

Untersuchungen zur Effektivität alternativer Triebwerkstechniken und Schutzkonzepte für abwandernde Fische beim Betrieb von Kleinwasser- kraftanlagen

im Auftrag des Landesfischereiverbands Bayern e.V.



finanziert aus Mittel der Fischereiabgabe

betreut durch:

Dipl.-Ing. Ulrich Pulg (LFV bis 04/2008)

und

Dipl.-Ing. Johannes Schnell (LFV ab 04/2008)



Geise & Partner

Landrohaftökologie · Regionalberatung

Obere Rehwiese 5 97279 Prosselsheim

Projektleiter

Dipl.-Biol. Bernd Tombek

Bürgermeister-Weid-Str. 18

97922 Lauda-Königshofen

Fon: 09343/627995 - Fax: 09343/6527996

eMail: b.tombek@geise-und-partner.de

Büro für Gewässerökologie und Fischbiologie

Projektleiter

Dr. Manfred Holzner

Moltkestr. 14

85356 Freising

Fon: 08161/807088 - Fax: 08161/807086

eMail: Mholzner@arcor.de

Inhaltsverzeichnis

einleitende Worte	í
1 Grundlagen des Schutzes von Fischen im Bereich von Wasserkraftanlagen	*
1.1 Kleinwasserkraftanlagen –	
Grundsätzliche Anlagenkomponenten – Anordnungsmöglichkeiten	î
1.1.1 Ausleitungskraftwerk	ï
1.1.2 Flusskraftwerk	Ä
1.2 Kleinwasserkraftanlagen – Abflussaufteilung - Fischschutzmöglichkeiten	Å
1.3 Kleinwasserkraftanlagen - Fischschutz und Fischableitkonzepte	Å
1.3.1 Mechanische Schutzkonzepte	1€
1.3.1.1 Rechenstababstand / Rechenanordnung	1€
1.3.1.2 Rechenanströmung	1G
1.3.2 Verhaltensbasierte Schutzkonzepte	1I
1.3.2.1 Mechanik / Strömungsverhältnisse	1I
1.3.2.2 Licht	1Í
1.3.2.3 Schall	1Í
1.3.2.4 Elektrischer Strom	1Í
1.3.3 Fischschonende / -freundliche Turbinentechnik	1Î
1.3.3.1 Kaplan turbine	1Ï
1.3.3.2 Francisturbine	1Ï
1.3.3.3 Durchströmturbine	1Ï
1.3.3.4 Schneckenturbine	1J
1.3.3.5 Wasserräder	2€
1.3.3.5.1 Oberschlächtiges Wasserrad	2€
1.3.3.5.2 Unterschlächtiges Wasserrad	2€
1.3.3.6 Weitere alternative Turbinenkonzepte – Very Low Head Turbine	2F
2 Untersuchte Anlagen	2&
2.1 Gugelmühle – Mittelfranken	2H
2.1.1 Technische Ausstattung der Anlage	2I
2.1.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum	2Î
2.2 Schüttentobel Schwaben	2Ï
2.2.1 Technische Ausstattung der Anlage	2Ï
2.2.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum	2J
2.3 Rottaler E-Werk – Niederbayern	3F
2.3.1 Technische Ausstattung der Anlage	3F
2.3.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum	3G
2.4 Rödermühle – Unterfranken	3H
2.4.1 Technische Ausstattung der Anlage	3H
2.4.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum	3Í

2.5 Muffathalle Oberbayern	3Î
2.5.1 Technische Ausstattung der Anlage	3Î
2.5.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum	3Ï

3 Fangmethodik und Einstufung der Verletzungstypen

3.1 Fangmethodik	41
3.2 Verletzungstypen	42

4 Ergebnisse an den Standorten

<i>4.1 Gugelmühle – Mittelfranken</i>	44
4.1.1 Festgestelltes Artenspektrum	44
4.1.2 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen	45
4.1.2.1 Allgemeine Übersicht	45
4.1.2.2 Fangstelle und Artinventar	45
4.1.3 Zustand der gefangenen Fische	46
4.1.3.1 Zustandserfassung Gesamtfang	46
4.1.3.2 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen	48
4.1.4 Festgestellte Verletzungsmuster	49
<i>4.2 Schüttentobel Schwaben</i>	51
4.2.1 Festgestelltes Artenspektrum	51
4.2.2 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen	52
4.2.2.1 Allgemeine Übersicht	52
4.2.2.2 Fangstelle und Artinventar	52
4.2.3 Zustand der gefangenen Fische	53
4.2.3.1 Zustandserfassung Gesamtfang	53
4.2.3.2 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen	54
4.2.4 Festgestellte Verletzungsmuster	55
<i>4.3 Rottaler E-Werk – Niederbayern</i>	55
4.3.1 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen	56
4.3.1.1 Allgemeine Übersicht	56
4.3.1.2 Fangstelle und Artinventar	56
4.3.3 Zustand der gefangenen Fische	57
4.3.3.1 Zustandserfassung Gesamtfang	57
4.3.3.2 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen	57
4.3.4 Festgestellte Verletzungsmuster	58
<i>4.4 Rödermühle – Unterfranken</i>	59
4.4.1 Festgestelltes Artenspektrum	59
4.4.2 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen	59
4.4.2.1 Allgemeine Übersicht	60
4.4.2.2 Fangstelle und Artinventar	60

4.4.3 Zustand der gefangenen Fische	61
4.4.3.1 Zustandserfassung Gesamtfang	61
4.4.3.2 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen	61
4.4.3.3 Festgestellte Verletzungsmuster	64
4.5 <i>Muffathalle - Oberbayern</i>	66
4.5.1 Festgestelltes Artenspektrum	66
4.5.2 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen	66
4.5.2.1 Allgemeine Übersicht	67
4.5.2.2 Zustandserfassung Gesamtfang	67
4.5.2.3 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen	68
4.5.3 Festgestellte Verletzungsmuster	68
5 Bewertung der Ergebnisse	69
5.1 Wasserkraftschnecke /Schnecken­turbine	70
5.2 Unterschlächtiges Wasserrad	72
5.3 Oberflächenableitung	72
5.4 Gut plazierte Wanderhilfe	74
6 Resumee	75
7 Literaturverzeichnis	77
8 Hinweis zu den Rohdaten	81
9 Abbildungsverzeichnis	81

einleitende Worte

Unsere heimischen Fische sind durch die stetige Beschränkung ihres Lebensraums Gewässer als eine stark gefährdete Tiergruppe anzusehen. Dies gilt insbesondere für die rheophilen, d. h. fließgewässerbezogenen Arten, da ausgedehnte natürliche oder naturnahe Fließgewässerabschnitte sehr selten geworden sind.

Viele Fischarten sind im Laufe ihres Lebens zumindest zeitweise auf eine Wanderung innerhalb ihres Lebensraums angewiesen. Gründe dafür stellen beispielsweise eine erfolgreiche Reproduktion (Laichwanderung) oder dem Alter der Tiere entsprechende unterschiedliche Habitatansprüche dar. Die Kartierungen zur biologischen Durchgängigkeit in Bayern haben uns deutlich gezeigt, dass diese Wanderungen fast überall durch Querverbau unterbunden oder zumindest deutlich beschränkt ist. Zusätzlich ist es Fakt, dass es an Wasserkraftanlagen unvermeidlich zu einer Schädigung von Individuen kommt, wenn diese die Turbinen passieren.

Es ist jedoch auch ein Fakt, dass wir um einer globalen Klimakrise entgegen wirken zu können, CO₂-neutrale Energiequellen ausbauen müssen. Wir befinden uns damit unvermeidlich in einem Gewissenskonflikt zweier konkurrierender Ziele. Gewässer- und Fischschutz auf der einen Seite und klimaökologische Argumente auf der anderen Seite.

Erfreulicher Weise stellen Fische seit der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (RICHTLINIE 2000/60/EG) eine Qualitätskomponente zur Bewertung des ökologischen Zustands eines Wasserkörpers dar. Die Bedeutung intakter

Gewässerökosysteme und eines natürlichen Fischartenbestands hat dadurch stark an Wert gewonnen. Wie ist dies jedoch mit den Argumenten des Klimaschutzes und dem Ruf nach Förderung alternativer Energiequellen zu vereinen? Ist ein akzeptabler Kompromiss zwischen beiden Zielen möglich?

Betrachtet man die aktuelle Situation der Wasserkraftnutzung tauchen auf Grund dieses Konflikts bei der Beschreibung neuer Anlagen heute häufiger Formulierungen wie „fischschonend“ auf. Doch was bedeutet „fischschonend“ im Bezug auf diese Anlagen?

Ziel dieses Projekt war es deshalb einen ersten Eindruck über die heute eingesetzten Techniken zur Vermeidung von Schädigungen bei der Durchwanderung von Fischen an Wasserkraftanlagen zu verschaffen. Es wurden deshalb verschiedene Systeme, in verschiedenen Gewässersystemen beprobt und ihre Wirkungsweise erläutert und deren Effektivität abgeschätzt. Auf Grund des Projektaufwands kann hier wie schon erwähnt nur ein erster Eindruck vermittelt werden. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse sollten jedoch als Anhaltspunkt für weitere Detailuntersuchungen und eine zielorientierte Weiterentwicklung der Systemem angewendet werden.

1 Grundlagen des Schutzes von Fischen im Bereich von Wasserkraftanlagen

In einem ersten Schritt soll in den folgenden Kapiteln der mögliche Rahmen der Wasserkraftnutzung speziell im Bereich der Kleinwasserkraft erarbeitet werden. Die Anordnung der einzelnen Anlagenteile (Wehranlage, Turbinenanlage, ev. Fischwanderhilfe usw.) hat einen erheblichen Einfluss auf die Wanderungssituation für abwandernde (d.h. flussab schwimmende) Fische. Weiter beeinflusst die Abflussverteilung auf die einzelnen Anlagenteile die Effektivität vorhandener Fischschutzeinrichtungen, bzw. verändert die Zahl in der Turbine geschädigter Individuen eventuell massiv. Abschließend von entscheidender Bedeutung ist die grundsätzliche Gestaltung und auch die Detailausführung der Fischwanderhilfe bzw. Fischschutzeinrichtung, insbesondere in diesem Abschnitt soll versucht werden den derzeitigen Stand der Technik bei Fischschutz und Fischableitung kompakt zusammenzufassen und auf für die betroffenen Fische existentielle Gestaltungspunkte hinzuweisen. Details sollen dann am konkreten untersuchten Beispiel erläutert werden.

Zur prinzipiellen Notwendigkeit des Schutzes abwandernder Fischarten ist zu sagen, dass alle bei uns vorkommenden Fischarten in Phasen ihres Lebens auch flussabwärts gerichtete Wanderungen ausführen. Auf diesen wegen besteht für sie die Gefahr, in die Turbinen von Wasserkraftanlagen zu gelangen. In den Arbeiten eines der Autoren (siehe HOLZNER & STEIN 2001; HOLZNER 2000; HOLZNER (1999) und HANF-LAND; BORN; HOLZNER 2006) wird sehr deutlich, dass es alle Fischarten betrifft und sie bei Fän-

gen nach Turbinenanlagen auch dementsprechend erfasst werden können. Aus diesen Arbeiten geht ebenso hervor dass in Bezug auf die Schädigungsraten eine sehr hohe Varianz zu erwarten ist und praktisch jede Anlage individuell betrachtet werden muss. In HOLZNER 2000 und HOLZNER (1999) wird hier zu den internationalen Bemühungen der Schädigung von Fischen ein Abriss der beobachteten Schädigungsraten (Nach turbinentypen und Fischarten zuordenbar) gegeben.

1.1 Kleinwasserkraftanlagen – Grundsätzliche Anlagenkomponenten – Anordnungsmöglichkeiten

ie in der folgenden Zusammenstellung gesammelten Kriterien und Bewertungsmaßstäbe ergeben sich in erster Linie aus der Verarbeitung der bereits vorliegenden Übersichtsliteratur (DWA Themen 7 / 2005 und DWA Themen 4 / 2006) sowie aus eigenen praktischen Erfahrungen der Autoren. Zusätzlich wurde auf Wunsch des Auftraggebers noch eine Vielzahl von Originalliteratur (s. Literaturverzeichnis) eingearbeitet um die Ausführungen zu verdeutlichen.

Einleitend soll zusätzlich kurz versucht werden, den hier bisher ohne Erklärung benutzten Begriff der Kleinwasserkraft zu definieren. Nach dem von Naumann, S. und Igel, F. (2005) erarbeiteten Leitfaden für die Vergütung von Strom aus Wasserkraft, wird in Leistungsklassen von bis zu 500 kW und von 500 bis 5000 kW unterteilt. Dieser ganze Bereich wird aber zur kleinen Wasserkraft gerechnet. Auf europäischer Ebene wird derzeit bei Anlagen bis zu 10 MW noch

von kleiner Wasserkraft gesprochen. In den in der Folge beschriebenen Untersuchungen liegt der Schwerpunkt aber ganz klar bei den Anlagen bis 500 kW. Dies hat verschiedene Gründe:

➔ Hier wird von Seiten der Wasserkraftbetreiber das größte Ausbau- und Modernisierungspotential gesehen, es ist also Bewegung zu erwarten.

➔ Es handelt sich um räumlich und abflusstechnisch gesehen überschaubare Anlagen, d.h. es bestehen eher machbare Optimierungsmöglichkeiten in Bezug auf die Ökologie.

➔ Fangtechnik und Erfassungstechnik für die Fischwanderungen ist bei dieser Kraftwerksgröße noch zu bewältigen und zu finanzieren

Aus den vorher genannten Gründen wurden fünf echte Kleinwasserkraftanlagen ausgewählt, die genauer untersucht werden sollten. Im nun folgenden Abschnitt soll aber vorher umrissen wer

den, welche technischen Gegebenheiten beim Kraftwerksbetrieb angetroffen werden, und welche technischen Möglichkeiten zum Schutz der Gewässerökologie und vor allem der Fische derzeit zur Verfügung stehen.

1.1.1 Ausleitungskraftwerk

Im Fall eines Ausleitungskraftwerks sind Turbinenanlage und Wehranlage räumlich voneinander getrennt. Der Abfluss des Gewässers wird an der Wehranlage teilweise in einen Turbinenoberwasserkanal abgeleitet, so den oder der Turbine zugeführt und nach der energetischen Nutzung über einen Unterwasserkanal wieder in das eigentliche Flussbett zurück geleitet. Parallel zu diesen künstlichen Gewässerabschnitten existiert im Normalfall noch die so genannte Ausleitungs – oder Restwasserstrecke (Mindestwasserstrecke), in der der nicht genutzte Abflussanteil verbleibt. Auf der folgenden Darstellung ist dieses Prinzip kurz grafisch dargestellt.

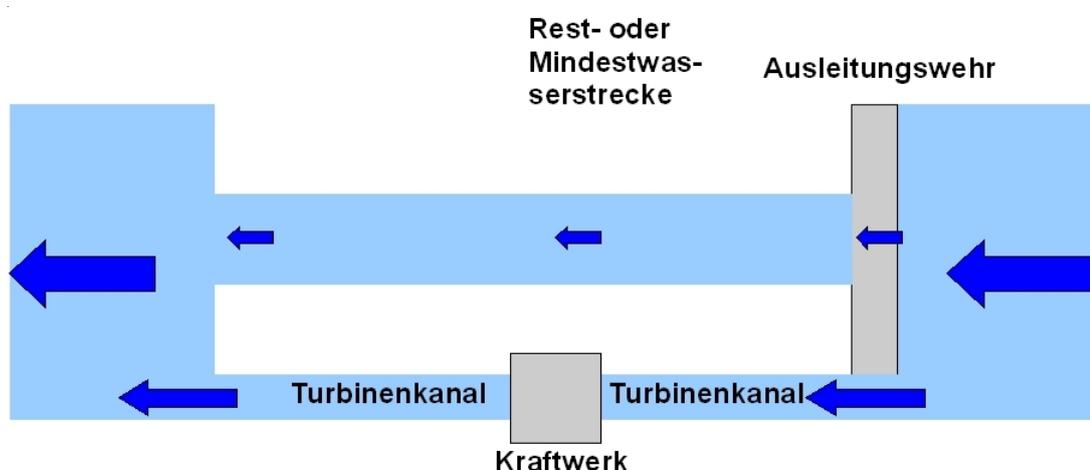


Abbildung 1: Prinzip eines Ausleitungskraftwerks

Bei der Abwanderung von Fischen sind also unterschiedliche mögliche Wanderwege zu berücksichtigen. Zusätzlich spielt bei der Bewertung von möglichen ökologischen Schäden durch den Betrieb dieser Wasserkraftanlage die Abflussaufteilung eine zentrale Rolle. Lokale Verhältnisse, Fischwanderverhalten und Abflussaufteilung zusammen müssen bekannt sein, um eine fundierte Bewertung zu ermöglichen. Auf die Rolle der Abflussaufteilung soll im Kapitel 4 näher eingegangen werden. Der Einfluss einer speziellen Ausleitungswasserkraftanlage auf die Ökologie des betroffenen Gewässers wurde auch unter Mitarbeit eines der Autoren am Kraftwerk Zehrerhmühle eingehend untersucht. Hier wurde das Eindringen von abwandernden Fischen in den Turbinenkanal an der Ausleitungswehranlage nachgewiesen, wohingegen die Wehrpassage in das Restwasserbett hinein vermieden wurde (Hanfland, S. Born, O. Holzner, M. 2006). Zusätzlich wurde in diesen Untersuchungen belegt, dass eine Vielzahl von Fischen und anderen Gewässerorganismen zumindest zeitweise in diesen naturfernen Kanälen genauso festzustellen ist wie in den benachbarten Gewässerstrecken, was zu einem erheblichen Schadrisiko für die Fische u.a. füh-

ren kann. In diesem konkreten Fall wurden 98 % Schädigung bei den erfassten Besatzfischen festgestellt (Hanfland, S. Born, O. Holzner, M. 2006).

1.1.2 Flusskraftwerk

Bei Flusskraftwerken ist die Wehranlage und der Turbinenkomplex unmittelbar in Nachbarschaft gebaut. Es gibt keine Rest- oder Mindestwasserstrecke und der gesamte zur Verfügung stehende Abfluss wird in einem Baukomplex auf Wehr- bzw. Turbinenanteil oder Fischwandereinrichtungen aufgeteilt. Dabei kann es verschiedene mögliche Anordnungen geben, wobei eine davon (Buchtenkraftwerk) auf der folgenden Abbildung kurz erläutert werden sollen.

In DWA Themen 2005 werden als weitere Möglichkeiten, Blockkraftwerk, Zwillingskraftwerk, Pfeilerkraftwerk und das überströmbare Kraftwerk genannt. Hier ist jeweils nur die Verteilung von Turbinen bzw. Wehranteilen im Flussquerschnitt unterschiedlich aufgeteilt. Allen Bauweisen gemeinsam ist, dass sie an einem Standort ohne echte räumliche Trennung im Flussschlauch erstellt wurden.

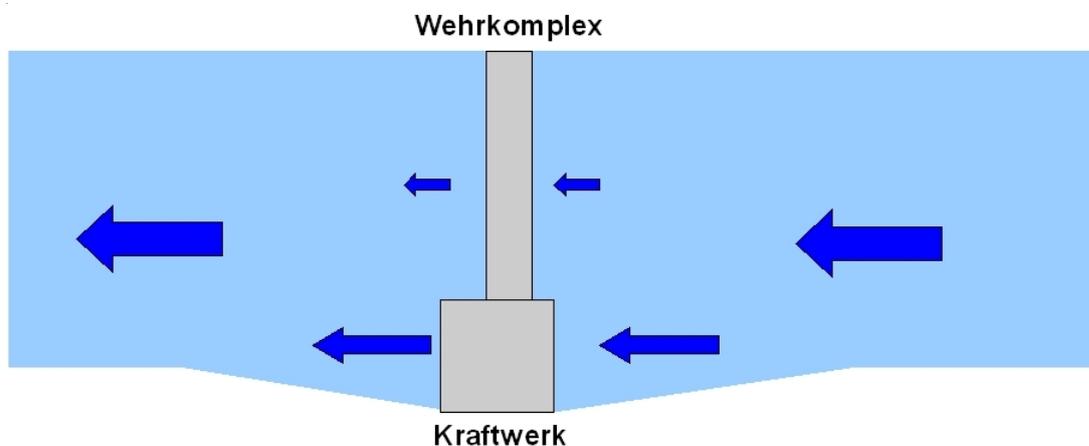


Abbildung 2: Prinzip eines Flusskraftwerks

1.2 Kleinwasserkraftanlagen – Abflussaufteilung - Fischschutzmöglichkeiten

Bei vielen Kleinwasserkraftanlagen besteht eine so genannte und vorher beschriebene Ausleitungssituation. Aber auch bei Flusskraftwerken ohne diese Wasserableitung in einen Turbinenkanal spielt die Verteilung des vorhandenen Abflusses auf die einzelnen Anlagenkomponenten eine entscheidende Rolle bei der ökologischen Bewertung des Kraftwerks insgesamt. Die Verteilung des Abflusses wirkt in unterschiedlicher Weise auf die ökologische Wirksamkeit von Fischwanderhilfen am Kraftwerk ein. Entscheidend ist aber in erster Linie die Tatsache, dass flussab wandernde Fische eine alternative Wandermöglichkeit zur Turbine erkennen können müssen, um sie in merkbarer Menge annehmen zu können.

An praktisch allen Kraftwerken gibt es je nach Abfluss die Situation, dass die Turbinenströmung den dominanten Abflussanteil darstellt. Unter diesen Bedingungen ist zur Ableitung der flussab wandernden Fische ein erheblicher Reiz nötig, um sie aus dem Turbinenstrom heraus auf eine Wanderungsalternative hin umzuleiten. Ist allerdings die Situation so, dass aufgrund von erhöhten Abflüssen oder gar durch Hochwasserereignisse die Turbinenanströmung in den Hintergrund tritt, verringert sich auch das Risiko für die wandernden Fische erheblich überhaupt in den Einzugsbereich der Turbine zu gelangen.

Insgesamt kann aus Sicht und Erfahrung der Verfasser der Näherungswert Verwendung finden, dass sich die abwandernden Fische ohne weitere Maßnahmen entsprechend den Abflussmengen aufteilen werden. Diese Näherung kann

helfen, das prinzipielle Schadrisko für abwandernde Fische an einer Anlage näherungsweise zu bestimmen. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass bereits eine Wehrpassage einen Eingriff in den Wanderkorridor eines Fisches bedeutet, der zur Meidung führen kann, wie bereits erläutert wurde (Hanfland, S. Born, O. Holzner, M. 2006). Auch größere Wassermengen (ca. 50 % des Abflusses) die durch ein Trommelwehr abgeleitet wurden waren nur bedingt in der Lage abwandernde Fische (weniger als 30 %) von der Turbinenpassage abzuhalten wie bei den Versuchen am Kraftwerk Dettelbach nachgewiesen werden konnte (Holzner, M.; 2000).

1.3 Kleinwasserkraftanlagen - Fischschutz und Fischableitkonzepte

Durch das geringere Wasseraufkommen und die meist deutlich geringeren Dimensionierungen im Kleinwasserkraftbereich, bestehen bei diesem Anlagentyp, wie bereits kurz erläutert, deutlich bessere Möglichkeiten, aktiven und wirkungsvollen Fischschutz zu betreiben als bei der so genannten großen Wasserkraft (Abflussstarke, große Gewässer, hoher Treibgutanteil, umfangreiche Anlagendimensionierungen). Diese unzweifelhaft vorhandenen Vorteile werden aber leider teils aus Unkenntnis der ökologischen Sachverhalte, fehlendem Umweltbewusstsein oder irreführendem Traditionsdenken heraus sehr oft nicht oder nur wenig genutzt. Die folgende kompakte Zusammenstellung soll helfen diese Situation zu verbessern und einige Anregungen zu diesem Themenkomplex liefern. Prinzipiell bestehen nach Courret & Larinier (2007) drei mögliche Vorgehensweisen um die Durchgängigkeit von Wasserkraftanlagen an Fließgewässern entscheidend zu verbessern:

- ➔ Konstruktion von fischfreundlichen Einlass-situationen mit Umleitungsmöglichkeit für die Fische.
- ➔ Turbinenmanagement zu den Hauptwanderzeiten der Fische.
- ➔ Fischfreundliche Turbinen mit geringerer Schädigungsrate.

Die beiden konstruktiven Ansätze sollen auch in der folgenden Zusammenstellung verfolgt werden. Turbinenmanagement biete allerhöchstens Möglichkeiten zur Umsetzung wenn es einzig um den Schutz von einzelnen Zielarten geht, deren Wanderungen weitgehend bekannt sind oder erfasst werden können. Ein umfassender Schutz von Fischen über alle Arten hinweg scheidet aufgrund der nicht vorhandenen Umsetzbarkeit leider aus, weil das einem völligen Abstellen von Wasserkraftanlagen gleich käme.

1.3.1 Mechanische Schutzkonzepte

Unter mechanischen Schutzkonzepten sind im Kleinwasserkraftbereich alle verschiedenen Formen von Rechen, Schutzgittern oder alle sonstigen starren oder auch beweglichen Siebeinrichtungen zu verstehen. Im wasserbaulichen Sinn werden diese Einrichtungen in erster Linie als Schutz der beweglichen Turbinenteile vor entsprechendem Treibgut gesehen. Für alle folgenden technischen Möglichkeiten ist neben dem reinen Rückhaltevermögen der Komponenten für Fische auch die Leitfunktion, die Notwendigkeit der Reinigung und die Anströmgeschwindigkeit unmittelbar am Rechen zu berücksichtigen. Ein weitere entscheidender Aspekt ist die Tatsache, dass es auch am Rechen bei nicht geeigneter Konfiguration zu schwerwiegenden Schäden kommen kann, wie dies an der

Anlage Wahnhausen an der Fulda mehrfach dokumentiert wurde (IG Lahn 2008). In der Folge sollen nun einige Beispiele näher beleuchtet werden und anhand dieser Beispiele werden dann möglichst pauschale Regeln zur Bewertung dieser mechanischen Schutzeinrichtungen hergeleitet.

1.3.1.1 Rechenstababstand / Rechenanordnung

Der Abstand der Rechenstäbe stellt ein primäres Kriterium zur Bewertung von Rechenanlagen dar. Je nach lichter Weite ist es ankommenden Fischen möglich das Gitter zu durchschwimmen oder nicht. Weiters sind in diesem Zusammenhang zwei Stufen zu beachten, zum einen eine absolute Unterdrückung der Passage durch den Stababstand und zum anderen eine deutliche durch Verhalten verursachte Reduktion der Passage, die je nach Fischart und Wandersituation zu bewerten sein wird. Hierbei ist auch die Ausrichtung der Stäbe zu beachten, da horizontal verlaufende Stäbe anders zu bewerten sind als vertikal verlaufende. Dies ist durch die bevorzugte Körperform von Fischen gegeben, was auf der folgenden Abbildung veranschaulicht werden soll.



Abbildung 3: Wirkungsweise Horizontal- und Vertikalrechen

Aus der Abbildung ist zu erkennen, dass es ein sich Querlegen des Fisches erfordert um einen horizontalen Rechen leichter zu passieren, während der vertikale Rechen noch problemlos durch schwommen werden kann.

In den folgenden Grafiken ist das Prinzip anhand von anatomischen Messungen an Bachforellen und Äschen, die in praktischen Versuchen Verwendung fanden am Beispiel eines 20 mm Rechens verdeutlicht.

Bei den Bachforellen ist ein Beeinflussung der Fische durch die Körperhöhe bereits bei ca. 12 cm erkennbar, während die Dicke erst bei ca. 19 cm greift.

Bei den Äschen, die insgesamt schlanker erscheinen ist ein Beeinflussung der Fische durch die Körperhöhe bereits bei ca. 15 cm erkennbar, während die Dicke erst bei über 20 cm greift. Diese Beispiele orientierten sich am 20 mm Rechen und weisen einen deutlichen Unterschied in der Beeinflussung von Fischen nach.

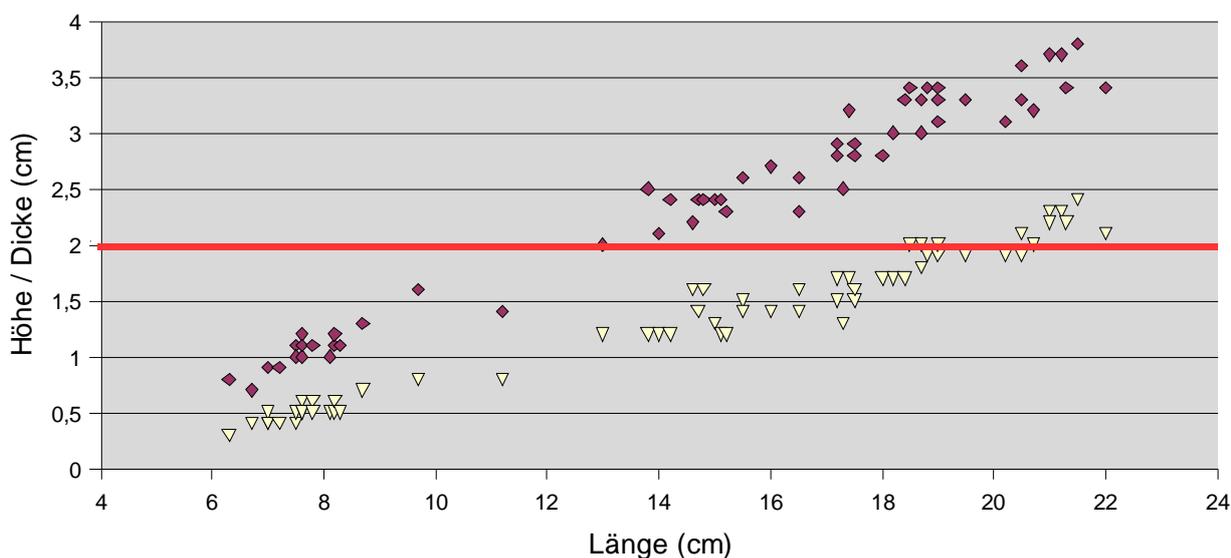


Abbildung 4: Längen, Höhen bzw. Dicken Korrelation von untersuchten Bachforellen.

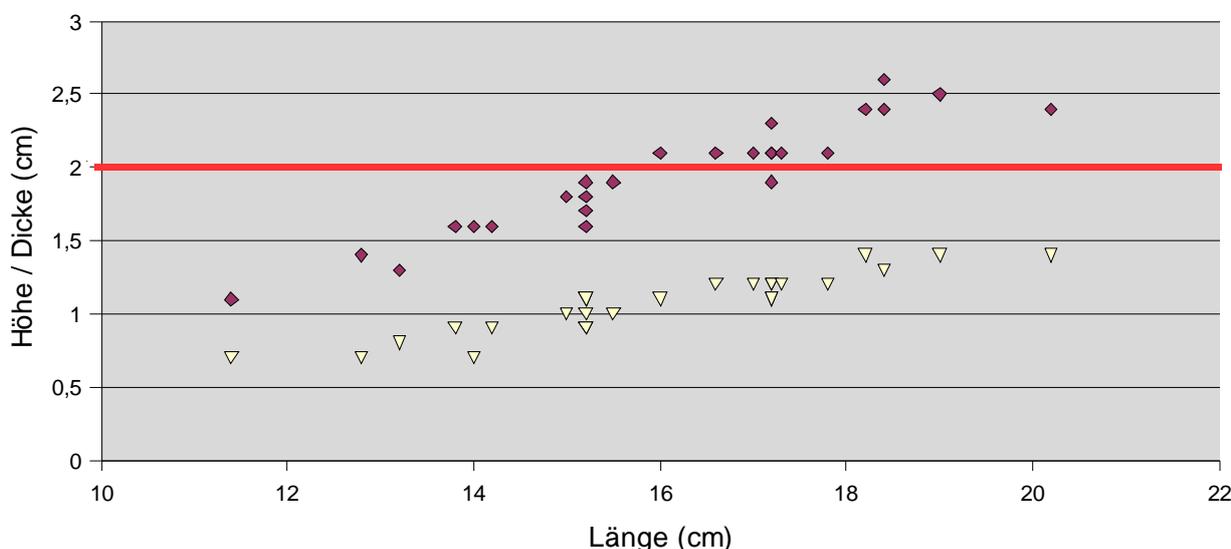


Abbildung 5: Längen, Höhen bzw. Dicken Korrelation von untersuchten Äschen.

In den Arbeiten von Holzner (1999 / 2000) sind detaillierte Aussagen zu Längen und Dickenverhältnissen einer großen Menge von Fischarten gemacht, die dort nachgelesen werden können. Weiterführend erarbeiten die Autoren der DWA Studie Fischschutz und Fischabstiegsanlagen (DWA Themen 2005) dann ein Formelwerk zur Beschreibung dieser Körperdimensionen und seiner direkten Auswirkungen auf die Passage von Fischen durch Rechenanlagen. Beachtet muss allerdings werden, dass insbesondere Arten wie der Aal sich aktiv durch eigentlich zu enge Rechenstäbe hindurchzwängen und sich oft hier schon verletzen (Adam et. al. 1999). Die derzeit feinsten in Europa eingesetzten Rechenanlagen sind so genannte Wedge - Wire - Rechen. Hier sind teilweise Rechenabstände von wenigen Millimetern möglich. An der Wasserkraftanlage Floecksmühle wurde in diesem Zusammenhang ein Rechen von 5,3 mm lichter Weite unterstützt durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt eingebaut und technisch überprüft (DBU 2004). Nach Aussagen der Untersucher ist diese Technik für Anlagen bis zu einem Ausbaudurchfluss von 5 – 10 m³/s geeignet, obwohl der Ausbaudurchfluss der Testanlage gerade einmal bei 1,7m³/s lag. Die Anströmgeschwindigkeit muss allerdings auf jeden Fall unter 0,5 m/s liegen und sowohl Einbau des Rechens wie auch die Reinigungsanlage sind mit erheblichen Mehrkosten verbunden (DBU 2004).

Neben dem lichten Abstand und der prinzipiellen Anordnung der Stäbe beeinflusst auch die Form der Rechenstäbe die Schädigung von Fischen. DWA Themen (2005) gibt praktische Beispiele zu möglichen Rechenstabformen und deren hydraulischer Beurteilung. Zur fischbezogenen Beurteilung kann derzeit allerdings mangels echten Untersuchungen nur festgestellt

werden, dass abgerundete Formen weniger Schadpotential aufweisen dürften und ein guter Wartungszustand des Rechens einen klaren Vorteil für wandernde Fische darstellt, da Aufbiegungen (veränderte lichte Weite) oder scharfe Kanten und Grate so vermieden werden können.

1.3.1.2 Rechenanströmung

Hier sind Anströmrichtung und Geschwindigkeit von entscheidender Bedeutung. Die am Rechen anzustrebende Fließgeschwindigkeit des Wassers muss sich an unterschiedlichen Faktoren orientieren, die in der Folge dargestellt werden.

Gewässerregion: je nach Gewässerregion in der die Wasserkraftnutzung stattfindet sind unterschiedliche Fischarten zu erwarten, deren Ansprüche stark variieren können. Pauschal kann gesagt werden, dass Fischarten der Forellen-, Äschen- und auch der Barbenregion in den meisten Fällen weniger Probleme mit höheren Fließgeschwindigkeiten haben als solche der Brachsen- bzw. Flunder – Kaulbarschregion. Stagnophile Fischarten tolerieren somit deutlich geringere Fließgeschwindigkeiten als rheophile Fischarten. Eine individuelle Bewertung des Fischarteninventars in Bezug auf die Strömungsansprüche ist aber trotzdem sinnvoll. Eine umfassende Liste zur Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Schwimmgeschwindigkeit verschiedener Fischarten liefert DWA Themen (2005), wo verschiedenste Originalliteraturstellen aufgearbeitet wurden.

