

Untersuchungen zur Abwanderung und Schädigung von Fischen an der Wasserkraftschnecke Rhede-Krechting, Bocholter Aa (Kreis Borken)

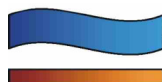


Untersuchungszeitraum Sommer und Herbst 2010.

**Abschlussbericht im Auftrag des
Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V.**



Planungsgemeinschaft terra aqua, Bochum, 2011



Das im vorliegenden Bericht dargestellte Projekt wurde aus Mitteln der Fischereiabgabe Nordrhein-Westfalen gefördert.

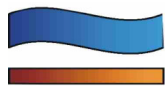
Auftraggeber



Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.
Sprakeler Str. 209
48159 Münster
info@lfv-westfalen.de

Betreuer: Dr. Olaf Niepagenkemper

Bearbeitung



Planungsgemeinschaft terra aqua
44797 Bochum, Dezember 2011
info@terra-aqua-planung.de

Dipl.-Biol. Christian Edler
Dipl.-Biol. Olaf Diestelhorst
Dipl.-Biol. Myrna Kock

Zitiervorschlag:

Edler, C., O. Diestelhorst & M. Kock (2011): Untersuchungen zur Abwanderung und Schädigung von Fischen an der Wasserkraftschnecke Rhede-Krechting (Bocholter Aa, Kreis Borken) im Sommer und Herbst 2010. Abschlussbericht im Auftrag des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V., Münster. – Planungsgemeinschaft terra aqua, Bochum.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | Einleitung | 5 |
| 1.1 | Hintergrund | 5 |
| 1.2 | Aufgabenstellung | 5 |
| 2 | Untersuchungsgebiet | 6 |
| 2.1 | Der Wasserkraftstandort Rhede-Krechting, Bocholter Aa | 7 |
| 2.2 | Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke | 8 |
| 2.3 | Abwanderungskorridor Fischaufstiegsanlage | 9 |
| 3 | Material und Methoden | 10 |
| 3.1 | Fangtechnik Wasserkraftschnecke | 10 |
| 3.2 | Fangtechnik Fischaufstiegsanlage | 11 |
| 3.3 | Erfassung Fische, Versehrtheitsklassen, Schadensbilder | 12 |
| 3.4 | Erfassung Begleitdaten | 13 |
| 3.5 | Untersuchungszeiträume | 13 |
| 4 | Ergebnisse | 14 |
| 4.1 | Gesamtüberblick Fischnachweise | 14 |
| 4.2 | Fischnachweise Wasserkraftschnecke | 17 |
| 4.3 | Fischnachweise Fischaufstiegsanlage | 18 |
| 4.4 | Versehrtheitsklassen und Schadensbilder FAA | 20 |
| 4.5 | Versehrtheitsklassen und Schadensbilder Wasserkraftschnecke | 21 |
| 4.5.1 | Versehrtheitsklassen, Überblick | 21 |
| 4.5.2 | Versehrtheitsklassen im zeitlichen Verlauf | 22 |
| 4.5.3 | Schadensbilder, Überblick | 25 |
| 4.5.4 | Schadensbilder, einzelne Arten | 27 |
| 4.5.4.1 | Rotauge | 27 |
| 4.5.4.2 | Gründling | 28 |
| 4.5.4.3 | Brasse | 28 |
| 4.5.4.4 | Kaulbarsch | 29 |
| 4.5.4.5 | Zander | 29 |
| 4.5.4.6 | Flussbarsch | 30 |
| 4.5.4.7 | Dreistachliger Stichling | 30 |
| 4.5.4.8 | Hasel | 31 |
| 4.5.4.9 | Döbel | 31 |
| 4.5.4.10 | Bachschmerle | 32 |
| 4.5.4.11 | Giebel | 32 |
| 4.5.4.12 | Fischarten ohne sichtbare Schäden: Aal, Wels, Koppe | 33 |
| 4.5.4.13 | seltene Nachweise: Karausche, Karpfen, Moderlieschen, Zwergstichling | 33 |
| 5 | Diskussion | 35 |
| 5.1 | Methodik | 35 |
| 5.2 | Absteigermengen, Arten, Fischlängen | 36 |
| 5.3 | Schädigungsraten und Schadensbilder | 39 |
| 5.3.1 | Schädigungs- und Mortalitätsraten, Überblick und Vergleich | 39 |
| 5.3.2 | Schädigungs- und Mortalitätsraten, nach Längenklassen | 42 |
| 5.3.3 | Schädigungs- und Mortalitätsraten, nach Arten bzw. Artengruppen | 42 |
| 5.3.4 | Versehrtheitsklassen und Schadensbilder: Ursachen und Wirkungen | 44 |
| 5.4 | Fazit und Anregungen | 49 |
| 6 | Zusammenfassung | 53 |
| 7 | Literatur | 54 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Karte der Bocholter Aa zwischen Borken und Bocholt (Quelle: Land NRW 2011)..... | 6 |
| Abb. 2: Jahresganglinie 2010 am Pegel Rhedebrügge / Bocholter Aa (LANUV 2011). | 7 |
| Abb. 3: Aufsicht auf den Wasserkraftstandort Rhede-Krechting (verändert nach FLICK 2005)..... | 7 |
| Abb. 4: Die Zuleitung zur Wasserkraftschnecke liegt zwischen dem Wehr und der FAA (FLICK 2005). | 8 |
| Abb. 5: Im Einlaufbereich der Schnecke war ein Grobrechen mit Schwemmbalken installiert (Foto MG). | 9 |
| Abb. 6: Der Einlaufbereich der FAA war im Sommer dicht mit Wasserpflanzen bewachsen (Foto MG)..... | 9 |
| Abb. 7: Im Ausleitungsprofil der Schnecke wurde ein Hamen (am Halterahmen) exponiert (Foto MG)..... | 10 |
| Abb. 8: In der Fischaufstiegsanlage wurden absteigende Fische mit einer Garnreuse gefangen (Foto MG). | 11 |
| Abb. 9: Beispiele für die verschiedenen Schadensbilder der in Krechting untersuchten Fische. | 12 |
| Abb. 10: Die Menge der abgestiegenen Fische pro Woche in Bezug zu Temperatur und Abfluss. | 15 |
| Abb. 11: Vor jeder Untersuchungswoche wurden die Wasserpflanzen aus dem FAA-Einlauf entfernt (MG). | 16 |
| Abb. 12: Der fangbereite Hamen (grün) mit Netzschlauch (weiß) und Steertreue (gelbe Boje) (Foto MG). | 16 |
| Abb. 13: Bei starkem Laubtrieb waren Netzschlauch und Steertreue schnell mit Laub gefüllt (Foto MG)..... | 16 |
| Abb. 14: Anteile der verschiedenen Arten im Wanderkorridor Wasserkraftschnecke..... | 17 |
| Abb. 15: Längen-Häufigkeits-Verteilung der Rotaugen aus dem Fang Wasserkraftschnecke (n=2789)..... | 18 |
| Abb. 16: Anteile der verschiedenen Arten im Wanderkorridor Fischaufstiegsanlage. | 19 |
| Abb. 17: Anteile der Versehrtheitsklassen bei Arten mit mind. 10 Individuen (n=3784 von 3797). | 22 |
| Abb. 18: Anteile der Fische an Versehrtheitsklassen pro Kalenderwoche (Schneckenpassage)..... | 22 |
| Abb. 19: Schuppenverluste bei einem Gründling aus dem Fang an der Wasserkraftschnecke (Foto MG)..... | 24 |
| Abb. 20: Rotauge (Fang Wasserkraftschnecke) mit dem Schadensbild Flossenschäden (Foto OD). | 24 |
| Abb. 21: Toter Kaulbarsch mit dem Schadensbild Teildurchtrennung (Foto MG). | 24 |
| Abb. 22: Häufigkeit Schadensbilder der Fische aus der Wasserkraftschnecke, re.: Versehrtheitsklassen. | 26 |
| Abb. 23: Häufigkeit Schadensbilder beim Rotauge (n=80), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1). | 27 |
| Abb. 24: Häufigkeit Schadensbilder beim Gründling (n=22), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1). | 28 |
| Abb. 25: Häufigkeit Schadensbilder bei der Brasse (n=24), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1). | 28 |
| Abb. 26: Häufigkeit Schadensbilder beim Kaulbarsch (n=3), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1)..... | 29 |
| Abb. 27: Häufigkeit Schadensbilder beim Zander (n=1), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1)..... | 29 |
| Abb. 28: Häufigkeit Schadensbilder beim Flussbarsch (n=3), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1)..... | 30 |
| Abb. 29: Häufigkeit Schadensbilder beim Dreist. Stichling (n=1), rechts Versehrtheitsklassen (Erl.: Tab. 1). | 30 |
| Abb. 30: Häufigkeit Schadensbilder beim Hasel (n=5), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1). | 31 |
| Abb. 31: Häufigkeit Schadensbilder beim Döbel (n=4), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1). | 31 |
| Abb. 32: Häufigkeit Schadensbilder bei der Bachschmerle (n=1), rechts Versehrtheitsklassen (Erl.: Tab.1). | 32 |
| Abb. 33: Häufigkeit Schadensbilder beim Giebel (n=1), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1). | 32 |
| Abb. 34: Alle Aale aus der Schneckenpassage waren lebendig und ohne sichtbare Schäden (Foto MM). | 33 |
| Abb. 35: Hinter der Schnecke wurden 10 Welse (bis 18 cm) gefangen, alle waren unversehrt (Foto RH). | 34 |
| Abb. 36: 15 Koppen wurden im Hamen gefangen: 14 unversehrte, 1 tote (ohne sichtbare Schäden) (Foto CE)..... | 34 |
| Abb. 37: Die letzte Leerung der Hamen-Steertreue erfolgte am 4.11.10 (Foto MM). | 34 |
| Abb. 38: Einlaufbereich Wasserkraftschnecke, Vorderkante der Schneckenwindung (Foto links: MM). | 45 |
| Abb. 39: Ausleitung Wasserkraftschnecke, die Schallschutzmatte ist eine mögliche Schädigungsquelle. | 45 |
| Abb. 40: Hochwassersituation in Krechting, der Fischabstieg ist nicht mehr erfassbar (Foto MG). | 45 |
| Abb. 41: Wasserkraftschnecke Gugelmühle / Wörnitz bei angestiegenem Unterwasserspiegel (Foto BT)..... | 48 |
| Abb. 42: Der Dummy "Sensor Fish" (CARLSON et al. 2004). | 50 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Überblick über die Versehrtheitsklassen und Schadensbilder der Untersuchung in Krechting | 12 |
| Tab. 2: Übersicht über die Verteilung der Untersuchungstage pro Kalenderwoche (KW) in 2010..... | 13 |
| Tab. 3: Übersicht über die Artennachweise, Fangmengen und % Verteilung pro Abwanderungskorridor..... | 14 |
| Tab. 4: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der Fische aus dem Wanderkorridor Wasserkraftschnecke | 17 |
| Tab. 5: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der Fische aus dem Wanderkorridor FAA. | 19 |
| Tab. 6: Versehrtheitsklassen der Fische aus dem Fang in der FAA nach Arten, Mengen und Anteilen. | 20 |
| Tab. 7: Versehrtheitsklassen der Fische aus der Wasserkraftschnecke nach Arten, Mengen und Anteilen. | 21 |
| Tab. 8: Versehrtheitsklassen der Fische (Schneckenpassage) nach Körperlängen in Kalenderwochen | 23 |
| Tab. 9: Schadensbilder aller Fischarten nach deren Passage der Wasserkraftschnecke (n=149). | 25 |
| Tab. 10: Mengen und Anteile am Gesamtfang der sichtbar geschädigten Fische (Schneckenpassage)..... | 25 |
| Tab. 11: Nachweise einzelner Arten in Krechting im Abstieg (2010) bzw. Aufstieg (2007/08, EDLER 2011)..... | 37 |
| Tab. 12: Verteilung Absteiger auf beide Korridore im Verhältnis zu den rechnerischen Abflüssen. | 38 |
| Tab. 13: Schädigungsraten an verschiedenen Wasserkraftanlagen im Vergleich. | 40 |

Fotonachweise: Dr. Gergis Bassili (GB), Olaf Diestelhorst (OD), Christian Edler (CE), Manfred Görtz (MG), Reinhard Heynen (RH), Dr. Michael Möhlenkamp (MM), Wolfgang Schmalz (WS), Bernd Tombek (BT)

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Gefährdung von stromabwärts wandernden Fischen an Wasserkraftanlagen wird seit langer Zeit diskutiert und führt häufig zu Konflikten zwischen Wasserkraftnutzern und Gewässerökologen bzw. Fischereiberechtigten. Als besonders fischschädigend gelten Kaplan- und insbesondere Francis- und Pelton-Turbinen (DWA 2005). Die Wasserkraftschnecke gilt als fischschonende Wasserkraftanlage, welche die stromabwärtsgerichtete Passage der Fische ohne Schädigung ermöglichen soll. Ein Hersteller von Wasserkraftschnecken wirbt mit Auszügen aus einem von ihm beauftragten Gutachten. Darin wird aufgeführt, dass „*die Wasserkraftschnecke eine hohe Fischverträglichkeit aufweist und für den Fischabstieg gut geeignet ist*“ (RITZ-ATRO 2005). In der jüngeren Vergangenheit wurden einzelne Feldversuche zur Fischabwanderung an Wasserkraftschnecken in Gewässern im Mittelgebirge durchgeführt (SCHMALZ 2010, TOMBEK & HOLZNER 2008). Detaillierte Untersuchungen zur Abwanderung von Fischen an einem Wasserkraftschnecken-Standort im Tiefland und die mögliche Schädigung der potamalen Fischfauna durch die Wasserkraftschnecke gab es bisher nicht. Vor dem Hintergrund der Aalverordnung der Europäischen Union (EU 2007) haben die Untersuchungen in Krechting höchste Aktualität. Zudem lassen sich aus den Ergebnissen der Untersuchungen womöglich Handlungsempfehlungen ableiten, um den Interessenkonflikt Wasserkraftnutzung – Fischschutz zu entschärfen.

1.2 Aufgabenstellung

In einem Feldversuch am Standort Rhede-Krechting sollten daher die folgenden Fragestellungen beantwortet werden.

- a) Nutzen abwandernde Fische (Aale, Cypriniden, andere) die Wasserkraftschnecke zur stromabwärtsgerichteten Migration?
- b) Werden die Fische bei der Passage durch die Wasserkraftschnecke geschädigt? Wenn ja, in welchem Maße?
- c) Präferieren die Fische womöglich alternative Abwanderungsmöglichkeiten (Fischaufstiegsanlage, Wehr) ?

2 Untersuchungsgebiet

Die Bocholter Aa entspringt bei Heiden (südlich von Velen, hier als Vennbach bezeichnet) im Kreis Borken (NRW) und mündet nach 51 km bei Gendringen (NL) in die Oude Issel. In Ihrem Oberlauf ist die Aa dem Fließgewässertyp 19 (Kleine Niederungsfließgewässer, POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2004) zugeordnet. Stromab von Borken ist die Aa als sandgeprägter Tieflandfluss (Typ 15) anzusprechen.

Fischzönotisch ist die Bocholter Aa am Standort Rhede-Krechting dem Epipotamal bzw. Fischgewässertyp 25 „Unterer Barbentyp Tiefland“ (MUNLV 2007) zuzuordnen. Die Ichthyozönose in Krechting wurde im Rahmen einer Funktionskontrolle der Fischaufstiegsanlage 2007-2008 detailliert untersucht (EDLER 2011). Demnach wird der Fischbestand dominiert durch die Arten Rotauge, Flussbarsch, Gründling, Döbel und Hasel.

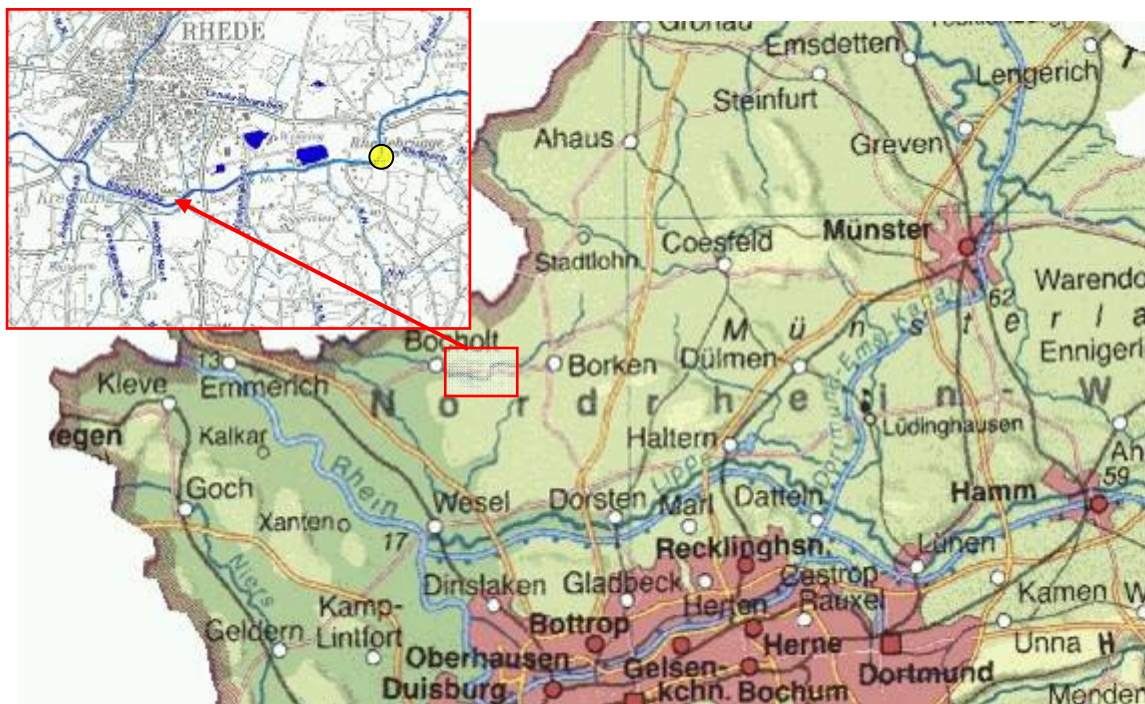


Abb. 1: Karte der Bocholter Aa zwischen Borken und Bocholt (Quelle: Land NRW 2011). Die Spitze des roten Pfeils zeigt die Lage des Wasserkraftstandortes in Rhede-Krechting, der gelbe Punkt den Pegel Rhedebrücke.

Gemäß Handbuch Querbauwerke (DUMONT et al. 2005) ist die Bocholter Aa von der Staatsgrenze zu den Niederlanden bis Brüninghoff (Oberlauf) als katadromes Vorranggewässer für die Zielfischart Aal ausgewiesen. Für solche Gewässerabschnitte werden verstärkte Maßnahmen zum Fischschutz an Wasserkraftanlagen gefordert (DUMONT et al. 2005).

Die Abflussdaten des Standortes Krechting können von dem wenige Kilometer stromauf gelegenen Pegel Rhedebrücke (Abb. 1) übertragen werden. Der mittlere Abfluss MQ beträgt im langjährigen Mittel $2,71 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Abflussmenge bei Q_{30} beträgt $0,607 \text{ m}^3/\text{s}$, bei Q_{330} $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (FRIESE, mdl.). In 2010 lagen die Abflüsse im Zeitraum Mitte April – Anfang August meist bei mittlerem Niedrigwasser (MNW). Mittlere Abflüsse (MW) wurden Mitte August und Mitte September 2010 verzeichnet, Abflussspitzen ($> \text{MW}$) gab es Ende August, Anfang November und Mitte Dezember 2010 (Abb. 2).

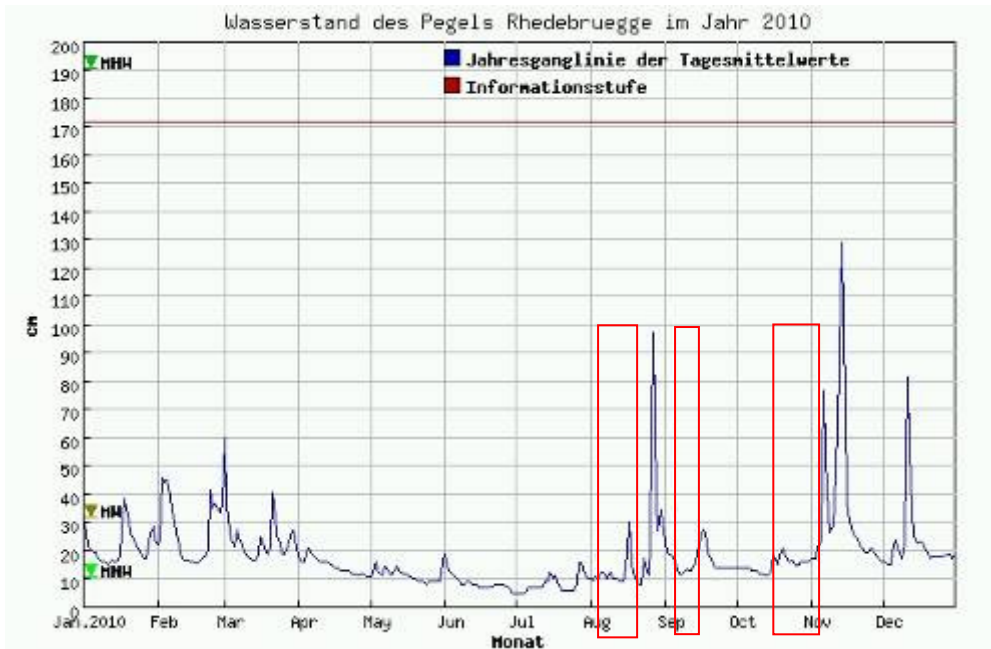


Abb. 2: Jahresganglinie 2010 am Pegel Rhedebrügge / Bocholter Aa (LANUV 2011). Die Zeiträume der aktuellen Untersuchungen in Krechting sind durch rote Umrandungen gekennzeichnet.

2.1 Der Wasserkraftstandort Rhode-Krechting, Bocholter Aa

In der Ortslage Rhode-Krechting wird die Durchgängigkeit der Bocholter Aa durch ein Wehr (mittlere Absturzhöhe 2,8 m) unterbrochen. Am Standort wurde erstmals 1909 mittels

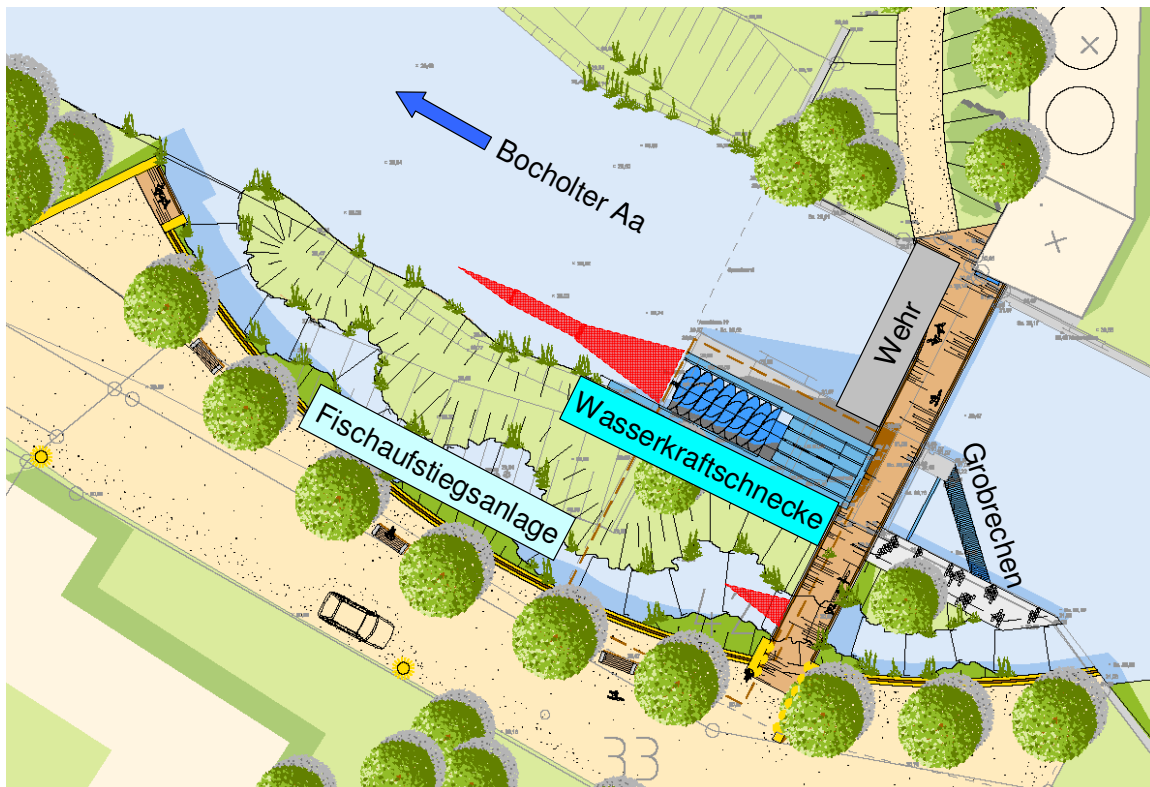


Abb. 3: Aufsicht auf den Wasserkraftstandort Rhode-Krechting (verändert nach FLICK 2005). Die roten Flächen zeigen die Fangeinrichtungen an der FAA (Fischaufstiegsanlage, Reuse unter der Brücke) und an der Wasserkraftschnecke (Hamen).

Wasserkraft Strom produziert. 1968 wurden die ehemaligen Mühlengebäude abgerissen. Im Zuge der Aa-Regulierung wurde um 1970 der Neubau der Stauanlage durchgeführt (FLICK 2006). Im Jahr 2006 wurde durch die Stadtwerke Rhede eine Wasserkraftanlage (Wasserkraftschnecke) in Betrieb genommen. **Außer der Wasserkraftschnecke in Rhede-Krechting existieren aktuell keine weiteren Wasserkraftanlagen an der Bocholter Aa.**

Gemäß der Auflage zur wasserrechtlichen Genehmigung dieser Wasserkraftanlage wurde neben der Wehranlage eine Fischaufstiegsanlage (FAA) gebaut.

2.2 Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke

In Strömungsrichtung links neben dem Wehr liegt das Steuerhaus mit der sich anschließenden Wasserkraftschnecke (Abb. 3, 4). Vor dem Einlaufkanal (Breite 3,6 m) war ein Grobrechen installiert (Horizontalrechen in 6 m Breite, Gitterabstand 100 mm, s. Abb. 5), um Getreibsel von der Passage durch die Schnecke abzuhalten. Ein Fischschutzrechen (Gitterabstand 20 bzw. 15 mm) existiert nicht. Mit einer Schnellschlussklappe lässt sich im Einlaufkanal der Zustrom zur Wasserkraftschnecke abriegeln.

Die Wasserkraftschnecke (Ritz Atrio Typ W1126/3, 3gängige Windung, Schneckendurchmesser 2,6 m, Schluckvermögen 2,5 m³/s, Leistung max. 55 kW) wird mit einem Frequenzumrichter betrieben. In Abhängigkeit vom Zielwasserstand vor der Schnecke regelt die Steuereinheit die Drehzahl der Schnecke.

Bei minimalen Abflüssen der Aa wird bevorzugt die FAA beschickt, überschüssige Wassermengen werden in die Wasserkraftschnecke geleitet. Bei Überschreitung der Zielwasserspiegellage im Oberwasser (Stauziel 29,5 m üNN) wird Wasser über das automatisch gesteuerte Wehr abgeschlagen.

