

Aktueller Wissensstand zum Sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) in Österreich. Teil 2: Gefährdungsursachen – Verlust und Fragmentierung des Lebensraums

CLEMENS RATSCHAN | GERALD ZAUNER
ezb-TB Zauner GmbH | Marktstraße 35, A-4090 Engelhartzell

JAKOB NEUBURG | HEIDRUN EICHHORN | THOMAS FRIEDRICH
Institut für Hydrobiologie and Gewässermanagement, Universität für Bodenkultur Wien,
Gregor-Mendelstraße 33, A-1180 Wien

Abstract

Current state of knowledge of the sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) in Austria.

Part 2: Habitat loss and fragmentation.

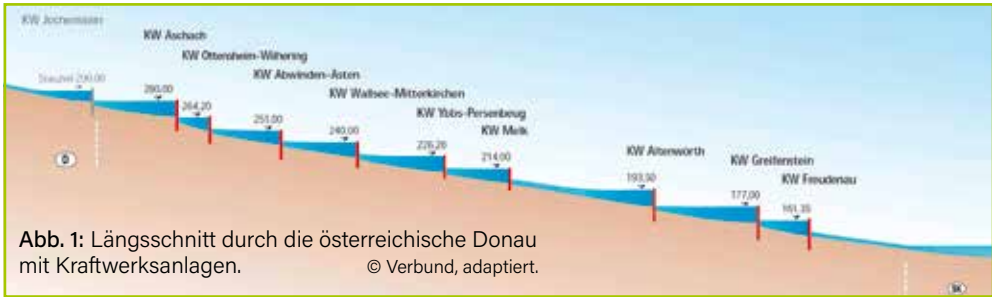
The remnant populations of sterlet in Austria have lost a large part of their historic range and their migrations have been significantly hampered by hydropower dams in the last century. Based on studies using acoustic telemetry, the habitat use and migrations in and between reservoirs and free flowing sections of the Austrian Danube were investigated.

The results show that adult fish prefer bends and deep pools but avoid straight sections in central reservoir areas, where they usually pass through quickly. Originating from the population in the Upper Danube Valley, 13 downstream passages of fish with acoustic transmitters over hydropower plants (HPP) were documented, as were three originating from the stretch east of Vienna. Furthermore, two PIT tagged individuals migrated downstream over nine HPPs and were recaptured in the tailwater of the Freudenua power plant. Genetic data also confirm a one-way downstream genetic exchange, thinning the population in the Upper Danube Valley. Mortalities caused by multiple turbine passages also endanger remaining populations, with the species being particularly vulnerable due to their relatively large body size and longevity. One single tagged animal passed upstream, apparently via the ship lock at the HPP Aschach. This finding, showing very rare cases of upstream migrations over ship locks, is in line with literature. There is no clear evidence of upstream passage of sterlets via installed fishways on the Danube to date.

Based upon telemetry data and literature, requirements for the restoration of upstream migration of sterlet are discussed as fragmentation of the remaining populations can be considered the main threat for sterlets in the Upper Danube today.

1. Einleitung – historische und aktuelle Verbreitung des Sterlets, Wanderungen

In der Vergangenheit war der Sterlet (*Acipenser ruthenus*) als panmiktische Population zwischen Ulm und dem Donaudelta weit verbreitet und besiedelte auch Zubringer in Österreich wie Inn, Salzach, March oder Thaya. Südlich der Alpen ist ein historisches Vorkommen in der österreichischen Drau nicht belegt, in der Grenzmur aber zumindest potentiell wahrscheinlich.



Eine detaillierte Aufarbeitung über Fänge und Sichtungen sowie die Verbreitung des Sterlets in der Donau und ihren Zubringern findet sich in Friedrich et al. (2014).

Die Regulierung und starke Fragmentierung des Lebensraumes mit über 30 Wanderbarrieren im Hauptstrom der Donau und der damit einhergegangene Verlust von Habitaten führte zu einem starken Rückgang des Verbreitungsgebietes des Sterlets in Österreich und Bayern, sodass nur mehr sehr kleinen Restpopulationen vorhanden sind (siehe Teil 1). Alleine in der österreichischen Donau befinden sich zehn Kraftwerksanlagen (Abb. 1). Die Verfügbarkeit geeigneter Lebensräume, sowie die Möglichkeit zur Migration zwischen diesen, ist jedoch eine Voraussetzung für intakte Sterletpopulationen. Auf Basis von Ergebnissen durch Anwendung akustischer Telemetrie, Markierungen und genetischer Methoden hat sich das Verständnis der Situation des Sterlets in Österreich im letzten Jahrzehnt deutlich erweitert. Während sich der erste Teil zum aktuellen Wissensstand des Sterlets vor allem mit der Populationsgröße auseinandergesetzt hat (Friedrich et al., 2024), soll nun im zweiten Teil der Verlust und die Fragmentierung des Lebensraumes anhand der Erkenntnisse aus Telemetrieuntersuchungen im Oberen Donautal (OD) und östlich von Wien (ÖW), sowie Beobachtungen aus Netzfängen und genetischen Untersuchungen beleuchtet und diskutiert werden.

2. Methodik

2.1 Telemetrie Oberes Donautal

Im Oberen Donautal wurden insgesamt 39 Sterlets in Längen zwischen 465 und 830 mm TL akustische Transmitter implantiert, wobei vorwiegend der Sensortransmitter vom Typ Lotek MM-M-11-28-PM zum Einsatz kam (76,8 kHz; 13 g Gewicht; Sendeintervall 60 sek; Lebensdauer ca. 3 Jahre). Diese Transmitter übermitteln zusätzlich zum individuellen Code den gemessenen Umgebungsdruck, der in die genutzte Wassertiefe umgerechnet wird. Einige der kleineren Sterlets wurden mit dem Transmitter Lotek MM-M-8-SO-PM versehen (76,8 kHz; 6 g; Sendeintervall 180 sek; Lebensdauer ca. 1 Jahr).

Die Sterlets wurden einerseits im Rahmen von zwölf mobilen Kampagnen (2 Hydrophone Lotek LHP1LT; Empfänger MAP600RTA) geortet. Andererseits wurde ein Netz von Hydrophonen vom Typ Lotek WHS3250 eingesetzt, die im Stauraum des Kraftwerks (KW) Aschach in Abständen von ca. 4–6 km verteilt lagen, und in der Stauwurzel des Kraftwerks Aschach bzw. im Unterwasser des Kraftwerks Jochenstein in kürzeren Abständen verdichtet waren. Die Hydrophone wurden entweder an bestehenden Strukturen am Ufer oder an Schifffahrtszeichen (Bojen und Spieren) befestigt. Im Jahr 2014 wurden zehn Hydrophone im Stau Aschach eingesetzt, die bis zum Abbau im Oktober 2020 in Betrieb waren. Ab 2015 wurden die Hydrophone verdichtet und auf umliegende Stauräume ausgeweitet. Es waren 16 Hydrophone in Betrieb, zusätzlich auch eines im Oberwasser im Bereich des Trenndamms am KW Jochenstein (Schleusenausfahrt; km 2204,0) sowie im Unterwasser des Kraftwerks Aschach (km 2161,95 R) und des Kraftwerks Ottensheim-Wilhering (km 2145,5 R). Auf Basis von Erfahrungen im Gebiet liegt die Detektionsdistanz bei durchschnittlichen Verhältnissen bei wenigen hundert Metern und bei günstigen Verhältnissen speziell im Staubereich bei bis zu deutlich mehr als 500 m horizontaler Entfernung (Ratschan et al. 2017).

2.2 Telemetrie Freudenau – Gabčíkovo

Für die Studie östlich von Wien wurden insgesamt 33 Sterlets (450–760 mm TL) aus dem Aufzuchtprogramm LIFE-Sterlet (Jahrgänge 2016–2018) und fünf Wildfänge (690–910 mm TL) der Restpopulation unterhalb des Kraftwerks Freudenau mit akustischen Sensortransmittern ausgestattet, wobei der Typ Lotek MM-M-11-28-TP (76,8 kHz; 13 g; Sendeintervall 20 sek; Lebensdauer 384 Tage) bzw. MM-M-11-SO-TP (76,8 kHz; 6,6 g; Sendeintervall 60 sek; Lebensdauer 209 Tage) eingesetzt wurde. Die Transmitter übermitteln zusätzlich zum individuellen Code den gemessenen Umgebungsdruck und die Wassertemperatur.

Insgesamt wurden zwischen März und Mai 2020 im österreichischen Flussabschnitt zwölf Hydrophone (WHS 3250) im Abstand von etwa 4 km an den Schifffahrtsbojen befestigt, die bis Oktober 2021 in Betrieb waren. Im slowakischen Donauabschnitt wurden in diesem Zeitraum jeweils ein Hydrophon in Bratislava (km 1866) und im Stauraum des Kraftwerks Gabčíkovo (km 1853) platziert. Zusätzlich wurde im Unterwasser des Kraftwerks Freudenau von Mitte April bis Mai 2020, sowie Ende März bis Mitte April 2021 ein Array bestehend aus acht bzw. fünf Hydrophonen aufgebaut. Dadurch konnte die genaue Position eines Transmitters mittels Triangulation ermittelt werden. Mobile Ortungen wurden im österreichischen Donauabschnitt an 29 Tagen durchgeführt, wobei die Strecke insgesamt neunmal abgefahren wurde (Friedrich et al. 2022a).

2.3 Genetik Freudenau

Die Methodik der genetischen Analysen wurde in Teil 1 (Friedrich et al., 2024) beziehungsweise Friedrich et al. (2022b) im Detail beschrieben. Mit der »full-likelihood« Methode des Programms COLONY (Version 2.0.6.8; Jones & Wang 2010) wurde auf die Abstammung von Elterntieren und Geschwisterschaft aus kodominanten/dominanten Markerdaten geschlossen (Wang 2016).

3. Ergebnisse zur Habitatnutzung, Gefährdungsfaktor Habitatverlust

Die Habitatnutzung des Sterlets in der österreichischen Donau während großer Teile des Lebenszyklus ist immer noch weitgehend unbekannt. Vor allem Wissensdefizite zu Laichplätzen und Jungfischhabitaten wirken in Hinblick auf Aussagen zur Gefährdung limitierend. Allerdings ist mittlerweile ein erheblich besseres Verständnis zur Habitatnutzung adulter Sterlets anhand von Telemetrie-Untersuchungen vorhanden.

