

Fischwanderung.ch GmbH
Eva Baier
Lessingstrasse 49
8002 Zürich

eva@fischwanderung.ch
+41 77 484 32 73
www.fischwanderung.ch

Machbarkeitsstudie zur Einführung eines Aal-Taxis am Hochrhein von Schaffhausen bis Iffezheim

Eva Baier, Juni 2019, Version 2



Abbildung 1: Oben links: durch Kraftwerke getötete Aale im Hochrhein, oben rechts: Aal bei Schaffhausen, unten links: Reuse für Aalfänge aus der Saar, unten rechts: Elektrofischung von Aalen bei Schaffhausen

Eine Studie im Auftrag des Schweizerischen Fischerei-Verbandes

1. Einleitung

Der europäische Aal (*Anguilla anguilla*) ist vom Aussterben bedroht. Sowohl in der Schweiz als auch international gibt es Bestrebungen, dem massiven Bestandsrückgang dieses speziellen Fisches entgegenzuwirken – unter anderem mit der Wiederherstellung der freien Fischwanderung. Zum aktuellen Zeitpunkt findet Aalbesatz im Bodensee und Oberrhein statt, zugleich können die Tiere durch fehlende Fischabstiegshilfen an den 21 Rheinkraftwerken nicht die Nordsee erreichen und werden jährlich durch die Turbinen der Wasserkraftwerke in grosser Anzahl getötet. Eine Diskussion zwischen Schweizerischen und Deutschen Fischereiverbänden, den Kraftwerksbetreibern sowie den jeweiligen Behörden ist notwendig, um die tierrechtlich unhaltbare Situation (Art. 26 Abs. 1 a, b TSchG; Bernhart, 2017) zu verbessern. In Deutschland, den Niederlanden und Frankreich werden in einzelnen Gewässern Aal-Taxis für die Unterstützung der Aal-Abwanderung betrieben. Da die Umsetzung der Fischabstiege an den Wasserkraftwerken im Hochrhein mit diversen Herausforderungen verbunden ist (sehr grosse Anlagen, viel Kraftwerke hintereinander) hat der Schweizer Fischerei-Verband (SFV) diese Studie in Auftrag gegeben, welche die Sinnhaftigkeit und die Machbarkeit eines Aal-Taxis am Hochrhein als Übergangslösung analysiert. Parallel dazu wird weiterhin die Lösungsfindung für eine freie Fischwanderung für alle Arten an jedem Kraftwerk vorangetrieben.

1.1. Fragestellung

Zum gegebenen Zeitpunkt liegen wenig Kenntnisse vor, wie der verletzungsfreie Aalabstieg an Wasserkraftwerken gewährleistet werden kann (abgesehen vom Rückbau der Anlagen). Die Übergangslösung Aal-Taxi wurde bisher noch nicht explizit in Hinblick auf dessen Anwendung am Hochrhein analysiert. Durch Recherchen in der Literatur und bei bestehenden Aal-Taxis sollen folgende Fragen geklärt werden:

- Ist es möglich mit vernünftigem Aufwand die Aale am Hochrhein zu fangen?
- Mit welchen Methoden können die Aale gefangen werden?
- Welche Forschungszusammenarbeiten kommen für ein Aal-Taxi in Frage?

2. Hintergrund

2.1. Der Aal ist vom Aussterben bedroht

Der europäische Aal gehört zu den stark gefährdeten Fischarten und ist seit 2008 auf der Roten Liste der gefährdeten Arten als *Critical Endangered* (vom Aussterben bedroht) aufgelistet (IUCN, 2014). Die Bestände aller Altersstadien gehen langfristig zurück (WWF, 2017) und der Zustand hat sich so dramatisch verschlechtert, dass der Internationale Rat für Meeresforschung (ICES) empfiehlt, jegliche anthropogene Sterblichkeit möglichst auf null zu reduzieren. Dazu gehören neben einem Fangverbot (der Aal wird in allen Altersstadien intensiv befischt) und der Verbesserung der Wasserqualität die Vermeidung der Sterblichkeit durch Wasserkraftwerke (ICES, 2017; Hanel et al., 2019). Der prekäre Bestandsrückgang wurde von der EU aufgenommen und im Jahr 2007 trat die EU-Aalverordnung (EG Nr. 1100/2007) in Kraft. Basierend auf dieser Verordnung haben alle EU-Mitgliederstaaten mit natürlichem Aalvorkommen nationale Aalmanagementpläne (AMP) aufgestellt, welche die nachhaltige Nutzung des Aalbestandes und den Schutz der Tiere beinhaltet. Eines der Ziele der Verordnung ist die Sicherstellung der Abwanderung von mindestens 40 % der Biomasse an Blankaalen (adulten Tieren) im Vergleich zum natürlichen Bestand ins Meer (basierend auf Schätzungen) (Art. 2.4, EG Nr. 1100/2007). Eine Analyse der Umsetzungen der AMP im Jahr 2014 zeigt auf, dass es bei der Durchführung der Aalverordnung erhebliche Verzögerungen gibt (EC, 2014). Auch der WWF hält in einem Hintergrundpapier aus dem Jahr 2017 fest, dass 10 Jahre nach der Einführung der Aalverordnung die durch den Menschen verursachte Sterblichkeit von Aalen weiterhin viel zu hoch ist und die angestrebten Ziele noch nicht erreicht wurden. Um diese in Zukunft zu erreichen, sei eine ganze Palette an Sofortmassnahmen nötig (WWF, 2017). Auch der Schweizerische Fischerei-Verband hat sich der Problematik um die Gefährdung des Aals angenommen. Um die Diskussion zur Wiederherstellung der freien Wanderwege voranzubringen wurde der Aal zum Fisch des Jahres 2018 gewählt.

2.2. Der Unterschied zu anderen Fischarten

Der Aal ist von der fehlenden Vernetzung seiner angestammten Lebensräume besonders stark betroffen. Als katadrome Fischart legt er im Laufe seines Lebens mehrere tausend Kilometer zurück. Sobald er von der Sargassosee kommend die europäischen Flüsse erreicht, versperren ihm zahlreiche Wasserkraftwerke und weitere künstliche Hindernisse die Wanderung flussaufwärts. Daher werden die Tiere an den Küsten gefangen und von Menschenhand flussaufwärts transportiert (siehe auch Kapitel 2.4), wo sie weitere Wanderbewegungen ausführen können (DAFV, 2018). Besonders heikel wird es dann bei der Rückkehr der Aale ins Meer: durch ihre schlangenartige Körperform passen sie meist durch die herkömmlichen Reinigungsrechen der Kraftwerksanlagen und steigen durch die Turbinen ab, wo sie durch ihre Länge besonders oft mechanischen Verletzungen unterliegen – verursacht sowohl vom Rechen als auch von den Turbinen. Je mehr Kraftwerke die Aale passieren müssen, desto höher ist die Mortalität (kumulativer Effekt). Zudem wird den Tieren zum Verhängnis, dass sie physiologisch dafür ausgerüstet sind, tausende Kilometer zu ihren Laichplätzen zu schwimmen ohne Nahrung zu sich zu nehmen und in dieser Zeit rein von ihren Fettreserven zu zehren (Dönni et al. 2001; Hanel et al. 2014; Hoffmann, 2017). Dies führt dazu, dass die Tiere, wenn sie durch die Turbinenpassage nicht sofort tot sind, einen sehr langsamen Tod sterben. Häufig erleiden sie Wirbelsäulenverletzungen, wodurch der hintere Teil des Tieres abstirbt und zu verwesen beginnt, während der vordere Teil noch lebt – zum Teil wochenlang. Neuste Untersuchungen der Tierärztlichen Hochschule Hannover zeigen zudem, dass Aale welche mindestens ein Kraftwerk passiert haben und äusserlich unterverletzt erscheinen häufig dennoch schwerwiegende Wirbelsäulenverletzungen aufweisen. Die durch Röntgenaufnahmen entdeckten Stauchungen und Verschiebungen von Wirbelkörpern, sowie Wirbelbrüche, würden beim Menschen zu Gesundheitsschäden bis hin zu motorischen Ausfallerscheinungen und Querschnittslähmungen führen. Daher wird auch von erheblichen Folgen für die Schwimmfähigkeit der Aale ausgegangen (DAFV, 2019).

