# Optimierung von Bypässen für den Fischabstieg

Das Projekt wurde unter dem Az: 26632 – 24/0

von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert

Bearbeiter: Dipl.-Biol. Maria Schmalz

Bewilligungsempfänger: Bauhaus-Universität Weimar

Kooperationspartner: Hydrolabor Schleusingen, IWSÖ GmbH

Projektleitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Kranawettreiser (Bauhaus-Universität Weimar)

Dr.-Ing. Konrad Thürmer (IWSÖ GmbH)

Schleusingen, Februar 2012

Sie können diese Publikation beziehen bei:

IWSÖ GmbH
Hydrolabor Schleusingen
Themarer Str. 16 c
98553 Schleusingen

Tel: 036841-530910
Fax: 036841-530914

06/02

# Projektkennblatt

der

## Deutschen Bundesstiftung Umwelt

| Az | 26632 | Referat | 24/0 | Fördersumme | 96.000 |
|---|---|---|---|---|---|

| | |
|---|---|
| **Antragstitel** | **Optimierung von Bypässen für den Fischabstieg** |
| **Stichworte** | Fischwanderung, Fischabstieg, Wasserkraftanlage, Bypass, |

| Laufzeit | Projektbeginn | Projektende | Projektphase(n) |
|---|---|---|---|
| **18 Monate** | **16.3.2010** | **16.9.2011** | **1** |
| Zwischenberichte | 16.9.10 | 16.3.11 | |

| | | |
|---|---|---|
| **Bewilligungsempfänger** | Bauhaus-UniversitätWeimar<br>Institut für Wasserwesen<br>Marienstr. 13D<br>99423 Weimar | Tel 03643-584480<br>Fax 03643-584484<br>Projektleitung<br>Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Kranawettreiser<br>Bearbeiter<br>Dipl.-Biol. Maria Schmalz |
| **Kooperationspartner** | Institut für Wasserwirtschaft, Siedlungswasserbau und Ökologie GmbH (IWSÖ)<br>Hydrolabor Schleusingen<br>Themarer Str. 16 c<br>98553 Schleusingen<br>Dr. –Ing. Konrad Thürmer | |

### *Zielsetzung und Anlass des Vorhabens*

In Camburg/Döbritschen an der Saale (Thüringen) erfolgten bereits umfassende Untersuchungen hinsichtlich der Restwassermenge und dem Orientierungsverhalten von Fischen im Bereich der Wasserkraftanlage. Diese schlossen Fischauf- und -abstieg und turbinenbedingte Fischschäden einer Kleinwasserkraftanlage ein (Az: 18364/01). Das während dieser Untersuchungen installierte, bodennahe Bypassrohr in der Nähe des Rechens erfüllte die Erwartungen hinsichtlich des Fischabstieges nur teilweise. Im Projekt Az 26632 wird daher an der Optimierung des Fischabstieges gearbeitet. Hierzu wird ein weiteres Abstiegsrohr in mittleren bis oberflächennahen Wasserschichten installiert und beide Rohre hinsichtlich ihrer Fließgeschwindigkeit optimiert. Der Einfluss der ebenfalls rechennah mündenden, zweiten Fischaufstiegsanlage wird in die Untersuchungen einbezogen.

### *Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden*

Das Projekt wird teils parallel zum Projekt Az 18364/02 durchgeführt, da die gleiche Methodik angewendet wird. Über einen Zeitraum von 12 Monaten werden Fischabstiegskontrollen an allen möglichen Abwanderrichtungen im Bereich der Wasserkraftanlage Döbritschen durchgeführt. Es werden folgende Möglichkeiten beprobt: Turbine, Wehr, FAA am Wehr, FAA am Krafthaus, bodennaher Bypass, oberflächennaher Bypass. Die Untersuchungen finden an jeweils 4 Tagen/ 3 Nächten pro Monat während Neumond statt. Die beiden Bypassrohre werden dabei entweder einzeln oder zusammen betrieben. Durch entsprechende Vorrichtungen kann zudem der Sog, den die Öffnungen aufweisen, variiert werden. Jede Variante wird an insgesamt 3 Untersuchungsterminen getestet, um eine ausreichende Datengrundlage zu erhalten.
Während Zeiten mit erhöhtem Fischabstieg wird versucht, das Verhalten von Fischen vor dem Rechen, in der Nähe der Einstiegsöffnungen zu den Bypässen und in den Bypässen unter Freilandbedingungen zu filmen. Dieses Arbeitspaket wird durch einen professionellen Kameramann mit entsprechender Spezialausrüstung (Infrarot-Unterwasserkameras) durchgeführt. Gleichzeitig erfolgt die filmische Dokumentation der weiteren Untersuchungen als ein wichtiger Beitrag für die Öffentlichkeitsarbeit.

***Ergebnisse und Diskussion***

Über einen Untersuchungszeitraum von 12 Monaten (pro Monat 4 Untersuchungstage) konnten 8342 Fische aus 25 Arten erfasst werden. Dabei nutzten der Großteil der Fische den Abstiegsweg über Wehr und Borstenfischpass. Nur 18 % stiegen über die Turbine ab. Bypass und Schlitzpass konnten zusammen nur 3,7 % der Fische ableiten. Der umfangreiche Fischabstieg im Bereich des Wehres wird mit dem Auftreten von Jungfischen erklärt, die aufgrund der Anordnung dieser Abstiegsmöglichkeit bezüglich der Hauptströmung hier problemlos absteigen konnten.

Die geringe Nutzung des Bypasses und des Schlitzpasses ist mit der nicht optimalen Anordnung zu erklären. Bereits ein Verfehlen der Öffnungen um wenige Meter führt dazu, dass Fische diese Möglichkeit nicht mehr erkennen. Aufgrund der relativ großen Stababstände am Rechen (25 mm) führen auf den Rechen treffende Fische keine ausgedehnten Suchbewegungen durch. Sie passieren den Rechen sofort. Ein Einfluss der an der Öffnung herrschenden Strömungsgeschwindigkeit konnte aufgrund der geringen Fangzahlen an dieser Stelle nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Von den Richtung WKA geschwommenen Fischen konnten aber insgesamt 17 % durch diese alternativen Abstiegsmöglichkeiten von der Turbinenpassage abgehalten werden. Der Bypass wurde dabei vor allem von größeren und älteren Tieren genutzt, die die anderen Richtungen kaum aufsuchten.

Es konnte festgestellt werden, dass die bevorzugte Nutzung des Wehres durch Jungfische mit einer Änderung des Betriebsregimes zusammenhing. Während das Wasser bei früheren Untersuchungen über einen Brettüberfall abgegeben wurde und diese Konstellation nicht zum Abstieg genutzt wurde, wählten die Fische bei Wasserabgabe direkt über die Wehrkrone und ohne Überfall diesen Weg bevorzugt.

Die geplanten Filmaufnahmen konnten nicht mit Erfolg durchgeführt werden. Aufgrund der geringen Fischmenge am Bypass gelang es nicht, Fische beim Abstieg zu filmen. Auch am rechen wurden nur 2 Fische erfasst. Am Wehr konnten mehrere Jungfische beim kontrollierten Abstieg über den Wehrrücken erfasst werden.

