle Verschärfung des Problems.	mittel	Kap. 5.2	
	Chemische Wasserqualität	Vermutlich ausreichend.	Unklar hinsichtlich der Mikroverunreinigungen	unklar	Kap. 5.2	
Konkurrenz Bachforelle	Besatz mit Bachforellen	In kleinen Bächen mögliche Reduktion der Junglachse durch Konkurrenz.	Keine Änderungen	gering	Kap. 5.4	
Neozoen	Invasive Grundeln	Mögliche Reduktion der Junglachse durch Prädation und Konkurrenz	Unbekanntes Ausbreitungspotenzial	unklar	Kap. 5.5	

## 7 Überlegungen zu einer Besatzstrategie

### 7.1 Notwendigkeit eines Besatzes

Gemäss dem Konzept Artenförderung Schweiz (BAFU (2012) stehen der Schutz bestehender Populationen und die natürliche Wiederbesiedlung von Lebensräumen im Vordergrund der Artenförderung. Die künstliche Wiederansiedlung von Arten, sowie die Stärkung oder Umsiedlung von Populationen durch den Transfer von Individuen sind nur dann in Betracht zu ziehen, wenn andere Fördermassnahmen nicht zum Ziel führen. Dies ist bei der Wiederansiedlung des Lachses der Fall.

Für eine erfolgreiche Wiederansiedlung 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. Besatzmassnahmen in der Schweiz sind daher – wie auch in den deutschen und französischen Zuflüssen – unerlässlich, um dem Lachs eine Wiederbesiedlung zu ermöglichen.

In Ergänzung zu den IUCN-Kriterien, die für jegliche Wiederansiedlung gelten und für das Wiederansiedlungsprogramm des Lachses in der Schweiz weitgehend erfüllt sind (ausführliche Beurteilung in Anhang D) hat die NASCO (North Atlantic Salmon Conservation Organization) die folgenden Richtlinien für den Besatz mit Atlantischen Lachsen verabschiedet<sup>12</sup> (angepasst auf die Schweizer Verhältnisse):

- 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.

In der Schweiz wird ein Initialbesatz langfristig und in grosser Zahl notwendig sein, um die verschiedenen Mortalitätsrisiken zu kompensieren und das Ziel von sich selbsterhaltenden Populationen zu erreichen. Besatz darf aber keine dauerhafte Ersatzmassnahme für die Wiederherstellung von Laich- und Jungfischhabitaten sein.

### 7.2 Bisheriger und laufender Besatz

Die ersten Lachsbesätze im Rhein erfolgten unter dem Eindruck der schwindenden Bestände bereits Ende des 18. Jahrhunderts (Mertens et al. 2011). 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. Seither werden im Raum Basel (Wiese und

<sup>12</sup> Council CNL(06)48: Resolution by the Parties to the Convention for the Conservation of Salmon in the North Atlantic Ocean to Minimise Impacts from Aquaculture, Introductions and Transfers, and Transgenics on the Wild Salmon Stocks - The Williamsburg Resolution (2003/2006).

Birs, später auch Ergolz) und seit 2006 auch im Kanton Aargau jährlich mehrere Tausend Vorsommerlinge und Sommerlinge eingesetzt. 2013 wurde die Besatzstrategie verfeinert. Seither werden in etwa ein Dutzend Gewässern insgesamt 30'000 bis 50'000 Vorsommerlinge pro Jahr eingesetzt (Abb. 7). Im gesamten Rheineinzugsgebiet umfasst der Jahresbesatz derzeit etwa 1.3–2 Millionen Junglachse, vor allem «angefütterte Brütlinge» (Länge 4–6 cm, entspricht in etwa den Vorsommerlingen)<sup>13</sup>.

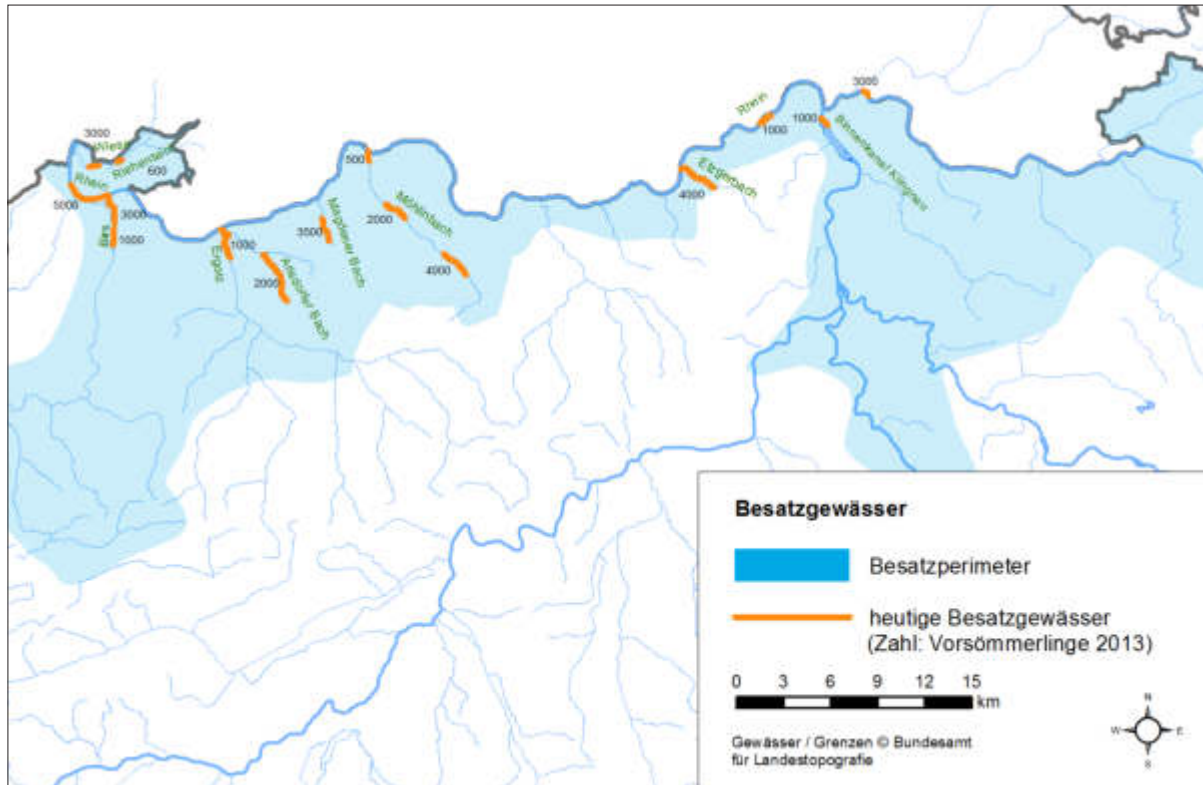


Abb. 7 Lachsbesatz in den Kantonen BS, BL und AG (Stand 2013).

### 7.3 Generelle Voraussetzungen

Nicht jedes Gewässer, das Lachshabitatpotenzial aufweist, ist zwingend auch als Besatzgewässer geeignet. Im Folgenden werden deshalb die wichtigsten Voraussetzungen zusammengefasst, die für die Auswahl der Besatzgewässer berücksichtigt werden müssen. Es handelt sich hierbei nicht um ein Besatzkonzept, sondern lediglich um eine Auflistung der für ein Besatzkonzept vertieft zu klärenden Aspekte.

#### 7.3.1 Grundsatz der Nachhaltigkeit

Das Bundesgesetz über die Fischerei fordert die natürliche Artenvielfalt und den Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen. Weiter wird die Gewährleistung einer nachhaltigen Nutzung der Fisch- und Krebsbestände (Art. 1 Abs. 1 Bst. c) bezweckt. Was der Gesetzgeber unter «nachhaltig»

<sup>13</sup> Vergleichsangaben: Im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe werden jährlich etwa 400'000 Lachsbrütlinge ausgesetzt (Daten Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie). Für das Einzugsgebiet der Maas wird eine Besatzmenge von 500'000 Vorsommerlingen angestrebt (Internationale Maaskommission 2010).

und der daraus resultierende Verpflichtung versteht, wird in der Bundesverfassung folgendermassen definiert (Art. 73):

*Bund und Kantone streben ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen anderseits an.*

Wichtig ist der Ausdruck der «Erneuerungsfähigkeit der Natur». Ein nachhaltiges Wiederansiedlungsprogramm muss demnach (langfristig) einen selbsterhaltenden Lachsbestand zum Ziel haben, was auch den IUCN-Kriterien (Anhang D) und dem Artenförderungskonzept Schweiz (BAFU 2012) entspricht.

### 7.3.2 Historisches Vorkommen und natürliche Ausbreitungsgrenze

Eine Wiederansiedlung von Lachsen ist prinzipiell nur im historischen Verbreitungsgebiet gerechtfertigt. Zudem ist es sinnvoll, nur solche Gewässer auszuwählen, in denen die Art historisch belegt in bedeutendem Ausmass vorgekommen ist<sup>14</sup>. Diese Gewässer weisen grundsätzlich ein hohes Potenzial für das Aufkommen des Lachses auf.

Im Prinzip ist die natürliche Ausbreitungsgrenze in diesen Gewässern zu berücksichtigen. Wo diese nicht bekannt ist, soll sie aufgrund des heutigen bzw. künftigen Potenzials an Laichhabitat definiert werden. Besatz ausserhalb dieses Perimeters ist denkbar. Der Vorteil liegt darin, dass mehr Jungfischhabitat und damit eine grössere Besatzfläche zur Verfügung stehen. Folglich wären im gesamten Zielgewässer höhere Besatzmengen und somit eine höhere Smoltproduktion möglich. Ist die Ausbreitungsgrenze durch ein natürliches Wanderhindernis begrenzt, müssen zusätzliche Überlegungen miteinbezogen werden (Kap. 4.2.3).

### 7.3.3 Gewässergrösse

Eine bestimmte Gewässergrösse hat für den Lachsbesatz sowohl Vor- als auch Nachteile (Tab. 3). Im Rheineinzugsgebiet unterhalb von Basel wurden bisher primär mittelgrosse Fliessgewässer besetzt. Schneider (2009) empfiehlt aber aufgrund historischer Angaben zu Laichplätzen auch den Besatz in ausgewählten Strecken des Hochrheins zu prüfen. Zuvor muss aber das heutige Angebot an Laich- und Jungfischhabitat eingeschätzt werden.

Die historisch belegten Lachsvorkommen in der Schweiz liegen ebenfalls in grösseren und mittelgrossen Gewässern (Anhang A). Die Quellen besagen aber meist bloss, dass in diesen Gewässern adulte Lachse beobachtet wurden. Aufgrund der postulierten Nähe der Jungfischhabitate zu den Laichhabitaten (Kap. 3.1) und des grossen Flächenbedarfs der Jungfische (Kap. 3.3) ist aber anzunehmen, dass kleine Bäche weniger von Lachsen besiedelt waren. Schwevers & Adam (2000) empfehlen denn auch in ihren Besatzempfehlungen nur Gewässer mit einer Mindestbreite von 5 m zu besetzen.