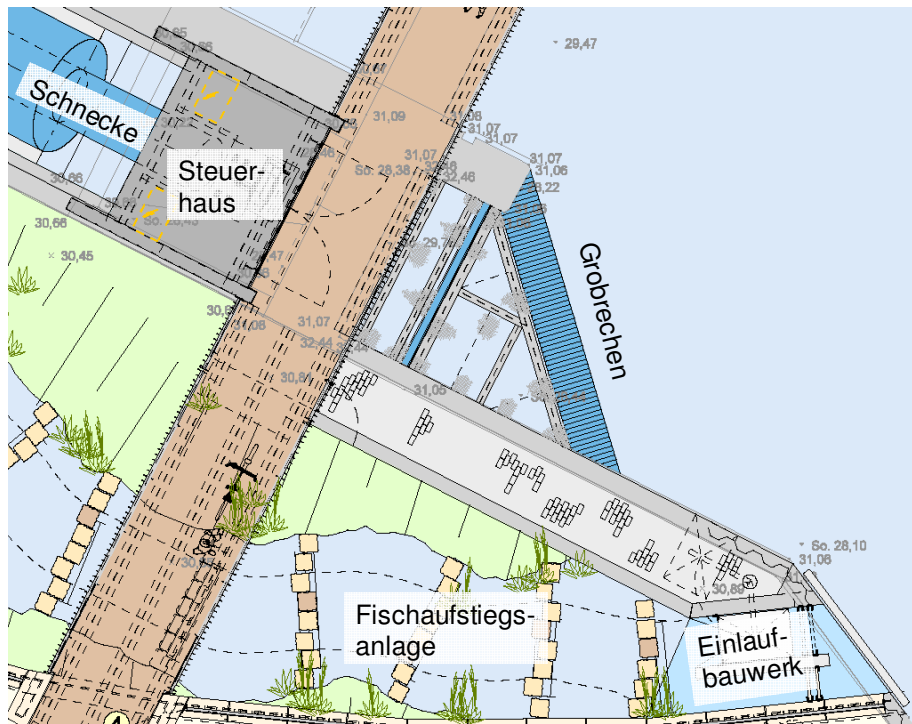


Abb. 4: Die Zuleitung zur Wasserkraftschnecke liegt zwischen dem Wehr und der FAA (FLICK 2005).



Abb. 5: Im Einlaufbereich der Schnecke war ein Grobrechen mit Schwemmbalken installiert (Foto MG).

2.3 Abwanderungskorridor Fischaufstiegsanlage

Die Fischaufstiegsanlage (FAA) ist in naturnaher Bauweise als Raugerinne-Beckenpass gestaltet. Auf einer Länge von 60 m baut sie an 25 Riegeln einen gesamten Höhenunterschied von $\Delta H = 2,8$ m (Situation MQ) ab. Die FAA beginnt am linken Ufer etwa 10 m stromauf des Wehres mit einem Einlaufbauwerk (Abb. 4, 6). Hier lässt sich das Gerinne zum Oberwasser absperrn (Einsetzen von Dammbalken in die Führungsschienen / U-Profile).

Vom Einlaufbauwerk aus führt die FAA etwa parallel zum Hauptgewässer und mündet ca. 25 m stromab der Ausleitung der Wasserkraftschnecke wieder in die Bocholter Aa ein (Abb. 3).

Weitere Details und Informationen zur Funktionalität der FAA sind bei EDLER (2011) dargestellt.



Abb. 6: Der Einlaufbereich der FAA war im Sommer dicht mit Wasserpflanzen bewachsen (Foto MG). Vor jeder Untersuchungswoche wurden die Wasserpflanzen aus dem Bereich stromab vom Schwemmbalken entfernt (im Bild: Bereich links vom blauen Balken).

3 Material und Methoden

3.1 Fangtechnik Wasserkraftschnecke

Als Fangvorrichtung hinter der Wasserkraftschnecke wurde in deren Ausleitungsbereich ein Hamen exponiert. Hierzu wurde durch einen Dachdeckerbetrieb ein Gerüst aufgebaut. Von dem Gerüst aus wurde mittels Flaschenzug ein Metallrahmen aus Edelstahl (3,2 m x 2 m, Rechteckrohr 120 x 40 mm, als Halterung für den Hamen) in die Führungsprofile eingesetzt. Der Boden in der Ausleitung war nicht eben. Um eine Abwanderung von Fischen durch das „Schlupfloch“ unter dem Fanggeschirr zu verhindern, wurde die Unterkante des Halterrahmens an die Unebenheiten am Boden angepasst (Holzkeil mit Schaumstoff, Abb. 7).

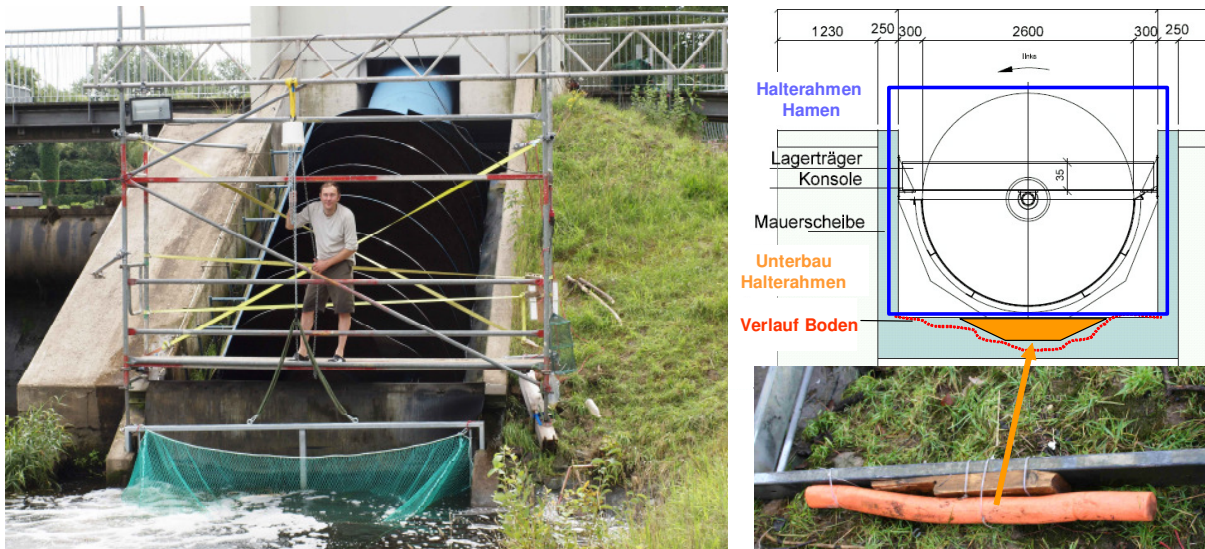


Abb. 7: Im Ausleitungsprofil der Schnecke wurde ein Hamen (am Halterahmen) exponiert (Foto MG). Um abwandernden Fische den Weg unter dem Fanggeschirr zu versperren, wurde das dortige „Schlupfloch“ durch einen Aufsatz untern dem Halterahmen abgedichtet (verändert nach FLICK 2005).

Der Hamen (Fa. ENGEL-Netze, Bremerhaven) hatte eine Öffnungsweite von 3 x 1,5 m und trug umlaufend ein GP-Seil in 10 mm Stärke. Auf einer Gesamtlänge von 6,9 m verjüngte er sich auf 3 Abschnitten [1) 3 m PE geknotet, Maschenweite 30 mm; 2) 2,4 m PA knotenlos, MW 20 mm; 3) 1,5 m PA knotenlos 15 mm, mit Reißverschluss] zum Ende hin auf 0,7 m (Ring). An dieses Ende wurde ein Netzschlauch (Länge 5 m mit 5 Ringen im Durchmesser 0,7 m, MW 10 mm, ohne Kehle) angeschlagen, der die Fische aus dem turbulenten Bereich heraus in eine Steertreuse leitete (Länge 3 m, 2 Ringe 70 cm / 65 cm, MW 6 mm, 1 Kehle). Das Steertende wurde mit einem Stein beschwert und mit einer Boje markiert. Um die Fangeffizienz für kleine Fische zu erhöhen, wurden der Bodenbereich und die Seiten (bis ca. 50 cm Höhe) des Hamen-Trichters mit einem feinmaschigen, knotenlosen Netzblatt (MW 10 mm) ausgekleidet.

Der Hamen wurde jeweils zwischen 18:00 (bzw. 17:00 im Herbst) und 7:00 (bzw. 8:00) fängig gestellt. Im diesem Zeitraum erfolgten drei Leerungen: a) Abendleerung (21:00 bzw. 20:00), b) Mitternachtleerung (0:00 bzw. 23:00) und c) Morgenleerung (7:00 bzw. 8:00).

Zur Leerung der Steertreuse und zur Reinigung bzw. Wartung des Fanggeschirrs wurde der Halterahmen mittels Flaschenzug angehoben. Der Ausleitungsbereich war bewatbar. Zur Fangbergung (2 köpfiges Fangteam: 1 Biologe, 1 Helfer) wurde die Steertreuse mit ihrem

kompletten Inhalt (Fische, Pflanzenreste, etc.) in eine im Schlauchboot bereitstehende Fangwanne entleert. Bei stärkerem Laubaufkommen wurde der Inhalt direkt ins Schlauchboot entleert, anschließend erfolgte die Aussortierung der Fische. Nach jeder Befischung wurde das Fanggeschirr gereinigt, kleinere Reparaturen wurden sofort durchgeführt. Bei größeren Schäden wurde ein Ersatzgeschirr eingesetzt (Netzschlauch, Steert). Bei den Leerungen während der Nacht wurde der Untersuchungsbereich mit einem am Gerüst befestigten Strahler beleuchtet (Abb. 7). Nach der Morgenleerung wurde das komplette Geschirr aus dem Wasser gezogen.

3.2 Fangtechnik Fischaufstiegsanlage

Um die über die Fischaufstiegsanlage absteigenden Fische abfangen zu können, wurde eine Flügelreuse verwendet. Die Reuse hatte folgende Maße: 1. Ring 0,52 m hoch (D-Form), Reusenkörper 2,2 m lang, Nylon knotenlos, 2 Kehlen, 5 Ringe, MW 10 mm, im Steert 6 mm; 2 Flügel à 3 x 0,6 m, mit Schwimmern und Bleileine. Die Reuse wurde in den etwa 0,4 m breiten Hauptschlitz von Riegel 20 eingesetzt (unteres Ende der Brücke; Abb. 3, 8) und durch das einströmende Wasser im Becken 19 aufgespannt. Die Flügel sperrten die restlichen Abwanderungswege (Nebenschlitze) ab und leiteten alle über die FAA abwandernden Fische in die Reuse. Um die Strömungsgeschwindigkeit im Becken 19 zu reduzieren, wurde eine Kunststoffwanne in den Hauptschlitz von Riegel 19 gesetzt (Abb. 8). Das Ende des Steertes wurde mit einem Stein beschwert, der Reusenkörper zum linken Ufer des Beckens 19 gelegt. Nach der Morgenleerung wurde das komplette Fanggeschirr aus der FAA entfernt. Der Fischaufstieg war somit an den Untersuchungstagen zwischen 17:00 und 8:00 unterbrochen. Die Exponierung der Reuse erfolgte an der Brücke im obersten Viertel der FAA (Abb. 3). Wäre die Reuse am unterwasserseitigen Ende der FAA (Ausleitung) exponiert worden, wären womöglich – neben den aus dem Oberwasser stammenden „echten Absteigern“ - zusätzlich „falsche Absteiger“ (Tiere, die tagsüber vom Unterwasser in den Sekundärlebensraum FAA einschwammen, um dann nachts wieder ins Unterwasser auszuschwimmen) erfasst worden.



Abb. 8: In der Fischaufstiegsanlage wurden absteigende Fische mit einer Garnreuse gefangen (Foto MG). Während der Befischung wurde eine Mörtelwanne in den Abfluss-Schlitz des Beckens gesetzt (Pfeil).

3.3 Erfassung Fische, Versehrtheitsklassen, Schadensbilder

Alle Fische wurden hinsichtlich Artzugehörigkeit, Stückzahl und Körperlänge (volle cm) erfasst. Anhand ihres äußeren Erscheinungsbildes wurden die Fische in Versehrtheitsklassen eingeteilt: lebend (I) bzw. tot (IV) ohne sichtbare Schäden, lebend (II) bzw. tot (III) mit sichtbaren Schäden (Tab. 1). Fische, die äußerlich sichtbare Schäden trugen (II + III), wurden 6 verschiedenen Schadensbildern zugeordnet (Tab.1, Abb. 9). Zum Schadensbild 1 gehören starke Abschürfungen und Fleischwunden. Fische mit deutlich sichtbaren Schuppenverlusten wurden dem Schadensbild 2 zugeordnet. Das Schadensbild 3 erfasst Fische mit beschädigten Flossen (Ausfransen, Teil- oder Vollabtrennung). Ließen sich Quetschungen oder Schlagmale beobachtet, wurden diese Fische dem Schadensbild 4 zugeordnet. Im Schadensbild 5 wurde neben Durchtrennungen im Rumpf des Fisches z.B. auch die Abtrennung des Unterkiefers erfasst. Zum Schadensbild 6 (Sonstiges) zählen z. B. Blutungen in den Augen, etc. Um Doppelerfassungen zu vermeiden, wurde jeder geschädigte Fisch nur einem Schadensbild zu-

Tab. 1: Überblick über die Versehrtheitsklassen und Schadensbilder der Untersuchung in Krechting

| Versehrtheitsklassen | | | Schadensbilder (für Versehrtheitsklassen II + III) | | | | | |
|----------------------|-------------------------------|----------|--|------------------|----------------|-------------------------|-------------------|-----------|
| I | lebend ohne sichtbare Schäden | l.o.s.S. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| II | lebend mit sichtbaren Schäden | l.m.s.S. | Abschürfungen | Schuppenverluste | Flossenschäden | Quetschungen/Schlagmale | Teildurchtrennung | Sonstiges |
| III | tot mit sichtbaren Schäden | t.m.s.S. | | | | | | |
| IV | tot ohne sichtbare Schäden | t.o.s.S. | | | | | | |

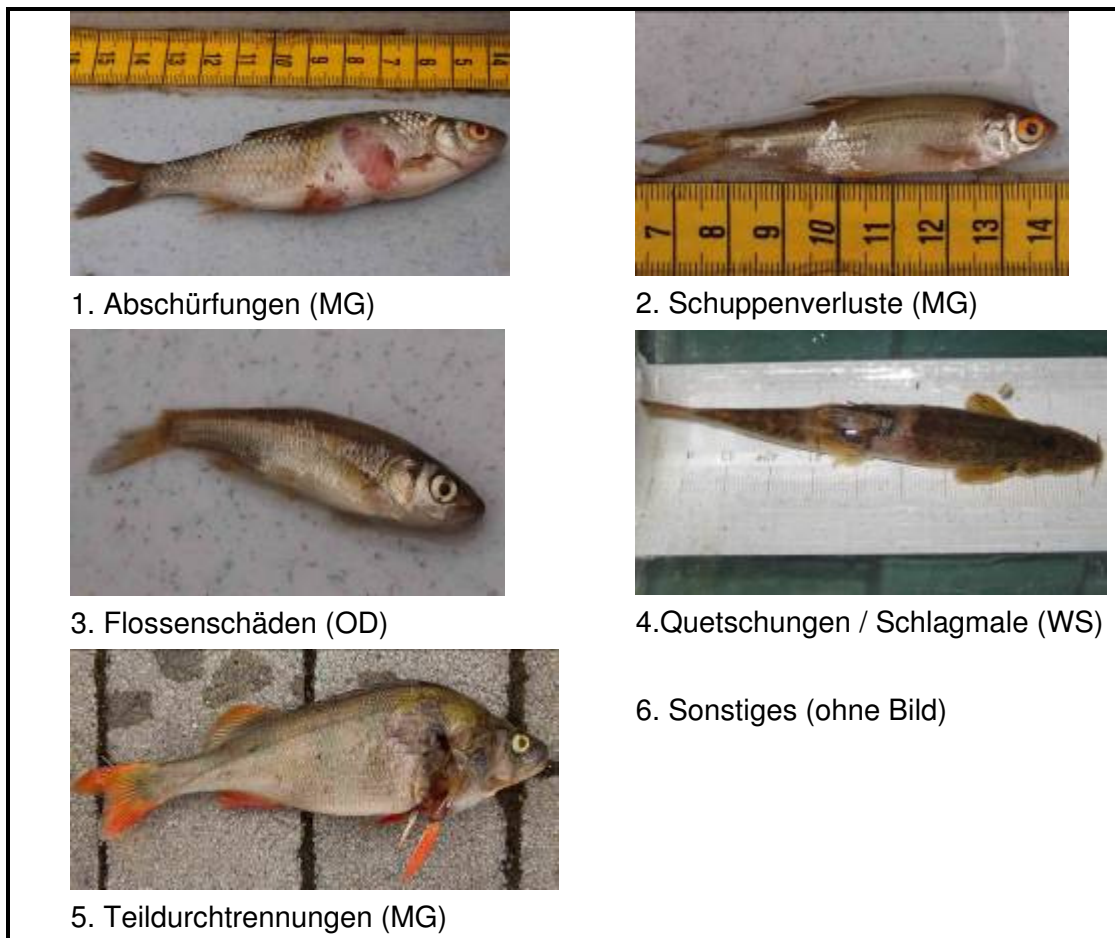


Abb. 9: Beispiele für die verschiedenen Schadensbilder der in Krechting untersuchten Fische. Fotos: MG= Manfred Görtz, OD= Olaf Diestelhorst, WS= Wolfgang Schmalz

geordnet. Bei Mehrfachschädigungen (z. B. Schuppenverluste und Teilverlust Schwanzflosse, s. Abb. 9.3) wurde jeweils das dominierende Schadensbild erfasst (hier: Flossenschäden).

Aus dem Anteil der getöteten Fische (III + IV) bzw. der geschädigten Fische (II - IV) wurde die Mortalitäts- ($M = t * 100/n$) und die Schädigungsrate berechnet ($S = g * 100/n$, mit $t = \text{Anzahl getötete Fische}$, $g = \text{leb. mit Schäden und tote Fische}$, $n = \text{Gesamtmenge aller registrierten Fische}$, DWA 2005).

Nach der Vermessung und Inaugenscheinnahme wurden die Fische im Unterwasser ausgesetzt. Auf weitergehende Untersuchungen (Röntgen, Präparation) wurde verzichtet. Da keine unversehrten Fische als „Kontrollgruppen“ (Fische aus der Aa, die nicht die Schnecke bzw. die FAA passiert hatten) zur Verfügung standen, wurde keine Nachhälterung durchgeführt.

3.4 Erfassung Begleitdaten

Vor jeder Reusenleerung wurden die Wassertemperatur und der pH-Wert mit dem Kombinationsmessgerät „Combo II“ (Fa. Hanna Instruments) bestimmt. Zudem wurden der Pegelstand – gemessen an der Pegelleiste im Einlauf der FAA - und etwaige Besonderheiten (Abschaltung Schnecke, Überströmung Wehr,...) protokolliert.

3.5 Untersuchungszeiträume

Da Fische bevorzugt in der Nacht abwandern (HOLZNER 1999, LECOUR & RATHCKE 2006, SCHMALZ 2002, SCHWEVERS 1998), wurde auf Beprobungen während der Tageszeit bewusst verzichtet.

Die Untersuchungen wurden im Sommer (August, September; KW 31-33, 36; Tab. 2) und im Herbst 2010 (Mitte Oktober – Anfang November; KW 42-44) in den Nachtstunden durchgeführt. An insgesamt 33 Untersuchungstagen wurden i. d. R. zwischen 18:00 und 7:00 (bzw. 17:00 und 8:00 im Herbst) die Fanggeräte exponiert und 3 x pro Nacht geleert (a) Abendleerung, b) Mitternachtleerung, c) Morgenleerung). Die Fänge einer kompletten Nacht wurden dem Kalendertag zugerechnet, an dem das Fanggeschirr scharf gestellt wurde.

[z. B. letzter Tag der KW 33, 20.8.10 Schnecke: a) Abendleerung 21:15 (20.8.10) = 3 Fische; b) Mitternachtleerung 00:30 (21.8.10) = 20 Fische; c) Morgenleerung 08:10 (21.8.10) = 32 Fische; Tagesfang 20.8.10 = 55 Fische].

Im Untersuchungszeitraum war die Schnecke lediglich während einer Nacht (17. auf 18.8.10) nicht in Betrieb. Ab der letzten Oktoberwoche behinderte die starke Laubdrift die Leerungen des Fanggeschirrs. In der Nacht vom 3. zum 4.11.10 erfolgte dann die letzte Hamen-Befischung.

Tab. 2: Übersicht über die Verteilung der Untersuchungstage pro Kalenderwoche (KW) in 2010
Vom 17. zum 18.8. war die Wasserkraftschnecke abgeschaltet, daher wurden für den *17.8. keine Fänge mit dem Hamen verzeichnet.

| KW | Datum | Tage | Anzahl Tage |
|----|-------------------|----------|-------------|
| 31 | 7.-8.8.10 | sa+so | 2 |
| 32 | 9.-14.8.10 | mo-sa | 6 |
| 33 | 16.-20.8.10 | mo-fr | 5 (4)* |
| 36 | 6.-11.9.10 | mo-sa | 6 |
| 42 | 19.-23.10.10 | di-sa | 5 |
| 43 | 25.-30.10.10 | mo-sa | 6 |
| 44 | 1.-2.11.+ 4.11.10 | mo+di+do | 3 |
| | | | 33 |

4 Ergebnisse

4.1 Gesamtüberblick Fischnachweise

An den 33 Untersuchungstagen im Sommer und Herbst 2010 konnten insgesamt 4342 Individuen aus 20 Arten in den Abwanderungskorridoren Wasserkraftschnecke und Fischaufstiegsanlage (FAA) nachgewiesen werden (Tab. 3). Die häufigste Fischart im Gesamtfang war das Rotauge (Plötze; n=3024; Fanganteil 69,9%), gefolgt von Brasse (338; 7,8%) und Gründling (306; 7%). Auch Kaulbarsch, Flussbarsch, Zander und Dreistachliger Stichling waren mit Fanganteilen über 2% regelmäßig im Fang vertreten. Bemerkenswert ist der Nachweis des Welses. Diese Art konnte in Krechting bisher nicht nachgewiesen werden (EDLER 2011, Görtz mdl.).

Die Fangzahlen verteilten sich ungleichmäßig auf die Abwanderungskorridore Wasserkraftschnecke und FAA (Tab. 3). Der Abstieg über das Wehr wurde nicht untersucht (i.d.R. fehlende Abflüsse). Im Hamen hinter der Schnecke wurden insgesamt 3797 Individuen (87,4% vom Gesamtfang) aus 18 Arten nachgewiesen. Die Hauptmenge entfiel auf die Arten Rotauge (n=2789; Anteil 73,5%), Gründling (n=269; 7,1%) und Brasse (n=255; 6,7%).

Die Fänge im Abwanderungskorridor FAA (17 Arten, 545 Individuen = 12,6% vom Gesamtfang) verteilten sich etwas gleichmäßiger auf die verschiedenen Arten als jene im Abwanderungskorridor Schnecke. Die Dominanz des Rotauges in der FAA war weniger stark, dafür hatten insbesondere Brasse und Giebel deutlich höhere Fanganteile als im Korridor Schnecke. Die Arten Schleie (n=17) und Ukelei (n=1) wurden nur in der FAA gefangen. Karausche (n=1), Moderlieschen (n=5) und Koppe (n=15) wurden nur hinter der Schnecke nachgewiesen.

Tab. 3: Übersicht über die Artennachweise, Fangmengen und % Verteilung pro Abwanderungskorridor.

| Summe | | | | Schnecke | | FAA | | Verteilung | |
|---|-------------|------------|----|-------------|--------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| | Fischart | n | % | Rang | n | % | n | % | % Schnecke |
| Aal (<i>Anguilla anguilla</i>) | 14 | 0,3 | 15 | 13 | 0,3 | 1 | 0,2 | 92,9 | 7,1 |
| Bachsmerle (<i>Barbatula barbatula</i>) | 50 | 1,2 | 9 | 31 | 0,8 | 19 | 3,5 | 62,0 | 38,0 |
| Brasse (<i>Abramis brama</i>) | 338 | 7,8 | 2 | 255 | 6,7 | 83 | 15,2 | 75,4 | 24,6 |
| Döbel (<i>Squalius cephalus</i>) | 16 | 0,4 | 12 | 15 | 0,4 | 1 | 0,2 | 93,8 | 6,3 |
| Dreist. Stichling (<i>Gasterosteus aculeatus</i>) | 100 | 2,3 | 5 | 75 | 2,0 | 25 | 4,6 | 75,0 | 25,0 |
| Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>) | 94 | 2,2 | 6 | 75 | 2,0 | 19 | 3,5 | 79,8 | 20,2 |
| Giebel (<i>Carassius gibelio</i>) | 79 | 1,8 | 8 | 11 | 0,3 | 68 | 12,5 | 13,9 | 86,1 |
| Gründling (<i>Gobio gobio</i>) | 306 | 7,0 | 3 | 269 | 7,1 | 37 | 6,8 | 87,9 | 12,1 |
| Hasel (<i>Leuciscus leuciscus</i>) | 46 | 1,1 | 10 | 34 | 0,9 | 12 | 2,2 | 73,9 | 26,1 |
| Karausche (<i>Carassius carassius</i>) | 1 | 0,02 | 19 | 1 | 0,03 | | | 100,0 | 0,0 |
| Karpfen (<i>Cyprinus carpio</i>) | 6 | 0,1 | 16 | 4 | 0,1 | 2 | 0,4 | 66,7 | 33,3 |
| Kaulbarsch (<i>Gymnocephalus cernuus</i>) | 119 | 2,7 | 4 | 110 | 2,9 | 9 | 1,7 | 92,4 | 7,6 |
| Koppe (<i>Cottus gobio</i>) | 15 | 0,3 | 13 | 15 | 0,4 | | | 100,0 | 0,0 |
| Moderlieschen (<i>Leucaspis delinatus</i>) | 5 | 0,1 | 17 | 5 | 0,1 | | | 100,0 | 0,0 |
| Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i>) | 3024 | 69,6 | 1 | 2789 | 73,5 | 235 | 43,1 | 92,2 | 7,8 |
| Schleie (<i>Tinca tinca</i>) | 17 | 0,4 | 11 | | | 17 | 3,1 | 0,0 | 100,0 |
| Ukelei (<i>Alburnus alburnus</i>) | 1 | 0,02 | 19 | | | 1 | 0,2 | 0,0 | 100,0 |
| Wels (<i>Silurus glanis</i>) | 15 | 0,3 | 13 | 10 | 0,3 | 5 | 0,9 | 66,7 | 33,3 |
| Zander (<i>Sander lucioperca</i>) | 92 | 2,1 | 6 | 82 | 2,2 | 10 | 1,8 | 89,1 | 10,9 |
| Zwergstichling (<i>Pungitius pungitius</i>) | 4 | 0,1 | 18 | 3 | 0,1 | 1 | 0,2 | 75,0 | 25,0 |
| 20 Arten | 4342 | 100 | | 3797 | 18 A. | 545 | 17 A. | 87,4 | 12,6 |

Mit steigenden Abflüssen und sinkenden Wassertemperaturen ab der KW 36 (2. Septemberwoche) stieg die Menge der gefangenen Fische in beiden Abstiegskorridoren deutlich (FAA) bzw. sehr deutlich (Wasserkraftschnecke) an (Abb. 10). Der individuenstärkste Tagesfang an der Wasserkraftschnecke wurde in der Nacht vom 23. auf den 24. Oktober (Ende KW 42) verzeichnet. Bei Wassertemperaturen von 8,2 – 8,8° und einem von 58 auf 64 steigenden Pegelstand wurden in dieser Nacht insgesamt 2225 Individuen – und somit knapp 59% der Hamen-Fangmenge des Gesamtzeitraums - gefangen (Vergleich: 22. Oktober = 55 Fische; 25. Oktober = 72 Fische). Der Fang vom 23. Oktober bestand zu 94,8% aus Rotaugen (n=2109).