Dies alles zusammengekommen führt zur besonderen Verletzlichkeit des Aals im Vergleich zu anderen Fischarten.

2.3. Die Situation am Bodensee/Hochrhein

Der Hochrhein ist laut Definition die Strecke des Rheins zwischen dem Bodensee und der Stadt Basel (Wikipedia, 2018). Auf dieser Strecke befinden sich 11 Wasserkraftwerke. Nördlich von Basel folgen weitere 10 Kraftwerke bis und mit Iffezheim. Nach Klunzinger (1881) zogen zu früheren Zeiten die Aale über den Rheinfall bis in den Bodensee, was heute aufgrund der vielen Wasserkraftwerke nicht mehr möglich ist. Neben der Selektivität von Fischwanderhilfen, verfügen zum aktuellen Zeitpunkt von den 21 Rheinkraftwerken vier über keine Fischtreppe (Rheinau (CH), Rhinau (FR), Marckolsheim, Vogelgrün), was somit den weiteren Aufstieg der Tiere komplett unterbindet. Dass die Wiederherstellung der Wanderkorridore durch Wasserkraftwerke möglich ist, sieht man am Kraftwerk Iffezheim (von der Nordsee kommend die unterste Anlage). Dort wurden zwischen 2000 und 2017 insgesamt 86'600 aufsteigende Aale nachgewiesen (WFBF, 2017). Aufgrund dieser Ausgangslage sind die heutigen Tiere im Bodensee gänzlich auf Besatz zurückzuführen (siehe 2.5 Besatzmassnahmen im Bodensee). Im Hochrhein herrscht seit 1986 ein Besatzstopp (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008). Daher sind die Aale, welche im Hochrhein zu finden sind, entweder aus Besatz stammende Tiere aus dem Oberrhein die aufwärtsgewandert sind, aus Besatz stammende Tiere die aus dem Bodensee abgewandert sind, oder sie wurden illegal im Hochrhein ausgesetzt.

Im Jahr 2007 wurde für das Aal-Einzugsgebiet Rhein analysiert, dass die „Entnahme“ durch die Wasserkraft der stärkste anthropogene Mortalitätsfaktor ist – grösser als die Entnahmen durch Berufs- und Angelfischerei sowie durch den Kormoran zusammen (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008). Mittlerweile bestehen in diversen Einzugsgebieten, inklusive der Küste, zum Teil ganzjährige Aalfangverbote (IKSR, 2018). Der grösste Entnahmefaktor aber, die Mortalität durch die Wasserkraftwerke, blieb bis heute unverändert. Im Jahr 2007 wurde festgestellt, dass basierend auf Schätzungen eines Referenzzustandes, die von der Aalverordnung geforderten 40 % von abwandernden Tieren die Nordsee erreichen würden. Dies sei wiederum allein durch die grossen Besatzmengen möglich (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008). Auch nach dem deutschen Umsetzungsbericht der AMPs habe der Rhein im Jahr 2012 sowie 2018 die Zielvorgabe für die

Abwanderung von Blankaalen erreicht (Fladung & Brämick, 2015; mündliche Mitteilung Jan Baer, Wissenschaftler bei der Fischereiforschungsstelle Langenargen, 20.03.19). Allerdings stammen diese Tiere überwiegend aus den Rheinabschnitten unterhalb des Kraftwerks Iffezheim. Denn laut Schätzung überleben gerade mal 3 % der aus dem Bodensee abwandernden Blankaale die Abwanderung durch den Hochrhein mit seinen 11 Kraftwerken. Diejenigen Tiere, die dann von Basel aus über den Restrhein abwandern passieren 6 weitere Kraftwerke wodurch schätzungsweise weitere 74 % sterben. Diejenigen Tiere, die über den Rheinseitenkanal abwandern passieren 10 weitere Kraftwerke und weisen laut Schätzungen sogar eine Sterblichkeit von weiteren 90% auf (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008). Mit weiteren Mortalitätsfaktoren wie natürlicher Sterblichkeit, Kormoranfrass, Befall mit Parasiten und Belastung durch schlechte Wasserqualität, kann man davon ausgehen, dass aktuell keine Tiere aus dem Bodensee / Hochrhein in der Nordsee ankommen und somit deren natürlicher Beitrag zum Erhalt des Bestandes komplett unterbunden wird. Da die Anzahl an natürlicherweise aufsteigenden Glasaalen in den Rhein weiterhin gesunken ist und um die Jahrtausendwende wenig Besatz stattfand (wegen den hohen Kosten der Glasaale), gehen Experten davon aus, dass in den kommenden Jahren auch im Rhein die geforderten 40 % an abwandernden Tiere unterschritten wird (mündliche Mitteilung Jan Baer, Wissenschaftler bei der Fischereiforschungsstelle Langenargen, 20.03.19).

2.4. Besatzmassnahmen

Bis heute ist es nicht möglich den europäischen Aal künstlich zu vermehren, so dass alle Besatzmassnahmen auf das Abfischen von Glasaalen an den europäischen Küsten und deren Umsiedlung zurückgeht (Hanel et al., 2019). Dies erhöht die Komplexität der, aus biologischer Sicht aus verschiedenen Gründen umstrittenen allgemeinen Besatzmassnahmen mit Fischen, erheblich. Besatzmassnahmen können nachweislich zu Ertragsteigerungen von Fischfängen führen (wie man z.B. an den Aalfängen im Bodensee gut sieht – siehe folgendes Kapitel), haben aber auf verschiedenen Ebenen diverse, oft ungewollte und unvorhergesehene, ökologische Auswirkungen. So wurde in Bezug auf den Aal schon 1976 festgehalten, dass der enorm erhöhte Bestand im Bodensee eine Konkurrenz zu anderen Fischarten darstelle und man zukünftige Besatzmassnahmen mit mehr Vorsicht durchführen solle (Deufel & Strubbelt, 1976). Zwar konnten bisher keine direkten Schäden nachgewiesen werden, für einzelne Arten besteht aber der Verdacht, dass ihr Rückgang unter anderem mit den künstlichen Aalbesatzmassnahmen zusammenhängt (Dönni et al., 2001; Landesumweltamt Brandenburg, 2002). Andererseits können Besatzmassnahmen auch auf Populationsebene massive Veränderungen mit sich bringen. Beim Aal steht zum Beispiel die offene Frage im Raum, ob die enormen Aalbesatzmassnahmen das natürliche Geschlechterverhältnis der Tiere, welches unter anderem dichteabhängig und bis heute noch nicht ganz verstanden ist, unnatürlich verändern. Dies könnte einerseits dadurch geschehen, dass im Meer die natürlichen Dichten durch den Glasaalfang reduziert werden und so mehr Weibchen entstehen (sowohl im Meer selbst, als auch in den besetzten Gewässern - siehe Kapitel 5), andererseits zeigen Untersuchungen, dass das «vorstrecken» von Aalen (Aufzucht in Aquakulturen) die Anzahl der Männchen überproportional erhöht – bis zu 90% des Gesamtbestandes (Geffroy & Bardonnnet 2016). Dies wird bestätigt durch Untersuchungen aus Kanada, welche am eng mit dem europäischen verwandten Amerikanischen Aal aufzeigen konnten, dass sowohl das Geschlechtsverhältnis als auch das Wachstum und die Grösse bei der Abwanderung von Tieren, die aus Besatzmassnahmen stammen, sich wesentlich unterscheiden im Vergleich zu natürlich aufgewanderten Aalen (Hanel et al., 2019). Bis heute sind weder die Auswirkungen des menschlichen Handelns auf das Geschlechtsverhältnis noch die Auswirkungen auf die Populationsdynamik des Aals, wenn ein verändertes Geschlechtsverhältnis vorliegt, bekannt. Diese Ausgangslage scheint symptomatisch für den Umgang mit dem Aal: Der Mensch nimmt Einfluss auf die Population ohne deren «natürliche» Dynamik und die Auswirkung seines Handelns zu überblicken.