Trotzdem kann ein Besatz in kleineren Gewässern, die oberhalb der potenziellen Laichhabitats liegen, sinnvoll sein, um eine möglichst grosse Smoltproduktion im Gewässersystem erreichen zu können. Dabei ist aber die Konkurrenz zur Bachforelle zu berücksichtigen (Kap. 5.4).

<sup>14</sup> Das historische Verbreitungsgebiet und die Häufigkeit der Lachse sind aber nur teilweise bekannt (Kap. 2).

**Tab. 3 Vor- und Nachteile des Lachsbesatzes in Gewässern verschiedener Grösse bzw. verschiedener Fischregionen. Einschätzungen aufgrund von Erfahrungen im Rheineinzugsgebiet.**

Gewässertyp	Vorteile	Nachteile
<i>Kleine Fliessgewässer</i> (z. B. Lüssel, Möhlinbach) Obere bis untere Forellenregion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachforellenbestände meist gut bekannt (Indikatorart).</li> <li>• Sehr gute Voraussetzungen für Erfolgskontrollen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meist keine historisch belegte Lachsgewässer.</li> <li>• Ufergeprägte Habitats haben grossen Anteil an Gesamthabitatangebot. Daher klassische Junglachshabitats (ausgedehnte Rifflestrecken) vergleichsweise selten.</li> <li>• Bei Gerinnebreiten &lt;3 m starke Konkurrenz mit Bachforellen und daher oft geringere Überlebensrate für Lachsbesatz (Kap. 5.4).</li> </ul>
<i>Mittelgrosse Fliessgewässer</i> (z. B. Töss, Glatt, Birs) Untere Forellenregion bis untere Äschenregion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historisch belegte Verbreitungsgewässer.</li> <li>• Klassische Junglachshabitats häufig.</li> <li>• Bachforellenbestände oft gut bekannt (Indikatorart).</li> <li>• Hohe Überlebensraten für Lachsbesatz.</li> <li>• Gute Voraussetzungen für Erfolgskontrollen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anthropogene Beeinflussung oft grösser als in kleineren Gewässern.</li> <li>• Zielkonflikte mit anderen Nutzergruppen häufig.</li> </ul>
<i>Grosse Fliessgewässer</i> (Rhein, Aare, Limmat, Reuss) Untere Äschenregion bis obere Barbenregion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historisch belegte Verbreitungsgewässer.</li> <li>• Wenn Jungfischhabitats vorhanden, dann meist grossflächig.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeignete Habitats nur abschnittsweise vorhanden.</li> <li>• Bachforellenbestände weniger gut bekannt (Indikatorart).</li> <li>• Kaum Erfahrungen zu Überlebensraten, da Erfolgskontrolle schwierig und aufwändig.</li> </ul>

### 7.3.4 Habitatverfügbarkeit

Die Verfügbarkeit ausreichend grosser und qualitativ guter Habitatflächen ist eines der wichtigsten IUCN-Kriterien für die Wiederansiedlung (Anhang D) und ein kritischer Punkt jedes Lachsprogramms. Es hat sich in der Praxis bewährt, die Auswahl der Besatzgewässer auf der Basis eines Richtwertes für die Mindestfläche guter Junglachshabitats durchzuführen (pers. Mitt. A. Nemitz, Rheinischer Fischereiverband). Es ist sinnvoll, eher hohe Richtwerte zu verwenden, um die langen Wanderstrecken und niedrigen Rückkehrerzahlen mit einer hohen Smoltproduktion kompensieren zu können. Modellrechnungen zur notwendigen Habitatfläche finden sich in Kapitel 3.3.

Potenzielle Besatzgewässer, die ein minimales Habitatangebot auch nach der Beseitigung von Wanderhindernissen oder nach Revitalisierungen nicht bieten können, sind nicht geeignet. Gewässer, die derzeit noch nicht genügend Habitatflächen aufweisen, aber für die eine Perspektive besteht, dass sich das in absehbarer Zukunft ändern wird, können in ein Besatzprogramm aufgenommen werden. Die Voraussetzung ist allerdings, dass die notwendigen Massnahmen mittelfristig umgesetzt werden. Für Grenzgewässer (Wiese, Hochrhein) sollte eine internationale Zusammenarbeit angestrebt werden.

Im Prinzip können nahe beieinander liegende Gewässer als ein System betrachtet werden (z. B. Birs, Lützel und Lüssel), das dann als Ganzes die angestrebte Minimalfläche aufweisen müsste. So lange aber keine Rückkehrer in diesen Gewässern sind, lässt sich auch nicht sagen, ob ein Austausch zwischen ihnen stattfinden würde. Aus diesem Grund sollte vorerst jedes Potenzialgewässer separat betrachtet werden.

## 7.4 **Besatz**

### 7.4.1 **Besatzgewässer**

Die Eignung der Potenzialgewässer im Perimeter I als Besatzgewässer zum Aufbau selbstreproduzierender Populationen muss in einem Besatzkonzept beurteilt werden. Folgende Aspekte müssen dabei für jedes Potenzialgewässer geklärt werden:

- Erreichbarkeit der Jungfischhabitate: Die Anzahl der Wanderhindernisse (Wehranlagen, Stauräume, Schwellen usw.), die abwandernde Smolts und aufsteigende Rückkehrer überwinden müssen, sollte wegen kumulativer Effekte möglichst gering sein. Die künftigen Entwicklungen bei den Kraftwerksanlagen (Sanierung Auf- und Abstieghilfen) müssen berücksichtigt werden.
- Angebot an Jungfischhabitat: Das Gewässer soll eine minimale Habitatfläche von 3.8–10 ha aufweisen. Das berechnete Potenzial soll durch Kartierungen überprüft werden. Zudem soll das Aufwertungspotenzial durch mittelfristig realisierbare Revitalisierungen eingeschätzt werden.
- Entwicklung der Wassertemperatur: Die heutige Situation muss hinsichtlich der Ansprüche des Lachses überprüft werden.
- Möglichkeit zu einer Erfolgskontrolle: Der Besatz soll sich auf Gewässerabschnitte konzentrieren, in denen eine standardisierte Erfolgskontrolle mit vernünftigem Aufwand durchführbar ist, d. h. die potenziellen Jungfischhabitate mit dem Elektrofangerät befischbar sind. Demnach entfallen die grossen Fliessgewässer.

### 7.4.2 **Besatzalter, Besatzdichte, Besatzproduktion**

In die Besatzgewässer des Rheineinzugsgebietes werden je nach Habitateignung Lachse verschiedener **Besatzalter** eingesetzt: Eier, Brut (Dottersacklarven), fressfähige (unangefütterte) Brütlinge (2–3 cm), angefütterte Brütlinge (4–6 cm), Sommerparrs (jüngerer Sömmerling), Jährlinge, Zweijährige oder Smolts (Abwanderer).

Die natürliche Mortalität ist – insbesondere bei Eiern und kleineren Fischen – im Freiland deutlich höher als unter den kontrollierten Bedingungen in den Aufzuchtanlagen. Grundsätzlich ist aber die Überlebenschance (Fitness) jüngerer Besatzfische im Gewässer grösser als bei älteren (Literaturstudie in Füllner et al. 2003). Trotzdem geht man bei der IKSР davon aus, dass bei jüngeren Besatzfischen grössere Besatzmengen notwendig sind, um die angestrebte Anzahl Rückkehrer erreichen zu können. Die vorhandenen Brutanlagen können aber nur eine limitierte Zahl von Besatzfischen produzieren.

In Nordrhein-Westfalen hat sich nach jahrelangen Untersuchungen gezeigt, dass Sommerparrs (entspricht etwa den Sömmerlingen), unter Abwägung biologischer und wirtschaftlicher Aspekte, das am besten geeignete Besatzstadium darstellen (Klinger et al. 2011). Sie werden deshalb heute dort dem Besatz jüngerer Fische vorgezogen. Dasselbe gilt für Hessen und Rheinland-Pfalz (pers. Mitt. J. Schneider, Büro für fischökologische Studien, Frankfurt).

In Baden-Württemberg liegt der Fokus auf dem Besatz von angefütterten Brütlingen (Gewicht  $\geq 1$  g, entspricht etwa den Vorsömmerlingen). Erfahrungen zeigen, dass dieses Altersstadium die besseren Überlebenschancen hat als jüngere (pers. Mitt. K. Blasel, Büro für Fischereibiologie & Ökologie, Sölden). Die Vorsömmerlinge werden zwischen Ende Mai und Anfang Juli eingesetzt. Im Prinzip sind diese Erfahrungen auf die Schweiz übertragbar. Trotzdem sollten Studien zu den verschiedenen Besatzalter durchgeführt werden<sup>15</sup>

Die **Besatzdichte** muss mit der vorhandenen Jungfischhabitatfläche bzw. der gewässerspezifischen Lebensraumkapazität abgestimmt sein. Derzeit sind aber weder die tatsächlichen Habitatflächen noch

<sup>15</sup> Im Kanton Aargau läuft derzeit eine Untersuchung zum Lachsbesatz mit Eier, larven und Vorsömmerlingen. Ergebnisse liegen im Frühling 2017 vor.

die gewässerspezifischen Überlebensraten in den Potenzialgewässern ausreichend genau bekannt, um eine adäquate Besatzdichte prognostizieren zu können. Trotzdem sollen hier erste Überlegungen zur benötigten Produktion an Besatzfischen durchgeführt werden.

Die natürliche Dichte der Lachsvorsömmerlinge variiert je nach Habitatqualität zwischen etwa 0.05 und 1.5/m<sup>2</sup>, mit Extremwerten von bis zu 3.5/m<sup>2</sup> (Nemitz & Schindehütte 2010). Mehrere Studien an weiteren europäischen Lachsflüssen belegen, dass Dichten von mehr als 1 Vorsömmerling/m<sup>2</sup> keine Seltenheit sind (z. B. Kazakov 1994, Milner et al. 1995, Niemelä et al. 1999). In Gewässern in Hessen und Rheinland-Pfalz wurden an mehreren Stellen Dichten von mehr als 1 Sommerparr/m<sup>2</sup> festgestellt (Schneider 2011). In Grossbritannien wurde ein Bewertungsschema für Jungfischdichten entwickelt (Hendry & Cragge-Hine 2003). Demnach gelten Dichten von mehr als 0.9 Sommerparr/m<sup>2</sup> als «gut».

Die Besatzdichte in Baden-Württemberg beträgt im Allgemeinen 1–2 Vorsömmerlinge/m<sup>2</sup>. Damit soll gewährleistet werden, dass von Beginn weg möglichst viele Smolts aufkommen, um eine Rückkehrer-rates zu erreichen, die eine selbsttragende Population ermöglicht. Die Besatzstrategie für das Einzugsgebiet der Stepenitz (Brandenburg) geht ebenfalls von 1–2 Vorsömmerlingen/m<sup>2</sup> aus (Zahn et al. 2009). Im nordrhein-westfälischen Teil des Sieg-Einzugsgebiets beträgt die Besatzdichte in der Regel 1 Sommerparr/m<sup>2</sup>, in optimal geeigneten Habitaten bis zu 1.5 Sommerparr/m<sup>2</sup> (Klinger et al. 2011).