Wasserparameter / jahreszeitliche Aspekte: Fische können aus unterschiedlichen Gründen eine deutlich reduzierte Leistungsfähigkeit aufweisen. Für wandernde Aale weiß man, dass

niedrige Wassertemperaturen (Spätherbst / Winter) ein physiologisches Problem darstellen können und die Leistungsfähigkeit d.h. das Schwimmvermögen der abwandernden Tiere massiv beeinflussen können. In umgekehrter Weise liegen Beobachtungen vor, die gerade unter Sommerbedingungen im Salmonidenbereich durch hohe Wassertemperaturen bzw. damit korrelierte geringen Sauerstoffsättigungen ähnliche physiologische Probleme auftreten können wie oben für den Aale beschrieben.

Individuelle Aspekte: Die Fische gewinnen mit zunehmender Größe auch an Leistungsfähigkeit, was das Schwimmvermögen angeht. Das bedeutet, dass kleine Wanderstadien geringere Anströmgeschwindigkeiten nötig machen, als größere, wenn es sich um die selbe Art handeln sollte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Anströmgeschwindigkeiten zwischen 0,3 m/s 1 m/s liegen sollten und an das vorkommende Fischartenspektrum und die abwandernden Stadien (Fischgröße) individuell angepasst werden müssen. In den DWA Themen (2005) wird eine Vielzahl von Forderungen in Bezug auf die Anströmgeschwindigkeit am Rechen für unterschiedliche Fischgrößen und Fischarten formuliert, die dort nachgelesen werden können. Als Beispiel seien hier 0,5m/s für den Blankaal und 0,5 – 0,6 m/s für Lachssmolts an senkrecht eingebauten Rechenanlagen genannt. Weiters müssen mit Verkleinerung der lichten Rechenweite auch die entsprechenden Anströmgeschwindigkeiten reduziert werden, da immer kleineren Stadien der abwandernden Fische die freie Passage des Rechens verweigert wird und eine potentielle Schädigung am Rechen dadurch wahrscheinlicher wird. Untersuchungen von

Rathcke (1993/1994/1997) und Rathcke & Kuhlmann (1994) zeigen die Problematik der Anströmgeschwindigkeit an feinen Rechenanlagen (20 mm) sehr detailliert auf.

Die Anströmung kann zusätzlich in unterschiedlichen Anström winkeln erfolgen. Egal ob ein Rechen horizontal oder vertikal gegen die Strömung geneigt wird ist der Anstellwinkel gegen diese Strömung entscheidend. Je spitzer der Winkel der Anströmung ist, desto tangentialer greifen hier Kräfte an, wodurch ein Fisch vor dem Rechen eher entlang bewegt wird, als dass er dagegen gedrückt würde. Es verringert sich die Normalgeschwindigkeit des durch strömenden Wassers, was eine deutliche Verringerung der Verletzungsgefahr für Fische bedeutet wie auch die Modelluntersuchungen von Adam et. al. (1999) belegen.

Hierbei ist aber der tatsächliche Strömungsverlauf zu betrachten und nicht der theoretisch erwartete. Sehr oft ist leider zu beobachten, dass trotz Neigung des Rechens die Strömung aufgrund lokaler Verhältnisse doch vergleichsweise stumpf auf das Hindernis auftrifft und zumindest teilweise die Gefahr von erhöhtem Anpressdruck für Fische am Rechen bestehen bleiben.

Winkel spitzer 45° zwischen Rechenebene und Anströmungsrichtung sind nach Meinung der Autoren aufgrund der auftretenden Kräfte im Sinne des Fischschutzes klar zu bevorzugen, wie auch die Zusammenstellungen in DWA Themen (2005) eindeutig belegen. Bei glatten Rechenoberflächen stellen Tangentialgeschwindigkeiten von bis zu 3,0 m/s kein gesteigertes Verletzungsrisiko dar, wie die Arbeiten von Amaral et al. (1994) für wedge wire screens belegen.

Über die genannten Rechensysteme hinaus, die in Europa übliche Schutzeinrichtungen darstellen, sind insbesondere aus den vereinigten Staaten alternative starre und auch bewegliche Rechen- bzw. Filtersysteme bekannt, deren Umsetzungsaufwand aber vor allem im Kleinwasserkraftbereich immens hoch erscheint. Der Vollständigkeit halber sollen hier beispielhaft einige Anlagen kurz genannt werden.

Es wird hier zwischen Fixed Screens (Starre Systeme) und Travelling Screens (bewegliche bzw. umlaufende Systeme) unterschieden. Konstruktive Beispiele finden sich bei Höfer & Riedmüller (1996) bzw. Clay (1995). Ein vergleichbares System stellt auch der Rollrechen der Firma Stähler in Deutschland dar, der richtig umgesetzt im Bereich der Kleinwasserkraft eine funktionierende Alternative darstellen könnte, siehe IG Lahn (2008).

1.3.2 Verhaltensbasierte Schutzkonzepte

Verhaltensbasierte Schutzkonzepte versuchen, das natürliche Verhalten der wandernden Fische zu nutzen und diese mit diesem Wissen über Beeinflussungsfaktoren in Umleitungsmöglichkeiten abzuleiten. In Frage kommen hier Veränderungen von Strömungsbildern, der Einsatz von Licht, Schall und elektrischem Strom, bzw. Kombinationen dieser verschiedenen Reize.

1.3.2.1 Mechanik / Strömungsverhältnisse

Jeder Rechen oder jedes Gitter beeinflusst über seine reine Rückhaltewirkung hinaus auch Fische auf reiner Verhaltensbasis. So zeigten eigene frühere Beobachtungen aber auch im Laufe dieser durchgeführten Untersuchungen, dass

Beispielsweise Bachforellen teils sehr lange Zeit vor Rechenanlagen verbringen, ohne diese zu durchwandern. In dem aktuellen Fall war der Abstand zur Turbinenanlage sogar so groß, dass eine akustische Beeinflussung durch Schwingungen aus der Maschine eher vernachlässigt werden kann, die Beeinflussung durch den Rechen also eher die wahrscheinlichere Lösung für das beobachtete Verhalten darstellt. Eben diese Beobachtungen beschreibt auch Göhl, C. (2004) für Aale und Bachforellen an verschiedenen Rechenanlagen in einem Modellversuch an der Versuchsanstalt Oberrach der Technischen Universität München. Auch eigene Untersuchungen am so genannten Saubach (Isarkanalmündung) zur Abwanderung von Äschen durch Kraftwerksanlagen zeigt identische Erfahrungen. Hier wurden die besetzten Äschen trotz Passagemöglichkeiten zurückgehalten und wanderten nach ca. 2 Tagen vor dem Rechen wieder nach stromauf ab Holzner, M.; Stein, H. (2001), die Passage durch den Rechen war minimal.

Ein mechanisches System, das vor allem in den Vereinigten Staaten umgesetzt wurde, sind so genannte Louver Anlagen (Scheuch- bzw. Leiteffekt = Strömungsveränderungen). Hier sind sehr stark variierende Erfolgsaussichten festgestellt worden wie beispielsweise die Veröffentlichungen von Bates & Vinsonhaler (1956) mit 84 % zeigen, Ruggles (1990) fand ca. 80 bis 100 %, Karp, Hess & Liston hingegen stellten nur 46 bis 47 % Ableitungseffektivität fest. Erfahrungen in Europa liegen hierzu nicht vor.

1.3.2.2 Licht

Licht als Leit- oder Scheucheinrichtung wird derzeit im Kleinwasserkraftbereich wohl kaum praktiziert. Versuche hierzu wurden vor allem von Hadderingh durchgeführt und in verschiedenen Veröffentlichungen dokumentiert (Beispielhaft in Hadderingh (1993) oder Hadderingh & Smythe (1997)) Dies rührt vor allem daher, dass gerade unter Wanderungsbedingungen bei steigenden Wasserständen, eher trüben Wasserverhältnissen usw. die optischen Verhältnisse auch nicht gerade optimal erscheinen. Eine Versuch ist der Einsatz von Licht insbesondere dann wert, wenn der Versuch gemacht werden soll, den Einstieg in das Ableit- oder Umgehungsgerinne von der Umgebung abzusetzen. Larinier, M.; Boyer-Bernard, S; (1991 a und b) beschreiben die Möglichkeiten mittels verschiedener Lampeninstallationen und Lampenschaltungen die Effektivität eines Oberflächenbypasses für Lachsmolts erheblich (drei- bis achtfach) zu steigern, wenn insbesondere die Strömungsanbindung bereits optimal gestaltet sind. Dauerhafte Beleuchtung scheint hier vor allem bei positiv phototaktischen Fischen angesagt. Da dies im allgemeinen für die meisten Fische (Ausnahme, Aal, Wels oder Rutte) der Fall ist und die Anbringung einer Beleuchtung meist keinen großen Aufwand darstellt, wäre der Versuch durchaus öfter zu empfehlen, vor allem weil dadurch auch in Kombination mit Effektivitätsuntersuchungen wertvolle Daten gewonnen werden könnten.

Als einziger Leit- oder Scheuchfaktor ohne weitere Maßnahmen erscheint der Faktor Licht derzeit auch im Kleinwasserkraftbereich zu unsicher und nicht erfolgversprechend.

1.3.2.3 Schall

Jede Kraftwerksanlage für sich ist eigentlich eine Scheucheinrichtung auf Schallbasis. Eigene Erfahrungen und die Erfahrungen der Berufsfischerei legen auch den Schluss nahe, dass dieser Scheuchfaktor von den Fischen erkannt wird, allerdings nicht dauerhaft. DWA Themen (2005) liefert eine umfassende Zusammenstellung zur Effektivität von Schallscheucheinrichtungen deren Ergebnisse in der Tat von 0 bis zu fast 100% reichen. Sehr umfangreiche Untersuchungen zum Thema Schall als Scheuchmittel führte Schmalz, W.; (2003) durch und konnte aber weder im Labor noch im Freiland effektive und dauerhafte Scheuchraten ermitteln. Bereits nach kurzer Gewöhnungsphase an das akustische Umfeld wird eine Kraftwerksanlage und auch jede andere Schallquelle offensichtlich akzeptiert und somit nicht mehr aktiv gemieden. Nach den publizierten Erfahrungen gilt dies leider auch für die Scheuchsysteme, deren Wirkung auf Schall oder Kombinationen mit Schall (Bsp. Luftblasenvorhang = Optik + Schall, Wasserstrahlvorhang = Optik und Schall oder Kettenvorhang Mechanik + Optik + Schall) beruht. Kurzfristig wurden immer Reaktionen beschrieben, allerdings erfolgte auch für Kombinationsmethoden sehr schnell eine Gewöhnung an die Verhältnisse. Hierzu finden sich Angaben in der weiterführenden Literatur beispielsweise bei Trefethen (1968), oder Ingenieurbüro Flocksmühle (1998).

1.3.2.4 Elektrischer Strom

Scheuch- und Leitanlage, deren Wirkung auf der Erzeugung von Elektrischen Feldern beruht wurden seit einigen Jahrzehnten in Deutschland aber auch weltweit immer wieder entwickelt,

weiterentwickelt und auf ihre Effektivität hin untersucht. Leider lieferte auch dieser Scheuchfaktor insbesondere für Flusskraftwerke keine entscheidenden Entwicklungserfolge. Im Seitenschluss z.B. vor Wasserentnahmestellen (Kühlwasserentnahme) waren immer wieder positive Berichte vorhanden, wobei sogar hier Rahmenparameter wie die Lage der Entnahmevorrichtung im Fluss usw. ebenso entscheidende Faktoren für den Erfolg darstellten. Konkrete Zahlen und Beispiele hierzu liefert unter anderem die Veröffentlichung von Rauck (1980). Weiterentwicklungen von Adlmannsedler (1986) bzw. der Firma Geiger brachten leider ebenfalls keine echten Verbesserungen wie die Untersuchungen von Borchard & Bosse (1995) und Timm (1987) belegen.

Eine erfolgreiche Verwendung im Einsatz vor Wasserkraftanlage ist derzeit nicht in Sicht. Zusätzlich darf für diese Art der Fischbeeinflussung nicht vergessen werden, dass der Einsatz von elektrischen Feldern im Wasser auch im Bezug auf den Schutz von unbeteiligten Menschen nicht ohne Risiken ist und sehr genau überwacht werden muss.

1.3.3 Fischschonende / -freundliche Turbinentechnik

Im folgenden sollen kurz die möglichen Turbinentypen im Bereich der Kleinwasserkraft dargestellt und in Bezug auf ihr theoretisches Schädigungspotential hin bewertet werden. Insbesondere ist der Schwerpunkt auf die Parameter gelegt, die bei identischer Turbinentechnik in Bezug auf die lokalen Verhältnisse – lokale Bauumsetzung die mögliche Schädigung von Fischen bei der Passage massiv beeinflussen können. Dies geschieht vor allem aus dem Wissen der Gutach-

ter heraus, dass auf den ersten Blick baugleiche Turbinentechnik je nach lokalen Verhältnissen unterschiedlich schädlich für die passierenden Fische sein kann.

Bereits Veränderungen im Betrieb der Turbine können drastische Veränderungen der Fischschädigung bewirken. Taylor & Kynard (1985) belegen, dass ein optimaler Wirkungsgrad der Turbine auch die geringsten Fischschäden zur Folge hatte. Auch weitere Arbeiten unterschiedlicher Autoren Trefethen (1968), Mathur et al. (1994), Hensen, (1969), Collins (1984) und Berg (1985) legen den Schluss nahe, dass es möglich ist, durch optimale Gestaltung der Turbinenbeaufschlagung die Schäden an passierenden Fischen zu minimieren. Insbesondere die Vermeidung von sehr geringen und sehr hohen Beaufschlagungen (Betriebsextreme) scheint hier erfolgversprechend.

1.3.3.1 Kaplanturbine

Kaplanturbinen finden heute in erster Linie an Standorten Verwendung, an denen über einen relativ weiten Bereich von unterschiedlichen Abflussverhältnissen geregelt und Strom erzeugt werden soll. Durch ihre hohe Anpassungsfähigkeit aufgrund von mehreren Regelungsmöglichkeiten, sind sie unter den genannten Verhältnissen sehr gut geeignet. Zu unterscheiden sind horizontal und vertikal eingebaute Kaplanmaschinen. Der horizontal eingebaute Typ ist auf der folgenden Abbildung kurz illustriert.

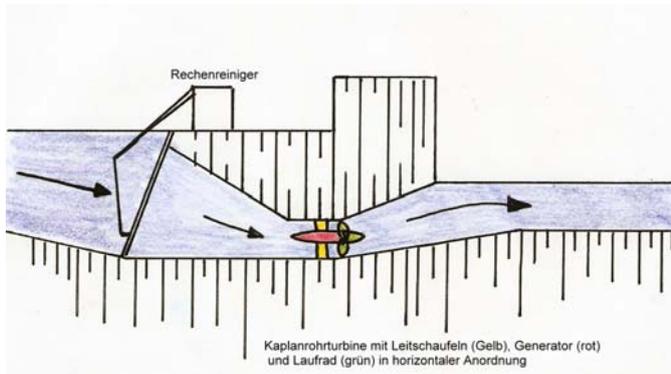


Abbildung 6: Horizontale Kaplanmaschine

Der horizontal eingebaute Maschinentyp bietet für passierende Fische im allgemeinen den Vorteil dass durch die fehlende doppelte Umlenkung weniger extreme Durchströmungsverhältnisse auftreten als in einer ansonsten baugleichen vertikalen Maschine. Ansonsten gelten für diesen Turbinentyp sehr einheitliche Kriterien, die bei der ökologischen Bewertung berücksichtigt werden müssen und auf Arbeiten und Erfahrungen von Holzner (2000) und Monten (1985) beruhen. Diese sind

- ➔ Leitschaufelanzahl
- ➔ Laufschaufelanzahl
- ➔ Freiräume innerhalb des Laufrads
- ➔ Drehzahl
- ➔ Einbaulage im Vergleich zum Unterwasser
- ➔ Vermeidung von Spalten bei Regelungsvorgängen

Sowohl die Anzahl der **Leit-** als auch der **Laufradschaufeln** sollte **möglichst gering** gewählt werden. Die **Freiräume** innerhalb des Laufrades sind idealerweise **möglichst großzügig** zu wählen. Die **Drehzahl** sollte **möglichst gering** gehalten werden, um den Fischen ausreichende Passagemöglichkeiten zu erhalten und die **Einbaulage** darf **nicht zu weit über dem Unterwasserspiegel** sein, da es sonst zu sehr starken Druckwechselereignissen während der Passage kommen kann. Ein weiterer Faktor, der

an unterschiedlichen Bauteilen ansetzen kann, ist die **Vermeidung von Spalten** an Leitapparat und Laufrad (Peripherie und Nabe), um ein Einklemmen von Fischen zu vermeiden. Diese Ansätze kommen aus den USA und werden unter dem Begriff „**Fish – Friendly - Runners**“ zusammengefasst. Klare Vorteile dieser Anlagen sind in erster Linie theoretisch und in Modellversuchen plausibel gemacht, leider noch nicht am praktischen Beispiel ausreichend nachgewiesen worden (Mc Kee (1995) und Mc Kee & Rossi (1995)).

1.3.3.2 Francisturbine

Francisturbinen fanden in der Kleinwasserkraft früher sehr viel Verwendung, traten dann etwas in den Hintergrund und werden heute wieder bevorzugt an Standorten verwendet, an denen eine weitgehend konstante Wassermenge zur Verfügung steht (oft bei Ausleitungskraftwerken). Dies beruht auf der Tatsache, dass bei einer Francismaschine nur der Leitapparat nicht aber das Laufrad geregelt werden kann, was zur Folge hat, dass der Wirkungsgrad außerhalb des baubedingten Optimums einer Maschine sehr schnell und auch deutlich abnimmt. In der folgenden Abbildung ist eine typische Francismaschine im Schema dargestellt.

Auch für Francismaschinen können Kriterien genannt werden, die bei der Schädlichkeitsbewertung für passierende Fische herangezogen werden müssen (s. Monten 1985). Diese sind

- ➔ Leitschaufelanzahl
- ➔ Laufschaufelanzahl
- ➔ Drehzahl
- ➔ Einbaulage im Vergleich zum Unterwasser

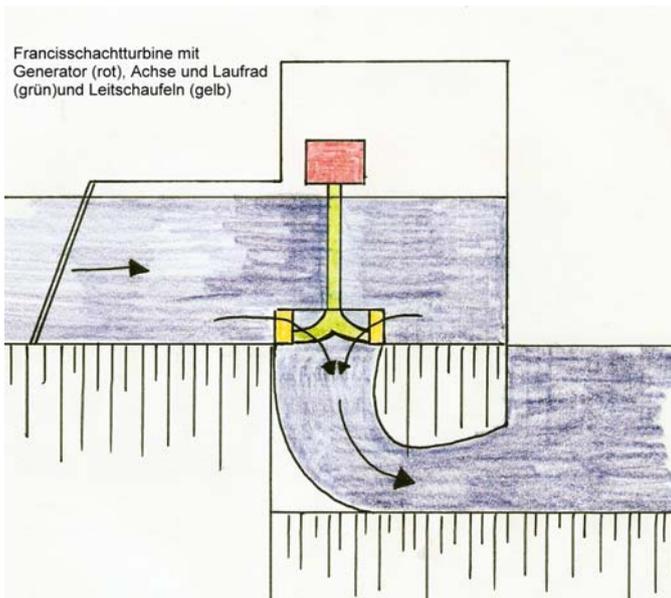


Abbildung 7: Francisturbine

Wiederum sind die Voraussetzungen für ein schadlose Passage von wandernden Fischen sehr ähnlich zu bewerten. Die Anzahl der **Leit-** als auch der **Laufradschaufeln** sollte **möglichst gering** gewählt werden. Die **Drehzahl** sollte ebenso **möglichst gering** gehalten werden, um den Fischen ausreichende Passage-möglichkeiten zu erhalten und die **Einbaulage** darf **nicht zu weit über dem Unterwasserspiegel** sein, da es sonst auch bei diesem Turbinentyp zu sehr starken Druckwechselereignissen während der Passage kommen kann. Eine zusätzliche Entwicklung dieses Turbinentyps hin zu Fisch freundlicheren Passagebedingungen für flussab wandernde Individuen ist kaum zu erwarten bzw. derzeit nicht absehbar. Aber auch für diesen turbinentyp liegen Erfahrungen vor, die eine vergleichsweise moderate Passage von Fischen in Aussicht stellen, und nur vergleichsweise geringen Schäden an Fischen erkennen lassen, wie bei Untersuchungen am Saubach / Isarkanal festgestellt wurde (Holzner & Stein 2001).

1.3.3.3 Durchströmturbine

Die Durchströmturbine ist ebenfalls ein Turbinentyp, der nur geringe Regelungsmöglichkeiten bietet, also in erster Linie bei konstanten Abflussbedingungen eingesetzt werden kann. Sie besitzt üblicherweise nur eine oder zwei Leitschaufeln, das Laufrad ist horizontal gelagert. Dieser Turbinentyp ist nach Erfahrung der Autoren derzeit nur wenig in Gebrauch. Auf der folgenden Abbildung ist dieser Turbinentyp schematisch dargestellt.

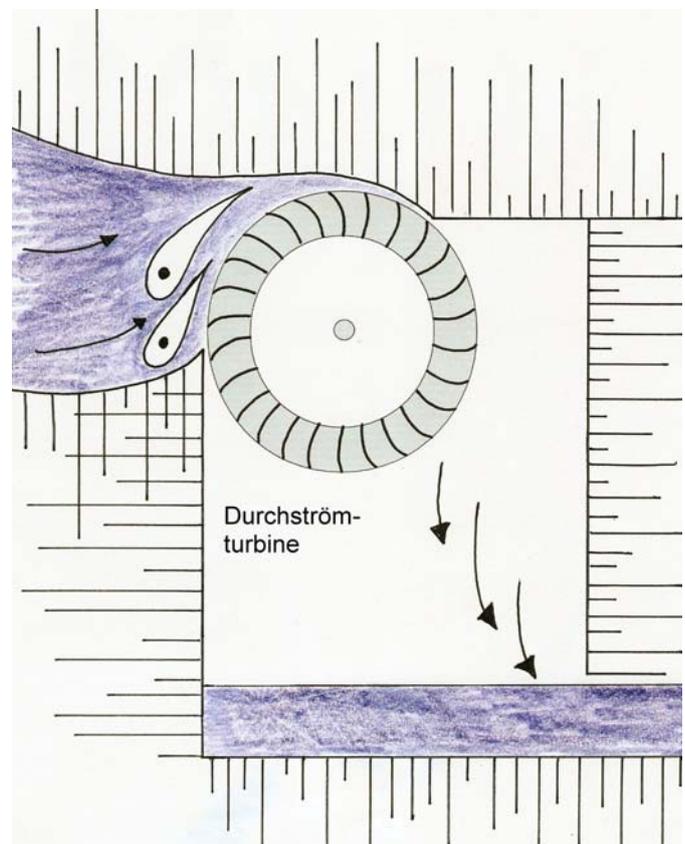


Abbildung 8: Durchströmturbine

Auch hier gelten ähnlich wie für die Francisturbine gemachte Aussagen in Bezug auf die Passagerisiken:

- ➡ Laufschaufelanzahl
- ➡ Laufradgröße
- ➡ Drehzahl

Wiederum sind die Voraussetzungen für ein schadloße Passage von wandernden Fischen in einigen Aspekten ähnlich zu bewerten. Die Anzahl der **Laufradschaufeln** sollte **möglichst gering** gewählt werden. Der Abstand zwischen der oder den Leitschaufeln und dem horizontal eingebauten Laufrad sollte möglichst großzügig dimensioniert werden, da es sonst zu sehr hohen Verlusten durch Durchtrennungen der passierenden Fische kommen wird. Die **Drehzahl** sollte ebenso **möglichst gering** gehalten werden, um den Fischen ausreichende Passagemöglichkeiten zu erhalten. Die Durchström-turbine beinhaltet in erster Linie deshalb sehr hohe Schadriskiken für Fische, weil die meisten dieser Anlagen nach Erfahrungen der Autoren nur eine sehr geringe Dimensionierung aufweisen. Eine zusätzliche Entwicklung dieses Turbinentyps hin zu Fisch freundlicheren Passagebedingungen für flussab wandernde Individuen ist kaum zu erwarten bzw. derzeit nicht absehbar. Aufgrund der, wie bereits erwähnt, oft sehr geringen Größe dieses Turbinentyps sind hier teils massive Schäden zu erwarten wie in den Arbeiten von Hanfland, Born & Holzner (2006) an einer Anlage im Bayerischen Wald belegt. Hier wurden 98 % der passierenden Fische letal geschädigt.

1.3.3.4 Schneckenturbine

Die Schneckenturbine oder auch der archimedische Schnecke genannte Turbinentyp kommt ursprünglich aus der Förderung von Abwasser, wird also erst seit neuerem zur Energieerzeugung genutzt. Die Bewertung dieses Anlagentyps war ein wichtiger Punkt des in diesem Bericht dargestellten Untersuchungsprogramms, da hierzu bisher nur sehr wenige Bewertungsdaten zur Verfügung standen. Das Prinzip die-

ses Turbinentyps ist ebenso die Nutzung der Lageenergie des Wassers. Es ist allerdings so, dass hier der ankommende Wasserkörper nur zu Beginn des Laufrades bzw. der Laufschnelle zerteilt wird und damit nur zu diesem Zeitpunkt ein Kollisionsrisiko mit beweglichen Teilen der Anlage befürchtet werden müsste. Hat ein Fisch den Beginn der Schnecke passiert bewegt er sich mit dem ihm umgebenden Wasserkörper nach unten. Auf diesem Weg besteht allerdings noch die Gefahr sich zwischen beweglicher Schnecke und starrem Turbinenkasten einzuklemmen. Ziel der Untersuchungen war es auch vor diesen Typ Bewertungskriterien zu erarbeiten, die erfüllt sein müssen um eine weitgehende ökologische Verträglichkeit sicherzustellen. Diese werden sich im Ergebnisteil bzw. in der Zusammenfassenden Bewertung dann zusammengestellt finden. Auf der folgenden Abbildung ist dieser Turbinentyp dargestellt.



Abbildung 9: Schneckenturbine in der mittelfränkischen Gugelmühle.

Untersuchungen von Späh (2001) belegen für eine untersuchte Anlage in Höxter-Godelheim an der Nethe eine Schädigungsrate an den passierenden Fischen von weniger als 5 % aller erfassten Individuen. Das Gutachten kommt insgesamt zu dem Schluss, dass mittels der Wasserkraftschnecke der Fischabstieg durch diese Anlage gut möglich erscheint. Da weitere Untersuchungen dieses Typs bisher fehlten wurde dieser Typ in die Bearbeitung als Schwerpunkt aufgenommen.

1.3.3.5 Wasserräder

Wasserräder stellten in früherer Zeit eine sehr effektive Möglichkeit dar, die Energie des Wassers direkt als Antrieb für Maschinen, sehr oft beispielsweise in Getreidemühlen oder Sägewerken zu nutzen. Bereits zu dieser Zeit häuften sich Meldungen über Schäden an wandernden Fischen, vor allem an Lachs und Aal auch an Mühlrädern (Baar, N.N. 1903 und Gerhardt 1893) Sie bildeten den Anfang der flächendeckenden Nutzung der Wasserenergie. In der Folge wurden auch Wasserräder zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt, allerdings wurden sehr oft die Wasserräder gegen Turbine getauscht, um einen höheren Wirkungsgrad zu erreichen. Erst in den letzten Jahren wurden moderne Wasserräder unter Verwendung moderner Werkstoffe entwickelt (Metallräder) und vermehrt wieder zur Energieerzeugung eingesetzt (s. Wasserkraftanlagen GmbH Bega – Internetauftritt Turas Wasserräder - <http://www.bega-wasserkraft.de/referenz/referenzkarte.html> - 2008).

Deren prinzipielle Arbeitsmöglichkeiten bei der Erzeugung elektrischer Energie werden in der Folge kurz dargestellt.

1.3.3.5.1 Oberschlächtiges Wasserrad

Beim oberflächigen Wasserrad wird das ankommende Wasser von oben auf das Wasserrad gebracht und setzt es durch die Gewichtskraft in Bewegung. Eine direkte Gefährdung von Fischen durch den Betrieb kann praktisch aufgrund der Art der Wasserweiterleitung nahezu ausgeschlossen werden. Die folgende Schemaabbildung verdeutlicht den Aufbau.

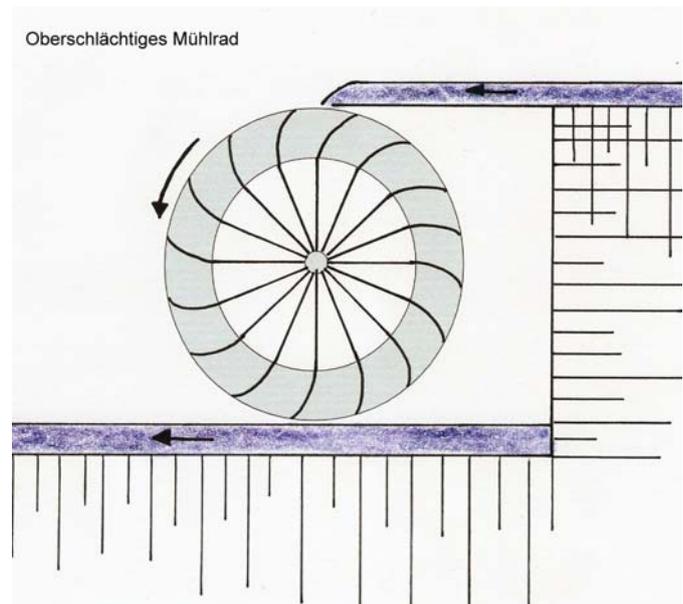


Abbildung 10: Oberschlächtiges Wasserrad

1.3.3.5.2 Unterschlächtiges Wasserrad

Das unterschlächtige Wasserrad leitet das Wasser in einem Kanal unter dem Wasserrad vorbei. Eine Mischung aus Lageenergie und Bewegungsenergie treibt das Rad an. Je nach Gestaltung des Kanals bzw. des Mühlrades kann eine Schädigung von Fischen während der Passage nicht ausgeschlossen werden. Entscheidend ist hier vor allem der **Spalt zwischen Mühlrad und Kanalwand** und die Gestaltung des Rades in Bezug auf den **Abstand zwischen den einzelnen Schaufeln** des Mühlrades. Die folgende Abbildung zeigt das umgesetzte Prinzip der Energieerzeugung.

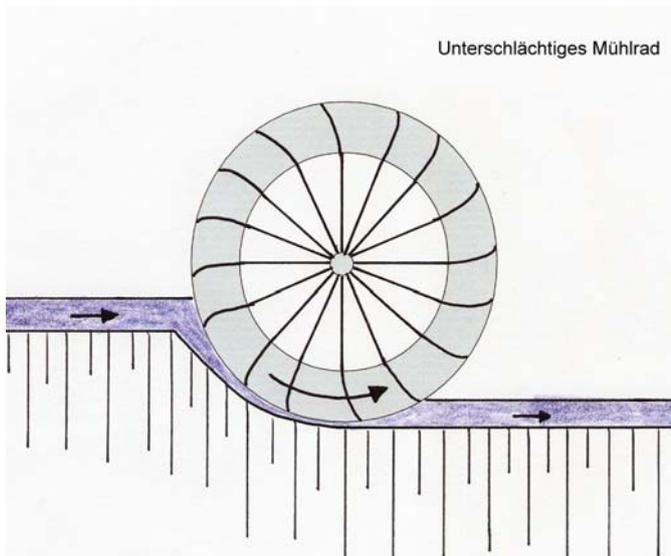


Abbildung 11: Unterschlächtiges Wasserrad

1.3.3.6 Weitere alternative Turbinenkonzepte – Very Low Head Turbine

Ein sehr neues Konzept stellt die VLH Turbine dar. Sie ist derzeit in Deutschland noch nicht umgesetzt wurde aber in Frankreich an zwei Anlagen getestet. Dabei wurden an einer Anlage mit ca. 20 m³/s Schluckvermögen und einer Fallhöhe von 2,5m bei einer Leistung von ca. 410 kW Test mit Junglachsen und Blankaalen durchgeführt. Das Laufrad besitzt acht Laufradblätter und ist mit einem Durchmesser von 4,5 m sehr groß und bietet infolge dessen viel Platz für die Passage der wandernden Fische. Eine Ansicht der Anlage findet sich in der Folge.

Für Lachse ermittelten Lagarrigue, T.; Voegtle, B & Lascaux, JM. (2008) Schädigungsraten von im Mittel 3,1 %. Für Blankaale zeigten Lagarrigue, T. & Lascaux, JM. (2007) eine Sterblichkeit von 7,7 %. In beiden Fällen würde eine herkömmliche Kaplanturbine mindestens zwei bis dreimal höhere Schädigungsraten an den passierenden Fischen erwarten lassen. Zusätzlich konnte sogar für diese Konzept weiteres

Verbesserungspotential durch kugelige Ausbildung (Siehe fischfreundliche Kaplanmaschinen) aufgezeigt werden, der weiter verfolgt werden soll.



Abbildung 12: VHL Turbine - Ansicht von unten aus Leclerc, M. (2006)

2 Untersuchte Anlagen

Die folgenden Kapiteln liefern zu den untersuchten Kraftwerksanlagen, die in verschiedenen Bezirken in ganz Bayern verteilt waren, folgende Informationen:

Ihre Lage im jeweiligen Gewässernetz setzt den Rahmen für die zu berücksichtigende Fischfauna und weitere Rahmenbedingungen (Umland, Abflussentwicklung usw.). Danach wird ihre technische Gestaltung beschrieben und die zugrunde liegenden Schutzkonzepte für abwandernde Fische erläutert. Desweiteren wird im folgenden Abschnitt des Berichts kurz die verwendete Untersuchungsmethodik beschrieben. Dies geschieht in erster Linie in Hinblick darauf, die gewonnenen Erkenntnisse so darzustellen, dass sie wenn möglich auch auf andere Standorte übertragen werden können und die durchgeführten Untersuchungen in allen Details und Bewertungen nachvollziehbar werden.

In der Reihenfolge ihrer Bearbeitung wurden folgende Anlagen ausgesucht:

- Bezirk Mittelfranken –Landkreis Ansbach -Wörnitz –Gugelmühle
- Bezirk Schwaben –Landkreis Lindau / Bodensee - Obere Argen -Schüttentobel
- Bezirk Niederbayern –Landkreis Rottal – Inn -Rott –Rottaler E-Werk
- Bezirk Unterfranken –Landkreis Bad Kissingen -Fränkische Saale – Rödermühle
- Bezirk Oberbayern –Landkreis München Stadt -Auer Mühlbach –Muffathalle

Die Kartendarstellung zeigt die Lage der untersuchten Kraftwerksanlagen in Bayern. Die weitere Darstellung der Anlagen und der Ergebnisse erfolgt in der Reihenfolge ihrer Bearbeitung im Feld.



Abbildung 13: Übersicht der geografischen Lage der untersuchten Standorte.

2.1 Gugelmühle – Mittelfranken

Es handelt sich um eine Kleinwasserkraftanlage an der Wörnitz und damit im Donaeinzugsgebiet. Die Wörnitz hat in diesem Bereich den Charakter eines Niederungsflusses der Barbenregion und fließt teilweise sehr naturnah mit nur sehr geringem Gefälle durch das vergleichsweise breite Flussstal. Die untersuchte Wasserkraftanlage liegt nur wenige Kilometer flussauf der Gemeinde Wassertrüdingen an der Wörnitz.