Das häufigste Argument für den Aalbesatz ist der Arterhalt. Aber bis heute ist nicht bekannt, ob die Tiere, welche aus Besatz stammen, die Sargassosee grundsätzlich erreichen und somit zum Arterhalt beitragen können. Vielmehr gibt es bisher keine eindeutigen Nachweise, dass die Besatzmassnahmen die Bestandessituation des Aals insgesamt verbessern, wodurch die Besatzmassnahmen wissenschaftlich höchst umstritten sind (WWF, 2017). Auch der Wissenschafts-, Technik-, und Wirtschaftsausschuss für die Fischerei (STECF) hält in einer Stellungnahme 2013 fest, dass es bislang keine Beweise für einen positiven Nettoeffekt der Besatzmassnahmen auf den gesamten Aalbestand gebe und es sein könne, dass die Besatzmassnahmen schlicht dazu dienen die Aalfischerei aufrecht zu erhalten

(STECF, 2013). Unumstritten ist jedoch die Tatsache, dass die Besatzmassnahmen dazu beitragen, die auf dem Vorsorge-Prinzip beruhenden 40 %, welche von der EU-Aalverordnung verlangt werden, überhaupt zu erreichen (Brämick, 2017). Anders formuliert bedeutet dies, dass die Mitgliedstaaten der EU Aalbesatz durchführen müssen, um die Aalverordnung einzuhalten. Dies hat zu einer massiven Erhöhung der Besatzmassnahmen in verschiedenen Ländern geführt, teilweise auch oberhalb von Wasserkraftwerken ohne Fischabstiegsanlagen. Daher gibt es mittlerweile auch kritische Stimmen gegen die (wissenschaftlich nicht belegten) geforderten 40 % abwandernde Blankaale. Insbesondere Hanel et al. fordern in einem 2019 erschienenen, knapp 200 seitenlangen Bericht, im Auftrag des europäischen Parlamentes, ein Umdenken bezüglich der Aal-Managementpläne und weisen auf die zahlreichen bestehenden Wissens- und Datenlücken, sowohl aus biologischer, als auch aus ökonomischer Sicht bezüglich des europäischen Aal-Managements hin.

Fakt ist, auch wenn Besatzmassnahmen zum aktuellen Zeitpunkt umstritten sind, so finden sie doch statt, in der Hoffnung man könne den Aalbestand stützen, bis er sich auf natürliche Weise erhalten kann und um zumindest in gewissen Gebieten weiterhin den wirtschaftlich bedeutenden Speisefisch fangen zu können.

2.5. Besatzmassnahmen im Bodensee

Der Besatz mit Aalen im Bodensee hat schon eine lange Tradition. Nach Recherchen der Fischereiforschungsstelle in Langenargen, fanden die ersten Besatzmassnahmen im Obersee 1902 mit 100 kg Satzaalen statt, gefolgt von einzelnen Besatzmassnahmen in den folgenden Jahrzehnten (1903, 1932, 1933 und 1940). Glasaale wurden zum ersten Mal während des zweiten Weltkriegs zwischen 1941 und 1944 im Obersee ausgebracht. Zwischen 1953 und 1960 fanden regelmässige Besatzmassnahmen mit Glasaalen in der Grössenordnung von 30 kg / Jahr statt. Sowohl im Ober- als auch im Untersee wurde ab den 70er-Jahren der Besatz intensiviert und lag im Durchschnitt bei etwa 200 kg Glasaale (ca. 600'000 Tiere) pro Jahr (Deufel & Strubbelt, 1976). Zwischen 1992 und 2017 wurden von deutscher Seite aus durchschnittlich 154'000 Glasaale und 16'000 Farmaale ausgesetzt, wobei die Zahlen zwischen den Jahren zwischen 0 und 483'000 bei den Glasaalen und 0 und maximal 70'000 bei den Farmaalen schwanken (unveröffentlichte Daten der Fischereiforschungsstelle Langenargen).

Wie schon erwähnt, fand in der Vergangenheit, ohne die Rheinkraftwerke, eine natürliche Wanderung der Aale über den Rhein in den Bodensee statt. Allerdings war durch den Rheinfluss das Aalaufkommen stets sehr gering. Durch den Besatz wird die Population im Bodensee schon seit Jahrzehnten künstlich hoch gehalten, was sich auch in den gestiegenen Erträgen der Fischerei widerspiegelt (Deufel & Strubbelt, 1976). Im Vergleich zum Anfang des letzten Jahrhunderts hat der Aal als Speisefisch am Bodensee immens an Bedeutung gewonnen und wird bis heute, insbesondere auf der deutschen Seite des Sees, intensiv von Berufs- und Angelfischern befischt.

Tiere, die nicht gefangen werden, wandern nach einigen Jahren bis Jahrzehnte über den Rhein Richtung Nordsee, welche sie jedoch aufgrund der Wasserkraftwerke im Hoch- und Oberrhein nicht erreichen können. Die Anzahl an abwandernden Tieren aus dem Bodensee ist nicht bekannt. In einer Untersuchung aus dem Jahr 2001 von Dönni et al. wurde geschätzt, dass jährlich knapp 93'000 abwandernde Blankaale die Turbinen der Kraftwerke am Hochrhein passieren. Diese Zahlen basieren auf Schätzungen, welche nicht überprüft resp. wiederholt wurden und berücksichtigen keine aufwandernden Tiere aus dem Oberrhein.

3. Das Aal-Taxi als temporäre Sofortmassnahme

Zum aktuellen Zeitpunkt weisen die Wasserkraftwerke am Hochrhein keine Fischabstiegsanlagen auf. Die gesetzlichen Grundlagen für eine Verbesserung dieser Situation sind geschaffen worden. Neben der Aalverordnung fordert die EU-Wasserrahmenrichtlinie die Durchgängigkeit der Fliessgewässer ursprünglich bis 2015 (Art. 4 Ziffer 1a iii, Richtlinie 2000/60/EG) und in Ausnahmefällen bis 2027 (Art. 13 Ziffer 7 und Art. 4 c, Richtlinie 2000/60/EG). Laut der Schweizer Gesetzgebung müssen die Kraftwerke bis 2030 die freie Fischwanderung ermöglichen (Art. 9c4, VBGF). Da im Bereich Fischabstieg an grossen Wasserkraftwerken, mit einer Ausbauwassermenge grösser als 150 m³/s, trotz grossen Forschungsanstrengungen noch immer Grundlagenwissen zur technischen Lösung der problematischen Situation fehlen, ist es fraglich ob diese Fristen eingehalten werden. Möglich wären

auch betriebliche Lösungen (Ausschalten der Turbinen zu Zeiten der Aalabwanderung). Diese werden auch schon heute an Grossanlagen durch die Bundesbehörden verfügt und wären machbar. Derzeit werden diese allerdings noch nicht oder nur sehr schleppend umgesetzt. Für die Situation am Hochrhein sind diesbezüglich besondere Anstrengungen vonnöten, da nur koordinierte betriebliche Massnahmen über die gesamte Kraftwerkskette hinweg (interkantonal und international) die Abwanderung der Aale gewährleistet.