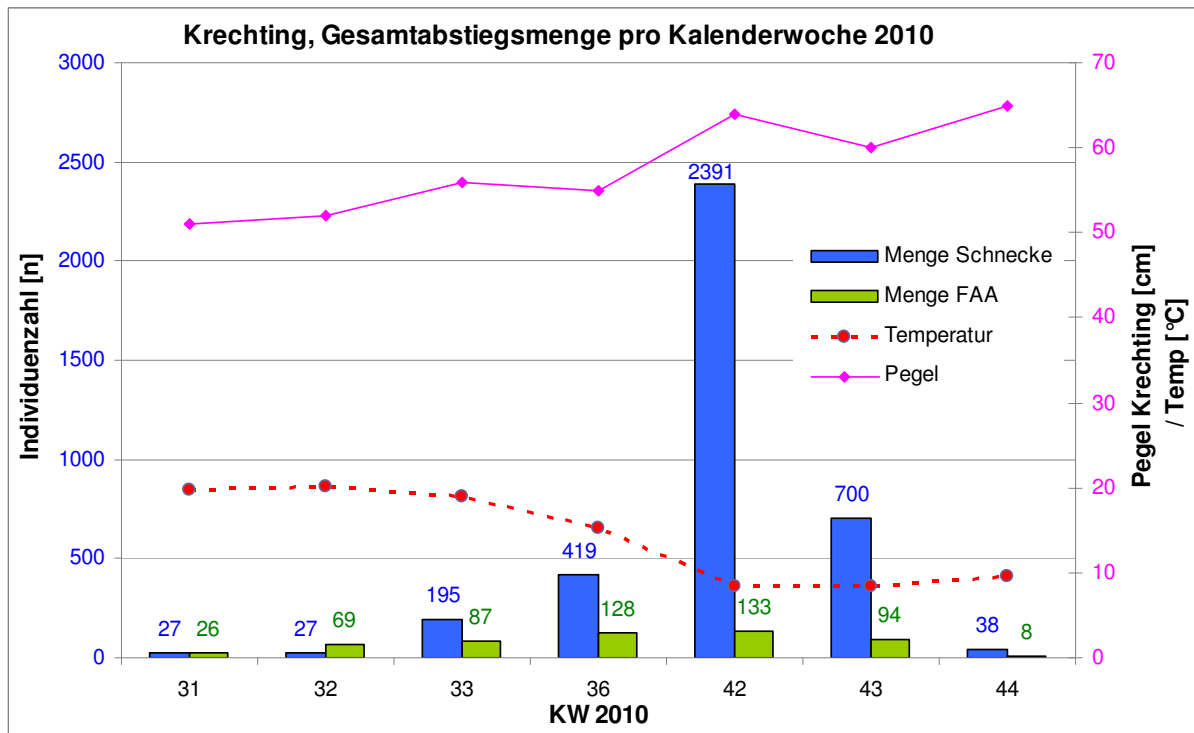


Abb. 10: Die Menge der abgestiegenen Fische pro Woche in Bezug zu Temperatur und Abfluss.

Ab der letzten Oktoberwoche erschwerte die starke Laubdrift massiv den Fang und die Leerungen des Fanggeschirrs. Das Fanggeschirr war häufig nach weniger als 2 Stunden dicht bzw. komplett mit Laub gefüllt (Abb. 13, 37). Vom 3. auf den 4.11.10 (21:30 – 9:00, erfasst als 4.11.10) erfolgte daher die letzte Beprobung mit dem Hamen.



Abb. 11: Vor jeder Untersuchungswoche wurden die Wasserpflanzen aus dem FAA-Einlauf entfernt (MG).



Abb. 12: Der fangbereite Hamen (grün) mit Netzschlauch (weiß) und Steertreue (gelbe Boje) (Foto MG). Die Fische sammelten sich in der Steertreue, die im strömungsberuhigten Bereich vor Wasserpflanzenpolstern lag. Stromab davon ist die Ausleitung der FAA zu erkennen (rosa Pfeil).



Abb. 13: Bei starkem Laubtrieb waren Netzschlauch und Steertreue schnell mit Laub gefüllt (Foto MG). Am 4.11.10 wurden die Untersuchungen daher endgültig abgebrochen.

4.2 Fischnachweise Wasserkraftschnecke

Im Hamen wurden an 32 Untersuchungstagen (17.8.08 Schnecke abgeschaltet, kein Fang) insgesamt 3797 Fische gefangen. Der Fang wurde dominiert vom Rotauge (n=2789; 73,5%). Gründling (7,1%) und Brasse (6,7%) waren subdominant (MÜHLENBERG 1993) vertreten (Abb. 14). Die 3 Barschartigen und der Dreistachlige Stichling waren rezedent vertreten (2-2,9%).

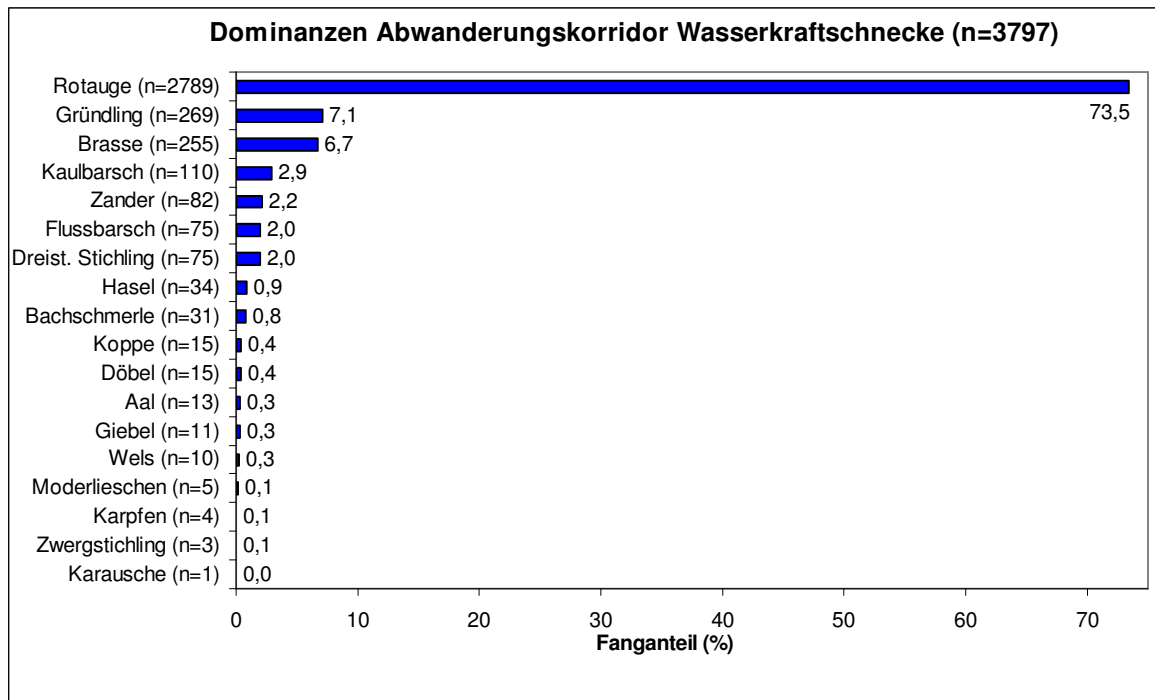


Abb. 14: Anteile der verschiedenen Arten im Wanderkorridor Wasserkraftschnecke.

Tab. 4: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der Fische aus dem Wanderkorridor Wasserkraftschnecke

| Wasserkraftschnecke Art | Σ | Längenklasse [cm] | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| | | < 5 | <10 | <15 | <20 | <30 | <40 | ≥40 |
| Aal | 13 | | | | | | 4 | 9 |
| Bachschmerle | 31 | 6 | 25 | | | | | |
| Brasse | 255 | 33 | 125 | 96 | | 1 | | |
| Döbel | 15 | 6 | 8 | | 1 | | | |
| Dreist. Stichling | 75 | 46 | 29 | | | | | |
| Flussbarsch | 75 | | 4 | 60 | 6 | 5 | | |
| Giebel | 11 | 4 | 7 | | | | | |
| Gründling | 269 | 19 | 161 | 82 | 7 | | | |
| Hasel | 34 | 16 | 16 | 2 | | | | |
| Karausche | 1 | | | | 1 | | | |
| Karpfen | 4 | | 4 | | | | | |
| Kaulbarsch | 110 | | 86 | 24 | | | | |
| Koppe | 15 | 1 | 11 | 3 | | | | |
| Moderlieschen | 5 | | 5 | | | | | |
| Rotauge | 2789 | 123 | 2509 | 142 | 11 | 4 | | |
| Wels | 10 | | 2 | 7 | 1 | | | |
| Zander | 82 | | 11 | 45 | 26 | | | |
| Zwergstichling | 3 | 2 | 1 | | | | | |
| Summen | 3797 | 256 (6,7%) | 3004 (79,1%) | 461 (12%) | 53 (1,4%) | 10 (0,26%) | 4 (0,1%) | 9 (0,24%) |

Gut 79% aller Individuen hatten Längen von 5-<10 cm, 12% Längen von 10-< 15 cm (Tab. 4). Lediglich 76 Fische (2 %) waren ≥ 15 cm. Die größten Einzelfische gehörten zu den Arten Brasse (1 x 24 cm), Flussbarsch (2 x 23 cm), Rotaugen (3 x 25 cm, 1 x 26 cm) und Aal (je 1 x 75 / 77 / 79 cm). Somit wird deutlich, dass überwiegend juvenile und subadulte Individuen (Altersklassen 0+ bzw. 1+) aus den Familien Cyprinidae (Karpfenartige) und Percidae (Barschartige) im Hamen hinter der Schnecke gefangen wurden. Eine Ausnahme bildeten neben dem Aal die benthischen Kleinfischarten (Gründling, Bachschmerle, Koppe), von denen auch häufig adulte Tiere (10-15 cm) nachgewiesen wurden.

Als Beispiel für die Dominanz der juvenilen (Altersgruppe 0+) und subadulten (AG 1+) Individuen zeigt Abb. 15 die Längen-Häufigkeits-Verteilung der Rotaugen aus dem Fang an der Wasserkraftschnecke. Die meisten Rotaugen hatten Körperlängen von 5 – 8 cm (zugehörig zur AG 0+, roter Pfeil in Abb. 15). Ein zweites Maximum war bei 12 – 13 cm festzustellen (mittlere Länge der AG 1+, grüner Pfeil).

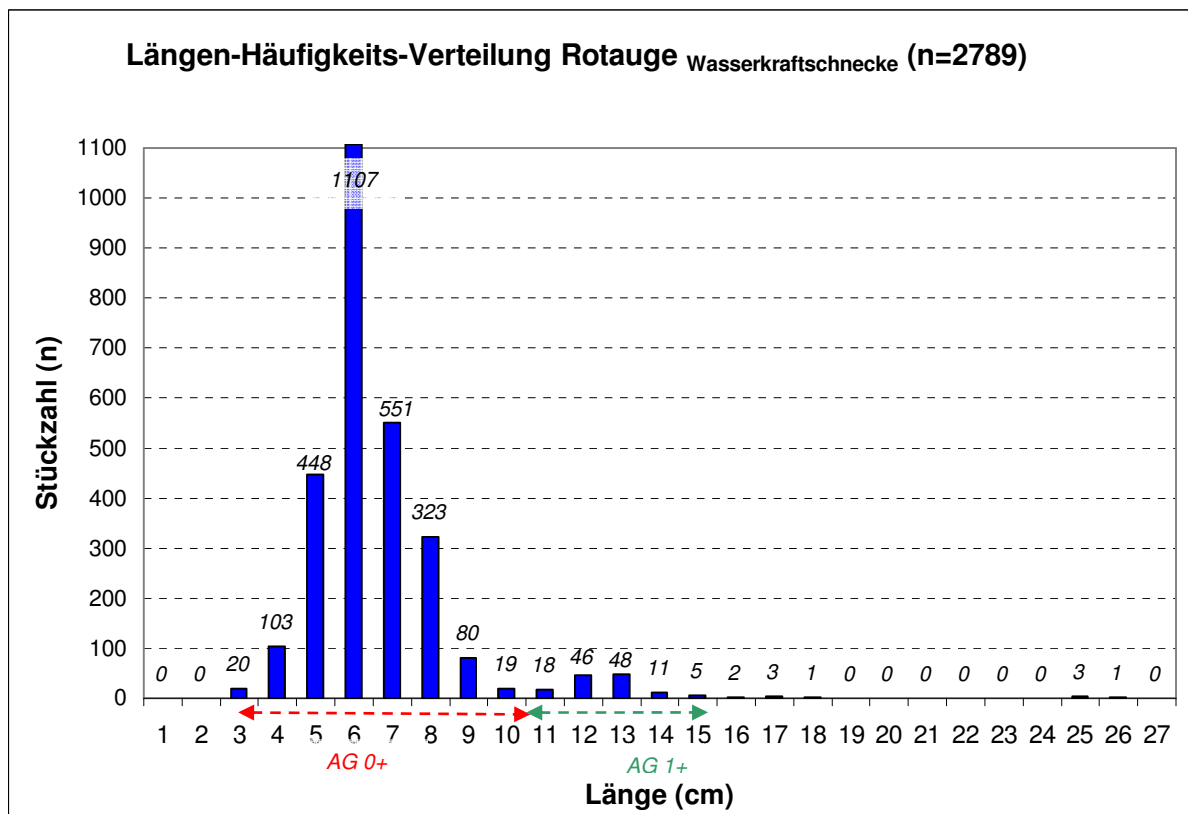


Abb. 15: Längen-Häufigkeits-Verteilung der Rotaugen aus dem Fang Wasserkraftschnecke (n=2789).

4.3 Fischnachweise Fischaufstiegsanlage

Mit der Flügelreuse in der FAA wurden insgesamt 545 Individuen aus 17 Arten gefangen (Abb. 16). Häufigste Art war das Rotaugen (n=235; Fanganteil 43,1% = eudominant), gefolgt von der Brasse (83; 15,2%). Der subdominante Gründling (37; 6,8%) konnte in ähnlicher Häufigkeit nachgewiesen werden wie hinter der Wasserkraftschnecke. Auffällig ist der hohe Anteil des dominanten Giebels (68; 12,5% gegenüber 0,3 % hinter der Schnecke). Die Schleie konnte mit einem Anteil von 3,1% (n=17) nachgewiesen werden, im Fang hinter der Wasserkraftschnecke

blieb sie ohne Nachweis. Weitere Details zu den Dominanzen in der FAA sind in Abb. 16 dargestellt.

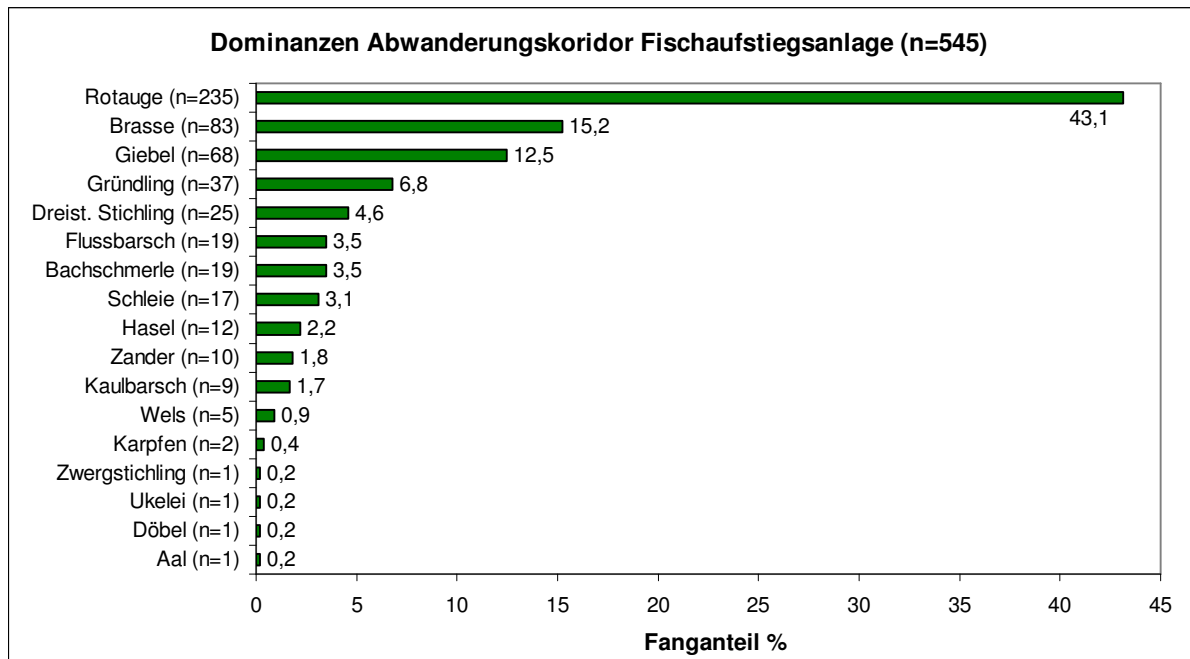


Abb. 16: Anteile der verschiedenen Arten im Wanderkorridor Fischeaufstiegsanlage.

Die meisten Fische im Abwanderungskorridor FAA (62,4%) hatten Körperlängen von 5-< 10 cm (Tab. 5). Der Anteil jener < 5 cm lag bei 22,8%, und damit etwa 3x so hoch wie im Fang hinter der Schnecke. Fische ≥ 15 cm hatten einen Fanganteil von lediglich 1,7 % (hinter der Schnecke: Anteil 2%). Die größten Fische in der FAA waren ein Aal von 60 cm, ein Flussbarsch von 19 cm und ein Rotaugen von 21 cm.

Tab. 5: Längen-Häufigkeits-Verteilungen der Fische aus dem Wanderkorridor FAA.

| FAA Art | Σ | Längenklasse [cm] | | | | | | |
|----------------|------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | < 5 | <10 | <15 | <20 | <30 | <40 | ≥40 |
| Aal | 1 | | | | | | | 1 |
| Bachschmerle | 19 | | 19 | | | | | |
| Brasse | 83 | 25 | 29 | 28 | 1 | | | |
| Döbel | 1 | | 1 | | | | | |
| Dr. Stichling | 25 | 20 | 5 | | | | | |
| Flussbarsch | 19 | 1 | 2 | 15 | 1 | | | |
| Giebel | 68 | 32 | 36 | | | | | |
| Gründling | 37 | 1 | 27 | 7 | 2 | | | |
| Hasel | 12 | 10 | 1 | | 1 | | | |
| Karpfen | 2 | 2 | | | | | | |
| Kaulbarsch | 9 | | 8 | 1 | | | | |
| Rotaugen | 235 | 20 | 205 | 9 | | 1 | | |
| Schleie | 17 | 13 | 4 | | | | | |
| Ukelei | 1 | | 1 | | | | | |
| Wels | 5 | | | 5 | | | | |
| Zander | 10 | | 1 | 7 | 2 | | | |
| Zwergstichling | 1 | | 1 | | | | | |
| Summen | 545 | 124 (22,8%) | 340 (62,4%) | 72 (13%) | 7 (1,3%) | 1 (0,18%) | 0 (0,18%) | 1 (0,18%) |

4.4 Versehrtheitsklassen und Schadensbilder FAA

Alle gefangenen Fische aus beiden Abwanderungskorridoren wurden - entsprechend ihrem Erscheinungsbild - 4 verschiedenen Versehrtheitsklassen zugeordnet (Tab. 6, vgl. Tab. 1).

Tab. 6: Versehrtheitsklassen der Fische aus dem Fang in der FAA nach Arten, Mengen und Anteilen.

| Art | FAA | | l.o.s.S. | | l.m.s.S. | | t.m.s.S. | | t.o.s.S. | |
|-----------------|------------|------|------------|-------------|----------|------------|----------|----------|------------|-----------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| Aal | 1 | 0,2 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bachschmerle | 19 | 3,5 | 19 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brasse | 83 | 15,2 | 56 | 67,5 | 4 | 4,8 | 0 | 0 | 23 | 27,7 |
| Döbel | 1 | 0,2 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 100 |
| Dr. Stichling | 25 | 4,6 | 13 | 52,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 48,0 |
| Flussbarsch | 19 | 3,5 | 16 | 84,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 15,8 |
| Giebel | 68 | 12,5 | 60 | 88,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 11,8 |
| Gründling | 37 | 6,8 | 33 | 89,2 | 1 | 2,7 | 0 | 0 | 3 | 8,1 |
| Hasel | 12 | 2,2 | 3 | 25,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 75,0 |
| Karpfen | 2 | 0,4 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kaulbarsch | 9 | 1,7 | 8 | 88,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 11,1 |
| Rotauge | 235 | 43,1 | 170 | 72,3 | 3 | 1,3 | 0 | 0 | 62 | 26,4 |
| Schleie | 17 | 3,1 | 13 | 76,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 23,5 |
| Ukelei | 1 | 0,2 | 0 | 0,0 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wels | 5 | 0,9 | 5 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zander | 10 | 1,8 | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zwergstichling | 1 | 0,2 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 Arten | 545 | | 410 | 75,2 | 9 | 1,7 | 0 | 0 | 126 | 23 |

Von den 545 Fischen aus dem Fang in der FAA waren 410 (75,2%) **lebend ohne sichtbare Schäden** (Tab. 6). Einige lebendige Fische (n=9; 1,7%) zeigten **äußerlich sichtbare Schäden**. So konnten u. a. an drei Brassens, einem Gründling, einem Rotauge und an einem Ukelei **Schuppenverluste** festgestellt werden.

Tote Fische mit sichtbaren Schäden konnten im Reusenfang an der FAA nicht nachgewiesen werden. Beachtet werden jedoch müssen Fische, die sich **tot ohne sichtbare Schäden** in der Reuse fanden. Deren gemittelter Anteil lag bei 23% (n=126). Die 6 Arten Aal, Bachschmerle, Karpfen, Wels, Zander und Zwergstichling zeigten sich robust: von diesen Arten konnten keine beschädigten oder toten Individuen nachgewiesen werden. Bei den Arten Gründling, Kaulbarsch und Giebel wurden vereinzelt tote Individuen ohne sichtbare Schäden festgestellt (Anteil 8,1 %, 11,1% und 11,8%). Bei anderen Arten wurden mittelhohe Anteile (15,8 – 48% bei Flussbarsch, Brasse, Schleie und Rotauge) bzw. sehr hohe Anteile (Hasel bzw. Döbel: 75 bzw. 100%) solcher toten Fische registriert.

In der FAA waren keine Schädigungsquellen vorhanden. Daher kann von schädigenden Auswirkungen der Fangtechnik (hier: Reuse mit 10 mm bzw. 6 mm Maschenweite) ausgegangen werden. Möglicherweise blieben einzelne Fische in den Maschen der Reuse hängen, verendeten und wurden dann wieder aus den Maschen freigespült. Denkbar wäre aber auch, dass die Fische – trotz der Strömungsberuhigung im Becken der Reuse – anhaltend massiven Strömungsdruck ausgesetzt waren und an diesem „Stress“ zugrunde gingen.

4.5 Versehrtheitsklassen und Schadensbilder Wasserkraftschnecke

4.5.1 Versehrtheitsklassen, Überblick

Von den 3797 Fischen aus dem Fang hinter der Wasserkraftschnecke waren 3474 (91,5%) **lebend ohne sichtbare Schäden** (Tab. 7). Einige lebendige Fische (n=134; 3,5%) zeigten **äußerlich sichtbare Schäden**. 15 Fische (0,4%) waren **tot mit sichtbaren Schäden**. Deutlich höher war der Anteil an toten Fischen, die keine äußerlich sichtbaren Schäden zeigten (t.o.s.S. mit n=174; 4,6%).

Im Vergleich zum Abwanderungskorridor FAA fällt somit auf, dass im Korridor Schnecke

- der Anteil an Fischen l.o.s.S. deutlich höher war als in der FAA (91,5% > 75,2%)
- der Anteil an Fischen l.m.s.S. etwa doppelt so hoch war wie in der FAA (3,5% > 1,7%)
- der Anteil an Fischen t.m.s.S. höher war als in der FAA (0,4% > 0%)
- der Anteil an Fischen t.o.s.S. deutlich niedriger war als in der FAA (4,6% < 23%).

Als äußerst unempfindlich gegenüber Schädigungen erwiesen sich auch hier die Arten Aal (100% l.o.s.S.), Wels (100%), Zander (96,3%), Kaulbarsch (93,6%) und Gründling (90,3%) sowie die Koppe (93,3%) (s. Tab. 7, Abb. 17).

Kleinere Anteile der Versehrtheitsklasse l.o.s.S. waren bei den Arten Karpfen (25%), Dreistachliger Stichling (49,3%), Hasel (50%) und Döbel (53,3%) zu finden.

Tab. 7: Versehrtheitsklassen der Fische aus der Wasserkraftschnecke nach Arten, Mengen und Anteilen.

| Art | Schnecke | | l.o.s.S. | | l.m.s.S. | | t.m.s.S. | | t.o.s.S. | |
|-----------------|-------------|------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| Aal | 13 | 0,3 | 13 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bachschmerle | 31 | 0,8 | 29 | 93,5 | 0 | 0 | 1 | 3,2 | 1 | 3,2 |
| Brasse | 255 | 6,7 | 174 | 68,2 | 19 | 7,5 | 5 | 2 | 57 | 22,4 |
| Döbel | 15 | 0,4 | 8 | 53,3 | 3 | 20 | 1 | 6,7 | 3 | 20 |
| Dr. Stichling | 75 | 2,0 | 37 | 49,3 | 0 | 0 | 1 | 1,3 | 37 | 49,3 |
| Flussbarsch | 75 | 2,0 | 64 | 85,3 | 1 | 1,3 | 2 | 2,7 | 8 | 10,7 |
| Giebel | 11 | 0,3 | 10 | 90,9 | 0 | 0 | 1 | 9,1 | 0 | 0 |
| Gründling | 269 | 7,1 | 243 | 90,3 | 21 | 7,8 | 1 | 0,4 | 4 | 1,5 |
| Hasel | 34 | 0,9 | 17 | 50 | 4 | 11,8 | 1 | 2,9 | 12 | 35,3 |
| Karusche | 1 | 0,0 | 0 | 0 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Karpfen | 4 | 0,1 | 1 | 25 | 3 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kaulbarsch | 110 | 2,9 | 103 | 93,6 | 3 | 2,7 | 0 | 0 | 4 | 3,6 |
| Koppe | 15 | 0,4 | 14 | 93,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6,7 |
| Moderlieschen | 5 | 0,1 | 5 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rotauge | 2789 | 73,5 | 2665 | 95,6 | 78 | 2,8 | 2 | 0,1 | 44 | 1,6 |
| Wels | 10 | 0,3 | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zander | 82 | 2,2 | 79 | 96,3 | 1 | 1,2 | 0 | 0 | 2 | 2,4 |
| Zwergstichling | 3 | 0,1 | 2 | 67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 33,3 |
| 18 Arten | 3797 | | 3474 | 91,5 | 134 | 3,5 | 15 | 0,4 | 174 | 4,6 |

| Versehrtheitsklassen | | |
|----------------------|-------------------------------|----------|
| I | lebend ohne sichtbare Schäden | l.o.s.S. |
| II | lebend mit sichtbaren Schäden | l.m.s.S. |
| III | tot mit sichtbaren Schäden | t.m.s.S. |
| IV | tot ohne sichtbare Schäden | t.o.s.S. |

Jene Arten, von denen mindestens 10 Individuen hinter der Schnecke gefangen wurden (Individuenmenge 3784), sind mit ihren Versehrtheitsklassen in Abb. 17 dargestellt. Die Arten Karusche, Karpfen, Moderlieschen und Zwergstichling (Gesamtfang n=13) bleiben aufgrund ihres geringen Individuenanteils (unzureichende statistische Basis) in dieser Darstellung unbetrachtet.