3.1 Habitatnutzung Telemetrie – Oberes Donautal

Im besonders langen (40,7 Strom-km) und tiefen Stauraum Aschach zeigte sich bei adulten Sterlets eine im Jahresverlauf und im Längsverlauf deutlich differenzierte Habitatnutzung. Dies lässt sich als Summe der Individuen mal Tage mit Detektionen darstellen (*Abb. 2*). Die Stauwurzel (1. Viertel des Staus) wurde im Jahresmittel zu ca. 23 % genutzt, und zwar insbesondere in den warmen Monaten Mai bis September. Ganzjährig mit Abstand am intensivsten (60 %) genutzt wurde das dritte Viertel der Stauhaltung – dies ist ein Abschnitt mit starken Krümmungen, ausgeprägter Tiefenvarianz und differenzierten Sedimentbedingungen an der Sohle. Sowohl die Daten der stationären Hydrophone als auch mobile Ortungen bestätigen eine besonders intensive Nutzung von Krümmungskolken in diesem Abschnitt. Im untersten, am stärksten durch Einstau und weniger durch Krümmungen gekennzeichneten Viertel der Stauhaltung, halten sich Sterlets nur sehr selten auf (2 %). Viele der dort registrierten Sterlets waren nur über kurze Zeit detektierbar und wanderten offenbar rasch durch (vgl. *Abb. 4, Abb. 10*). Die Daten der Sensortransmitter zeigen, dass die jeweils tiefsten Bereiche eines durch ein Hydrophon abgedeckten Donausegments bevorzugt werden, insbesondere als Habitat am Tag. In der Nacht werden etwas weniger tiefe Habitate aufgesucht, aber Bereiche mittlerer oder geringer Tiefe werden auch dann weitestgehend gemieden.

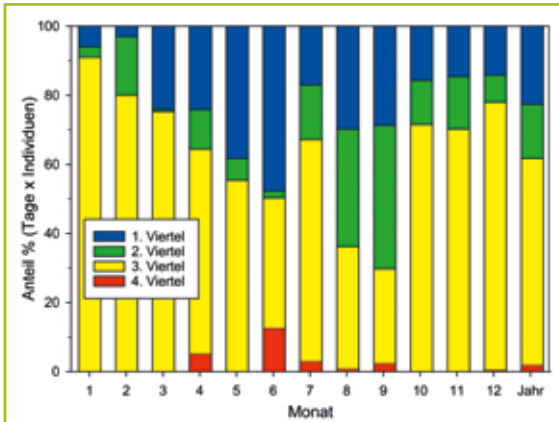


Abb. 2:

Monatliche Habitatnutzung von Sterlets im Oberen Donautal. Längsverlauf vom am weitesten flussauf liegenden 1. Viertel (Stauwurzel, beginnend KW Jochenstein) bis in den untersten Staubereich des Kraftwerks Aschach (4. Viertel). Jeweils Daten von 2 Hydrophonen pro Stauviertel. n = 348.207 Detektionen.

3.2 Habitatnutzung Telemetrie – Östlich von Wien

Von den 38 besenderten Fischen wurden drei Individuen über den gesamten Untersuchungszeitraum nicht detektiert, zwei wurden nur selten oder nur über einen sehr kurzen Zeitraum aufgezeichnet. Der Großteil aller Aufzeichnungen stammt von den Hydrophonen unterhalb des KW Freudenuau bzw. in Bratislava. In der frei fließenden Strecke östlich von Wien gab es weniger Detektionen, was einerseits auf methodische Ursachen (höhere Fließgeschwindigkeit, geringere Wassertiefe, Geschiebetransport und damit verbundene Hintergrundgeräusche) zurückgeführt werden kann, und andererseits auf eine geringe Aufenthaltsdauer der Besatzfische hindeutet.

Über den gesamten Zeitraum der Studie wurden fast alle Wildfische ausschließlich im Unterwasser des Kraftwerks Freudenuau aufgezeichnet. Nur ein Individuum wurde 5 km stromab von einem stationären Hydrophon detektiert.

Die Besatzfische zeigten unterschiedliche Migrationsmuster, wobei sich die meisten Sterlets unmittelbar nach dem Besatz flussabwärts bewegten. Es wird angenommen, dass die Wanderungen flussabwärts direkt nach dem Besatz eine Reaktion auf die Fließgeschwindigkeit waren, da alle Besatzfische bis zu ihrem Besatz in Teichen gehalten wurden. Während einige Individuen im Unterwasser des KW Freudenuau blieben, wanderten andere nach einer vorangegangenen Flussabwanderung auch wieder flussaufwärts. Die Tiefendaten aus diesem Donauabschnitt zeigen, dass sowohl tiefere Bereiche in den Außenkurven, sowie zeitweise auch flachere Schotterbänke bzw. Bühnenfelder genutzt wurden, die vermutlich einen gewissen Strömungsschutz bieten. Insgesamt wurden 16 Individuen auf der Höhe von Bratislava aufgezeichnet, wobei für über die Hälfte der Tiere mehrere Beobachtungstage dokumentiert werden konnten. Die durchschnittliche Aufenthaltstiefe an dieser Stelle wies auf eine Nutzung des in der Außenkurve liegenden Kolks hin. Drei der Besatzfische wurden unterhalb des Kraftwerks Gabčíkovo detektiert (Friedrich et al. 2022a).

4. Ergebnisse – Habitatfragmentierung in Hinblick auf flussauf gerichtete Wanderungen

4.1 Sterlet-Aufstiege an Fischwanderhilfen

Zum derzeitigen Stand wurden an sieben von zehn Kraftwerken der österreichischen Donau (inkl. Grenzstrecke) Fischwanderhilfen gebaut. Nach der Umsetzung wurden durchwegs fischökologische Funktionskontrollen durchgeführt. Dabei wurde in keinem Fall ein Aufstieg eines Sterlets zweifelsfrei nachgewiesen. Dies trifft beispielsweise auch für die Fischwanderhilfe am Kraftwerk Freudenuau zu (Eberstaller & Pinka, 2001), wo ein Sterletbestand im Unterwasser vorhanden ist. Selbiges gilt für den neueren Schlitzpass, der den Donaukanal mit dem Stau Freudenuau verbindet (Eberstaller et al. 2018). Im Unterwasser des Kraftwerks Melk wurden ebenfalls mehrfach Sterlets nachgewiesen, auch dort erbrachte das Monitoring der Fisch-

Tabelle 1: Anzahl der PIT-markierten Wild- und Besatzsterlets in der österreichischen Donau sowie March/Thaya.

Flussabschnitt (Donau-Stau)	Anzahl	Typ
Aschach	295	Wild
Abwinden-Asten – Wallsee-Mitterkirchen	492	Besatz
Wachau	201	Besatz
Altenwörth – Greifenstein	425	Besatz
Greifenstein – Freudenau	139	Besatz
Östlich Wien	1411	Besatz
Östlich Wien	84	Wild
March/Thaya	314	Besatz
Summe	3361	

wanderhilfe keinen Nachweis eines Aufstiegs (Frangez et al. 2009).

Der PIT-Tag eines im April 2019 mit 295 mm TL bei der Reichsbrücke in Wien besetzten Tieres wurde 2020 an der oberen, jedoch nicht an der unteren Antenne der Organismen-Wanderhilfe (OWH) des Kraftwerks Greifenstein registriert (Reckendorfer persönl. Mitt.). Dieses Ergebnis ist somit schwer interpretierbar. Es handelt sich bislang um die einzige Registrierung eines von mehr als 3.300 markierten Sterlets (Tabelle 1) in einer Fischwanderhilfe an der österreichischen Donau.

An der Thaya wurden im Rahmen des Fischsterbens im Sommer 2022 rund 20 tote Sterlets fotografisch im Abschnitt zwischen dem Stausee Nové-Mlýny und Breclav dokumentiert. Das Fehlen der Art vor den Besatzmaßnahmen im Rahmen des Projektes LIFE-Sterlet, sowie die passende Größe lässt auf eine Herkunft aus eben jenen schließen, der Besatz wurde jedoch immer unterhalb der Sohlschwelle in Breclav durchgeführt. Die drei vorhandenen Wanderbarrieren im Abschnitt sind mit OWHs ausgestattet, welche einer Art rauen, stark dotierten Teilrampe mit Einstieg unmittelbar an der Barriere entsprechen. Eine zumindest partielle flussaufwärtige Passage von Sterlets über diese Rampen ist somit wahrscheinlich.



Abb. 3: Beobachtungstage und Individuenzahl entlang der Strecke östlich von Wien. Zahlen: Strom-km der Hydrophone.

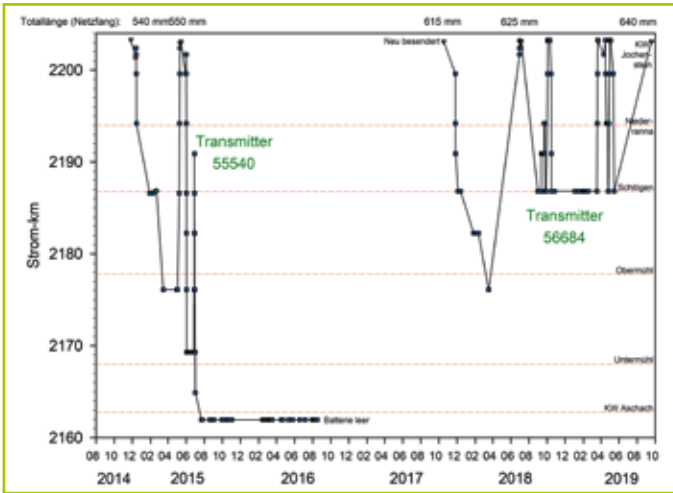


Abb. 4: Chronologie der Fänge und Detektionen eines Sterlets mit bemerkenswerter Lebensgeschichte, die einen Ab- und Aufstieg am Kraftwerk Aschach sowie mehrfache Wiederfänge am Kraftwerk Jochenstein beinhaltet.

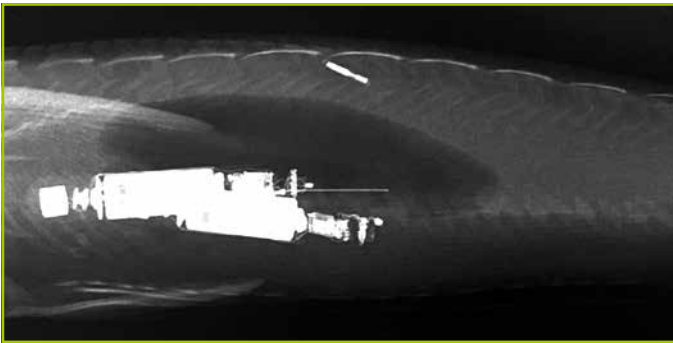


Abb. 5: Eine Röntgenaufnahme zeigt den alten Kombitransmitter (mit Rest der Radioantenne), den neu implantierten Akustiktransmitter, und das dorsal implantierte PIT tag.

4.2 Aufstieg über Schleusen

Am Kraftwerk Jochenstein (ohne Fischwanderhilfe) wurde über mehrere Jahre ein Hydrophon im Oberwasser (Nähe Schleuse) betrieben. Es konnte damit kein Aufstieg der zahlreichen besonderten Sterlets über die Schleuse nachgewiesen werden. Am Kraftwerk Aschach ist ein besondertes Sterlet durch die Schleuse aufgestiegen (siehe Kap. 4.3). Im Oberwasser des KW Freudenau wurden keine Telemetrieanlagen betrieben, sodass hier keine Aussagen zu einem Aufstieg möglich sind.