Es handelt sich hier um ein Ausleitungskraftwerk, wobei normalerweise die gesamte Wassermenge in Richtung Wasserkraftanlage geleitet wird und das parallel verlaufende Flussbett als Hochwasserentlastungsanlage genutzt wird. Zu berücksichtigen ist an diesem Untersuchungsstandort, dass die gesamte Wörnitz sehr stark für die Wasserkraft genutzt wird und bereits nur ca. 1km oberhalb die nächste Anlage zu finden ist.

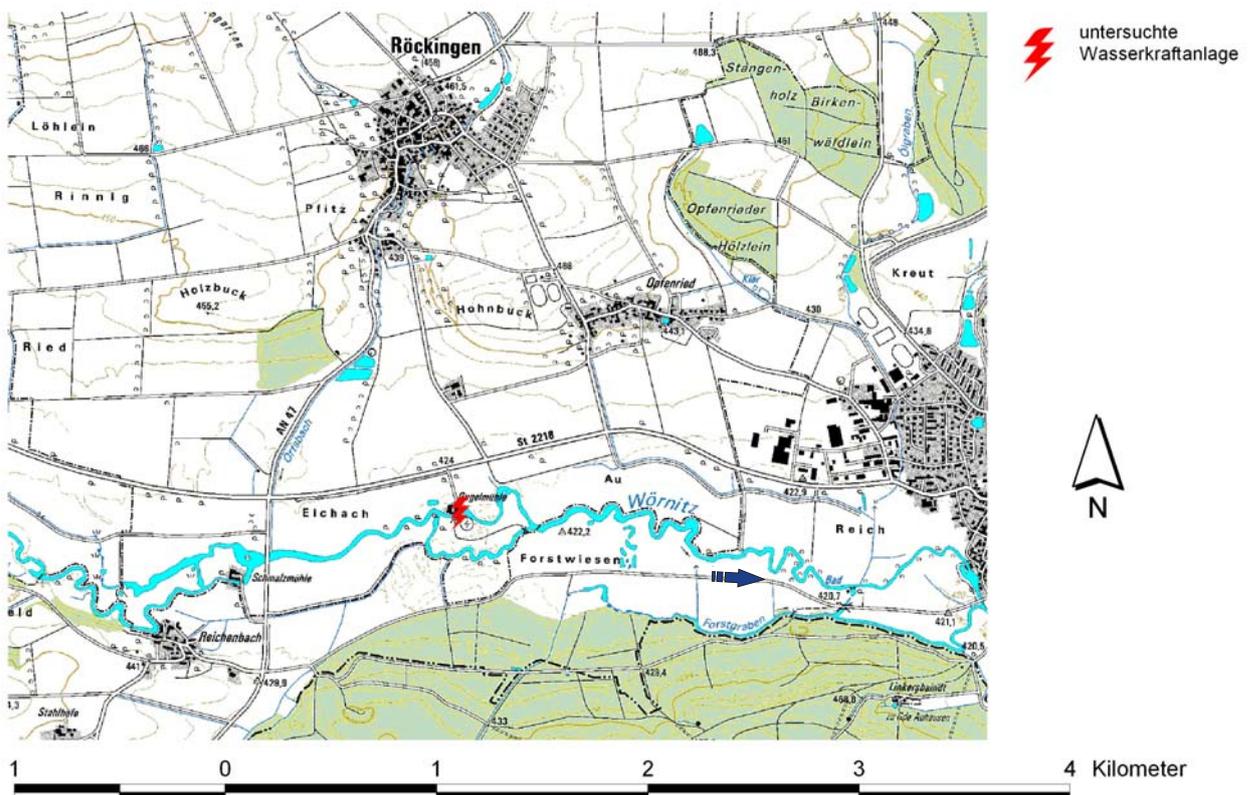


Abbildung 14: Standort Gugelmühle - Kartenausschnitt.

2.1.1 Technische Ausstattung der Anlage

An der Gugelmühle in Mittelfranken sind zwei unterschiedliche Turbinentypen nebeneinander eingebaut. Zum einen handelt es sich um eine Francis Schachtturbine alter Bauart und zum anderen um eine Wasserkraftschnecke der Firma Rehart.

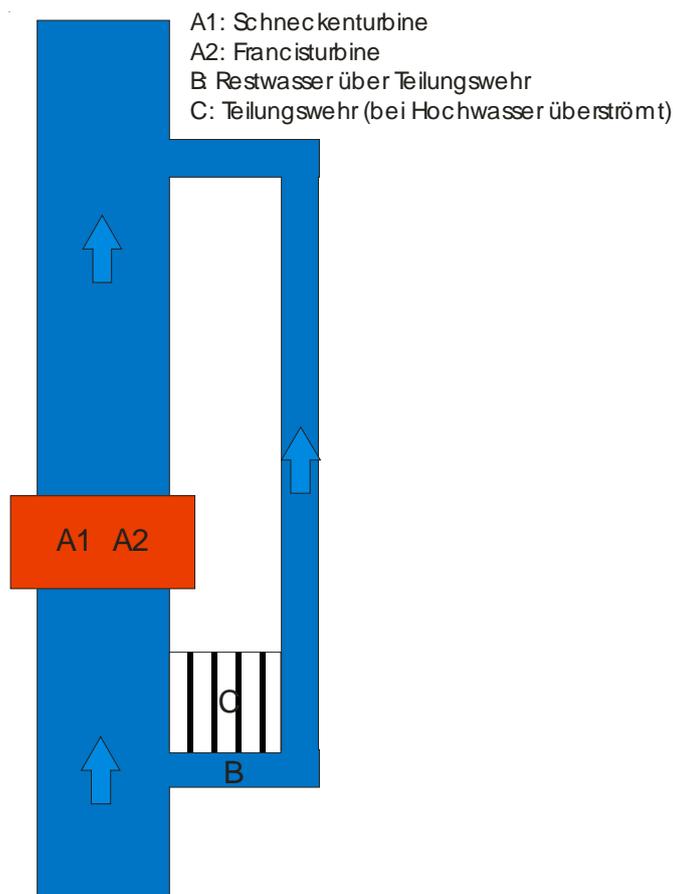


Abbildung 15: schematische Anlagenskizze der Gugelmühle

technischen Daten der Francis Schachtturbine:

Hersteller:	Fa. Voith Heidenheim, Baujahr 1923
Fallhöhe:	1,70 m
Durchfluss:	3,2 m ³ /s (Maximaldurchfluss)
Drehzahl:	50 U/min
Leistung:	45 kW
Jahresleistung:	100.000 bis 200.000 kWh (je nach Jahresabflussverhältnissen)

Die Maschine dreht für eine Francisturbine vergleichsweise langsam und besitzt einen einfachen Leit- und Schaufelradaufbau mit geringer Schaufelanzahl. Da sie vergleichsweise hoch eingebaut ist, waren Druckprobleme bei den passierenden Fischen eher zu erwarten als die Schädigung durch mechanische Kontakte (großes Laufrad, geringe Drehzahl).

technischen Daten der Wasserkraftschnecke

Hersteller:	Fa. Rehart, Baujahr 2003
Fallhöhe:	1,80 m
Durchfluss:	1,5 m ³ /s (Maximaldurchfluss)
Drehzahl:	28 U/min
Leistung:	20 kW
Jahresleistung:	45.000 bis 100.000 kWh (je nach Jahresabflussverhältnissen)
Abmessungen:	2,2 m Durchmesser bei 5,5 m Länge
Gewicht:	8 t

Beide Maschinen werden durch einen Rechen der lichten Weite 20 – 30mm (durch lange Nutzung teilweise geschädigte Rechenstäbe) geschützt, der auf der folgenden Abbildung dargestellt ist.



Abbildung 16: Rechen und Rechenreiniger an der Gugelmühle / Wörnitz

Obwohl die Francisturbine bereits als ausgesprochener Langsamläufer zu bezeichnen ist, dreht die Wasserkraftschnecke im Vergleich dazu nur gut halb so schnell wie die herkömmliche Turbine. Beim Vergleich Wassermenge zu Leistung schneidet die Wasserkraftschnecke durchaus positiv ab. Entscheidend erscheint vor allem der Unterschied, dass die Wasserkraftschnecke das Wasser prinzipbedingt weitgehend drucklos nach flussab durchleitet, während die Passage durch die Francisturbine einen hohen Druckwechsel für die passierenden Fische beinhaltet. Als Vorteil der Wasserkraftschnecke wird

neben der in Aussicht gestellten problemlosen Passage von wandernden Fischen auch der Eintrag von Sauerstoff in das Gewässer genannt. Dies ist durch eine starke Verwirbelung des Abflusses auf der Schnecke mit der atmosphärische Luft bedingt, wohingegen die Passage durch herkömmliche Turbinen ohne Kontakt mit der umgebenden Atmosphäre stattfindet.

Die tatsächlichen Verhältnisse wurden eingehend untersucht und werden in der Ergebnisdarstellung auch ausführlich beleuchtet. Für die Bilanz der Gesamtanlage gilt es allerdings auf jeden Fall zu berücksichtigen, dass bei höheren Wasserständen / Abflüssen, die sehr oft ein gesteigertes Wanderverhalten bei Fischen hervorrufen, über ein oberhalb liegendes Streichwehr eine umfangreiche Umgehungsmöglichkeit der Wasserkraftanlage besteht. Die folgende Abbildung zeigt den Bereich des Streichwehres bei Hochwasser.



Abbildung 17: Abfluss am Streichwehr der Gugelmühle bei Hochwasser.

2.1.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum

An beiden Fangstellen wurde ein Standardhamen (siehe 3.1 Fangmethodik) eingesetzt. Für die Wasserkraftschnecke, deren Wasseranstoss zum einen deutlich geringer ist und zum anderen weniger gerichtet, war es nötig, den Hamen nach flussab zu verspannen, um eine ausreichende Fängigkeit der Maschen (gestreckte Maschenstellung) zu erreichen.

Bearbeitungszeitraum

Die Befischungen an der Gugelmühle erfolgten zwischen dem 28.05.2007 und dem 02.06.2007. In dieser Phase war in diesem Gewässertyp insbesondere mit massiven Wanderungen von karpfenartigen Fischen bzw. den vorkommenden barschartigen Fischen zu rechnen.



Abbildung 18: Fangstellen der Hamen, Francisturbine (im Vordergrund) und Schneckenturbine (im Hintergrund tieferliegend) an der Gugelmühle

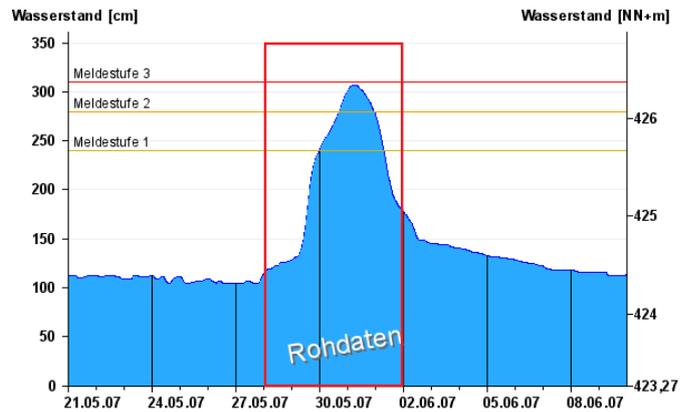


Abbildung 19: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum, Pegel Gerolfingen / Wörnitz unterhalb Wassertrüdingen Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008.

Wie an der Grafik des Hochwassernachrichtendienstes Bayern zu erkennen ist, fand die Befischung im Bereich eines sehr massiven Hochwassers statt, was die Verhältnisse entscheidend beeinflusste. Insbesondere muss jetzt konkret festgestellt werden, dass die Hochwasserentlastung an der Wasserkraftanlage vorbei über weite Zeiträume hinweg deutlich das Abflussgeschehen dominierte und deshalb die im folgenden getroffenen Aussagen nur für den Teil der Fische zu treffen, die den Turbinenarm erreicht haben und nicht für die Gesamtzahl der wandernden Fische, zu deren tatsächlicher Zahl keine fundierte Aussage möglich ist.

2.2 Schüttentobel Schwaben

Bei dieser untersuchten Wasserkraftanlage an der Oberen Argen handelt es sich um eine sehr kleine Anlage. Sie ist als Ausleitungskraftwerk konzipiert. Da der Besitzer mit der Untersuchung der Anlage nicht einverstanden war, liegen keine detaillierten technischen Informationen zur technischen Ausstattung im Maschinenhaus (Turbineneinsatz) vor, was aber in der vorgesehenen Bewertung irrelevant ist, da in diesem

Fall speziell die oberflächennahe Rechenableitung untersucht werden sollte. Die untersuchte Wasserkraftanlage liegt an der Oberen Argen im Bereich der reinen Forellenregion und entwässert in den Bodenseebereich.

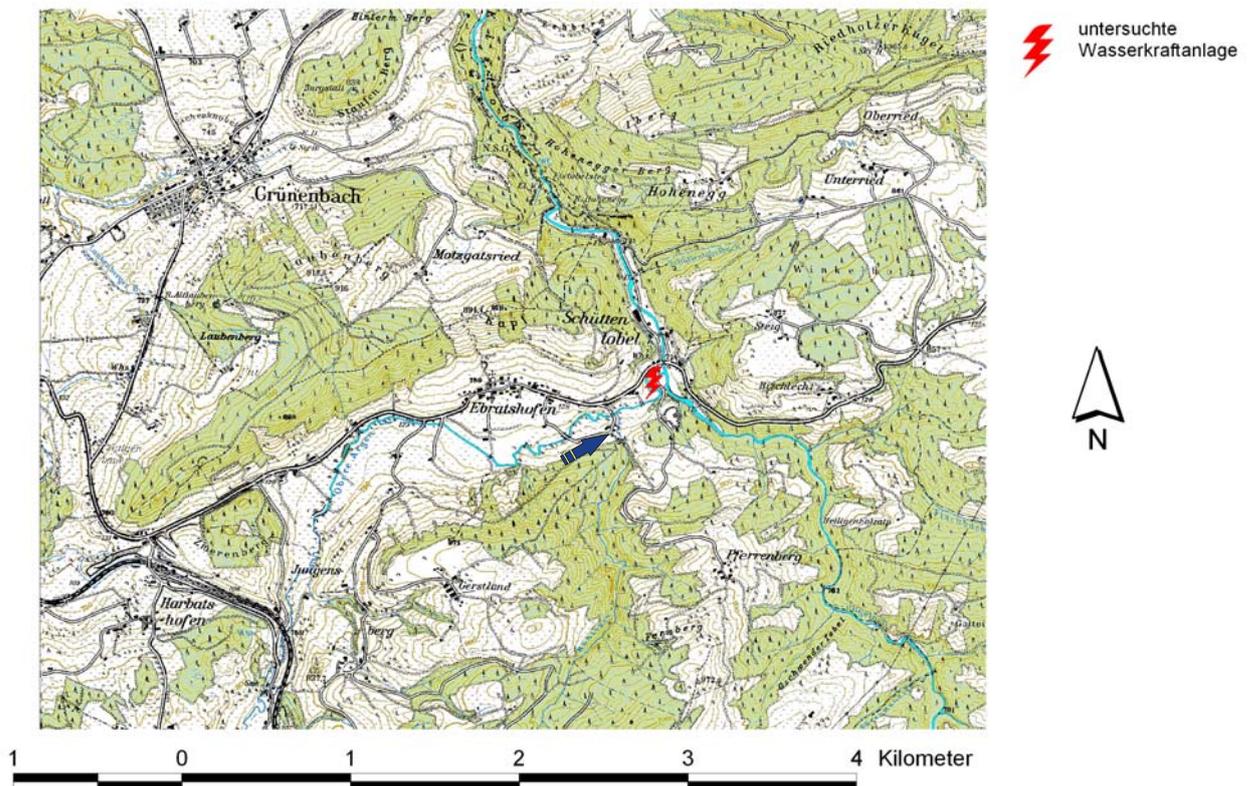


Abbildung 20: Standort Schüttentobel - Kartenausschnitt

2.2.1 Technische Ausstattung der Anlage

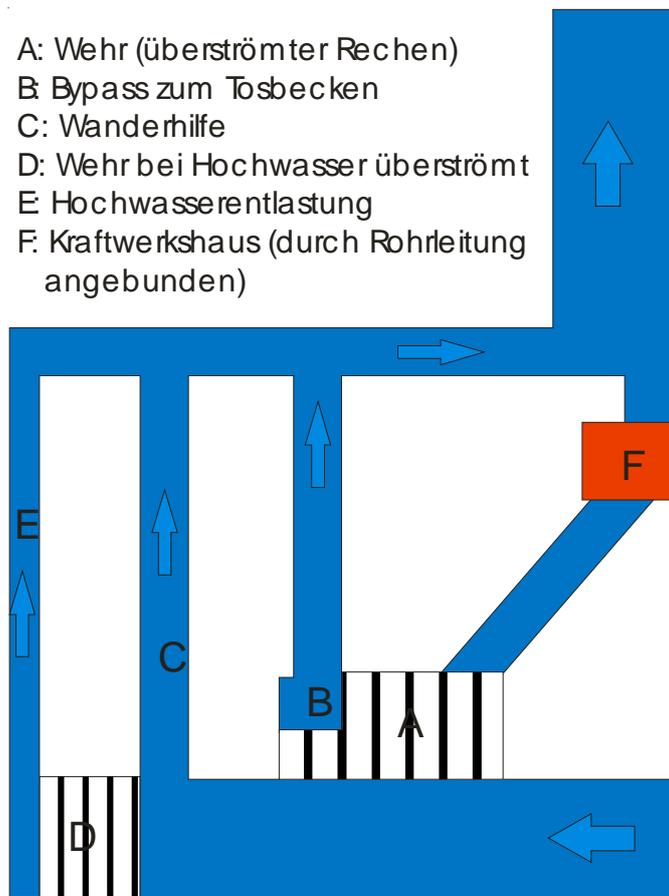


Abbildung 21: schematische Anlagenskizze des Schüttentobel

Bei der Anlage am Schüttentobel in Schwaben handelt es sich nach äußerem Eindruck um eine Francis Schachtturbine. Nach Gebäudegröße und Wassermenge kommt nur eine vergleichsweise sehr kleine Maschine in Frage. Der Turbinentyp ist allerdings, wie bereits erwähnt, nicht entscheidend da das angewandte Schutzprinzip in eine andere Richtung abzielt und den Kontakt von Fischen mit der Turbine bereits im Vorfeld unterbinden soll. Es wurde an dieser Anlage ein überspülter geneigter Rechen verwirklicht, der den Fischen über eine dauernd beaufschlagte Spülrinne die Abwanderung ins Unterwasser ermöglichen soll. Zeitgleich mit der

Rechenreinigung wird zusätzlich durch ein Regelement die Spülwassermenge deutlich erhöht. Dies dient zum einen dazu, um das anfallende Rechengut weiterzuführen und zum anderen um die Wirkung auf abwandernde Fische zu verstärken. Das abgeführte Wasser gelangt in ein Tosbecken unterhalb eines Streichwehres, das parallel zur Einlaufbucht der Turbine angelegt ist. Zusätzlich komplettiert ca. 20m flussab ein Fischpass die gesamte Kraftwerks-situation. Auf den folgenden Abbildungen ist die Situation illustriert.



Abbildung 22: Fischpass (Mittellauf)



Abbildung 23: Rechen, Rechenreiniger und Spülrinne am Kraftwerk Schüttentobel – Ableitung der Fische durch die Blende nach links.



Abbildung 24: Blick auf das Tosbecken und die Reswasserstrecke, der Wasserstrahl kommt aus der Spülrinne, hinter dem Fotografen mündet auf der rechten Seite die Wanderhilfe in die Argen

Eine kontinuierliche Weiterleitung der Fische ist leider nicht gegeben, da das Tosbecken nur ungenügend an das weiterführende Gewässerbett angebunden ist. Erst bei erhöhten Wasserständen ist von einer möglichen Abwanderung der fische auszugehen. Die Tiefe des Tosbeckens ist mit ca. 1m als ausreichend anzusehen um Verletzungen bei Sturz aus der Spülrinne zu vermeiden. Beim installierten Rechen handelt es sich um eine 20mm Rechen, der rechengut und Fische am Turbineneinlauf zurückhalten soll.

2.2.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum

Es wurden drei fangstellen aufgebaut, zum einen zur Erhebung der turbinenpassage, aber auch am Fischpass und der Spülrinne (Bypass) wurde eine mögliche Abwanderung getrennt erfasst. Im Bereich der Turbine wurde eine Flügelreue eingesetzt. Sie hatte ein großes Vorhaus und ermöglichte so die Abarbeitung der vergleichsweisen großen Wassermenge recht problemlos.

Der Einsatz des Standardhamens war auf Grund der Raumnot und geringen Wassermenge nicht durchführbar.



Abbildung 25: Schüttentobel - Fangstelle unterhalb der Turbine - Flügelreue zweikehlig mit Haus (10mm Maschenweite im Fangsack).



Abbildung 26: Schüttentobel - Fangstelle Bypass (Aufstecknetz 10mm Maschenweite)

An der Überleitung der Spülrinne kam ein Aufstecknetz zum Einsatz. Mit 10mm Maschenweite entsprach es genau den Abmessungen der Turbinenreue und der weiteren Fangstelle im Umgehungsbach.

In der Wanderhilfe, die parallel zur Restwasserstrecke verläuft, wurde ebenfalls eine Flügelreuse eingebaut. Sie wies im Haus 10mm und in den Fangkörben 8mm Maschenweite auf und vervollständigte so vergleichbare Fangmöglichkeiten an allen drei Fangstellen.



Abbildung 27: Schüttentobel - Fangstelle Wanderhilfe - Flügelreuse zweikehlig mit Haus.

Bearbeitungszeitraum

Die Befischungen fanden von 26.06.2007 bis 29.06.2007 statt. Der Termin gestaltete sich nicht ideal, da in der Forellenregion üblicherweise die meisten Fischbewegungen im Frühjahr zu erwarten gewesen wären. Zu diesem Zeitpunkt war aber eine Befischung (aus rechtlichen und organisatorischen Gründen) nicht durchführbar. Der Untersuchungszeitraum war jedoch vertretbar, da gerade Jungfische der Bachforelle bis deutlich in den Frühsommer hinein auf ihren Ausbreitungswanderungen flussab zu erwarten waren.

In diesem Fall fanden die Befischungen in einem Zeitraum erhöhter Niederschläge statt, was zu einem leichten Hochwasserereignis führte. Dadurch fanden etwas erhöhte Fischbewegungen statt, was die zu treffenden Aussagen erheblich verbesserte.

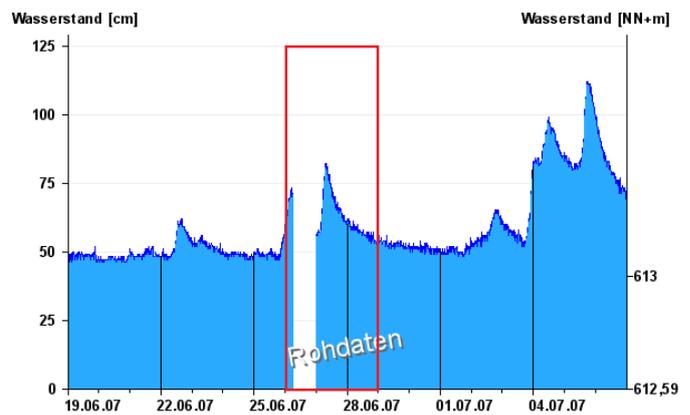


Abbildung 28: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum, Pegel Zwirkenberg / Obere Argen - Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008

|

2.3 Rottaler E-Werk – Niederbayern

Das untersuchte Rottaler E - Werk liegt in einem sehr stark durch Wasserkraftnutzung veränderten Bereich der niederbayerischen Rott.

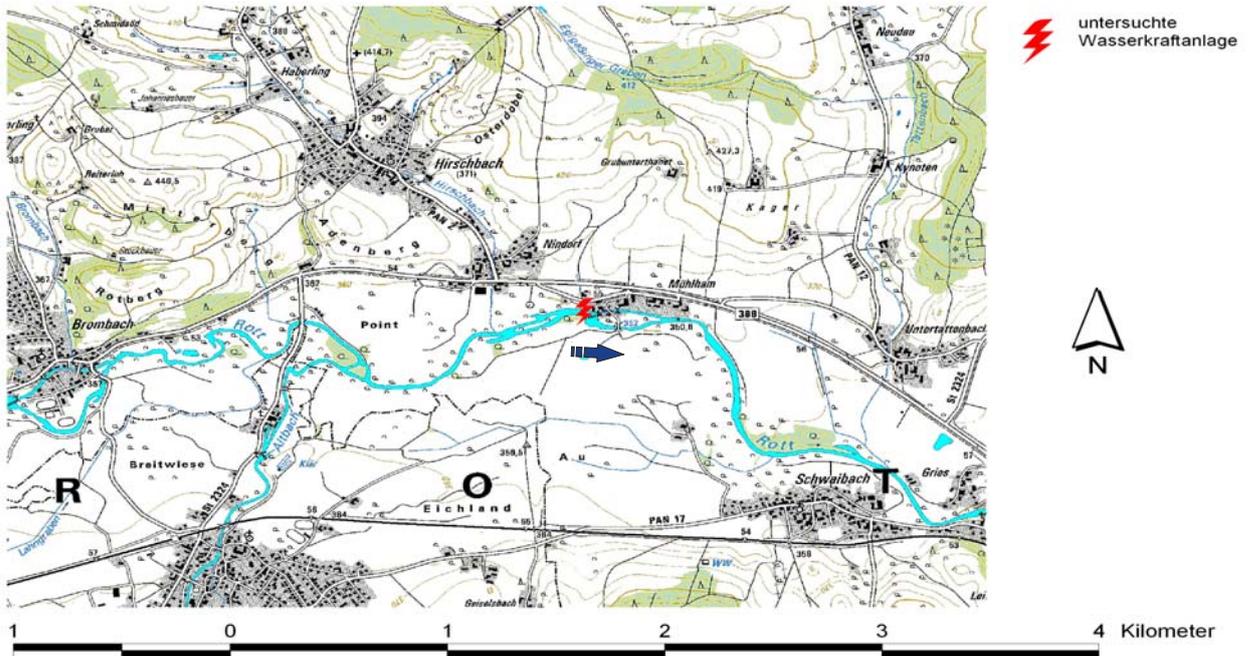


Abbildung 29: Standort Rottaler E - Werk - Kartenausschnitt

2.3.1 Technische Ausstattung der Anlage

Beim Rottaler E-Werk ist eine Francis-Schacht-turbine als Restwasserturbine getrennt von den beiden Hauptanlagen auf der anderen Seite des Gewässers eingebaut worden. Hier wurde versucht, den Fischpass so zu lokalisieren, dass er nicht nur dem Fischaufstieg gerecht wird, sondern auch dem Fischabstieg dienen kann. Zusätzlich erfolgt die Rechenreinigung mittels ei-

ner Spülwasserrinne in einen Umlaufkanal, wobei die Rechenanlage jedoch nicht getaucht ist. Für Fische stehen also theoretisch zwei alternative Wanderwege zusätzlich zum Wehr bei Hochwasser zur Verfügung.

Für die Untersuchung mussten also drei Fangstellen (Turbine, Fischpass und Spülrinne) umgesetzt werden.

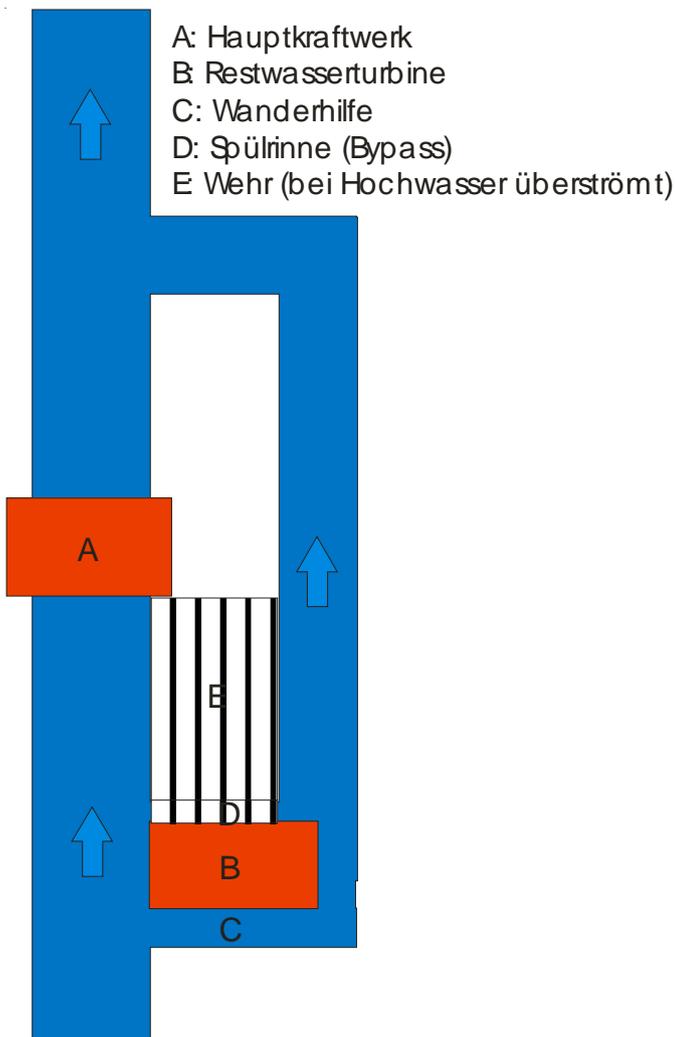


Abbildung 30: schematische Anlagenskizze des Rottaler E-Werks



Abbildung 31: Fangstelle unterhalb der Restwasserturbine am Rottaler E-Werk.

2.3.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum

Im Turbinenabfluss wurde der Standardhamen installiert. Am Ende des Fischpasses zur Untersuchung der Abwanderung wurde in demselben ein Fangsack mit drei Metern Länge und abnehmenden Maschenweiten zwischen 12 und 8mm eingebaut. In die Spülrinne wurde ein kleiner Stau eingesetzt und ein Aufstecknetz mit 10mm Maschenweite integriert. So konnten an allen in Frage kommenden Fangstellen vergleichbare Fangergebnisse erwartet werden.

Bearbeitungszeitraum

Die vorgestellte Anlage wurde zwischen dem 02.09.07 und dem 06.09.2007 untersucht. In diesem Zeitraum kam es zu einem Starkregenereignis.

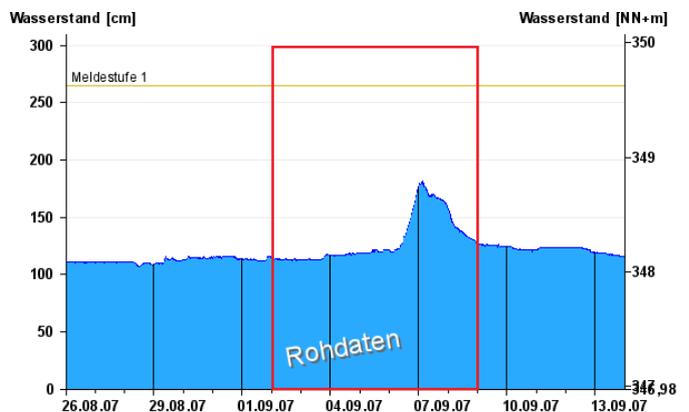


Abbildung 32: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum am Pegel Ruhstorf / Rott - Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008.

Der deutliche Anstieg des Abflusses führte dazu, dass die Befischung in letzter Konsequenz früher als geplant beendet werden musste, da sonst ein Netzverlust riskiert worden wäre und der Standort aufgrund seiner Insellage durch die Bearbeiter nicht mehr verlassen werden konnte.

2.4 Rödermühle – Unterfranken

Die Anlage Rödermühle an der Fränkischen Saale liegt an diesem Niederungsfluss im Bereich der unteren Äschen- bzw. oberen Barbenregion. Das Gewässer ist im gesamten Bereich sehr stark durch Wasserkraftnutzung und Hochwasserschutz verändert worden.

Die Anlage selbst liegt im Ortsbereich der Gemeinde Diebach nahe Hammelburg.

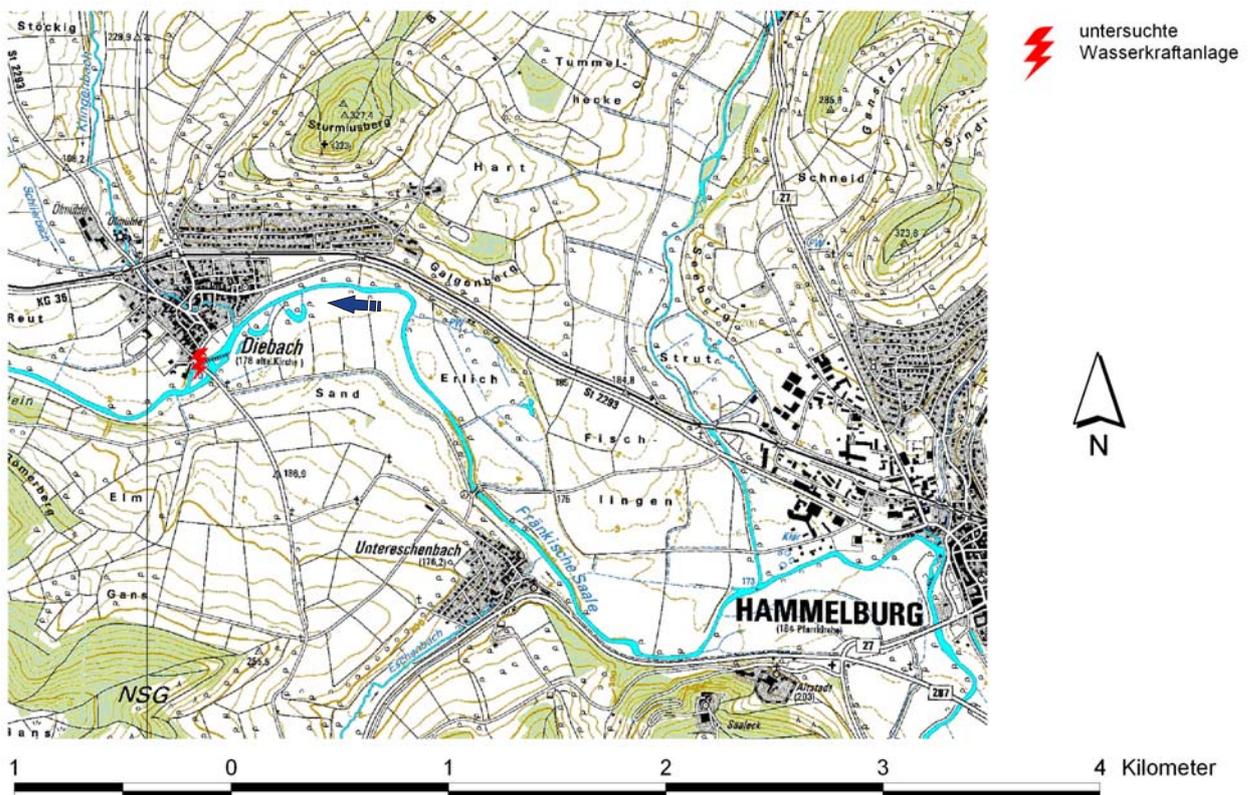


Abbildung 33: Standort Rödermühle - Kartenausschnitt.