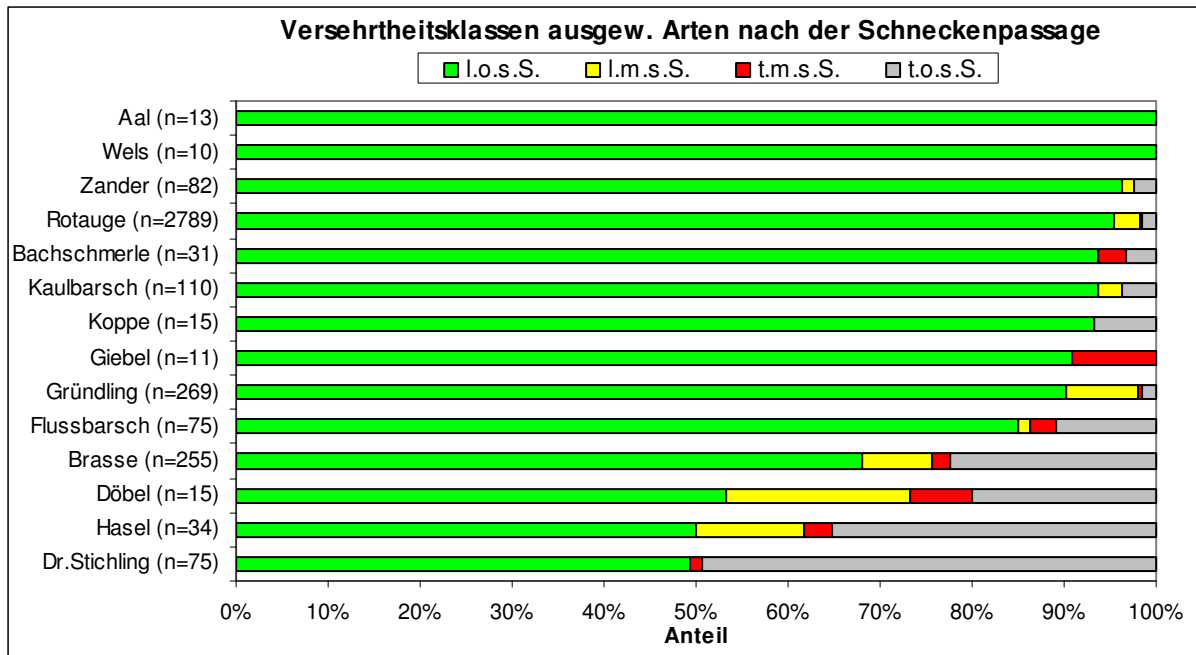


Abb. 17: Anteile der Versehrtheitsklassen bei Arten mit mind. 10 Individuen (n=3784 von 3797).

4.5.2 Versehrtheitsklassen im zeitlichen Verlauf

Die Anteile der Fische an den 4 Versehrtheitsklassen variierten im Gesamtzeitraum z. T. deutlich (Abb. 18). Im August (KW 31-33) erreichte der Anteil sichtbar geschädigter Fische (l.m.s.S. und t.m.s.S.) Werte von bis zu 21,2% (KW 32). Hingegen wurden in der 2. Oktoberhälfte lediglich 2,2% (KW 42) bzw. 1,4 % (KW 43) Fische mit sichtbaren Schäden gefangen, auch der Anteil der toten Fische ohne sichtbare Schäden (t.o.s.S.) ging zurück auf 1% (KW 42) bzw. 3% (KW 43). Anfang November (KW 44) waren nur 47,4 % des Fangs l.o.s.S.. Der Anteil der t.o.s.S. erreichte seinen Maximalwert (42,1%; n=16).

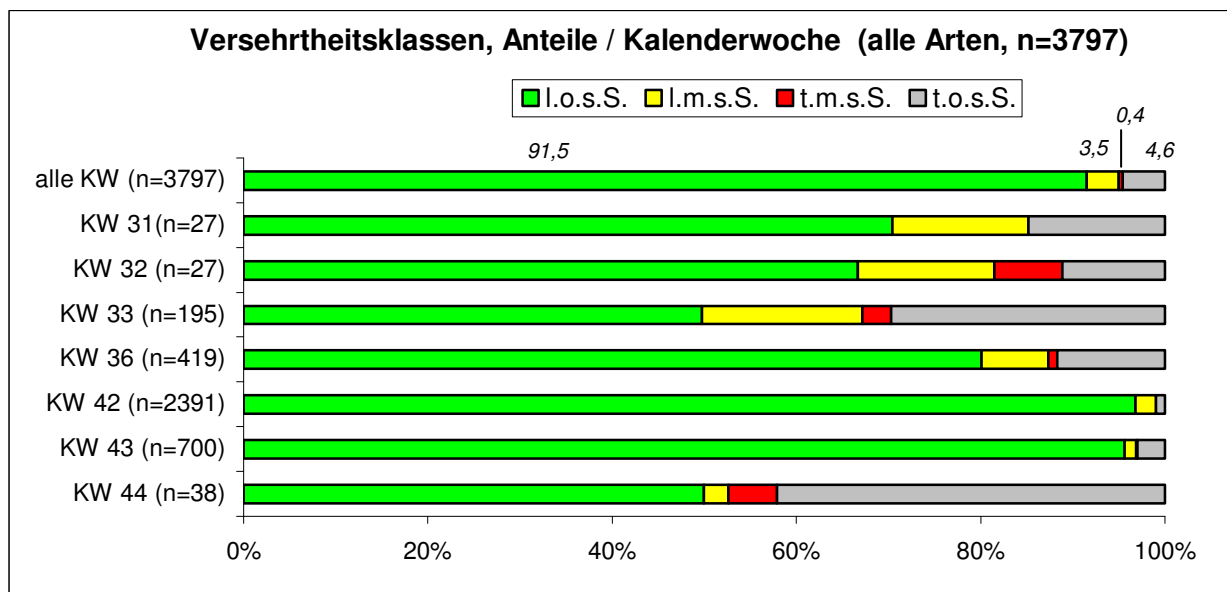


Abb. 18: Anteile der Fische an Versehrtheitsklassen pro Kalenderwoche (Schneckenpassage)

Eine Übersicht über die Fischmengen in den verschiedenen Kalenderwochen, gegliedert nach Längenklassen Versehrtheitsklassen und der Angabe der Mortalitätsrate zeigt Tab. 8.

Tab. 8: Versehrtheitsklassen der Fische (Schneckenpassage) nach Körperlängen in Kalenderwochen (l./t.o.s.S. = lebend / tot ohne sichtbare Schäden; l./t.m.s.S. = lebend / tot mit sichtbaren Schäden).

| | < 5 cm | | 5 - < 10 | | 10 - < 15 | | 15 - < 20 | | 20 - < 30 | | 30 - < 40 | | ab 40 cm | | Alle Längen | |
|-------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|----------|------------|-------------|-------------|
| KW 31.10 | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| l.o.s.S. | 1 | 50 | 9 | 60 | 9 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 70,4 |
| l.m.s.S. | 0 | 0 | 3 | 20 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 14,8 |
| t.m.s.S. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| t.o.s.S. | 1 | 50 | 3 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 14,8 |
| Summe | 2 | 100 | 15 | 100 | 10 | 100 | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 27 | 100 |
| KW 32.10 | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| l.o.s.S. | 2 | 50 | 9 | 64,3 | 6 | 75 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 66,7 |
| l.m.s.S. | 0 | 0 | 2 | 14,3 | 2 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 14,8 |
| t.m.s.S. | 0 | 0 | 2 | 14,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 7,4 |
| t.o.s.S. | 2 | 50 | 1 | 7,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 11,1 |
| Summe | 4 | 100 | 14 | 100 | 8 | 100 | 1 | 100 | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 27 | 100 |
| KW 33.10 | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| l.o.s.S. | 18 | 31,6 | 48 | 48,5 | 21 | 77,8 | 2 | 50 | 3 | 100 | 3 | 100 | 2 | 100 | 97 | 49,8 |
| l.m.s.S. | 2 | 3,5 | 27 | 27,3 | 4 | 14,8 | 1 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | 17,4 |
| t.m.s.S. | 3 | 5,3 | 1 | 1,0 | 1 | 3,7 | 1 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 3,1 |
| t.o.s.S. | 34 | 59,6 | 23 | 23,2 | 1 | 3,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 | 29,7 |
| Summe | 57 | 100 | 99 | 100 | 27 | 100 | 4 | 100 | 3 | 100 | 3 | 100 | 2 | 100 | 195 | 100 |
| KW 36.10 | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| l.o.s.S. | 26 | 43 | 179 | 82,1 | 118 | 94,4 | 12 | 92,3 | 1 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 336 | 80,2 |
| l.m.s.S. | 12 | 20 | 16 | 7,3 | 2 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 7,2 |
| t.m.s.S. | 0 | 0 | 2 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0,9 |
| t.o.s.S. | 22 | 37 | 21 | 9,6 | 5 | 4 | 1 | 7,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 11,7 |
| Summe | 60 | 100 | 218 | 100 | 125 | 100 | 13 | 100 | 3 | 100 | 0 | - | 0 | - | 419 | 100 |
| KW 42.10 | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| l.o.s.S. | 110 | 90,9 | 2115 | 97,2 | 72 | 98,6 | 13 | 92,9 | 3 | 100 | 1 | 100 | 2 | 100 | 2316 | 96,8 |
| l.m.s.S. | 6 | 5 | 46 | 2,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 2,2 |
| t.m.s.S. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| t.o.s.S. | 5 | 4,1 | 16 | 0,7 | 1 | 1,4 | 1 | 7,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 1,0 |
| Summe | 121 | 100 | 2177 | 100 | 73 | 100 | 14 | 100 | 3 | 100 | 1 | 100 | 2 | 100 | 2391 | 100 |
| KW 43.10 | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| l.o.s.S. | 11 | 84,6 | 423 | 94,6 | 212 | 98,6 | 21 | 100 | 0 | - | 0 | - | 3 | 100 | 670 | 95,6 |
| l.m.s.S. | 0 | - | 6 | 1,3 | 1 | 0,5 | 0 | - | 1 | 100 | 0 | - | 0 | 0 | 8 | 1,3 |
| t.m.s.S. | 0 | - | 1 | 0,2 | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 0 | 0 | 1 | 0,1 |
| t.o.s.S. | 2 | 15,4 | 17 | 3,8 | 2 | 0,9 | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 0 | 0 | 21 | 3,0 |
| Summe | 13 | 100 | 447 | 100 | 215 | 100 | 21 | 100 | 1 | 100 | 0 | - | 3 | 100 | 700 | 100 |
| KW 44.10 | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| l.o.s.S. | 0 | 0 | 12 | 38,7 | 4 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 100 | 18 | 47,3 |
| l.m.s.S. | 0 | 0 | 2 | 6,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5,3 |
| t.m.s.S. | 0 | 0 | 1 | 3,2 | 0 | 0 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5,3 |
| t.o.s.S. | 0 | 0 | 16 | 51,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 42,1 |
| Summe | 0 | - | 31 | 100 | 4 | 100 | 1 | 100 | 0 | - | 0 | - | 2 | 100 | 38 | 100 |
| Alle KW | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| l.o.s.S. | 168 | 65,3 | 2795 | 93,2 | 442 | 95,7 | 49 | 90,7 | 7 | 70 | 4 | 100 | 9 | 100 | 3474 | 91,5 |
| l.m.s.S. | 20 | 7,8 | 102 | 3,4 | 10 | 2,2 | 1 | 1,9 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 3,5 |
| t.m.s.S. | 3 | 1,2 | 7 | 0,2 | 1 | 0,2 | 2 | 3,7 | 2 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0,4 |
| t.o.s.S. | 66 | 25,7 | 97 | 3,2 | 9 | 1,9 | 2 | 3,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 174 | 4,6 |
| Summe | 257 | 100 | 3001 | 100 | 462 | 100 | 54 | 100 | 10 | 100 | 4 | 100 | 9 | 100 | 3797 | 100 |
| Mortalität | | 26,9 | | 3,4 | | 2,1 | | 7,4 | | 20 | | 0 | | 0 | | 5,0 |



Abb. 19: Schuppenverluste bei einem Gründling aus dem Fang an der Wasserkraftschnecke (Foto MG).



Abb. 20: Rotaugen (Fang Wasserkraftschnecke) mit dem Schadensbild Flossenschäden (Foto OD). Bestimmend war die Abtrennung der Schwanzflosse, ergänzend traten Schuppenverluste auf.



Abb. 21: Toter Kaulbarsch mit dem Schadensbild Teildurchtrennung (Foto MG). Der Fisch wurde bei hochgezogenem Hamen stromab der Schnecke gefunden. Auch Fische im Hamenfang (Rotaugen, Flussbarsch, Gründling, Döbel) waren von solchen Schädigungen betroffen.

4.5.3 Schadensbilder, Überblick

Im folgenden Text werden all jene 149 Fische detailliert betrachtet, welche nach der Schneckenpassage äußerlich sichtbare Schäden zeigten. Auch die Arten ohne sichtbare Schäden (Aal, Koppe, Wels) sowie jene mit einer Individuenmenge von < 10 (Karausche, Karpfen, Moderlieschen und Zwergstichling) werden der Vollständigkeit halber vergleichend dargestellt (Tab. 9). Die Individuenmengen der einzelnen Schadensbilder und ihre prozentualen Anteile am Gesamtfang zeigt Tab. 10.

Tab. 9: Schadensbilder aller Fischarten nach deren Passage der Wasserkraftschnecke (n=149). Die Arten Aal, Koppe, Moderlieschen, Wels und Zwergstichling zeigten keine äußerlich sichtbaren Schäden (Abkürz.: l./t.m.s.S.=lebend / tot mit sichtbaren Schäden)

| Schnecke Art | Menge n | l.m.s.S. | | t.m.s.S. | | Abschürf. | | Schuppenv. | | Flossensch. | | Quetsch. | | Teildurch. | | Sonst. | |
|------------------|-------------|------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|----------|------------|------------|------------|--------|---|
| | | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | | |
| (Aal) | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bachschmerle | 31 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brasse | 255 | 19 | 5 | 0 | 0 | 18 | 75 | 1 | 4,2 | 2 | 8,3 | 0 | 0 | 3 | 12,5 | | |
| Döbel | 15 | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 25 | 0 | 0 | | |
| Dr.Stichling | 75 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 100 | | |
| Flussbarsch | 75 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 66,7 | 1 | 33,3 | 0 | 0 | | |
| Giebel | 11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 100 | 0 | 0 | | |
| Gründling | 269 | 21 | 1 | 1 | 4,5 | 10 | 45,5 | 6 | 27,3 | 3 | 13,6 | 2 | 9,1 | 0 | 0 | | |
| Hasel | 34 | 4 | 1 | 0 | 0 | 3 | 60 | 2 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Karausche | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Karpfen | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 66,7 | 1 | 33,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Kaulbarsch | 110 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| (Koppe) | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| (Moderlieschen) | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Rotaugen | 2789 | 78 | 2 | 22 | 27,5 | 26 | 32,5 | 28 | 35 | 2 | 2,5 | 2 | 2,5 | 0 | 0 | | |
| (Wels) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Zander | 82 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| (Zwergstichling) | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Summe | 3797 | 134 | 15 | 23 | 15,4 | 61 | 40,9 | 40 | 26,8 | 14 | 9,4 | 7 | 4,7 | 4 | 2,7 | | |

Tab. 10: Mengen und Anteile am Gesamtfang der sichtbar geschädigten Fische (Schneckenpassage)

| Schadensbild | Anteil [%] am Gesamtfang | betroffene Arten | Individuen mit Schadensbild | davon tot |
|---------------------|--------------------------|---|-----------------------------|-----------|
| Schuppenverluste | 1,6 | Brasse, Döbel, Gründling, Hasel, Rotaugen, Zander | 61 | 1 |
| Flossenschäden | 1,1 | Brasse, Gründling, Hasel, Karusche, Karpfen, Rotaugen | 40 | 1 |
| Abschürfungen | 0,6 | Gründling, Rotaugen | 23 | 0 |
| Quetschungen | 0,4 | Bachschmerle, Brasse, Flussbarsch, Gründling, Karpfen, Kaulbarsch, Rotaugen | 14 | 4 |
| Teildurchtrennungen | 0,2 | Döbel, Flussbarsch, Giebel, Gründling, Rotaugen | 7 | 5 |
| Sonstige | 0,1 | Brasse, Dreist. Stichling | 4 | 4 |
| Summen | | 13 Arten | 149 | 15 |

Die prozentualen Häufigkeiten der Versehrtheitsklassen aller Fische (n=3797) und der Schadensbilder der sichtbar geschädigten Fische (n=149) sind in Abb. 22 dargestellt.

An 61 dieser 149 Individuen (40,9%, Abb. 25) konnten deutliche **Schuppenverluste** (Abb. 9, Abb. 19) beobachtet werden. Betroffen war die 6 Arten Brasse, Döbel, Gründling, Hasel, Rotaugen und Zander. Von diesen 61 Fischen waren 60 lebendig, nur 1 Individuum (Brasse) tot (t.m.s.S.). Bezogen auf den Gesamtfang hinter der **Wasserkraftschnecke (n=3797) zeigten 1,6% aller Fische das Schadensbild Schuppenverluste** (Tab. 10, Abb. 22).

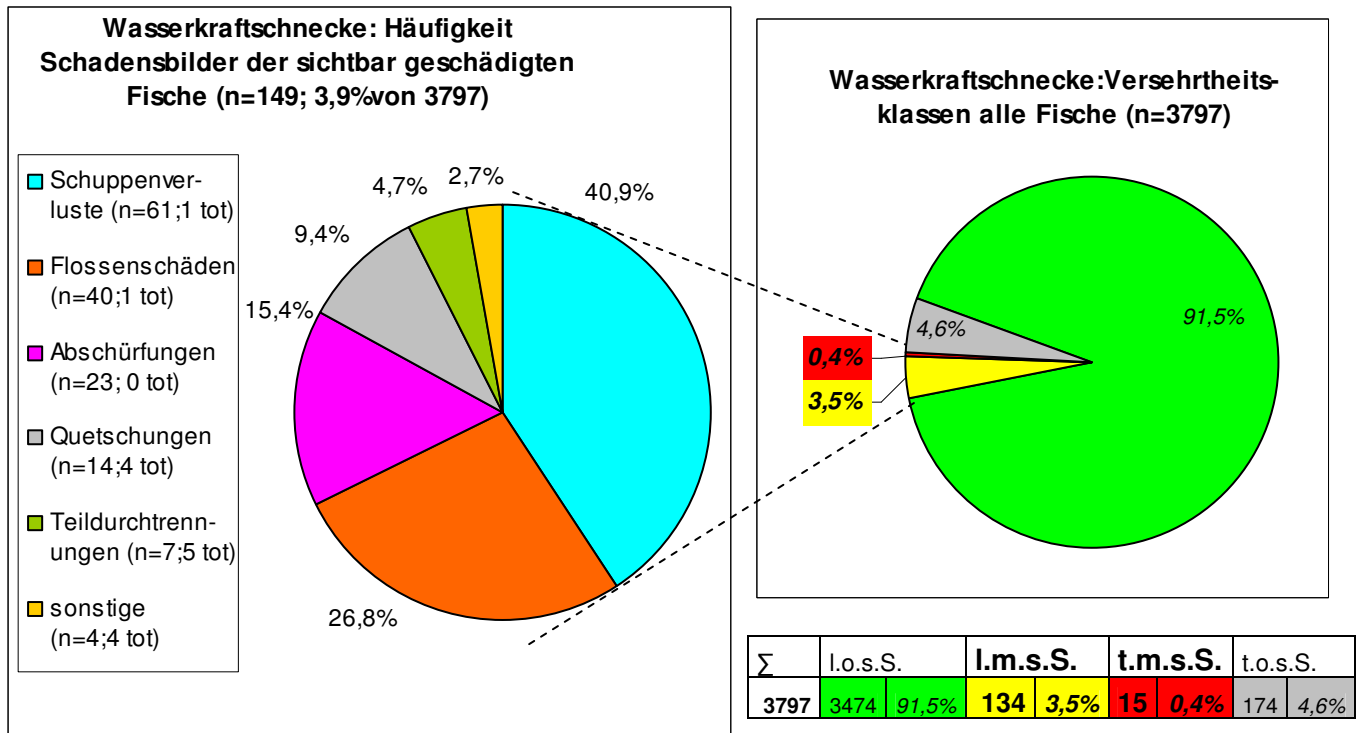


Abb. 22: Häufigkeit Schadensbilder der Fische aus der Wasserkraftschnecke, re.: Versehrtheitsklassen. (l./t.o.s.S. = lebend / tot ohne sichtbare Schäden; l./t.m.s.S. = lebend / tot mit sichtbaren Schäden).

Von den beschädigten Fischen war etwa jeder 4. durch **Flossenschäden** gekennzeichnet (Anteil 26,8%, s. Abb. 22). Einzelne Flossen waren eingeschnitten / teilabgetrennt, bei wenigen Fischen war die gesamte Schwanzflosse abgeschnitten. Die Individuen gehörten zu den 6 Arten Brasse, Gründling, Hasel, Karausche, Karpfen und Rotaugen. 39 dieser Fische waren lebendig, einer (Hasel) tot. Bezogen auf den Gesamtfang (n=3797) waren **1,1% aller Fische vom Schadensbild Flossenschäden** betroffen (Tab. 9, Abb. 9 + 20).

Abschürfungen wurden an 23 Individuen (22 Rotaugen, 1 Gründling; 15,4% aller sichtbar geschädigten Fische, Abb. 22) beobachtet. Alle Fische waren lebendig. Kennzeichnend für dieses Schadensbild ist der flächige Abrieb der Haut, z. T. bis auf die Muskulatur (s. Abb. 9). Bezogen auf den Gesamtfang (n=3797) waren **0,6% aller Fische vom Schadensbild Abschürfungen** betroffen (Tab. 10).

Quetschungen konnten an insgesamt 14 Individuen der Arten Bachschmerle, Brasse, Flussbarsch, Gründling, Karpfen, Kaulbarsch und Rotaugen beobachtet werden (4 tote: jeweils 1 x Bachschmerle, Brasse, Flussbarsch, Rotaugen). Der Anteil dieses Schadensbildes an den geschädigten Fischen lag bei 9,4% (**am Gesamtfang: 0,4%**).

Teildurchtrennungen konnten an 7 Individuen aus 5 Arten (Döbel, Flussbarsch, Giebel, Gründling und Rotauge) beobachtet werden, damit waren 4,7% der beschädigten Fische diesem Schadensbild zuzuordnen (**0,2% vom Gesamtfang**). Mitunter fehlten ganze Stücke einzelner Körperteile (z. B.: untere Hälfte des Kopfes abgetrennt), z. T. war der Fischkörper ventral bis zur Wirbelsäule aufgetrennt (toter Flussbarsch in Abb. 9). Nur 2 der 7 teildurchtrennten Fische (1 Gründling, 1 Rotaug) waren noch lebendig.

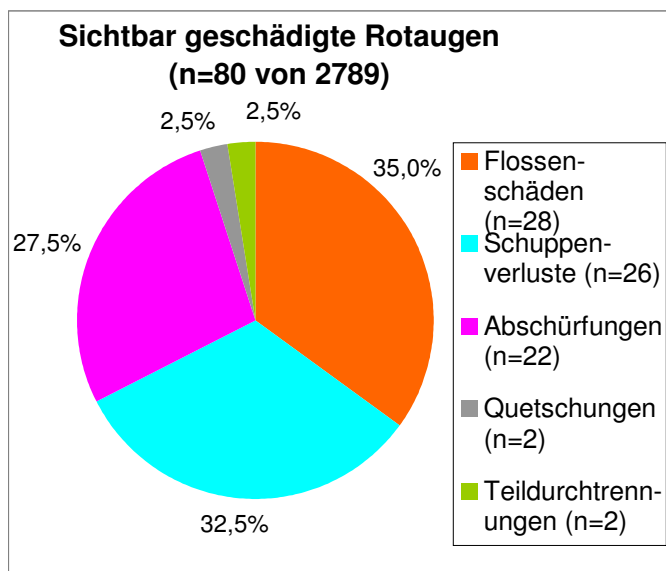
4 Individuen (3 Brassen, 1 Dreistachliger Stichling) zeigten **sonstige Schäden**, wie z. B. Blutungen in den Augen. Der Anteil der sonstigen Schäden lag bei 2,7% (**bwz. 0,1% am Gesamtfang**). Alle diese Fische waren tot.

4.5.4 Schadensbilder, einzelne Arten

4.5.4.1 Rotaug

Das Rotaug war die insgesamt häufigste Art im Fang in der FAA (n=235) und hinter der Wasserkraftschnecke (n=2789; Länge 4-26 cm). Die größte Menge der über die Schnecke abgestiegenen Rotaugen (n=2665, 95,6%) war lebendig ohne sichtbare Schäden (Abb. 23, re.). Ihr Anteil lag damit deutlich über dem Wert dieser Versehrtheitsklasse bei der FAA (72,3%).

44 Rotaugen aus der Schneckenpassage (1,6%) waren tot ohne sichtbare Schädigungen. Jeweils 1 totes Rotaug trug das Schadensbild Quetschungen/Schlagmale (1 von 2 tot) oder Teildurchtrennungen (1 von 2 tot). Die Rotaugen der Versehrtheitsklasse I.m.s.S. (n=78; 2,8%) zeigten überwiegend Flossenschäden (n=28, Abb. 23, 20), Schuppenverluste (n=26) und Abschürfungen (n=22). Jeweils 1 Individuum dieser Versehrtheitsklasse hatte Quetschungen bzw. Teildurchtrennungen.



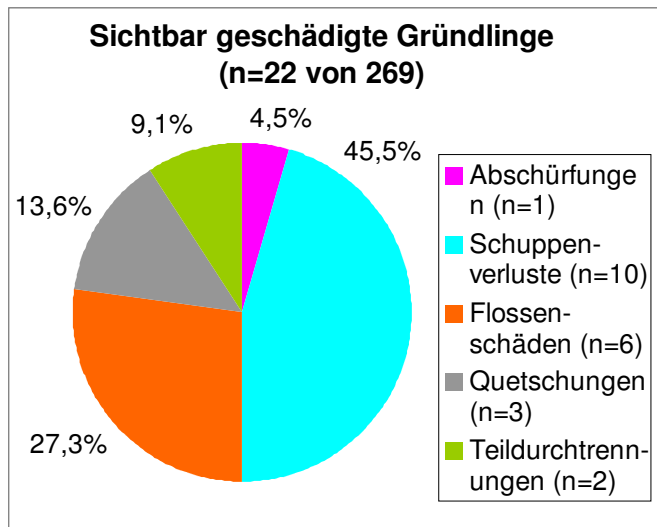
| $\Sigma=2789$ | I.o.s.S. | | I.m.s.S. | | t.m.s.S. | | t.o.s.S. | | |
|---------------|----------|------|----------|----|----------|---|----------|----|-----|
| n | % | | n | % | n | % | n | % | |
| | | 2665 | 95,6 | 78 | 2,8 | 2 | 0,1 | 44 | 1,6 |

Abb. 23: Häufigkeit Schadensbilder beim Rotaug (n=80), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

Beim Rotaug muss der Massenabstieg vom 23. auf den 24.10.10 beachtet werden. Von den 2109 Rotaugen dieser Nacht waren 97,6% (n=2059) lebendig ohne sichtbare Schäden, 2,1% (n=44) lebendig mit sichtbaren Schäden. Es wurden keine Rotaugen aus der Klasse t.m.s.S., jedoch 6 tote Rotaugen (0,3%) ohne sichtbare Schäden, nachgewiesen. Blicke der 23.10.10 unberücksichtigt, wären im verbliebenen Gesamtzeitraum 680 Rotaugen hinter der Schnecke gezählt worden. Hiervon wären 89,1% (n=606) I.o.s.S., 5% (n=34) I.m.s.S., 0,3% (n=2) t.m.s.S. und 5,6% (n=38) tot ohne sichtbare Schäden (ähnliche Werte wie beim Gründling).

4.5.4.2 Gründling

Der Gründling war die zweithäufigste Art im Fang hinter der Wasserkraftschnecke (n=269; Länge 4-15 cm). Die größte Menge der Gründlinge (n=243, 90,3%) war lebendig ohne sichtbare Schäden. 4 Individuen (1,5%) waren tot ohne sichtbare Schäden. 22 Gründlinge zeigten äußerlich sichtbare Schäden (Abb. 24, rechts). 10 davon (45,5% von 22) zeigten Schuppenverluste (Abb. 19), 6 (27,3%) waren von Flossenschäden betroffen. Seltener waren Quetschungen / Schlagmale (3 Ind., davon 1 tot) und Teildurchtrennungen (n=2; 9,1%). Nur 1 Gründling war dem Schadensbild Abschürfungen zuzuordnen.