Die Etablierung einer selbstreproduzierenden Population ist für die Schweiz ein langfristiges Ziel. Es soll über einen kontinuierlich steigenden Beitrag der Rückkehrer an die Rekrutierung erreicht werden – unter der Annahme, dass sich die verschiedenen Mortalitätsfaktoren zwischen dem Smolt- und dem Fortpflanzungsstadium verringern werden (z. B. verbesserte Durchgängigkeit für die Abwärts- und Aufwärtswanderung). Das mittelfristige Ziel hingegen sollte der Aufbau einer kleinen Rückkehrerpopulation sein, die einen Beitrag an die Smoltproduktion liefert und die Entnahme von Zuchttieren erlaubt. Hohe Besatzdichten wie in Baden-Württemberg sind deshalb nicht unbedingt anzustreben.

Der Schweizer Lachsbesatz wird derzeit in der Fischzucht in Hüningen (Petite Camargue Alsacienne, Frankreich) aufgezogen. Die gelieferten Besatzlachse stammen heute aus einer Elterntierhaltung die von natürlichen Rückkehrern abstammen. Für ein grösseres Besatzprogramm in der Schweiz reicht die Kapazität in Hüningen nicht aus. Für eine erfolgreiche Wiederansiedlung des Lachses muss aber die Besatzmenge mittelfristig gegenüber der heutigen deutlich angehoben werden. Deshalb werden zurzeit die Möglichkeiten eines eigenen Aufzuchtprogramms in der Schweiz geprüft (Dönni & Vonlanthen 2017). Erste Überlegungen gehen derzeit von einer Produktionsbedarf von ca. 400'000 Vorsömmerlingen pro Jahr aus.

### 7.4.3 Erfolgskontrolle

Es ist wichtig, dass in unterschiedlich grossen Gewässern mit verschiedenen Dichten und evtl. auch mit verschiedenen Altersstadien experimentiert wird. Nur so können die notwendigen Erfahrungen für ein optimales Besatzprogramm erarbeitet werden. Folglich sollte jeder Besatzversuch mit einer in allen Besatzgewässern einheitlichen durchgeführten Erfolgskontrolle gekoppelt sein. Es sollen mindestens die Abundanz, das Wachstum, der Gesundheitszustand und die Mortalität der Junglachse bis zur Abwanderung verfolgt werden. Zudem soll ein genetisches Monitoring die spätere Identifizierung der Rückkehrer ermöglichen (IKSR 2015). Details zu einem möglichen breitangelegten Lachsmonitoring finden sich in Neumann et al. (2006).

#### **Beispiel: Abwanderung aus Seitengewässer**

Im Möhlinbach (AG) laufen seit dem Mai 2013 Untersuchungen zur Habitatnutzung, dem Wachstum und der Abwanderungszeit der Junglachse. Bis im November 2014 wurden fast 1000 Junglachse mit

PIT-Tags markiert<sup>16</sup>. Die ersten Ergebnisse liegen inzwischen vor. Junglachse hielten sich an tendenziell schneller fliessenden, seichteren Stellen mit größerem Substrat auf als die Bachforellen, die vorwiegend in Pools zu finden waren. Die Abwanderung der smoltifizierten Lachse in den Rhein erfolgte von Januar bis Ende April. Die grösseren Individuen wanderten nach dem ersten, die kleineren nach dem zweiten Winter ab. Migrierende Lachse wiesen im März 2014 kurz vor ihrer Abwanderung Körperlängen von 13–18 cm auf.

#### **Beispiel: Abwanderung aus dem Hochrhein**

In den Niederlanden ist seit 20 Jahren das NEDAP-System in Betrieb. Es besteht aus mehreren fest im Rhein installierten Empfangsantennen, welche die Passage von Fischen detektieren, die mit speziellen Transpondern markiert sind. Mit diesem System, könnte der Abwanderungserfolg der Smolts aus der Schweiz erfasst werden, so wie das beispielsweise mit Smolts aus der Sieg (Bauer 2009) und der Maas (Vis & Spierts 2011) praktiziert wurde<sup>17</sup>.

#### **Beispiel: Genetisches Monitoring<sup>18</sup>**

Von allen Elterntieren der in der Schweiz eingesetzten Lachse werden Gewebeproben entnommen und genetisch analysiert. Mittels Vaterschaftsanalysen kann man später Rückkehrer als Besatzfische identifizieren. Der Vorteil dieser Methode ist, dass es nur eine Gewebeprobe der Elterntiere und der Rückkehrer braucht und keine Markierung der Jungfische. Ein Pilotversuch in der Schweiz hat die Zweckmässigkeit dieser «genetischen Markierung» gezeigt (Vonlanthen & Schlunke 2015). Alle seit 2014 in der Schweiz eingesetzten Jungfische sind auf diese Weise markiert (IKSR 2015).

---

<sup>16</sup> Kontaktperson: A. Peter, FishConsulting, info@fishconsulting.ch. Die Arbeit wurde von F. Kunz als Masterarbeit durchgeführt und von der EAWAG betreut. Zusammenarbeit mit den Kantonen Aargau, Basel-Landschaft und Basel-Stadt.

<sup>17</sup> Kontaktperson:: A. W. Breukelaar, Rijkswaterstaat Waterdienst, andre.breukelaar@rws.nl

<sup>18</sup> Kontaktperson: D. Bittner, Sektion Jagd und Fischerei des Kantons Aargau, david.bittner@ag.ch.

## 8 Ausblick

Das aktuelle Lebensraumpotenzial im Perimeter I (450 ha) ist ausreichend gross für selbstreproduzierende Lachspopulationen. Trotzdem: die Schweiz muss noch einige Anstrengungen leisten, damit sich die ersten Lachse bis 2030 wieder in der Schweiz fortpflanzen können. Die vorliegende Studie dient als Auslegeordnung, um gemeinsam mit den Kantonen ein eigentliches Programm für die Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz über die in der Region Basel liegenden Fliessgewässer Wiese, Birs und Ergolz hinaus zu entwickeln.

Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Wiederansiedlung sind dank entsprechender Vorgaben in der revidierten Gewässerschutzgebung und den dazugehörigen Finanzmitteln sowie initiativen Partnern bei den Kantonen, Verbänden und Kraftwerksbetreibern ausgesprochen günstig. Zudem ist der Lachs in der Öffentlichkeit nach wie vor eine wichtige Gallionsfigur für naturnahe Fliessgewässer. So führten im Jahre 2011 in süddeutsche Gewässer (z. B. Kinzig) zurückkehrende Lachse zu einer riesigen Medienpräsenz und einer grossen Begeisterung in der Bevölkerung. Auch die beiden im Frühjahr 2012 beim Kraftwerk Rheinfelden festgestellten Lachse lösten ein grosses Medienecho aus. Der bisherige Rekord an zurückkehrenden Lachsen (401 Fische!) in der Fischtreppe des Kraftwerks Iffezheim unterstützt die bisherigen internationalen Anstrengungen und motiviert das laufende Programm weiterzuführen und zu verstärken.

Der Zeitplan in Tabelle 5 zeigt auf, welche Massnahmen bis wann abgeschlossen sein müssen, um das Ziel einer Wiederansiedlung des Lachses bis 2030 im schweizerischen Einzugsgebiet des Hochrheins erreichen zu können. Details zu den einzelnen Massnahmen finden sich in den Kapiteln 6 und 7. Im Rahmen der laufenden Zusammenarbeit mit den betroffenen Kantonen und anderen Partnern soll das erwähnte Programm entwickelt und umgesetzt werden. Im Jahr 2022 könnte eine erste Bilanz gezogen werden. Dabei sollen insbesondere der Umsetzungsgrad der Massnahmen und die aufgelaufenen Besatzerfahrungen vertieft analysiert sowie Schlüsse für das weitere Vorgehen definiert werden.

**Tab. 5 Provisorischer Zeitplan für die Wiederansiedlung des Lachses im Perimeter I.**

rot: strukturelle Bereitstellung soweit möglich bis 2020, grün: Wiederbesiedlung bis 2030

Arbeit	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Programm</b>														
Entwicklung	■	■												
Bilanzierung: Umsetzung, Erfahrung, Erfolg						■								■
<b>Bereitstellung (Habitat, Vernetzung)</b>														
Kartierung Potenzialgewässer	■													
Ausscheidung von Vorranggewässern		■												
Erhöhung Habitatangebot	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sanierung Fischauf- und -abstieg Perimeter I	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Füllen wichtiger Wissenslücken	■	■	■	■										
<b>Wiederansiedlung (Besatz)</b>														
Evaluation von Lachszuchtanlagen	■													
Ausarbeitung eines Besatzkonzeptes	■	■												
Aufbau Besatzproduktion	■	■	■	■										
Intensivierung Besatz				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Erfolgskontrolle	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Genetisches Monitoring	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 9 Zitierte Literatur