2.4.1 Technische Ausstattung der Anlage

An der Rödermühle in Unterfranken sind zum einen drei Wasserräder (unterschlänglich) als auch eine Wasserkraftschnecke der Firma Ritz Atro installiert. Die Wasserräder werden durch einen Rechen mit ca. 30mm lichter Weite geschützt, während vor der Wasserkraftschnecke ein vertikaler Grobrechen (ca. 20cm) und zusätz

lich ein nur sehr grober horizontaler Rechen mit ca. 150mm lichter Weite angebaut ist.

technische Daten der Wasserkraftschnecke:

Hersteller:	Fa. Ritz Atro
Fallhöhe:	1,1 m
Leistung:	9,5kW

Ein Fischpass auf der anderen Flussseite der Fränkischen Saale ergänzt in Zusammenwirken mit dem vorhandenen Streichwehr die Gesamtsituation der Anlage vor Ort.

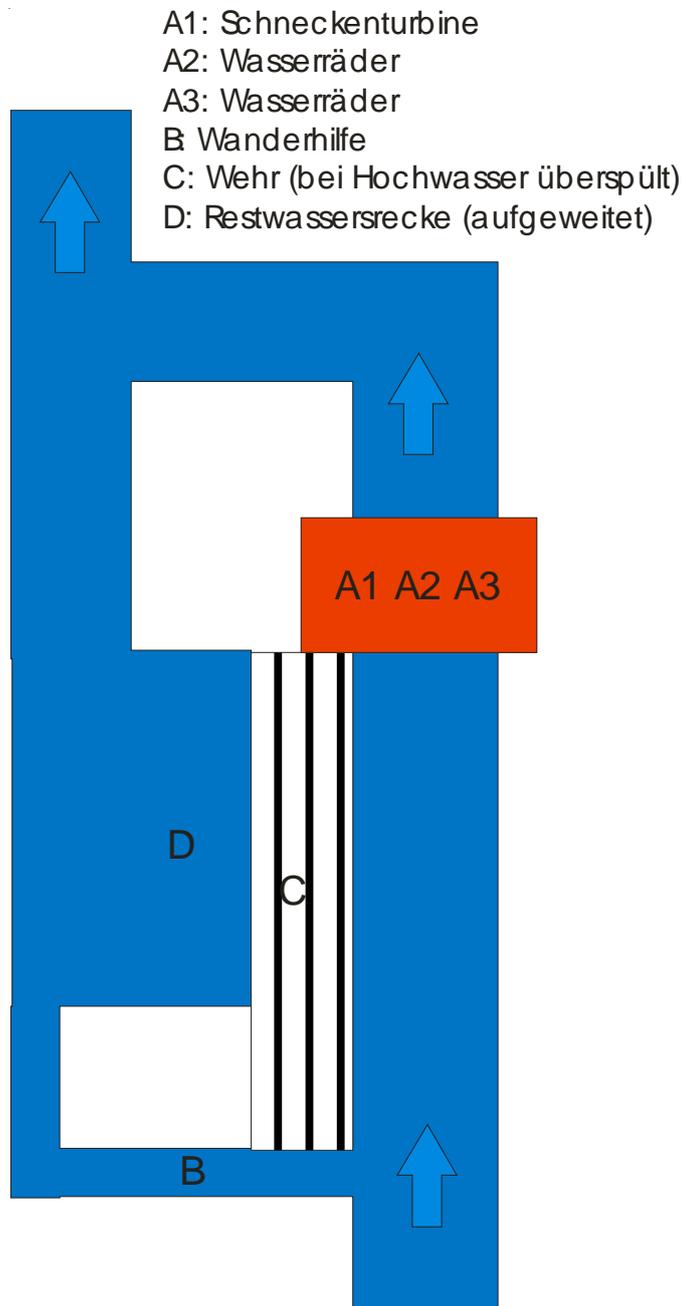


Abbildung 34: schematische Anlagenskizze der Rödtermühle

Auf den folgenden Abbildungen sind die beiden sehr unterschiedlichen Rechengemente dargestellt.



Abbildung 35: Rechengement Wasserräder Rödtermühle (ca. 30mm).



Abbildung 36: Grobrechen Wasserkraftschnecke vertikal ca. 20cm.



Abbildung 37: Horizontaler Rechen vor der Wasserkraftschnecke.

2.4.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum

Hinter zwei der drei Wasserräder wurde der Standardhamen installiert, der beide gemeinsam beprobte, während ein zweiter Hamen, vergleichbarer Bauweise unmittelbar hinter der Wasserkraftschnecke installiert werden konnte. Dieses Fanggerät wurde dankenswerter Weise von der Fachberatung für Fischerei des Bezirks Unterfranken zur Verfügung gestellt, die das Fanggerät schon für frühere Befischungen an gleicher Stelle anfertigen lies und erfolgreich eingesetzt hatte.



Abbildung 38: Fangstellen unterhalb der Wasserräder (im Hintergrund) und unterhalb der Wasserkraftschnecke (im Vordergrund) an der Rödermühle

Zusätzlich wurde am 16.10.07 im Oberwasser der Anlage eine Elektrobefischung durchgeführt, um das Arten- und Individuenpotential potentiell anwandernder Fische zu erfassen.

Bearbeitungszeitraum

Da die fränkische Saale zum Main Einzugsgebiet zu rechnen ist und damit zum natürlichen Verbreitungsgebiet des Aales in Bayern zählt wurde der Schwerpunkt auf diese bedrohte Fischart gelegt. Der Befischungszeitraum war damit im Zeitraum herbstlichen Wanderungszeiten des Aales vorgegeben.

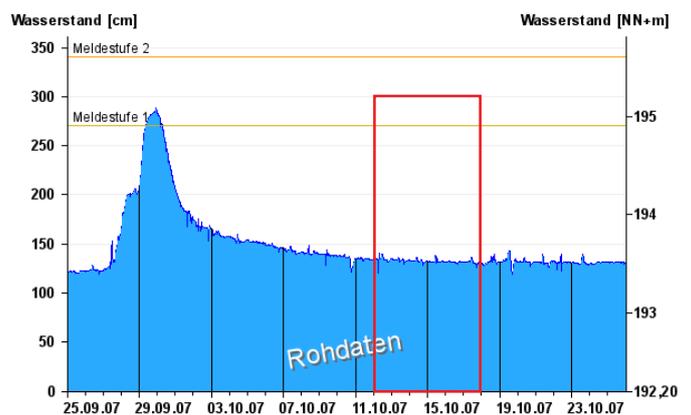


Abbildung 39: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum - Pegel Bad Kissingen / Fränkische Saale - Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008

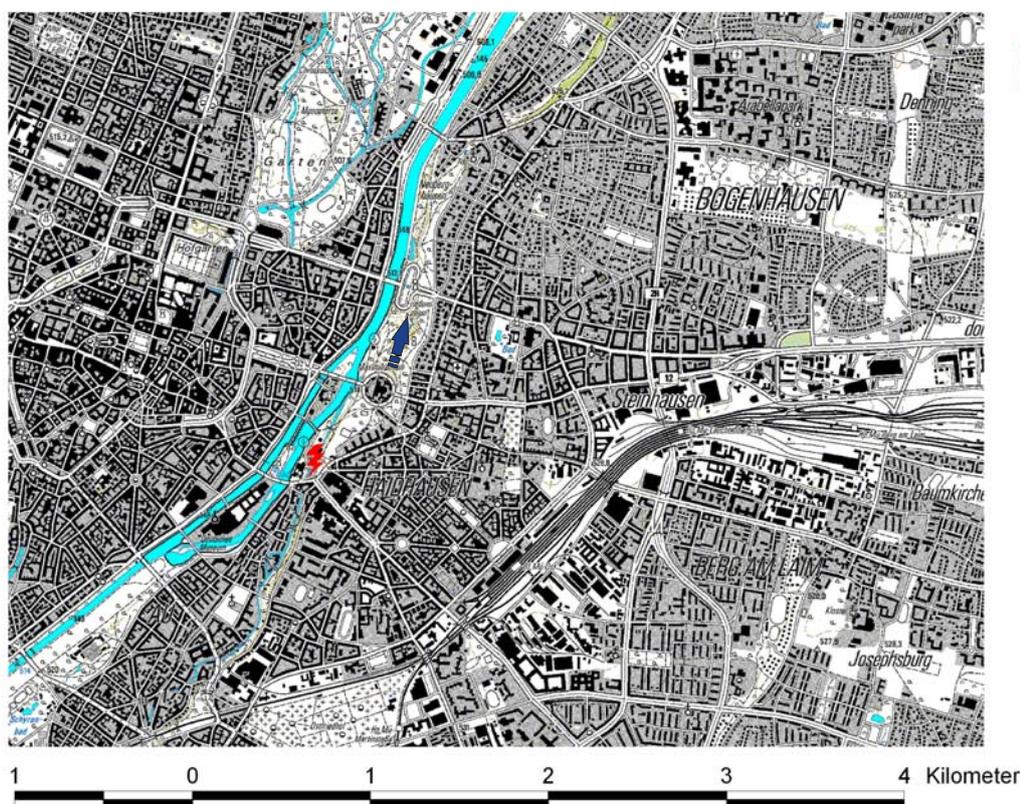
Wie aus der Abbildung zu erkennen ist, fand die Befischung kurz nach einem Hochwasserereignis statt, was als nicht ideal anzusehen ist. Aus logistischen Gründen war die Untersuchung jedoch nicht zu einem anderen Zeitpunkt möglich. Die erfasste Fischmenge kann jedoch für die Bewertung als ausreichend angesehen werden.

2.5 Muffathalle Oberbayern

Das Kraftwerk Muffathalle liegt am Auer Mühlbach, einem künstlichem Gewässer (Kanal) innerhalb der Stadt München. Auf Grund unterschiedlicher logistischer Schwierigkeiten und der fehlenden Bereitschaft der Betreiber die Arbeiten zu unterstützen konnten die geplanten Arbeiten erst im Mai 2008 durchgeführt werden.

2.5.1 Technische Ausstattung der Anlage

An der Muffathalle in Oberbayern ist ähnlich dem Schüttentobel in Schwaben ein etwas flacher geneigter Rechen (20mm lichte Weite) in Kombination mit einer Überströmung des Kraftwerkes eingerichtet. Abwandernde Fische sollen mit dem Rechengut zusammen über das Kraftwerksdach hinweg ins Unterwasser geleitet wer-



⚡ untersuchte
Wasserkraftanlage



Abbildung 40: Standort Muffathalle - Kartenausschnitt

Das Wasser dieses Kanals wird aus der Isar (Äschenregion) ausgeleitet. Strömungstechnisch und strukturell ist der Auermühlbach als Gewässer der Forellenregion zu bezeichnen.

den. Die Wasserbeaufschlagung erfolgt allerdings nur immer im Rhythmus der Rechenreinigung, so dass hier keine kontinuierliche Abwanderung möglich ist, was in jedem Fall negativ zu bewerten ist. Die Weiterleitung erfolgt durch Absenken einer aufgesetzten Klappe am Ende des überströmten Kraftwerksdaches. Eine

Fischaufstiegshilfe existiert nicht. Eine parallel angeordnete Wehranlage ist ebenfalls nicht vorhanden. Es existiert nur ein Notschütz für den Fall, dass die Kraftwerksanlage ausfällt. Alternative, kontinuierliche Abwanderungswege existieren an diesem Standort nicht.

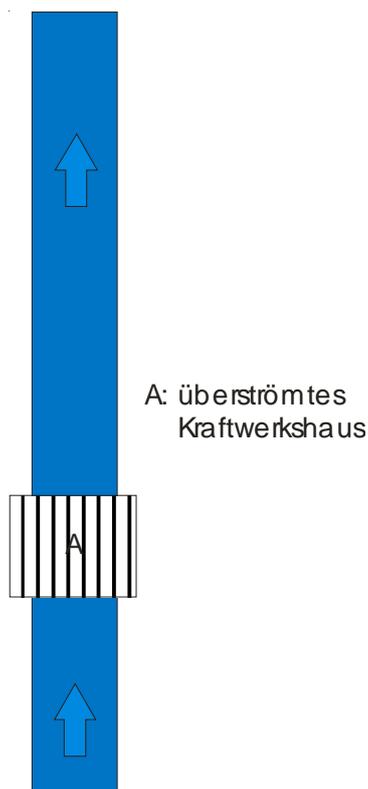


Abbildung 41: schematische Anlagenskizze des Muffatkraftwerks

Auf dem folgenden Bild ist die Situation vor Ort aus der Unterwasseransicht (von flussab) dargestellt (Pfeil kennzeichnet die Klappe zur Rechengut-/ Fischableitung)



Abbildung 42: Unterwasseransicht Muffathalle (links Rechengutklappe - rechts Notschütz)

2.5.2 Verwendete Fangtechnik und Bearbeitungszeitraum

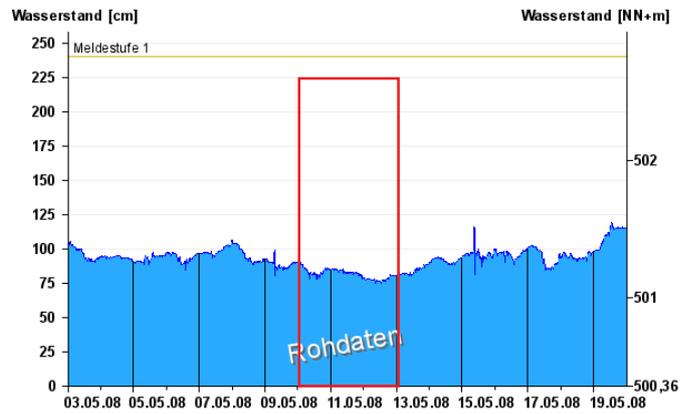
Es wurde ein Standardhamen nach der Unterquerung der Muffathalle ca. 90m unterhalb der eigentlichen Wasserkraftanlage eingebaut. Eine kürzere Distanz war aus bautechnischen Gründen (hochwandige Betoneinfassung des Gewässers) vor Ort nicht möglich. Es konnten 75% der ab fließenden Wassermenge erfasst werden., da auf Grund der räumlichen Gegebenheiten nur ein Hameninstalliert werden konnte



Abbildung 43: Fangstelle unterhalb von Turbine und Bypass an der Muffathalle

Bearbeitungszeitraum

Die Befischungen an dieser Anlage konnten wie bereits erwähnt erst im Jahr 2008 zwischen dem 10. und 12. Mai 2008 durchgeführt werden. Der Aermühlbach weist offiziell, bedingt durch die künstliche Ausleitung aus der Isar, einen konstanten Abfluss von $10\text{m}^3/\text{s}$ auf. Jedoch wurde im Laufe der Untersuchung eine starke Pegel-schwankung von bis zu $0,5\text{m}$ im Gewässer festgestellt. Diese Erhöhung des Abflusses auf geschätzte $15\text{-}18\text{m}^3/\text{s}$ führt zu einem zweimaligen Schaden an der Hamenbefestigung, so dass ein zweimaliger Ab- und Aufbau der gesamten Fanganlage nötig wurde. Die auftretenden Kräfte brachen wiederholt starke Feuerwehrrabiner und führten zum Abriss von Zugseilen mit mehr als 1t Tragkraft.



**Abbildung 44: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum - Pegel der korrespondierenden Isar/Eisbach Himmelreichsbrücke
Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008**

3 Fangmethodik und Einstufung der Verletzungstypen

3.1 Fangmethodik

Im Rahmen des Projekts wurden 2 Hamen mit Steertreusen (Abbildung 47) angefertigt und eingesetzt. Der Aufbau der Hamen wurde durch die Bearbeiter konzipiert und von der Firma Engel-Netze GmbH angefertigt. Die Abmessungen wurden auf die gemittelten Bedingungen an den zu untersuchenden Anlagen abgestimmt. Die Hamen waren sowohl im Hamenteil als auch in der Reuse mit Reißverschlüssen ausgestattet, um bei hohem Laub- und Treibgutanteil eine Leerung zu ermöglichen.

Zusätzlich kamen Flügelreusen mit 10mm Maschenweite im Haus und 8mm Maschenweite im Fangkorb aus dem Bestand des Landesfischereiverband Bayern e.V. zum Einsatz (Abbildung 46).

Im Einzelfall wurde auch ein Aufstecknetz als Fangkorb mit 10mm Maschenweite (Abbildung 45) sowie ein Fangsack (Aufbau analog eines Hamen) mit 3m Länge und abnehmender Maschenweite von 12mm bis 8mm (keine Abbildung) eingesetzt.



Abbildung 45: Aufstecknetz als Fangkorb unter dem Auslauf einer Spülrinne



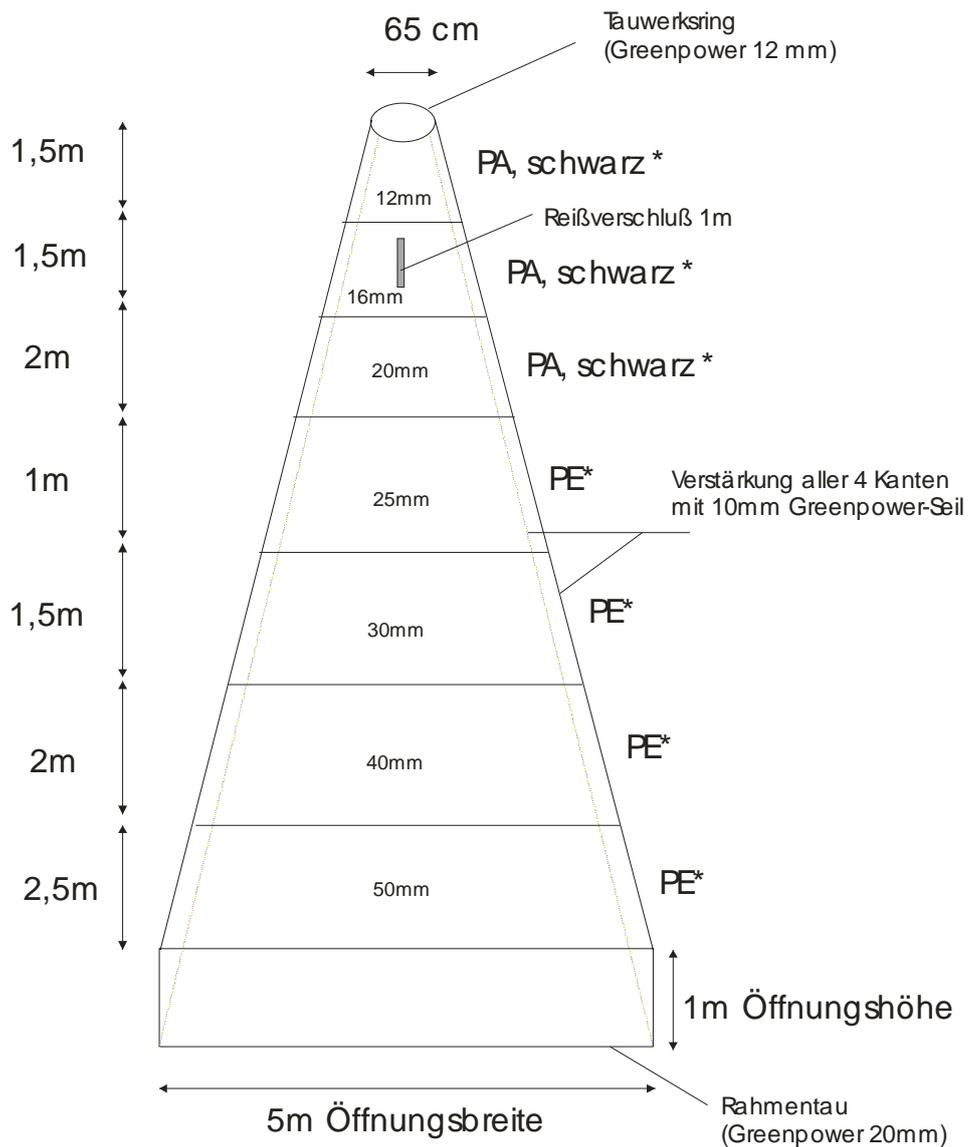
Abbildung 46: Flügelreuse

Ergänzend wurde im Fall des Rottaler E-Werks die Fischwanderhilfe durch eine Elektrofischung kontrolliert.

Eine weitere Elektrofischung wurde im Oberwasser der Rödermühle zur Einschätzung des zur Abwanderung rekrutierbaren Artenspektrums durchgeführt.

Konstruktionsskizze Hamennetz

(* Material)



Konstruktionsskizze Steertreuse

Material Nylon knotenlos, schwarz, Maschenweite 8mm

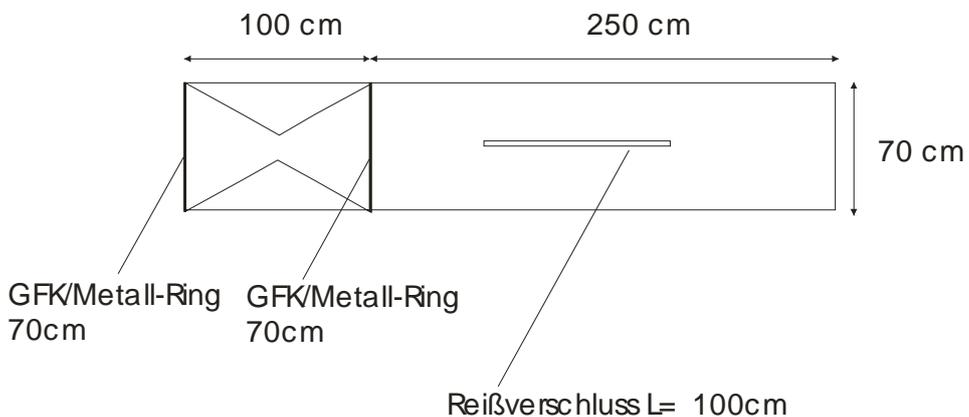


Abbildung 47: Konstruktionsskizzen Hamen und Steertreuse

3.2 Verletzungstypen

Augenschäden / Druckschäden



Hautschäden / Schuppenschäden

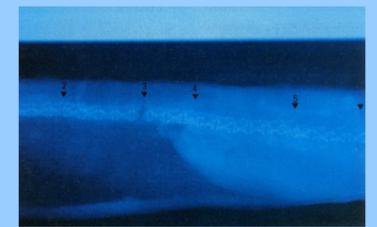


Flossenschäden



Wirbelbrüche

Wirbelbrüche können von erfahrenen Fachleuten durch Ertasten festgestellt werden. Der Fisch fühlt sich meist auch unnatürlich weich und beweglich an. Optische Diagnose bieten aber nur Röntgenaufnahmen der betroffenen Tiere.



Teildurchtrennung / Fleischwunde



Totaldurchtrennung



häufig treten die einzelnen Verletzungstypen in Kombinationen auf - dies geht bis zum „Totalschaden“ der alle Typen beinhaltet



Haut- & Flossenschäden

Augen- & Schuppenschäden

Schuppenschaden & Fleischwunde

Schuppen- & Flossenschäden & Fleischwunde

„Totalschaden“

„Totalschaden“

4 Ergebnisse an den Standorten

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse grafisch aufbereitet, um dann in der Folge ein fundierte Bewertung der gewonnen Ergebnisse zu erlangen.

4.1 Gugelmühle – Mittelfranken

Es werden angetroffenes Artenspektrum, Verteilung der Fänge nach Ort und Art, Zustand der Fische und deren Verletzungsbilder für diesen Standort an der Wörnitz dargestellt.

4.1.1 Festgestelltes Artenspektrum

An der Gugelmühle konnte ein sehr artenreiches Fischartenspektrum im Rahmen der Untersuchungen festgestellt werden (Abbildung 48) Leider konnten die ehemals dominanten Flussfischarten dieser Region, die Nase und die Barbe, in den Untersuchungen gar nicht oder nur als Einzelindividuum erfasst werden. Die höchsten Fangzahlen stellten Jungfische des Zanders gefolgt von unspezialisierten (euryöke) Arten wie Flussbarsch und Rotaugen. Insgesamt konnten zwanzig verschiedene Arten nachgewiesen werden. Auch Neozoen wie der Blaubandbärbling, der wohl aus karpfenteichwirtschaftlichen Betrieben der Region stammt, waren im Fang vertreten.

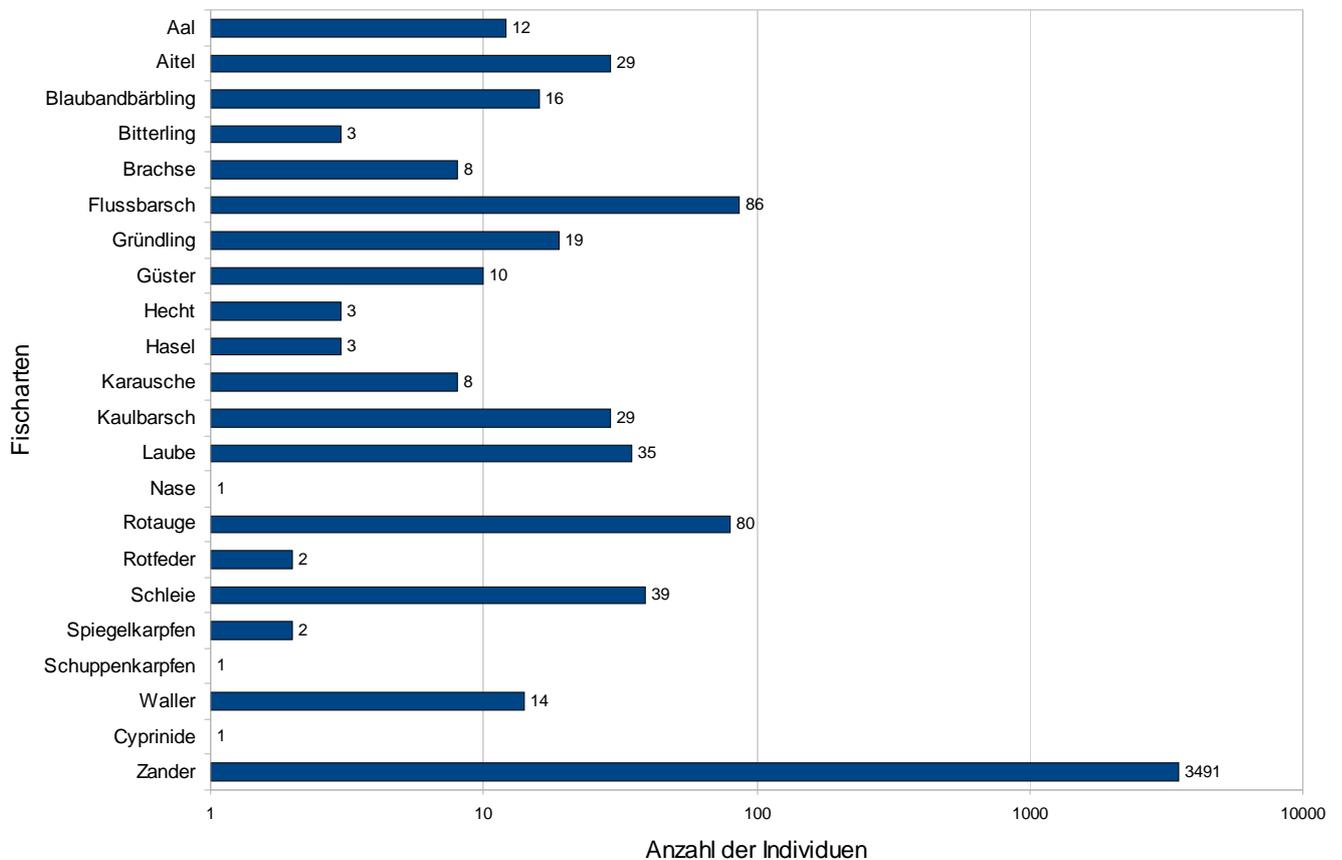


Abbildung 48: An der Gugelmühle - Wörnitz - Mittelfranken - festgestelltes Artenspektrum.

4.1.2 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen

Da an der Gugelmühle die beiden Turbinentypen vergleichend untersucht werden sollten, sind in der Folge auch die beiden gegenüberstehend dargestellt.

4.1.2.1 Allgemeine Übersicht

Während hinter der Schneckenturbine im Untersuchungszeitraum 1516 Fische festgestellt wurden, tauchten im gleichen Zeitraum hinter der Francisturbine 2376 Individuen auf. Dies entspricht weitgehend der Aufteilung des Wasserstromes zwischen den beiden Kraftmaschinen.

4.1.2.2 Fangstelle und Artinventar

Bei der Betrachtung der Verteilung auf die beiden Fangstellen nach Arten ergeben sich dennoch

erkennbare Unterscheide, die den individuellen Charakter der Fischarten eventuell widerspiegeln können. Diese Auswertungen sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Bei der Betrachtung der Verteilung müssen aber auch die absoluten Fangzahlen Berücksichtigung finden, so dass nur wenige Arten Zusammenhänge begründet vermuten lassen. Dies ist zum Beispiel beim Rotauge (80 Ind.) erkennbar, das offensichtlich die Passage durch die Schnecke bevorzugt, bzw. an dieser Stelle im Oberwasserquerschnitt häufiger anzutreffen ist. Ähnliches gilt für Aitel (29 Ind.) und Schleie (39 Ind.), die sich ebenfalls nicht entsprechend dem Wasserstrom zu verteilen scheinen. Dies belegt erneut die Aussage, dass die Lage einer Wasserkraftanlage im Gesamtanlagenkonzept sowie auch die Lage von Wanderhilfen zusätzlich zur abgegebenen Wassermenge erwartungsgemäß einen entscheidenden Einfluss auf deren Wirksamkeit hat.

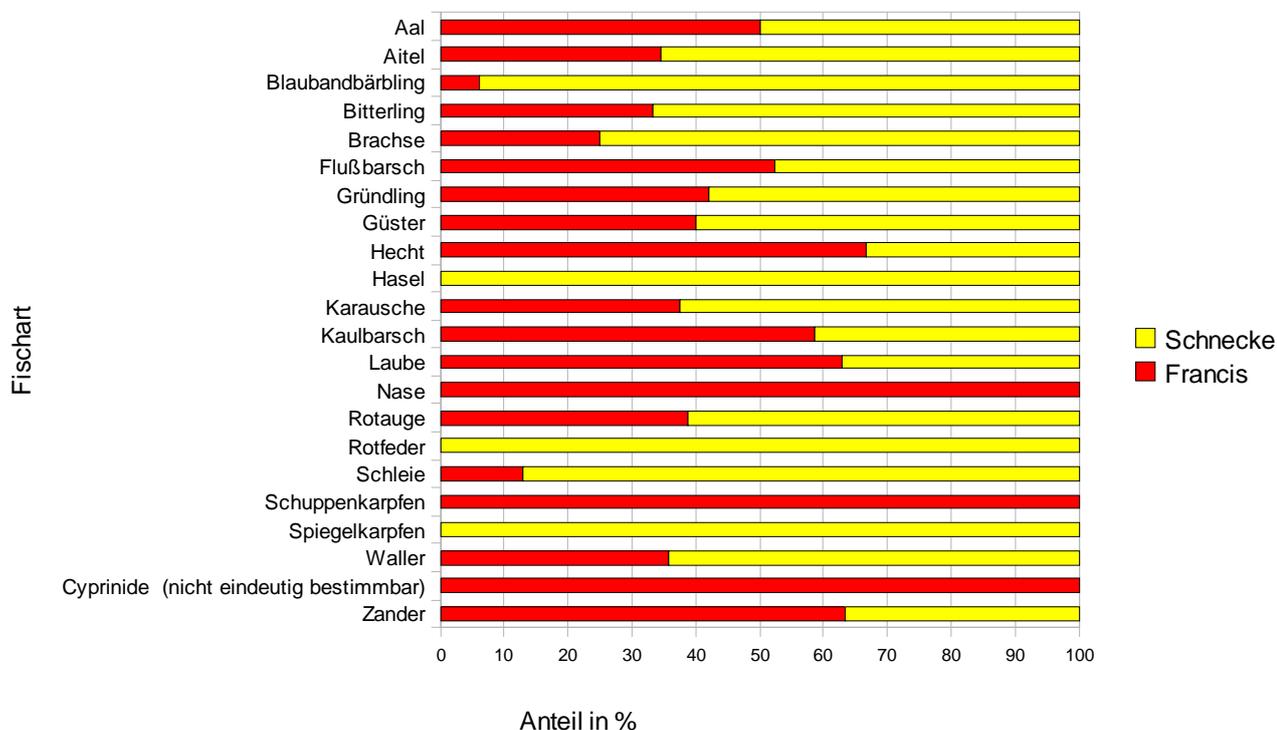


Abbildung 49: Verteilung der ankommenden Fische auf ihrer Abwanderung auf die beiden Fangstellen (Francisturbine und Wasserkraftschnecke) der Gugelmühle.

4.1.3 Zustand der gefangenen Fische

Zu allen ausgewerteten Fischen wurde der Gesamtzustand nach den Kategorien lebend, fast tot und tot bewertet. Diese Aufteilung soll in der Folge betrachtet werden.

4.1.3.1 Zustandserfassung Gesamtfang

In der folgenden Abbildung werden alle an der Gugelmühle festgestellten Fische nach ihrer Zuordnung in die Zustandklassen und Verteilung auf die Fangstellen hin betrachtet. Eine Vorauswahl findet nicht statt.

In der Grafik (Abbildung 50) schneidet die Wasserkraftschnecke deutlich besser ab. Während 51% der passierenden Fische an der Francismaschine massiv in Mitleidenschaft gezogen wurde, handelt es sich bei der Wasserkraftschnecke nur um 31%. Fangschäden durch die Fangtechnik oder eventuelle Vorschädigungen konnten methodisch nicht berücksichtigt, wären aber an beiden Stellen in gleichem Umfang zu erwarten.

In Abbildung 51 und 52 werden getrennt für die beiden Fangstellen die Zustandsbilder der ankommenden Fische nach Arten unterschieden, um auch diesen artbezogenen Aspekt bewerten zu können.

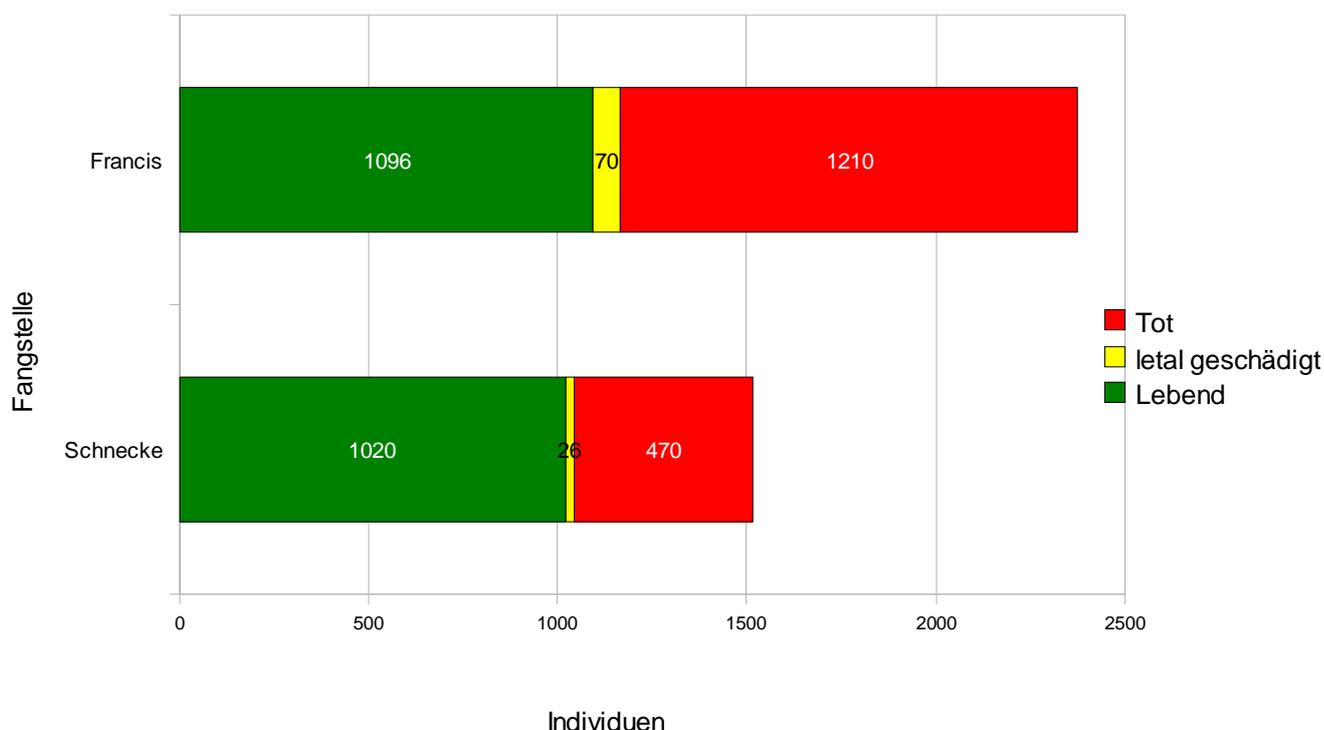


Abbildung 50: Zustandsverteilung aller festgestellten Fische an den verschiedenen Fangstellen der Gugelmühle.