Die Grundidee eines Aal-Taxis besteht darin, wanderwillige Tiere oberhalb eines Kraftwerks oder einer Kraftwerkskette zu fangen, über Land flussabwärts zu transportieren und unterhalb der Kraftwerke wieder in das (Ursprungs-)Gewässer zurückzusetzen. Diese Massnahme kann im Vergleich zu den technischen und betrieblichen Lösungen rasch und mit verhältnismässig geringem Aufwand umgesetzt werden. Die Nachteile dabei sind, dass die Tiere gefangen, gehältert und transportiert werden müssen, was grundsätzlich Stress bedeutet, was wiederum mit einem Fitnessverlust einhergeht. Allerdings werden mit dieser Massnahme alle Kraftwerke auf einmal überwunden.

Das Konzept des Aal-Taxis wird in verschiedenen Nachbarländern zum Teil schon länger als 20 Jahre angewandt. So konnte zum Beispiel an Standorten in Deutschland, wie an der Mosel, am Main, am Neckar oder an der Saar durch Fang- und Transport-Massnahmen die Anzahl an abwandernden Tieren wesentlich erhöht resp. die Anzahl an getöteten Tieren stark verringert werden (Dönni et al., 2001; Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008; IKS, 2012; Fladung, et al., 2012; Hoffmann, 2017). Allerdings ist bis heute nicht bekannt, welche Auswirkungen der Transport auf die Tiere hat und ob sie ihre Wanderungen nach dem Transport unbehelligt weiterführen, oder ob die Taxis gar einen negativen Einfluss auf die Gesamtpopulation haben. Festzuhalten ist, dass nachwievor grosse Wissenslücken bezüglich des Wanderverhaltens der Aale bestehen. Der SFV schlägt daher vor, in Zusammenarbeit mit Forschung, Interessensverbänden, Behörden und Kraftwerksbetreibern das Wanderverhalten der Aale weiter zu untersuchen.

4. Theoretische Machbarkeitsstudie am Hochrhein

Um der Frage nachzugehen, ob und wie am Hochrhein die Einführung eines Aal-Taxis möglich ist, wurden neben einer Literaturrecherche zahlreiche Gespräche mit involvierten Behörden, Naturschutzorganisationen, Fischereiverbänden, Forschungseinrichtungen und dem Kraftwerk Schaffhausen geführt. Zudem wurde der Betrieb eines Aal-Taxis an der Saar in Deutschland besucht. Es konnten neben vielen offenen Fragen (siehe Kapitel 5) folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Der Betrieb eines Aal-Taxis ist im Vergleich zu technischen Lösungen, sowie betrieblichen Lösungen, günstig und rasch mit einfachen Mitteln zu realisieren. Der genaue Aufwand resp. die Kosten hängen stark von der jeweiligen Fangmethode ab.
- Es ist praktisch unmöglich, die Tiere direkt während der Wanderung zu fangen, da diese meist während Hochwasserereignissen stattfindet, was das Fangen der Tiere erschwert. Mit bisherigen Fang-Methoden hat sich daher das Fangen während der Wanderung als ineffektiv herausgestellt.
- Es ist nicht möglich die Wanderung der Aale genau vorherzusagen. Viele abiotische Faktoren, welche mit der Aal-Wanderung in Zusammenhang gebracht werden (Abfluss, Mondphase, Trübung, Fliessgeschwindigkeit) haben laut der Erfahrung an den bestehenden Taxis keinen statistisch signifikanten Zusammenhang mit den Aal-Fängen – nur die Wassertemperatur lässt über mehrere Untersuchungen hinweg eine Aussage zu.
- Das Hältern sowie der Transport der Aale sind grundsätzlich unkritisch und einfach zu lösen.
- Ein Aal-Taxi ermöglicht einen Wissensgewinn über den Gesundheitszustand der Aale und ihr Wanderverhalten spezifisch pro Gewässer und generiert Daten über weitere (invasive) Fischarten.
- Es konnten keine Untersuchungen zur Wirkungskontrolle von Aal-Taxis gefunden werden und auch die kontaktierten Fachpersonen hatten keine Kenntnisse über solche Studien.

Eine zentrale Fragestellung, die bei den bisherigen Taxis unterschiedlich beantwortet wurde, ist, wie man am besten die Tiere fängt. Folgende Massnahmen sind am Rhein möglich:

Reusenfänge

Reusen können analog den Erfahrungen an der Saar von Frühling bis Herbst in den jeweiligen Stauhaltungen der Kraftwerke im Hochrhein zum Einsatz kommen. In den Wintermonaten findet zwar vermehrt eine (passive) Abwärtswanderung der Tiere zum Meer statt, allerdings stets zu Hochwasserereignissen, während denen man keine Reusen setzen kann (Materialverlust) aber ansonsten sind die Tiere wegen den geringen Wassertemperaturen inaktiv. Dies bedeutet, dass man mit dieser Methode nicht die wandernden Tiere fängt, sondern die stationären, welche irgendwann abwandern. Wichtig bei dieser Methode ist, dass möglichst viele Reusen gesetzt werden (z.B. Reusenketten von je 10 Reusen) und diese stets an einem neuen Ort ausgebracht werden, um eine möglichst hohe Anzahl Aale zu fangen.

Details zu einer effizienten Reusenbewirtschaftung (Art der Reuse, Leerungsintervall, Beifänge etc.) sind bei Hoffmann (2017) zu finden.

Vorteile

- Bei vielen Reusen sehr effiziente Fangmethode
- In allen Stauhaltungen des Hochrheins möglich
- Generiert Daten über weitere Fischarten (interessant für seltene und invasive Arten)

Nachteile

- Keine Selektivität auf wandernde Exemplare
- Handling der Tiere → Stress
- Manuelle Betätigung (Kosten, Sicherheit)
- Materialintensiv

Elektrobefischung

Schon heute finden am Hochrhein durch die Fischereiaufsicht des Kantons Schaffhausen Elektrobefischungen speziell auf den Aal als Hegemassnahme statt. Zusätzlich werden am Oberrhein durch Hr. Dr. Kuhn und Söhne Aal-Elektrobefischungen durchgeführt. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass es eine bewährte Fangmethode ist, bei der in kurzer Zeit grosse Mengen an Aal gefangen werden können. So konnten zum Beispiel am 15.12.18 bei Stein am Rhein innerhalb von 4 Stunden ca. 80 Aale zu 103 kg Gewicht gefangen werden. Die Effizienz der Methode hängt stark vom Wasserspiegel ab, da die Tiere vom Boot aus befischt werden und bei erhöhtem Wasserstand schwieriger mobilisiert werden können.