4.3 Beispiel eines über ein Donaukraftwerk ab- und wieder aufgestiegenen Sterlets

Ein Sterlet mit 540 mm Länge wurde im November 2014 gefangen und mit einem Kombitransmitter besondert (ID 55540; 18 Monaten Lebensdauer). Der Fisch wanderte im Juli 2015 über das Kraftwerk Aschach flussab und wurde dabei nahtlos von allen passierten Hydrophonen registriert (Abb. 4). Letztmalig wurde der Transmitter im August 2016 im Unterwasser des Kraftwerks Aschach geortet, in den Folgemonaten endete die Lebensdauer der Batterie.

Das Tier wurde im Oktober 2017 in Jochenstein wiedergefangen und anhand seines PIT-Codes erkannt. Es hat also eine erfolgreiche Rückwanderung über das Kraftwerk Aschach stromauf durchgeführt, was nur über die Schleuse erklärt werden kann. Es wurde eine Röntgenaufnahme angefertigt, die bestätigte, dass der inaktive Kombitransmitter noch vorhanden war (siehe Abb. 5). Der Sterlet wurde nach der Entlassung mit einem neuen Transmitter (ID 56684) noch bis Mai 2019 vielfach registriert und mehrfach wiedergefangen (letztmalig am 26. 9. 2020 mit 665 mm Totallänge).

4.4 Verhalten des Sterlets im unmittelbaren Unterwasser von Donaukraftwerken

Die im OD besenderten Sterlets führten häufig rasche, teils bis über 25 km flussauf reichende Wanderbewegungen durch, die im Unterwasser des flussauf anschließenden KW Jochenstein endeten. Derartige Muster zeigten sich zu unterschiedlichen Jahreszeiten, überwiegend aber in den Frühlings- und Sommermonaten (Ratschan et al. 2017; Ratschan & Zauner 2017).

Die Daten zeigen, dass ein Teil der Population durch die Turbinen des Kraftwerks Aschach stromab wandert, teils auch über das nachfolgende Kraftwerk Ottensheim-Wilhering (siehe Kap. 5). Wie die Ortungen zeigen, wandern diese wiederkehrend zu den Kraftwerken stromauf. Sie hielten sich teils für längere Zeit im unmittelbaren Kraftwerksunterwasser auf und dürften dort ein gewisses Suchverhalten an den Tag legen. Nur so lässt sich erklären, dass sie mit so hoher Wahrscheinlichkeit mit den im Wehrkolk und am so genannten Turbinentisch (Abb. 6) gestellten Kiemennetze gefangen werden. Viele Sterlets – darunter auch einige besenderte – wurden mehrfach teils innerhalb weniger Tage unterhalb der Barriere des KW Jochenstein gefangen.

Zwei der Hydrophone wurden über mehrere Jahre im unmittelbaren Unterwasser des Kraftwerks Jochenstein betrieben (siehe Abb. 6), ein weiteres beim Jochensteinfelsen ca. 500 m flussab. Anhand der von den Sensortransmittern übermittelten Daten über die Aufenthaltstiefe der Sterlets lassen sich Rückschlüsse über deren Verhalten im Kraftwerksunterwasser ziehen (Abb. 7).

Vom rechtsufrig im Bereich der Wehrfelder bzw. des Wehrkolks befindlichen Hydrophon 2 wurden hunderte Signale (n = 743) empfangen, deren Sensordaten – in Übereinstimmung mit der Sohlstruktur des Wehrkolks – eine Aufenthaltstiefe vorwiegend zwischen 4–6 m zeigen. Flache Bereiche am Ufer suchten die Sterlets so gut wie nie auf. Das 1 % Quantil der von Hydrophon 2 empfangenen Werte liegt bei 3,1 m, d. h. zu 99 % hielten sich die Fische tiefer auf.

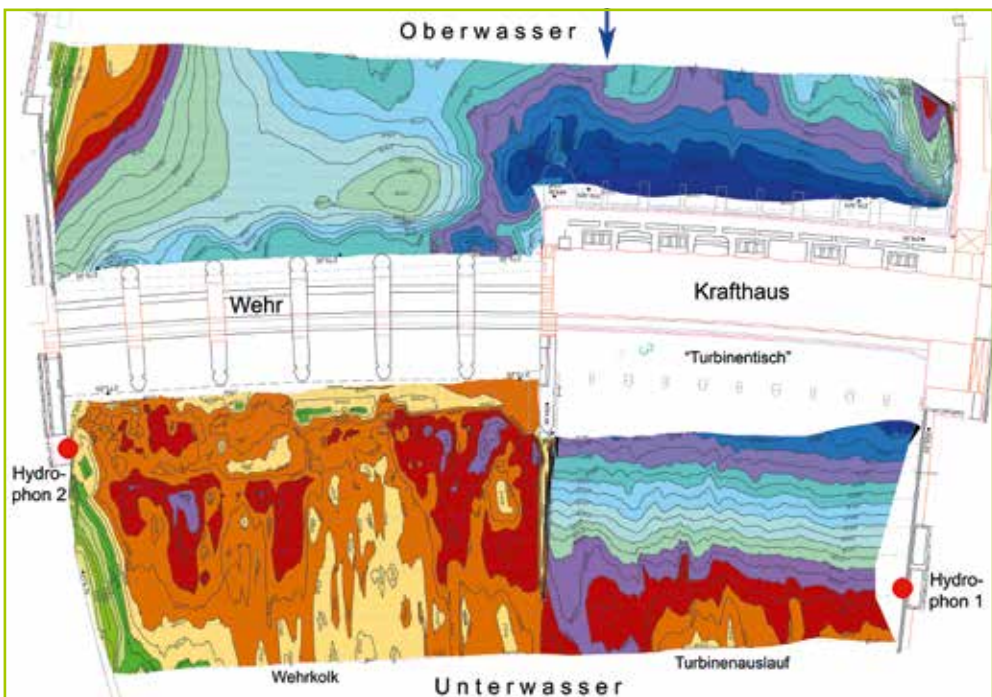


Abb. 6: Tiefenverhältnisse im Bereich des Kraftwerks Jochenstein (Situation 2008); blau entspricht 15 m, rot bis 8 m, gelb bis 4 m Tiefe bei MW.

Quelle: DKJ.

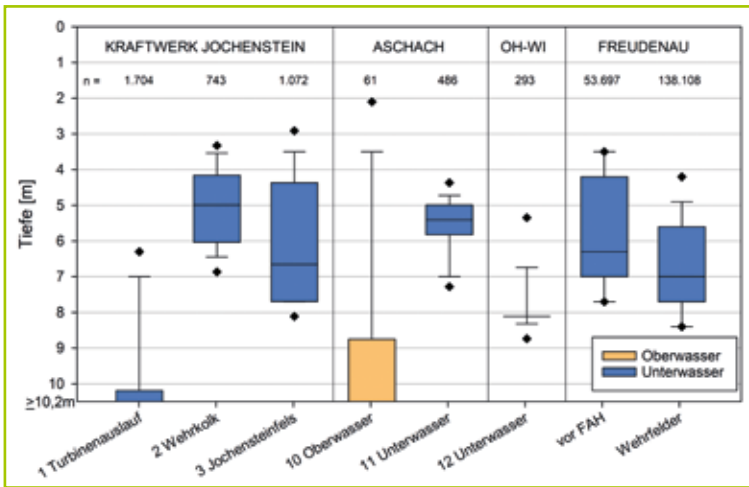


Abb. 7: Aufenthaltstiefe von Sterlets im Ober- und Unterwasser von vier Donaukraftwerken anhand von Sensortransmittern. Raute: 95 % Quantil. n .. Zahl der Detektionen mit Drucksignal.

Im Bereich des linksufrigen Turbinenauslaufs wurden wesentlich mehr Signale empfangen (Hydrophon 1, n = 1.705), obwohl die Rahmenbedingungen für eine Signalübertragung dort ungünstiger sind als im über weite Teile des Jahres nicht durchströmten Wehrkolk. Offensichtlich halten sich die Sterlets hier also vorwiegend im Bereich der Hauptströmung auf. Die empfangenen Signale zeigen eine sehr hohe Aufenthaltstiefe, 90 % kamen aus einer Tiefe von über 7 m, und 75 % sogar über 10 m. Die Sohle sinkt hier in den Saugschlauch in eine Tiefe von bis zu 18 m ab. Der tiefste übermittelte Wert wurde aus 17,5 m übertragen, was sehr gut mit den baulichen Verhältnissen übereinstimmt (Abb. 6). Vermutlich stammt ein Teil der Signale auch aus Bereichen unterhalb zu Revisionszwecken stillgelegter Turbinenschächte, die mittels Dammbalken geschlossen werden. Aus geringen Wassertiefen kommende Signale wurden an diesem Hydrophon nur selten registriert, das 5 % Quantil liegt bei 6,3 m, und das 1 % Quantil bei 3,5 m. Nur neun der 1.709 Signale (0,5 %) übermittelten eine Aufenthaltstiefe von weniger als 2 m.

Vermutlich werden Sterlets manchmal von aufsteigenden »Strömungspilzen« erfasst und an die Oberfläche gehoben, was auch die immer wieder auftretenden Fänge auf dem »Turbinentisch« über dem Turbinenauslauf erklären dürfte. Ein längerer Aufenthalt auf dem »Turbinentisch« ist hingegen unwahrscheinlich. Dieser befindet sich im Empfangsbereich des Hydrophons 1, das nur selten Signale aus geringer Wassertiefe aufgezeichnet hat.

Im Unterwasser der stromab folgenden Kraftwerke Aschach (Hydrophon 11) und Ottensheim-Wilhering (Hydrophon 12) wurde eine geringere Zahl von Signalen erfasst, die von aus dem Stau Aschach abgewanderten Sterlets stammten. Die Hydrophone lagen dort weiter flussab der Kraftwerke (ca. 650 bzw. 1.200 m). Die dort empfangenen Sensordaten spiegeln den in Stauwurzeln üblichen, tiefen Aufenthalt der Fische wider. Ein Aufenthalt in weniger als 4 bzw. 5 m Tiefe wurden wiederum so gut wie nie aufgezeichnet (Abb. 7).

Auch die Daten aus dem Unterwasser des Kraftwerks Freudenau zeigten, dass im Bereich der Fischeaufstiegshilfe 75 % der Sterlet-Detektionen aus Tiefen > 4 m und 50 % aus Tiefen > 6 m stammten (Abb. 7). Im Bereich der Wehrfelder wurden größere Tiefen aufgezeichnet, was auf die vorliegende Topographie zurückzuführen ist. Die Sensordaten spiegelten oft die vorliegenden maximalen Tiefen am jeweiligen Aufzeichnungsstandort wider. Aufenthalte unter 4 bzw. 5 m wurden kaum aufgezeichnet.

Die Ergebnisse aus Jochenstein belegen, dass aufstiegswillige Sterlets in hoher Wassertiefe im Bereich der Hauptströmung stromauf wandern und dort versuchen, das Kraftwerk zu passieren. Die Netzfänge zeigen aber, dass sie sich zumindest manchmal auch in den etwas

weniger tiefen und kaum strömenden Bereichen des Wehrkolks aufhalten, den Telemetriedaten zufolge aber auch dort so gut wie nie in Bereichen unter 3 m Wassertiefe.