***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Die Ergebnisse des Projektes wurden auf der Tagung „Fischartenschutz und Gewässerökologie“ in Jena vorgestellt. Eine weitergehende Veröffentlichung erfolgte bisher nicht. Die geplante filmische Dokumentation der Freilandarbeiten und die Verwendung für einen mdr-Filmbeitrag konnte nicht stattfinden, da zum Zeitpunkt der geplanten Aufnahmen die Fangtechnik durch zu hohes Laubaufkommen zerstört wurde. Es wurden jedoch viele Einzelgespräche mit interessierten Gästen des Rastplatzes Döbritschen geführt.

Eine weitergehende Veröffentlichung aller in Döbritschen durchgeführten Untersuchungen ist geplant.

***Fazit***

Die Aufteilung von Fischen im Bereich einer Wasserkraftanlage ist von folgenden Faktoren abhängig: Jungfischaufkommen, Vorhandensein anadromer oder katadromer Arten, großräumige Anordnung der Abstiegsmöglichkeiten bezüglich der Hauptströmung, kleinräumige Anordnung der Ableitungssysteme bezüglich der Lage zum Rechen. Der Einfluss der Fließgeschwindigkeit konnte nicht befriedigend geklärt werden. Das untersuchte Bypasssystem konnte die Erwartungen nur teilweise erfüllen, besitzt aber dennoch eine wichtige Funktion, da hier bevorzugt größere und ältere Fische abstiegen.

## Inhaltsverzeichnis

**Verzeichnis von Abbildungen, Tabellen und Fotos ..... III**
Tabellenverzeichnis ..... III
Abbildungsverzeichnis ..... III
Fotoverzeichnis im Anhang ..... III
**Verzeichnis von Begriffen und Definitionen ..... V**
**Zusammenfassung ..... VII**
**1 Einleitung ..... 1**
1.1 Kenntnisstand zur Fischabwanderung und zu Bypässen ..... 1
1.2 Bisher an der WKA Döbritschen durchgeführte Untersuchungen ..... 4
1.3 Ziele und Vorgehensweise ..... 6
**2 Untersuchungsgebiet ..... 8**
2.1 Die Saale ..... 8
2.2 Der Standort Döbritschen ..... 8
2.2.1 Allgemeine Angaben ..... 8
2.2.2 Borstenfischpass am Wehr ..... 10
2.2.3 Schlitzpass am Krafthaus ..... 10
2.2.4 Fischabstiegsbypass ..... 11
**3 Material und Methoden ..... 14**
3.1 Untersuchung des Fischabstieges mit Netzfangtechnik ..... 14
3.2 Elektrobefischung ..... 17
3.3 Filmaufnahmen ..... 18
**4 Ergebnisse und Diskussion ..... 19**
4.1 Allgemeine Ergebnisse zum Fischabstieg ..... 19
4.2 Aufteilung des Fischabstieges auf die verschiedenen Abwanderrichtungen ..... 22
4.3 Funktionalität der Bypasseinrichtung und des Schlitzpasses ..... 29
4.4 Anmerkungen zur Methodik ..... 34
4.5 Elektrobefischung ..... 35
4.6 Filmaufnahmen ..... 35
4.7 Vergleich mit den Daten 2003 bis 2005 ..... 36
4.8 Öffentlichkeitsarbeit ..... 40
**5 Fazit ..... 41**
**6 Literatur ..... 43**
**7 Danksagung ..... 44**
**Anhang 1: Verzeichnis der gefangenen Fischarten ..... 46**
**Anhang 2: Fotodokumentation ..... 48**

# Verzeichnis von Abbildungen, Tabellen und Fotos

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Variationen des Bypassbetriebes ..... 12
Tab. 2: Untersuchungszeiträume 2009-2011 ..... 14
Tab. 3: untersuchte Variationen des Bypasssystems ..... 16
Tab. 4: während der Abstiegsuntersuchte Fischarten und Anteile am Gesamtfang ..... 19
Tab. 5: Prozentuale Aufteilung ausgewählter, häufigerer Arten auf die verschiedenen Abstiegsrichtungen sowie Jungfischanteil am Gesamtfang der jeweiligen Art ..... 28
Tab. 6: Anteil der Arten am Gesamtfang während der Untersuchungen zum Fischabstieg 2003/2004 und 2009-2011. Gelb hinterlegt sind Arten, die einen Abundanzanteil von mehr als 1 % aufweisen ..... 39
Tab. 7: Lateinische Artnamen der gefangenen Fischarten und Vorkommen ..... 47

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Wasserkraftanlage Döbritschen (Foto: mit freundlicher Genehmigung Falk Fleischer) ..... 9
Abb. 2: Prinzipskizze des Bypasssystems ..... 12
Abb. 3: Möglichkeiten der Fischwanderung am Standort WKA Döbritschen ..... 13
Abb. 4: Verteilung der abwanderndenFische nach Monaten (Summe der Fische pro Untersuchungszeitraum) sowie durchschnittliche Wassertemperatur und Durchfluss ..... 21
Abb. 5: Abwanderungszeiträume der Arten Elritze, Dreistachliger Stichling und Schmerle im Bereich der Wasserkraftanlage Döbritschen. Aufsummierte Fänge pro Untersuchungszeitraum ..... 21
Abb. 6: Verteilung der Fischabwanderung auf die verschiedenen Abstiegsmöglichkeiten im Umfeld der WKA Döbritschen. 22
Abb. 7: Verteilung der Fischabwanderung pro Untersuchungszeitraum auf die verschiedenen Abstiegsmöglichkeiten im Umfeld der WKA Döbritschen, ..... 23
Abb. 8: Aufteilung der Fischabwanderung (ohne smolts) bei der Untersuchung der WKA Müden/Dieckhorst im Frühjahr 2004. Daten nach [LR06] n= 1834 ..... 24
Abb. 9: Aufteilung der Fischabwanderung an der Wasserkraftanlage Walkmühle/Meiningen 2009/2010 n=816, Daten nach [Sch10] ..... 24
Abb. 10: Wege der Hauptströmung im Bereich der WKA Döbritschen (Foto: F. Fleischer) ..... 25
Abb. 11: Verteilung des Durchflusses der Saale auf die verschiedenen Abflussmöglichkeiten im Bereich der WKA Döbritschen bei niedrigem und erhöhtem Abfluss ..... 26
Abb. 12: Median der Körperlänge aller abgewanderten Fische getrenntnach Abwanderrichtung (n=8342) ..... 27
Abb. 13: Körperlänge der über die verschiedenen Abwanderrichtungen abgestiegenen Fische ..... 28
Abb. 14: Anteil der Fischarten am Gesamtfang im Bypasssystem (n=137) ..... 30
Abb. 15: Anteil der Fischarten am Gesamtfang im Schlitzpass (n=190) ..... 30
Abb. 16: Anzahl der Fische pro zwölfstündigem Untersuchungsintervall, Nutzung der unterschiedlichen Varianten des Bypasssystems und des Schlitzpasses. Fehlerbalken: Standardabweichung ..... 31
Abb. 17: Anteil am Gesamtfang der über den Schlitzpass und den Bypass abgewanderten Fische pro Untersuchungszeitraum ..... 31
Abb. 18: Verteilung der Fischabwanderung im Bereich des Turbineneinganges pro Untersuchungszeitraum ..... 32
Abb. 19: Verteilung der Fischabwanderung im Bereich der Wasserkraftanlage Döbritschen im Jahr 2005 (n= 635) ..... 37
Abb. 20: Restwasserabgabe währen der Untersuchungen 2005 (Grafik: Längsschnitt) ..... 37
Abb. 21: Restwasserabgabe währen der Untersuchungen 2009-2011 (Grafik: Längsschnitt) ..... 38