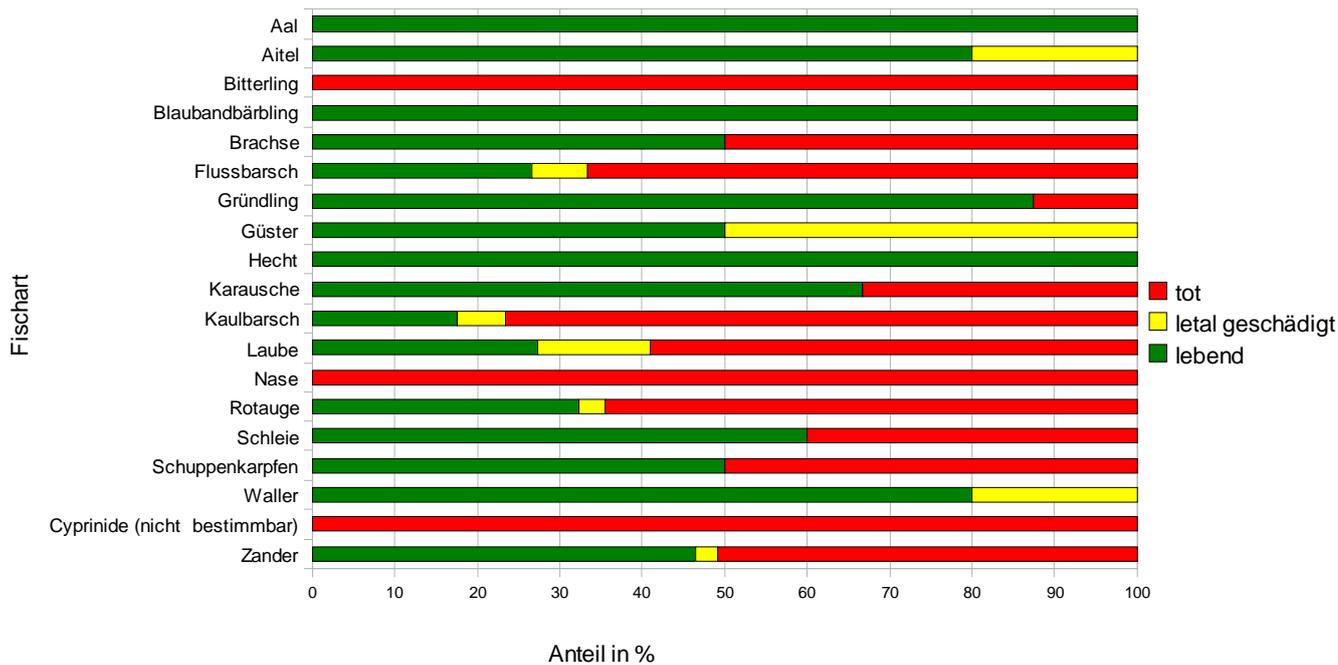


Abbildung 51: Zustand der gefangenen Fische nach Arten nach der Passage der Francisturbine an der Gugelmühle.

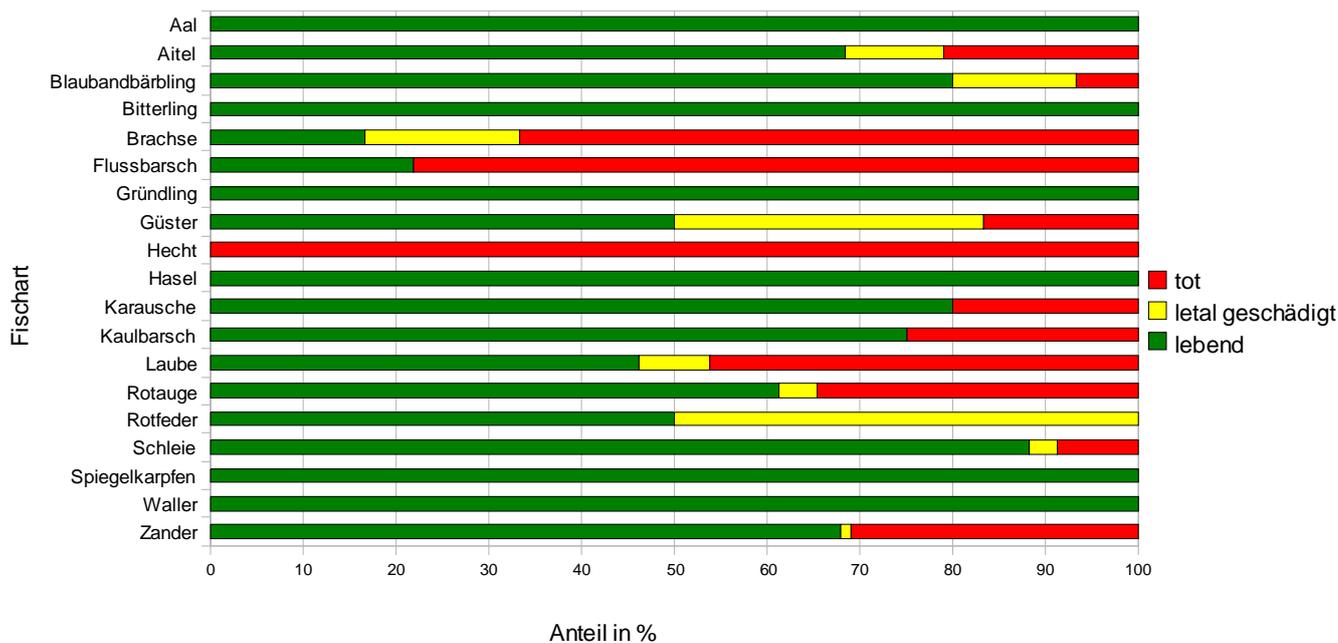


Abbildung 52: Zustand der gefangenen Fische nach Arten nach der Passage der Wasserkraftschnecke an der Gugelmühle.

4.1.3.2 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen

In den folgenden Abbildungen werden getrennt nach Fangstelle die Fischarten dargestellt, deren Stichprobengröße mehr als zehn Individuen betrug. Da artabhängige Schädigungsmuster und -raten zu erwarten sind, kann nur bei ausreichender Individuenzahl eine Aussage getätigt werden. Aus diesem Grund wurden für die differenzierte Betrachtung nur Arten herangezogen, die mit mindestens 10 Individuen eine Passage durch einen Turbinentyp vollzogen haben. Bei den barschartigen Fischen lassen sich durchweg vergleichsweise hohe Schädigungsraten erkennen. Dies legt Druckprobleme nahe, auf die diese Fischartengruppe sehr sensibel reagiert. Zusätzlich waren die Fische sehr klein (0+), so dass auch eine Fangschädigung, gerade unter den herrschenden Hochwasserbedingungen

nicht ausgeschlossen sein kann. Weiterhin fallen Schädigungen an empfindlicheren karpfenartigen Fischen, wie der Laube auf. Hier ist neben der Sensibilität gegenüber Scherkräften und Strömungsverhältnissen in der Turbine ebenfalls ein Anteil an Fangschädigung möglich.

Die selbe Auswertung wurde in der Folge auch für die Schnecke am Standort Gugelmühle durchgeführt. Die höchste Schädigung wurde hier beim Flussbarsch festgestellt, gefolgt von der Laube und dem Rotauge an dritter Stelle. Da hier eigentlich ein druckloser Abfluss stattfinden sollte und der Zander bzw. der Kaulbarsch vergleichsweise besser abschneiden, ist hier eine bewertende Diagnose sehr schwierig.

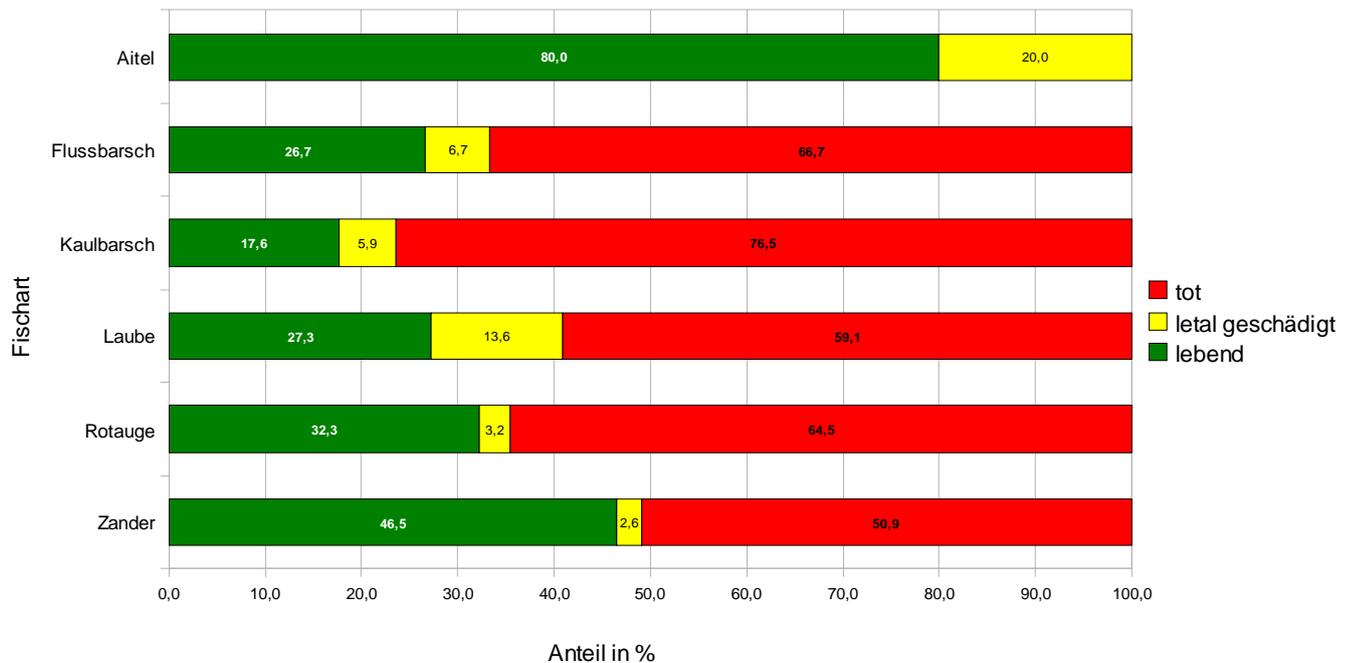


Abbildung 53: Prozentuale Verteilung der Zustandsbeschreibung passierender Fische an der Francisturbine ab 10 Individuen Stichprobe.

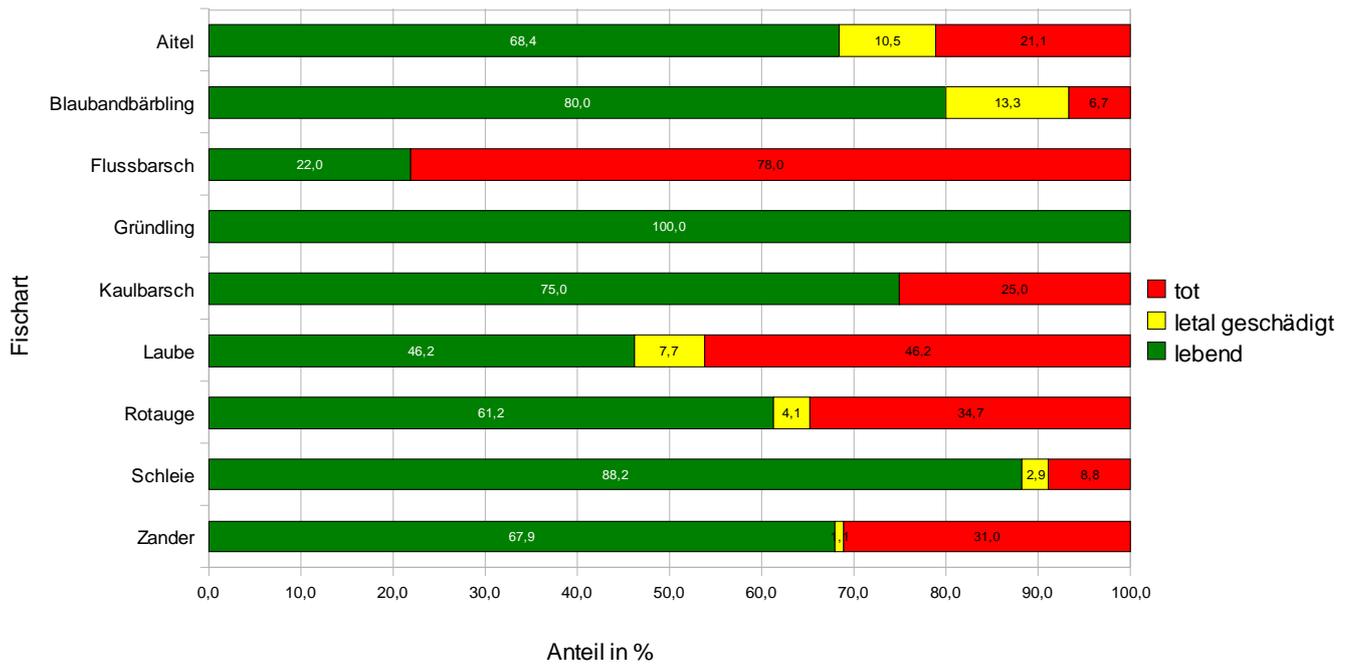


Abbildung 54: Prozentuale Verteilung der Zustandsbeschreibung passierender Fische an der Wasserkraftschnecke ab 10 Individuen Stichprobe.

4.1.4 Festgestellte Verletzungsmuster

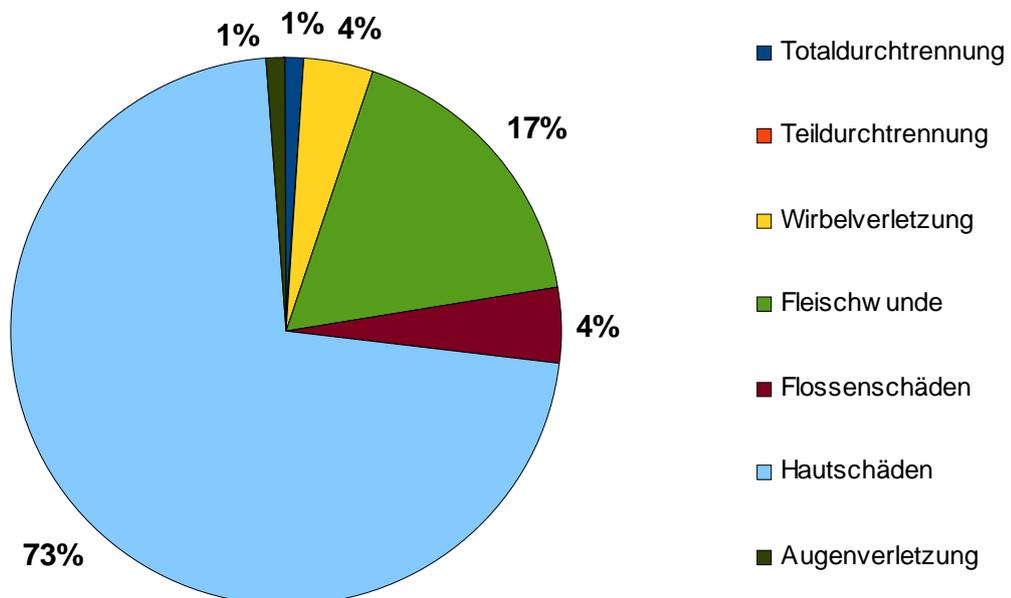


Abbildung 55: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Francisturbine (Gugelmühle) aus N= 2376 Individuen

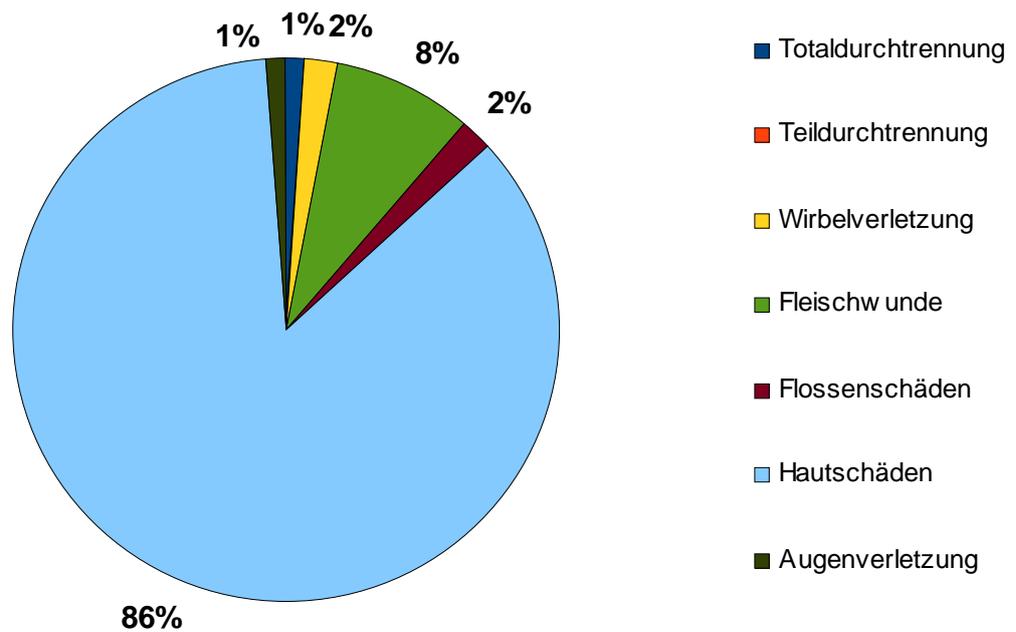


Abbildung 56: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Schneckenturbine (Gugelmühle) aus N= 1516 Individuen

Erkennbar ist, dass in der Francistrubine ein höherer Anteil an schwereren Verletzungen vorliegt. In beiden Fällen liegt der Hauptanteil bei den schwer zuzuordnenden Hautschäden (Ursache kann Turbine oder Fangtechnik/Netz sein).

Zu Beginn der Untersuchung wurden auffällig viele Fische mit kreisrunden Fleischwunden, die vermutlich auf Kavationsschäden zurückzuführen sind, erfasst. Dieses Schadbild verschwand mit steigendem Wasserstand und damit höherer Einstauung der Turbinen aus dem Unterwasser.

Es ist auch nicht auszuschließen, dass diese Verletzungen aus der nur einen guten Kilometer weiter flussauf gelegenen Nachbarwasserkraftanlage stammen.



Abbildung 57: kreisrunde Fleischwunden (Gugelmühle)

4.2 Schüttentobel Schwaben

In der Folge werden angetroffenes Artenspektrum, Verteilung der Fänge nach Ort und Art, Zustand der Fische und deren Verletzungsbilder für diesen Standort an der Oberen Argen in der Forellenregion dargestellt.

4.2.1 Festgestelltes Artenspektrum

Das Artenspektrum am Schüttentobel entspricht, wie zu erwarten, in diesem Bereich der Forellenregion. Weitere Arten wie die Äsche sollen nach Aussage des Fischereiberechtigten zwar vorkommen, konnten aber im Verlauf der Untersuchungen nicht festgestellt werden.

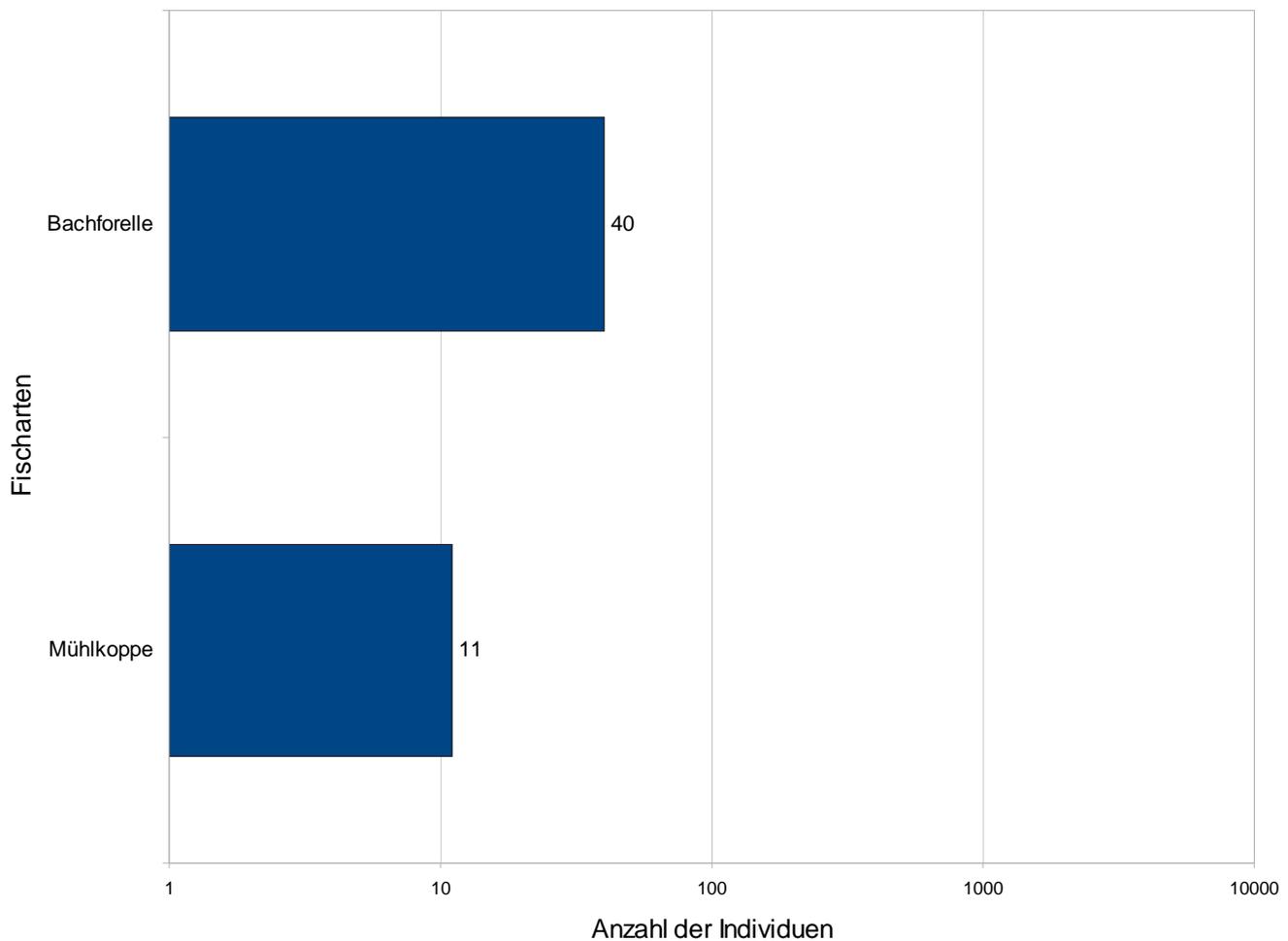


Abbildung 58: Am Schüttentobel – obere Argen - Schwaben - festgestelltes Artenspektrum.

4.2.2 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen

Am Kraftwerk Schüttentobel waren drei Fangstellen zu berücksichtigen, diese sind Turbine, Bypass und Wanderhilfe.

4.2.2.1 Allgemeine Übersicht

Hinter der Turbine konnten 21 Fische, im Bypass 13 Fische und in der Wanderhilfe konnten 17 Individuen aus den beiden vorkommenden Arten ermittelt werden.

4.2.2.2 Fangstelle und Artinventar

In folgenden Abbildung sind die gefangenen Fische nach Arten getrennt dargestellt, um eine weitere Auswertung zu ermöglichen.

Während die Bachforelle an allen drei Fangstellen festgestellt werden konnte, wurde die Mühlkoppe nur an der Wanderhilfe (Fischpass) gefangen.

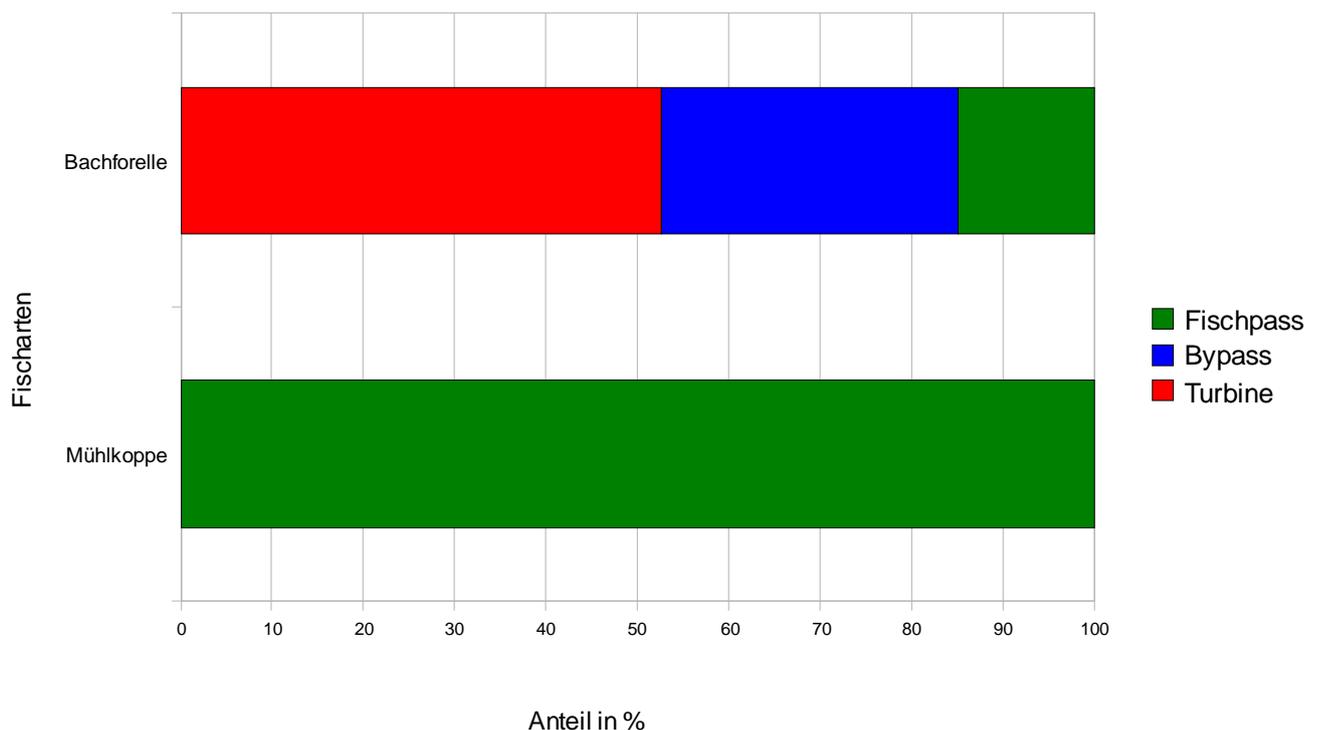


Abbildung 59: Verteilung der ankommenden Fische auf ihrer Abwanderung auf die drei Fangstellen (Francisturbine, Bypass und Fischpass) des Kraftwerks Schüttentobel.

4.2.3 Zustand der gefangenen Fische

Zu allen ausgewerteten Fischen wurde der Gesamtzustand nach den Kategorien lebend, fast tot und tot bewertet. Diese Aufteilung soll in der Folge betrachtet werden. Auf Grund der geringen Stichprobenzahl ist eine detaillierte Aussage zu den Verletzungen nicht möglich.

4.2.3.1 Zustandserfassung Gesamtfang

In die folgende Grafik gehen alle erfassten Individuen mit ein. Eine Vorauswahl hat nicht stattgefunden

Ausschließlich auf dem Passageweg der Turbine gab es die zu erwartenden Schäden. Allerdings gab es hier nur Lebende oder tote Individuen.. Die festgestellte Schädigungsrate war angesichts der sehr kleinen Anlage mit großer Fallhöhe mit knapp 20% eher geringer als vermutet gewesen wäre.

4.2.3.2 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen

Da ohnehin nur die Bachforelle hinter den Turbine am Schüttentobel festgestellt werden konnte, kann auch nur für diese eine Schädigungsabschätzung durchgeführt werden. Auf der folgenden Grafik sind die Verhältnisse nochmals dargestellt.

Die Schädigungsrate von passierenden Bachforellen liegt bei 19%. Für die Gesamtbewertung muss aber noch zusätzlich die Effizienz des Bypasses in die Aussagen integriert werden. Die ebenfalls untersuchte Wanderhilfe muss als nicht funktionsfähig bewertet werden. Es konnten zwischen den einzelnen Becken Fließgeschwindigkeiten $>1,8$ m/s gemessen werden. Die aufgefundenen Fische nehmen den unteren Bereich offensichtlich als Lebensraum an, eine flussauf gerichtete Wanderung ist jedoch weitgehend auszuschließen.

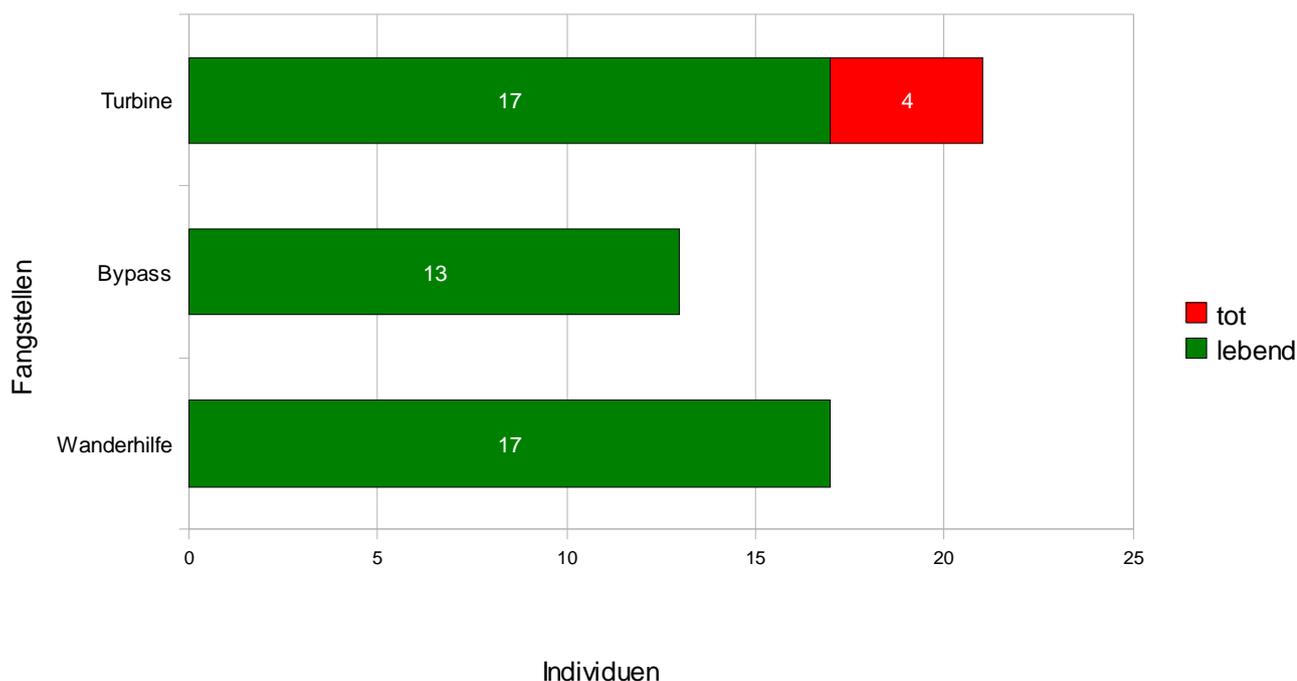


Abbildung 60: Zustandsverteilung aller festgestellten Fische an den verschiedenen Fangstellen des Schüttentobel

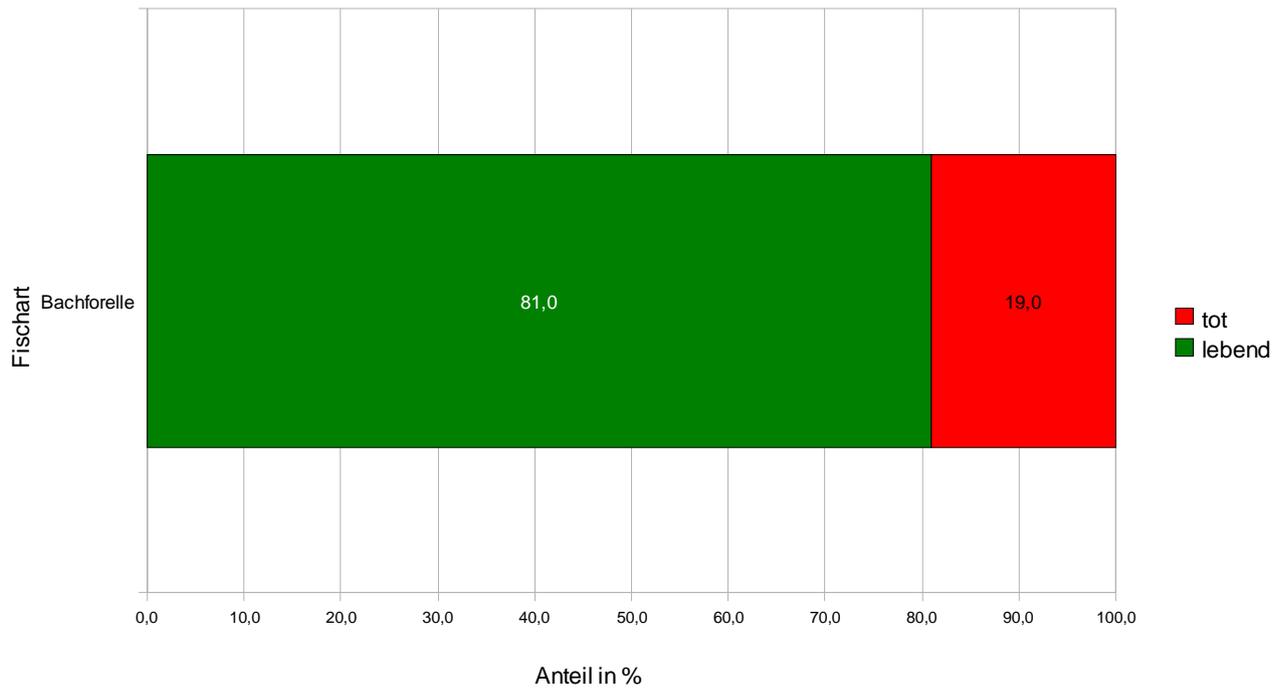


Abbildung 61: Zustand der festgestellten Bachforellen nach der Passage des Kraftwerks Schüttentobel.