- Abegg, J., Kirchhofer, A., Rutschmann, P. (2013) Massnahmen zur Geschiebereaktivierung im Hochrhein – Masterplan. Bundesamt für Energie (BFE), Regierungspräsidium Freiburg, 110 S. + Anhang.
- Adam, B., Bosse, R., Dumont, U., Göhl, C., Görlach, J., Heimerl, S., Kalusa B., Krüger, F., Redeker, M., Schwevers, U., Sellheim, P. (2014) Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Deutsche Vereinig. für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), DWA-M 509, 334 S.
- Aquarius (1991) Aktionsprogramm «Rhein»; Rückkehr der Langdistanzwanderfische in den Rhein; Projekt Nr. 6; Literaturstudium. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung, 142 S.
- Asper, G. (1890) Die Fische der Schweiz und die künstliche Fischzucht. Schmid, Francke & Co., 126 S.
- Badoux, A., Peter, A., Rickenmann, D., Junker, J., Heimann, F., Zappa, M., Turowski, J. M. (2014) Geschiebetransport und Forellenhabitate in Gebirgsflüssen der Schweiz: mögliche Auswirkungen der Klimaänderung. Wasser Energie Luft 106, 200-209.
- BAFU (2011) Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. BAFU Umwelt Vollzug 1103, 132 S.
- BAFU (2012) Konzept Artenförderung Schweiz, Bundesamt für Umwelt, Bern, 64 S.
- BAFU, BFE, ARE (2011, Hrsg.) Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke. Bern, 28 S.
- Bakke, T. A., Harris, P. D. (1998) Diseases and parasites in wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55, 247-266.
- Bauer, F. (2009) Untersuchungen zur Abwanderung von Lachssmolts im Flussgebiet des Rheins mit Hilfe der Telemetrie. Universität zu Köln, 69 S.
- Becker, A., Rey, P. (2005) Rückkehr der Lachse in Wiese, Birs und Ergolz. Statusbericht 2004. BUWAL-Mitteilungen zur Fischerei 79, 47 S.
- Borsányi, P., Alfredsen, K., Harby, A., Ugedal O., Kraxner, C. (2004) A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic salmon in Norway. Hydroécologie Appliquée 14, 119-138.
- Dönni, W. (2009) Potentialabschätzung und Massnahmen für die Rückkehr des Lachses in den Kantonen Aargau, Basel, Bern, Solothurn und Zürich. WWF Schweiz, 44 S.
- Dönni, W., Boller, L. (2011) Potentialabschätzungen und Massnahmen für die Rückkehr des Lachses in die Schweiz. Zeitverzögerung bei der Passage der Staustufen an Rhein, Aare, Limmat und Reuss. WWF Schweiz, 31 S.
- Dönni, W., Boller, L., Zaugg, C. (2016) Mindestwassertiefen für See- und Bachforellen. Biologische Grundlagen und Empfehlungen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, 42 S.
- Dönni, W., Vonlanthen P. (2017) Die Rückkehr des Lachses in der Schweiz – Aufzucht von Besatzlachsen. Konzept. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, 36 S.
- Dönni, W., Spalinger, L., Knutti, A. (2017) Erhaltung und Förderung der Wanderfische in der Schweiz – Zielarten, Einzugsgebiete, Aufgaben. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, 53 S.
- Ellis, A. E., McVicar, A. H., Munro, A. L. S. (1985) Proliferative kidney-disease in brown trout, *Salmo trutta*, and Atlantic salmon, *Salmo salar*, parr - Histological and epidemiological observations. Journal of Fish Diseases 8, 197-208.
- Fehlmann, W. (1926) Die Ursachen des Rückganges der Lachsfischerei im Hochrhein. Beilage zum Jahresbericht der Kantonsschule Schaffhausen, 112 S.
- Feist, S. W., Peeler, E. J., Gardiner, R., Smith, E., Longshaw, M. (2002) Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. Journal of Fish Diseases 25, 451-458.

- FIBER (undatiert) Fischbesatz in Fliessgewässern. FIBER – Schweizerische Fischereiberatung, 5 S.
- Forseth, T., Harby, A. (Hrsg., 2014) Handbook for environmental design in regulated salmon rivers. Norwegian Institute for Nature Research (NINA) Special Reports 53, 90 S.
- Füllner, G., Pfeifer, M., Geisler, J. (2003) Der Elblachs. Ergebnisse der Wiedereinbürgerung in Sachsen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 54 S.
- Gerster, S., Haertel-Borer, S. (2004) PKD. Die proliferative Nierenkrankheit. Schweizerische Fischereiberatung (FIBER), 4 S.
- Göggel, W. (2012:) Revitalisierung Fliessgewässer. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug 1208, 42 S.
- Güntert, M. (1985) Der Lachssprung am Berner Schwellenmättli. Berner Zeitung vom 20.12.1985.
- Hartmann, G. L. (1827) Helvetische Ichthyologie oder ausführliche Naturgeschichte der in der Schweiz sich vorfindenden Fische. Orell, Füssli und Compagnie, 240 S.
- Heer, O., Blumer-Heer, J. J. (1846) Der Kanton Glarus. Huber und Compagnie, St. Gallen und Bern 7, 665 S.
- Heggenes, J., Baglinière, J. L., Cunjak, R. A. (1995) Synthetic note on spatial niche selection and competition in young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in lotic environments. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 337-339, 231-239.
- Hendry, K., Cragge-Hine, D. (2003) Ecology of the Atlantic Salmon. Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series 7, 32 S.
- Holm, P. (2012) Die Invasion der Schwarzmeergrundeln. Neue Zürcher zeitung, 3.10.2012.
- Hutchings, Jeffrey A., Jones, Megan E. B. (1998) Life history variation and growth rate thresholds for maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55, 22-47.
- Hütte, M., Niederhauser, P. (1998) Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). BUWAL – Mitteilungen zum Gewässerschutz 27, 49 S.
- IKSR (2004a) Rhein & Lachs 2020 – Programm für Wanderfische im Rheinsystem. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), 31 S.
- IKSR (2004b) Auswirkungen von Wasserkraftanlagen in den Rheinzufüssen auf den Wanderfischabstieg, 70. Plenarsitzung, Bern. IKSR-Bericht 140, 8 S.
- IKSR (2009) Masterplan Wanderfische Rhein. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) 179 S.
- IKSR (2013) Fortschritte bei der Umsetzung des Masterplans Wanderfische in den Rheinanliegerstaaten in den Jahren 2010-2012. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), SG-K(2)13-04-03d, 52 S.
- IKSR (2015) Genetisches Monitoring von Atlantischen Lachsen (*Salmo salar*) im Rheineinzugsgebiet. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), FISH(1)15-06-03d, 8 S.
- Ingendahl, D., Neumann, D. (1996) Die Umweltbedingungen im Sedimentlückensystem von potentiellen Laichhabitaten des Lachses: ein möglicher Engpass für die erfolgreiche Wiedereinbürgerung?. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten, LÖBF-Schriftenreihe 11, 178-180.
- Internationale Maaskommission (2010) Masterplan Wanderfisch Maas, 47 S.
- IUCN (1998) Guidelines for Re-introductions. IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 10 S.
- Jonsson, B., Jonsson, N. (2011) Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout – Habitat as a Template for Life Histories. Springer, Fish and Fisheries Series 33, 708 S.
- Kazakov, R. V. (1994) Juvenile Atlantic salmon in the Varzuga River (White Sea basin). Journal of Fish Biology 45, 467-477.
- Kennedy, G. J. A., Strange, C. D. (1986) The effects of intra- and inter-specific competition on the distri-

- bution 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.
- Klinger, H., Fey, D., Nemitz, A., Schulze-Wiehenbrauck, H., Schindehütte, K. (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, 31 S.
- Kranawettreiser, J., NZO-GmbH, Wagner, F. (2004) Erarbeitung von fischfaunistischen Referenzen für alle Thüringer Fließgewässertypen. Thüringer Ministerium für Naturschutz u. Umwelt, 33 S.
- Lauterborn, R. (2009) 50 Jahre Rheinforschung. Lebensgang und Schaffen eines deutschen Naturforschers. Regio Wasser e.V., 815 S. (S. 73).
- Lascaux, J. M., Vandewalle, F. (2007) Première évaluation des potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de la Loyre. *MI.GA.DO*, 22 S.
- Mertens, M. (2008) Sichtung und Zusammenstellung von historischer Literatur und Datenmaterial zum Thema „Lachse in Hochrhein und Aare“. WWF Schweiz, 30 S.
- Mertens, M., Bösiger, R., Imhof, P., Knutti, A., Küry, D., Staub, E. (2011) Der Lachs. Ein Fisch kehrt zurück. Haupt Verlag, Bern, 264 S.
- Milner, N. J., Wyatt, R. J., Barnard, S., Scott, M. D. (1995) Variance structuring in stream salmonid populations, effects of geographical scale and implications for habitat models. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 337339, 387-398.
- Nemitz, A., Molls, F. (1999) Anleitung zur Kartierung von Fliessstrecken im Hinblick auf ihre Eignung als Besatz-orte für 0<sup>+</sup>-Lachse (*Salmo salar* L.). Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Beiträge aus den Fischereidezernaten 4, 50 S.
- Nemitz, A., Schindehütte, K. (2010) Natürliche Reproduktion von Lachsen im Einzugsgebiet der Sieg in NRW – Status und Perspektiven. Präsentation Workshop „Masterplan Wanderfische Rhein« 27./28. April 2010, Freiburg.
- Neumann, D., Stass, St., Nemitz, A. (2006) Leitfaden zur wasserwirtschaftlich-ökologischen Sanierung von Salmonidenlaichgewässern in NRW. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV), 167 S.
- Niemelä, E., Julkunen, M., Erkinaro, J. (1999) Densities of the juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the subarctic Teno River watercourse, northern Finland. *Boreal Environment Research* 4, 125-136.
- Okamura, B., Hartikainen, H., Schmidt-Posthaus, H., Wahli, T. (2011) Life cycle complexity, environmental change and the emerging status of salmonid proliferative kidney disease. *Freshwater Biology* 56, 735-753.
- Plumb, J. M., Perry, R. W., Adams, N. S., Rondorf, D. W. (2006) The effects of river impoundment and hatchery rearing on the migration behavior of juvenile steelhead in the Lower Snake River, Washington. *North American Journal of Fisheries Management* 26, 438-452.
- Rey, P., Ortlepp, J., Maurer, V., Gerster, St. (1996) Rückkehr der Lachse in Wiese, Birs und Ergolz. BUWAL, Schriftenreihe Umwelt - Fischerei 258, 117 S.
- Rippmann, U. (2001) Beitrag zur Abschätzung der fischbiologischen und fischereilichen Bedeutung des Wichelsees. Amt für Umwelt und Energie des Kantons Obwalden, 29 S.
- Schager, E., Peter, A. (2004) Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Fische Stufe F (flächendeckend). BUWAL – Mitteilungen zum Gewässerschutz 44, 63 S.
- Schinz, H. R. (1848) Die Lachse. *Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Zürich* 50.
- Schneider, J. (2009) Fischökologische Gesamtanalyse einschliesslich Bewertung der Wirksamkeit der laufenden und vorgesehenen Massnahmen im Rheingebiet mit Blick auf die Wiedereinführung von Wanderfischen. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), 163 S.
- Schneider, J., Jörgensen, L., Molls, F., Nemitz, A., Köhler, C., Blasel, K. (2009) Notwendigkeit und konzeptionelle Ausrichtung eines effektiven Monitorings bei der Lachswiederansiedlung im Rhein – das Monitoring-Einheiten-Konzept. 7 S.