## Fotoverzeichnis im Anhang

Foto 1: Gebäude der Wasserkraftanlage Döbritschen vom Oberwasser aus gesehen ..... 50
Foto 2: Rechenanlage der WKA Döbritschen ..... 50
Foto 3: Rechen mit Rechenreiniger ..... 51
Foto 4: Wehr der WKA Döbritschen, am rechtsseitigen Ufer befindet sich der Borstenfischpass ..... 51
Foto 5: Betonwehr mit Bretteraufsatz, Blick Richtung Wasserkraftanlage ..... 52
Foto 6: geöffnetes Nadelwehr ..... 52
Foto 7: Blick auf das Wehr und den oberen Teil des Mutterbettes ..... 53
Foto 8: Blick auf das Mutterbett nach flussab ..... 53
Foto 9: Turbinenkanal, Turbulenzzone unterhalb des Wasseraustritts ..... 54
Foto 10: Vereinigte Saale, Blick nach flussab ..... 54
Foto 11: geöffnetes Wehrfeld für die Restwasserabgabe ..... 55
Foto 12: Verstärkung der Leitströmung des Borstenfischpasses(rechts) durch die Restwasserabgabe ..... 55
Foto 13: Borstenfischpass in Betrieb ..... 56
Foto 14: Schlitzpass ..... 57
Foto 15: Auslauf des Schlitzpass in den Turbinenkanal ..... 57

Foto 16: Sichtscheibe des Schlitzpasses ..... 58
Foto 17: Einlauf des Schlitzpasses ..... 58
Foto 18: Einbau des bodennahen Bypassrohres in das Schütz des Leerschusses 2005 ..... 59
Foto 19: Bypassrohr im Leerschusskanal ..... 59
Foto 20: Bypass in Betrieb ..... 60
Foto 21: Einbau des mittleren Bypassrohres und Erneuerung des Schützes ..... 60
Foto 22: Die Öffnungen des Bypasssystems können separat mit Schiebern verschlossen werden. Zu sehen ist auch die Befestigungsschiene für die Kameratechnik ..... 61
Foto 23: Einsetzen des Schützes ..... 62
Foto 24: Auslaufbereich des Freischusskanals ..... 63
Foto 25: mittlere Öffnung in Betrieb ..... 63
Foto 26: beide Bypassöffnungen in Betrieb ..... 64
Foto 27: Installation des unteren Rohres des bodennahen Bypassystems ..... 64
Foto 28: Betrieb des mittleren Rohres des bodennahen Bypasssystems ..... 65
Foto 29: Überströmung des Freischussschützes ..... 65
Foto 30: Hamen vor dem Einsatz ..... 66
Foto 31: Hamen an die Seite gezogen ..... 66
Foto 32:Steertreuse mit Mörtelkübel ..... 67
Foto 33: Hamen aufgespannt. Die gelbe Boje markiert des Ende des Hamens ..... 67
Foto 34: Hamen aufgespannt vom Oberwasser aus gesehen ..... 68
Foto 35: Heben der Steertreuse für die Leerung ..... 68
Foto 36: Leeren des Mörtelkübels mit Laub und Fischen ..... 69
Foto 37: Aussortieren des Materials ..... 69
Foto 38: Reuse im Schlitzpass ..... 70
Foto 39: Leerung der Reuse des Borstenfischpasses ..... 70
Foto 40: Unter dem Brett befindet sich die Reuse für die Erfassung des Bypassabstieges ..... 71
Foto 41: Reuse am Wehr ..... 71
Foto 42: Messung der Sichttiefe ..... 72
Foto 43: Schaltschrank in der WKA Döbritschen ..... 72
Foto 44: Verpilzte Elritze ..... 73
Foto 45: Aufbau für die Überwachung des Bypasses mit Kameratechnik ..... 73
Foto 46: Kamera mit Infrarotstrahler ..... 74
Foto 47: Kameratechnik vor dem Einsatz am Bypass ..... 74
Foto 48: Einsatz der Kameratechnik am Wehr ..... 75
Foto 49: Filmaufnahmen am Wehr ..... 75
Foto 50: Jungfische (Gründlinge) im Juli 2011 ..... 76
Foto 51: Wasserabgabe über das Wehr bei Durchflüssen, die über das Schluckvermögen der Turbine hinausgehen ..... 76
Foto 52: Wasserabgabe über die mittleren Wehrfelder ..... 77
Foto 53: Sohlverhältnisse am Wehr bei abgelassenem Stauraum ..... 77
Foto 54: im Hamen gefangener, unverletzter Aal ..... 78
Foto 55: absteigender Fisch im Bereich des Wehres (Pfeil) ..... 78
Foto 56: Fisch nähert sich dem Rechen ..... 79
Foto 57: Filmaufnahmen des Bypasses mit einschwimmendem Blatt ..... 79
Foto 58: Zerstörung der Fangtechnik durch zu hohes Laubaufkommen ..... 80
Foto 59: gebrochener Träger der Hamenbefestigung ..... 80
Foto 60: Interessierte Gäste ..... 81

## Verzeichnis von Begriffen und Definitionen

**Abiotische Faktoren:** chemische und physikalische Faktoren, die auf die Organismen einwirken

**Abundanz:** Anzahl der Individuen pro Fläche

**Adult:** erwachsen bzw. geschlechtsreif

**Anadrom**: Fischarten, die zur Eiablage aus dem Meer in Fließgewässer ziehen

**Ausleitungskraftwerk**: Kraftwerk, welches über einen Mühlgraben Wasser zur Energieerzeugung ausleitet

**Ausleitungsstrecke**: auch Mutterbett; ehemaliges Gewässerbett, dem Wasser über einen Mühlgraben entzogen wird

**Epipotamal**: Barbenregion

**Eurytop**: unspezifisches Verhalten gegenüber Strömung oder Habitaten

**FAA**: Fischaufstiegsanlage

**FKP**: Fisch-Kanu-Pass

**Freischuss bzw. Freischusskanal**: Kanal im unmittelbaren Bereich vor der WKA, über welchen der Stauraum mittels Öffnen des Schützes abgelassen werden kann – wird auch im Hochwasserfall zur zusätzlichen Entlastung geöffnet.