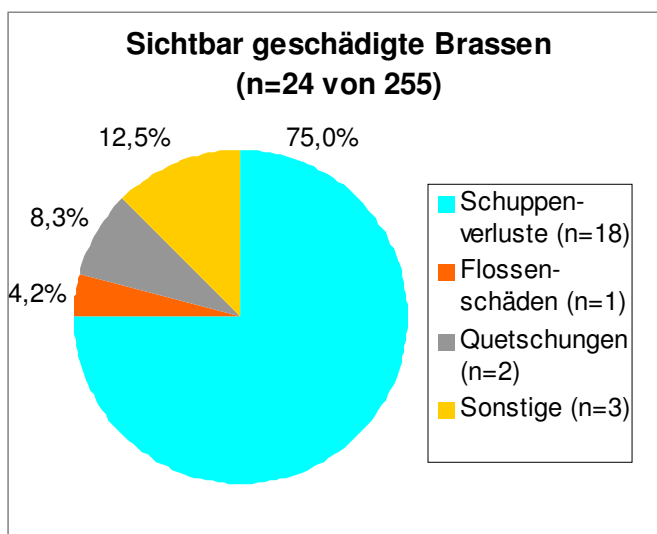


| Σ=269 | | l.o.s.S. | | l.m.s.S. | | t.m.s.S. | | t.o.s.S. | |
|-------|---|----------|------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|
| n | % | | | | | | | | |
| | | 243 | 90,3 | 21 | 7,8 | 1 | 0,4 | 4 | 1,5 |

Abb. 24: Häufigkeit Schadensbilder beim Gründling (n=22), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

4.5.4.3 Brasse

Die Brassen aus dem Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke (dritthäufigste Art mit n=255; Länge 3-24 cm) waren überwiegend lebend ohne sichtbare Schäden (n=174, 68,2%; Abb. 25, rechts), 57 waren tot ohne sichtbare Schäden (22,4%). Von den sichtbar geschädigten Brassen waren 75% (n=18) durch Schuppenverluste gekennzeichnet (17 x lebendig, 1 x tot). Vereinzelt wurden Flossenschäden (n=1) und Quetschungen (n=2, davon 1 x tot) beobachtet. 3 Brassen (alle tot) waren von Blutungen in den Augen betroffen (sonstige Schäden).



| Σ=255 | | l.o.s.S. | | l.m.s.S. | | t.m.s.S. | | t.o.s.S. | |
|-------|---|----------|------|----------|-----|----------|---|----------|------|
| n | % | | | | | | | | |
| | | 174 | 68,2 | 19 | 7,5 | 5 | 2 | 57 | 22,4 |

Abb. 25: Häufigkeit Schadensbilder bei der Brasse (n=24), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

4.5.4.4 Kaulbarsch

Im Abstiegskorridor Wasserkraftschnecke konnten 110 Kaulbarsche (Länge 5-13 cm) nachgewiesen werden. Mit einem Fanganteil von 2,9% war der Kaulbarsch die vierthäufigste Art. Er erwies sich als sehr unempfindlich gegenüber Schädigungen (l.o.s.S. = 93,6%, s. Abb. 26, rechts). 107 Kaulbarsche waren ohne sichtbare Schäden (103 lebendig, 4 tot). Die 3 sichtbar geschädigten Kaulbarsche (alle lebendig) zeigten alle Spuren von Quetschungen.

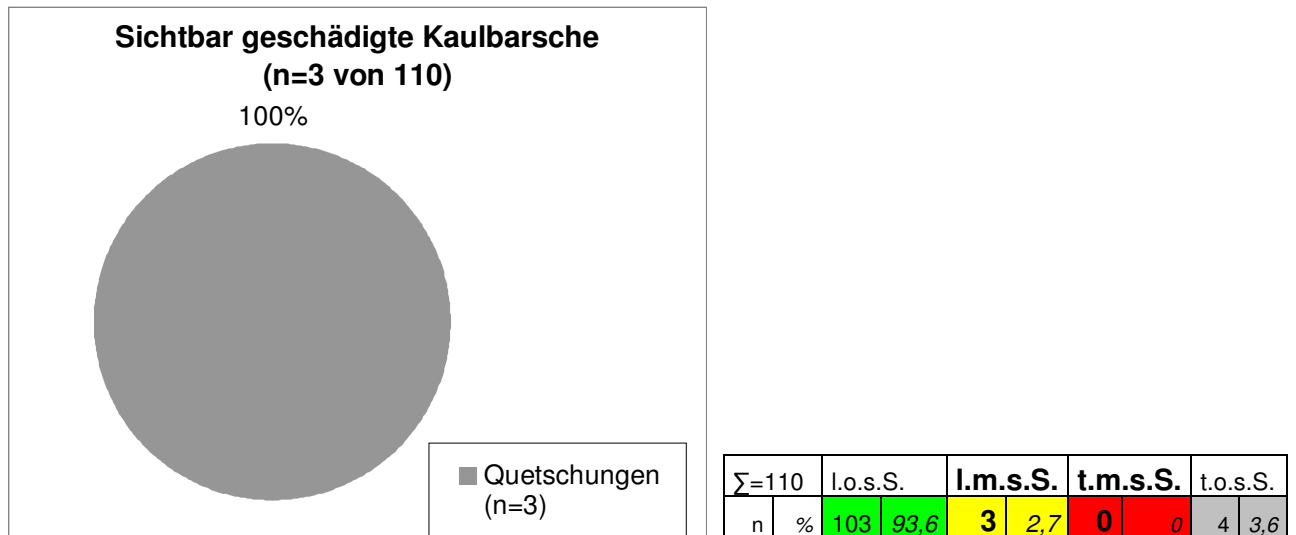


Abb. 26: Häufigkeit Schadensbilder beim Kaulbarsch (n=3), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

4.5.4.5 Zander

Hinter der Wasserkraftschnecke konnten insgesamt 82 Zander gefangen werden (Anteil am Gesamtfang = 2,2%; Länge 5-19 cm). Der Zander erwies sich als überaus unempfindlich gegenüber Schädigungen. 81 Zander waren ohne äußerlich sichtbare Schäden (79 lebendig = 96,3%; 2 tot = 2,4%, s. Abb. 27). Lediglich ein Zander (1,2% aller gefangenen Zander) war durch Schuppenverluste sichtbar geschädigt.

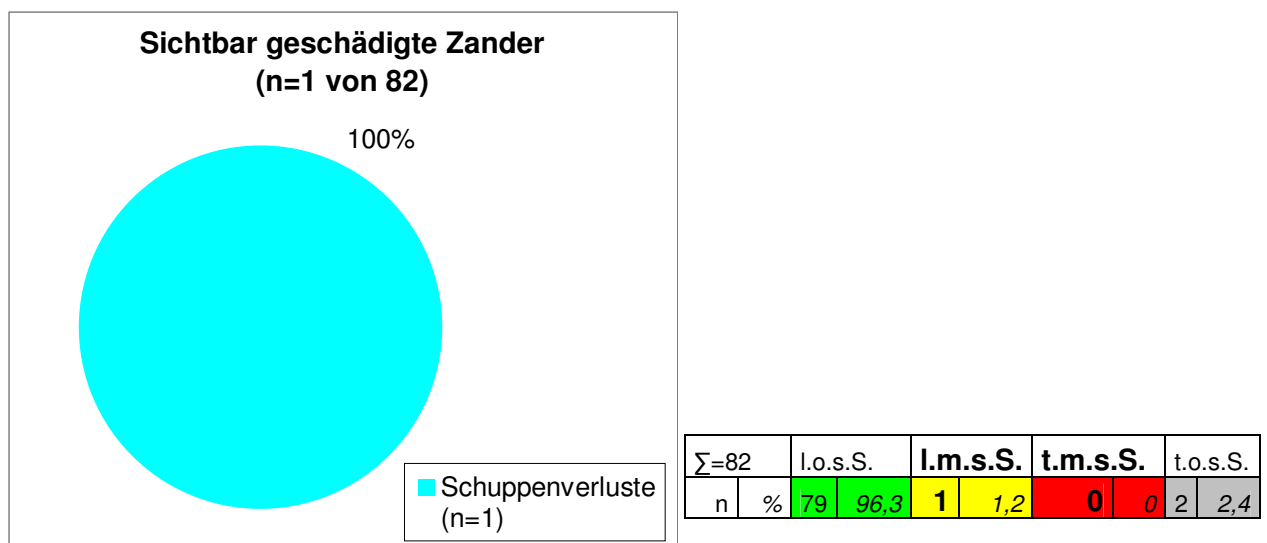


Abb. 27: Häufigkeit Schadensbilder beim Zander (n=1), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

4.5.4.6 Flussbarsch

Mit einem Fanganteil von 2% (n=75, Länge 8-23 cm) war der Flussbarsch die sechsthäufigste Art im Fang hinter der Wasserkraftschnecke. Mit 85,3% (n=64, s. Abb. 28) war der Anteil der lebendigen, äußerlich unbeschädigten Flussbarsche geringer als bei den anderen Barschartigen (Zander 96,3%; Kaulbarsch 93,6%). 8 Flussbarsche waren tot ohne sichtbare Schäden. 2 Individuen zeigten Spuren von Quetschungen/Schlagmalen (1 x tot, 1 x lebendig). 1 Flussbarsch war durch eine tödliche Teildurchtrennung gekennzeichnet.

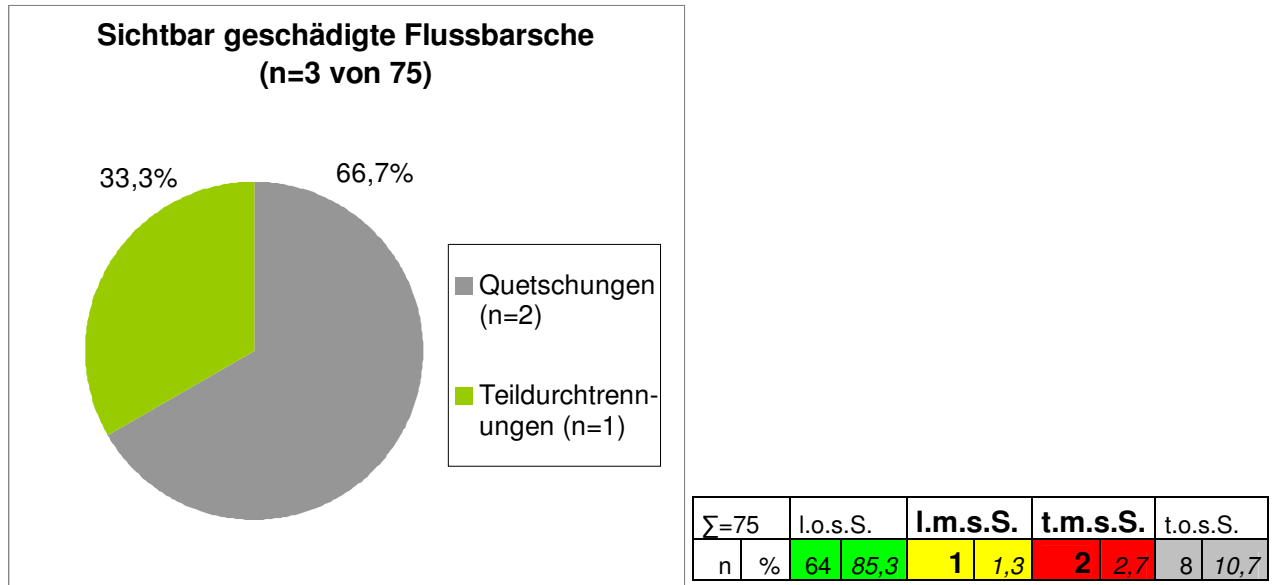


Abb. 28: Häufigkeit Schadensbilder beim Flussbarsch (n=3), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

4.5.4.7 Dreistachliger Stichling

Von den 75 Dreistachligen Stichlingen aus dem Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke (Länge 3-8 cm) waren 74 Individuen ohne sichtbare Schäden (37 lebendig, 37 tot; Abb. 29). Lediglich 1 toter Dreistachliger Stichling aus dem Hamen wies äußerlich sichtbare Schäden auf (blutige Augen, Schadensbild „Sonstige“).

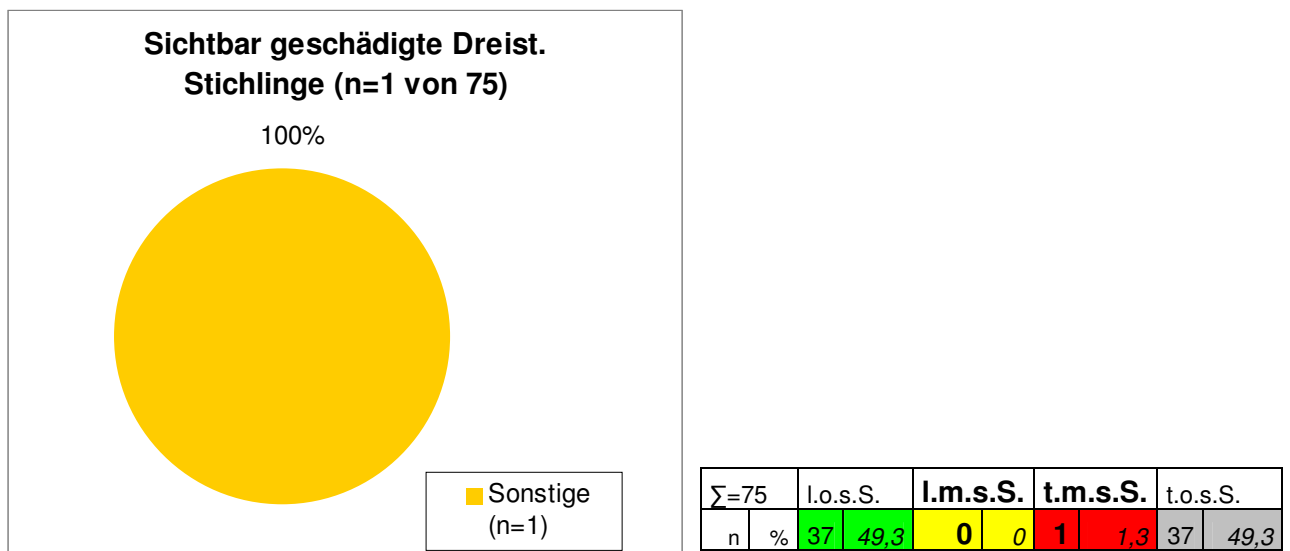


Abb. 29: Häufigkeit Schadensbilder beim Dreist. Stichling (n=1), rechts Versehrtheitsklassen (Erl.: Tab. 1).

4.5.4.8 Hasel

Im Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke wurden 34 Hasel gefangen (4-16 cm, 0,9% vom Gesamtfang), davon waren 50% lebendig und äußerlich unversehrt. Der Anteil der sichtbar Geschädigten lag bei 14,7% (n=5, l.m.s.S. + t.m.s.S., Abb. 30). An 3 Haseln waren Schuppenverluste zu beobachten (alle 3 lebendig), 2 Hasel zeigten Flossenschäden (1 x tot, 1 x lebendig). Der Anteil der Toten ohne sichtbare Schäden war mit 35,3% (n=12) im Vergleich zu den anderen Arten sehr hoch.

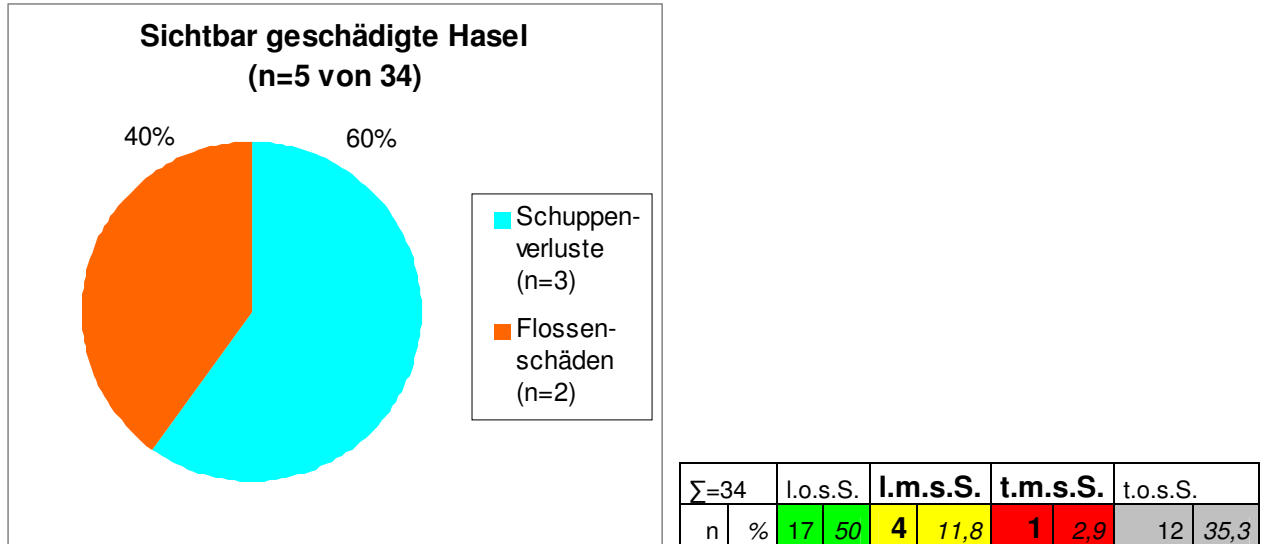


Abb. 30: Häufigkeit Schadensbilder beim Hasel (n=5), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

4.5.4.9 Döbel

Der Döbel hatte einen Anteil von 0,4% am Gesamtfang im Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke. Von den 15 Döbeln (Länge 3-16 cm) waren 8 (53,3%) lebendig ohne sichtbare Schäden. 4 Döbel trugen äußerlich sichtbare Schäden (Abb. 31). 3 zeigten Schuppenverluste (alle lebendig), einer war teildurchgetrennt (tot). 3 Döbel (20%) waren tot ohne sichtbare Schäden.

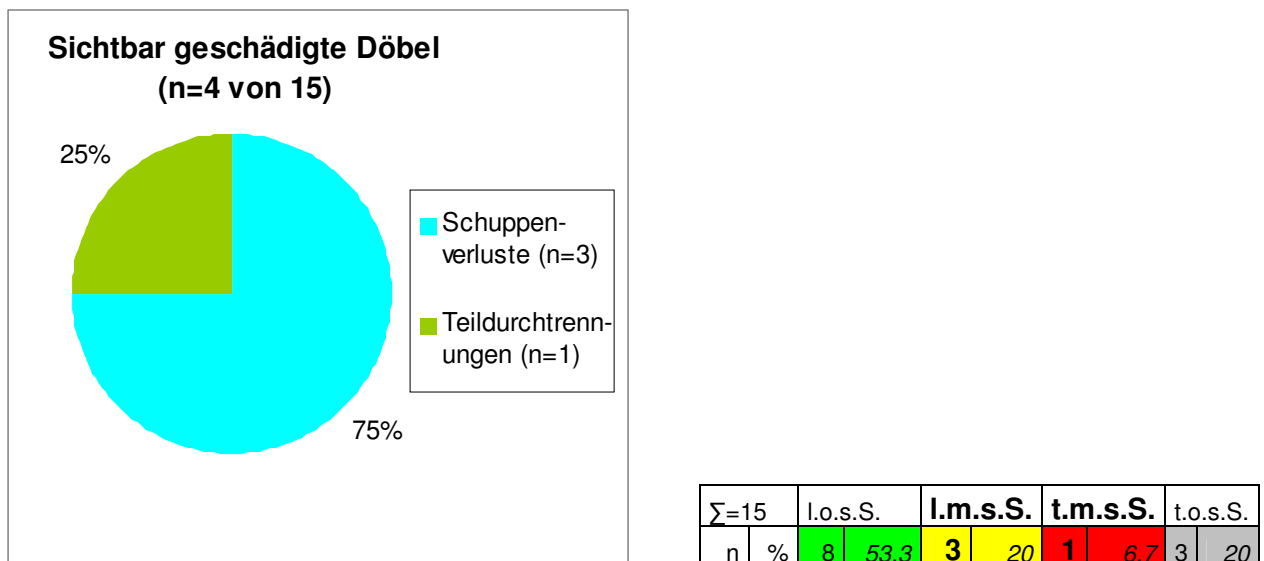


Abb. 31: Häufigkeit Schadensbilder beim Döbel (n=4), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

4.5.4.10 Bachschmerle

Hinter der Wasserkraftschnecke wurden 31 Bachschmerlen gefangen (Länge 4-8 cm). Davon waren 29 Individuen (93,5%) lebendig und ohne sichtbare Schäden (Abb. 32). 1 Bachschmerle war tot mit dem Schadensbild Quetschungen, 1 weitere tot ohne sichtbare Schäden. Zum Vergleich: alle 19 Bachschmerlen aus der FAA waren lebendig und ohne sichtbare Schäden (Tab. 6).

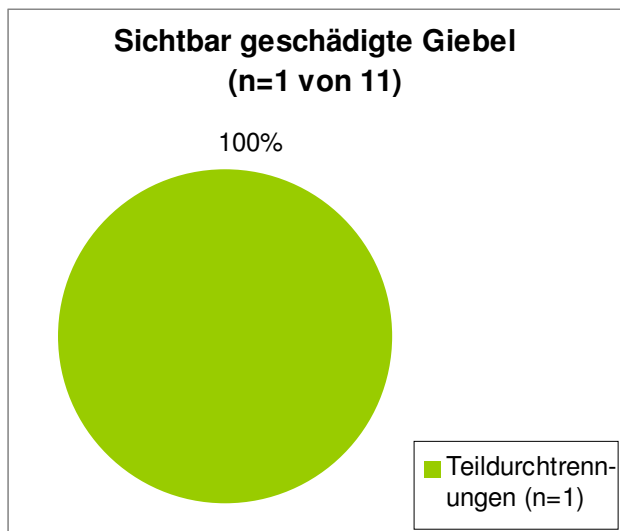


| $\Sigma=31$ | l.o.s.S. | | l.m.s.S. | | t.m.s.S. | | t.o.s.S. | | |
|-------------|----------|----|----------|---|----------|---|----------|---|-----|
| n | % | 29 | 93,5 | 0 | 0 | 1 | 3,2 | 1 | 3,2 |

Abb. 32: Häufigkeit Schadensbilder bei der Bachschmerle (n=1), rechts Versehrtheitsklassen (Erl.: Tab.1).

4.5.4.11 Giebel

Im Fang hinter der Wasserkraftschnecke war der Giebel mit 11 Individuen vertreten (Länge 3-6 cm). Davon waren 10 (90,9%) lebendig ohne sichtbare Schäden (Abb. 33). 1 Giebel war tot (Schadensbild Teildurchtrennungen).



| $\Sigma=11$ | l.o.s.S. | | l.m.s.S. | | t.m.s.S. | | t.o.s.S. | | |
|-------------|----------|----|----------|---|----------|---|----------|---|---|
| n | % | 10 | 90,9 | 0 | 0 | 1 | 9,1 | 0 | 0 |

Abb. 33: Häufigkeit Schadensbilder beim Giebel (n=1), rechts Versehrtheitsklassen (Erläut.: Tab. 1).

4.5.4.12 Fischarten ohne sichtbare Schäden: Aal, Wels, Koppe

Im Hamen hinter der Wasserkraftschnecke konnten auch die Arten Aal ($n=13$; Anteil 0,3% am Gesamtfang; Abb. 34) und Wels ($n=10$; 0,3%; 8-15 cm; Abb. 35) nachgewiesen werden. Alle Individuen dieser beiden Arten waren lebendig und ohne sichtbare Schäden. Die Aale hatten Längen von 31 bis 79 cm, wovon 8 Individuen (> 40 cm, Fang im Oktober / November) mehr oder weniger deutlich als Blankaale zu identifizieren waren (Tiere mit vergrößertem Augendurchmesser und silberblanker Färbung auf der Abwanderung zu den Laichgründen im Atlantik). Außerdem konnten hinter der Wasserkraftschnecke - jedoch nicht in der FAA - 15 Koppen in Längen von 4-14 cm gefangen werden (Abb. 36). Davon waren 14 Individuen (93,3%) lebendig ohne sichtbare Schäden. 1 Koppe (7 cm) war tot, ohne dass äußerlich Schäden erkennbar waren (möglich: Schädigung Fangtechnik).



Abb. 34: Alle Aale aus der Schneckenpassage waren lebendig und ohne sichtbare Schäden (Foto MM).

4.5.4.13 seltene Nachweise: Karausche, Karpfen, Moderlieschen, Zwergstichling

Die Arten Karausche ($n=1$), Karpfen ($n=4$), Moderlieschen ($n=5$) und Zwergstichling ($n=3$) bleiben aufgrund ihrer geringen Individuenmengen in der vergleichenden Darstellung (Abb. 17) unberücksichtigt. Details werden hier nachgeholt.

Die 3 Zwergstichlinge waren alle ohne sichtbare Schäden, 1 Individuum jedoch tot. In der FAA konnte 1 Zwergstichling (lebendig ohne sichtbare Schäden, Tab. 6) nachgewiesen werden.

Die 5 Moderlieschen vom Fang hinter der Wasserkraftschnecke (in der FAA ohne Nachweis) waren alle lebendig ohne sichtbare Schäden.

3 von 4 Karpfen aus dem Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke (Längen 6-8 cm) waren lebendig mit sichtbaren Schäden (2 x Flossenschäden, 1 x Quetschung). 1 Karpfen war lebendig und unversehrt. Die beiden Karpfen aus der FAA waren lebendig ohne sichtbare Schäden.

Die einzelne Karausche (Länge 19 cm) aus dem Fang hinter der Wasserkraftschnecke war lebendig, hatte jedoch Flossenschäden. In der FAA konnte die Art nicht nachgewiesen werden.



Abb. 35: Hinter der Schnecke wurden 10 Welse (bis 18 cm) gefangen, alle waren unversehrt (Foto RH). Diese Art konnte in Krechting vorher nicht nachgewiesen werden.



Abb. 36: 15 Koppfen wurden im Hamen gefangen: 14 unversehrt, 1 tote (ohne sichtbare Schäden) (Foto CE). Seit 2007 hat der Koppfen-Bestand im Bereich der Wehranlage Krechting deutlich zugenommen.



Abb. 37: Die letzte Leerung der Hamen-Steertreue erfolgte am 4.11.10 (Foto MM). Die starke Laubdrift führte zur schnellen Verstopfung des Netzschlauchs (weiß) und der Reuse (grün).

5 Diskussion

5.1 Methodik

Zum Nachweis von Fischen in der Ausleitung von Wasserkraftanlagen werden meist modifizierte Schwalgreusen oder – insbesondere bei Abflüssen $> 1 \text{ m}^3/\text{s}$ - bevorzugt Hamen eingesetzt (DWA 2005, FISHTEK 2007, 2008, 2009a+b, HOLZNER 1999, TOMBEK & HOLZNER 2008, RATHCKE 1993, SCHMALZ 2010). Bei der Untersuchung des Fischabstiegs über Fischaufstiegsanlagen kommen meistens Flügelreusen oder Schwalgreusen zum Einsatz (RATHCKE 1993, SCHMALZ 2002, SCHMALZ 2010).

Zur Erfassung der über die Wasserkraftschnecke in Krechting abgestiegenen Fische wurde ein extra für die Untersuchung angefertigter Hamen eingesetzt. Die verwendete Maschenweite (30 mm / 20 mm / 15 mm / 10 mm im Netzschlauch und 6 mm im Steert) und die zusätzliche Auskleidung des Bodenbereichs und der Seiten (Netzblatt mit 10 mm MW) erwiesen sich als gut geeignet, um absteigende Fische – auch jene in Körperlängen $< 10 \text{ cm}$ - effizient abzufangen.

Bei stark zunehmenden Laubmengen Ende Oktober (KW 43, 44) verstopfte das Fanggeschirr (Hamen, Netzschlauch, Steerteuse) jedoch sehr schnell. Die Hamenbefischungen mussten daraufhin am 2.11.2010 (23:00) vorerst und am 4.11.2010 endgültig abgebrochen werden (s. Abb. 13, 37).

Auf eine Erfassung der über das Wehr abgestiegenen Fische wurde verzichtet. Im Spätsommer waren die Abflüsse der Aa so gering, dass in der Regel kein Wasser über das Wehr abgeschlagen wurde (Abb. 2, Abb. 7). Im Herbst wurde meist nur an wenigen Stunden überschüssiges Wasser über das Wehr abgeschlagen. Mit stark steigenden Abflüssen Anfang November war das Wehr permanent überströmt (Abb. 40). Eine Beprobung war bei diesen Abflüssen jedoch nicht möglich.