Vorteile

- Geringer Aufwand, geringer Materialbedarf
- Findet aktuell für anderen Zweck schon statt → Synergien nutzen

Nachteile

- Keine Selektivität auf wandernde Exemplare
- Handling der Tiere → Stress
- Manuelle Betätigung (Kosten, Sicherheit)
- Nur in Gebieten mit geringen Wassertiefen möglich

Einkauf von den Berufsfischern

Im Rhein findet keine Berufsfischerei mehr statt, am Bodensee hingegen schon. Dort wurden im Jahr 2017 von den Berufsfischern 13.1 t Aal gefangen (Schotzko, 2018). Im Gegensatz zu anderen Gebieten sind die Aale im Bodensee nicht stark chemisch belastet, wodurch grundsätzlich kein Absatzproblem besteht und gerade grosse Blankaale als beliebte Speisefische gelten. Nach ersten Gesprächen mit den Schweizer und Deutschen Berufsfischern besteht ein Interesse sich an dem Projekt zu beteiligen und ein Einkauf für den Arterhalt wäre in gewissem Umfang möglich. Aus biologischer Sicht ist es sinnvoll für ein Aal-Taxi nur Tiere aus dem Untersee/Rheinausfluss zu verwenden und nicht aus dem gesamten Einzugsgebiet des Bodensees, da die Tiere sich dort vermutlich nicht auf Wanderschaft befinden.

Vorteile

- Findet aktuell für anderen Zweck schon statt
→ Synergien nutzen
- Sehr geringer Aufwand, geringer Materialbedarf um die Tiere der Berufsfischer zu sammeln

Nachteile

- Keine Selektivität auf wandernde Exemplare
- Handling der Tiere → Stress
- Gegebenenfalls lange Hälterung / Transport der Tiere bis gewisse Anzahl an Tieren beieinander ist
- Nur Tiere aus dem Untersee / nicht aus dem gesamten Hochrhein

Einsatz eines Elektroseilrechens

Die Universität Innsbruck hat einen Elektroseilrechen entwickelt, der als Fischschutzmassnahme dient und gemeinsam mit einem Bypass-System als Fischabstiegsanlage verwendet werden kann. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie kam die Frage auf, in wie weit solch ein Rechen zusammen mit einem Bypass als Endlösung den Fischabstieg für alle Arten am Kraftwerk Schaffhausen sicherstellen kann. Dieses Projekt wurde ausgelagert und wird unabhängig vom Aal-Taxi weiterverfolgt. Für ein Aal-Taxi selbst könnte ein Elektroseilrechen 2-3 m über dem Grund schräg über die gesamte Fläche des Rheins gespannt werden, an dessen spitzen Winkel die wandernden Tiere in einer Reuse abgefangen werden könnten. Genauere Informationen zum Elektroseilrechen sind bei Tutzer et al. (2018) zu finden.

Vorteile

- Selektivität → vorwiegend wandernde Exemplare werden gefangen
- Wichtige Erkenntnisse über die Leitwirkung des Elektroseilrechens an sich

Nachteile

- Enorme bauliche Massnahmen notwendig
- Unsichere Wirksamkeit → Leitwirkung bei erhöhten Abflüssen immer noch vorhanden?
- Potentielle Scheuchwirkung der Reuse
- Gegebenenfalls lange Hälterung der Tiere bis gewisse Anzahl an Tieren beieinander ist
- Handling der Tiere → Stress
- Hoher personeller Aufwand (Reusenleerung)

5. Offene Fragen und Themenfelder

Die Recherchen bei bestehenden Aal-Taxis in der Literatur, in Deutschland sowie die zahlreichen Fachgespräche haben gezeigt, dass das Fangen von Aalen und deren Transport am Rhein grundsätzlich möglich ist. Zugleich wurden aber auch sehr viele Fragen offensichtlich, welche die Sinnhaftigkeit eines Aal-Taxis und die aktuelle Besatz-Praxis am Bodensee anzweifeln. Des Weiteren sind am Bodensee, Hoch- und Oberrhein sehr viele verschiedene Akteure in so ein Projekt involviert, deren Interessen bei einer Umsetzung berücksichtigt werden müssen. Im Folgenden werden die wichtigsten offenen Fragen und zu diskutierenden Themenfelder angerissen.

- **Wie effizient ist der Aal-Fang?**

Ziel eines Aal-Taxis ist es, möglichst viele Tiere vor dem Eintritt in die Turbinen zu schützen. Dies bedeutet, dass der Aalfang so effizient wie möglich gestaltet werden sollte. Klar ist, dass jedes gefangene und transportierte Tier aus tier-ethischen Gründen im Allgemeinen gerechtfertigt ist und eine verbesserte Situation zur Gegenwart darstellt. Um jedoch zum Arterhalt beitragen zu können muss man die Effizienz des Taxis auf Populationsebene betrachten. Dazu müsste eine Populationsabschätzung des Aalbestandes inkl. des Blankaalanteils im Bodensee durchgeführt werden. Dies könnte basierend auf dem deutschen Aalmodell (GEM II) stattfinden.

Zurzeit stehen vier Fangmethoden zur Auswahl, deren Effizienz in der Praxis überprüft werden müsste (z.B. mit Markierungs- und Wiederfangversuchen). Jede Methode wirft zudem weitere Fragen auf:

- **Fragen zu Reusenfängen:**
 - Ist der Reuseneinsatz am Rhein technisch möglich (Strömung, ...)?
 - Wie lange dürfen die Reusen maximal im Wasser gelassen werden? (an der Saar werden sie nur einmal in der Woche gehoben, was die Methode preislich interessant macht)
 - Wo dürften die Reusen gesetzt werden, damit sie keine Gefahr für Badende und Bootsfahrer darstellen?
 - Wie hoch ist der Blankaal-Anteil bei dieser Methode?
 - Können die Blankaale mit vernünftigem Aufwand als solche identifiziert werden?
 - Wie hoch sind die Beifänge?
- **Fragen zur Elektrofischerei:**
 - Wann und wie oft im Jahr sollte man solche Abfischungen durchführen?
 - Wie hoch ist der Blankaal-Anteil bei dieser Methode?
 - Können die Blankaale mit vernünftigem Aufwand als solche identifiziert werden?
- **Fragen zum Einkauf von den Berufsfischern:**
 - Wie viel Prozent der gefangenen Aale sind Blankaale?
 - Können die Blankaale mit vernünftigem Aufwand als solche identifiziert werden?
 - Wie viele Blankaale können von den Berufsfischern abgekauft werden?
 - Ist es logistisch sinnvoll den Einkauf, die Hälterung und dann den Transport zu managen?
- **Fragen zum Elektroseilrechen mit Reuse:**
 - Ist der Einbau dieses Rechentyps im Rhein technisch und aus Sicherheitsgründen (Badende, Boote) möglich?
 - Funktioniert die Scheuchwirkung für den Aal?
 - Sind die Kosten als Übergangslösung noch verhältnismässig?
 - Wie hoch ist der Blankaal-Anteil bei dieser Methode?
 - Können die Blankaale mit vernünftigem Aufwand als solche identifiziert werden?
- **Was ist genau ein Blankaal? Ist es ein Problem, wenn man Gelbaale transportiert?**