**Habitat**: Lebensraum einer Art bzw. eines Organismus

**Hamen**: Fischfangeinrichtung, welche durch strömendes Wasser offen (fängig) gehalten wird

**Invertebraten**: wirbellose Organismen

**Juvenil**: nicht geschlechtsreif

**Kehle**: Netztrichter in einer Reuse, der das Entweichen der gefangenen Fische verhindert. In Reusen sind oft mehrere Kehlen hintereinander angeordnet, so dass sich mehrere Kammern ergeben.

**Laichhabitat**: Lebensraum, der zur Eiablage aufgesucht wird

**Makrozoobenthos**: mit bloßem Auge erkennbare wirbellose Organismen, die den Gewässerboden besiedeln

**Migration**: mehr oder weniger gerichtete Wanderung

**MHQ**: mittlerer Hochwasserabfluss; mittlerer oberer Grenzwert der Abflüsse, arithmetisches Mittel der oberen Grenzwerte mehrerer gleichartiger Zeitabschnitte

**MNQ**: mittlerer Niedrigwasserabfluss; mittlerer unterer Grenzwert der Abflüsse, arithmetisches Mittel der unteren Grenzwerte in mehreren gleichartigen Zeitabschnitten

**MQ**: mittlerer Abfluss, arithmetisches Mittel der Abflüsse im betrachteten Zeitraum

**Mühlgraben**: über den Mühlgraben wird Wasser zur WKA zur Energiegewinnung ausgeleitet

**Mutterbett**: siehe Ausleitungsstrecke

**Oberwasser**: Teil des Gewässers, der sich oberhalb eines Querbauwerkes (z. B. Wehr) befindet

**Ponton**: (frz. »Brückenboot«), schwimmende Arbeitsplattform

**Prädation**: Räuberdruck

**Restwassermenge**: auch Mindestwassermenge; Wassermenge, die über das Wehr abgegeben wird und nicht zur Energieerzeugung genutzt werden kann

**Reuse**: Netzschlauch mit eingebauten Kehlen zum Fang von Fischen

**Rheophil**: strömungsliebend, bevorzugt schnell strömende Bereiche

**Reproduktion**: Vermehrung

**Schütz**: Konstruktionselement zum Absperren und Aufstauen von Wasser in Wehranlagen, Talsperren und Wasserkraftanlagen, bestehend aus Stautafeln, die in seitlichen Führungsnuten gelagert sind

**Schwalgreuse**: Reuse mit durch Vorbau (Schwalg) erweitertem Reuseneingang

**Stagnophil**: ruhigwasserliebend

**Steert**: der Reusensteert ist die letzte Fangkammer in einer Reuse

**Steertreuse**: am Ende des Hamens angebrachte Reuse

**Triebwerkskanal**: siehe Mühlgraben

**Turbinenkanal**: Kanal, der das Wasser von den Turbinen kommend flussabwärts abführt

**Unterwasser**: Teil des Gewässers, der sich unterhalb eines Querbauwerkes (z. B. Wehr) befindet

**WKA**: Wasserkraftanlage

## Zusammenfassung

Um ein einfaches, nachgerüstetes Bypasssystem zu untersuchen und zu optimieren, wurden zwischen 2009 und 2011 Fischabstiegsuntersuchungen an der Wasserkraftanlage Döbritschen an der Saale durchgeführt. Diese WKA ist ein Ausleitungskraftwerk. Abwandernde Fische können auf fünf verschiedenen Wegen in das Unterwasser gelangen: über die Turbine, über einen rechennah endenden Schlitzpass, über ein Bypassystem mit bodennaher und mittlerer Öffnung, über die Restwasserabgabe am Wehr und über einen am Wehr installierten Borstenfischpass, Das Bypasssystem konnte hinsichtlich der Wahl der Wasserschicht und der an der Öffnung auftretenden Fließgeschwindigkeit variiert werden.

Über einen Untersuchungszeitraum von 12 Monaten (pro Monat 4 Untersuchungstage) konnten 8342 Fische aus 25 Arten erfasst werden. Dabei nutzten der Großteil der Fische den Abstiegsweg über Wehr und Borstenfischpass. Nur 18 % stiegen über die Turbine ab. Bypass und Schlitzpass konnten zusammen 3,7 % der Fische ableiten. Der umfangreiche Fischabstieg im Bereich des Wehres wird mit dem Auftreten von Jungfischen erklärt, die aufgrund der Anordnung dieser Abstiegsmöglichkeit bezüglich der Hauptströmung hier problemlos absteigen konnten.

Die geringe Nutzung des Bypasses und des Schlitzpasses ist mit der nicht optimalen Anordnung zu erklären. Ein Einfluss der an der Öffnung herrschenden Strömungsgeschwindigkeit konnte aufgrund der geringen Fangzahlen an dieser Stelle nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Von den Richtung WKA geschwommenen Fischen konnten aber insgesamt 17 % durch diese alternativen Abstiegsmöglichkeiten von der Turbinenpassage abgehalten werden.

Es konnte festgestellt werden, dass die bevorzugte Nutzung des Wehres durch Jungfische mit einer Änderung des Betriebsregimes zusammenhing. Während das Wasser bei früheren Untersuchungen über einen Brettüberfall abgegeben wurde und diese Konstellation nicht zum Abstieg genutzt wurde, wählten die Fische bei Wasserabgabe direkt über die Wehrkrone und ohne Überfall diesen Weg bevorzugt.

Obwohl der Bypass nur geringe Fischmengen ableiten konnte, wird der Betrieb weiterhin empfohlen. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Standorte ist gegeben. Es sollte aber immer im Einzelfall eine möglichst optimale Anordnung der Abstiegsmöglichkeiten geprüft werden.

# 1 Einleitung

Es herrscht weitgehend Konsens über die Notwendigkeit der Erzeugung regenerativer Energie zur Deckung des Energiebedarfs der Zukunft. Die Wasserkraft ist eine der Energieerzeugungsarten, die auf eine jahrhundertealte Tradition zurückblickt und auch in heutiger Zeit eine wichtige Rolle spielt. In Deutschland gibt es derzeit ca. 7700 Wasserkraftanlagen, davon sind ca. 7300 mit einer installierten Leistung unter 1 MW als Klein- und Kleinstwasserkraftanlagen zu bezeichnen [BMU09]. Letztgenannte befinden sich überwiegend an kleinen und mittleren Gewässern. Die Auswirkungen der Nutzung der Wasserkraft auf das Ökosystem sind bereits seit langem bekannt und rufen häufig Konflikte hervor. Die Beeinträchtigungen erstrecken sich vor allem auf strukturelle und funktionelle ökosystemare Ebenen.

Hauptsächlich handelt es sich um vier Teilaspekte:

- den Aufstau des Fließgewässers und die daraus resultierende strukturelle, chemische und faunistische und floristische Beeinflussung des Oberwassers,
- die Verhinderung der aufwärtsgerichteten Wanderung von Organismen durch das Querbauwerk (besonders kritisch für weit wandernde Fischarten),
- der erhebliche Entzug von Wasser aus dem ursprünglichen Flussbett für die Wasserkraftnutzung (bei Ausleitungskraftwerken) und
- die Beeinträchtigung der abwärtsgerichteten Wanderung durch Fallhöhen und/oder Turbinen von Wasserkraftanlagen mit der Gefahr der Schädigung von Fischen.