Hinsichtlich der Repräsentativität ist davon auszugehen, dass die Betrachtung von natürlich am Wasserkraftstandort abwandernden Fischen (eigene Untersuchungen, HOLZNER 1999, TOMBEK & HOLZNER 2008, SCHMALZ 2002, SCHMALZ 2010) eine größere Aussagekraft besitzt als die Verwendung von Versuchsfischen, welche dem zu untersuchenden Abwanderungskorridor (Wasserkraftanlage, Bypass, Fischaufstiegsanlage) direkt zugeführt werden (SPÄH 2001, FISHTEK 2007, FISHTEK 2009b). Unter Umständen sind dabei hälterungsbedingte Schädigungen an den Versuchsfischen zu berücksichtigen (z. B. Flossenschäden, wie sie an aus Teichanlagen stammenden Forellen, welche mitunter als Versuchsfische eingesetzt werden, gelegentlich zu beobachten sind). Gravierender erscheint jedoch, dass die „natürlich“ in einem Gewässer vorkommenden und nicht zur Abwärtswanderung gezwungenen Fische an das zu untersuchende Gewässer besser angepasst sind und ihre Abwanderungsbewegungen – bzw. Ausweichbewegungen - unter natürlicher Motivation durchführen. Dabei wirken die den natürlichen Abstieg flankierenden Faktoren (Abfluss, Wassertemperatur, innere Motivation der Fische,...) unverfälscht auf das Verhalten der Fische ein. Aus diesen Gründen bieten Abstiegsuntersuchungen, welche über einen längeren Zeitraum (durchgehend bzw. unterbrochen) unter Verwendung des natürlichen Potenzials an absteigenden Fischen durchgeführt werden, eine verlässliche Basis um die Abwanderungsbewegungen, die präferierten Korridore und die Schädigungen der Fische an einer Wasserkraftanlage plausibel bewerten zu können.

Zu beachten ist jedoch auch hier, dass es durch das Fanggeschirr (Hamen, Fangkasten, Reuse, etc.) zu möglichen **Schädigungen der Fische zum Zeitpunkt nach der Passage** der Wasserkraftanlage kommen kann. Um diesen Effekt gewichten zu können, wurden bei Abstiegsuntersuchungen an einer Wasserkraftschnecke an der Werra bei Meiningen (SCHMALZ 2010) die Intervalle der Fanggeschirrleerung (Steertreuse am Hamen, dieser an Reusenkasten hinter der Wasserkraftschnecke) vom normalen 3h-Takt reduziert auf mehrfache Leerungen pro Stunde (30 bzw. 15 min-Takt). Dadurch ließ sich der Anteil der „unverletzten Fische“ (Verletzungskategorie 1) in der Hälterung von zuvor 68% (3h-Takt) auf dann 75% (15 bzw. 30 min-Takt) steigern (SCHMALZ 2010). Im direkten Vergleich zeigte die in Krechting überprüfte Wasserkraftschnecke mit der hier angewandten Versuchstechnik (Hamen, Netzschlauch als Verlängerung, Steertreuse im strömungsberuhigten Bereich; Leerung im 3 bzw. 6h-Takt) einen deutlich höheren Anteil an Fischen der Versehrtheitsklasse „lebendig ohne sichtbare Schäden“ (im Mittel 91,5%).

Um die von dem Fanggeschirr ausgehende Schädigung der Fische überprüfen zu können, müssten Kontrollgruppen von unversehrten Fischen ohne Passage durch die Schnecke dem Hamen direkt zugeführt werden. Auf diesem Weg ließe sich ein artspezifischer Korrekturfaktor ermitteln, um die Anteile der durch die Fangtechnik geschädigten Fische herausrechnen zu können (FISHTEK 2007).

Die in Krechting verwendete Einteilung der Fische in Versehrtheitsklassen (*I. lebendig ohne sichtbare Schäden, II. lebendig mit sichtbaren Schäden, III. tot mit sichtbaren Schäden, IV. tot ohne sichtbare Schäden*) und die genaue Zuordnung der Fische aus den Versehrtheitsklassen II und III zu Schadensbildern (*1. Abschürfungen, 2. Schuppenverluste, 3. Flossenschäden, 4. Quetschungen/Schlagmale, 5. Teildurchtrennungen, 6. Sonstige*, s. Tab. 1 und Abb. 9) erwies sich als praktikabel und aussagekräftig, um die Schädigungen der Fische und die möglichen Ursachen übersichtlich zu dokumentieren. Aus den Anteilen der Versehrtheitsklassen III (t.m.s.S. an Wasserkraftschnecke Krechting = 0,4%) und IV (t.o.s.S. = 4,6%) lässt sich direkt die Mortalitätsrate M ablesen (hier $M = 5\%$, $M = t * 100 / n$; mit $t = \text{Anzahl getötete Fische}$, $n = \text{Gesamtmenge aller registrierten Fische}$, DWA 2005). Die Versehrtheitsklasse III (tot mit sichtbaren Schäden) ermöglicht es, die erkennbar durch die Wasserkraftanlage geschädigten, toten Fische von den unspezifischen Toten (Versehrtheitsklasse IV: tot ohne sichtbare Schäden) direkt abzugrenzen.

Die Erfassung der Begleitparameter (Temperatur, Pegelstand im Einlaufbecken der FAA als Maß für den Abfluss) brachte Hinweise auf die die Abwanderung beeinflussenden abiotischen Faktoren. Bei zukünftigen Abstiegsuntersuchungen an Wasserkraftanlagen (WKA) sollten darüber hinaus folgende Punkte beachtet werden

- Erfassung der Pegelstände im Unterwasserbereich (Ausleitung Wasserkraftanlage)
- Kontinuierliche Erfassung der Leistungsdaten der WKA während des Fischabstiegs
- Kontinuierliche Erfassung der genauen Abflüsse in den Abwanderungskorridoren
- Erfassung von Fischansammlungen oberhalb der WKA bzw. FAA (Video, DIDSON, o. ä.).

5.2 Absteigermengen, Arten, Fischlängen

Insgesamt konnten in Krechting während der 33 Untersuchungstage 4342 Fische (545 in FAA; 3797 hinter der Schnecke) aus 20 Arten bei ihrer stromabgerichteten Passage gefangen werden. Die dominierenden Fischarten in der FAA waren Rotaugen (43,1%), Brasse (15,2%),

Giebel (12,5%), Gründling (6,8%) und Dreistachliger Stichling (4,6%). Im Fang hinter der Schnecke dominierten Rotaugen (73,5%), Gründling (7,1%), Brasse (6,7%), Kaulbarsch (2,9%) und Zander (2,2%).

Bei den Untersuchungen in 2007/2008 zur Funktionsfähigkeit der FAA Krechting wurden überwiegend die Arten Rotaugen (29,4%), Flussbarsch (27,5%), Gründling (23,8%) und Hasel (8,9%) nachgewiesen (EDLER 2011). Für die seinerzeit im Aufstieg gefangenen Arten Aland, Bachforelle, Bachsaibling, Bitterling, Rotfeder und Hecht konnten aktuell im Abstieg keine Nachweise erbracht werden. Hingegen konnten Ukelei, Wels und Zwergstichling erstmals 2010 in Krechting nachgewiesen werden (Tab. 11). Die Welse wie auch die Karpfen (Jungfische aus 2010 bzw. 2009) stammen wahrscheinlich aus weiter stromauf gelegenen Abschnitten der Bocholter Aa (Stillgewässerabschnitte in Pröbsting), in denen sie sich anscheinend selbsterhaltend reproduzieren (FLASBERG mdl.).

Tab. 11: Nachweise einzelner Arten in Krechting im Abstieg (2010) bzw. Aufstieg (2007/08, EDLER 2011)

| Art | Nachweis im Aufstieg FAA 2007/2008 | Nachweis im Abstieg FAA 2010 | Nachweis im Abstieg Schnecke 2010 |
|----------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Aland | + | - | - |
| Bachforelle | + | - | - |
| Bachsaibling | + | - | - |
| Bitterling | + | - | - |
| Hecht | + | - | - |
| Rotfeder | + | - | - |
| Brasse | bis 58 cm | bis 13 cm | bis 24 cm |
| Döbel | bis 36 cm | bis 6 cm | bis 16 cm |
| Flussbarsch | bis 37 cm | bis 19 cm | bis 23 cm |
| Hasel | bis 26 cm | bis 15 cm | bis 16 cm |
| Karpfen | bis 48 cm | bis 5 cm | bis 8 cm |
| Schleie | bis 46 cm | bis 6 cm | - |
| Ukelei | - | bis 6 cm | - |
| Wels | - | bis 14 cm | bis 15 cm |
| Zwergstichling | - | bis 5 cm | bis 5 cm |

Ein Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit anderen Untersuchungen zeigt, dass die Abstiegs mengen in Krechting vergleichsweise hoch waren (durchschnittlicher Tagesfang Schnecke 115 Ind./d, FAA 16,5 Ind./d). SCHMALZ (2010) konnte bei seinen Untersuchungen am Wasserkraftstandort Walkmühle an der Werra (Barbenregion bei Meiningen, Thüringen) an 33 Untersuchungstagen in den beiden Korridoren Wasserkraftschnecke und FAA insgesamt 1512 Individuen nachweisen (Schnecke 23,2 Ind./d, FAA 22,6 Ind./d). Ähnlich wie in Krechting konnten auch in Meiningen unterschiedliche Artenzusammensetzungen in den verschiedenen Abwanderungskorridoren festgestellt werden (a)Schnecke: Rotaugen 27%, Brasse 15%, Bachneunauge 13% und Schmerle 9,5%; b)FAA: Gründling 70%, Schmerle 19%, Schleie 8%). Auch bei diesen Untersuchungen konnten überwiegend juvenile bzw. präadulte Individuen im Abstieg nachgewiesen werden (SCHMALZ 2010).

TOMBEK & HOLZNER (2008) konnten am Standort Gugelmühle / Wörnitz (Barbenregion, Mittelfranken) Tagesfänge von 303,2 Ind./d (Schnecke) bzw. 475,2 Ind./d (Francisturbine) verzeichnen. Hier war die Gesamtmenge durch den Massenabstieg des Zanders bestimmt.

An der Fränkischen Saale am Standort Rödermühle (untere Äschenregion, Hammelburg in Unterfranken) wurden Tagesfänge von 21,5 Ind./d (Schnecke) bzw. 18,8 Ind./d (Wasserrad)

registriert. Dominierend im Fang waren hier Rotauge, Rotfeder und Gründling (TOMBEEK & HOLZNER 2008). Eine Zuordnung der Fänge zu Längensklassen geben die Autoren jedoch nicht an.

RATHCKE konnten bei den Untersuchungen zum Fischabstieg an der Leine in Hannover-Herrenhausen im Herbst 2003 an 7 Tagen in den verschiedenen Abstiegskorridoren (FAA, Bypässe, u. a.) insgesamt 139 Fische aus 11 Arten nachweisen (LECOUR & RATHCKE 2006). Das entspricht einem gemittelten Tagesfang von 19,9 Ind./d. Dabei hatte der Aal den dominierenden Anteil (n=110; 79,1%).

Auffällig ist die Verteilung der Abstiegs mengen in Krechting auf die beiden Korridore im Verhältnis zu deren Abflüssen (Tab. 12). Als Grundlage für diesen Vergleich wurden die Abflussdaten am Pegel Rhedebrücke (FRIESE mdl.) und der rechnerische Abfluss der FAA (0,35 m³/s) genutzt. Etwaige Abfluss-Schwankungen in der FAA und Abschlüsse über das Wehr (ab KW 42) bleiben hier unberücksichtigt. In den Kalenderwochen 31-33 (wärmere Monate, Wassertemperaturen 19-20°C) stiegen verhältnismäßig mehr Fische über die FAA ab (49,1% / 71,9% / 30,9%) als gemäß der überschlägig berechneten Abflussanteile dieses Korridors (32,7% / 33,3% / 14,9%) zu erwarten gewesen wären. In der KW 36 (Anfang September, mittlere Wassertemperatur 15,2°C) entsprach der Anteil der Absteiger an der Schnecke (23,4%) etwa dem Abfluss-Anteil dieses Korridors am Gesamtabfluss (25,9%). In den KW 42 und 43 (< 10°C) waren die Absteiger der FAA im Verhältnis zum dortigen Abfluss unterrepräsentiert.

Tab. 12: Verteilung Absteiger auf beide Korridore im Verhältnis zu den rechnerischen Abflüssen. Etwaige Schwankungen beim FAA-Abfluss und Abschlüsse über das Wehr sind hier nicht berücksichtigt.

| KW | Abstieg | Q _{ges.} | Q _{Schnecke} | | Anteil Fischmenge Schnecke am Gesamt- Abstieg [%] | Q _{FAA} | | Anteil Fischmenge FAA am Gesamt- Abstieg [%] |
|----|---------|---------------------|-----------------------|------------------------------|---|------------------------------|---------------------------------|--|
| | ges. | | [m ³ /s] | [m ³ /s] | | [%] von Q _{ges.} | [m ³ /s] | |
| | [n] | [m ³ /s] | [m ³ /s] | [%] von Q _{ges.} | | [m ³ /s] | [%] von Q _{ges.} | |
| 31 | 53 | 1,07 | 0,72 | 67,3 | 50,9 | 0,35 | 32,7 | 49,1 |
| 32 | 96 | 1,05 | 0,7 | 66,7 | 28,1 | 0,35 | 33,3 | 71,9 |
| 33 | 282 | 2,35 | 2 | 85,1 | 69,1 | 0,35 | 14,9 | 30,9 |
| 36 | 517 | 1,35 | 1 | 74,1 | 76,6 | 0,35 | 25,9 | 23,4 |
| 42 | 2524 | 2,6 | 2,25 | 86,5 | 94,7 | 0,35 | 13,5 | 5,3 |
| 43 | 794 | 1,9 | 1,55 | 81,6 | 88,2 | 0,35 | 18,4 | 11,8 |
| 44 | 46 | 2,6 | 2,25 | 86,5 | 82,6 | 0,35 | 13,5 | 17,4 |

Hinsichtlich der Körperlängen ist anzumerken, dass die Fische der aktuellen Untersuchung fast ausschließlich kleiner als 15 cm waren (FAA: 98,3%; Schnecke 98,0%). Bei den Reusenbefischungen im Aufstieg (2007/2008) betrug der Anteil dieser Längensklasse 93% (EDLER 2011). Fraglich bleibt, warum kaum größere Fische im Abstieg nachgewiesen wurden. Im Korridor Wasserkraftschnecke wurden lediglich von den benthischen Kleinfischarten Gründling, Bachschmerle und Koppe (10-15 cm) sowie vom Aal regelmäßig adulte Exemplare nachgewiesen. Nur in Einzelexemplaren wurden adulte Cypriniden (von 255 Brassen nur 1 Individuum mit 24 cm; von 75 Flussbarschen nur 2 Individuen mit jeweils 23 cm; von 2789 Rotaugen nur 4 Individuen mit 25 bzw. 26 cm). Auch im Abwanderungskorridor FAA konnten fast ausschließlich juvenile bzw. präadulte Fische nachgewiesen werden.

Adulte Brassen, Döbel, Flussbarsche, Hechte, Karpfen und Zander kommen nach Auskunft des Rheder Angel- und Naturschutzvereins (GÖRTZ mdl.) stromauf des Wehres Krechting jedoch in vergleichsweise hohen Dichten vor. Bei Befischungen in den Jahren 2007 und 2008 konnten

auch im Unterwasser und beim Aufstieg verbreitet adulte Brassen, Rotaugen, Hasel, Döbel sowie Flussbarsche und Hechte nachgewiesen werden (Tab. 11, vgl. EDLER 2011). Wahrscheinlich ist es, dass adulte Cypriniden und Perciden zu einem anderen Zeitpunkt im Jahr stromab wandern, nämlich direkt nach ihrer Laichzeit (und einem vorangegangenen Laichaufstieg). Denkbar ist auch, dass die stromabgerichtete Passage größerer Fische bei größeren Hochwasserereignissen stattfindet. Hierbei dürfte auch das überströmte bzw. dann geöffnete Wehr als Abwanderungskorridor (auch Verdriftung / unfreiwillige Abwärtswanderung) genutzt werden. Möglich wäre zudem, dass das Phänomen Fischabstieg bei den in Krechting beobachteten Kurzdistanz-Wanderfischen hinsichtlich der Stückzahl maßgeblich durch juvenile bzw. subadulte Individuen bestimmt wird (Ausnahmen: benthische Kleinfische wie Bachschmerle, Gründling und Koppe).

Bei vergleichbaren Abstiegsuntersuchungen wurden ebenfalls meist Fische der kleineren Längensklassen nachgewiesen. Am Standort Walkmühle / Werra (Abstiegskorridor Schnecke) betrug der Anteil der Fische bis 15 cm im Mittel knapp 89% (SCHMALZ 2010).

Eine etwaige Meidung des Abwanderungskorridors Wasserkraftschnecke durch adulte Fische lässt sich prinzipiell nicht ausschließen. Es wäre denkbar, dass der dortige Grobrechen (zum Zeitpunkt der Untersuchung: Horizontalrechen 100 mm, Abb. 5) als Barriere wirkt und größere Cypriniden (z. B. Rotaugen > 25 cm, Brasse > 25 cm, Karpfen > 20 cm) und Perciden (Flussbarsch und Zander > 25 cm) von der Passage durch die Schnecke indirekt abhält (Barriere „verhaltensmäßig undurchlässig“, PAVLOV 1989). In der vorliegenden Untersuchung wurden jedoch auch im parallelen Abwanderungskorridor FAA fast ausschließlich Fische < 15 cm nachgewiesen.

Ob Fische durch die von der Wasserkraftschnecke ausgehende Geräuschkulisse (bzw. etwaige Vibrationen) bei der Passage beeinträchtigt oder davon abgehalten werden, lässt sich mit den vorliegenden Ergebnissen nicht belegen. Tauchgänge bestätigen jedoch den starken Geräuschpegel, der von Wasserkraftanlagen unter Wasser ausgeht (SCHMALZ mdl.).

Hinsichtlich des Abwanderungsverhaltens bildet der Aal eine Ausnahme. Die vorliegende und andere, aktuelle Untersuchungen zeigen, dass adulte, absteigende Aale an Querbauwerken nach einer kurzen Phase der Orientierung (HOFFMANN et al. 2010) direkt den Weg der stärksten Strömung suchen und dabei auch gezielt den Abwanderungskorridor Wasserkraftanlage wählen.

5.3 Schädigungsraten und Schadensbilder

5.3.1 Schädigungs- und Mortalitätsraten, Überblick und Vergleich

Die nach der Schneckenpassage in Krechting untersuchten Fische zeigten vergleichsweise geringe Schädigungs- bzw. Mortalitätsraten. Von den 3797 erfassten Fischen aus der Schneckenpassage waren insgesamt – Unterschiede zwischen den Arten bleiben zunächst unberücksichtigt – 3474 Individuen (91,5%) lebendig ohne sichtbare Schäden, 134 Individuen (3,5%) waren lebendig mit sichtbaren Schäden (Details s. Abb. 22). 189 Fische wurden tot geborgen, davon trugen 15 sichtbare Schäden (0,4%). Für die 174 toten Fische ohne sichtbare Schäden (4,6%) kann eine Schädigung durch die Fangtechnik nicht kategorisch ausgeschlossen werden, sie dürfte sich jedoch auf Einzelindividuen beschränken. Wahrscheinlich sind die hydraulischen Verhältnisse in der Schnecke (s. Kap. 5.3.4) ursächlich für diese „unbestimmte Mortalität“. Somit ergibt sich im Gesamtzeitraum über alle Arten und

Längenklassen der über die Schnecke abgewanderten Fische eine **Mortalitätsrate von 5%** und eine **Schädigungsrate von 8,5%**.

Die Untersuchungen in Krechting sind hinsichtlich ihres Designs und der Untersuchungsdauer gut mit jenen am Standort Walkmühle an der Werra (Meiningen) vergleichbar (SCHMALZ 2010). Betrachtet werden hier nur die Werra-Untersuchungstage nach der Reparatur der Schnecke *** (Abrundung von scharfen Kanten, Anbringen eines Schutzgummis). Von 341 untersuchten Fischen hatten 172 (50,4%) die Passage lebendig ohne sichtbare Schäden überstanden (Tab. 13, SCHMALZ pers.Mitt.). 18 Fische (5,3%) waren lebendig mit sichtbaren Schäden. 146 Fische wurden durch die Schneckenpassage getötet (direkt und nach Nachhälterung). Die durch die Schnecke bedingte Mortalitätsrate lag somit bei 42,8% (26,7% tot mit sichtbaren Schäden, zzgl. 16,1% t.o.s.S.). Hinzu kamen einzelne Fische, welche nachweislich schon vor der Schneckenpassage krankheitsbedingt vorgeschädigt waren und dann nach der Schneckenpassage starben (krankheitsbedingte Vorschäden 1,5%, Tab. 13). Die meisten der sichtbar geschädigten Fische (ca. 30%) zeigten Schuppenverluste bzw. kleine Abschürfungen.

Tab. 13: Schädigungsraten an verschiedenen Wasserkraftanlagen im Vergleich.

TL=Tiefland, MG=Mittelgebirge, h=horizontal, v=vertikal, * natürlicher Smolt-Abstieg, **Aale wurden wiederholt passagiert, *** 8 ausgewählte Untersuchungstage nach Wartung der Wasserkraftschnecke

| Autor | EDLER et al. 2011 | SCHMALZ 2010 | SCHMALZ 2010 | SCHMALZ 2002 | SPÄH 2001 | FISHTEK 2007 (2008**) |
|-----------------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------------------|
| Standort | Krechting | Walkmühle | Walkmühle | Döbritsch | Godelheim | Ashburton, UK |
| Fluss | Bocholter Aa | Werra | Werra | Saale | Nethe | Dart |
| Fischregion | Barbe TL | Barbe MG | Barbe MG | Barbe MG | Äsche MG | Forelle MG |
| Anlagentyp | Schnecke | Schnecke | Francis | Francis | Schnecke | Schnecke |
| ΔH [m] | 2,8 | 2,55 | 3,05 | 2,5 | 4 | ? |
| Rechen [mm] | 100, h. | 200, v. | 20, h. | 25, v. | - | - |
| Monate | Aug-Nov | Mai | Aug-Nov, Mai | Apr-Mrz | Sept | Mai |
| Untersuchungstage [n] | 33 | 8*** | 33 | 36 | 1 | 3 |
| Anzahl Arten [n] | 18 | 21 | 21 | 31 | 9 | 1(Lachssmolts) |
| Summe Ind.[n] | 3797 | 341 | 952 | 9095 | 158 | 249 * |
| leb. ohne sichtb. Schäden [%] | 91,5 | 50,4 | 74,9 | 79 | 95,6 | 98,4 (Aal 99,4**) |
| leb. mit sichtbaren Schäden [%] | 3,5 | 5,3 | 10,9 | 9,7 | 4,4 | 1,6 (Aal 0,6**) |
| tot mit sichtbaren Schäden [%] | 0,4 | 26,7 | 10,0 | 4,1 | | |
| tot ohne sichtb. Schäden [%] | 4,6 | 16,1 | 3,5 | 4,6 | 0 | 0 |
| krankheitsbedingte Vorschäden [%] | - | 1,5 | 0,7 | 2,6 | - | - |

SPÄH (2001) verwendete für seine Untersuchungen an der Nethe (bei Höxter-Godelheim, NRW) Fische, die er zuvor mittels Elektrofischung in der Nähe der dortigen Wasserkraftschnecke fing. Insgesamt wurden 158 Fische aus 9 Arten (63 Döbel, 31 Bachforellen, 22 Aale, 19 Flussbarsche, 8 Rotaugen, 8 Gründlinge, 3 Koppen, 3 Äschen und 1 Hasel) als Versuchsfische genutzt. Dabei handelte es sich zumeist um adulte Fische, der Anteil der Individuen < 15 cm betrug lediglich 16,5%. Um eine Flucht der Fische zu vermeiden, wurden diese unmittelbar (50 cm) vor der Schnecke einzeln ausgesetzt, nach der Passage wurden sie

in einer Kastenreuse abgefangen und direkt danach untersucht. Die **Mortalitätsrate lag bei 0%**. 149 Fische blieben unversehrt (95,6%, Tab. 12), 5 Döbel (17/18/20/42/43 cm) und 2 Rotaugen (19/21 cm) trugen Schuppenverluste und z. T. Hämatome/Abschürfungen (4,4% lebendig mit sichtbaren Schäden).

Fishtek Consulting führten Abstiegsuntersuchungen an einer Wasserkraftschnecke am River Dart (Ashburton/Devon, UK) durch. Unter anderem wurde der natürliche Smoltabstieg Ende April 2007 untersucht (s. Tab. 13). 249 Lachse (8-19 cm) wurden nach ihrer Passage durch die Wasserkraftschnecke mit einer Reuse abgefangen. Alle untersuchten Fische waren lebendig (**Mortalitätsrate Smolt 0%**). 245 Smolts (98,4%) waren äußerlich unversehrt, 4 Fische (Schädigungsrate 1,6%) zeigten durch die Passage bedingte Schuppenverluste (s. Tab. 13, FISHTEK 2007). Später wurde auch der Abstieg von Aalen durch die Wasserkraftschnecke untersucht (FISHTEK 2008, ** in Tab. 13). Dabei wurden die Aale – nach Untersuchung und Zwischenhälterung – wiederholt durch die Wasserkraftschnecke geschleust. Von 160 Aal-Passagen konnten bei 99,4% der Passagen keine Verletzungen beobachtet werden. Lediglich bei einer Passage (0,6%) wurde eine sichtbare Schädigung in Form von leichten Abschürfungen am Schwanz beobachtet. Dieser Aal wurde nach der Zwischenhälterung, die er ohne sichtbare Folgen überstand, wieder im Fluss Dart ausgesetzt (**Mortalitätsrate Aal 0%**)

Bei der Sichtung aktueller Untersuchungen an anderen deutschen Wasserkraftschnecken-Standorten (TOMBEK & HOLZNER 2008: Gugelmühle / Wörnitz, Rödermühle/Fränkische Saale, Bayern) fiel auf, dass diese Ergebnisse nur begrenzt mit jenen aus Krechting vergleichbar sind. Die **Mortalitätsraten** nach der Schneckenpassage lagen bei **31%** (Gugelmühle) bzw. **1,5%** (Rödermühle). Die gefangenen Fische wurden jedoch hinsichtlich ihrer Versehrtheitsklassen und Schadensbilder nicht wie in Krechting erfasst. Eine direkte Abgrenzung der lebenden Individuen (mit bzw. ohne sichtbare Schädigungen) von den toten (mit bzw. ohne sichtbare Schädigungen) wie in der vorliegenden Arbeit erfolgte in dem Gutachten von TOMBEK & HOLZNER nicht. Nach der Überarbeitung der Daten könnten diese zu einem späteren Zeitpunkt für einen Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen aus Krechting zur Verfügung gestellt werden (TOMBEK, mdl.).

Im Vergleich mit anderen Turbinentypen (**Francis-Turbinen, Kaplan-Turbinen**) war der Anteil der lebendigen, unversehrten Fische (l.o.s.S.) an der Wasserkraftschnecke in Krechting sehr hoch (91,5%), die Mortalitätsrate (5%) sehr niedrig.

An dem von SCHMALZ (2010) untersuchten Standort Walkmühle / Werra ist neben der Wasserkraftschnecke noch eine Francisturbine in Betrieb. Hier lag der Anteil der Fische der Versehrtheitsklasse l.o.s.S. bei 74,9%. Die turbinenbedingte **Mortalitätsrate lag bei 13,5%**. An der Francisturbine der WKA Döbritschen / Saale wurde eine turbinenbedingte **Mortalitätsrate von 8,7%** ermittelt (SCHMALZ, pers.Mitt.).

TOMBEK & HOLZNER (2008) ermittelten für die Francisturbine am Standort Gugelmühle eine **Mortalitätsrate von 42,3%**. Dieselben Autoren geben für Fische, welche das Wasserrad am Standort Rödermühle (Fränkische Saale) passiert hatten, eine **Mortalitätsrate von 15,9%** an.