Diese Informationen sind für die Entwicklung potentiell für Sterlets funktionsfähiger Fischaufstiegshilfen wesentlich.

5. Ergebnisse – Habitatfragmentierung in Hinblick auf flussab gerichtete Wanderungen

5.1 Ausmaß und Weg von Abstiegen über Donaukraftwerke

Anhand der genetischen Untersuchungen kann der genetische Austausch zwischen den gut untersuchten Teilpopulationen im Oberen Donautal und östlich von Wien abgeschätzt werden. So zeigte sich bei den Untersuchungen, dass fünf (TL: 670–750, erstmals gefangen 2018 & 2019) von 35 untersuchten Fischen aus ÖW sehr nahe mit Tieren aus OD verwandt sind, und es sich entweder um Halbgeschwister oder Nachkommen handelt (Friedrich et al. 2022b). Es kann sehr wahrscheinlich davon ausgegangen werden, dass die Tiere aus Reproduktion im OD vor 2012 stammen und flussab migriert sind.

Nach Mitte 2021 wurden dahingehend keine weitere genetischen Untersuchungen durchgeführt, durch Wiederfänge von in OD markierten Sterlets wird dieses Ergebnis jedoch durch konkrete Beobachtungen unterstützt. Im Herbst 2023 wurden im Rahmen des Monitorings östlich von Wien zwei Sterlets gefangen, welche zuvor fünf- bzw. dreimal im OD gefangen wurden (Tabelle 2). Somit konnten flussabwärts gerichtete Wanderungen auch über neun Staubereiche und Kraftwerke sowohl durch Fänge als auch Genetik dokumentiert werden.

Die Frage, wie oft Sterlets flussab gerichtete Wanderungen über Donaukraftwerke durchführen und welche Korridore sie dabei nutzen, kann anhand von Telemetrie-Daten aus dem Oberen Donautal eingegrenzt werden (Ratschan et al. 2017). Dort wurden bei 39 besenderten Sterlets im untersuchten Zeitraum insgesamt 13 derartige Passagen von Donaukraftwerken gefunden (zehn Passagen am KW Aschach und zusätzlich drei beim nachfolgenden KW Ottenheim-Wilhering).

Bei einigen dieser Passagen konnte die Zeit zwischen der letzten Registrierung im Oberwasser und der ersten im Unterwasser mittels fixer Hydrophone aufgezeichnet werden. Diese Daten zeigen, dass die Abstiegs geschwindigkeit etwa jener weiter oben im Stau entsprach und keine Verzögerung bei der Kraftwerkspassage auftrat (Beispiel siehe Abb. 10). Zum Zeitpunkt sämtlicher Kraftwerkspassagen lag kein Abfluss über der Ausbauwassermenge des Kraftwerks Aschach (2.500 m³/s) vor, sodass sehr wahrscheinlich kein Wehrüberfall vorhanden war. Eine Abwanderung über das Wehr kann für die dokumentierten Kraftwerkspassagen also weitgehend ausgeschlossen werden.

Die aufgezeichneten Signale zeigen, dass sich Sterlets – so wie auch in anderen Abschnitten der untersuchten Staue – im kraftwerksnahen Oberwasser Aschach so gut wie ausschließlich in tiefen bis sehr tiefen Bereichen aufhielten (siehe Abb. 7, Hydrophon 10). Der unterste Stau-

Tabelle 2: Fangdatum, Ort und Zuwachs zweier PIT-markierter Sterlets, die vom Oberen Donautal (OD) ins Gebiet östlich von Wien (ÖW) stromab gewandert sind.

PIT-ID 985.121023526747				PIT-ID 985.121023623016			
Datum	Ort	TL (mm)	W (g)	Datum	Ort	TL (mm)	W (g)
9. 7. 2019	OD	420	230	15. 7. 2019	OD	510	560
22. 4. 2020	OD	500	430	20. 4. 2020	OD	530	570
23. 10. 2020	OD	610	840	3. 6. 2020	OD	530	540
28. 10. 2020	OD	610	810	9. 10. 2023	ÖW	570	1.100
21. 8. 2021	OD	640	1.190				
30. 9. 2023	ÖW	700	1.300				

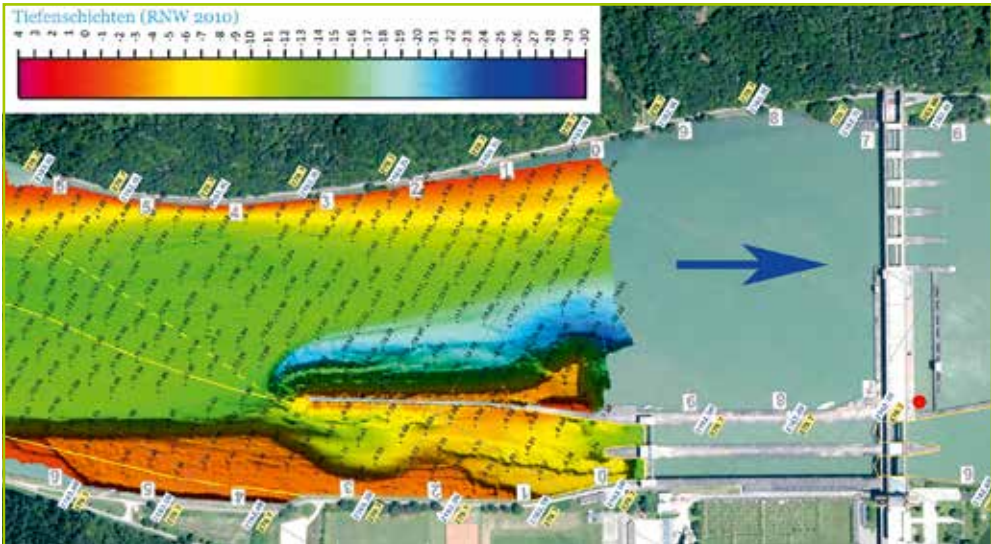


Abb. 8: Tiefenverhältnisse im Oberwasser KW Aschach. Viadonau, Okt. 2021. Roter Punkt: Mündung Entleerungskanal Schleuse.

bereich Aschach wird von Sterlets wenig als Dauer-Lebensraum genutzt, daher ist die Zahl von empfangenen Signalen ($n = 61$) hier gering und stammt den Wandermustern zufolge zu einem großen Teil von Tieren, die rasch durch den Empfangsbereich geschwommen sind (Beispiel siehe *Abb. 10*).

Unter Berücksichtigung der räumlichen Situation und der Tiefenverhältnisse kann abgeschätzt werden, inwiefern ein Abstieg durch eine Turbine oder alternativ die Schleusen am KW Aschach zu erwarten ist. Für einen Abstieg über die Schleuse müssten diese 650 m vor dem Einlaufrechen in den Bereich der Schleusenzufahrt einschwimmen, der viele Meter über der üblichen Aufenthalts- und Wandertiefe liegt, und durch einen knapp 400 m langen Trenndamm plus einen 250 m langen, stegartigen Vorbau vom Turbinenzulauf abgetrennt ist (*Abb. 8*).

Im Bereich der Schleusenzufahrt müssten abstiegswillige Sterlets bei geringen Wassertiefen (*Abb. 8*) und ohne nennenswerte Strömung mehrere hundert Meter in die Schleusenkammer ein- und zum richtigen Zeitpunkt bei geöffnetem Tor wiederum im Unterwasser auswandern. Dass dieser Wanderweg eine relevante Rolle spielt, kann speziell in Hinblick auf die gefundene Tiefenpräferenz weitgehend ausgeschlossen werden. Eine Fischwanderhilfe ist am KW Aschach noch nicht vorhanden, steht also für den Abstieg prinzipiell nicht zur Verfügung. Es ist daher davon auszugehen, dass die am Kraftwerk Aschach dokumentierten Kraftwerkspassagen ausschließlich durch die Turbinen erfolgten. Eine vergleichbare Situation mit ins Oberwasser vorgebauter und durch einen Trenndamm abgetrennter Schleusenzufahrt ist bei allen Kraftwerken an der österreichischen Donau vorhanden.

Drei der östlich von Wien besetzten Sterlets wurden unterhalb des Kraftwerks Gabčíkovo aufgezeichnet und wanderten wahrscheinlich aufgrund fehlender Alternativen durch die Turbinen ab. Eine Abwanderung über die Wehrfelder des in etwa 30 km flussaufwärts liegende Wehr Čunovo, welches rund 80 % des Donauwassers in den Kraftwerkskanal zu Gabčíkovo umleitet, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen. Die Wehrfelder von Čunovo werden bei hohen Abflüssen geöffnet um das Überwasser in die Alte Donau umzuleiten. Daten vom Pegel Thebnerstraßl zeigen, dass zu den Zeitpunkten als die Tiere zum ersten Mal im Unterwasser Gabčíkovo aufgezeichnet wurden Abflüsse nicht höher als $1.290 \text{ m}^3/\text{s}$ vorlagen, also weit unter dem MQ von $2.010 \text{ m}^3/\text{s}$.

Im Rahmen des Monitorings im Abschnitt ÖW sowie flussab von Gabčíkovo wurde der Körperumfang von 214 Individuen (TL: 450–960 mm) mittels eines Maßbandes hinter der Pectoralis vermessen. Die gemessenen Körperumfänge von etwa 130–390 mm (*Abb. 9*) ergeben demzufolge einen Körperdurchmesser von etwa 40–130 mm (Durchmesser = Umfang / π). Mittels der Formel für den Sterlet in Ebel (2024) ergibt sich für dieses Längenspektrum eine Körperbreite zwischen 50 und 106 mm. Eine wesentliche Wirkung des Einlaufrechens als mechanische Barriere ist bei der bei Donaukraftwerken üblichen lichten Weite von 150 mm daher nicht zu erwarten.

5.2 Verletzungen und Mortalität bei der Turbinenpassage

Über Verletzungen bzw. die Mortalität infolge der Kraftwerkspassagen können anhand der Daten aus dem Oberen Donautal nur grobe Anhaltspunkte abgeleitet werden. Dies ergibt sich aus der für eine quantitative Analyse zu geringen Fallzahl und der geringen Zahl von Hydrophonen flussab der Kraftwerk Aschach und Ottensheim-Wilhering. Rückschlüsse über den Zustand der Fische nach einer Turbinenpassage können indirekt über das Verhalten im Unterwasser gewonnen werden. Wird ein Fisch nach der Turbinenpassage über längere Zeit immer wieder im Unterwasser geortet, insbesondere wenn dies in unterschiedlichen Wassertiefen der Fall ist oder wenn stromauf gerichtete Bewegungen auftreten, so ist davon auszugehen, dass er die Passage überlebt hat und zumindest keine schwerwiegenden Verletzungen davongetragen hat. Dies war im Fall von 8 der 13 gefundenen Kraftwerkspassagen (\approx Turbinenpassagen) der Fall. Auch großwüchsige Fische wie Sterlets können die Passage von großen Kaplan-turbinen an Donaukraftwerken also zu einem nicht näher bekannten Anteil unverletzt überleben.