Der letztgenannte Aspekt, vor allem die Fischabwanderung durch ein installiertes Bypasssystem soll im vorliegenden Bericht genauer untersucht werden.

## 1.1 Kenntnisstand zur Fischabwanderung und zu Bypässen

Die Erkenntnis, dass Fische beim Abstieg an Wasserkraftanlagen gefährdet sind, ist schon recht alt. Während in Nordamerika und teilweise auch in Europa schon länger große Anstrengungen unternommen werden, um insbesondere abwandernden anadromen Salmoniden-smolts den Abstieg zu ermöglichen, werden in Deutschland vor dem Hintergrund der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie erst seit wenigen Jahren verstärkte Anstrengungen hierzu unternommen. Fischschutzanlagen (mit mehr oder weniger guter Funktionalität) waren bisher vor allem in Form von Rechenanlagen mit einem in den deutschen Fischereigesetzen meist geforderten Stababstand von 20 mm weit verbreitet. Dabei wurde meist nicht bedacht, dass

1. die hauptsächlich abwandernden Altersstadien einen 20 mm Rechen meist problemlos passieren können und somit die Turbine durchqueren müssen und
2. Fische, die den Rechen nicht passieren (können), oft keine andere Möglichkeit der Abwanderung haben.

Zum Fischabstieg gehören daher immer 2 Komponenten:

- Wirksame Fischschutzeinrichtungen, um gefährliche Bereiche zu vermeiden und
- Geeignete Abstiegsanlagen, die die gefährlichen Bereiche umgehen.

Im ATV-DVWK-Merkblatt [ATV04] wird das Problem der Fischabwanderung ausführlich beschrieben und Lösungsbeispiele vorgestellt. Allerdings sind auch in diesem in Deutschland bisher umfangreichsten Werk zu diesem Thema keine allgemeingültigen Gestaltungsvorschriften enthalten. Weitere umfassende Zusammenfassung sind in [Flo05] zu finden.

Zum Schutz von Fischen vor dem Einschwimmen in gefährliche Bereiche gibt es eine Vielzahl an verschiedenen mechanischen, elektrischen, akustischen oder optischen Vorrichtungen. Noch sind viele in Deutschland existierende Anlagen Einzelfallanpassungen, die manchmal eher aus baulichen Zwängen bei der Nachrüstung bestehender WKA entstanden als aus fischökologischen Überlegungen.

Häufig werden vor allem die oberflächennah abwandernden Salmoniden-smolts berücksichtigt. In den USA werden meist großzügig dimensionierte Bypasssysteme mit Öffnungen nahe der Wasseroberfläche installiert. Der Durchfluss wird hier mit 2-10% des Turbinendurchflusses angegeben [ATV04]. Bei vielen bisher in Deutschland durchgeführten Untersuchungen ist eine der Hauptzielarten der Aal. Dieser wandert nach Ansicht der meisten Autoren bodennah ab. Nach Laboruntersuchungen von GÖHL [Göh04] leiten bodennahe Einbauten vor dem Rechen Aale relativ zuverlässig zum Bypass hin. Bei diesen Versuchen stellte sich heraus, dass das Bypassrohr keine Sogwirkung erzeugen durfte, da dies eine Fluchtreaktion der Aale auslöste. Zu den gleichen Ergebnissen kommt Hassinger [HH09], der ein speziell konstruiertes Aalabstiegsrohr mit sehr geringem Sog konstruierte. Erste Ergebnisse einer Pilotanlage sprechen für eine gute Annahme durch Aale (Krätz mdl.). Dennoch gibt es auch widersprüchliche Befunde. Eine Untersuchung an der Emmer ergab einen höheren Anteil an abwandernden Aalen in einem oberflächennahen Fluchtrohr als im bodennah orientierten [LR06]. Ob dies ein Effekt, der hier möglicherweise geringeren Strömungs-geschwindigkeiten war, kann nicht beurteilt werden. Auch andere Fischarten, außer der Plötze, bevorzugten bei diesen Untersuchungen offenbar das oberflächennah angeordnete Fluchtrohr. RATHKE [Rat05] bezweifelt, dass sich Aale bei der Hauptwanderung bodennah orientieren. Er geht davon aus, dass sie in der Hauptströmung und in allen Wasserschichten stattfindet. An der Oker durchgeführte Untersuchungen scheinen dies zu bestätigen.

Bei Untersuchungen von Schmalz [Sch10] an einer WKA an der Werra wurde die bodennahe Abstiegsöffnung mit hoher Fließgeschwindigkeit von allen Fischarten gemieden und die etwas weiter entfernte Öffnung der Fischaufstiegsanlage mit geringeren Fließgeschwindigkeiten aufgesucht.

Welche Fließgeschwindigkeit in einem Bypass herrschen darf oder muss, ist demnach nicht eindeutig zu beantworten. Nach Auffassung von GÖHL [Göh04] darf keine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit

auftreten, da dies unbedingt zum Fluchtverhalten führen würde. Diese Ergebnisse werden von Blasel [Bla11] durch Beobachtungen an smolts bestätigt. Bei den oben aufgeführten Untersuchungen an der Oker [Rat05] herrschte eine Fließgeschwindigkeit von 4,75 m/s, was offenbar kein Meideverhalten hervorrief. Einigkeit herrscht lediglich darüber, dass eine Geschwindigkeit von 12 m/s nicht überschritten werden darf und das Entlassen der Fische ins Unterwasser mit einem ausreichenden Wasserpolster sowie am günstigsten im freien Fall zu erfolgen hat [ATV04].
Es ist herauszustellen, dass es bisher vor allem potamodrome Fischarten keine klaren Erkenntnis über die Wahl der Wasserschicht zum abwandern bzw. die notwendigen Strömungsverhältnisse gibt.

In den letzten Jahren werden verstärkt Feinrechen mit geringerem Stababstand (10-15 mm), alternative Rechentypen, verschiedene Rechenstellungen oder potenziell fischfreundliche Turbinen eingebaut. Hier sind zu nennen:

- Das Fischschutz- und Abstiegssystem nach Gluch [Glu07],
- Der Rollrechen in Hadamar/Elbbach [HDT08]
- Der Rollrechen in Steinach/Kinzig [Bla11]
- Einbau horizontaler Feinrechen (wird mittlerweile sehr häufig durchgeführt)
- Überströmte Kraftwerke (z. B. die Pilotanlage in Bad Sulza/Ilm) [Rot09]
- Aalabstieg und Fischschutzsystem nach Hassinger [HH09]
- Einbau von Wasserkraftschnecken (z. B. in Meiningen/Werra) [Sch10]