4.2.4 Festgestellte Verletzungsmuster

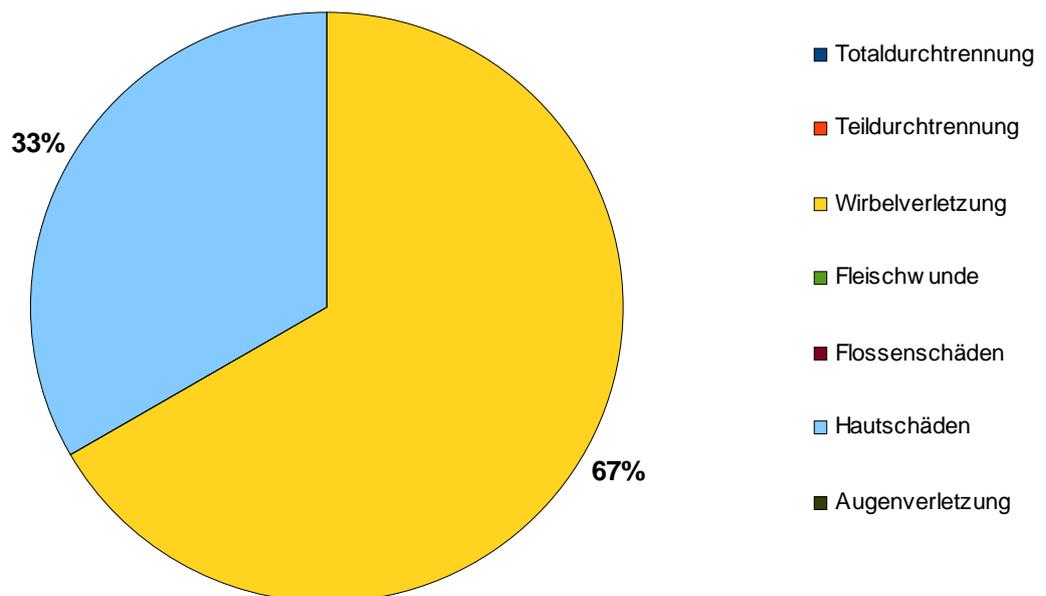


Abbildung 62: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Turbine (Schüttentobel) aus N= 3 Individuen

4.3 Rottaler E-Werk – Niederbayern

In der Folge werden angetroffenes Artenspektrum, Verteilung der Fänge nach Ort und Art, Zustand der Fische und deren Verletzungsbilder für diesen Standort an der Rott dargestellt. In die folgenden Auswertungen gehen alle in den Untersuchungen gefangenen Fische ein. In erster Linie werden Wanderhilfe und Restwasserturbine berücksichtigt, da in der Spülrinne keine Fische festgestellt werden konnten. Als Basis der Auswertungen wird zuerst das Fischartenspektrum dargestellt.

An diesem Standort konnte erfreulicherweise das angestammte Fischartenspektrum weitgehend nachgewiesen werden. Nase, Barbe und Aitel stellten vor allem in der Wanderhilfe entscheidende Bestandsanteile. Dies ist zwar für die Barbenregion typisch und eigentlich zu erwarten ist, wird aber heute auf Grund der Folgen von Gewässerausbau und Strukturdefiziten leider nur mehr selten angetroffen.

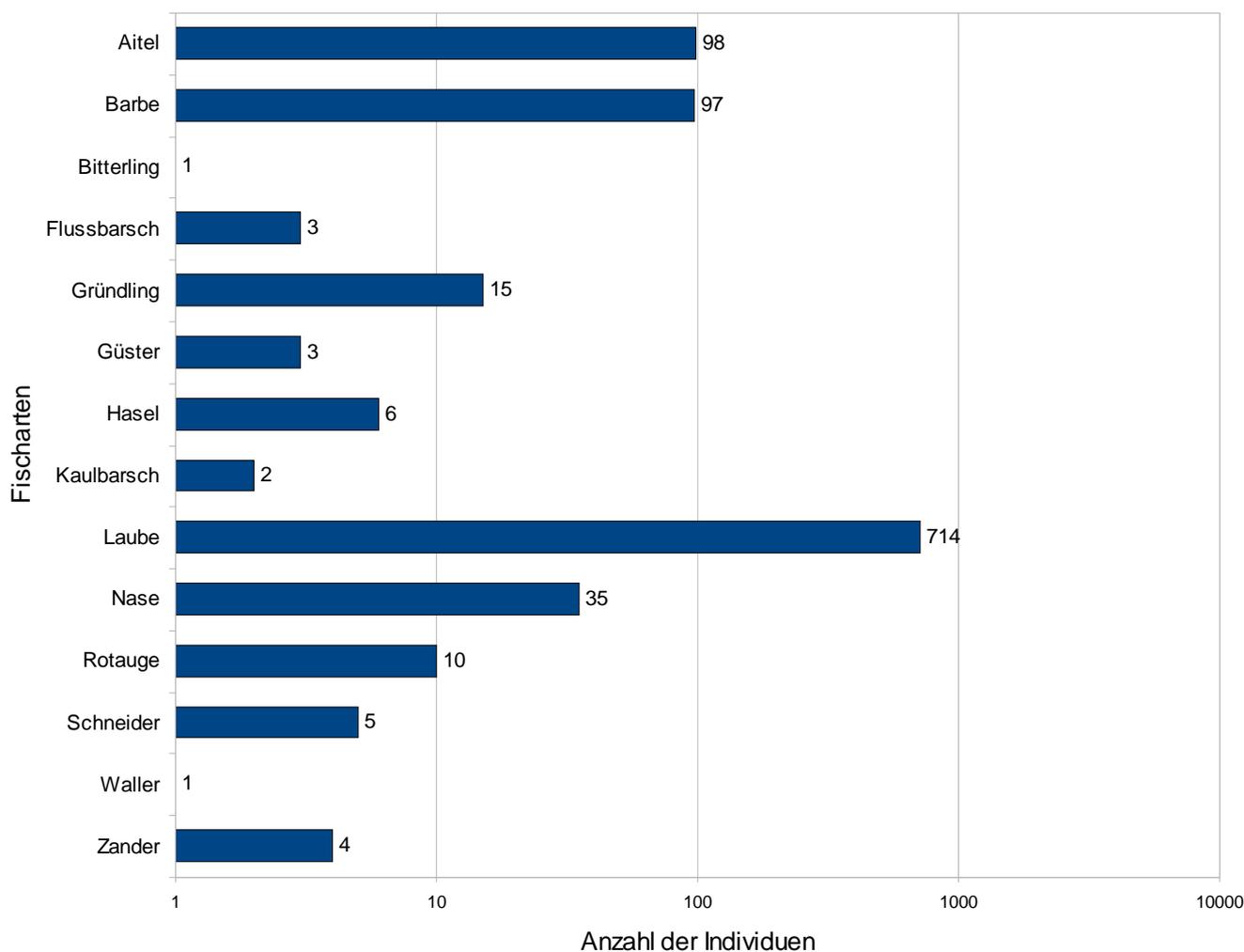


Abbildung 63: Am Rottaler E - Werk - Rott - Niederbayern festgestelltes Artenspektrum.

4.3.1 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen

In den folgenden Auswertungen soll die Verteilung der Fänge auf die verschiedenen Standorte ermittelt werden. Während hinter der Turbine 89 Individuen festgestellt werden konnten, wurden am Auslauf der Wanderhilfe insgesamt 124 Fische gefangen.

4.3.1.1 Allgemeine Übersicht

Die folgenden Zahlen beschreiben die Fänge an den erfassten Fangstellen am Rottaler E - Werk Neben den Netzfängen hinter Turbine (89) und unterhalb der Wanderhilfe (124) wurde auch eine Elektrobefischung der Wanderhilfe (vom

04.09.07). mit eingebunden, um den dort derzeit stationären Bestand mit in die Bewertung einbeziehen zu können. Bei dieser E – Befischung wurden 781 Fische festgestellt. Im folgenden Kapitel ist die Aufteilung nach Arten dargestellt.

4.3.1.2 Fangstelle und Artinventar

Aus der Abbildung ist deutlich zu sehen, dass das Artenspektrum, welches die Turbine passiert ebenso eingeschränkt ist, wie das Artenspektrum, das die Wanderhilfe zur Abwanderung benutzt. Die meisten Fische nutzten die Wanderhilfe zumindest zum Zeitpunkt der Untersuchungen wohl als stationären Lebensraum.

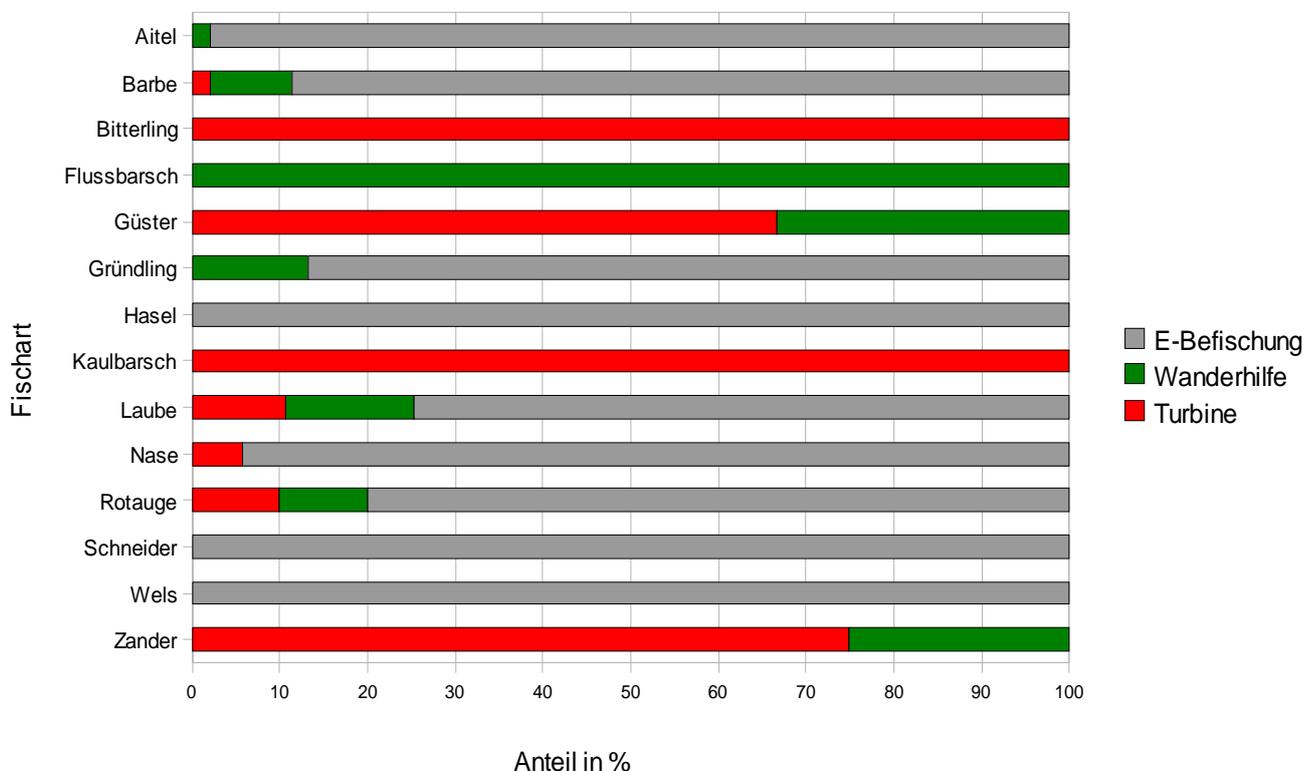


Abbildung 64: Verteilung der ankommenden Fische auf ihrer Abwanderung auf die beiden Fangstellen (Francisturbine und Fischpass) bzw. die Elektrobefischung des Kraftwerks Rottaler E-Werks.

4.3.3 Zustand der gefangenen Fische

Bei allen erfassten Fischen wurde der Gesamtzustand nach den Kategorien lebend, fast tot und tot bewertet. Diese Aufteilung soll in der Folge betrachtet werden.

4.3.3.1 Zustandserfassung Gesamtfang

Während 49% der durch die Turbine passierenden Fische tot aus den Netzen geborgen wurden, sind die Fische durch die Wanderhilfe ungeschädigt abgewandert.

4.3.3.2 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen

In der folgenden Abbildung werden ausschließlich Fischarten dargestellt, bei denen mehr als zehn Individuen zur Auswertung vorlagen und so eine vertretbare Stichprobengröße bestand. Insbesondere die sehr empfindlichen Lauben zeigen sehr starke Schädigungsraten. Die deutlich robustere Barbe war zumindest unmittelbar nach der Passage meist noch am Leben. Fangschäden sind in diesem Falle vor allem für die empfindliche Laube nicht auszuschließen und sollen in der Interpretation der Ergebnisse daher Berücksichtigung finden.

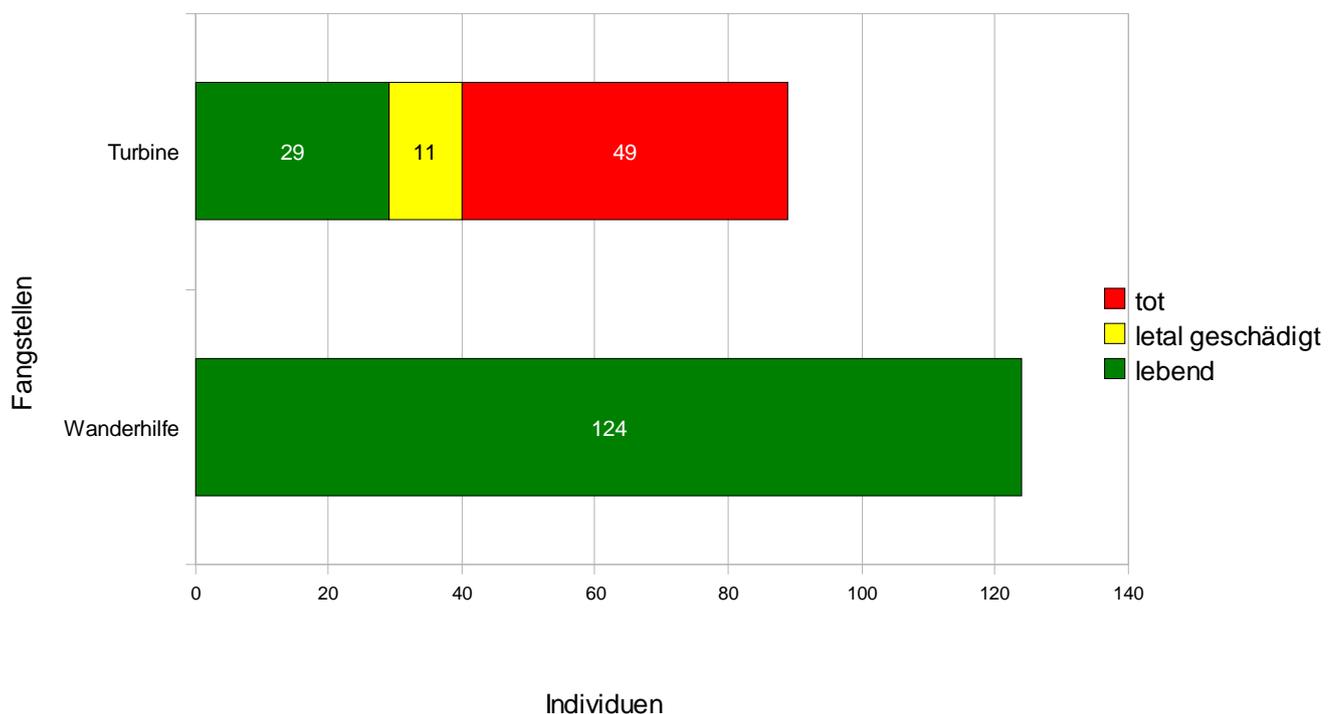


Abbildung 65: Zustandsstatistik aller abgewanderten Fische an Turbine und Wanderhilfe des Rottaler E - Werks.

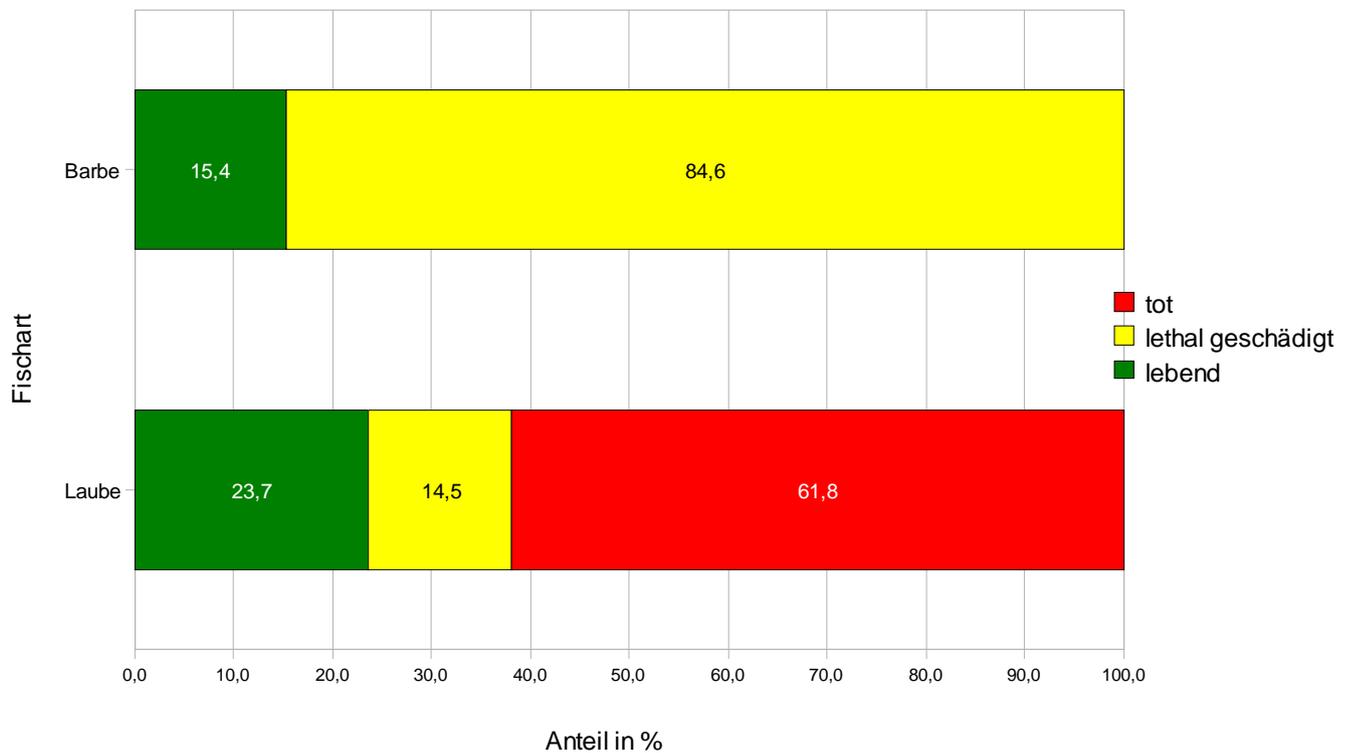


Abbildung 66: Zustand der Fische nach Arten nach Passage der Restwasserturbine am Rottaler E - Werk.

4.3.4 Festgestellte Verletzungsmuster

Dominant sind nur schwer zuzuordnende Hautverletzungen (Ursache kann Turbine oder Fangtechnik/Netz sein).

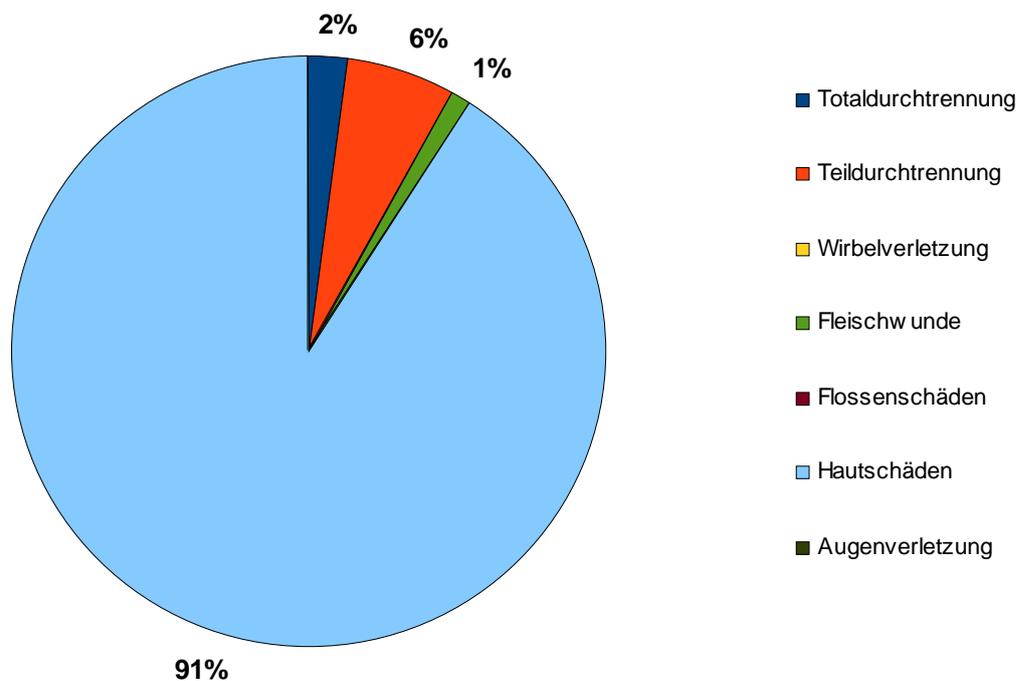


Abbildung 67: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Restwasserturbine (Rottaler E-werk) aus N= 89 Individuen

4.4 Rödermühle – Unterfranken

In der Folge werden angetroffenes Artenspektrum, Verteilung der Fänge nach Ort und Art, Zustand der Fische und deren Verletzungsbilder für diesen Standort an der Fränkischen Saale dargestellt.

4.4.1 Festgestelltes Artenspektrum

Das aufgefundene Artenspektrum entspricht dem Gewässer (prinzipiell Äschenregion/Barbenregion aber durch Aufstauungen teilweise potamalisiert). Vermisst wurde jedoch während der Untersuchung die bekannterweise ebenfalls im Gewässer vertretene Äsche.

4.4.2 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen

An der Rödermühle wurden 2 Wasserräder (unterschlänglich) gemeinsam in einem Hamen und getrennt davon die Wasserkraftschnecke in einem separaten Hamen untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in der Folge analysiert.

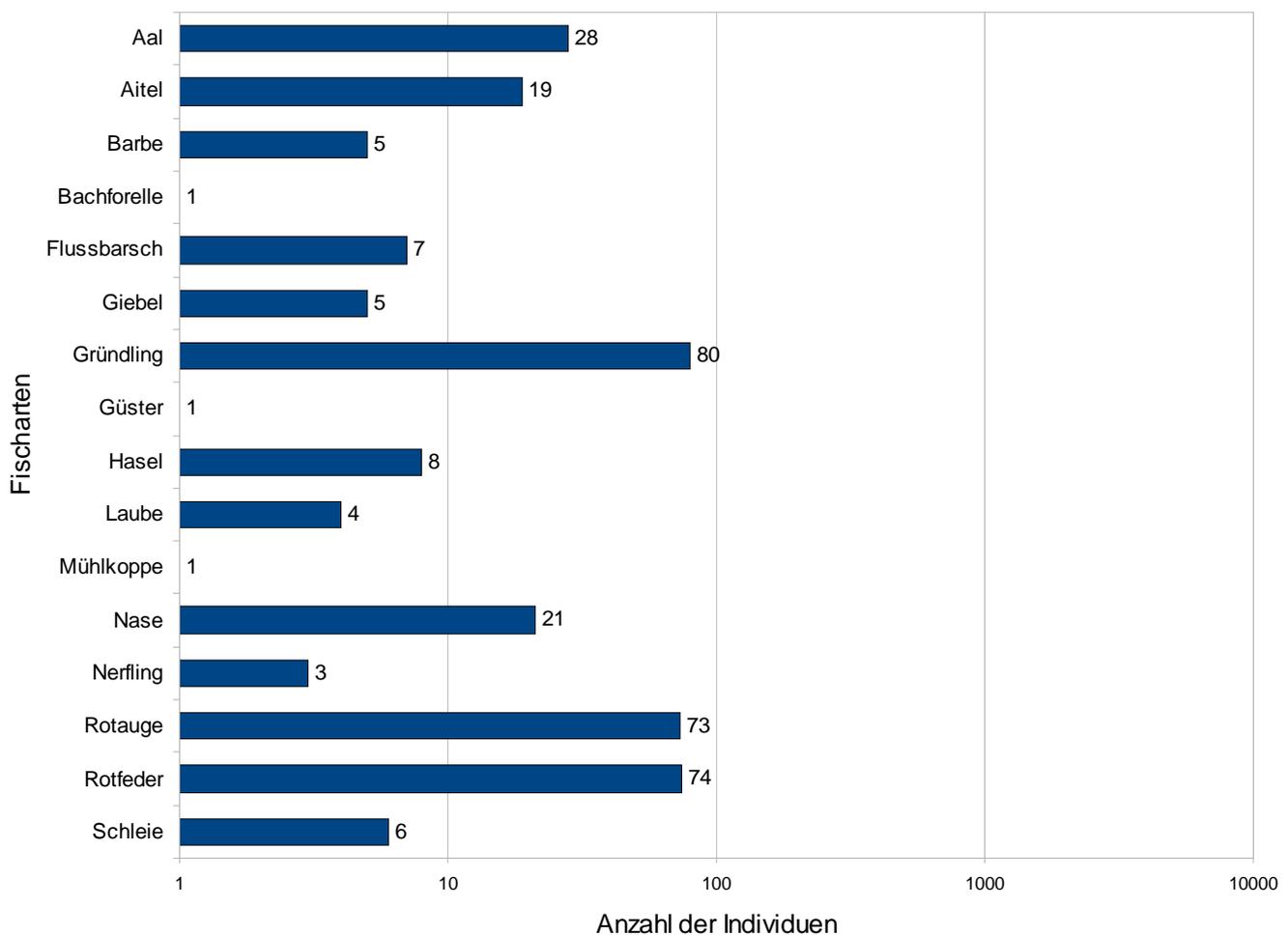


Abbildung 68: An der Rödermühle - Fränkische Saale - Unterfranken - festgestelltes Artenspektrum.

4.4.2.1 Allgemeine Übersicht

Während unterhalb der Wasserräder 113 Fische festgestellt werden konnten, waren es an der Schnecke 129. Bei einer Elektrobefischung im Oberwasser konnten 94 Individuen erfasst werden. Trotz deutlich geringerer Beaufschlagung der Schnecke treten dort unverhältnismäßig viele Fische in Erscheinung, was durch den deutlich weiteren Rechen bedingt sein kann.

4.4.2.2 Fangstelle und Artinventar

Es traten Arten auf, die nur an der Schnecke beobachtet werden konnten (Laube, Bachforelle und Nerfling), während die Güster nur bei den Wasserrädern erfasst wurde. Die Mühlkoppe konnte nur im Rahmen der E – Befischung festgestellt werden. Da es sich aber durchweg um vergleichsweise geringe Fangzahlen handelt sollte dieses Ergebnis mit Vorsicht betrachtet werden (Abbildung 69).

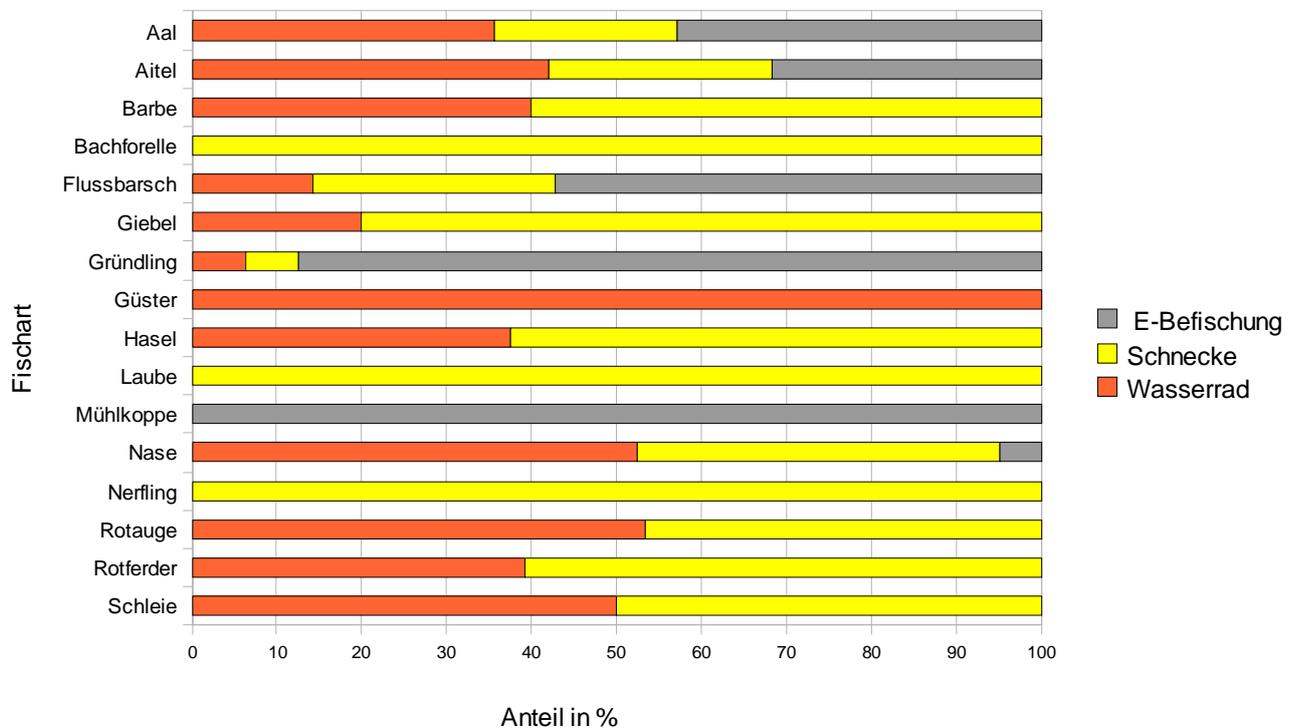


Abbildung 69: Verteilung der ankommenden Fische auf ihrer Abwanderung auf die beiden Fangstellen (Wasserräder und Wasserkraftschnecke) bzw. auf die Elektrobefischung des Kraftwerks Rödermühle.

4.4.3 Zustand der gefangenen Fische

Zu allen erfassten Fischen wurde der Gesamtzustand nach den Kategorien lebend, fast tot und tot bewertet. Diese Aufteilung soll in der Folge betrachtet werden.

4.4.3.1 Zustandserfassung Gesamtfang

Sowohl die untersuchten Wasserräder als auch die Wasserkraftschnecke lassen nur geringe Schädigungsraten erkennen. Die Schnecken-turbine schneidet dabei aber im direkten Vergleich nochmals deutlich besser ab als die Wasserräder. Eventuelle Fangschäden durch das Netzmaterial wurden auch hier nicht berücksichtigt.

4.4.3.2 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen

In den folgenden Darstellungen werden nur mehr Arten mit ausreichender Stichprobengröße (>10 Individuen pro Passageweg) an den beiden Fangstellen betrachtet.

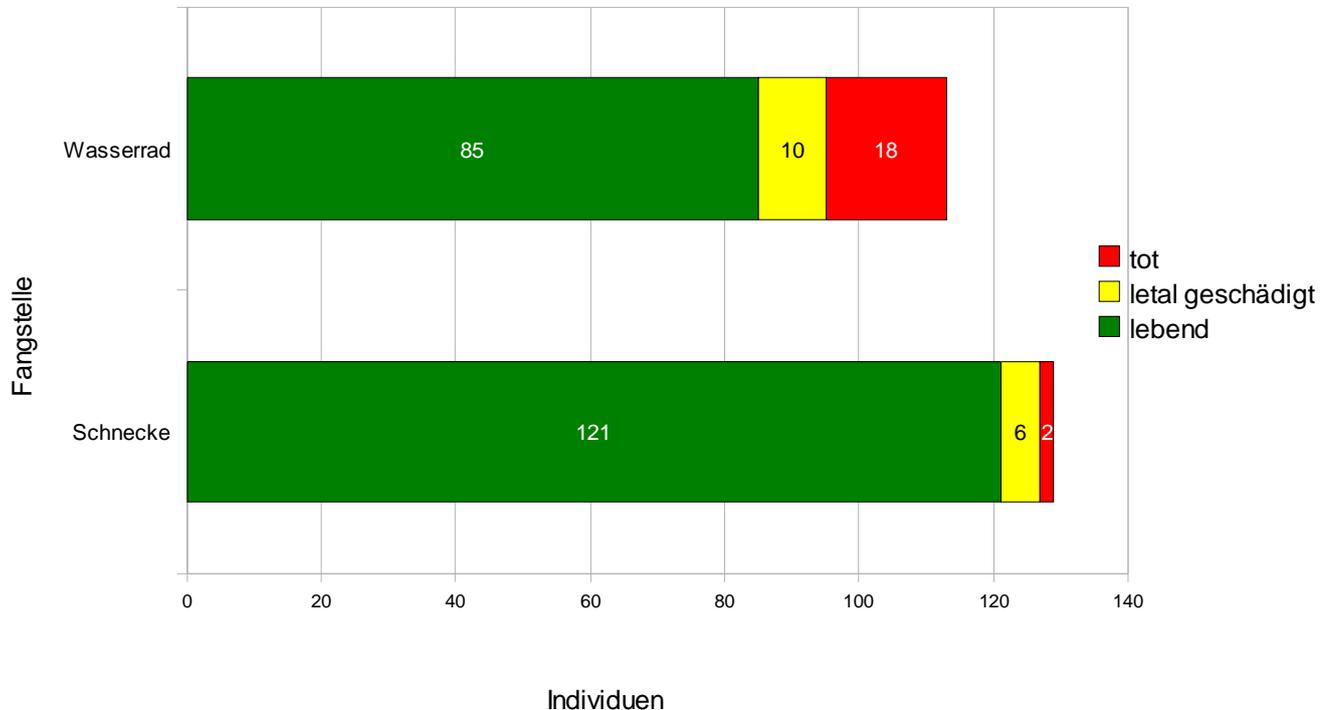


Abbildung 70: Zustandsverteilung aller festgestellten Fische an den Fangstellen der Röderrmühle.

Während alle Rotfedern unverletzt die Wasserkraftschnecke passieren konnten, wurden knapp über zwanzig Prozent der Rotaugen deutlich (14,7% fast tot, 5,9%tot) geschädigt. Auch bei diesen Zahlen ist keinerlei Ausgleich von potentiellen Fangschäden oder ähnlichem vorgenommen worden.