- Schneider, J. (2011) Review of reintroduction of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in tributaries of the Rhine River in the German Federal States of Rhineland-Palatinate and Hesse. *Applied Ichthyology* 27 (Suppl. 3), 24-32.
- Schweyers, U., Adam, B. (2000) Kriterien zur Auswahl von Besatzgewässern für die Wiederansiedlung des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*). *Zeitschrift für Fischkunde* 5, 27-44.
- Spalinger, L., Dönni, W., Bösiger, R. (2012) Abschätzung der potentiellen Laich- und Jungfischhabitate für den Lachs in den Kantonen Aargau, Basel, Bern, Solothurn und Zürich. *WWF Schweiz*, 11 S.
- Spalinger, L. (2013) Kartierung potentieller Lachs- Laichplätze und Jungfischhabitate. *WWF Schweiz*, 18 S.
- Staub, E. (2000) Weg frei für den Lachs!. *Jagd&Natur*, 2000/2, 46-47.
- Steinmüller, J. R. (1827) Ueber die Fische im Walensee und über die Fischerei daselbst und in der Linth. In: Steinmüller, J. R. *Neue Alpina. Eine Schrift der Schweizerischen Naturgeschichte, Alpen und Landwirtschaft gewidmet* 2, 332-352.
- Sterud, E., Forseth, T., Ugedal, O., Poppe, T. T., Jørgensen, A., Bruheim, T., Fjeldstad, H.-P., Mo, T. A. (2007) Severe mortality in wild Atlantic salmon *Salmo salar* due to proliferative kidney disease (PKD) caused by *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa). *Diseases of Aquatic Organisms* 77, 191-198.
- Stucki, T. (2010) Der Lachs vor der Haustür. *Umwelt Aargau* 49, 51-54.
- Thiel, R., Magath, V. (2010) Populationsdynamik diadromer Fischarten: Atlantischer Lachs *Salmo salar* LINNAEUS, 1758, Meerforelle *Salmo trutta trutta* LINNAEUS, 1758, Meerneunauge *Petromyzon marinus* LINNAEUS, 1758, Flussneunauge *Lampetra fluviatilis* (LINNAEUS, 1758) und Europäischer Aal *Anguilla anguilla* (LINNAEUS, 1758). *Universität Hamburg*, 111 S.
- Tschudi, F. von (1853) *Das Thierleben der Alpenwelt*. Verlag von J. J. Weber, Leipzig, 560 S.
- Venditti, D. A., Rondorf, D. W., Kraut, J. M. (2000) Migratory behavior and forebay delay of radio-tagged juvenile fall Chinook salmon in a lower Snake river impoundment. *North American Journal of Fisheries Management* 20, 41-52.
- Vis, H., Spierts, I. L. Y. (2011) Research on downstream migration of salmon smolts (tagging/tracking), from the tributary Roer into the river Meuse and the North Sea. *VisAdvies BV*, 33 S.
- Von dem Borne, M. (1881) *Die Fischerei-Verhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs*. W. Moeser, Hofbuchdruckerei, Berlin, 304 S.
- Vonlanthen, P., Schlunke, D. (2015) *Genetisches Monitoring Rheinlachse – Phase II: Pilotversuch Schweiz*. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Jagd und Fischerei Kanton Aargau 19 S.
- Wehrli, E. (1892) *Fischleben der kleinen thurg. Gewässer*. *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft*, Band 10, 61-104.
- Werner, S., Rey, P., Hesselschwerdt, J., Becker, A., Ortlepp, J., Dönni, W., Camenzind, M. (2013) *Seeforelle - Arterhaltung in den Bodenseezuflüssen*. *Interreg IV – Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodensee-Fischerei (IBKF)*, 204 S.
- Zahn, S., Thiel, U., Wolf, R., Kohlmann, K. (2009) *Schutz und Entwicklung der aquatischen Ressourcen der brandenburgischen Gewässer*. Teilprojekt: „Lachse in Brandenburg“. *Bericht zum Projektzeitraum: 2006 - 2008*. *Institut für Binnenfischerei e. V. (IfB)*, 93 S.

## Anhang

## A Hinweise zur historischen Verbreitung

Hinweise (unvollständig) zur historischen Verbreitung des Lachses in der Schweiz mit Angabe der oberen Verbreitungsgrenzen (erweitert aus Dönni 2009). Einschätzung der Häufigkeit: häufig, regelmässig, selten, unbekannt (kam vor, Häufigkeit aber unbekannt), wahrscheinlich (ungenauere Angaben, mögliche Verwechslung mit Seeforelle). Die Quellenangaben beziehen sich oft auf eine Zeit, in der bereits künstliche Aufstiegshindernisse vorhanden waren (z. B. Wehranlagen).

Gewässer	Quelle	Zitat/Beschreibung des Hinweises	Verbreitungsgrenze	Häufigkeit
Aare	Mertens 2008, Von dem Borne 1881	Einst gute Laichgebiete beim heutigen Klingnauer Stausee. Schwelle in Bern erschwert den Aufstieg	Brugg	häufig
	Von dem Borne 1881	Laicht häufig bei Bern. Die dortige Schwelle erschwert den Aufstieg.	Bern	regelmässig
	Hartmann 1827, Von dem Borne 1881	Bis zum 3 m hohen Wehr in Thun, das nur selten überschritten wird (Von dem Borne 1881)	Thun	regelmässig
	Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Eine Schleuse in Thun erschwert den Zug der Lachse in den Brienersee.	Interlaken	selten
	Güntert 1985, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Sehr wahrscheinlich bis Aareschlucht ob Meiringen. Aber Von dem Borne (1881): oberhalb des Brienersees nur Forellen und Trüschchen.	Aareschlucht	wahrscheinlich
Bielersee	Güntert 1985, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Stieg via Zihl in den Neuenburgersee auf. Häufiger Besuch der Juraseen von Neuenburg und Biel.	Bielersee	regelmässig
Birs	Mertens 2008, Becker & Rey 2005	Bei Moos existierte schon immer ein natürliches Aufstiegshindernis.	Grellingen	häufig
Broye	IKSR 2009	Historisch belegte Verbreitung	Semsaies	unbekannt
Engelberger Aa	Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Bis Engelberg.	Engelberg	wahrscheinlich
Ergolz	Rey et al. 1996	Der einige Meter hohe Hülftenfall (ca. 2.6 km oberhalb Mündung) ist eine natürliche Ausbreitungsbarriere.	Hülftenfall	unbekannt
Glâne	Aquarius 1991	Beobachtung von Junglachsen. Keine Angaben zur Verbreitungsgrenze, Annahme aufgrund des heutigen Habitatpotenzials.	Romont	unbekannt
Glatt	Von dem Borne 1881	Steigt bis zum 4 m hohen Wehr bei Glattfelden auf, das er nur bei Hochwasser passieren. Verbreitungsgrenze: Annahme A. Hertig, Fischerei- und Jagdverwaltung ZH.	Hochfelden	regelmässig
		Nur bis Gerlafingen, vermutlich weil weiter flussaufwärts die Wasserqualität nicht genügte (Färbereien, Tabakfabriken)	Gerlafingen	regelmässig
Grosse Emme	Von dem Borne 1881, Güntert 1985, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Oberhalb Gerlafingen unklar. Annahme aufgrund des heutigen Habitatpotenzials.	Ilfismündung	wahrscheinlich
		Stieg gemäss mündlicher Überlieferungen bis Ende des 19. Jh. in die Grosse Melchaa auf. Keine Angaben zur Verbreitungsgrenze, Annahme.	Rüdli	wahrscheinlich
Gürbe	IKSR 2009	Historisch belegte Verbreitung	Mettlen	unbekannt
Kander	Mertens 2008	Regelmässig gesichtet, auch nach dem Kanderdurchstich von 1714	Kandersteg	regelmässig
Kleine Emme	Güntert 1985, Hartmann 1827, Von dem Borne 1881, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Bis Schüpfheim.	Schüpfheim	wahrscheinlich

Gewässer	Quelle	Zitat/Beschreibung des Hinweises	Verbreitungsgrenze	Häufigkeit
Limmat	Asper 1890	Wegen des Nadelwehrs gelangen sie nicht weiter als bis Zürich.	Zürich	regelmässig
Linth	Asper 1890, Güntert 1985, Hartmann 1827, Heer&Blumer-Heer (1846), Schinz 1848, Steinmüller 1827, Von dem Borne 1881, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Viele Lachse schwammen durch den Zürichsee. Linth bis Pantenbrücke (988 m ü. M.). Klare Abgrenzung von der Seeforelle durch Steinmüller (1827). Die so genannten Lachse des Walensees und der Linth sind Seeforellen (Asper 1890).	Pantenbrücke ob Linthal	regelmässig
Lorze	Von dem Borne 1881	Lachse gehen selten in die Lorze. Keine Angaben zur Verbreitungsgrenze, Annahme.	Cham	selten
Muota	pers. Mitt. F. - J. Dettling (ehemaliger kant. Fischereiaufseher) und B. Planzer	Gemäss alter Fischer kam er bis Ried (oberhalb Selgis), vermutlich aber über Muotathal hinaus vor. Letzter Lachsfang: ca. 1946 bei Hinteribach.	Muotathal	wahrscheinlich
Murg SG	Von dem Borne 1881	Aufstieg via Walensee in die Murg. Keine Angaben zur Verbreitungsgrenze, Annahme	Gand	unbekannt
Neuenburgersee	Güntert 1985, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Stieg via Zihl in den Neuenburgersee auf. Häufiger Besuch der Juraseen von Neuenburg und Biel.	Neuenburgersee	regelmässig
Reuss	Hartmann 1827, Von dem Borne 1881	Bis Luzern.	Luzern	regelmässig
	Güntert 1985, Schinz 1848, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Bis oberhalb Amsteg.	Amsteg	wahrscheinlich
Rhein	Hartmann 1827, Lauterborn 2009, Schinz 1848, Von dem Borne 1881	Sehr häufig im Hochrhein bis zum Rheinfl. Laicht in Mengen. Zahlreiche Laichgruben zwischen Rheinau und Ellikon.	Rheinflall	häufig
Saane	Von dem Borne 1881, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	Bis Fribourg, wo sich ein 10 m hohes Wehr befindet, das eine Fischtreppe aufweist.	Fribourg	regelmässig
		Bis Gruyères.	Gruyères	selten
Sarner Aa	Rippmann 2001	Mündliche Überlieferungen besagen, dass der Lachs bis Ende des 19. Jh. in die Sarneraa aufgestiegen ist. Keine Angaben zur Verbreitungsgrenze.	Sarnen	wahrscheinlich
Schüss	von dem Borne 1881	Sie wird bis zur Felsenschlucht von Lachsen besucht.	Taubenlochschlucht	regelmässig
Seez	Asper 1890, Hartmann 1827, Schinz 1848, Steinmüller 1827, Zschokke 1905 (in Mertens 2008)	... über das Dorf Mels hinaus, bis in das Melsertobel (Hartmann 1827). Klare Abgrenzung von der Seeforelle durch Steinmüller (1827). Die so genannten Lachse des Walensees und der Linth sind Seeforellen (Asper 1890).	Melsertobel	regelmässig
Sihl	Fehlmann 1926	Keine Angaben zur Verbreitungsgrenze, Annahme aufgrund des heutigen Habitatpotenzials.	Egg	unbekannt
Suhre	Fehlmann 1926	Keine Angaben zur Verbreitungsgrenze, Annahme	Suhr	wahrscheinlich
Thur	Güntert 1985, Hartmann 1827, Schinz 1848, Von dem Borne 1881, Wehrli 1892	In der Thur selten, steigt ins Toggenburg auf bis auf eine Höhe von mindestens 600 m (Wehrli 1892). Aufstieg war bis in die Gegend von Krummenau-Horben möglich (Angabe R. Riederer, C. Birrer, Amt für Natur, Jagd und Fischerei SG)	Lichtensteig	selten
Töss	Hartmann 1827, Von dem Borne 1881	...schwärmen in die Mündung der Töss (Hartmann 1827). Verbreitungsgrenze: Annahme natürliche Schwelle beim Kraftwerk Freienstein (Angabe A. Hertig, Fischerei- und Jagdverwaltung ZH).	Freienstein	regelmässig
Wiese	Hartmann 1827, Von dem Borne 1881	...gehen sehr viele in die Wiese zu laichen (Hartmann 1827)	Landesgrenze, und darüber hinaus	häufig

## B Berechnung des Habitatpotenzials

### B.1 Grundlagen

- Ökomorphologie der Fließgewässer (BAFU). Stand der verwendeten Daten AG 2005, BE 2002/2006, FR 1999 (nur wenige Bäche erfasst), LU 2005, SO 2002, TG 2005, ZH 1999 (ergänzt 2005)
- Höhenmodell DHM25 (Swisstopo)
- Gewässernetz (Stand 2007; BAFU)
- Rohdaten AG, BE, SO, ZH aus Dönni (2009)
- Sitzungen mit den Kantonen AG (11.1.2013), TG (26.1.2013), ZH (16.1.2013)

### B.2 Verwendete Parameter

Das Angebot an für das Laich- und Jungfischhabitat notwendigen Korngrößen der Gewässersohle (Substrat) sowie der Riffles und Pools (Mesohabitate) ist schweizweit nicht bekannt. Bekannt ist aber die Ausprägung der Ökomorphologieparameter, die diese Substrate und Mesohabitate induzieren können. Deren Ausprägung wurde daher für die Bewertung des Habitatpotenzials verwendet (nach Neumann et al. 2006). Diese Ökomorphologieparameter sind in der folgende Tabelle unter den Begriffen Substrat und Mesohabitat aufgeführt. Zur Definition der einzelnen Parameter vgl. Hütte & Niederhauser (1998).