KÜHLMANN (2009) nennt für kleine Aale (15-20 cm), welche die Kaplanturbine an der WKA Möhnebogen (Möhne) passiert hatten, **Mortalitätsraten von 0 – 8,2%** (Abnahme Mortalität mit

zunehmender Laufradleistung). Für Regenbogenforellen bis 18 cm ermittelte er **Mortalitätsraten von 3,7 – 10,2%** (abhängig von Körperlänge und Turbinenleistung).

5.3.2 Schädigungs- und Mortalitätsraten, nach Längenklassen

Bei der Betrachtung der Versehrtheitsklassen fällt auf, dass sich die prozentualen Anteile an den Versehrtheitsklassen (und somit die Mortalitäts- und Schädigungsraten) in den verschiedenen Längenklassen deutlich unterscheiden (Tab. 8). In der Längenkategorie < 5 cm waren überdurchschnittlich viele Fische den Versehrtheitsklassen l.m.s.S. (7,8% gegenüber 3,5% im Gesamtfang), t.m.s.S. (1,2% geg. 0,4%) und t.o.s.S. (26% geg. 4,6%) zuzuordnen. Die Mortalitätsrate dieser kleinsten Fische lag somit bei 27,2% (t.m.s.S. + t.o.s.S.), die Schädigungsrate bei 35%. Ursächlich für die hohe Anzahl der toten Fische ohne sichtbare Schäden in dieser Längenkategorie („empfindliche“ Jungfische) sind anscheinend die hydraulischen Verhältnisse in der Schnecke (s. Kap. 5.3.4).

Mit zunehmender Körperlänge ging der Anteil der Versehrtheitsklasse t.o.s.S. deutlich zurück. In den Längenkategorien 5 - < 10 cm bzw. 10 - < 15 cm wurden unterdurchschnittlich geringe Mortalitätsraten (3,4% bzw. 2,1%) registriert. In beiden Längenkategorien lag der Anteil der toten Fische ohne sichtbare Schäden deutlich über dem Anteil der toten mit sichtbaren Schäden (3,2% > 0,2% bzw. 1,9% > 0,2%).

Gegen den Trend „abnehmende Mortalität bei zunehmender Länge“ zeigten die Fische der Längenkategorie 15 - < 20 cm eine überdurchschnittlich hohe Mortalitätsrate (M=7,4%). Dabei ist festzustellen, dass sich die Menge der toten Fische (n=4) gleichmäßig auf die beiden Versehrtheitsklassen t.m.s.S. und t.o.s.S. (jeweils n=2) verteilt. Betroffen waren ein Döbel (16 cm, tot mit abgetrenntem Unterkiefer und aufgeplatzttem Rücken = t.m.s.S.), ein Hasel (16 cm, tot mit Flossenschäden = t.m.s.S.), ein Gründling (15 cm) und ein Flussbarsch (18 cm). Die beiden letztgenannten waren tot ohne sichtbare Schäden (t.o.s.S.). Ob sich aus diesen Beobachtungen ein weiterer Trend ableiten lässt (ab 15 cm „zunehmende Mortalität aufgrund höherer Anfälligkeit für mechanische Verletzungen“), erscheint aufgrund der vergleichsweise geringen Stichprobengröße der Längenkategorie 15 - < 20 cm (n=54) jedoch fraglich.

5.3.3 Schädigungs- und Mortalitätsraten, nach Arten bzw. Artengruppen

Die Versehrtheitsklassen und Schadensbilder unterscheiden sich bei den verschiedenen Fischarten. Im folgenden Text werden daher die Mortalitäts- und Schädigungsraten auf einzelne Arten bzw. Artengruppen bezogen.

Benthische Arten ohne Schuppen bzw. mit kleinen, festsitzenden Schuppen

Nach der Passage der Wasserkraftschnecke Krechting waren alle Individuen der Arten Aal (n=13) und Wels (n=10) lebendig und ohne sichtbare Schäden. Auch bei anderen Untersuchungen (SCHMALZ 2010, TOMBEK & HOLZNER 2008) blieben Aale und Welse bei der Passage durch eine Wasserkraftschnecke unverletzt.

Die Bachschmerle und die Koppe sind prinzipiell mit diesen Arten vergleichbar: sie leben überwiegend am Gewässergrund (benthisch) und tragen sehr kleine bzw. sehr fest sitzende Schuppen. Daher wäre eine unversehrte Passage auch für Koppe und Bachschmerle zu erwarten gewesen. Alle 15 Koppen waren äußerlich unversehrt, eine jedoch tot. SCHMALZ (2010) konnte bei 10 Koppen, welche die Wasserkraftschnecke passiert hatten, keine Schädigungen feststellen. Von den 31 Bachschmerlen der Schneckenpassage in Krechting waren 29 lebendig und äußerlich unversehrt. Eine weitere lebendige Schmerle war durch eine Quetschung / Schlagmal gekennzeichnet. Beim selben Fang (KW 36, Fangtag 10.9.10,

Morgenleerung) war eine Schmerle tot ohne Schadensspuren. Ähnlich wie bei der einzelnen toten Koppe erscheint auch hier eine Schädigung durch das Fanggeschirr plausibler (s. Kap. 5.3.4) als eine Schädigung durch die Passage Wasserkraftschnecke.

Somit bleibt festzuhalten, dass Fische der Gruppe „benthische Fische ohne bzw. mit kleinen, festsitzenden Schuppen“ die Passage durch die Wasserkraftschnecke meist unbeschädigt überstehen. Ein geringes Restrisiko bleibt jedoch bestehen (mögliche Schadensquelle: Fisch gerät in den Spalt zwischen Windung und Trog, Quetschungen / Schlagmale als festgestelltes Schadensbild bei einer Bachschmerle).

Barschartige Fische (Perciden)

Individuen der Arten Flussbarsch, Kaulbarsch und Zander tragen mittelgroße, festsitzende Kammschuppen. Insgesamt zeigten Zander und Kaulbarsch eine sehr geringe Mortalitätsrate (2,4% bzw. 3,6%, Tab. 7) und eine geringe Schädigungsrate (3,6% bzw. 6,4%). Abweichend von den erstgenannten Arten war die Mortalitätsrate beim Flussbarsch vergleichsweise hoch (13,4%; tot ohne sichtbare Schäden: 10,7%). Die wenigen sichtbar geschädigten Fische der 3 Arten trugen meist Quetschungen / Schlagmale (3 Kaulbarsche, Abb. 26; 2 Flussbarsche, Abb. 28) und nur vereinzelt Teildurchtrennungen (1 toter Flussbarsch, Abb. 9) oder Schuppenverluste (1 lebendiger Zander, Abb. 27). Bei den Untersuchungen von SCHMALZ (2010) waren die Schädigungsraten von Zander bzw. Kaulbarsch deutlich höher (50% bzw. 25%).

TOMBEK & HOLZNER (2008) konnten zeigen, dass es – neben anderen Arten – auch bei Jungfischen der Perciden (Altersgruppe 0+) mitunter häufig zu letalen Schäden kommt, ohne dass äußere Verletzungsspuren an den Fischen erkennbar wären. So wurden an der Wasserkraftschnecke Gugelmühle für die Arten Zander / Kaulbarsch / Flussbarsch deutlich höhere Mortalitätsraten ermittelt (31% / 25% / 78%) als in Krechting. Die Autoren führen diese Schädigungen auf Druckunterschiede in der Wasserkraftschnecke zurück (TOMBEK & HOLZNER 2008).

Für die „barschartigen Fische“ in Krechting konnte somit gezeigt werden, dass es bei der Passage der Wasserkraftschnecke im Mittel nur sehr selten (3,5%) zu mechanischen Verletzungen kommt. Hingegen besteht in dieser Gruppe eine gewisse Anfälligkeit für innere, letale Schädigungen (insbesondere beim Flussbarsch).

Karpfenartige Fische (Cypriniden, Typen a und b)

Die Gruppe der Cypriniden ist hinsichtlich ihrer Mortalitätsraten und Schädigungsraten sehr heterogen.

Auffallend hohe Mortalitätsraten nach der Schneckenpassage zeigten Brasse (24,4%), Döbel (26,7%) und insbesondere Hasel (38,2%). Diese „anfälligen Cypriniden“ (Cypriniden Typ a) zeigten mit 20% bis 35,3% oftmals eine unspezifische Mortalität (tot ohne sichtbare Schäden, s. Tab. 7). Bei den Typ-a-Cypriniden mit sichtbaren Schäden konnten sehr häufig Schuppenverluste beobachtet werden (bei Brasse und Döbel 75%, beim Hasel 60%).

Dem gegenüber stehen die „beständigen Cypriniden“ (Cypriniden Typ b). Der Anteil der lebendigen, unversehrten Fische bei den Typ-b-Cypriniden lag i. d. R. bei > 90% (Ausnahme: Karpfen, 75% l.m.s.S., mit 2 x Flossenschäden, 1 x Quetschungen). Fische aus dieser Gruppe zeigten nur selten eine unspezifische Mortalität (Gründling 1,5%, Rotauge 1,6%) bzw. gar keine unspezifische Mortalität (t.o.s.S. 0% bei Giebel, Karausche, Karpfen und Moderlieschen).

Bei den Typ-b-Cypriniden mit sichtbaren Schäden waren die Schadensbilder vielfältig. Häufig konnten Flossenschäden nachgewiesen werden (beim Gründling 27,3%, Rotauge 35%, Karpfen 50% betroffen). Nur in dieser Gruppe konnten tiefe Abschürfungen / Fleischwunden beobachtet

werden (beim Rotauge 27,5%, Gründling 4,5%). Daneben waren vereinzelt Quetschungen und Teildurchtrennungen zu beobachten.

Einzelne Arten der Typ-a-Cypriniden (Brasse, Döbel, Hasel) zeigten somit hohe Schädigungsraten und insbesondere eine erhöhte unspezifische Mortalität. Typ-b-Cypriniden (Rotauge, Gründling, Moderlieschen, Karpfen, Karausche, Giebel) zeigten hingegen nur relativ selten sichtbare Schäden und eine insgesamt geringe Mortalität (einzelne Arten ohne Mortalität).

Stichlinge

Die beiden Stichlingsarten zeigten hohe bzw. sehr hohe Mortalitätsraten (Zwergstichling M = 33,3%, Dreistachliger Stichling M = 50,7%). Zumeist waren die toten Fische ohne sichtbare Schäden. Ein Dreistachliger Stichling zeigte schwach erkennbare Blutungen im Auge (Schadensbild 6 Sonstige). Somit kann für diese Gruppe – ähnlich wie für die Typ-a-Cypriniden - eine hohe Anfälligkeit für innere, letale Verletzungen attestiert werden.

5.3.4 Versehrtheitsklassen und Schadensbilder: Ursachen und Wirkungen

Bei der Analyse der Schädigungen von Fischen an Wasserkraftanlagen müssen grundsätzlich folgende Schädigungsquellen bedacht werden

- a) Vorschädigungen, hervorgerufen durch stromauf gelegene Quellen (Wasserkraftanlagen o.ä.)
- b) Schädigungsquelle im Bereich der Turbine
- c) Schädigungsquelle im Einlauf- / Ausleitungsbereich
- d) Schädigungsquelle im Bereich des Fanggeschirrs.

Am Standort Krechting können Vorschädigungen durch stromauf liegende Wasserkraftanlagen (a) ausgeschlossen werden, da es zum Zeitpunkt der Untersuchung keine anderen Wasserkraftanlagen gab.

Für Schädigungen im Bereich der Wasserkraftschnecke (b) kommen folgende Ursachen in Betracht:

- Eintauchen bzw. Auftauchen der Vorder- bzw. Unterkante der Schneckenwindung („leading edge“), Halter, Griffe (→ mechanische Schäden an Fischen)
- Spalt zwischen Schneckenflügel und Trog (→ mechanische Schäden)
- hydraulische Verhältnisse.

Fische, die in den Einleitungsbereich der Wasserkraftschnecke gelangen, können beim Einschwimmen von der Vorderkante der in die Wassersäule einschlagenden Schneckenwindung getroffen werden. Dieses Phänomen am „**leading edge**“ konnte experimentell insbesondere für größere Salmoniden (FISHTEK 2009a) und auch für andere Arten bestätigt werden (FISHTEK 2007). Durch Aufsetzen einer weichen Gummilippe (Abb. 38, rechts) lassen sich diese Schädigungsrisiken mindern (FISHTEK 2007 + 2009 a SCHMALZ 2010). Zugleich dürfte der aufgesetzte Gummischutz das Wasser stärker verdrängen und damit die Fische von der Vorderkante scheuchen (SCHMALZ 2010). Hierbei ist anzumerken, dass die Wasserkraftschnecke in Krechting nicht mit einer solchen Gummilippe ausgestattet ist.

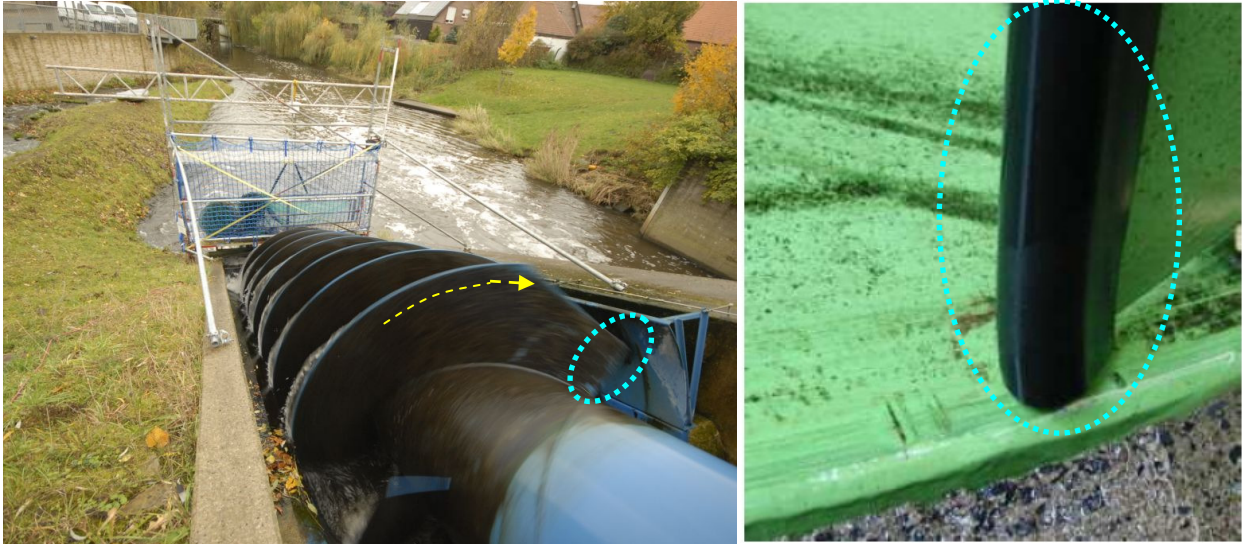


Abb. 38: Einlaufbereich Wasserkraftschnecke, Vorderkante der Schneckenwindung (Foto links: MM). Zum Schutz der Fische vor mechanischen Verletzungen könnte eine Gummilippe am „leading edge“ (hellblau eingekreister Bereich; Pfeil=Windungsrichtung Schnecke, Bild rechts: FISHTEK) aufgesetzt werden.



Abb. 39: Ausleitung Wasserkraftschnecke, die Schallschutzmatte ist eine mögliche Schädigungsquelle. Anscheinend wirken sich auch die hydraulischen Verhältnisse am unteren Ende der Schnecke (Foto CE) schädigend auf Fische einzelner Längenklassen aus.



Abb. 40: Hochwassersituation in Krechting, der Fischabstieg ist nicht mehr erfassbar (Foto MG).

Eine weitere potenzielle Quelle für Schuppenverluste stellt die Schallschutzmatte im Ausleitungsbereich der Schnecke dar (Abb. 39). Beim Ausschlagen des Wassers aus der untersten Schneckenwindung können schwimmschwache Fische gegen die vergleichsweise starre, in das Unterwasser eintauchende Matte (bzw. deren Schnittkante) gedrückt werden und dabei Schuppenverluste erleiden. Gleiches gilt für andere, in die Wassersäule ragende Teile (z.B. Traverse) oder die Betonwand. Wie in Abb. 39 zu sehen ist, findet das Ausschlagen des Wassers aus der Schnecke zur rechten Seite (in Fließrichtung gesehen) statt. Die Strömungsfahne ist in diesem Bereich deutlich zu erkennen.

Im Bereich der Wasserkraftschnecke (b) stellt der Spalt zwischen dem Schneckenflügel und dem Stahlrog eine weitere, bedeutende Schadensquelle dar. Insbesondere kleinere Fische können beim Eintauchen des Schneckenflügels mit Körperteilen oder -anhängen (Schwanzstiel, Flossen, ...) zwischen diesen und den Stahlrog geraten oder angeschnitten werden. Hierdurch können Schuppenverluste, Flossenschäden, Abschürfungen / Fleischwunden, Quetschungen und Teildurchtrennungen verursacht werden.

SCHMALZ (2010) konnte bei einer Wasserkraftschnecke an der Werra zeigen, dass die Verletzungshäufigkeit durch eine Wartung der Schnecke (Abrundung scharfkantiger Metallgrate, Reduzierung Spaltmaß) deutlich reduziert werden kann. Zudem zeigten seine Untersuchungen, dass sich die Verletzungshäufigkeit mit zunehmender Fischdicke verringert. Demnach hatten Fische mit einer Körperdicke von 0,4 cm eine Verletzungshäufigkeit von gut 70%, jene mit einer Dicke von 1,2 cm eine Verletzungshäufigkeit von gut 30% (SCHMALZ 2010). Möglicherweise ließe sich durch eine Prüfung und eine etwaige Ertüchtigung (Abrundung scharfkantiger Metallgrate, Reduzierung Spaltmaß, dazu Einsetzen einer Gummilippe) der ohnehin schon geringe Anteil der sichtbar geschädigten Fische in Krechting weiter senken.

Im Kapitel 4.5.2 wurde dargestellt (Abb. 22), dass Schuppenverluste das häufigste Schadensbild der Fische bei der Schneckenpassage in Krechting darstellen. SPÄTH (1998) zeigte für jene Cypriniden, welche durch die Turbinenpassage an einer Wasserkraftanlage am Main zu mehr als 25% entschuppt waren, dass diese innerhalb kurzer Zeit verpilzten und verendeten. Generell dürfte jedoch nicht jeder größere Schuppenverlust letal wirken. Bedeutend scheinen hier weitere Einflüsse zu sein (Wassertemperatur, Immunsystem des Fisches, die Schuppung begleitende Verletzungen, ...). Dabei ist zu beachten, dass auch in Gewässern ohne Wasserkraftnutzung Schuppenverluste bei Fischen auftreten (z. B. durch Prädation). In Natura lassen sich gelegentlich Fische mit hoher Fitness aber ungleichmäßigen Schuppenbild beobachten (in Folge vom Nachwachsen der Schuppen nach Verletzungen).

Auffallend sind die bei einigen Arten im Hamenfang in Krechting festgestellten hohen Raten an toten Fischen ohne sichtbare Schäden (t.o.s.S.: Döbel 20%, Brasse 22,4%, Hasel 35,3%). Es ist prinzipiell möglich, dass einzelne Fische erst nach der Schneckenpassage durch Kontakt mit dem Netzmaterial im Hamen bzw. in der Steertreuse geschädigt wurden. Ähnliches gilt für die Fische im Fang der FAA. Die hier verwendete Reuse hatte dem Hamen vergleichbare Maschenweiten (10 mm, im Steert 6 mm). Der Anteil der toten Fische ohne sichtbare Schäden lag in der FAA-Reuse jedoch um ein Vielfaches über dem Anteil im Hamen (23% > 4,6%). Denkbar wäre es auch, dass Fische einzelner Arten beim Aufenthalt im Fanggeschirr (Reusenschlauch MW 10 mm; Steertreuse meist 6 mm, temporär jedoch 10 mm) versuchten durch die Maschen zu schlüpfen, in den Maschen stecken blieben und dadurch verendeten. Diese Erklärung erscheint jedoch nicht stichhaltig zu sein, um die vergleichsweise hohen Raten

von unspezifischen toten Fischen bei einzelnen Arten zu erklären (t.o.s.S.: Döbel 20%, Brasse 22,4%, Hasel 35,3%, Dreistachliger Stichling 49,3%). Im Hamen wurden nur in sehr wenigen Einzelfällen „Stecklinge“ nachgewiesen. Zudem zeigten Individuen anderer Arten aus denselben Größenklassen (5-15 cm) im Hamenfang deutlich geringere Anteile von toten Fischen ohne sichtbare Schäden (Giebel 0%, Gründling 1,5%, Rotauge 1,6%). Durch die Verlängerung des Hamens mittels eines Netzschlauchs (5 m Länge) lag die Steertreue in einem Abschnitt mit geringer Strömung (gelbe Boje in Abb. 11), deutlich stromab des stark durchströmten Bereichs der Ausleitung der Wasserkraftschnecke. Im Hamen fanden sich keine Fische, bei denen die Netzstruktur auf der Körperflanke abgebildet war (mögliche Folge des Strömungsdrucks, welcher die Fische an das Netz anpresst). Somit scheinen Schädigungen, welche von der Fangeinrichtung in Krechting (Hamen und Anhänge) ausgehen, von untergeordneter Bedeutung zu sein.

In der FAA wurde der untere Hauptschlitz im Reusen-Becken durch das Einsetzen einer Mörtelwanne verstopft (Abb. 8). Dadurch sollte die Strömung im Reusenbecken beruhigt werden, um ein etwaiges Schädigungsrisiko für die Fische in der Reuse zu minimieren. Im Ergebnis wurde der untere Riegel des Reusenbeckens während den Befischungen überströmt. Die Strömungsverhältnisse im Becken - und in der darin hängenden Reuse mit den Fischen - waren jedoch anscheinend immer noch turbulent, was den hohen Anteil von toten Fischen ohne sichtbare Schäden in der Reuse der FAA erklären mag (Stress, Strömungsdruck als Ursachen).

Im Ausleitungsbereich der Schnecke Krechting wurde bereits vor den Untersuchungen durch den Anlagenbetreiber eine Schallschutzmatte eingebaut (Abb. 39), um die von der Anlage ausgehende Lärmbelästigung zu minimieren. Trotz der Matte war das klatschende Geräusch, welches durch die hydraulischen Verhältnisse im unteren Bereich der Schnecke häufig entsteht, bei den Untersuchungen deutlich zu hören. Durch einen sehr starken Anstieg des Wasserspiegels im Unterwasser (Minderung der Absturzhöhe) wurde dieses Geräusch leicht gemindert.

Die Ursache für diese Lärmbelästigung und für die inneren, letalen Schäden an vielen der „kleinen Fische“ in Krechting (Versehrtheitsklasse tot ohne sichtbare Schäden: 26% bei Fischen < 5 cm, 3,2% bei Fischen von 5 - < 10 cm, über alle Längen im Mittel 4,6%; s. Tab. 8) scheinen die hydraulischen Verhältnisse am unterwasserseitigen Ende der Schnecke (Komprimierung – Dekomprimierung) zu sein. Nach Mitteilung des Herstellers dürften Druckschwankungen in dem offenen System Wasserkraftschnecke nicht auftreten. Zur Erklärung dieses Phänomens ist die Betrachtung der Fische an der Wasserkraftschnecke am Standort Gugelmühle / Wörnitz (TOMBEK & HOLZNER 2008) aufschlussreich. Hier betrug die gemittelte Mortalitätsrate aller Fische im Gesamtzeitraum 31%. Der Fang wurde durch einen hohen Anteil von juvenilen Zandern dominiert. Bei normalem Abfluss tauchte die untere Windung der Wasserkraftschnecke jedoch nicht weit ins Unterwasser ein. In diesem Zustand konnten beim Zander zunächst sehr hohe Anteile an toten Fischen im Abstieg nachgewiesen werden. Der Anteil der getöteten Fische und das signifikante Geräusch (ähnlich dem beim „Händeklatschen“) gingen bei stark ansteigendem Unterwasserstand, der zu einem kompletten Eintauchen der unteren Schneckwindung ins Unterwasser führte, signifikant zurück (TOMBEK & HOLZNER 2008, Abb. 41). Nach Ansicht der Autoren beruhen das klatschende Geräusch und die inneren Schäden an den Fischen *„offensichtlich auf einem Lufteinschluss der untersten Schneckenwindung beim Eintauchen in das Unterwasser (bei geringem Unterwasserspiegel)... Diese Luft wird beim Eintauchen in den Wasserkörper nach unten gedrückt und verdichtet. Bei der Verdichtung und der (anschließenden) Entspannung durch das Entweichen der Luft aus dem Wasserkörper*

entsteht das beschriebene Geräusch“ (TOMBEK & HOLZNER 2008). Die Komprimierung der eingeschlossenen Luft und die unmittelbar folgende Dekomprimierung sind anscheinend ursächlich für viele letale, aber äußerlich nicht sichtbare Schäden der „kleinen Fische“ (insbesondere jene < 5 cm) und werden daher in dieser Darstellung als „Druckschäden“ bezeichnet. Dabei ist anzumerken, dass auch bei den Untersuchungen von TOMBEK & HOLZNER auf eine Sektion der toten Fische verzichtet wurde.

An einer anderen Wasserkraftschnecke (Standort Rödermühle / Fränkische Saale), welche mit ihrer Ausleitung (untere Schneckenwindung) permanent tiefer im Wasser liegt, konnten keine „druckbedingten Schädigungen der Fische“ beobachtet werden (TOMBEK & HOLZNER 2008).



Abb. 41: Wasserkraftschnecke Gugelmühle / Wörnitz bei angestiegenem Unterwasserspiegel (Foto BT). In diesem Zustand war die Mortalitätsrate deutlich geringer als bei normalem Unterwasserstand (vgl. Abb. 39). Zudem erzeugte die Wasserkraftschnecke dabei kein „klatschendes Geräusch“.

Diese Zusammenhänge sind auch für die Wasserkraftschnecke in Krechting bedeutend. Die Menge der kleinen toten Fische (offensichtlich Opfer von Druckschäden) ließe sich anscheinend dadurch verringern, dass der Unterwasserspiegel im Ausleitungsbereich der Schnecke erhöht würde bzw. die Schnecke mit ihrem unteren Ende weiter ins Unterwasser eingesenkt würde. Dies ließe sich z. B. durch eine Ummantelung (Ausleitungsbauwerk) bewerkstelligen, welche den Wasserspiegel im unteren Drittel der Schnecke anhebt und dadurch zu einer Minderung des Phänomens Komprimierung – Dekomprimierung in der unteren Schneckenwindung führt. Gleichzeitig müsste für ein verzögertes Abfließen des Wassers aus diesem Ausleitungsbauwerk – ohne plötzliche Druckschwankungen - gesorgt werden. Durch eine solche Umgestaltung ließe sich offensichtlich die auf den postulierten Druckunterschieden beruhende Mortalität (Versehrtheitsklasse tot ohne sichtbare Schäden), aber auch das klatschende Geräusch (Lärmbelästigung der Anwohner), reduzieren. Modellierungen und hydraulische Berechnungen verschiedener Umgestaltungsvarianten werden daher empfohlen.

Bei der Betrachtung der Versehrtheitsklassen über die Zeit (Abb. 18, Tab. 8) fällt auf, dass der Anteil der geschädigten Fische in den Kalenderwochen 42 und 43 in Krechting auf unter 5% und damit deutlich zurückging. Es lässt sich erkennen, dass in der KW 42 die gemittelte Mortalitätsrate der Fische aus der Schneckenpassage ihren niedrigsten Stand erreichte (lediglich 1%, alle Toten ohne sichtbare Schäden). Zudem wurde ein sehr geringer Anteil verletzter Fische festgestellt (lebend mit sichtbaren Schäden: 2,2%).