Während auch die Wasserräder von den Rotfedern weitgehend unverletzt überwunden werden

konnten, wurden an Rotaugen, Nase und auch Aal Schäden festgestellt. Von den Aalen hatten 10% Schäden, bei den Rotaugen waren es ca. 20% (12,8% subletal, 7,7% letal) und bei den Nasen wurden die höchsten Schädigungswerte festgestellt (18,2% subletal, 45,5% letal). Insgesamt sind die Wasserräder in Bezug auf die Schädigung von abwandernden Fischen damit deutlich kritischer zu bewerten als der installierte Typ der Wasserkraftschnecke.

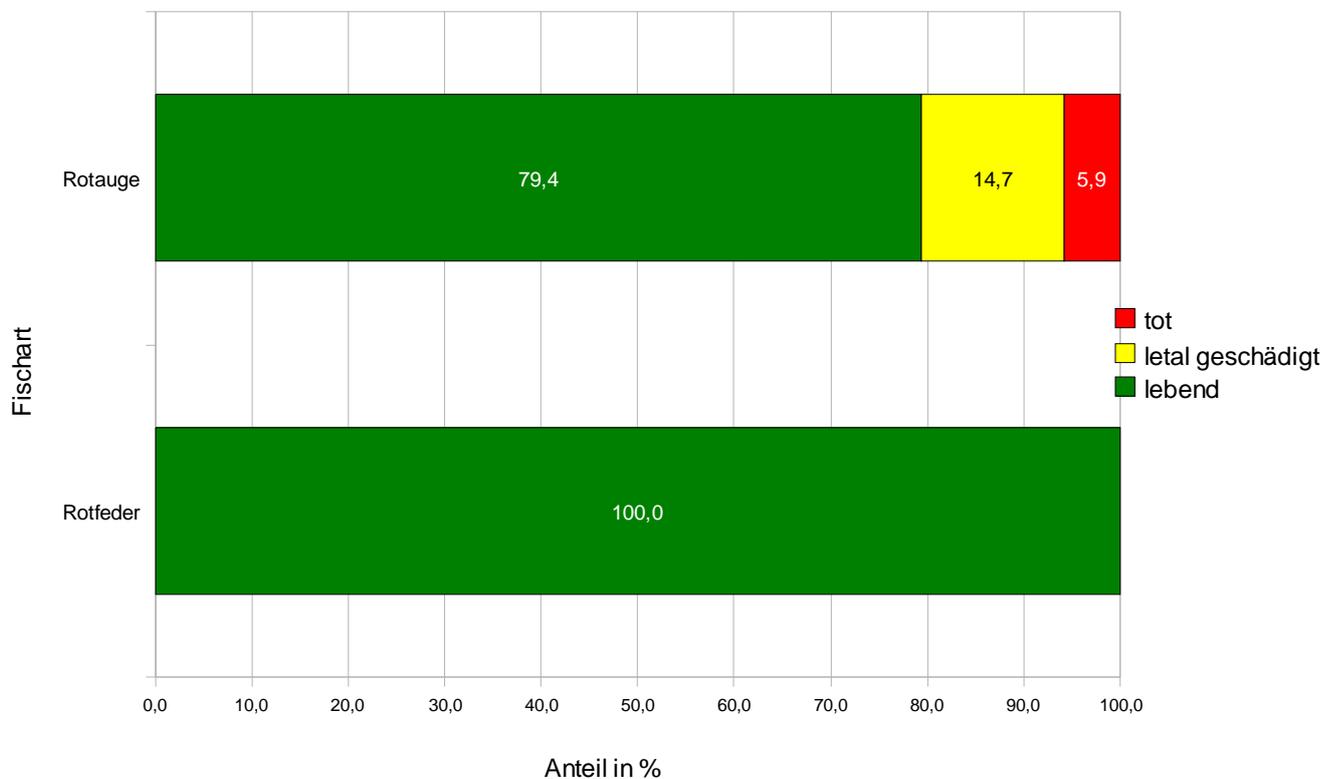


Abbildung 71: Prozentuale Verteilung der Zustandsbeschreibung passierender Fische an der Wasserkraftschnecke Rödermühle ab 10 Individuen Stichprobe.

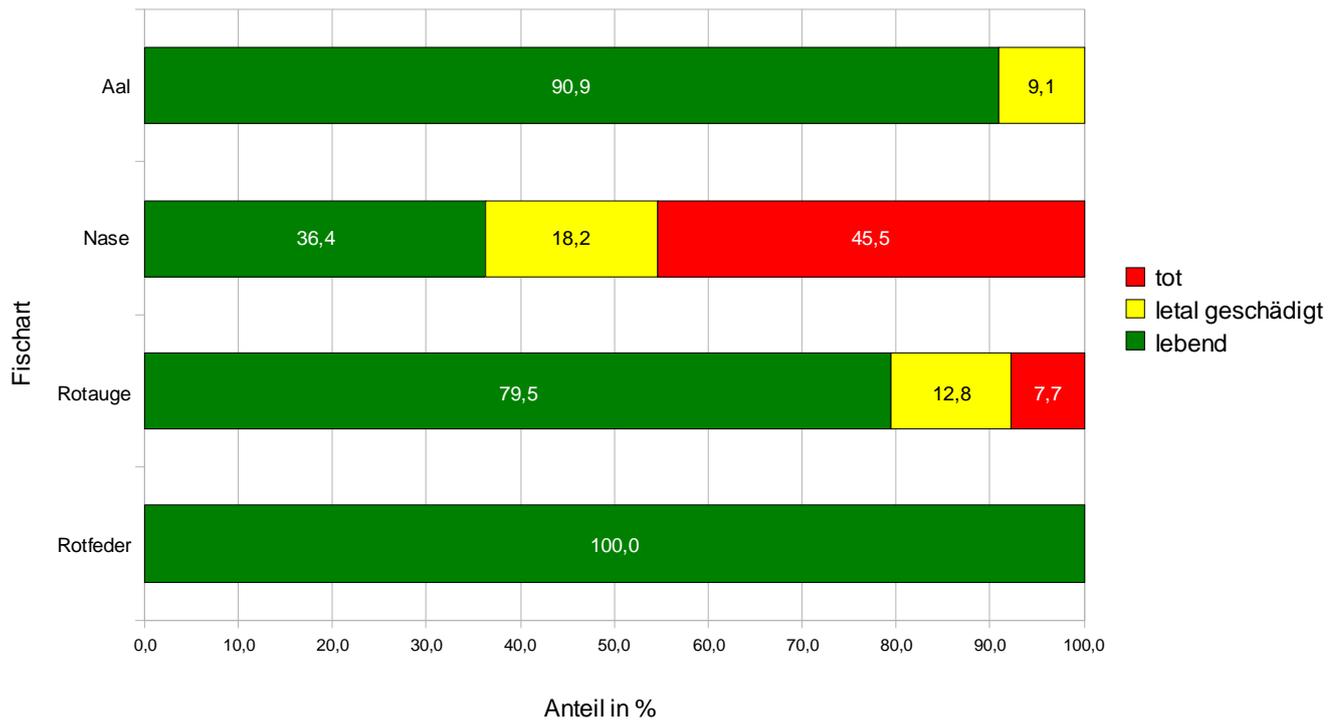


Abbildung 72: Prozentuale Verteilung der Zustandsbeschreibung passierender Fische an den Wasserrädern an der Röderrmühle ab 10 Individuen Stichprobe.

4.4.3.3 Festgestellte Verletzungsmuster

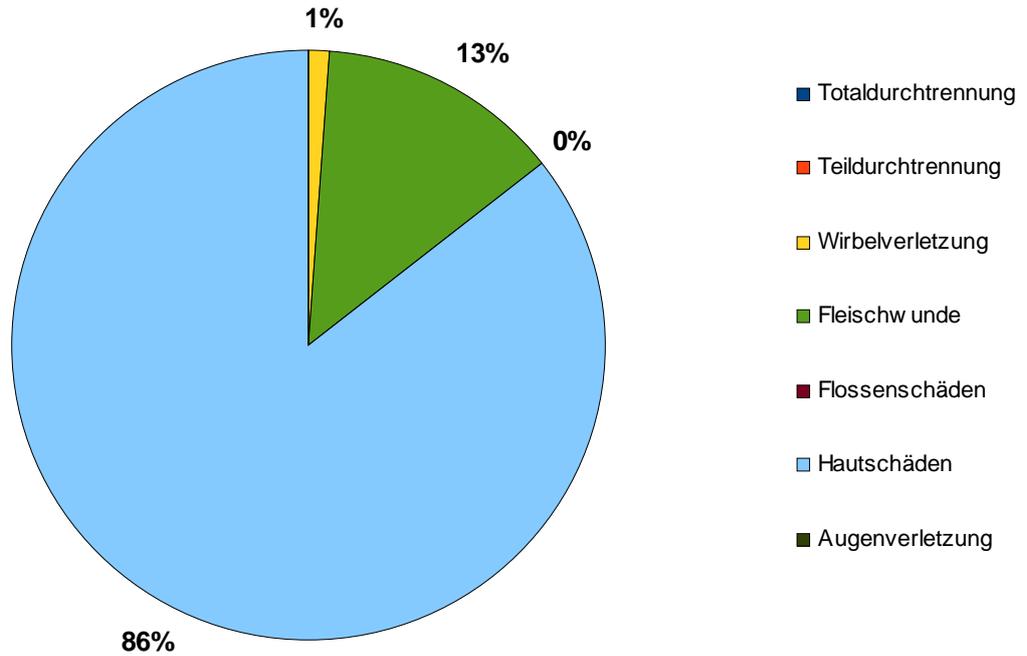


Abbildung 73: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Schneckenturbine (Rödermühle) aus N= 129 Individuen

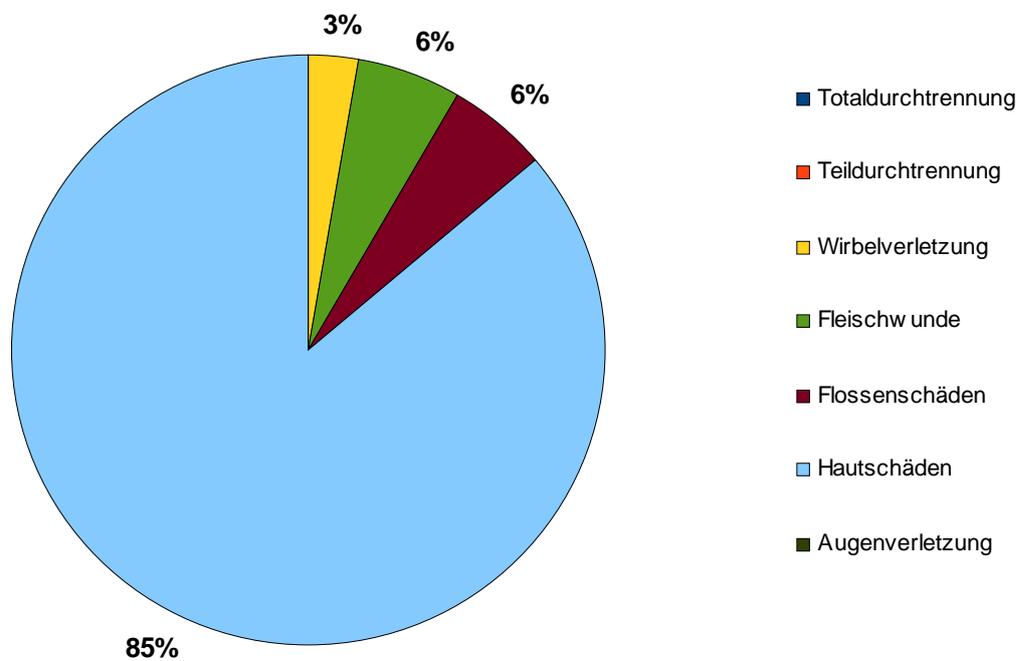


Abbildung 74: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der unterschlächtigen Wasserräder (Rödermühle) aus N= 113 Individuen

Wie schon im vorangegangenen Punkt erwähnt erscheint die Schädigungsrate passierender Fische im Falle eines modernen, wirkungsgradstarken unterschlächtigen Wasserrads im Vergleich zur optimal eingebauten Wasserkraftschnecke deutlich erhöht zu sein. Der Grund liegt hier im Schaufelabstand und dem sehr geringen Spaltmaß zwischen Schaufelblatt und Wand/Boden. Sind die passierenden Fische länger als der Schaufel-zu-Schaukel-Abstand, können diese bei der Passage durch die Schaufelblätter gequetscht werden oder geraten zwischen Schaufelblatt und Betonwand/ -boden. Dies belegt eine bei den aufgefunden Aalen sehr charakteristische Verletzungsform. Die Tiere wiesen eine scharfe Quetschstrieme auf der einen Körperseite und eine breite Schürfung an der gegenüberliegenden Körperseite auf. Die Fische waren hier offensichtlich in den Spalt zwischen Schaufelblatt und Betonboden geraten. Das Schaufelblatt erzeugt dabei die Strieme und der Betonuntergrund ist für die gegenüberliegende Schürfung verantwortlich (siehe Abbildung 75,76).



Abbildung 76: breite Schürfwunde durch den Betonboden unter dem Wasserrad (Rödermühle)



Abbildung 75: scharfkantige Quetschstrieme durch das Schaufelblatt (Rödermühle)

4.5 Muffathalle - Oberbayern

In der Folge werden angetroffenes Artenspektrum, Verteilung der Fänge nach Ort und Art, Zustand der Fische und deren Verletzungsbilder für diesen Standort am Aermühlbach, einer Isarausleitung, im Münchner Stadtbereich dargestellt.

4.5.1 Festgestelltes Artenspektrum

Es konnte trotz nur kurzer Befischungsdauer ein Artenspektrum festgestellt werden, das weitgehend der Äschenregion entspricht. Beim elektrischen Abfischen durch den bewirtschaftenden Fischereiverein „Die Isarfischer“ im Rahmen der Bachreinigung werden regelmäßig noch die sel-

tenen Arten Huchen und Streber festgestellt, die bei diesen Erhebungen nicht gefangen wurden.

4.5.2 Verteilung der Fänge auf die Fangstellen

An der Muffathalle ist die Verteilung auf die möglichen Passagewege nur indirekt durch die Fischgröße interpretierbar, da eine separate Beprobung technisch nicht möglich war. Die Annahme wird deshalb wie folgt getroffen:

Fische ab einer gewissen Größe je Fischart sind nicht mehr in der Lage den installierten 20mm Rechen zu passieren und müssen somit über die aufgesetzte Klappe abgewandert sein.

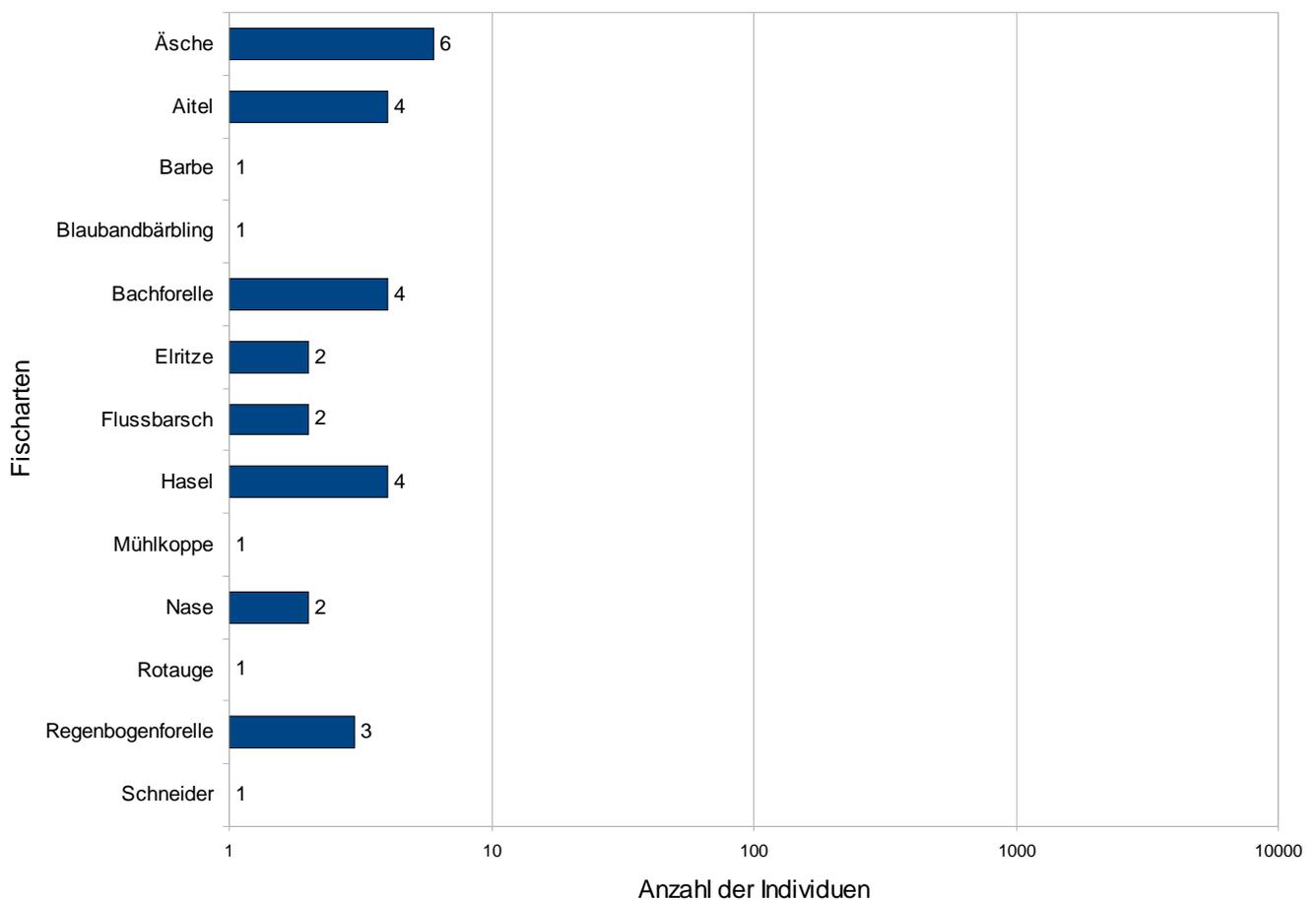


Abbildung 77: An der Muffathalle - Aermühlbach (Isarausleitung) - Oberbayern - festgestelltes Artenspektrum.

4.5.2.1 Allgemeine Übersicht

Von den insgesamt 32 festgestellten Fischen waren 5 nicht in der Lage den Rechen zu passieren (1 Barbe, 2 Bachforellen, 1 Regenbogenforelle), sie müssen also über die Klappe abgewandert sein. 27 Fische können sowohl durch Turbine als auch Fischableitung nach unten in den Hamen gelangt sein. Eine individuelle Zuordnung war aufgrund der örtlichen Fangmöglichkeiten (fehlende Mithilfe des Betreibers) leider nicht möglich.

4.5.2.2 Zustandserfassung Gesamtfang

Eine Aufteilung der Wanderwege der erfassten Individuen konnte nur auf Basis der Körpergröße interpretiert aber nicht vor Ort getrennt beprobt werden. Auf eine grafische Darstellung wird deshalb verzichtet.

Zu allen erfassten Fischen wurde der Gesamtzustand nach den Kategorien lebend, fast tot und tot bewertet. 22 Fische wurden lebend erfasst, 3 stark geschädigt aber noch lebend und 7 Individuen waren bereits tot im Netz. Da eine Passage über die Klappe hinweg zumindest theoretisch kein Verletzungsrisiko beinhaltet sind alle Verletzungen auf Kontakt mit der Turbine bzw. dem installierten Rechen zuzuweisen. Aus diesem Grund können die Zustände bzw. die beobachteten Verletzungen der Fische nur generell für die gesamte Anlage betrachtet werden. Eine Aufteilung wäre nur bei getrennter Befischung möglich gewesen.

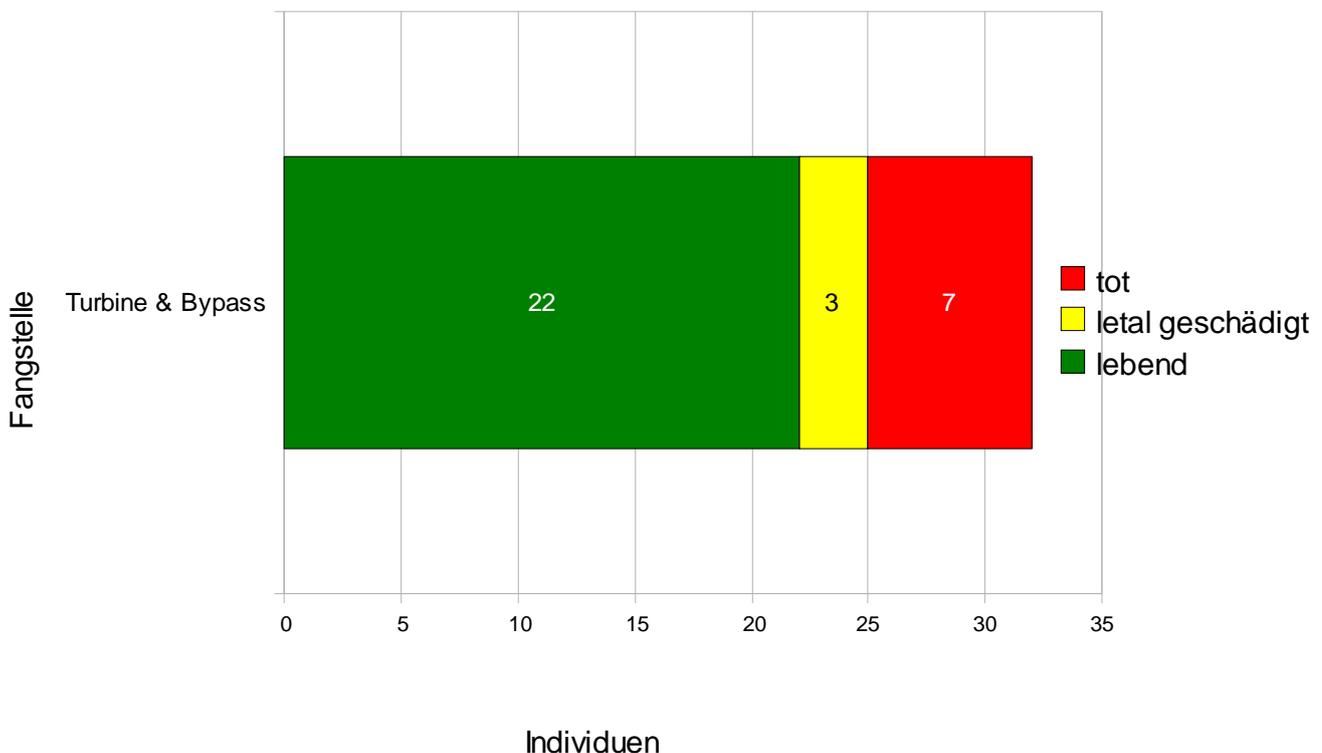


Abbildung 78: Zustandsstatistik aller abgewanderten Fische unterhalb der Muffathalle.

4.5.2.3 Zustandsbetrachtung der Arten mit mehr als 10 erfassten Individuen

An der Muffthalle wurde leider für keine Fischart die benötigte Stichprobengröße (mindestens 10 Individuen je Art und Wanderweg) erreicht, so dass an dieser Stelle keine weiteren Aussagen möglich sind.

4.5.3 Festgestellte Verletzungsmuster

Insbesondere an diesem Standort müssen Hautverletzungen durch die verwendete Fangtechnik als sehr wahrscheinlich angenommen werden, da auf Grund der nicht vorhersehbaren wechselnden Anströmung (Pegelschwankungen) sehr massive Belastungen der gefangenen Fische innerhalb der Fangeinrichtung nicht ausgeschlossen werden können.

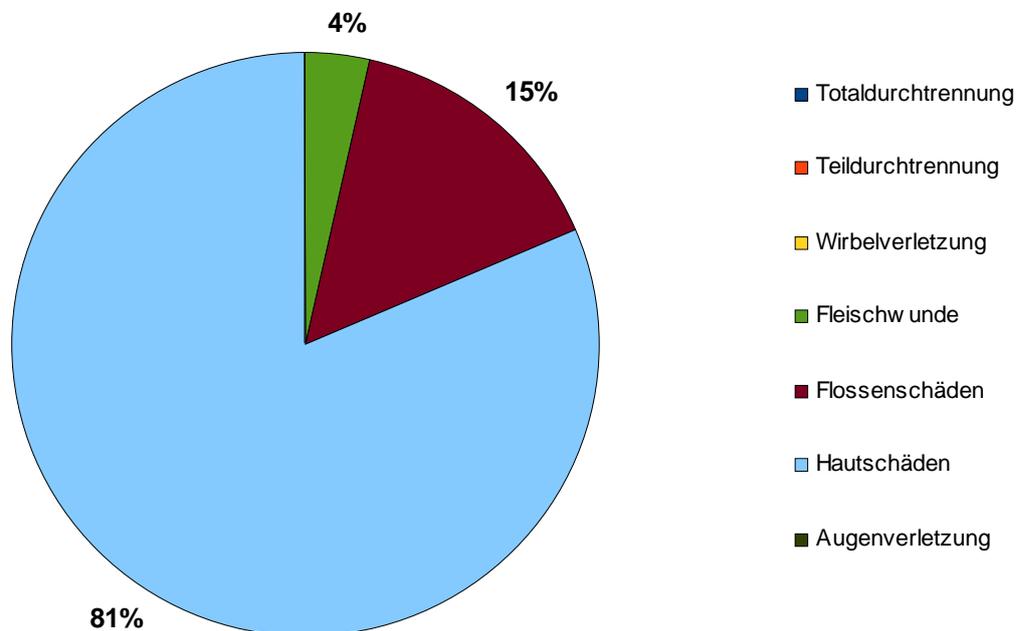


Abbildung 79: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage des Muffatkraftwerks (aus N= 32 Individuen)

5 Bewertung der Ergebnisse

Betrachtet man die vorliegenden Ergebnisse, zeigt sich erneut, dass die Wanderbewegung von Fischen hauptsächlich durch Lockströmungen und damit auch häufig nach der Verteilung der Abflussmengen an den Anlagen gesteuert wird. Neue Triebwerkstechniken, wie die einer Wasserkraftschnecke bieten gute Ansätze für die Zukunft. Fakt ist aber auch, dass altbekannte Aussagen, wie z. B. die Unbedenklichkeit von Mühlrädern, neu überdacht werden müssen. Das Prinzip der Oberflächenableitung, wie am Schüttentobel oder Muffatkraftwerk realisiert, gibt Hinweise, dass man bei optimierter Bauausführung im Bereich von Salmonidengewässern durchaus gute Resultate erzielen kann. Aber auch bekannte Techniken zeigen am Beispiel der Wanderhilfe am Rottaler-E-Werk, das bei guter Bauausführung auch hier gute Ergebnisse dokumentiert werden können.

Im folgenden werden deshalb, die während der Untersuchung entstandenen Eindrücke zu den verschiedenen Prinzipien näher ausgeführt. Bei der Darstellung in Abbildung 81 ist ein relativer Vergleich zwischen den einzelnen Untersuchungspunkten möglich. Da immer die gleiche Fangtechnik verwendet wurde, müssen potentielle Fangschäden (auch wenn sie schwer quantifizierbar sind) im Verhältnis weitgehend identisch auf die verschiedenen Einzelergebnisse verteilt sein.

Es zeigt sich, dass die beiden herkömmlichen Francismaschinen, am problematischsten zu bewerten sind, während die moderne Kaplanrohrturbine mit Ableitsystem und die anderen alternativen Systeme deutlich besser abschneiden.

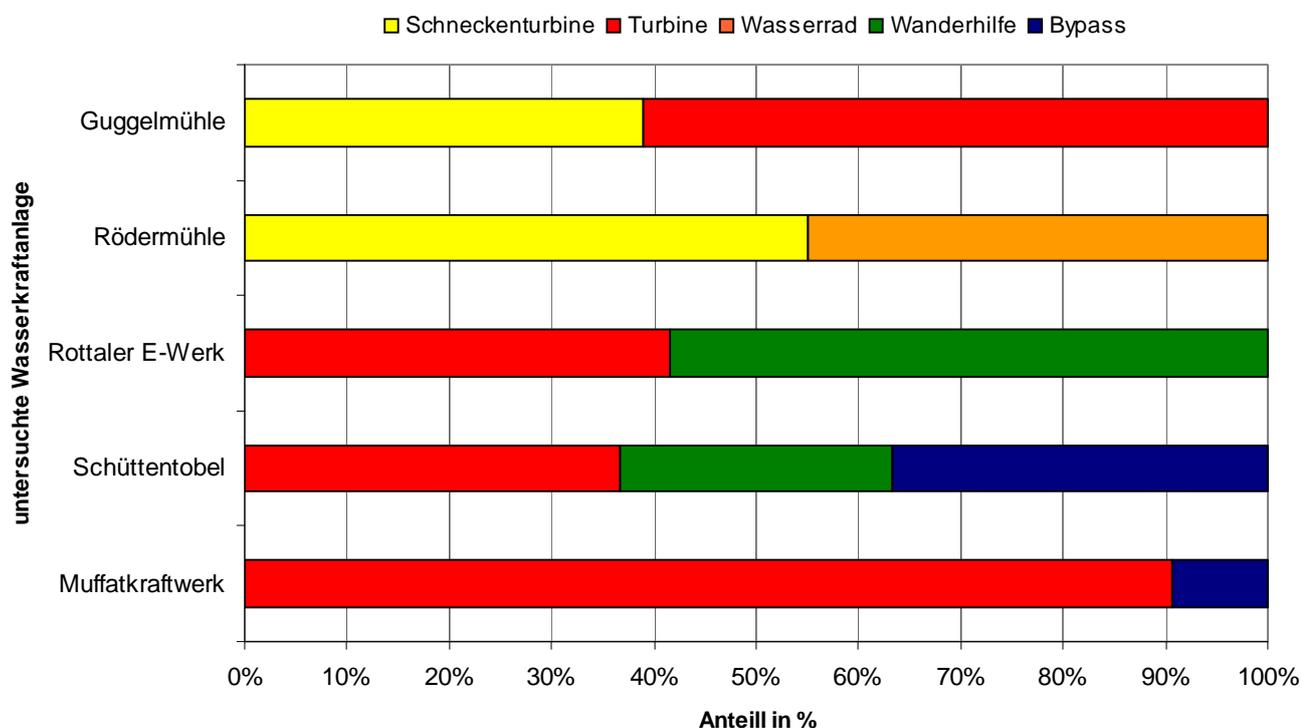


Abbildung 80: Überblick der Nutzung der Abwanderungswege an den untersuchten Anlagen

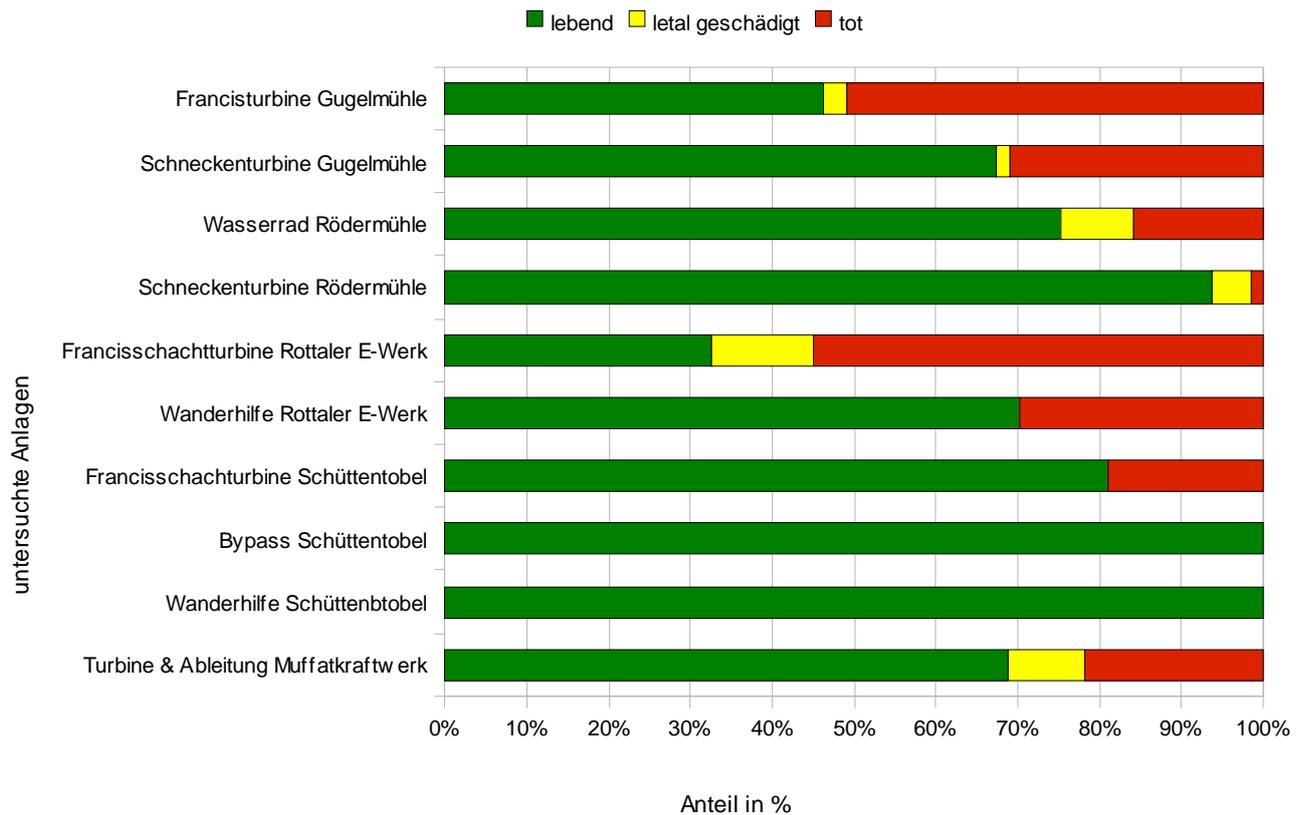


Abbildung 81: Überblick der Schädigungsraten an den untersuchten Anlagen

5.1 Wasserkraftschnecke / Schneckenturbine

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Schneckenturbine vom Prinzip als fischschonende Alternative zu herkömmlichen Turbinen bezeichnet werden kann. Doch auch hier entscheiden Details in der Bauausführung. Die doch unerwartet hohe Schädigungsrate an der Gugelmühle ist zum erheblichen Teil auf Druckschäden an driftenden Zander- und Flussbarschjungfischen zurückzuführen. Wie ist eine solche Druckschädigung bei einem prinzipiell druck-

losen und nur auf dem Prinzip der Masse der anstehenden Wassersäule basierenden Turbinenkonzept möglich? Es ist im Laufe der Untersuchung aufgefallen, dass die verbaute Wasserkraftschnecke sich im laufenden Betrieb, bei geringer Abflussmenge, durch ein gleichmässiges, schlagendes Geräusch akustisch bemerkbar machte. Das schlagenden Geräusch nahm im Laufe der Untersuchungswoche bei steigendem Wasserstand im Unterwasser deutlich ab und war bei vollständigem Eintauchen der Schnecke im Unterwasser praktisch nicht mehr wahrnehmbar. Diese akustische Eigenart

der Schnecke verhielt sich proportional zur aufgefundenen Schädigungsrate, speziell junger Fische (4-8 cm). Die Tiere wurden offensichtlich durch Druckschäden getötet, obwohl die Schnecke entgegen herkömmlichen Turbinentypen vom Prinzip ohne Druckunterschied arbeitet. Diese beobachtete Schädigungsform der Tiere sowie das signifikante Schlaggeräusch gingen bei hohem Unterwasserstand und damit komplett im Unterwasser eingetauchter Wasserkraftschnecke deutlich, fast bis auf Null, zurück. Das beobachtete Geräusch und der Druckschaden an den Fischen beruhen offensichtlich auf einem Lufteinschluss der untersten Schneckenwindung beim Eintauchen in das Unterwasser (bei geringem Unterwasserspiegel). Der Schneckenkörper ragt bis zur Hälfte aus dem Wasser und kann so den Lufteinschluss erzeugen. Diese Luft wird beim Eintauchen in den Wasserkörper nach unten gedrückt und verdichtet. Bei der Verdichtung und der Entspannung durch das Entweichen der Luft aus dem Wasserkörper entsteht das beschriebene schlagende Geräusch ähnlich dem beim in die Hände klatschen. Diese Komprimierung der eingeschlossenen Luft ist auch aller Voraussicht nach für die nachgewiesenen Druckschädigung an den Jungfischen verantwortlich und entfällt, wie

schon berichtet, sobald sich der Schneckenkörper vollständig innerhalb des Unterwasserkörpers befindet (Abbildung 82). Eine vergleichbare Schädigung dieser Art konnte bei der tiefer im Wasser liegenden Schneckenturbine an der Rödermühle auch nicht beobachtet werden. Grundsätzlich sind die mechanischen Verletzungshäufigkeiten an Fischen in der Wasserkraftschnecke als verhältnismäßig gering anzusehen. Der kritischste Punkt in der Schneckenbewegung scheint dabei nicht das Eintauchen, sondern das Auftauchen der Schneckenwindung aus dem Wasserkörper zu sein. (Abbildung 83). Eventuell könnte diese potentielle Gefahr durch Änderung des Windungsprofils (Abschrägen, -runden ähnlich einer Schraube) weiter verringert werden. Hierzu müssen jedoch auch die hydraulischen Bedürfnisse der Schnecke als Kraftanlage berücksichtigt



Abbildung 82: Vollständig ins Unterwasser eingetauchte Wasserkraftschnecke



Abbildung 83: Auftauchende erste Schneckenwindung

werden. Entsprechende Berechnungen, Erprobungen sollten jedoch durch die Hersteller angedacht werden.