Parameter	optimal (1)	geeignet (2)	ungeeignet (3)	Bemerkungen
Gerinnesohlenbreite	>5 m	>3-5 m	≤3 m	Besser wäre Wasserspiegellbreite, die aber mit der Ökomorphologie nicht erfasst wurde.
Fischregion	untere Forellenregion obere Äschenregion untere Äschenregion	obere Barbenregion	obere Forellenregion untere Barbenregion Brachsmenregion	Basiert auf der aktuellen Gerinnesohlenbreite.
Abschnittslänge	>1000 m	–	<1000 m	Länge des strukturreichen Abschnittes
Abschnittslänge (Mündungsabschnitte)	>500 m	–	<500 m	Länge des strukturreichen Abschnittes
<i>Substrat</i>				
Wasserspiegellbreitenvariabilität	1	2	3	Berechnung der Gesamteignung: Arithmetisches Mittel: Annahme, dass eine hohe Eignung eines bestimmten Habitatparameters eine niedrige Eignung eines anderen Parameters kompensiert.
Tiefenvariabilität	1	2	3	
Verbauung der Sohle	1	2-3	4-6	
Totholz	1	2	3	
Bewuchs mit Makrophyten	1	2	3	
<i>Mesohabitate (Riffle-Pool-Sequenzen als Laichhabitat, Riffle als Jungfischhabitat)</i>				
Wasserspiegellbreitenvariabilität	1	2	3	eingeschränkte Dynamik
Tiefenvariabilität	1	2	3	
Verbauung der Sohle	1	2-3	4-6	
Verbauung des Böschungsfusses	1	2-3	4-6	

### B.3 Berechnung der Fischregionen

Als Basis für die Zuweisung der Fischregionen dienten die im Rahmen der Erhebung der Ökomorphologie gebildeten Gewässerabschnitte.

1. Erzeugen der Anfangs- und Endpunkte der Ökomorphologie Abschnitte.
2. Abgreifen der Höhe für jeden Punkt aus dem DHM.
3. Die beiden Punkte-Layers werden mit dem Layer der Ökomorphologieabschnitte über einen Join verbunden.
4. Berechnen des Gefälles.
5. Negative Gefälle auf 0 setzen.
6. Zuweisung der Fischregionen anhand des Gefälles und der Gerinnesohlenbreite gemäss nachfolgender Tabelle:

Fischregion	kleiner Bach	grosser Bach	kleiner Fluss	grosser Fluss	Strom
	≤ 1 m	>1–5 m	>5–25 m	>25–100 m	>100–300 m
	Gefälle [%] für Breiten von				
	1 m	3 m	15 m	60 m	200 m
obere Forellenregion	50.0–20.0	50.0–9.0	50.0–8.0	50.0–7.25	–
untere Forellenregion	<20.0–12.5	<9.0–7.5	<8.0–6.0	<7.25–4.5	–
obere Äschenregion	–	<7.5–6.0	<6.0–3.75	<4.5–2.75	–
untere Äschenregion	–	<6.0–3.0	<3.75–2.0	<2.75–1.25	≥0.75
obere Barbenregion	–	<3.0–2.5	<2.0–1.0	<1.25–0.75	<0.75–0.50
untere Barbenregion	–	<2.5–1.0	<1.0–0.5	<0.75–0.33	<0.50–0.25
Brachsmenregion	<12.5–0.0	<1.0–0.0	<0.5–0.0	<0.33–0.0	<0.25–0.00

ergänzt nach Schager & Peter (2004) und Kranawettreiser et al. (2004)

Dieses Vorgehen führte teilweise dazu, dass Abschnitten mit hohen Abstürzen oder Wehranlagen ein hohes Gefälle zugeschrieben wurde, obwohl dieses sich auf die Abstürze bzw. Wehre konzentriert.

### B.4 Einschränkung bzgl. Gewässerbite und Fischregion

7. Einschränkung auf Abschnitte mit einer Gerinnesohlenbreite >3 m.
8. Einschränkung auf Abschnitte mit einer Fischregion zwischen oberer Barbenregion und unterer Forellenregion.
9. Manuelles löschen kleiner, isolierter Abschnitte.

### B.5 Selektion hinsichtlich der Ökomorphologie

10. Anhängen der Ökomorphologiedaten an die Abschnitte mit den Fischregionen.
11. Änderung der 7stufigen Codierung für die Sohlenverbauung auf 4 Stufen. 0=0, 1=1, >1 bis ≤3 = 2, >3 = 3.

12. Berechnung der Substrateignung in einem neuen Feld durch Mittelwertbildung aus den Codes für die Breitenvariabilität, Tiefenvariabilität, Sohlenverbauung, Totholz und Makrophyten. Felder mit dem Code 0 (nicht bekannt) werden nicht berücksichtigt.
13. Änderung der 7stufigen Codierung für die Verbauung des Böschungsfusses auf 4 Stufen. 0=0, 1=1, >1 bis  $\leq 3 = 2$ ,  $>3 = 3$ .
14. Berechnung des Mittelwertes aus den Codes für die Verbauung des Böschungsfusses.
15. Berechnung der Eignung der Mesohabitate in einem neuen Feld durch Mittelwertbildung aus den Codes für die Breitenvariabilität, Tiefenvariabilität, Sohlenverbauung und Verbauung Böschungsfuss. Felder mit dem Code 0 (nicht bekannt) werden nicht berücksichtigt.
16. Berechnung der Gesamteignung in einem neuen Feld durch Mittelwertbildung aus den Feldern für die Substrateignung und die Eignung der Mesohabitate.
17. Klassierung des Potenzials: 1-1.5=optimal, >1.5-2.5=geeignet, >2.5=ungeeignet
18. Auswahl der optimalen und geeigneten Bachabschnitte mit einer Länge >1000 m.

## B.6 Berechnung der potenziellen Habitatflächen

19. Multiplikation der Länge der Potenzialstrecke mit der Gerinnesohlenbreite.
20. Multiplikation der erhaltenen Flächen mit einem Korrekturfaktor von 0.5 für optimale und 0.2 für geeignete Habitate in Anlehnung an Becker & Rey (2005).

## B.7 Nicht berücksichtigte Faktoren

Folgende Parameter flossen nicht in die Potenzialabschätzung mittels GIS ein, weil flächendeckende Angaben fehlten. Teilweise wurden sie aber von den kantonalen Behörden eingebracht und somit qualitativ bei der Auswahl der Potenzialgewässer berücksichtigt:

Wassertemperatur	Wichtig vor allem für die Entwicklung der Eier.
Hochwasser	Bei Hochwasserspitzen über einem bestimmten Wert (nach Fischnetz (2004): > 1200 % des mittleren Jahresabflusses), können Laichgruben ausgeschwemmt werden.
Restwasser	Oft eingeschränkte Abflussdynamik und Durchwanderbarkeit.
Schwall-Sunk	Oft erhöhte Gefährdung für Jungfische (Trockenfallen, Abschwemmen).
Turbinenmortalität	Mortalität bei der Abwanderung über Kraftwerksturbinen
Begleitfischfauna	Intakte Fischpopulationen anspruchsvoller Begleitarten (z. B. Äsche, Schneider) deuten auf intakte Lebensbedingungen hin.
Wasserqualität	Einer der wichtigsten Parameter ist die Sauerstoffkonzentration im Interstitial (Neumann et al. 2006). Die Wasserqualität kann einen Hinweis auf eine allfällige Sauerstoffzehrung geben.
PKD	Gewässer, in denen die PKD (Nierenkrankheit) vorkommt, sind wohl wenig geeignet.
Prädatoren	Hohe Populationen von Fisch fressenden Vögeln schmälern den Wert eines Potenzialgewässers.

## C Potenzialgewässer in Perimeter I

Gewässer mit ausgewiesenem Potenzial an Laich- und Jungfischhabitat für den Lachs. Lage vgl. Abbildung 2. Datengrundlage Kapitel 3.2, Stand um 2005.

Da die Perimetergrenze bewusst unscharf definiert ist (Abb. 5), ist nicht immer klar, ob Unterläufe von Seitenbächen mit bekanntem Habitatpotenzial innerhalb oder ausserhalb des Perimeters I liegen (z. B. Ösch, Langeten). Die Liste enthält deshalb nur diejenigen Seitenbäche, die sicher Abschnitte im Perimeter I aufweisen.