Bei fünf Sterlets wurden nach einer Kraftwerkspassage nur mehr sehr kurz Signale im Unterwasser registriert. Im Fall des in *Abb. 10* dargestellten Fisches wurden beispielsweise nach der Passage des KW Aschach nur mehr zwei Signale registriert. Dieses Exemplar wanderte bei Niederwasser ($Q < 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$) mit einer Geschwindigkeit von im Mittel ca. 0,3 m/s zwei Tage lang durch den gesamten Stau Aschach stromab, wobei die Druckdaten eine ansteigende Wassertiefe anzeigen. Es handelt sich also zweifellos um eine aktive Wanderung, und kein Abtreiben eines toten oder moribunden Exemplars. Die Zeitdifferenz zwischen der letzten Ortung im Oberwasser und der ersten Ortung im Unterwasser gibt keine Hinweise auf Verzögerungen, die durch ein Suchverhalten oder das Auffinden des Abstiegswegs über die Schleuse auftreten würden. Der Sterlet war offensichtlich hoch abstiegswillig und hat ohne Zeitverzögerung den Weg durch eine Turbine gewählt.

Abb. 9:
Körperumfang
(Girth Length, GL)
von Sterlets in
Abhängigkeit von
der Körperlänge
(Totallänge, TL).

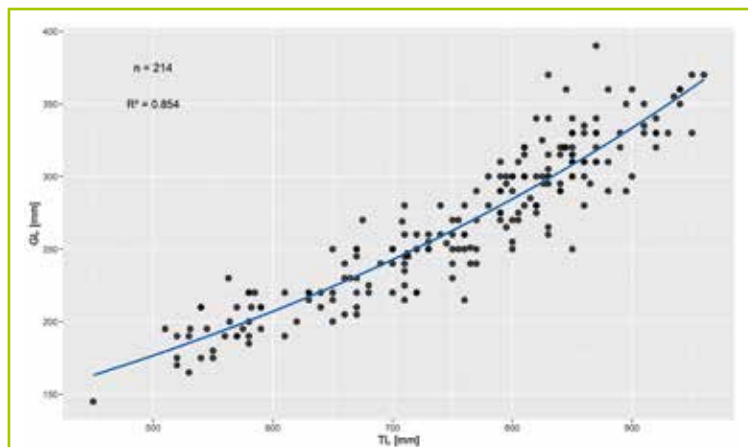




Abb. 10: Durch Telemetriedaten dokumentierter Fall der Abwanderung eines Sterlets (ID 56164) durch die Turbine am KW Aschach. Dieses sehr mobile Tier war ein Monat zuvor aus dem Stau in die Stauwurzel flussauf gewandert, und passierte am 10.–11. 9. den gesamten Stau sowie das Kraftwerk flussab.

In anderen Fällen wurden die Fische noch einige Tage nach einer Kraftwerkspassage registriert, verschwanden dann aber vollständig. Dies beweist nicht notwendigerweise, dass das jeweilige Tier durch turbinenbedingte Schäden verendet ist, kann aber durchaus als Indiz in diese Richtung gedeutet werden, weil lebende Fische in der Regel im Lauf der jahrelangen Studie wieder stromauf ins jeweilige Kraftwerksunterwasser wanderten und dort detektiert wurden. Allerdings kann auch sein, dass manche dieser Fische weiter stromab – beispielsweise bis über eines oder mehrere weitere Kraftwerke – abgewandert sind und deshalb von der Bildfläche verschwanden, was ja durch die Wiederfänge in Freudenua für zwei Individuen konkret belegt wurde.

Von den drei über das Kraftwerks Gabčíkovo abgewanderten Tieren wurde ein Individuum über mehr als zwei Monate lang in verschiedenen Wassertiefen nachgewiesen, was eindeutig auf das Überleben der Passage hinweist. Die beiden anderen abgewanderten Sterlets wurden jeweils nur einmal aufgezeichnet, eine Mortalität kann somit nicht ausgeschlossen werden.

Anekdotische Beobachtungen deuten darauf hin, dass bei der Passage von Donaukraftwerken bei Sterlets tatsächlich Verletzungen auftreten. So wurden bei Netzbefischungen ÖW mehrfach Tiere mit Schäden an der verknöcherten Struktur, wie zum Beispiel gekapptem Rostrum, starken Abschürfungen der an den verknöcherten Flossenstrahlen von Pectoralis und Ventralis sowie im Kehlbereich festgestellt (Abb. 11).



Abb. 11: Links: Durch mechanische Einwirkung gekapptes und verheiltes Rostrum (σ , TL 670 mm). Rechts: Mechanische Abrasionen an Knochenstrukturen von Rostrumspitze, Kehlblatten, Pectoralis und Ventralis (φ , TL: 710 mm). Beide Sterlets wurden flussab KW Freudenua gefangen.

6. Diskussion

6.1 Habitatnutzung, Habitatverlust und Eingriffe in Gewässermorphologie

Die Habitatbedingungen des Sterlets wurden durch die Regulierung und die Umwandlung der österreichischen Donau in eine Staukette stark verändert. Abgesehen von Aspekten zur Fragmentierung des Lebensraums, betreffen diese Veränderungen auch Aspekte wie Reproduktionsräume, Habitate unterschiedlicher Lebensstadien, sowie die Veränderung der Sohlbedingungen in Hinblick auf Nährtiere des Sterlets.

Wie Daten aus der Durchbruchsstrecke im Oberen Donautal zeigen, können Stauräume prinzipiell geeignete Sterlethabitate darstellen, die im Fall der längsten und tiefsten Stauhaltung der österreichischen Donau, im Stau des Kraftwerks Aschach, einer kleinen Population von wenigen hundert Individuen (siehe Teil 1) Lebensraum bietet und auch Reproduktion ermöglicht. Die Ergebnisse zeigen allerdings, dass stark staubeeinträchtigte Abschnitte mit monotoner, gestreckter Morphologie von adulten Sterlets gemieden werden. Solche Bedingungen herrschen in den meisten Staubereichen der Donau – insbesondere in jenen der Beckenlagen – vor. Vermutlich spielen Veränderungen der Sohlverhältnisse diesbezüglich eine wesentliche Rolle. Durch randliche, in den untersten Bereichen der Stauhaltungen auch bis in flussmittige Bereiche vorhandene Anlandungen von Feinsedimenten herrschen hier über große Flächen keine flusstypischen Sedimentbedingungen mehr vor, sodass von massiven Veränderungen der zoobenthischen Lebensgemeinschaft und somit der Nahrungsgrundlage des Sterlets (vgl. Abb. 12; siehe Strelnikova 2012; Margaritova et al. 2022) auszugehen ist. Insgesamt ist durch die Regulierung und die Stauhaltungen an der österreichischen Donau von einem Habitatverlust für adulte Sterlets auszugehen, die diesbezüglichen Auswirkungen auf andere Lebensstadien können schwer beurteilt werden.

Flachwasserzonen stellen sowohl im Bereich staugeregelter als auch frei fließender Abschnitte entscheidende Mangelhabitate eines großen Teils der Donaufischfauna dar. Die Wiederherstellung von Flachwasserzonen durch Rückbau von Ufern, Vorschütten von Kiesbänken oder Kiesinseln, sowie in Neben- und Umgehungsarmen stellen daher die wichtigsten Maßnahmen zur Verbesserung von Fischlebensräumen dar und wurden als Maßnahmen mit dem höchsten Revitalisierungspotential zur Erreichung ökologischer Ziele an der Donau beschrieben und verortet (Zauner et al. 2016).

Wie Ergebnisse zur Tiefennutzung auf Basis von Telemetry gezeigt haben, weicht die Habitatnutzung adulter Sterlets quasi diametral von jenen vieler anderer Donaufischarten ab, insbesondere beispielsweise der Leitart Nase, die über weite Teile des Jahres bzw. des Lebenszyklus bevorzugt Flachwasserzonen nutzt (Ratschan & Zauner 2017). Hingegen stellen tiefe Sohlbereiche ganzjährig die präferierten Habitate adulter Sterlets dar. Besonders tiefe Kolke weisen offensichtlich eine hohe Bedeutung als Ruhe-, Winter- und Refugialhabitate auf, während Nebengewässer wie Häfen, Altarme oder kleinere Zubringer keine Rolle spielen. Wie anhand von Netzfängen von juvenilen Stören (inkl. Sterlet) aus der Unteren Donau bekannt

Abb. 12:

Mageninhalt eines Sterlets (TL = 605 mm; 3. 9. 2019) aus dem Unterwasser KW Jochenstein: Vorwiegend Ephemeroptera und Trichoptera sowie einzelne Diptera (Simuliidae, Chironomidae, Tipulidae).



ist, nutzt auch dieses Altersstadium uferferne, tiefe Lebensräume (Paraschiv & Suciú 2005; Mihov et al. 2022). Auch das Fehlen von Fängen juveniler Sterlets, die in großer Zahl in die niederösterreichische Donau eingebracht wurden, im Rahmen umfangreicher Elektrofischereikampagnen der letzten Jahre deutet auf eine uferferne, tiefe Habitatwahl hin. Allerdings bestehen diesbezüglich – besonders in Hinblick auf die Obere Donau – noch besonders große Wissensdefizite. Von der gesamten artenreichen Fischfauna der Oberen Donau ist der Sterlet als wahrscheinlich jene Art anzusprechen, für die Uferzonen die geringste Bedeutung als Lebensraum aufweisen. Nur beim Streber (*Zingel streber*) ist von einer ähnlich geringen Bindung an litorale Habitate über den gesamten Lebenszyklus auszugehen.

Von diesen Ergebnissen ist abzuleiten, dass die heute durch anthropogene Eingriffe stark überprägte Struktur der Uferzonen – im Gegensatz zu den allermeisten anderen Fischarten – keinen wesentlichen Gefährdungsfaktor für den Sterlet darstellt. Dementsprechend kann auch mit Maßnahmen in den Uferzonen oder wenige Meter tiefen Nebengewässern oder Umgehungsarmen kein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Habitatbedingungen des Sterlets geleistet werden. Umgekehrt sind Maßnahmen, im Zuge derer die Tiefenvarianz verringert wird oder tiefe Sohl- und insbesondere Kolkbereiche manipuliert oder hinsichtlich ihrer Struktur, Tiefe, Strömungs- oder Sedimentverhältnisse verändert werden, als problematisch zu sehen. Dies trifft sowohl für gestaute wie auch für Fließstrecken der Donau zu.

In der internationalen Literatur gibt es Beispiele für künstlich geschaffene Laichhabitate für verschiedene Störarten in tieferen Sohlbereichen (siehe z. B. bei Kerr et al. 2010). Solche Maßnahmen wurden insbesondere in Fällen umgesetzt, wo Wanderachsen potamodromer oder anadromer Störe durch mehr oder weniger neu errichtete Kraftwerksanlagen unterbrochen wurden. Der Erfolg dieser Maßnahmen war teils gering oder unbekannt, es gibt aber auch einige Beispiele, bei denen derartige Strukturen intensiv als Laichhabitate genutzt wurden. Im Fall der Donau ist der Wissensstand noch zu gering um zu beurteilen, wo Laichhabitate des Sterlets liegen, ob sie Mangelhabitate darstellen, und ob dieses Defizit ggf. durch praktikable Maßnahmen behoben werden kann.