Nach Durif et al. (2009) kann man die Aale in 6 Entwicklungsstufen einteilen (Silvering stages), nach denen man basierend auf der Länge des Fisches, dem Augendurchmesser und der Länge der Brustflosse bestimmen kann, ob sich das Tier auf der Wanderschaft befindet. In der Praxis wird jedoch meistens vereinfacht nach Farbe und Grösse selektiert: graue Tiere mit weissem Bauch und > 70 cm Totallänge gelten als Blankaal. Allerdings weisen die Aale einen Geschlechtsdimorphismus auf: die Männchen werden nicht grösser als 40-50 cm Totallänge. Daher stellt sich die Frage, ob bei den bestehenden Taxis nur Weibchen transportiert werden (siehe auch Frage Geschlechtsverhältnis)? Was hiesse das für die Gesamtpopulation? Und was passiert mit den Tieren, wenn man sie versetzt und sie eigentlich noch nicht auf Wanderschaft sind? Die Tiere würden nicht direkt in die Nordsee, sondern im Rhein bei Iffezheim ausgesetzt werden, so dass die Tiere auch dort verbleiben können, bis sie ihre Wanderung fortsetzen. Aber ob man ihren biologischen Wanderrhythmus durch so einen Transport durcheinander bringt ist aktuell nicht bekannt.
- **Wandern die Aale nach einem Taxi-Transport weiter oder steigen sie sogar wieder auf? Gibt es an den eingesetzten Stellen einen Dichtestress? Wir die biologische «innere Uhr» der Aale durch den Transport durcheinandergebracht? Führt das Fangen und Transportieren zu erhöhtem Stress?**

Obwohl schon seit mehr als 20 Jahren an verschiedenen Orten in Deutschland Aal-Taxis im Einsatz sind, gibt es erstaunlich wenig Untersuchungen dazu, was die biologischen Auswirkungen dieser Massnahme sind, ob die Tiere nach dem Transport überhaupt weiterwandern oder ggf. sogar wieder aufsteigen (sofern möglich). In verschiedenen Studien mit anderen Schwerpunkten haben transportierte Aale ihre Wanderungen ohne erkennbare

Beeinträchtigungen zeitnah fortgesetzt (Righton et al., 2016; Simon et al., 2018), aber es konnte keine Studie gefunden werden, welche sich explizit mit der Effizienz von Aal-Taxis auseinandersetzt. Diese Tatsache wurde durch diverse Gespräche mit Fachpersonen aus Deutschland, welche z.T. direkt mit Aal-Taxis arbeiten, bestätigt. Im Umsetzungsbericht zu den Aalbewirtschaftungsplänen 2018 wird festgehalten, dass Fang & Transport-Massnahmen als kurz- bis mittelfristige Übergangslösungen angesehen werden und in dieser Zeit zur Erreichung der EU-Aalverordnung (EU, 2007) beitragen können. Im Einzugsgebiet des Rheines wurden im Zeitraum 2008 – 2016 insgesamt 93 t Aal gefangen und flussabwärts transportiert (Fladung & Brämick, 2018). Die Effektivität und langfristige Sinnhaftigkeit von Aal-Taxis wird von diversen Biologen und Wissenschaftlerinnen stark bezweifelt, so dass sie nach deren Auffassung nur dafür eingesetzt werden sollten, um die Sterblichkeit von derzeit oberhalb von Kraftwerken befindlichen Aalen zu verringern. Sie sollten explizit nicht als Argument für Besatzmassnahmen in Gebiete ohne Abwanderungsmöglichkeit dienen – vielmehr wird empfohlen in diesen Gebieten die Besatzmassnahmen einzustellen (Hanel et al., 2019)

- **Kann der Aal-Besatz zum Fortbestand der Population beitragen? Ist ein Aal-Besatz für rein fischereiliche Zwecke angebracht?**

Es ist nicht bekannt, ob die Tiere, welche aus Besatz stammen, die Sargassosee erreichen und somit zum Arterhalt beitragen können (siehe 2.4). Sowohl beim Fang der Glasaale, als auch beim Transport zu den Besatzgebieten treten mitunter hohe Mortalitäten auf (Fladung & Brämick, 2018). Im Rhein-Einzugsgebiet wurden bisher die geforderten 40 % abwandernde Blankaale schon erreicht ohne die Tiere aus dem Bodensee. Zudem wird von verschiedenen Stellen gefordert, dass nur dort Aal-Besatz stattfinden soll, wo die Tiere Abwandern können (ICES, 2017; WWF, 2017; Fladung & Brämick, 2018, Hanel et al., 2019). Der Bodensee gehört zum natürlichen Verbreitungsgebiet des Aals (Klunzinger, 1881; Steinmann, 1936), dennoch wird der Bestand seit Mitte des 20. Jahrhunderts durch Besatzmassnahmen künstlich höher gehalten als er natürlicherweise war (siehe 2.4). Wenn der Besatz am Bodensee eingestellt werden würde, würde ein natürlicher Lebensraum verloren gehen, der durch geringe Umweltbelastungen, geringe Anzahl an Krankheitserregern und geringem Befischungsdruck speziell wichtig ist (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008). Die geschätzte Fläche, welche die Tiere am See effektiv nutzen können beträgt 14'400 ha (Untersee 6'200 ha und Obersee 8'200 ha) (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008). Gemäss Prof. Dr. Reinhold Hanel, Aal-Experte am Thünen-Institut für Fischereiökologie in Bremerhaven, sei der Bodensee zwar ein natürliches Verbreitungsgebiet des Aals, aber keinesfalls zwingend notwendig für den Arterhalt. Zumindest solange kein natürlicher Fischabstieg gewährleistet ist, für den Rhein also die uneingeschränkte Durchgängigkeit gegeben ist, sollte dort seiner Meinung nach kein Besatz stattfinden (mündliche Mitteilung, 17.12.18). Auch wenn der Aalbesatz im Bodensee eingestellt werden sollte, ist in den nächsten 10 bis 15 Jahren noch mit abwandernden Tieren zu rechnen.

- **Verändert der Aal-Besatz das Geschlechterverhältnis? Wäre das ein Problem?**

Bei Aalen wird erst im Stadium des Gelbaales (nach Erreichen der Küstengebiete und Flussmündungen) das Geschlecht der Tiere festgelegt. Der komplexe Prozess ist noch nicht vollständig verstanden, wird aber von der Umwelt in der die Tiere sich befinden bestimmt (environmental determined sex). Man nimmt an, dass die Ausbildung der Geschlechtsteile unter anderem dichteabhängig geschieht: je höher die Dichte (Flussmündung, Meeresbereiche), desto höher der Anteil der Männchen. Je mehr Platz (Flussoberläufe, Seen), desto höher ist der Weibchenanteil (Geffroy & Bardonnnet, 2016). So habe es z.B. im deutschen Rhein nie mehr als 5 % Männchen und im Bodensee sogar noch weniger (Jan Baer, Aal-Experte bei der Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, schriftliche Mitteilung, 18.12.18). Dies vereinfacht auf der einen Seite die Beurteilung, ob ein Tier ein Blankaal ist (Tiere > 70 cm = grosse Weibchen, s.o.) andererseits stellt sich dadurch die Frage, ob der Mensch mit dem Aalbesatz in das Geschlechterverhältnis der Gesamtpopulation eingreift und ob es im Meer noch «genügend» Männchen hat. Durch den Glasaalfang an den Küsten verringern sich nämlich auch dort die Dichten und rein theoretisch könnten auch dort mehr Weibchen entstehen. Geffroy & Bardonnnet (2016) bestätigen in ihren Untersuchungen zum Geschlechtsverhältnis der Aale, dass

global gesehen der Anteil an Weibchen zugenommen hat, es gebe aber kein Nachweis, dass zu wenig Männchen vorhanden seien (vor allem auch da es durch ihren kürzeren Lebenszyklus im Verhältnis mehr Männchen gebe). Vielmehr müssten weitere Untersuchungen stattfinden, ob die «Qualität» der besetzten Weibchen geringer sei, als die der natürlichen Tiere – und ob dementsprechend die Besatzmassnahmen angepasst werden müssen.