Potenzialgewässer	Abschnittslänge [km]	Fläche [ha]	Potenzialgewässer	Abschnittslänge [km]	Fläche [ha]
Aare Bern – Thun	44.1	55.3	Magdener Bach	2.8	0.2
Aare Bielersee-Aarberg	5.4	0.4	Möhlinbach	11.5	0.7
Aare Flumenthal	1.9	3.9	Murg BE	2.2	0.7
Aare Olten – Rothrist	6.9	13.3	Murg TG	4.5	0.2
Aare RW KW Aarau	2.2	4.1	Pfaffnern	6.2	1.2
Aare RW KW Beznau	1.8	4.7	Reppisch	9.8	1.2
Aare RW KW Gösgen	8.3	5.5	Reuss Mündung – Bremgarten	28.7	43.9
Aare Wolfwil	1.1	5.2	Reuss Oberlauf	53.1	41.0
Alte Aare	14.7	1.6	Rhein Aaremündung – Reckingen	12.5	32.4
Badkanal	2.2	0.2	Rhein Flaacherbach – KW Rheinau	5.6	31.2
Binnenkanal	0.5	0.1	Rhein Laufenburg – Leibstadt	12.9	22.4
Binnenkanal Chemebach	8.1	0.5	Rhein Rheinfelden	3.2	12.0
Binnenkanal Thur	8.9	0.7	Rhein Stein	1.9	9.5
Birs	36.3	16.5	Rotbach	9.1	1.1
Bünz	23.1	2.9	Saane	13.6	10.3
Emme	15.8	3.2	Sengelbach	0.8	0.1
Ergolz	9.1	2.1	Sihl	51.6	24.0
Etzgerbach	3.0	0.4	Steinerkanal (Giessen)	3.3	2.1
Flaacherbach	1.9	0.2	Suhre	21.7	5.2
Frey-Kanal	0.8	0.3	Surb	12.6	1.8
Giesse	10.1	1.9	Thur Mündung – Frauenfeld	17.2	12.5
Glatt	10.3	3.0	Thur KW Weinfelden – Bischofszell	28.1	30.3
Gürbe	20.5	1.2	Töss	12.5	10.3
Jonen	7.1	0.9	ÜRke	2.2	0.2
Kleine Emme	3.7	1.0	Üsserie Giesse	0.5	0.3
Limmat Mündung – Wettingen	13.1	12.4	Wiese	6.3	2.9
Limmat RW KW Dietikon	1.3	1.4	Wigger	3.3	0.7
Limmat Schlieren – Letten	6.2	6.3	Witibach	1.1	0.1
Lüssel	17.6	1.1	Wyna	18.2	3.3
Lützel	15.1	1.6			

## D IUCN-Kriterien

Durch die IUCN (International Union for Conservation of Nature, 1998) wurden Richtlinien zur Wiedereinbürgerung von ausgestorbenen oder ausgerotteten Arten definiert. Das Artenförderungskonzept des Bundes (BAFU 2012) stützt sich massgeblich auf die IUCN-Kriterien ab. Sie sollen gewährleisten, dass die Voraussetzungen für ein erfolgreiches und nachhaltiges Wiederansiedlungsprogramm erfüllt sind. Die nachfolgende Auflistung zeigt inwieweit die IUCN-Kriterien hinsichtlich der Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz erfüllt sind. Das erklärte Ziel einer Wiedereinbürgerung ist gemäss IUCN eine lebensfähige Population, die langfristig nur ein minimales Management benötigt. Im Einzelnen empfiehlt die IUCN das Folgende:

- Die für das Aussterben verantwortlichen Faktoren sollen identifiziert und beseitigt werden.  
*Diese sind hinsichtlich des Lachses hinreichend bekannt. In der Schweiz war dies in erster Linie der intensive Kraftwerksbau an den Fliessgewässern (Kap. 2). Diese Anlagen bestehen zwar nach wie vor, werden aber durch den Bau von Fischwanderhilfen zunehmend «durchlässig». Gewisse kaum quantifizierbare Restrisiken verbleiben aber (kumulativer Effekt der Kraftwerkketten).*
- Die Spenderpopulation sollte vorzugsweise genetisch eng mit der ursprünglichen heimischen Population verwandt sein. Bei der Entfernung von Spenderindividuen ist darauf zu achten, dass die Spenderpopulation dadurch nicht gefährdet wird. Spendertiere müssen entsprechen den Vorgaben des Projekts regelmässig verfügbar sein. Ein potenzieller Wiederansiedlungsbestand muss frei von infektiösen oder ansteckenden Pathogenen und Parasiten sein  
*Der ursprünglich im Rhein heimische Lachsstamm ist ausgestorben. In Anlehnung an die erfolgreiche Praxis der IKSR wird heute Besatzmaterial aus dem Loire-Allier-Stamm und soweit möglich auch von Rückkehrern verwendet. Die langjährigen Erfahrungen mit der Aufzucht von Junglachsen im Elsass und in Deutschland garantieren gesunde und nachhaltig produzierte Besatzfische.*
- Wiedereinbürgerungen sollten nur in Habitaten erfolgen, welche die Ansprüche der Art zum jetzigen Zeitpunkt erfüllen und dies voraussichtlich auch in Zukunft werden. Falls das Wiederansiedlungsgebiet durch anthropogene Aktivitäten massiv degradiert wurde, wird empfohlen, vor der Wiedereinbürgerung ein Programm zur Regeneration des Habitats durchzuführen. Die Wiedereinbürgerung sollte in einem Gebiet erfolgen, welches eine ausreichende Tragfähigkeit (carrying capacity) für den Aufbau und die langfristige Erhaltung einer lebensfähigen Population hat.  
*Revitalisierungsanstrengungen in den Potenzialgewässern sowie der Besatzfokus auf Gewässer mit grösserer Habitatfläche schaffen die Voraussetzung für eine ausreichend grosse Produktion an Smolts. Jedes Besatzgewässer muss aber dahingehend überprüft werden.*
- Für den Erfolg des Wiedereinbürgerungsprojekts ist die Akzeptanz und Unterstützung der einheimischen Bevölkerung wichtig, besonders wenn der Niedergang der Population durch menschliche Faktoren beeinflusst wurde. Die lokale Bevölkerung sollte wo immer möglich einbezogen werden. Zudem ist Öffentlichkeitsarbeit zu betreiben.  
*Der Lachs hat einen ausgesprochenen Flagship-Charakter. Die Akzeptanz für ein Wiederansiedlungsprogramm dürfte daher in der Bevölkerung sehr gross sein. Ein Kommunikationskonzept muss aber noch erarbeitet werden.*
- Zur Überprüfung des Erfolges der Wiedereinbürgerung wird empfohlen, kurz- und langfristige Erfolgsindikatoren zu definieren sowie ein Monitoring durchzuführen. Dieses soll neben der Bestandesgrösse auch die Gesundheit und Genetik der ausgewilderten Bestände überprüfen.  
*Erfolgskontrollen werden bereits heute in einigen der Besatzgewässer durchgeführt. Im Rahmen eines Besatzkonzeptes wird ein umfassendes Monitoring definiert.*
- Durch die regelmässige Veröffentlichung von wissenschaftlicher und populärwissenschaftlicher Literatur zu den verschiedenen Aspekten der Wiedereinbürgerung wird Wissen für weitere Wiedereinbürgerungen weitergegeben.  
*Die Schweiz stellt als Rheinanliegerstaat und Mitgliedstaat der IKSR regelmässig ihre Erfahrungen den übrigen Staaten im Rheineinzugsgebiet zur Verfügung stellen.*

Die IUCN-Richtlinien wurden eher hinsichtlich Grosssäugetiere und Vögel und weniger für Fische mit einem komplexen Lebenszyklus entwickelt. Es gibt denn auch beim Lachs kritische Parameter, die ausserhalb der Einflussmöglichkeiten der Schweiz liegen (z. B. marine Phase, Durchgängigkeit Oberrhein). Trotzdem dürften die IUCN-Kriterien für eine Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz weitgehend erfüllt sein.

**E            Kommuniqué der Rhein-Ministerkonferenz (Auszug)**



2013 Rheinministerkommunique

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins  
Commission Internationale pour la Protection du Rhin  
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

**15. Rhein-Ministerkonferenz**

**Ministerkommuniqué**

**28. Oktober 2013, Basel**

- b. die Arbeiten auf nationaler und europäischer Ebene weiter zu begleiten und den Kenntnis-, Erfahrungs- und Informationsaustausch über die angewandten innovativen Verfahren/Techniken und über die ausschlaggebenden Emissionspfade fortzusetzen;
  - c. nach 3 Jahren über die festgestellten Entwicklungen Bilanz zu ziehen. Auf der Grundlage dieser Bilanz soll die IKSR entscheiden, welche gemeinsamen Maßnahmen zu treffen sind, die darauf abzielen, die Einträge von Mikroverunreinigungen über die ausschlaggebenden Eintragspfade (insbesondere kommunales Abwasser) zu verringern.
20. **Sie begrüßen**, dass die mit der IKSR zusammenarbeitenden NGOs sowie andere auf dem Gebiet tätige Akteure die Verteilung von Informationen über die Umwelt- und Trinkwasserrelevanz von Stoffen an die Öffentlichkeit sowie empfohlene Änderungen der Anwendung und der Entsorgung von Stoffen unterstützen.

### Verbesserung der ökologischen Situation

21. **Die Ministerinnen, Minister sowie der Vertreter der Europäischen Union begrüßen**, dass:

- a. heute wieder mehr als 60 Fischarten und mehr als 500 wirbellose Arten wie Insektenlarven, Muscheln, Schnecken etc. im Rhein vorkommen;
  - b. viele Arten, die im Rhein als ausgestorben oder stark dezimiert galten, zurückgekehrt sind. Allerdings breiten sich einige in das Rheineinzugsgebiet eingewanderte Arten auf Kosten der heimischen Fauna aus;
  - c. im Rahmen der Umsetzung des Programms Rhein 2020 und der Wasserrahmenrichtlinie in den letzten Jahren viel erreicht worden ist: Fische können an rund 480 Querbauwerken in Gewässern des Rheineinzugsgebiets wieder aufsteigen, 122 km Überschwemmungsaue sind reaktiviert und 80 Altarme und Nebengewässer wieder an die Rheindynamik angeschlossen. Von dieser ökologischen Vernetzung und Rückeroberung von Habitaten profitieren die Wanderfische, aber auch lokale Fischarten und Wirbellose;
  - d. der Masterplan Wanderfische Rhein der IKSR eine kohärente Herangehensweise in einem internationalen Flussgebiet aufzeigt und viele seiner Maßnahmen in den Bewirtschaftungsplan 2009 gemäß WRRL aufgenommen worden sind. Entsprechende Maßnahmen zur Förderung der Bodensee-Seeforelle sind im Alpenrhein/Bodensee-Gebiet vorgesehen;
  - e. der Lachsbesatz in Teilen des Siegsystems am Rheinunterlauf bereits schrittweise reduziert werden kann, auch wenn dieser am Rheinoberlauf für den Populationsaufbau langfristig weiterhin unumgänglich ist, um die Anzahl der Rückkehrer zu erhöhen und die zaghafte beginnende Naturvermehrung zu unterstützen.
22. **Sie bekräftigen**, dass die Wiederherstellung der Wanderwege eine wichtige Bewirtschaftungsfrage im Zuge der Umsetzung der WRRL sowie des schweizerischen Gewässerschutzgesetzes darstellt und Wanderfische auch für die Umsetzung der MSRL von Bedeutung sind. Bestimmte Wanderfische benötigen für ihren Lebenszyklus funktionierende Verbindungen zwischen den Fließgewässersystemen und der Meeresumwelt.
23. **Sie stellen fest**, dass die Abwärtswanderung für Junglachse oder adulte Aale in Turbinenbereichen aufgrund der großen Verletzungsgefahr kritisch ist, insbesondere wenn mehrere Wasserkraftwerke auf einander folgen.
24. **Sie beauftragen die IKSR**, sich intensiv der gemeinsamen Ermittlung innovativer Abstiegstechniken an Querbauwerken zu widmen; deren Realisierung ist notwendig, um

den Verlust von Lachsen oder Aalen bei der Abwärtswanderung durch die Turbinen einzuschränken.