Einige dieser Anlagen eigen sich zur Nachrüstung an bestehenden WKA, meist ist aber der komplette Neubau der Rechen-und Bypassanlage nötig.
Eine große Einschränkung der meisten Freilanduntersuchungsergebnisse an Fischschutzanlagen und Bypässen ist weiterhin die Tatsache, dass nicht alle möglichen Abwanderrichtungen beprobt wurden bzw. werden konnten. Bisher sind überwiegend Untersuchungen veröffentlicht worden, die entweder im Labor gewonnen wurden oder nur die Abstiegseinrichtungen beprobten. Die Effizienz eines Bypasssystemes kann jedoch nur im Vergleich mit ALLEN anderen möglichen Abwanderrichtungen, insbesondere der Abwanderung durch die Turbine beurteilt werden.
Viele Erkenntnisse über das Verhalten vor Barrieren oder Bypassrohren sind unter Laborbedingungen gewonnen worden. Eine Beeinflussung der Versuchstiere durch diese Bedingungen ist anzunehmen. Das Verhalten unter Freilandbedingungen bei der Annäherung an Rechen oder Bypasseinläufe wird erst in letzter Zeit durch Nutzung der „Echolotkamera“ DIDSON (Dual Frequency Identification Sonar) besser beschrieben. Allerdings kann diese Untersuchungsmethodik Fische erst ab einer Körperlänge von 10 cm zuverlässig abbilden.
Die meisten bisher in Deutschland im Zuge des Neu- oder Umbaus von WKA errichteten Fischabstiegsanlagen befinden sich noch in der Erprobungsphase. Bei vielen Altanlagen ist es aus

baulichen und/oder finanziellen Gründen häufig nicht realisierbar, einen neuen Rechen oder eine neue, komplette Fischschutzeinrichtung zu installieren.

## 1.2 Bisher an der WKA Döbritschen durchgeführte Untersuchungen

Die Auswirkungen und Möglichkeiten der ökologischen Verbesserungen an einem Wasserkraftstandort wurden seit 2003 in dem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt „Durchführung systematischer Untersuchungen zur Konzeption funktionsgerechter Wanderhilfen im Bereich von Wasserkraftanlagen am Beispiel der WKA Camburg/Döbritschen (Thüringen)“ Az 18364 01+02 untersucht.

Ausgangspunkt des Projektes waren Unstimmigkeiten zwischen dem Betreiber der Wasserkraftanlage Döbritschen und der Wasserbehörde des Landes Thüringen. Durch eine Veränderung im Wasserrecht der Anlage war die Forderung nach der ökologischen Durchgängigkeit (die zu diesem Zeitpunkt noch nicht gegeben war) aufgestellt worden. Die Behörde forderte eine Fischaufstiegsanlage am Krafthaus, während der Betreiber eine Anlage am Wehr errichten wollte. Es gab kaum Forschungsarbeiten, die sich mit der Wahl der Fische zwischen zwei potenziellen Wandermöglichkeiten und dem Umorientierungsverhalten beschäftigten. Daher wurde ein Antrag an die DBU gestellt, diesen Aspekt und weitere ökologische Parameter, die durch Wasserkraftanlagen beeinflusst werden, durch ein umfangreiches Forschungsprojekt zu untersuchen. Es wurde entschieden, im Rahmen der Projektphase 1 zuerst eine Fischwanderhilfe am Wehr zu errichten. Sollte sich herausstellen, dass diese nicht für die Gewährleistung der optimalen Durchgängigkeit ausreicht, sollte mit Projektphase 2 der Bau einer zweiten Fischaufstiegsanlage am Krafthaus folgen. In beiden Projektphasen wurden zudem weitere Parameter einer detaillierten Untersuchung unterzogen.

Für das 2003 bis 2020 durchgeführte Projekt mit 2 Phasen sind zwei ausführliche Berichte erschienen [SS07, Sch11], dessen Ergebnisse im Folgenden kurz dargestellt werden.

In der ersten Projektphase wurden vor allem die Aspekte

- Fischabstieg im Bereich der Wasserkraftanlage und Fischschäden durch die Turbinen,
- Ökologisch begründete Mindestwasseranforderungen sowie
- Fischaufstieg unter Beachtung der Fähigkeit zur Umorientierung sowie Notwendigkeit von ein oder zwei Fischaufstiegsanlagen untersucht.

Über einen Untersuchungszeitraum von einem Jahr (2003 bis 2004) wurden die Fischschäden quantifiziert. Hierfür wurde jeden Monat eine viertägige Untersuchungseinheit durchgeführt, bei der mittels Hamenfängen hinter der Turbine alle absteigenden Fische erfasst wurden. Die Tiere wurden auf Verletzungen untersucht und ein bis drei weitere Tage gehältert, um Spätfolgen zu untersuchen. Es stellte sich heraus, dass die langsam drehenden Francisturbinen der Wasserkraftanlage

Döbritschen eine relativ geringe letale Schädigungsrate von 8,7 % hervorriefen. 79 % der Fische absolvierten die Turbinenpassage unverletzt. In diese Untersuchungen wurden mehr als 9.000 Fische, die Hälfte des Gesamtfanges der durch die Turbinen während 36 Untersuchungsnächten abgestiegenen Fische, einbezogen.

Um abwandernden Fischen eine alternative Abstiegsmöglichkeit anzubieten, wurde bereits 2005 ein bodennahes Bypasssystem installiert, dessen Wirksamkeit jedoch nicht für die Ableitung eines Großteils der Fische ausreichte. In den 2005 und 2006 hierfür durchgeführten Untersuchungen nutzten durchschnittlich 10 % der insgesamt abgestiegenen Fische den Bypass.

Die Auswirkungen unterschiedlicher Mindestwassermengen auf Fisch- und Makrozoobenthos-lebensräume wurden mit Hilfe zwei verschiedener Methoden (LAWA-Arbeitshilfe und CASIMIR-Programm) untersucht bzw. simuliert. Hierfür wurde eine Geländeaufnahme des Mutterbettes durchgeführt, Strömungsgeschwindigkeiten gemessen sowie die Fisch- und Makrozoobenthosbesiedlung zu verschiedenen Zeitpunkten erfasst. Es stellte sich heraus, dass die rheophilen Leitarten der Region (vor allem Barbe) erst mit einer Mindestwassermenge von ca. 10 $m^3/s$ (1/3 MQ) adäquate Habitatverhältnisse im Mutterbett vorfinden würden. Die Abgabe dieser Wassermenge ist jedoch aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich. Behördlicherseits war eine Restwassermenge von 3,1 $m^3/s$ festgesetzt worden. Diese Menge war jedoch ökologisch wirkungslos, weil sie weder den rheophilen Leitarten noch den vorkommenden stagnophilen Kleinfischarten bzw. Jungfischen verbesserte Habitateigenschaften bot. Letztendlich wurde der Behörde die Abgabe einer Restwassermenge von 1,8 $m^3/s$ vorgeschlagen, da hiermit eine Förderung von Klein- und Jungfischen ermöglicht wurde. Die Behörde folgte diesem Vorschlag. Ein sommerliches zu starkes Erwärmen des Wassers im Mutterbett konnte nicht festgestellt werden, da das Wasservolumen aufgrund großer Wassertiefen sehr groß ist und zudem Quelleinspeisungen im Uferbereich auftreten.