6.2 Aufstieg an Kraftwerken – Erfordernisse auf Basis der internationalen Literatur

Vor dem Hintergrund, dass mittlerweile sehr viel Funktionskontrollen vorhanden sind, und auch eine große Zahl von Sterlets mittels PITs oder aktiven Telemetriesendern versehen und untersucht wurden, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die bisher umgesetzten Fischwanderhilfen nicht oder nur in seltenen Ausnahmefällen für den Aufstieg von Sterlets geeignet sind. Das Beispiel aus dem Oberen Donautal zeigt anhand eines Einzelfalls, dass ein Aufstieg über eine Schleuse prinzipiell möglich sein kann. Ein rascher Aufstieg über mehrere Anlagen der Kraftwerkskette – so wie dies für den Abstieg nachgewiesen wurde – ist aber auszuschließen. Auch ist kein definitiver Aufstieg über bestehende OWH, weder im Rahmen von klassischen Erfolgskontrollen mittels Reusen oder Befischungen, noch von mehr als 3000 PIT markierten Fischen über die Registrierung bei PIT-Antennen dokumentiert.

Konstruktionsmerkmale Sterlet-tauglicher Fischwanderhilfen

In einem umfangreichen Review von Kerr et al. (2010) wurden Beispiele für Anlagen zur Wiederherstellung von Störmigrationen über Querbauwerke gesammelt. Grundsätzlich können dazu drei Möglichkeiten unterschieden werden:

- 1) Fang im Unterwasser und Transport ins Oberwasser
(trap & transfer bzw. catch & carry)
- 2) Gerinneförmige Fischwanderhilfen
- 3) Fischlifte / Fischschleusen

Möglichkeit 1 bietet sich an der Donau nicht. Sterlets können regelmäßig nur mit Kiemennetzen gefangen werden, die für die meisten anderen Fischarten mit einer hohen Mortalität verbunden sind. Die ökologisch motivierte Wiederherstellung von Fischwanderungen sollte

generell einen freiwilligen, jederzeit möglichen Aufstieg über Querbauwerke zum Ziel haben. Es verbleiben somit nur die Optionen 2) und 3).

Gerinneförmige Fischwanderhilfen (technische oder naturnahe) wurden in der Regel auch an großen Flüssen auf andere Zielfischarten als Störe ausgelegt. Aber auch bei Fischwanderhilfen, die tatsächlich zielgerichtet und prinzipiell mehr oder weniger für Acipenseriden ausreichend dimensioniert wurden, konnte in den meisten Fällen kein erfolgreicher Aufstieg dokumentiert werden (Warren & Beckman 1993; Chebanov et al. 2008). Im Fall des Sterlets ist eine Umsetzbarkeit durchwanderbarer Fischaufstiegshilfen aufgrund dessen geringer Körpergröße noch eher zu erwarten als für großwüchsige Störarten. Allerdings stellen das Wanderverhalten bzw. die Präferenz hoher Wassertiefen große Herausforderungen dar, um die Auffindbarkeit sowie den Ein- und Durchstieg zu gewährleisten. Tiefer Sohlanschluss, unmittelbare Nähe zum Querbauwerk sowie ausreichende Strömungsgeschwindigkeiten bzw. hohe Wassermengen beim Einstieg dürften diesbezüglich wichtige Konstruktionsmerkmale sein. Es konnte beispielsweise gezeigt werden, dass selbst wenn ausreichend Lockströmung vorhanden war, Störe den Eingang nicht finden konnten, wenn er in (seichten) Bereichen war, die i.d.R. von Stören nicht aufgesucht werden (siehe Cooke et al. 2020). Technische Details sollten immer auch unter Bezugnahme auf die Physiologie der Zielart festgelegt werden, wobei für Störe explizit Körperlänge, Drehradius, Sprintgeschwindigkeit und Ausdauer wichtige Planungskriterien darstellen, zu denen aber noch Forschungsbedarf besteht (Katopodis et al. 2019).

Als die wohl vielversprechendste Alternative um Barrieren zu umgehen, werden abflussstarke, naturnahe Gerinne angesehen, die zum einen als Umgehungsgerinne funktionieren, zum anderen aber auch neue Lebensräume schaffen können. Zhang et al. (2023) beschreiben drei Beispiele, wo jeweils mehrere km lange und zwischen 2–7 m tiefe Umgehungsgerinne geschaffen und auch von Stören angenommen wurden.

Es gibt in der Literatur Beispiele für grundsätzlich funktionsfähige, großzügig angelegte **Fischlifte und Fischschleusen**, die in Störgewässern mit großem Aufwand umgesetzt wurden. Als zentrale Problematik stellte sich aber auch dort dar, ausreichende Wassermengen und Wassertiefen zu gewährleisten, um Störe in den Einstiegsbereich zu locken (Pavlov et al. 1998; Chebanov et al. 2008; Cooke et al. 2020). Im Bereich bestehender Kraftwerksanlagen ist die Umsetzung solcher Lösungen meist schwierig.

Wahrscheinlich werden Anlagen, die für den Sterlet funktionsfähig sind, für eine größere Zahl von anderen Donaufischarten nicht adäquat sein. Dies betrifft eine große Zahl an Kleinfischen oder benthischen Arten, die ufernahe wandern oder aufgrund ihrer Schwimmleistung für Störe auffindbare Einstiegsbereiche nicht erreichen können. Daher wird für eine umfassende Herstellung der Durchgängigkeit an Kraftwerken der Donau inkl. Sterlet möglicherweise die Umsetzung von mehr als einer Fischaufstiegsanlage pro Standort notwendig sein. Grundsätzlich wird aber auch für störtaugliche Fischaufstiege eine Abfolge von stark strömenden und langsam fließenden Bereichen empfohlen, um notwendige Ruhebereiche zu schaffen (Cooke et al. 2020).

Generell findet man in der Literatur wiederholt den Hinweis, dass eine möglichst gute Kenntnis des Verhaltens der Zielarten eine ganz entscheidende Rahmenbedingung dafür darstellt, um für den Aufstieg von Stören funktionsfähige Anlagen konstruieren zu können. Die zwischenzeitlich mittels Telemetrie erarbeiteten Ergebnisse zum Sterlet stellen einen Schritt in diese Richtung dar, es verbleibt aber dazu noch erheblicher Forschungsbedarf.

Aufstieg über Schiffsschleusen

Ein Aufstieg über eine Schleuse wurde in einem Einzelfall anhand eines besenderten Sterlets dokumentiert, der nach einer Passage flussab im Anschluss wieder stromauf über das Kraftwerk in den Stau Aschach rückwanderte (siehe *Abb. 4*; Ratschan et al. 2017). Dem stehen insgesamt 13 mittels Telemetrie dokumentierte Abstiege über Kraftwerke gegenüber (davon 10 am KW Aschach), denen kein Wiederaufstieg folgte. Dies, obwohl sich ein Großteil dieser

abgestiegenen Fische (exkl. jener, die nach der Passage verschwanden und teils vermutlich geschädigt bzw. getötet wurden) monatelang im Unterwasser der Kraftwerke aufhielt und offensichtlich aufstiegswillig war. Diese Datenlage liefert abgesehen von dem Einzelfall also keine Hinweise darauf, dass Sterlets ein gezielter Aufstieg über Schleusen an Donaukraftwerken möglich ist.

Die Situation am Kraftwerk Aschach ist insofern eine spezifische, als die Schleusen dort mit durch schmale Schlitzte mit den Schleusenammern verbundene Füll- und Entleerungskanäle gefüllt und entleert werden, die unterwasserseitig nahe der rechtsufrigen Turbine ausmünden und dort für aufstiegswillige Fische gut auffindbar sein könnten (siehe *Abb. 8*). Möglicherweise bieten diese Kanäle zeitweise bei gewissen Betriebszuständen eine fischpassierbare Verbindung ins Oberwasser. Es wäre denkbar, dass diese Option für an der Strömung orientierte und sohlennahe wandernde Fischarten wie den Sterlet zeitweise auffindbar ist. Der Weg durch die Schleusentore ist hingegen durch eine geringe bis fehlende Lockströmung gekennzeichnet. Die Füll-/Entleerungseinrichtungen bei anderen Donaukraftwerken sind baulich anders konstruiert.

Aus der Literatur ist bekannt, dass Schifffahrts-Schleusen je nach Konstellation und Betriebsweise teils intensiv von Fischen für den Aufstieg genutzt werden, jedoch stark artselektiv wirken. Cooke et al. (2002) fanden beispielsweise, dass an einer Schleuse am Cooper River Maifischarten in großer Zahl aufstiegen, also im Freiwasser migrierende Schwarmfische. Ein Aufstieg von Stören (*Acipenser brevirostrum*) konnte dort aber trotz einer mehrjährigen Untersuchung mittels einer großen Zahl von 72 besenderten Exemplaren, die sich lange Zeit im Unterwasser aufhielten, nicht nachgewiesen werden. Eine umfangreiche Recherche unter Berücksichtigung amerikanischer und russischer Literatur von Lenhardt (2021) fand nur für zwei Schifffahrts-Schleusen Belege des Aufstiegs nur einzelner Störe.

Groux et al. (2015) nennen auf Basis einer Literaturstudie folgende generellen Voraussetzungen, die gegeben sein müssen, um eine gute Effizienz von Schifffahrtsschleusen für den Fischaufstieg erzielen zu können:

- geeignete Position des Einstiegs, nicht zu weit flussab der Barriere;
- ausreichende Lockströmung in Relation zur konkurrierenden Strömung;
- ausreichende Zahl von Zyklen, was häufig ein Problem in Hinblick auf die Anforderungen der Schifffahrt darstellt.

Es ist zum derzeitigen Wissensstand davon abzuleiten, dass Schifffahrtsschleusen an großen Flusskraftwerken Potential aufweisen, einen Beitrag zum Aufstieg von Störartigen zu liefern, dass dazu aber – falls überhaupt umsetzbar – bauliche und betriebliche Anpassungen erforderlich wären, die im Vorfeld erheblicher Forschungs- und Planungsarbeiten bedürfen.

Abschließend ist noch festzuhalten, dass der nordamerikanische Seestör (*Acipenser fulvescens*) die Störart mit den meisten nachgewiesenen Aufstiegen über unterschiedliche – und zum Teil relativ klein dimensionierte – Fischaufstiege ist (Bruch & Haxton 2023). Er kann aber keinesfalls als Modellorganismus für andere Störarten verwendet werden, da er natürlicherweise trotz seiner beachtlichen Größe in relativ kleine Gewässer wandert, um dort abzulaichen (Kerr et al. 2010). Diese Besonderheit teilt er aber nicht mit anderen Störarten und keinesfalls mit den danubischen, weshalb angeführte Dimensionen von Fischaufstiegen für diese Art nicht direkt auf andere Störe angewendet werden können.