5. Wissenschaftliche Zusammenarbeit

Die vielen Fragen zeigen auf, dass nachwievorn viel Forschungs- und Grundalgenarbeit zum Fischverhalten im Allgemeinen und zum Aal im Speziellen durchgeführt werden muss. Dementsprechend müssen auch die angedachten Massnahmen überprüft und auf ihre Wirkung kontrolliert werden. In Bezug auf das Aal-Taxi wie auch auf die Besatzmassnahmen bedeutet dies, dass zwingend analysiert werden muss, welche Auswirkungen durch die Massnahmen auf die Gesamtpopulation entstehen (Wandern die Tiere nach dem Transport weiter? Können die besetzten und transportierten Tiere zum Arterhalt beitragen? etc.). Dabei sollten möglichst die bestehenden Forschungsprojekte genutzt werden. Folgende Institutionen wurden schon über die vorliegende Studie informiert und eine Zusammenarbeit wurde jeweils bereits angedacht:

- **Max-Planck-Institut (Radolfzell, Deutschland):** Das Max-Planck-Institut möchte die Besenderung von Aalen im Rahmen des ICARUS Projekts vornehmen um mehr über das Wanderverhalten der Aale inklusiven den Auswirkungen von Wasserkraftanlagen herauszufinden. Der Name ICARUS steht für International Cooperation for Animal Research Using Space (Internationale Vereinigung für Tierforschung mit Hilfe von Weltraumdaten). Ziel der Initiative ist es, die globalen Wanderbewegungen kleiner Tiere mit Satelliten zu beobachten. Mit Hilfe eines Aal-Taxis könnten einige besenderten Aale schon im Untersee/Rhein freigelassen werden und es könnten somit wertvolle Informationen zu ihrem Verhalten dort gewonnen werden. Zum aktuellen Zeitpunkt ist mangels Fischabstiegen geplant, die Tiere in der Nähe der Nordsee freizulassen (Arbeiter, C., 2018). Die Sender sollten nach Plan im Sommer 2019 fertig entwickelt sein (Wikelski, schriftliche Mitteilung 30.10.18).
- **NEDAP-Trailsystem (Niederlande):** Das NEDAP-Trailsystem ist die Bestückung der Rheinmündung mit PIT-Tag-Antennen um die Wanderung von Fischen, insbesondere vom Lachs, zu dokumentieren. Möglich wäre es eine Kooperation mit ihnen abzuschliessen, so dass die Daten von am Hochrhein markierten Aalen, welche vom NEDAP-System erkannt werden, übermittelt werden. Damit wären keine eigenen Antennen in der Rheinmündung notwendig, was Kosten spart. Zudem könnte mit den bestehenden Monitoring-Systemen an den Fischtreppen bei den Rheinkraftwerken zusammengearbeitet werden.
- **Fischereiforschungsanstalt Langenargen (Deutschland):** Die Fischereiforschungsanstalt Langenargen am Bodensee wurde über die Idee des Aal-Taxis informiert und wäre grundsätzlich an einer Forschungszusammenarbeit interessiert.

6. Schlussfolgerung und weiteres Vorgehen

Seit 100 Millionen Jahren vollzieht der Europäische Aal seinen komplexen Fortpflanzungszyklus (Hoffmann, 2015), doch nun ist er global stark gefährdet. Am Hochrhein leidet er insbesondere unter den fehlenden Fischabstiegshilfen der Wasserkraftwerke. Die Ausgangsfrage ob, wie und zu welchen Kosten die Einführung eines Aal-Taxis von Schaffhausen bis Iffezheim möglich ist, wurde im Laufe der Machbarkeitsstudie von den vielen offenen Fragen überlagert, wodurch sich die Studie verändert hat: Die Ausgangslage ist komplex, mit an sich schon umstrittenen Besatzmassnahmen im Bodensee, diversen involvierten Interessensgruppen und vielen offenen Fragen zum Wanderverhalten und der Biologie des Aals selbst. Das Thema ist zudem politisch brisant. Einerseits wurde am Oberrhein ein Taxi für den Fischaufstieg des Lachses jahrelang bekämpft, da diese Massnahme als nicht zielführend erachtet wird. Andererseits bestehen Bedenken, dass die Kraftwerksbetreiber sich mit einem günstigen Aal-Taxi nicht in gleicher Masse um die Umsetzung von technischen und / oder betrieblichen Lösungen für den Fischabstieg für alle Arten einsetzen werden. Das mit dem Aal-Taxi eng verwobene Thema des Aal-Besatzes am Bodensee ist ebenso kontrovers. Durch die Empfehlung diverser Fachgremien nur dort Besatzmassnahmen mit Aalen durchzuführen, wo eine Abwanderung der Tiere möglich ist und auch hier offenen Fragen bezüglich der Wirksamkeit bestehen, wird sich die Praxis der Diskussion um das zukünftige Aalmanagement stellen müssen.

Aufgrund dieser Ausgangslage hat sich der Schweizer Fischerei-Verband dazu entschlossen, sich aus strategisch-politischen Gründen nicht weiterhin für die Einführung eines Aal-Taxis am Hochrhein stark zu machen. Viel mehr möchte er seine bisherigen Bestrebungen, sich für die freie Fischwanderung an allen Wasserkraftwerken für alle Fischarten in beide Fliessrichtungen einzusetzen, weiter intensivieren. Begonnen hat es mit der vom SFV lancierten Initiative «Lebendiges Wasser», welche die Basis für das heutige Gewässerschutzgesetz lieferte. Gemeinsam mit weiteren Organisationen setzt sich der SFV seit Jahren für dessen strikte Umsetzung ein, wie zum Beispiel im Jahr 2018 mit der Kampagne «Wanderfische». Nach Abschluss der Kampagne wurde diese Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben. Neben wertvollen Gesprächen mit verschiedenen Beteiligten der Szene (Kraftwerksbetreiber, Behördenvertreterinnen und Naturschutzorganisationen) wurde durch diese Studie eine Fachveranstaltung zum Thema Fischabstieg initiiert, welche im Sommer 2019 stattfinden wird. Neben der Stärkung der Selbstverantwortung der Kraftwerksbetreiber (z.B. künftig selbst Fischabstiegs-massnahmen zu bauen und zu testen), wird unter anderem der Einsatz des Elektroseilrechens als vielversprechendes Fischabstiegssystem besprochen. Auch darüber hinaus wird sich der SFV weiterhin für eine freie Fischwanderung und lebendige Fliessgewässer in der Schweiz einsetzen – insbesondere durch die Initiierung und fachliche Begleitung von Forschungsprojekten zum Thema Fischwanderung.