25. **Sie stellen fest**, dass dank der laufenden Maßnahmen ein bis in den Raum Basel stromaufwärts für Wanderfische durchgängiger Rhein immer realistischer und planbarer wird. Die dort vorhandenen Wanderfisch-Laichgebiete in Birs, Wiese und Ergolz werden dadurch ab 2020 wieder zugänglich.

26. **Sie bekräftigen**, dass für die Zielerreichung des Programms Rhein 2020 und des Masterplans Wanderfische Rhein im Rheinhauptstrom

- a. die teilweise Öffnung der Haringvlietschleusen an der Nordseeküste in 2018 erfolgen wird;
- b. der Fischpass an der Staustufe Straßburg 2015 in Betrieb gehen wird; im selben Jahr werden die Bauarbeiten für den Fischpass an der Staustufe Gerstheim eingeleitet, um das Elz-Dreisam-Gebiet wieder an den Rheinstrom anzubinden;
- c. die beim Bau der bisherigen Fischaufstiegshilfen gewonnenen Erfahrungen und die Bewertung ihrer tatsächlichen Wirksamkeit im Gewässersystem zur Verbesserung der folgenden noch zu bauenden technischen Lösungen beitragen sollen;
- d. die Überführung der Fische in den Alt-(Rest)Rhein im Bereich der Staustufe Vogelgrün/Breisach technisch herausfordernd ist. **Sie beauftragen die IKSR**, für die Aufwärtswanderung im Oberrhein bis Basel im Jahr 2014 einen Erfahrungsaustausch unter Berücksichtigung der Ergebnisse der bisherigen Studien zwischen Experten/innen zu ermöglichen, um dazu beizutragen, eine technisch optimale Lösung zu erhalten;
- e. an den Oberrheinstaufungen Rhinau, Marckolsheim und Vogelgruen ein effizientes Fischpasssystem zu planen und auszuführen ist, damit die Fische bis 2020 den Alt-(Rest)Rhein und Basel erreichen können.

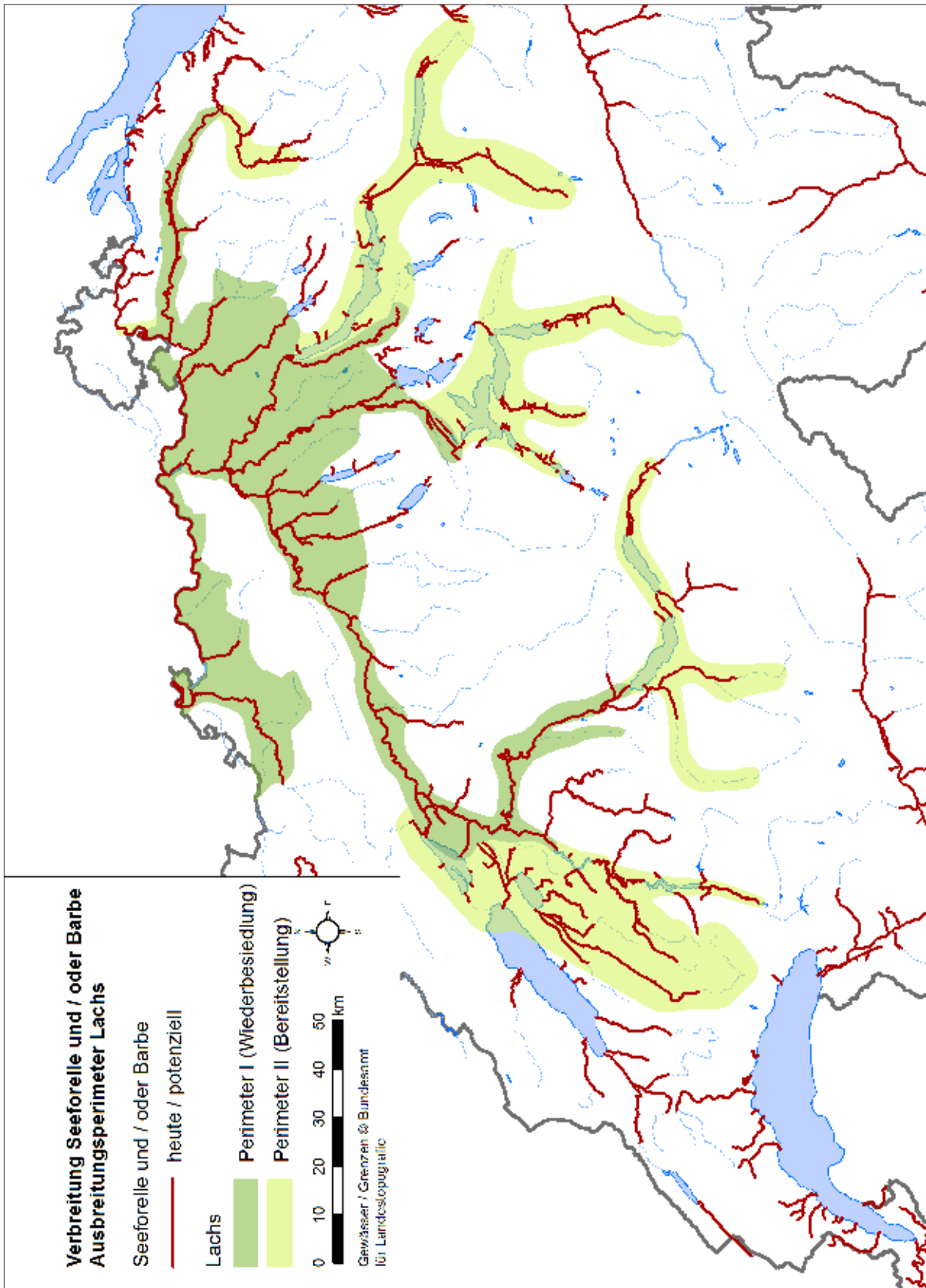
27. **Sie bekräftigen**, dass

- a. die Durchgängigkeit der Mosel bis Schengen (Dreiländereck FR-LU-DE) sukzessiv durch Neubauten von Fischpässen an den Staustufen wieder hergestellt werden muss;
- b. die Fischpassierbarkeit an bestehenden Querbauwerken in allen Programmgewässern des Masterplans Wanderfische Rhein wieder hergestellt werden muss;
- c. grundsätzlich keine neuen Wanderhindernisse in den Programmgewässern und möglichst keine Wanderhindernisse in noch freien Fließstrecken gebaut werden sollen, um diese Fließstrecken als Laich- und Jungfischhabitate erhalten zu können;
- d. die Maßnahmen des Masterplans Wanderfische Rhein auf einige Hochrhein- und Aare-Zuflüsse ausgeweitet werden sollen, da sich dort - nach einer 2012er Erhebung - über 200 ha zusätzliche Lachsjungfischlebensräume befinden.

28. **Sie streben an**, die Anstrengungen fortzusetzen, um das Ziel bis 2020, 800 km Uferlinie ökologisch aufzuwerten, zu erreichen, um die Artenvielfalt im Uferbereich des Rheins deutlich zu fördern. Sie **haben die feste Absicht**, die Umsetzung von Maßnahmen zur Erhöhung der Vielfalt aquatischer und semi-aquatischer Lebensräume, auch durch Reaktivierung des Geschiebehaushalts bzw. Geschiebezugaben im Rhein und durch die Umsetzung des Biotopverbundes am Rhein zu intensivieren.

**F Verbreitung von Seeforelle und Barbe**

Daten BAFU.



## G Mindestanforderungen an einen Schlitzpass

Die nachfolgend angegebenen Bemessungen für Schlitzpässe sind als Mindestanforderung zu betrachten. Sie richten sich nach den grössten zu erwartenden Individuen der jeweiligen Art. Dabei wird nicht von Ausnahmefällen ausgegangen, sondern von der «mittleren Maximallänge». Bei Unterschreitungen ist mit einer Beeinträchtigung der Passierbarkeit zu rechnen.

Die wichtigste Kenngrösse ist die Schlitzweite. Sie ergibt sich aus der maximalen Körperbreite der zu berücksichtigenden Fischarten. Die minimale Beckenlänge und Beckenbreite richten sich ebenfalls nach den grössten vorkommenden Fischarten. Zusätzlich sind aber auch die hydraulischen Bedingungen und die zulässige Leistungsdichte zu berücksichtigen

Die Richtwerte in der folgenden Tabelle basieren auf den Angaben in Adam et al. (2014).

Parameter	Abk.	Berechnung	Lachs	Seeforelle	Barbe
<b>Fisch</b> (mittlere Maximalwerte)					
Max. Totallänge [m]	$L_F$		1.00 <sup>1)</sup>	1.00 <sup>2)</sup>	0.70
Max. Körperhöhe [m]	$H_F$		0.17	0.21 <sup>3)</sup>	0.13
Max. Körperbreite [m]	$B_F$		0.10	0.12	0.08
<b>Becken</b>					
Min. lichte Beckenlänge [m]	$l_B$	$3 \cdot L_F$	3.00	3.00	2.10
Min. lichte Beckenbreite [m]		$\approx 0.75 \cdot l_B$	2.25	2.25	1.60
Min. Wassertiefe im Becken [m]		$2.5 \cdot H_F$	0.43	0.53	0.33
Max. Leistungsdichte [ $W/m^3$ ] Untere Forellenregion			225.00	225.00	225.00
	Äschenregion		200.00	200.00	200.00
	Barbenregion		150.00	150.00	150.00
Min. Dicke Sohlensubstrat [m]			0.30	0.30	0.30
Max. Wasserspiegeldifferenz zwischen Becken			ergibt sich aus den anderen Anforderungen		
<b>Schlitz</b>					
Min. Schlitzbreite [m] (Minimum / Empfehlung)		$3 \cdot B_F$	0.30 / 0.35	0.36 / 0.40	0.24 / 0.30
Min. Wassertiefe im Schlitz [m] (Minimum / Empfehlung)		$2 \cdot H_F$	0.34 / 0.80	0.42 / 0.80	0.26 / 0.70
Max. Fliessgeschwindigkeit [m/s] Unt. Forellenregion			1.6–1.9 (je nach Gesamthöhenunterschied)		
	Äschenregion		1.55–1.8 (je nach Gesamthöhenunterschied)		
	Barbenregion		max. 1.6 (je nach Gesamthöhenunterschied)		
<b>Ganzer Schlitzpass</b>					
Fliessgeschwindigkeit beim Einstieg [m/s]			0.30 – max. Fliessgeschw. im Schlitz		
Betriebsabfluss			ergibt sich aus den anderen Anforderungen		

<sup>1)</sup> ca. 0.90 m gemäs der in Iffezheim aufsteigenden Lachse (pers. Mitt. K. Blasel, Sölden)

<sup>2)</sup> ca. 0.75 m nach Dönni et al. (2016)

<sup>3)</sup> ca. 0.16 m nach Dönni et al. (2016)