6.3 Abstieg und Mortalität bei Kraftwerkspassagen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass Sterlets in einem überraschend hohen Ausmaß flussab gerichtete Wanderungen mit Passagen von Donaukraftwerken durchführen. Die Migrationsdaten zeigen, dass eingeschlagene, gerichtete Wanderungen von Sterlets sowohl stromauf als auch stromab häufig rasch und konsequent über große Distanzen durchgeführt werden. Dieses Verhalten des Sterlets dürfte die festgestellten, flussab gerichteten Passagen mehrerer Kraftwerke erklären.

Aufgrund der fehlenden (oder zumindest massiv eingeschränkten) Möglichkeiten wieder flussauf zu wandern, kommt es daher zu einer effektiven, populationswirksamen Abwan-

rung. Dadurch kann es zu einer genetischen Verarmung von flussauf gelegenen Populationen (Oberes Donautal) kommen. Dieser Effekt ist beispielsweise beim Weißen Stör (*A. transmontanus*) aus dem Columbia River System bekannt, wo eine seit Anfang des 20. Jahrhunderts durch einen Damm abgeschnittene Teilpopulation bereits eine geringere genetische Diversität aufweist (Willis et al. 2022). Des Weiteren konnten massive Rückgänge (65 %) der zur Reproduktion beitragenden Individuen (effective population size) des Seestör in Nordamerika in fragmentierten Flussabschnitten nachgewiesen und eindeutig auf die Fragmentierung rückgeführt werden. Gleichzeitig konnten in einem deutlich kleineren aber unfragmentierten Fluss deutlich höhere effektive Populationsgrößen nachgewiesen werden (McDermid et al. 2014). Demnach ist die vorwiegend flussab gerichtete Wandermöglichkeit für den Sterlet in der österreichischen Donau als massives Problem für den Erhalt der Population anzusehen.

Zum überwiegenden Teil ist dabei von Abstiegen durch die Turbinen auszugehen. Diese Beobachtungen liefern wertvolle qualitative, aber keine robusten quantitativen Informationen zum Ausmaß turbinenbedingter Mortalität von Sterlets an Donaukraftwerken. Dass eine solche für eine so großwüchsige Fischart zu erwarten ist, zeigen nicht nur Modellierungen, sondern auch tatsächliche Beobachtungen von Sterlets mit entsprechenden Verletzungen. Mit der passiven Methode der Netzfischerei können allerdings nur überlebende Fische gefangen und begutachtet werden, nicht hingegen getötete oder schwer verletzte, sodass das Ausmaß prinzipbedingt unterschätzt wird.

Als alternative Ursache für die beobachteten Verletzungen sind Verletzungen durch Schiffsschrauben zu diskutieren. Derartige Verletzungen sind für nordamerikanische Störarten gut dokumentiert. Dabei wird hauptsächlich davon ausgegangen, dass tödliche Kollisionen mit Schiffsschrauben in tiefen Bereichen der Schifffahrtsrinne und mit großen Frachtschiffen passieren. Kollisionen mit kleinen Freizeitbooten wurden ebenfalls dokumentiert, tragen aber anscheinend nicht in gleicher Weise zu den Mortalitäten bei (Brown & Murphy 2010). Der Großteil der Mortalität scheint in engen Bereichen der Schifffahrtsrinne zu passieren (Gutreuter et al. 2003; Balazik et al. 2012), die durchaus Tiefen um 10 m aufweisen. Aufgrund der deutlich größeren Schiffe, mit Tiefgängen von > 7 m, sind diese Ergebnisse jedoch nicht direkt auf Stauräume der österreichischen Donau umsetzbar. In den Fließstrecken, speziell bei Niederwasser, kann dieser Schädigungsfaktor aber nicht ausgeschlossen werden.

Zur Erfassung des Ausmaßes mechanischer Schädigung und Mortalitäten bei der Turbinenpassage von Fischen sind Abschätzungen mittels so genannter »blade strike models« oder empirischer Modelle auf Basis von Zugabeversuchen geeignet. Dabei ist beispielsweise beim nachweislich stromab passierten Kraftwerk Aschach, jenem mit den größten Turbinen an der österreichischen Donau (4 Kaplanturbinen mit jeweils 630 m³/s Ausbaudurchfluss, Laufraddurchmesser 8,6 m, Nenndrehzahl 68,2 U/min), von einer geringeren Rate mechanischer Schädigungen als etwa bei den kleineren Turbinen am Kraftwerk Ottensheim-Wilhering auszugehen (9 Kaplanturbinen mit je 240 m³/s, Laufraddurchmesser 5,6 m, Nenndrehzahl 100 U/min; Angaben: Verbund, 2013).

Für Körperlängen zwischen 500 und 800 mm, wie sie für adulte Sterlet typisch sind, wäre unter Anwendung genereller Daten für unterschiedlich große Kaplanturbinen eine Mortalität durch mechanische Schädigung zwischen 23 % (95 % Konfidenzintervall 18–39 %) und 46 % (25–69 %) pro Turbinenpassage zu erwarten (Radinger et al. 2022). Unter Anwendung von blade-strike Wahrscheinlichkeiten und längenabhängiger Abminderungsfaktoren, wie sie für mittelgroße österreichische Flusskraftwerke erarbeitet wurden (Zitek & Ratschan 2023), wäre bei dieser Fischlänge eine Mortalität zwischen 22 und 39 % zu prognostizieren. Diese Werte für kleinere bis mittelgroße Kaplanturbinen überschätzen die Mortalität an großen Turbinen wie an Donaukraftwerken mit Sicherheit deutlich. Das Aal-spezifische Modell von Gomes & Larinier (2008) in Ebel (2024) ergibt mit den oben angeführten Turbinenparametern bei Total-längen von 500 bis 800 mm eine Mortalität von 10–18 % für die Turbinen in Ottensheim und 8–14 % für jene in Aschach. Diese Ergebnisse passen gut mit den Ergebnissen von Versuchen an Turbinen ähnlicher Größe bei Heisey et al. (2019) zusammen. Diese Grundlagen lassen für

adulte Sterlets – abhängig von Körperlänge, Anlage und Betriebszustand – eine Mortalität durch mechanische Schädigung bei der Passage von Turbinen von ca. 10–15 % erwarten. Die Übertragbarkeit wäre durch anlagenspezifische Modellierungen oder Versuche näher einzugrenzen.

Bei Stören handelt es sich um physostome Fische, deren Schwimmblase mittels *ductus pneumaticus* in Verbindung zum Darm steht. Diese Gruppe ist – zumindest im Fall einkammeriger Schwimmblasen – hinsichtlich Druck-bedingter Schäden beim Turbinendurchgang (Barotrauma) weniger sensibel als die Gruppe der Physoclisten. Aufgrund der hohen Tiefe üblicher Donau-Staue bzw. der großen Aufenthaltstiefe vieler Störarten generell und des Sterlets in der österreichischen Donau im Speziellen (siehe *Abb. 7* und *Abb. 10*) kann bei Akklimatisation aber auch Barotrauma als zusätzlicher Mortalitätsfaktor bei der Turbinenpassage eine gesteigerte Rolle spielen (Brown et al. 2016). Auch diesbezüglich besteht Forschungsbedarf.

7. Schlussfolgerungen

Der Sterlet wird als seltene Begleitart bei der Planung und Bemessung von Fischwanderhilfen an Donaukraftwerken in Hinblick auf die Erfordernisse der Wasserrahmenrichtlinie aktuell nicht berücksichtigt. Dies steht allerdings im Widerspruch zum Schutzstatus dieser im Anhang V der FFH-Richtlinie gelisteten Fischart, sowie den Zielen des durch die Mitgliedsstaaten der Berner Konvention ratifizierten Pan-Europäischen Aktionsplans für Störe (Friedrich et al. 2018).

Bei Kraftwerken mit bereits bestehenden FAHs wird es daher für den mittel- und langfristigen Erhalt des Sterlets erforderlich sein, für den Sterlet taugliche Aufstiegsanlagen nachzurüsten. Im Fall bereits bestehender Fischwanderhilfen wäre dazu zum derzeitigen Wissensstand eine zweite Aufstiegsanlage notwendig. Wie die oben ausgeführten Quellen aus der Literatur zeigen, können auch konventionelle, gerinneförmige Fischwanderhilfen prinzipiell für Störartige funktionieren, wenn sie entsprechend dimensioniert werden. Daher sollte eine möglichst gute Annäherung an die genannten Konstruktionsmerkmale angepeilt werden, begleitet mit Funktionskontrollen die den Sterlet gezielt berücksichtigen. Aktuell laufen Planungen für flussaufwärtige Passierbarkeit der Kraftwerke am Eisernerem Tor I & II im Rahmen der Projekte WePass und WePass2 der Donauschutzkommission (ICPDR) sowie am Kraftwerk Gabčíkovo in der Slowakei im Rahmen des Projektes LIFE-Living Rivers. Dabei sind OWH vorgesehen, welche auf Störartige mit vier Meter Länge dimensioniert werden sollen.

Aufgrund des bekannten Verbreitungsbilds des Sterlets in Österreich sind die Standorte Kraftwerk Aschach und Kraftwerk Freudenua als besonders prioritär anzusprechen. Dort sind Sterlet-taugliche Anlagen zur Vernetzung der bekannten Populationen erforderlich und im Fall des KW Aschach von besonders hoher Bedeutung, um Rückwanderungen der intensiv nach stromab ausstrahlenden Sterletpopulation zu ermöglichen. Darüber hinaus weist der Standort Kraftwerk Jochenstein in der bayerisch-österreichischen Grenzstrecke eine besonders hohe Bedeutung auf, weil dort die reproduzierende Population des Staus Aschach von den stromauf gelegenen Flusshabitaten der Donau und des Unteren Inns abgeschnitten wird.

Als entscheidende Konstruktionsmerkmale für Sterlet-taugliche Fischwanderhilfen sind in Hinblick auf die vorliegenden Telemetry-Ergebnisse aus der österreichischen Donau sowie auf Basis der internationalen Literatur ein möglichst tiefer Einstieg nahe am Querbauwerk, eine gute Anbindung an die Hauptströmung und Gewässersohle, sowie im Fall gerinneförmiger Aufstiegsbauwerke eine hohe Dotationswassermenge für die Auffindbarkeit und Durchwanderbarkeit von zentraler Bedeutung.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass flussab gerichtete Wanderungen in einem erheblichen Ausmaß stattfinden, wobei nachweislich multiple Passagen mehrerer Kraftwerksanlagen erfolgen. Auch im Fall einer geringen Mortalität bei einer einzelnen Turbinenpassage ergibt sich dadurch kumulativ ein erhebliches Bedrohungspotential für die kleine Population (siehe Teil 1) dieser großwüchsigen und langlebigen Fischart. Es besteht dringender und erheblicher Forschungsbedarf, wie dieser Bedrohungsfaktor durch geeignete Maßnahmen zum Schutz und Abstieg über Kraftwerksanlagen abgemindert oder beseitigt werden kann.