Während der Projektlaufzeit wurde am Wehr eine Fischaufstiegsanlage (Fisch-Kanu-Pass oder Borstenfischpass) errichtet, die 2005 und 2006 hinsichtlich ihrer Funktion für den Fischaufstieg untersucht wurde. Gleichzeitig wurden in Richtung der Turbinen eingeschwommene Fische mit Elektrobefischungen gefangen und markiert. So sollte überprüft werden, ob sich die vor der Turbine anstehenden Fische umorientieren können und den Weg durch die Mindestwasserstrecke Richtung Fischaufstiegsanlage am Wehr finden. Der Fischaufstieg war für alle im Mutterbett lebenden oder hier einschwimmenden Fische gut passierbar. Es wurden über 5 Monate hinweg mehr als 5600 aufsteigende Fische aus 14 Arten registriert. Es konnte keine Arten- und Größenselektivität festgestellt werden. Die in den Turbinenkanal eingeschwommenen und dort markierten Fische zeigten kein Umorientierungsverhalten. Von diesen Tieren wurde nur ein einziges später in der Reuse des Fisch-Kanupasses gefangen. Dem Großteil der „falsch“ eingeschwommenen Fische war es also nicht gelungen, den Weg in das Mutterbett und die dort installierte Aufstiegsmöglichkeit zu finden.

Es handelte sich dabei überwiegend um rheophile Fischarten, die der stärkeren Strömung gefolgt waren und denen dann keine Möglichkeit zum Aufstieg zur Verfügung stand.

Im Ergebnis der Untersuchungen zum Fischaufstieg stellte sich die Errichtung einer zweiten Fischaufstiegsanlage als zwingend heraus, um allen aufstiegswilligen Fischen die Passage zu ermöglichen. Die Anlage, ein zwischen Turbinenkanal und Oberwasser errichteter Schlitzpass, wurde 2009 errichtet und 2009/2010 einer fünfmonatigen Kontrolle unterzogen. Zeitgleich erfolgte die nochmalige Kontrolle des Borstenfischpasses. Bei den Untersuchungen stelle sich heraus, dass, wie erwartet, vor allem rheophile Fische den neu errichteten Fischpass nutzten. Allerdings stiegen hier nur ca. 25% der Fische auf. 75 % der aufgestiegenen Tiere, überwiegend eurytope nutzten den Weg über das Mutterbett und den Borstenfischpass. Diese Ergebnisse zeigten deutlich die Notwendigkeit von 2 Fischaufstiegsanlagen bei Ausleitungskraftwerken.

Der Schlitzpass endet im Oberwasser rechennah. Daher war auch die eine stichprobenartige Erfassung des Fischabstieges bereits Bestandteil dieser Projektphase. Es konnte festgestellt werden, dass der Schlitzpass prinzipiell durch absteigende Fische angenommen worden war.

Um eine umfassende Kontrolle des Fischabstieges unter Einbeziehung des Schlitzpasses und des bereits 2005 errichteten Bypasses zu ermöglichen, wurde das vorliegende Projekt durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert.

### 1.3 Ziele und Vorgehensweise

Das Ziel der beantragten Untersuchungen ist die Weiterentwicklung und Optimierung des einfachen Bypasssystems, dass sich für die einfache und kostengünstige Nachrüstung an bestehenden WKA eignet.

Um einen Beitrag zur praxisorientierten Weiterentwicklung von Bypässen zu leisten und weitere wichtige Erkenntnisse zum Verhalten insbesondere potamodromer Fische bei der Abwanderung zu gewinnen, sollte an der WKA Döbritschen der gesamte Fischabstieg über einen längeren Zeitraum untersucht werden.

Bezogen auf das Bypasssystem sollten speziell die Aspekte

- Wahl der Wasserschicht,
- Strömungsgeschwindigkeit vor der Einschwimmöffnung und
- Verhalten untersucht werden können.

Leiteinrichtungen, Rechenstellung und –stababstände können nicht variiert werden.

Das bestehende Abstiegssystem sollte im Rahmen des beschriebenen Projektes erweitert werden und kann hinsichtlich der Faktoren Wasserschicht und Strömungsgeschwindigkeit variiert werden.

Wichtig ist die Beprobung aller möglichen Abwanderrichtungen, das hierfür nötige Versuchsdesign wurde in Döbritschen bereits erfolgreich angewendet. Als Novum sollte durch Filmaufnahmen das Verhalten von absteigenden Fischen unter Freilandbedingungen dokumentiert werden.

Die Ziele des Vorhabens lassen sich wie folgt zusammenfassen

- Optimierung eines einfachen, übertragbaren Bypasssystems,
- Verbesserung der Ableitungswirkung durch einfach realisierbare Modifikationen,
- Untersuchung der Abwanderung durch eine rechennahe FAA und
- In-situ-Untersuchung des Fischverhaltens durch Filmaufnahmen.

# 2 Untersuchungsgebiet

## 2.1 Die Saale

Die untersuchte Wasserkraftanlage in Döbritschen befindet sich an der Saale ca. 8 km südlich der Landesgrenze Thüringen - Sachsen Anhalt.

Die Saale durchfließt Thüringen von Süden kommend in Richtung Norden. Der Fluss entspringt im Fichtelgebirge in Zell. In Sachsen-Anhalt mündet die Saale nach 430 km Fließstrecke bei Barby in die Elbe. Die sogenannte Saalekaskade, eine Reihe aus zum Teil sehr großen Talsperren (Bleiloch, Burgkhammer, Walsburg, Hohenwarte, Eichicht) wurde Anfang des letzten Jahrhunderts im Oberlauf der Saale aus Gründen des Hochwasserschutzes errichtet. Diese großen Stauhaltungen wirken in der Saale stark abflussregulierend und beeinflussen das Temperaturregime auf größeren Fließstrecken [Wag09]. Im Sommer ist durch die Abgabe von Tiefenwasser die Wassertemperatur herabgesetzt, während sie im Winter oft zu hoch ist. Unterhalb der Talsperren zeigt die Gewässerdynamik keine natürliche Ausprägung mehr.

Unterhalb der Saalekaskade wird die Saale durch eine Reihe von Querbauwerken zerschnitten. Bis zur Landesgrenze zwischen Thüringen und Sachsen-Anhalt sind es 17 Querbauwerke, an 12 Standorten erfolgt aktuell die Wasserkraftnutzung, darunter auch am Wehr Döbritschen. 8 Querbauwerke sind mit einer Fischaufstiegsanlage ausgerüstet. In Sachsen-Anhalt folgen weitere 21 Querbauwerke bis zur Mündung in die Elbe.