7. Literatur

- Arbeiter, C. (2017). *Vom Bodensee bis nach Florida? Wie Forscher mithilfe der Raumstation ISS Geheimnisse der Aale lüften wollen*. Südkurier. Abgerufen am 20.06.18, <https://www.suedkurier.de/region/kreis-konstanz/kreis-konstanz/Vom-Bodensee-bis-nach-Florida-Wie-Forscher-mithilfe-der-Raumstation-ISS-Geheimnisse-der-Aale-lueften-wollen;art372432,9708068>
- Bernhart, V. (2017). Memorandum der Stiftung für das Tier im Recht. Rechtliche Abklärung der Stiftung TIR zur Verantwortlichkeit der Wasserkraftwerke und der Kantone beim gesicherten Fischabstieg. Im Auftrag des WWF Schweiz. Unveröffentlicht.
- Brämick, U. (2017). *Der Lebenszyklus des europäischen Aals: Was wir glauben und was wir wissen*. Vortragsunterlagen der 28.SVK Fischereitagung.
- DAFV (Deutscher Angelfischereiverband e.V.) (2019). *Schäden durch Wasserkraft-Turbinen an Aalen viel größer als vermutet*. Abgerufen am 07.05.19, <https://www.dafv.de/referate/gewaesser-und-naturschutz/item/297-schaeden-durch-wasserkraft-turbinen-an-aalen-viel-groesser-als-vermutet.html>
- DAFV (Deutscher Angelfischereiverband e.V.) (2018). *Stellungnahme Deutscher Angelfischerverband (DAFV) / Evaluation of the Eel Regulation*. Berlin.
- Deufel, J. & Strubbelt, T. (1976). *Zur Aalwirtschaft im Bodensee*. Österreichs Fischerei 29, S. 189 – 195. Mondsee.
- Dönni, W., Maier, K.-J. & Vicentini, H. (2001). *Bestandesentwicklung des Aals (Anguilla anguilla) im Hochrhein. Situationsanalyse und Ergebnisse erster Untersuchungen*. BUWAL (Hrsg.). Bern.
- Durif, C., Guibert, A. & Elie, P. (2009). *Morphological discrimination of the silvering stages of the european eel*. American Fisheries Society Symposium 58: 103-111.
- EC (2014). *Bericht der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über das Ergebnis der Durchführung der Aalbewirtschaftungspläne, einschließlich einer Bewertung der Besatzmaßnahmen und der Entwicklung der Marktpreise für Aale von weniger als 12 cm Länge*. Brüssel.
- EU (Europäische Union) (2000). *Richtlinie Nr. 2000/06/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Massnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpoltik*. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft.
- EU (Europäische Union) (2007). *Verordnung (EG) Nr. 1100/2007 des Rates vom 18. September 2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals*. Amtsblatt der Europäischen Union.
- Fladung, E., Simon, J. & Brämick, U. (2012). *Umsetzungsbericht 2012 zu den Aalbewirtschaftungsplänen der deutschen Länder 2008*. Institut für Binnenfischerei e.V, Potstam-Sacrow im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen für die oberste Fischereibehörde der deutschen Bundesländer, Düsseldorf.
- Fladung, E. & Brämick, U. (2018). *Umsetzungsbericht 2018 zu den Aalewirtschaftungsplänen der deutschen Länder 2008*. Institut für Binnenfischerei e.V, Potstam-Sacrow im Auftrag des Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen für die oberste Fischereibehörde der deutschen Bundesländer, Düsseldorf.
- Hanel, R.; Briand, C., Diaz, E., Döring, R., Sapounidis, A., Warmerdam, W., Andrés, M., Fresse, M., Marcelis, A., Marohn, L., Pohlmann, J.-D., van Scharrenburg, M., Waidmann, N., Walstra, J., Werkmann, M., De Wilde, J. & Wysujack, K. (2019). *Research for PECH Committee - Environmental, social and economic sustainability of European eel management*. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies. Brussels.
- Hanel, R., Marohn, L. & Prigge, E. (2014). *Quantifizierung der Sterblichkeit von Aalen in deutschen Binnengewässern. 01.09.2008 – 3.06.2012*. Enbericht. GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (Hrsg.). Kiel.

- Hoffmann, S. (2017). *Abschlussbericht der Aalschutzinitiative Saar für das Jahr 2017*. Fischereiverband Saar (Hrsg.). Dillingen Saar.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea) (2017). *ICES Advice on fishing opportunities, catch, and effort. European eel (Anguilla anguilla) throughout its natural range*.
- IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) (2018). *Masterplan Wanderfische Rhein 2018. Eine Aktualisierung des Masterplans 2009*. Koblenz.
- IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) (2012). *Fortschritte bei der Umsetzung des Masterplans Wanderfische in den Rheinanliegerstaaten in den Jahren 2010-2012*. Koblenz.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) (2014). *Anguilla anguilla*. Abgerufen am 20.06.18, <http://www.iucnredlist.org/details/60344/0>
- Geffroy, B. & Bardonnet, A. (2016). *Sex differentiation and sex determination in eels: Consequences for management*. Fish and Fisheries, Volume 17, Issue 2, 1. June 2016.
- Klunzinger, C. B. (1881). *Die Fische in Baden-Württemberg, faunistisch-biologisch betrachtet, und die Fischereiverhältnisse daselbst*. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 37: 172-304.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2008). *Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein*. Kirchhundem-Albaum.
- Landesumweltamt Brandenburg (LUA) (2002). *Bachneunauge – Lampetra planeri (BLOCH)*. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, 11. Jahrgang, Heft 1, 2, S. 110-111. LUA (Hrsg.). Potsdam.
- Righton, D., Westerberg, H., Feunteun, E., Økland, F., Gargan, P., Amilhat, E., Metcalfe, J., Lobon-Cervia, J., Sjöberg, N., Simon, J., Acou, A., Vedor, M., Walker, A., Trancart, T., Brämick, U., Aarestrup, K. (2016). *Empirical observations of the spawning migration of European eels: The long and dangerous road to the Sargasso Sea*. Science Advances 2: e1501694.
- Schotzko, N. (2018). *Bericht zur IBKF 2018. Die Fischerei im Bodensee-Obersee im Jahr 2017 Gesamtbericht*. Amt der Vorarlberger Landesregierung, Bregenz.
- Simon, J., Westerberg, H., Righton, D., Sjöberg, N., Dorow, M. (2018). *Diving activity of migrating silver eel with and without Anguillicola crassus infection*. Journal of Applied Ichthyology 34: 659–668.
- STECF (Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries) (2013). *43th Plenary Meeting Report*, 8-12 July 2013, Copenhagen, Report EUR 26094.
- Steinmann, P. (1936). *Die Fische der Schweiz*. Mit 45 Tafeln nach dem Leben. Contaxaufnahmen von Dr. W. Krämer, Aarau. Verlag von H.R. Sauerländer & Co, Aarau.
- Stendera, S. (2016). *Das Aalschonende Betriebsmanagement von Statkraft im EZG Weser*. Präsentation. Darmstadt.
- Tierschutzgesetz vom 16. Dezember 2005, Stand am 01. Mai 2017 (SR 455)
- Tutzer, R., Brinkmeier, B., Böttcher, H., Aufleger, M., Zeiringer, B., Führer, S., Auer, S. & Unfer, G. (2018). *Der Elektro-Seilrechen als integrales Fischschutzkonzept. Verhalten salmonider und cyprinider Arten im Nahbereich der hybriden Barriere Elektro-Seilrechen*. Symposium Graz.
- Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF) vom 24. November 1993, Stand am 1. Januar 2018 (SR 923.01).
- Wikipedia (2018). *Hochrhein*. Abgerufen am 20.06.18, <https://de.wikipedia.org/wiki/Hochrhein>.
- WFBW (Wanderfische Baden-Württemberg) (2017). *Aufstiegszahlen zum Fischpass Iffezheim. Übersicht der Jahre 2000 bis 2017*. Abgerufen am 19.03.19, <https://www.wfbw.de/aktuelles/kontrollstationen/iffezheim/>
- WWF (World Wide Fund for Nature) (2017). *Hintergrundpapier Europäischer Aal, Anguilla anguilla, Status, Gefährdung, Schutz*.