5.2 Unterschlächtiges Wasserrad

Die noch oft vertretene Aussage einer Unbedenklichkeit von Wasserrädern im Bezug auf die Schädigung passierender Fische kann auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht mehr aufrecht erhalten werden. Diese Aussage basierte immer auf der Grundlage der historischen Anlagenform einfacher Holzwasserräder. Diese Anlage wiesen schon allein aus Fertigungsgründen und auch der benötigten Passagemöglichkeit von Treibgut einen Wasserspalt zwischen Laufrad und Bauwerkswand/-boden von 10cm bis über 30cm auf. Eine kritische Verletzung passierender Fische war somit praktisch ausgeschlossen. Es liegen mündlichen Aussagen vor, dass früher Kinder als Mutprobe durch diese Wasserräder geschwommen sind und dies überlebt haben. Mühlräder heutiger Zeit sind in der Regel moderner und energieeffizient konzipiert. Das Schaufelrad (und damit auch die Schaufelblätter) ist in der Regel aus Metall gefertigt. Um die Wasserenergie besser nutzen zu können, ist das Spaltmaß deutlich verringert. Im Falle der untersuchten Rödermühle betrug es bei Einbau nur 0,5 cm. Das Risiko einer Verletzung (Quetschung, etc.) bei der Passage ist dadurch jedoch erheblich erhöht. Dies zeigt auch der Verletzungsbefund wie in Punkt 4.4.3 beschrieben. Auf Grund der Verletzung und der Körperdicke der Tiere ist hier (Abnutzung der Materialien durch Ausspülung und Reibungskräfte) von einem aktuellen Wasserspaltmaß von 1,5-2cm auszugehen. Auf Grund dieser Erkenntnisse wird deshalb von Seiten der Autoren auch bei unter-

schlächtigen Wasserrädern der Einsatz von fischableitenden Rechensystemen mit an die lokale Fischfauna angepasstem Spaltmass dringend empfohlen.

5.3 Oberflächenableitung

Im Falle der Wasserkraftanlage am Schüttentobel sowie an der Muffathalle wurden oberflächennahe Ableitungssysteme zur Vermeidung von Fischschädigungen bei der Passage der Anlagen eingesetzt. Diese Systeme können prinzipbedingt nur dann effizient funktionieren, wenn die vorhandene Fischfauna ihre Wanderbewegung auch überwiegend oberflächennah durchführt. Dies ist vor allem bei Salmoniden der Fall. Der alleinige Einsatz dieser Systeme (ohne weitere, auch grundnahe Ableitungssysteme) ist somit der Salmonidenregion vorbehalten.

Wie schon bei 2.5.1 beschrieben ist grundsätzlich der permanenten Überströmung (Schüttentobel) gegenüber einer intervallbasierenden Weiterleitung (Muffathalle) der Vorzug zu geben. Jedoch ist auch hier die Baumsetzung des Prinzips entscheidend für die Funktionalität. Es konnten während der Untersuchung der Anlage am Schüttentobel regelmässig in die Spülrinne einwandernde juvenile Bachforellen beobachtet werden. Diese Tiere konnten jedoch nicht im Fangsack unter dem Bypass nachgewiesen werden. An dieser Stellen wurden nur deutlich größere Individuen erfasst. Die beobachteten juvenilen Bachforellen konnten stattdessen später in der Reuse unterhalb der Turbine aufgefunden werden.

Während der zur Klärung nötigen Dauerbeobachtung der Spülrinne konnte der Grund für diesen Befund entdeckt werden. Speziell juve-

nile Fische zeigen ein stark rheotaktisches Verhalten, d. h. sie vermeiden falls möglich hohe Strömungen, die zu einem unkontrollierten Abdriften der Tiere führen. Im Falle der Spülrinne am Schüttentobel dient ein Kunststoffschieber als Aufstau in der Spülrinne, der periodisch (im Zyklus des Rechenreinigers) zum Weitertransport von Rechen- und Treibgut öffnet. Betrachtet man das Strömungsprofil in der Rinne, so ist bei geschlossenem Schieber grundsätzlich nur eine sehr geringe Strömung vorhanden. An der Oberfläche erhöhte sich die Strömungsgeschwindigkeit rapide je weiter man sich der Oberkante des überströmten Schiebers annäherte. Dieses Strömungsprofil spiegelte sich auch im Verhalten der juvenilen Forellen wieder. Sie bewegten sich frei in der Spülrinne und schwammen in der moderaten Strömung am Grund der Rinne in Richtung des Abflussschiebers. Sobald sich die Tiere jedoch Richtung Oberfläche wandten wurden sie durch die rasch ansteigende Abflussgeschwindigkeit zu schnell beschleunigt und schwammen fluchtartig wieder in Richtung Boden. Bei ihrer weiteren Suche nach einem potentiellen Wanderweg schwammen die Tiere nach einiger Zeit wieder aus der Spülrinne heraus und passierten den darunterliegenden Rechen und wurden deshalb auch nur unterhalb der Turbine nachgewiesen. Lediglich größere Forellen (mit deutlich höheren Schwimmleistungen) sprangen bei der Suche nach einem Wanderweg über den Schieber der Spülrinne hinweg und konnten im Fangsack des Bypasses erfasst werden.

Eine Lösung dieses Problems setzt eine konstante gleichmäßige Beschleunigung der Fische in Richtung der Bypassableitung voraus, um Fluchtverhalten auszuschließen. Eine Möglichkeit wäre der Einsatz eines „Federblechs“ zwischen Schieberoberkante und Spülrinnenboden.

In diesem Falle wäre eine langsam steigende Erhöhung der Abflussgeschwindigkeit entlang der schiefen Bodenebene umgesetzt.



Abbildung 84: Schieber der Spülrinne und juvenile Bachforelle am Grund der Spülrinne vor dem Schieber

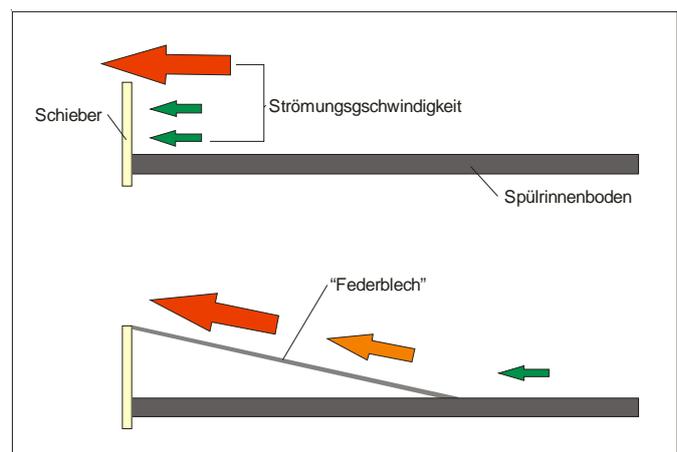


Abbildung 85: Strömungsprofil am Schieber der Spülrinne und Verbesserungsvorschlag mit gleichmässiger Steigerung durch „Federblech“

5.4 Gut platzierte Wanderhilfe

Dass auch bekannte Konzepte wie eine gut platzierte und konzipierte Wanderhilfe zur Vermeidung von Fischschädigung bei der Passage von Wasserkraftanlagen funktionieren, zeigt sich am Beispiel des Rottaler E-Werks. Durch die gute Strömungsanbindung der Wanderhilfe konnten im Untersuchungszeitraum bei der flussabgerichteten Wanderung mehr Fische im Bereich unterhalb der Wanderhilfe als im Bereich unterhalb der Restwasserturbine erfasst werden. Die Bauausführung der Wanderhilfe im Falle des Rottaler E-Werks ist zweigeteilt. In ihrem oberen Teil ist die Wanderhilfe als Umgehungsbach und im unteren Bereich als Vertical-Slot-Fischpass gestaltet. Gerade im naturnahen Umgehungsbachabschnitt konnten bei einer Elektrofischung sehr viele regions-typische, rheophile Fischarten nachgewiesen werden, darunter Schneider, Barbe und auch die Nase (siehe auch Ergebnisteil). Es zeigte sich hier erneut, dass naturnahe Umgehungs-bäche neben ihrer Funktion als Wanderhilfe oft auch die Strukturausstattung ausgebauter Gewässer erhöhen und somit alternativen Lebensraum bieten, können.

Auch der Vertical-Slot-Abschnitt erfüllte seine Funktion als Wanderweg gut. Hier konnten auch bei der Elektrofischung viele Individuen nachgewiesen werden, die sich bei der flussabgerichteten Wanderung befanden (eine Wanderung flussauf war durch die eingesetzte Fangreue technisch nicht möglich).

Es muss darauf hingewiesen werden, dass der vorliegende Bericht nur Aussagen über die untersuchte Restwasserturbine und nicht zur Gesamtanlage geben kann. Im Falle von geringen bis mittleren Abflüssen der Rott wird ein

hoher Anteil der Fische ufernah abwandern und die Anlage auf diesem Weg passieren. Mit zunehmenden Abfluss verliert dieser Wanderweg jedoch an Bedeutung und viele Individuen werden dann über das nunmehr überströmte Wehr oder durch die nicht untersuchte Hauptwasserkraftanlage stromab gelangen.



Abbildung 86: Umgehungsbachabschnitt der Wanderhilfe am Rottaler E-Werk



Abbildung 87: Vertical-Slotabschnitt der Wanderhilfe am Rottaler E-Werk

6 Resumee

Die Förderung der Erneuerbaren Energien durch bundespolitische Programme (Novelle zum Energieeinspeisungsgesetz) einerseits und die Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie im Gewässerschutz andererseits erzeugen im Zuge der Wasserkraftnutzung einen Konflikt den es in den nächsten Jahren zu lösen gilt.

Hier ist vor allem die Gruppe der Wasserkraftnutzer angehalten ihre Anlagen einer ökologischen Überprüfung zugänglich zu machen oder diese selbst durchzuführen und dazu entsprechend den ökologischen Vorgaben zu optimieren. In diese Optimierung von Anlagen, um die unzweifelhaft vorhandenen ökologischen Auswirkungen zu minimieren ist die zweite Gruppe von Gewässernutzern -die Fischerei als Gewässernützer und -schützer mit ihrem Wissen zur Ökologie des Gewässers mit einzubeziehen.

Dieser Bericht soll eine Basis dafür liefern um in diesem Konflikt für beide Seiten akzeptable Lösungen und echte Verbesserungen zu ermöglichen.

Mit erheblichem Arbeitsaufwand wurden fünf Wasserkraftanlagen, nahezu über ganz Bayern verteilt ausgewählt und untersucht. Es wurden insgesamt mehr als 5350 Fische unterschiedlichster Arten und Größen erfasst und ausgewertet. Die gefangenen Arten decken fast das gesamte in Bayern vorkommende Fischartenspektrum ab. Die Daten wurden dabei unter unterschiedlichsten Gewässerbedingungen (Jahreszeit, Abflussverhältnisse ,etc.) erhoben. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen eindeutig, dass es mit vertretbarem Aufwand möglich ist,

Wasserkraftnutzung ökologisch verträglicher zu gestalten. Neue Turbinensysteme, wie die untersuchten Wasserkraftschnecken, stellen bei richtiger Gestaltung ein erheblich verringertes Schadpotential für abwandernde Fische in Aussicht und sollten deshalb auch bevorzugt eingesetzt werden. Auch neue Rechensysteme mit integrierter Fischableitung lassen, optimal eingesetzt, erhebliches Schutzpotential für wandernde Fische erkennen. Entscheidend ist jedoch immer die ortsspezifische Umsetzung im Einzelfall. Wenn ingenieurtechnisches Wissen und gewässerökologische Kompetenz sinnvoll zusammen arbeiten und lokale Bedingungen beachtet werden, kann die ökologische Beeinträchtigung der Gewässern durch die Wasserkraftnutzung erheblich verringert werden.

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Forderungen für eine schadensoptimierte Wasserkraftnutzung ableiten:

- ➔ Detaillierte Analyse der technischen Möglichkeiten am Standort (Technische Daten, Umgebung, Wasserangebot)
- ➔ Detaillierte Berücksichtigung des vorkommenden Fischbestandes (Vorkommen, Zustand der Bestände, Entwicklungspotential)
- ➔ Analyse des ökologischen Gewässerpotentials im Bereich der Wasserkraftanlage (Oberwasser – Unterwasser)
- ➔ Fundierte Begleitung durch Fachleute (ingenieurtechnisch und gewässerökologisch) auch während der Bauphase und bei ersten Betriebserfahrungen

Bei entsprechendem Vorgehen und gewissenhafter Umsetzung der Planungen ist eine verträglichere ökologische Gestaltung der Wasserkraftnutzung an sehr vielen Standorten durchaus realisierbar und auch finanzierbar. Zum jetzigen Zeitpunkt ist es sehr wichtig, ökologische Verbesserungen und deren Wirkung gewissenhaft zu dokumentieren, um aus den daraus gewonnenen Erkenntnissen weiteren Nutzen ziehen zu können. Um dies zu erreichen müssen alle Erfahrungen, sowohl positive als auch negative der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden.

Entscheidend ist eine konstruktive Zusammenarbeit und offene, fachliche Diskussion um gemeinsam einen dauerhaften und nachhaltigen Umgang mit unserer Natur zu ermöglichen.

7 Literaturverzeichnis

- ADAM, B.; SCHWEVERS, U.; DUMONT, U.; (1999): Beiträge zum Schutz abwandernder Fische – Verhaltensbeobachtungen in einem Modellgerinne. Verlag Natur und Wissenschaft, 16.
- Adlmannseder, J.; (1986): Kleinspannungs- Fische-scheuch- und Leitanlagen. Österreichs Fischerei; 39; 8-9; S. 240-246.
- AMARAL, S.V.; WINCHELL, F.C.; COOK, T.C. TAFT, E.P.; (1994): Biological evaluation of a modular inclined screen for protecting fish at water intakes (EPRI Projects RP 2694 – 01).
- BAAR, N.N.; (1903): Ein Beitrag zur Schädigung der Aale durch Turbinen und Mühlräder. Fischereizeitung 6.
- BATES, D.W.; VINSONHALER, R.; (1956): Use of louvers for guiding fish. Transactions of the American Fisheries Society. 86, S. 38 – 57.
- BEGA (2008): <http://www.bega-wasserkraft.de/referenz/referenzkarte.html>
- BERG (1985): Turbinenbedingte Schäden an Fischen / Bericht über Versuche am Laufkraftwerk Neckarzimmern. Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg. Institut für Seenforschung und Fischereiwesen. 25 S.
- BORCHARD, B.; BOSSE, R.; (1995): Elektrische Fischleiteinrichtung , Fischpass und Restwasserfragen am Beispiel des Siegkraftwerks Scheuerfeld. Vortrag Dt. Fischereitag; 1995 in Bautzen 12 S.
- CLAY, C.H.; (1995): Design of fishways and other fish facilities . Ottawa; Canada, Queens Printer, The Department of Fisheries of Canada. 301 S.
- COLLINS, N.H.; (1984): Potential fish mortality associated with hydroelectric turbines. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci; 1256 ; S. 551 – 563.
- COURRET, D.; LARINER, M. (2007): Guide pour la conception de prises d'eau ichthyocompatibles pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport d'avancement GHAAPPE RA.07.02 de novembre 2007 46p. + annexes.
- DBU (2004): Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt Az 16321: Entwicklung und Erprobung eines Feinstrechens für Wasserkraftanlagen.
- DWA THEMEN (2005): Fischschutz und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle – Juli 2005.

DWA THEMEN (2006): Durchgängigkeit von Gewässern für die aquatische Fauna – Internationales DWA Symposium für Wasserwirtschaft – April 2006.

GERHARDT, (1893): Über Aalleitern und Aalpässe. Zeitschrift für Fischerei 1, S.194 – 1999.

GÖHL, C. (2004): Bypasseinrichtungen zum Abstieg von Aalen an Wasserkraftanlagen. In Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München. Nr. 98.

HADDERINGH, R.H.; (1993): Das Wegführen von Aalen von Wassereinlässen von Kraftwerken mittels Licht. 7. SVK Fischereiseminar Bad Godesberg, Januar 1993.

HADDERINGH, R.H.; SMYTHGE, A.G. (1997): Deflecting Eels from power stations with light – Paper presented at fish passage work shop, May 1997 in Milwaukee, 7S.

HANFLAND, S.; BORN, O.; HOLZNER, M.; (2006): Der Rückbau einer Kleinwasserkraftanlage – Untersuchungen über die ökologischen Auswirkungen auf das Gewässer. Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern, Heft 11, Oktober 2006.

HEMSEN, J.; (1960): Fische und Turbinen. Österreichs Fischerei, 3; 10; S. 113 – 122.

HOCHWASSERNACHRICHTENDIENST BAYERN (2008): Abflussangaben für die Standorte aus dem Hochwassernachrichtendienst Bayern / Internetangebot 2008

HÖFER, R.; RIEDMÜLLER, U.; (1996): Fischschäden bei Salmoniden durch Turbinen von Wasserkraftanlagen. Kirchzarten (Gutachten unveröffentlicht). 86 S.

HOLZNER, M. BLANKENBURG D. (2007): Vorversuche zur Eignung horizontaler Rechenanlagen für den Schutz von Fischen an Kraftwerkseinläufen. Unveröffentlichter Forschungsbericht.

HOLZNER, M.; STEIN, H.; (2001): Abwanderung von Fischen durch die Turbinenanlage an der Saubachmündung / Eitting - Landkreis Erding. Interner Forschungsbericht der Technischen Universität München, unveröffentlicht.

HOLZNER, M.; (2000): Neue Versuche zur Schadensminimierung bei der Fischabwanderung im Kraftwerksbereich. SVK Fischereitagung Fulda Künzell 2000.

HOLZNER, M.; (2000): Untersuchungen über die Schädigung von Fischen bei der Passage des Mainkraftwerks Dettelbach. Dissertation an der Technischen Universität München. Institut für Tierwissenschaften.

HOLZNER, M.; (1999): Untersuchungen zur Vermeidung von Fischschäden im Kraftwerksbereich. Bayerns Fischerei und Gewässer , Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern, Heft 1.

IG LAHN (2008): Lineare Durchgängigkeit der Gewässer, Vortagszusammenstellung auf der Internetseite IGLahn.de

IG LAHN (2008): Anforderungen an die Durchgängigkeit der Fließgewässer aus der Sicht der Fischerei., Vortagszusammenstellung auf der Internetseite IGLahn.de

INGENIEURBÜRO FLOCKSMÜHLE (1998) : unveröffentlicht.

KARP, C.A.; HESS, L.; LISTON, C.; (1995): Re-evaluation of louver efficiencies for juvenile Chinook Salmon and striped Bass at the Tracy Fish Collection Facility, Tracy, California; Tracy fish collection studies 3, S 1-32.

LAGARRIGUE, T.; VOEGTLE, B & LASCAUX, JM. (2008): Tests de Evaluation des dommages subis par les juveniles de salmonides et les anguilles argentees en devalaison lors de leur transit a travers le group turbogenerateur VLH – Tests premiminaires 2008 avec de Junglachse de saumon atlalantique. Rapport E.CO.G.E.A. Por F.M.F., 24 p. +annexes.

LAGARRIGUE, T. & LASCAUX, JM. (2007): Tests de Evaluation des dommages subis par les juveniles de salmonides et les anguilles argentees en devalaison lors de leur transit a travers le group turbogenerateur VLH – Tests premiminaires d'avril 2007 avec de Junglachse de saumon atlalantique. Rapport E.CO.G.E.A. Por F.M.F., 14 p. +annexes.

LARINIER, M.; BOYER-BERNARD, S; (1991 A): La dévalaison des smolts de saumon Atlantique au barrage de Poutès sur l'Allier (43): utilisation de lampes a vapeur de mercure. Bull. Fr. Peche Piscic. 323, 129-148.

LARINIER, M.; BOYER-BERNARD, S; (1991 B): Dévalaison des smolts et efficacité d'un exutoire de dévalaison à l'usine hydroélectrique d'Halsou sur la Nive. utilisation de lampes a vapeur de mercure. Bull. Fr. Peche Piscic. 321, 72 - 92.

LECLERC, M.; (2006): Hydroturbine generating set for very low head. Vortrag Hydroenergia 2006.

MATHUR, D.; HEISEY, P.G.; ROBINSON, D.A.; (1994): Turbine – passage mortality of juvenile American shad at a low head hydroelectric dam. Transactions of the American Fisheries Society, 123, 1, S. 108 – 111.

Mc KEE, C.; (1995): Moderne Hydraulik und Biologie: Entwicklung einer fischfreundlichen Turbine. Forum Hydroturbine Group; 3; S. 2-3.

Mc KEE, C.; ROSSI, G.; (1995): Rocky Reach Kaplan Turbines / Development of fish friendly runners. Barcelona / Spain; Hydropower into the next Century; S. 127 – 135.

MONTEN, E.; (1985): Fish and Turbines. Stockholm; Norstedts Tryckeri, 109 S.

NAUMANN, S. UND IGEL, F. (2005): Leitfaden für die Vergütung von Strom aus Wasserkraft, nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz für die Neuerrichtung und Modernisierung von Wasserkraftanlagen. Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Referat Öffentlichkeitsarbeit, 11055 Berlin.

RATHCKE, P.C.: (1993): Untersuchung über die Effektivität der Aalableitung und Feststellung der Fischschäden durch Turbine und Rechen im Wasserkraftwerk Dringenauer Mühle (Bad Pyrmont). Gutachten des Fischereiwissenschaftlichen Untersuchungsdienstes (unveröffentlicht) 29 S.

RATHCKE, P.C.: (1994): Untersuchung über die Schädigung von Fischen durch Turbine und Rechen im Wasserkraftwerk Dringenauer Mühle (Bad Pyrmont) Arbeiten Dtschn. Fischereiverband – Vorträge der Aalkommission in Cuxhafen 1993 S.37-65.

RATHCKE, P.C. ; KUHLMANN, H.; (1994): Untersuchungen über die Schädigung von Fischen durch die Turbine und Rechen im Wasserkraftwerk Dringenauer Mühle (Bad Pyrmont). Arbeiten des Deutschen Fischereiverbands 59; S. 37 – 74.

RATHCKE, P.C.: (1997): Effektivitätsüberprüfung einer neu installierten Aalableitung im Kraftwerk Dringenauer Mühle (Bad Pyrmont). Gutachten des Fischereiwissenschaftlichen Untersuchungsdienstes (unveröffentlicht) 23 S.

RAUK, G.; (1980): Mengen und Arten vernichteter Fische und Krebstiere an den rechen des Einlaufbauwerks im Kernkraftwerk Brunsbüttel, sowie Testversuche zur Reaktion von Fischen auf die Elektroscheuchanlage. Hamburg; Veröff. Inst. f. Küsten- und Binnenfischerei; 71 22S.

RUGGLES, C.P.: A critical review of fish exclusion systems for turbine intakes with particular Reference to a site on the Connecticut River, USA. Proc. of the International Symposium on fishways 1990 in Gifu Japan.

SCHMALZ, W. (2003): Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. Az 15864/01: Untersuchung der Möglichkeiten der Anwendung und Effektivität verschiedener akustischer Scheueinrichtungen zum Schutze der Fischfauna vor Turbinenschäden.

SPÄH, H.; (2001): Fischereibiologische Gutachten zur Fischverträglichkeit der Patent geschützten Wasserkraftschnecke der RITZ-ATRO Pumpwerksbau GmbH. Unveröffentlichtes Gutachten.

TREFETHEN, P.S.; (1968): Fish – Passage – Research, Review of Progress, 1961 – 1966 Washington D.C.; United States Department of the Interior, no. 254; 25 S.

8 Hinweis zu den Rohdaten

Da der Umfang des Tabellenwerks mit den Rohdaten der während der Untersuchung erfassten Fische den Rahmen dieses Berichts deutlich überschreiten würde, liegen die Daten nur digital vor. Diese können auf schriftliche Nachfrage beim Auftraggeber, dem Landesfischereiverband Bayern e.V. angefordert werden.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzip eines Ausleitungskraftwerks	ii
Abbildung 2: Prinzip eines Flusskraftwerks	i
Abbildung 3: Wirkungsweise Horizontal- und Vertikalrechen	iii
Abbildung 4: Längen, Höhen bzw. Dicken Korrelation von untersuchten Bachforellen.	1F
Abbildung 5: Längen, Höhen bzw. Dicken Korrelation von untersuchten Äschen.	1F
Abbildung 6: Horizontale Kaplan-turbine	1ii
Abbildung 7: Francisturbine	1i
Abbildung 8: Durchströmturbine	1i
Abbildung 9: Schneckenturbine in der mittelfränkischen Gugelmühle.	1J
Abbildung 10: Oberschächtiges Wasserrad	20
Abbildung 11: Unterschächtiges Wasserrad	21
Abbildung 12: VHL Turbine - Ansicht von unten aus Leclerc, M. (2006)	21
Abbildung 13: Übersicht der geografischen Lage der untersuchten Standorte.	22
Abbildung 14: Standort Gugelmühle - Kartenausschnitt.	23
Abbildung 15: schematische Anlagenskizze der Gugelmühle	24
Abbildung 16: Rechen und Rechenreiniger an der Gugelmühle / Wörnitz	25
Abbildung 17: Abfluss am Streichwehr der Gugelmühle bei Hochwasser.	25
Abbildung 18: Fangstellen der Hamen, Francisturbine (im Vordergrund) und Schneckenturbine (im Hintergrund tieferliegend) an der Gugelmühle	26
Abbildung 19: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum, Pegel Gerolfingen / Wörnitz unterhalb Wassertrüdingen Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008.	26

Abbildung 20: Standort Schüttentobel - Kartenausschnitt	27
Abbildung 21: schematische Anlagenskizze des Schüttentobel	28
Abbildung 22: Fischpass (Mittellauf)	28
Abbildung 23: Rechen, Rechenreiniger und Spülrinne am Kraftwerk Schüttentobel – Ableitung der Fische durch die Blende nach links.	28
Abbildung 24: Blick auf das Tosbecken und die Resrwasserstrecke, der Wasserstrahl kommt aus der Spülrinne, hinter dem Fotografen mündet auf der rechten Seite die Wanderhilfe in die Argen	29
Abbildung 25: Schüttentobel - Fangstelle unterhalb der Turbine - Flügelreuse zweikehlig mit Haus (10mm Maschenweite im Fangsack).	29
Abbildung 26: Schüttentobel - Fangstelle Bypass (Aufstecknetz 10mm Maschenweite)	29
Abbildung 27: Schüttentobel - Fangstelle Wanderhilfe - Flügelreuse zweikehlig mit Haus.	30
Abbildung 28: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum, Pegel Zwirkenberg / Obere Argen - Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008	30
Abbildung 29: Standort Rottaler E - Werk - Kartenausschnitt	31
Abbildung 30: schematische Anlagenskizze des Rottaler E-Werks	32
Abbildung 31: Fangstelle unterhalb der Restwasserturbine am Rottaler E-Werk.	32
Abbildung 32: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum am Pegel Ruhstorf / Rott - Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008.	32
Abbildung 33: Standort Rödermühle - Kartenausschnitt.	33
Abbildung 34: schematische Anlagenskizze der Rödermühle	34
Abbildung 35: Rechensegment Wasserräder Rödermühle (ca. 30mm).	34
Abbildung 36: Grobrechen Wasserkraftschnecke vertikal ca. 20cm.	34
Abbildung 37: Horizontaler Rechen vor der Wasserkraftschnecke.	34
Abbildung 38: Fangstellen unterhalb der Wasserräder (im Hintergrund) und unterhalb der Wasserkraftschnecke (im Vordergrund) an der Rödermühle	35
Abbildung 39: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum - Pegel Bad Kissingen / Fränkische Saale - Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008	35
Abbildung 40: Standort Muffathalle - Kartenausschnitt	36
Abbildung 41: schematische Anlagenskizze des Muffatkraftwerks	37
Abbildung 42: Unterwasseransicht Muffathalle (links Rechengutklappe - rechts Notschütz)	37
Abbildung 43: Fangstelle unterhalb von Turbine und Bypass an der Muffathalle	38
Abbildung 44: Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum - Pegel der korrespondierenden Isar/Eisbach Himmelreichsbrücke Hochwassernachrichtendienst Bayern 2008	38
Abbildung 45: Aufstecknetz als Fangkorb unter dem Auslauf einer Spülrinne	39
Abbildung 46: Flügelreuse	39
Abbildung 47: Konstruktionsskizzen Hamen und Steertreue	40

Abbildung 48: An der Gugelmühle - Wörnitz - Mittelfranken - festgestelltes Artenspektrum.	44
Abbildung 49: Verteilung der ankommenden Fische auf ihrer Abwanderung auf die beiden Fangstellen (Francisturbine und Wasserkraftschnecke) der Gugelmühle.	45
Abbildung 50: Zustandsverteilung aller festgestellten Fische an den verschiedenen Fangstellen der Gugelmühle.	46
Abbildung 51: Zustand der gefangenen Fische nach Arten nach der Passage der Francisturbine an der Gugelmühle.	47
Abbildung 52: Zustand der gefangenen Fische nach Arten nach der Passage der Wasserkraftschnecke an der Gugelmühle.	47
Abbildung 53: Prozentuale Verteilung der Zustandsbeschreibung passierender Fische an der Francisturbine ab 10 Individuen Stichprobe.	48
Abbildung 54: Prozentuale Verteilung der Zustandsbeschreibung passierender Fische an der Wasserkraftschnecke ab 10 Individuen Stichprobe.	49
Abbildung 55: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Francisturbine (Gugelmühle) aus N= 2376 Individuen	49
Abbildung 56: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Schneckenturbine (Gugelmühle) aus N= 1516 Individuen	50
Abbildung 57: kreisrunde Fleischwunden (Gugelmühle)	50
Abbildung 58: Am Schüttentobel – obere Argen - Schwaben - festgestelltes Artenspektrum.	51
Abbildung 59: Verteilung der ankommenden Fische auf ihrer Abwanderung auf die drei Fangstellen (Francisturbine, Bypass und Fischpass) des Kraftwerks Schüttentobel.	52
Abbildung 60: Zustandsverteilung aller festgestellten Fische an den verschiedenen Fangstellen des Schüttentobel	53
Abbildung 61: Zustand der festgestellten Bachforellen nach der Passage des Kraftwerks Schüttentobel.	54
Abbildung 62: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Turbine (Schüttentobel) aus N= 3 Individuen	54
Abbildung 63: Am Rottaler E - Werk - Rott - Niederbayern festgestelltes Artenspektrum.	55
Abbildung 64: Verteilung der ankommenden Fische auf ihrer Abwanderung auf die beiden Fangstellen (Francisturbine und Fischpass) bzw. die Elektrobefischung des Kraftwerks Rottaler E-Werks.	56
Abbildung 65: Zustandsstatistik aller abgewanderten Fische an Turbine und Wanderhilfe des Rotaler E - Werks.	57
Abbildung 66: Zustand der Fische nach Arten nach Passage der Restwasserturbine am Rottaler E - werk.	58
Abbildung 67: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Restwasserturbine (Rottaler E-Werk) aus N= 89 Individuen	58

Abbildung 68: An der Rödermühle - Fränkische Saale - Unterfranken - festgestelltes Artenspektrum.	59
Abbildung 69: Verteilung der ankommenden Fische auf ihrer Abwanderung auf die beiden Fangstellen (Wasserräder und Wasserkraftschnecke) bzw. auf die Elektrobefischung des Kraftwerks Rödermühle.	60
Abbildung 70: Zustandsverteilung aller festgestellten Fische an den Fangstellen der Rödermühle.	61
Abbildung 71: Prozentuale Verteilung der Zustandsbeschreibung passierender Fische an der Wasserkraftschnecke Rödermühle ab 10 Individuen Stichprobe.	62
Abbildung 72: Prozentuale Verteilung der Zustandsbeschreibung passierender Fische an den Wasserrädern	63
Abbildung 73: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der Schneckenturbine (Rödermühle) aus N= 129 Individuen	64
Abbildung 74: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage der unterschlächtigen Wasserräder (Rödermühle) aus N= 113 Individuen	64
Abbildung 75: scharfkantige Quetschstrieme durch das Schaufelblatt (Rödermühle)	65
Abbildung 76: breite Schürfwunde durch den Betonboden unter dem Wasserrad (Rödermühle)	65
Abbildung 77: An der Muffathalle - Auermühlbach (Isarausleitung) - Oberbayern - festgestelltes Artenspektrum.	66
Abbildung 78: Zustandsstatistik aller abgewanderten Fische unterhalb der Muffathalle.	67
Abbildung 79: Prozentuale Verteilung der Verletzungstypen bei der Passage des Muffatkraftwerks (aus N= 32 Individuen)	68
Abbildung 80: Überblick der Nutzung der Abwanderungswege an den untersuchten Anlagen	69
Abbildung 81: Überblick der Schädigungsraten an den untersuchten Anlagen	70
Abbildung 82: Vollständig ins Unterwasser eingetauchte Wasserkraftschnecke	71
Abbildung 83: Auftauchende erste Schneckenwindung	71
Abbildung 84: Schieber der Spülrinne und juvenile Bachforelle am Grund der Spülrinne vor dem Schieber	73
Abbildung 85: Strömungsprofil am Schieber der Spülrinne und Verbesserungsvorschlag mit gleichmässiger Steigerung durch „Federblech“	73
Abbildung 86: Umgehungsbachabschnitt der Wanderhilfe am Rottaler E-Werk	74
Abbildung 87: Vertical-Slotabschnitt der Wanderhilfe am Rottaler E-Werk	74