In der KW 42 wurde ein Massenabstieg der Rotaugen beobachtet. Gleichzeitig wurde ein verstärkter Laubtrieb festgestellt. Zunächst erscheint ein Minderung der Fischschädigungen durch ein Zunahme der Absteigermenge und einen Anstieg der Laubmenge („Gedränge“ in der Schnecke und in der Steertreue) unlogisch. Es lässt sich jedoch nicht ausschließen, dass die in der Schnecke mitgeführten Blätter eine Reduzierung der „mechanischen Belastung der Fische“ während der Schneckenpassage bewirken. Zudem wäre es möglich, dass die abwandernden Fische in dieser Woche ein anderes Verhalten als in den Vorwochen zeigten. Es wäre denkbar, dass die Kombination aus sinkenden Wassertemperaturen und steigendem Abfluss (s. Abb. 10) die Bereitschaft förderte, dass die Fische - insbesondere Rotaugen - mit hoher Motivation und gezielt in mittleren bis tiefen Wasserschichten (Zuleitung zur Wasserkraftschnecke) abwandern und sich dabei seltener Schädigungen zuziehen als im Restzeitraum (hier evtl. starke unfreiwillige Abwanderung im Sog der Wasserkraftschnecke).

5.4 Fazit und Anregungen

Die Fische in Krechting zeigten in Zeiten zunehmender Abflüsse und sinkender Wassertemperaturen einen starken Trend zur Abwanderung über die Wasserkraftschnecke. Bei geringen Abflüssen und hohen Wassertemperaturen nutzten die Fische jedoch auch häufig die Fischaufstiegsanlage (FAA) zum Abstieg.

Die über die Wasserkraftschnecke abgestiegenen Fische waren meist unversehrt, die Mortalitätsrate ($M = 5\%$) ist im Vergleich mit ähnlichen Untersuchungen an anderen Wasserkraftschnecken bzw. anderen Turbinentypen (wie Francis-, Kaplan- und Wasserrad) als niedrig zu bezeichnen. Ebenso ist die gesamte Schädigungsrate ($S = 8,5\%$) als relativ niedrig anzusehen.

Einzelne Arten – insbesondere jene mit sehr kleinen Schuppen oder schuppenlose – überstanden die Schneckenpassage ohne jegliche Schädigungen (Aal, Wels). Auch bei den vergleichsweise „wenig robusten Arten“ Rotauge und Zander war der Anteil der unversehrten Fische sehr hoch ($> 95\%$). Insgesamt wurden die Fische nur sehr selten durch mechanische Einflüsse in der Wasserkraftschnecke geschädigt. Diese Einflüsse ließen sich mit geeigneten Mitteln (z. B. Gummiaufsatz auf der oberen Schneckenwindung, Prüfung und etwaige Reduzierung Spaltmaß) weiter reduzieren. Jedoch besteht – insbesondere für Fische mit Längen deutlich unter 10 cm – anscheinend ein vergleichsweise hohes Risiko, durch plötzliche Druckschwankungen letal geschädigt zu werden. Solche Druckschäden (resultierend aus der raschen Folge von Komprimierung – Dekomprimierung in der unteren Schneckenwindung) treten offensichtlich dann auf, wenn das untere Schneckenende nicht vom Unterwasser überdeckt wird und die Wassersäule beim Austritt aus der Schnecke einen vergleichsweise großen Höhenunterschied überwindet. Der Zustand macht sich auch akustisch durch ein deutlich wahrnehmbares „klatschendes Geräusch“ bemerkbar.

Um das „Phänomen Druckschäden“ zu verifizieren, sollten bei verschiedenen Unterwasserständen (bzw. unterschiedlich weit ins Unterwasser ragenden Schnecken) Messungen der auf die abwandernden Fische einwirkenden hydraulischen Bedingungen durchgeführt werden. Hierfür bietet sich z. B. der „Sensor Fish“ an (CARLSON et al. 2004). Dieser aus Kunststoff bestehende Dummy (Abb. 42) ähnelt in seiner ursprünglichen Form hinsichtlich Größe und Gewicht einem Lachssmolt. Er ist u. a. mit Sensoren zur Messung von Temperatur, Druck und Strömungsgeschwindigkeit ausgestattet. Nachdem der „Sensor Fish“ die

zu untersuchende Anlage passiert und dabei die Messwerte aufgezeichnet hat, kann er im Unterwasser geortet und eingefangen werden (Abb. 42, rechts).

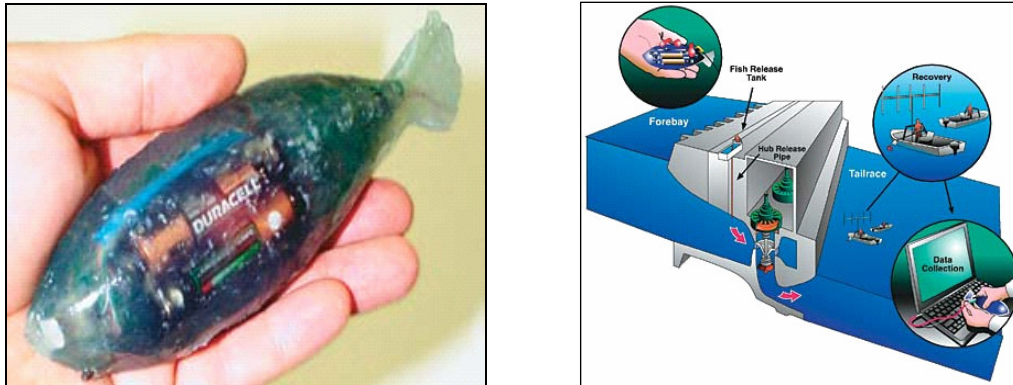


Abb. 42: Der Dummy "Sensor Fish" (CARLSON et al. 2004).

Die aufgezeichneten Daten der Turbinenpassage des Dummys können anschließend über eine Schnittstelle ausgelesen und am Rechner ausgewertet werden. Dadurch lässt sich erkennen, welche Umstände für die verschiedenen Verletzungsformen von migrierenden Fische verantwortlich sind und wo diese Faktoren wirken. In Kombination mit einem biologischen Monitoring (Untersuchung abwandernde Fische) ließe sich der Wissensstand im Themenbereich „Fischschädigung an Wasserkraftanlagen“ deutlich verbessern und der Stand der Technik weiterentwickeln (DUMONT et al. 2005). In Folge könnten Ansätze entwickelt werden, um die Verletzungen von Fischen bei der Passage durch Wasserkraftanlagen zu minimieren.

Grundsätzlich können abwanderungswillige Fische durch einen geeigneten Rechen, welcher den Einlaufbereich der Wasserkraftanlage absperrt, abgehalten werden und dann über einen geeigneten Bypass an der Wasserkraftanlage vorbei in den Unterwasserbereich geleitet werden (DWA 2005, DUMONT et al. 2005). Um den Fischschutz an Wasserkraftanlagen (WKA) zu erhöhen, wurden für das Gewässernetz in Nordrhein-Westfalen so genannte a) anadrome (Zielart Lachs) bzw. b) katadrome Vorranggewässerabschnitte (Zielart Aal) benannt. An WKA in diesen Abschnitten sollen u. a. Feinrechen (a) Gitterabstand max. 10 mm, b) max. 15 mm) das Eindringen von Fischen in die Turbinen verhindern. Zudem soll die gefahrlose Abwanderung in das Unterwasser durch geeignete, alternative Korridore neben der Turbine (Bypass, überströmtes Wehr,...) sichergestellt werden. Als Mindeststandard für den Fischschutz in NRW werden ein max. Stababstand von 20 mm und eine resultierende Anströmgeschwindigkeit am Rechen von max. 0,5 m/s gefordert (DUMONT et al. 2005).

Der Standort Rhede-Krechting liegt in einem Bereich der Bocholter Aa, der als katadromer Vorranggewässerabschnitt ausgewiesen ist (DUMONT et al. 2005). Die Zielart Aal konnte in Krechting nur mit wenigen Exemplaren nachgewiesen werden. Alle über die Wasserkraftschnecke abgewanderten Aale waren lebendig und ohne sichtbare Schäden (13 von 13, s. Tab. 7). Auch bei ähnlichen Untersuchungen an Wasserkraftschnecken in Deutschland (SCHMALZ 2010, TOMBEK & HOLZNER 2008, SPÄH 2001) und in Großbritannien (FISHTEK 2008: Aale wurden gezielt und wiederholt durch die Wasserkraftschnecke passagiert) zeigte sich, dass alle untersuchten Aale die Schneckenpassage lebendig und in den Regel vollkommen unversehrt überstanden (einzige Ausnahme: leichte Abschürfungen bei einem Aal in FISHTEK 2008). Daher ist es

nachvollziehbar, dass an der Wasserkraftschnecke Krechting kein Feinrechen zum Aalschutz (15 mm) installiert wurde.

Bei den anderen Fischarten der Schneckenpassage in Krechting wurden nur in Ausnahmefällen Individuen mit Körperlängen ab 15 cm gefangen (ohne Aal: max. Länge 26 cm, n=64). Die Datengrundlage für eine Bewertung der durch die Schneckenpassage bedingten Schädigung bei diesen „größeren Fischen“ ist somit vergleichsweise klein. Bei Fischen dieser Länge lag die Mortalitätsrate bei 9,4 % (über alle Längen: 5 %), die Schädigungsrate bei 12,5% (über alle Längen: 8,5%). Ein Gründling (15 cm, KW 42.10) und ein Flussbarsch (18 cm, KW 36.10) waren tot ohne sichtbare Schäden (t.o.s.S. = 3,1%). In der Versehrtheitsklasse tot mit sichtbaren Schäden (t.m.s.S. = 6,3%) fanden sich 2 Flussbarsche (1. 20 cm / mit Schlagmal bzw. Quetschung; 2. 21 cm / Teildurchtrennung, zusätzlich Schlagmal; beide in KW 36.10), 1 Hasel (16 cm / Flossenschäden, KW 44.10) und 1 Döbel (16 cm / abgetrennter Unterkiefer und aufgeplatzter Rücken, KW 33.10). Zudem wurde 1 Karausche von 19 cm (KW 33.10) gefangen, diese war lebendig und durch leichte Flossenschäden gekennzeichnet.

Theoretisch ließe sich erst durch den Einbau eines 10mm-Feinrechens vor der Wasserkraftschnecke Krechting und die daraus resultierende Absperrung dieses Abwanderungskorridors für Fische ab 15 cm Länge die Menge der mortal geschädigten Fische von zuvor 189 (Tab. 8) auf dann 183 senken. Diese Reduzierung kann jedoch nur marginal zur Reduzierung der gemittelten Mortalitätsrate beitragen. Bei anderen Untersuchungen lag die durch die Schneckenpassage bedingte Mortalitätsrate bei Fischen > 15 cm bei 0% (FISHTEK 2008, FISHTEK 2009b, SPÄH 2001).

Durch den Einbau eines 10mm-Feinrechens in Krechting ließen sich Fische mit Längen < 10 cm aufgrund ihres geringen Körperdurchmesser nicht von der Schneckenpassage und den damit verbundenen Risiken abhalten (vgl. DWA 2005). Die hohe Mortalitätsrate in den beiden Längenklassen < 10 cm (30,3%, Tab. 8) könnte also selbst durch den Einbau eines 10mm-Feinrechens nicht reduziert werden. Um die hohe Sterblichkeit der „kleinen Fische“ deutlich zu verringern, müssten die für diese Fische augenscheinlich letalen „Druckschwankungen“ im Ausleitungsbereich der Schecke mit geeigneten Mitteln unterbunden werden (Anhebung UW-Spiegel bzw. tieferes Einsenken der unteren Schneckenwindung).

Die Untersuchungen in Krechting haben gezeigt, dass eine Vielzahl von (insbesondere abiotischen) Faktoren (Temperatur, Abfluss, bauliche Ausgestaltung Zu- und Ausleitung, Mechanik Schnecke, hydraulische Aspekte, ...) und deren Interaktion die Abwanderungsintensität sowie die Schädigung der Fische beeinflussen. **Wegen dieser komplexen Wirkungsmechanismen können die in Krechting erzielten Ergebnisse – insbesondere hinsichtlich der gemittelten Mortalitäts- und Schädigungsrate - nicht pauschal auf alle anderen Wasserkraftschnecken-Standorte übertragen werden.** Es erscheint daher erforderlich, mit der Kenntnis der hier dargestellten Zusammenhänge und Wirkungsmechanismen, andere Standorte unter Beachtung der dortigen „individuellen“ biotischen wie abiotischen Bedingungen detailliert zu betrachten. Dadurch lassen sich auf den jeweiligen Standort bezogene Ansätze zur Ermittlung, Vermeidung bzw. Minderung von Fischschäden entwickeln.

Bei der Planung zukünftiger Anlagen sollte für die Fische – neben dem Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke – ein alternativer Abwanderungskorridor berücksichtigt werden. Dessen oberwasserseitiger Einstieg sollte stromab des Grobrechens in direkter Nähe zum

Einlaufbereich der Wasserkraftschnecke liegen. Der hinsichtlich seiner Dotierung staffelbare Bypass sollte permanent mit einer Mindestwassermenge beschickt werden. Bei Sicherstellung einer ausreichenden Wassertiefe stromab des Wehres („Mindestwassertiefe Mutterbett“, vgl. DUMONT et al. 2005) sollten erhöhte Abflüsse, die z. B. bei der Regulierung der Zielwasserspiegellage im Oberwasser auftreten, bevorzugt über den Bypass abgeführt werden. Erst bei stärkeren Hochwasserereignissen (ab Q_{330}) sollte das Wehr abgesenkt werden. Mit einer solchen Lösung könnten Fische, die den Rechen bereits passiert haben, vor der obersten Schneckenwindung „abgeholt“ werden und neben der Wasserkraftanlage ins Unterwasser geleitet werden. Die Ausleitung des Bypasses sollte in direkter Nähe zur Ausleitung der Fischaufstiegsanlage (FAA) liegen. Insbesondere bei höheren Abflüssen und damit verbundenen erhöhten Wasserspiegellagen im Unterwasser kommt es an vielen FAAs häufig zu einer Verminderung der Leitströmung der Aufstiegsanlage (Abnahme proportional der Reduzierung des Δh am untersten Riegel der FAA). Durch die Abführung überschüssigen Wassers durch den Bypass könnte

- a) die Leitströmung der FAA gesteigert werden (Verbesserung Auffindbarkeit FAA)
- b) den Fischen eine Alternative zum Abwanderungskorridor Wasserkraftschnecke angeboten werden (Minderung Schädigungsrisiko Fische)
- c) bei Hochwasserereignissen mobilisiertes Geschiebe von der Passage durch die Wasserkraftschnecke abgehalten werden (Minderung Schädigungsrisiko für die Wasserkraftanlage).

Hinsichtlich der Fischabwanderung an einem Wasserkraftstandort ist grundsätzlich zu beachten, dass die Auffindbarkeit bzw. die Erreichbarkeit der möglichen Abwanderungskorridore (FAA, Bypass, etc.) für abstiegswillige Fische durch dichte Wasserpflanzenbestände oder Ablagerungen häufig eingeschränkt wird. Auch zur Ermöglichung des ungehinderten Fischaufstiegs durch die Sicherstellung der Passierbarkeit der Öffnungen in den Riegeln (Schlitze) sowie eines ausreichend großen Wasservolumens in den Becken (Leistungsdichte!) sollte die FAA daher regelmäßig unterhalten werden. Ebenso sind alternative Abwanderungskorridore (z.B. Bypass) gegen eine erhöhte Verlegung zu schützen und regelmäßig zu unterhalten.

Auch die Wasserkraftschnecke und die begleitende Infrastruktur (Einleitung, Ausleitung) sollte regelmäßig - zumindest im Jahresrhythmus - gewartet und ggf. ertüchtigt werden. Dies dient einerseits der Minimierung mechanischer Verletzungen an den Fischen, andererseits der Sicherstellung einer langen Lebensdauer und hohen Effizienz der Anlage. Dabei ist insbesondere auf Veränderungen an den Schneckenwindungen in Folge von Geschiebetrieb und Eisgang (Entfernen von etwaigen Metallgraten; die Oberfläche sollte so weich und glatt wie möglich sein) und die Einhaltung eines möglichst geringen Spaltmaßes (Abstand Schneckenwindung zum Stahltrug deutlich < 1 cm) zu achten.

Die Unterhaltung aller Wanderkorridore ist bei der Erteilung der wasserrechtlichen Genehmigung klar zu regeln. Anlagen zum Fischwechsel sind grundsätzlich keine Typenbauwerke, deren Funktionsfähigkeit aus projektgerechten Baumaßnahmen abgeleitet werden kann. Somit sind Planung und Bauausführung (inkl. Qualitätskontrolle / Baubegleitung) nach dem aktuellen Stand des technischen Regelwerkes zwar die Voraussetzung, jedoch noch kein Beleg für die Funktionsfähigkeit einer solchen Anlage (EBEL et al. 2006). Aufschluss über die tatsächliche Funktionsfähigkeit kann nur eine Funktionskontrolle nach einem anerkannten Methodenstandard geben (z. B. EBEL et al. 2006, SCHWEVERS & ADAM 2006).

6 Zusammenfassung

Zwischen Mitte August und Anfang November 2010 wurden am Wasserkraftstandort Rhede-Krechting (Bocholter Aa) an insgesamt 33 Tagen Untersuchungen zur Fischabwanderung während der Nachtstunden durchgeführt. Die Fangeinrichtungen hinter der Wasserkraftschnecke und in der Fischaufstiegsanlage wurden an jeweils 3 Zeitpunkten (Abendleerung, Mitternachtleerung, Morgenleerung) auf abgewanderte Fische kontrolliert. Parallel zu den biologischen Daten wurden den Fischabstieg begleitende, abiotische Parameter erfasst (Wassertemperatur, Pegelstand). Insgesamt wurden 4342 Fische aus 20 Arten nachgewiesen. Mit der Reuse in der Fischaufstiegsanlage wurden 545 Individuen aus 17 Arten gefangen. Im Hamen hinter der Wasserkraftschnecke wurden 3797 Individuen aus 18 Arten erfasst. Die häufigsten Fischarten waren Rotauge, Brasse, Gründling, Kaulbarsch, Dreistachliger Stichling, Flussbarsch und Zander. Vereinzelt konnten auch Koppe, Wels und Aal nachgewiesen werden. 98% aller Fische hatten Körperlängen < 15 cm. Präadulte bzw. adulte Fische waren somit – abgesehen von den Arten Gründling, Koppe, Bachschmerle und Aal - nur sehr selten im Fang vertreten.

Die Fänge verteilten sich unterschiedlich auf den Gesamtzeitraum. In den drei Untersuchungswochen im August (Wassertemperaturen ca. 15-20°C) konnten insgesamt 431 abgestiegene Fische nachgewiesen werden. Unter Berücksichtigung der Abflussverteilung wanderten die Fische im August bevorzugt über die FAA ab (hier n=182, Schnecke n=249). Dagegen stiegen im Oktober (KW 42+43, Wassertemperatur < 10°C) überdurchschnittlich viele Fische über die Wasserkraftschnecke ab (n=3091, FAA n=227). Allein in einer Fangnacht im Oktober wurden 2225 Fische im Hamen gefangen. Der Massenabstieg wurde begleitet von sinkenden Wassertemperaturen und steigenden Abflüssen. Aufgrund des verstärkten Laubaufkommens in den Fangeinrichtungen und der damit einhergehenden extrem erschwerten Fangbergung mussten die Untersuchungen Anfang November 2010 abgebrochen werden.

Alle gefangenen Fische wurden in Versehrtheitsklassen eingeteilt (lebend bzw. tot ohne sichtbare Schäden, lebend bzw. tot mit sichtbaren Schädigungen). Sichtbar geschädigte Fische wurden zudem hinsichtlich ihrer Schadensbilder erfasst (Schuppenverluste, Flossenschäden, Quetschungen, etc.). Im Gesamtfang hinter der Wasserkraftschnecke waren die meisten Fische (91,5%) lebendig ohne sichtbare Schäden, 134 Fische (3,5%) waren lebendig mit sichtbaren Schäden. Die gemittelte Mortalitätsrate lag bei 5% (tot mit sichtbaren Schäden = 0,4%; tot ohne sichtbare Schäden = 4,6%). Die höchsten Mortalitätsraten wurden bei den Arten Dreistachliger Stichling (50,6%), Hasel (38,2%), Döbel (26,7%) und Brasse (24,4%) nachgewiesen. Die niedrigsten Mortalitätsraten (unter 2,5%) wurden für Zander, Gründling und Rotauge ermittelt. Bei den Arten Aal, Karausche, Karpfen, Moderlieschen und Wels wurde keine Mortalität nach der Schneckenpassage beobachtet. **Diese Werte können jedoch nicht pauschal für andere Standorte übernommen werden.** Die häufigsten Schadensbilder in Krechting waren Schuppenverluste (1,6% aller Fische betroffen), Flossenschäden (1,1%) und Abschürfungen (0,6%). Im Vergleich mit anderen, in der jüngeren Vergangenheit untersuchten Wasserkraftanlagen (Wasserkraftschnecken, Francis-, Kaplan turbinen), wurden in Krechting sehr niedrige Mortalitäts- bzw. Schadensraten für die über die Wasserkraftschnecke abgewanderten Fische ermittelt.

7 Literatur

- CARLSON, T. J., J. P. DUNCAN, T. L. GILBRIDE & G. K. KEILMAN (2004): The Sensor Fish – Making Dams More Salmon-Friendly. – Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA.
- DUMONT, U., P. ANDERER & U. SCHWEVERS (2005): Handbuch Querbauwerke. - Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Düsseldorf.
- DWA (2005): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen. Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. - Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef.
- EBEL, G., F. FREDRICH, A. GLUCH, C. LECOUR & F. WAGNER (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. BWK- Fachinformation 1/2006.- Hrsg.: Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau, Sindelfingen.
- EDLER, C. (2011): Funktionskontrolle der Fischaufstiegsanlage Rhede-Krechting / Bocholter Aa. – Abschlussbericht im Auftrag der Stadtwerke Rhede, Bochum.
- EU (2007): Verordnung (EG) Nr. 1100/2007 des Rates vom 18.09.2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestandes des Europäischen Aals. - Amtsblatt der Europäischen Union, L 248/17 vom 22.09.2007.
- FISHTEK (2007): The Archimedes Screw Turbine, River Dart. Phase 1 Report: Live fish trials, smolts, leading edge assessment, disorientation study, outflow monitoring. - Fishtek Consulting, Moretonhampstead, UK.
- FISHTEK (2008): The Archimedes Screw Turbine, River Dart. Phase 2 Report: Eels and kelts. - Fishtek Consulting, Moretonhampstead, UK.
- FISHTEK (2009a): The Archimedes Screw Turbine. Assesment of three leading edge profiles. – Fishtek Consulting, Moretonhampstead, UK.
- FISHTEK (2009b): Howsham Fish Monitoring. Assesment of fish passage through the Achimedes Turbine and associated by-wash. – Fishtek Consulting, Moretonhampstead.
- FLICK (2006): Infolyer Wasserkraftanlage Rhede-Krechting zum Mühlentag 2006. – Flick-Ingenieurgemeinschaft, Rhede.
- HOFFMANN, A. et al. (2010): Fischschutzmöglichkeiten an Wasserkraftanlagen. Schutzmaßnahmen für Jung- und Kleinfische im Turbulenzkanal hinter dem Rechen. - Natur in NRW 4/10, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen.
- HOLZNER, M. (1999): Untersuchung von Fischschäden im Kraftwerksbereich, dargestellt am Kraftwerk Dettelbach am Main / Unterfranken. – Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern, Heft 1, München.
- JENS, G. (1992): Der Bau von Fischwegen: Fischtreppe, Aalleitern und Fischschleusen. - Verlag Paul Parey, Hamburg.
- KÜHLMANN, M. (2009): Experimentelle Untersuchungen zur Schädlichkeit einer Kleinwasserkraftanlage mit Kaplan turbine und geringer Fallhöhe für Jungfische und

Neunauge .- Diplomarbeit im Studiengang Sachverständigenwesen, Europäische Berufs- und Wirtschaftsakademie St. Gallen.

LECOUR, C. & P.-C. RATHCKE (2006): Abwanderung von Fischen im Bereich von Wasserkraftanlagen. Untersuchungen an Wasserkraftanlagen Müden/Dieckhorst, Dringenauer Mühle/Bad Pyrmont und Hannover-Herrenhausen.- Hrsg.: LAVES – Dezernat Binnenfischerei, Hannover.

MUNLV (2004): Jahresbericht zum Wanderfischprogramm 2004 – Arbeitsbericht. - Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Düsseldorf.

MUNLV (2007): Ausarbeitungen zur gewässerökologischen Beurteilung der Fischfauna. Projektbericht. - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Düsseldorf.
<http://wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php/Fischprojekt>

MÜHLENBERG (1993): Freilandökologie. - Quelle & Mayer Verlag Heidelberg, 3. Auflage.

PAVLOV, D. S. (1989): Structures assisting the migration of non-salmonid fish. – FAO Fisheries Technical Papers 3008, USSR.

POTTGIESSER, T. & M. SOMMERHÄUSER (2004): Fließgewässertypologie Deutschlands: Die Gewässertypen und ihre Steckbriefe als Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. - In: Steinberg, C., W. Calmano, R.-D. Wilken & H. Klapper (Hrsg.): Handbuch der Limnologie. 19. Erg. Lfg. 7/04. VIII-2.1: 1-16 + Anhang.

RATHCKE, P.-C. (1993): Untersuchungen über die Effektivität der Aalableitung und Feststellung der Fischschäden durch Turbine und Rehen im Wasserkraftwerk Dringenauer Mühle (Bad Pyrmont). – Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Bad Pyrmont.

RITZ-ATRO (2005): Wasserkraftschnecken, Energiegewinnung effizient und fischverträglich. - Flyer der Ritz-Atro Pumpenwerksbau GmbH, Nürnberg.

SCHMALZ, W. (2002): Modifizierung, Erprobung und Untersuchung einer neuartigen Fangtechnik zur Erforschung des Fischabstiegs im Bereich von Wasserkraftanlagen. – Abschlussbericht zum DBU-geförderten Projekt, AZ: 15864, Hydrolabor Schleusingen.

SCHMALZ, W. (2010): Untersuchungen zum Fischabstieg und Kontrolle möglicher Fischschäden durch die Wasserkraftschnecke an der Wasserkraftanlage Walkmühle an der Werra in Meiningen. – Abschlussbericht im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie. Fischökologische und Limnologische Untersuchungsstelle Südthüringen, Breitenbach.

SCHWEVERS, U. (1998): Die Biologie der Fischabwanderung. - Bibliothek Natur & Wissenschaft Band 11, Verlag Natur & Wissenschaft, Solingen.

SCHWEVERS, U. & B. ADAM (2006): Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Auswertung durchgeführter Untersuchungen und Diskussionsbeiträge für die Durchführung und Bewertung. Studie im Auftrag des MUNLV NRW.- Hrsg.: DWA, Hennef.

SPÄH, H. (2001): Fischereibiologisches Gutachten zur Fischverträglichkeit der Patent geschützten Wasserkraftschnecke der Ritz-Atro Pumpenwerksbau GmbH, Bielefeld.

SPÄTH, S. (1998): Charakterisierung turbinenbedingter Verletzungen an Mainfischen – dargestellt am Beispiel des Kraftwerks Dettelbach. – Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin.

TOMBEK, B. & M. HOLZNER (2008): Untersuchungen zur Effektivität alternativer Triebwerkstechniken und Schutzkonzepte für abwandernde Fische beim Betrieb von Kleinwasserkraftanlagen. – Gutachten im Auftrag des Landesfischereiverbands Bayern, München.

Andere Quellen

FLASBERG, N. (mdl.): Informationen zum Fischbestand der Bocholter Aa und angrenzender Stillgewässer im Bereich Pröbsting. - Rheder Angel- und Naturschutzverein.

FRIESE, G. (mdl.): Informationen zum Abfluss der Bocholter Aa am Pegel Rhedebrügge. - LANUV, Recklinghausen.

GÖRTZ, M. (mdl.): Auswertungen von Fängen der Angelfischerei an der Bocholter Aa im Bereich Rhede. - Rheder Angel- und Naturschutzverein.

SCHMALZ, W. (mdl. und pers. Mitteilung): Detail-Informationen und Erklärungen der Ergebnisse zur Untersuchung der Fischabwanderung am Wasserkraftstandort Walkmühle / Werra.

TOMBEK, B. (mdl.): Weitere Detail-Informationen und Erklärungen der Ergebnisse zur Untersuchung der Fischabwanderung an den Wasserkraftschnecken Rödermühle und Gugelmühle.