Der dritte Teil der Reihe zum Sterlet wird in der nächsten Ausgabe von Österreichs Fischerei erscheinen und Wachstum, Geschlechtsreife und Managementmaßnahmen für den Sterlet thematisieren.

DANKSAGUNG

Der vorliegende Artikel entstand im Rahmen der Projekte LIFE-Sterlet (LIFE14/NAT/AT/000057), LIFE-Boat4Sturgeon (LIFE21/NAT/AT/101074146) aus dem LIFE-Programm der Europäischen Union sowie den Forschungsprojekten im Oberen Donautal (2013 bis inkl. 2024). Die Autoren bedanken sich herzlich bei allen Auftraggebern und Finanziers aus Administration, Fischerei und Naturschutz, wobei das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, die viadonau, die Stadt Wien und die Abt. Naturschutz (Amt der OÖ. Landesregierung) besonders hervorzuheben sind. Weiters bedanken wir uns bei allen KollegInnen für die Hilfe im Freiland sowie den Fischereiberechtigten für die gute Kooperation.

LITERATUR

- Balazik M. T., Reine K. J., Spells A. J., Fredrickson C. A., Fine M. L., Garman G. C. & McIninch S. P. (2012): The Potential for Vessel Interactions with Adult Atlantic Sturgeon in the James River, Virginia. *N. Am. J. Fish. Manag.* 32: 1062–1069.
- Brown J. J. & Murphy G. W. (2010): Atlantic Sturgeon Vessel-Strike Mortalities in the Delaware Estuary. *Fisheries*, 35(2): 72–83.
- Brown R. S., Walker R. W. & Stephenson J. R. (2016): A Preliminary Assessment of Barotrauma Injuries and Acclimation Studies for Three Fish Species. Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington.
- Bruch R. M. & Haxton T. J. (2023): Cost and relative effectiveness of Lake Sturgeon passage systems in the US and Canada. *Fish. Res.* 257: 106510.
- Cooke D. W., Leach S. D. & Isely J. J. (2002): Behavior and lack of upstream passage of shortnose sturgeon at a hydroelectric facility and navigation lock complex. *American Fisheries Society Symposium* 28: 101–110.
- Cooke S. J., Cech J. J., Glassman D. M., Simard J., Louttit S., Lennox R. J., Cruz-Font L. & O'Connor C. M. (2020): Water resource development and sturgeon (Acipenseridae): state of the science and research gaps related to fish passage, entrainment, impingement and behavioural guidance. *Rev Fish Biol Fisheries* 30 (7755).
- Chebanov M., Galich E. V. & Ananyev D. V. (2008): Strategy for conservation of sturgeon under the conditions of the Kuban River flow regulation. p. 70–82 In: Rosenthal, H., Bronzi, P., Sepzia, M. & Poggioli, C. (Eds.): *Passages for fish: overcoming barriers for large migratory species*. Proceedings of a Workshop at Piacenza, Italy, 10.6.2006.
- Ebel G. (2024): *Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen, Handbuch Rechen und Bypasssysteme*; 4. Aufl. Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel; Halle /Saale. 671 S.
- Eberstaller J. & Pinka P. (2001): Überprüfung der Funktionsfähigkeit der FAH am KW Freudenu. Zusammenfassender Bericht. *Verbund Schriftenreihe Band 72*. 85 S.
- Eberstaller J., Frangez Ch., Köck J. & Droop B. (2018): OWH Nussdorf. Abiotisches und Biotisches Monitoring 2017/2018. I. A. Verbund und viadonau. 78 S.
- Frangez C., Eschelmüller M., Fürnweger G., Reimoser J. & Wurzer M. (2009): Endbericht zum EU-Life-Projekt »Vernetzung Donau-Ybbs«. *Fischökologisches Monitoring*. Univ. f. Bodenkultur Wien, Inst. f. Hydrobiologie und Gewässermanagement. 379 S.
- Friedrich, T., Schmall, B., Ratschan, C. und G. Zauner (2014): Die Störarten der Donau – Teil 3: Sterlet, »Stierle« (*Acipenser ruthenus*) und aktuelle Schutzprojekte im Donauroum. *Österr. Fisch.* 67: 167–183.
- Friedrich, T., Gessner, J., Reinartz, R. und B. Striebel-Greiter (2018): Pan-European Action Plan for Sturgeons. In *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitat*; WSCS and WWF: Strasbourg, France, 2018; p. 85.
- Friedrich, T., Kaufmann, T., Neuburg, J., Eichhorn, H., Popp, S., Gruber, C., Florian, L. (2022a): Final Report LIFE-Sterlet LIFE14 NAT/AT/000057, European Union, Strasbourg, France; 38 S.
- Friedrich, T., Lieckfeldt, D. und A. Ludwig (2022b): Genetic Assessment of Remnant Sub-Populations of Sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) in the Upper Danube. *Diversity*, 14: 893.
- Friedrich, T., Neuburg, J., Lieckfeldt, D., Ludwig, A., Ludwig, Ratschan, C. und G. Zauner (2024): Aktueller Wissensstand zum Sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) in Österreich. Teil 1: Populationsgröße. *Österr. Fisch.* 77: 82–95.
- Groux F., Therrien J., Chanseau M., Courret D. & Tétard S. (2015): Knowledge Update on Shad Upstream Migration Fishway Design and Efficiency – Project LIFE09 NAT/DE/000008 – Conservation and restoration of the Allis shad in the Gironde and Rhine watersheds – Action A1. Report from WSP to ONEMA. 81 p.

- Gutreuter, S., J. M. Dettmers, and D. H. Wahl. 2003. Estimating mortality rates of adult fish from entrainment through propellers of river towboats. T. AM. FISH. SOC. 132: 646–661.
- Heisey P., Mathur D., Phipps J. L., Avalos J. C., Hoffman C. E., Adams S. W. & De-Oliveira E. (2015): Passage survival of European and American eels at Francis and propeller turbines. J Fish Biol. 95: 1172–1183.
- Jones, O. & J. Wang (2010): COLONY: A program for parentage and sibship inference from multilocus genotype data. Mol. Ecol. Resour. 10: 551–555.
- Katopodis C., Cai L. & Johnson D. (2019): Sturgeon survival: The role of swimming performance and fish passage research. Fish. Res. 212: 162-171.
- Kerr S. J., Davison M. J. & Funnell E. (2010): A Review of Lake Sturgeon Habitat Requirements and Strategies to Protect and Enhance Sturgeon Habitat. Fisheries Policy Section, Biodiversity Branch. Ontario Ministry of Natural Resources. Peterborough, Ontario. 58 S.
- Lenhardt M. (2021): Literature overview of sturgeon migration behaviour and analyses of current legislative framework in relevant ICPDR countries including multilateral environmental agreements within the scope of WePass. 95 S.
- Margaritova B., Kenderov L., Dashinov D., Uzunova E. & Mihov S. (2021): Dietary composition of young sturgeons (Acipenseridae) from the Bulgarian section of the Danube River. J. Nat. Hist. 55(35–36): 2279–2297.
- McDermid J. L., Nienhuis S., Al-Shamli M., Haxton T. J. & Wilson C. C. (2014): Evaluating the genetic consequences of river fragmentation in lake sturgeon (*Acipenser fulvescens* Rafinesque, 1817) populations. J Appl Ichthyol. 30: 1514–1523.
- Mihov S. D., Margaritova B. K. & Koev V. N. (2022): Downstream migration of young-of-the-year sturgeons (Acipenseridae) in the Lower Danube River, Bulgaria. Biodiversity 23(2): 72–80.
- Paraschiv M. & Suci R. (2005): First Results of Marking and Recapturing Young of the Year Beluga Sturgeons (*Huso huso*) in the Lower Danube River. Scientific Annals of the Danube Delta Institute for Research and Development, Tulcea-Romania: 75–81.
- Pavlov D. S. (1989): Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. Fisheries Technical Paper 308. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 97 S.
- Radinger J., Treek R. v. & Wolter Ch. (2022): Evident but context-dependent mortality of fish passing hydroelectric turbines. Conservation Biology 2022: 1–12.
- Ratschan C. & Zauner G. (2017): Habitat use and migrations of Sterlet within and across impoundments in the Upper Danube Valley. 8th International Symposium on Sturgeon, 11.–17. Sept. 2017.
- Ratschan C., Zauner G. & Jung M. (2017): Der Sterlet im Oberen Donautal – Identifikation der Laichhabitate mittels Telemetrie. ETZ Projekt AB61, Endbericht. 67 S.
- Strelnikova A. P. (2012): Feeding of juvenile Sterlet (*Acipenser ruthenus*, Acipenseridae) in the Danube River Midstream. J. Ichthyol. 51(1): 85–90.
- Verbund (2013): Strom aus dem Strom. Die Wasserkraftwerke an der Donau. 19 S.
- Wang, J. (2016): Individual identification from genetic marker data: Developments and accuracy comparisons of methods. Mol. Ecol. Resour., 16: 163–175.
- Warren J. J. & Beckman L. G. (1993): Fishway use by white sturgeon on the Columbia River. Columbia River Series Report WSG-AS93-02. Washington Sea Grant Program. Marine Advisory Service. Seattle, Washington.
- Willis S. C., Parker B., Schreier A. D., Beamesderfer R., Miller D., Young S. & Narum S. R. (2022): Population Structure of White Sturgeon (*Acipenser transmontanus*) in the Columbia River Inferred from Single-Nucleotide Polymorphisms. Diversity 14: 1045.
- Zauner G., Jung M., Ratschan C. & Mühlbauer M. (2016): Ökologische Sanierung von Fließstrecken und Stauhaltungen der österreichischen Donau – auf dem Weg zur Zielerreichung nach Wasserrahmenrichtlinie. Österr. Wasserwirtschaft 68 (7/8). 18 pp.
- Zhang L., Wang H., Gessner J., Congiu L., Haxton T. J., Jeppesen E., Svenning J. C. & Xie P. (2023): To save sturgeons, we need river channels around hydropower dams. PNAS 120(13): 1–4.
- Zitek A. & Ratschan C. (2023): »Flussabwärts gerichtete Fischwanderung an mittelgroßen Fließgewässern in Österreich – Populationsbiologische Grundlagen und Implikationen für den Fischschutz und Fischabstieg: Arbeitspaket 7: Umlegung der Ergebnisse auf Populationsniveau.

Weitere zitierte Quellen sind im Literaturverzeichnis von Teil 1 zu finden.
(Österreichs Fischerei, 77. JG, Heft 2 2024)«

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 2024

Band/Volume: [77](#)

Autor(en)/Author(s): Ratschan Clemens, Zauner Gerald, Neuburg Jakob, Eichhorn Heidrun, Friedrich Thomas

Artikel/Article: [Wissenschaft. Aktueller Wissensstand zum Sterlet \(*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758\) in Österreich. Teil 2: Gefährdungsursachen – Verlust und Fragmentierung des Lebensraums 117-136](#)