## 2.2 Der Standort Döbritschen

### 2.2.1 Allgemeine Angaben

Beim Wasserkraftanlagenstandort Döbritschen am Fluss-km 194,9 handelt es sich um ein Ausleitungskraftwerk (Abb. 1). Der nahe Döbritschen gelegene Pegel Camburg weist folgende hydrologischen Eckdaten auf: MNQ = 10,9 m³/s, MQ = 31,4 m³/s, MHQ = 138 m³/s. Die Wasserkraftanlage Döbritschen besitzt zwei langsam drehende Francisturbinen mit einem maximalen Schluckvermögen von insgesamt 20 m³/s. Die behördlich festgelegte Mindestwassermenge in Höhe von 1,75 m³/s wird über geöffnete Wehrfelder, über die Fischaufstiegsanlage am Wehr sowie über die Bypasseinrichtung abgegeben. Über das Schluckvermögen der Turbinen hinausgehende Abflüsse werden durch sukzessive Öffnung von Wehrfeldern über das Wehr abgegeben. Es existieren 2 Schütze zur Hochwasserentlastung.

Das Turbinenhaus mit vorgeschaltetem Feinrechen schließt sich an das Wehr an, es gibt nur einen sehr kurzen, überbauten Oberwassergraben (Foto 1). Der Turbinenkanal ist unterhalb des Kraftwerkes bis zur Vereinigung mit dem Flussbett der Saale (Mutterbett) 140 m lang (Foto 9). Das Mutterbett, dem das Wasser entzogen wird, ist ca. 170 m lang (Foto 8, Foto 7). Die Insel zwischen

den beiden Gewässerarmen wird als Rastplatz für Rad- und Kanuwanderer genutzt. Das Streichwehr, ein von Hand betriebenes Nadelwehr mit Holzaufbauten auf einem Betonkörper, hat eine Länge von 115 m (Foto 4, Foto 5, Foto 6). Der Stauraum des Wehres ist ca. 3,8-4 km lang. Die Entfernung bis zu den nächsten Querbauwerken beträgt flussab ca. 2,8 km (Wehr Camburg) und flussauf 5,8 km (Wehr Dorndorf).

Die beiden Francisturbinen erzeugen maximal 300 kW Energie bei einer konstanten Drehzahl von 33 Umdrehungen/min. Die Nutzfallhöhe beträgt 2,5 m.

Vor den Turbinen ist ein vertikaler Feinrechen mit 22-28 mm Stababstand und einer Anströmgeschwindigkeit von maximal 0,5 m/s vorgeschaltet (Foto 2, Foto 3). Das Rechengut wird über einen konventionellen Rechenreiniger dem Gewässer entnommen und nach Aussortieren von Müll dem Gewässer unterhalb der Turbinen wieder zugeführt.

Das Mutterbett weist im unteren Bereich eine relativ große Wassertiefe und eine sehr langsame Strömung auf. Am Standort befinden sich drei Einrichtungen zur Gewährleistung des Fischwechsels, die nachstehend näher beschrieben werden.

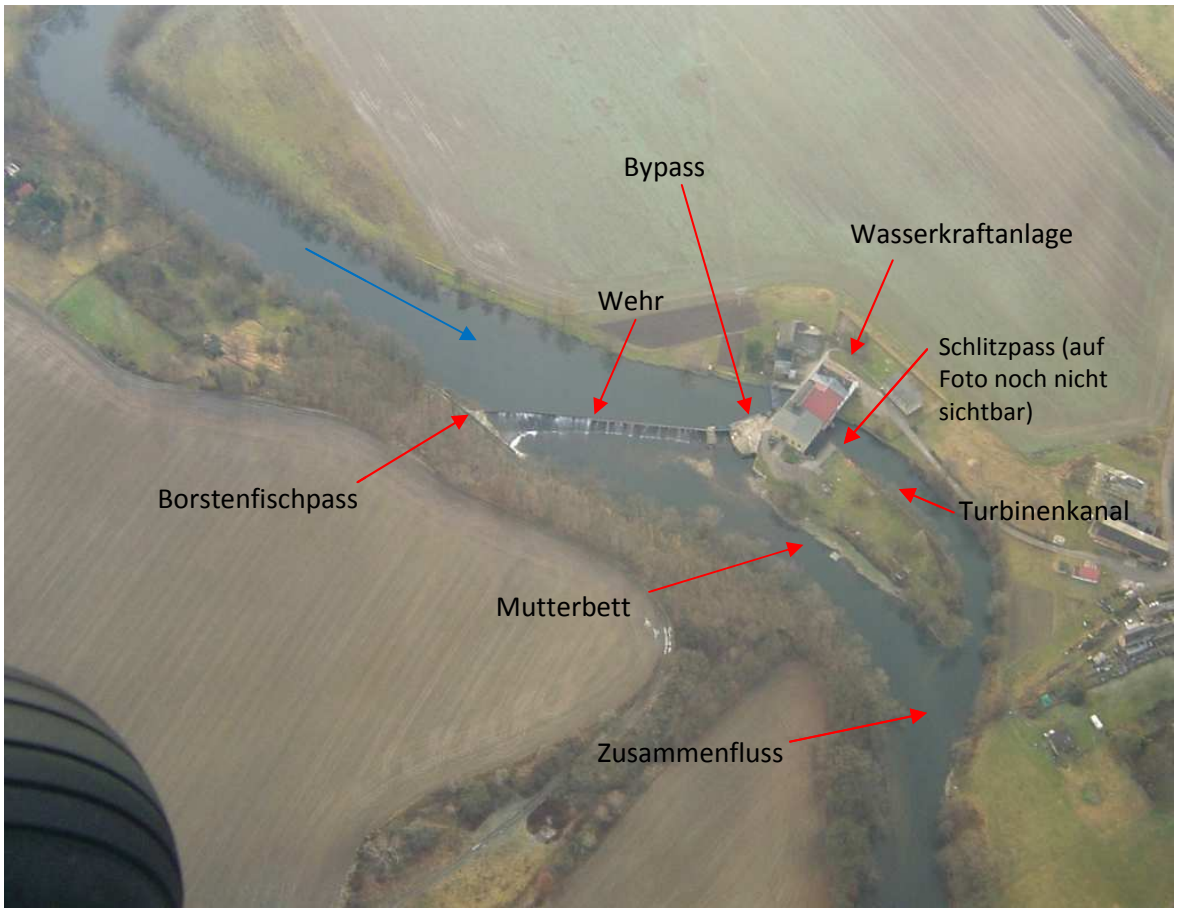



*Abb. 1: Wasserkraftanlage Döbritschen (Foto: mit freundlicher Genehmigung Falk Fleischer)*

### 2.2.2 Borstenfischpass am Wehr

2005 wurde am spitzen Winkel des Wehres am rechten Ufer die erste Fischaufstiegsanlage in Form eines Borstenfischpasses errichtet (Foto 12, Foto 13). Die genaue Bauweise ist in [SS07] beschrieben. Die Anlage wurde nach dem Bau einem Aufmaß unterzogen und weist folgende bauliche und hydraulische Parameter auf:

- Länge: 51,3 m
- Breite: 1,20 m
- Gefälle: 1:18
- Wassertiefe in den Beckenstrukturen: 0,31-0,44 m
- Abfluss: 0,16 m³/s
- Fließgeschwindigkeit: 0,9-1,0 m/s
- Wasserspiegeldifferenz zwischen den Becken: 0,05-0,10 m

An dem der Anlage am nächsten gelegenen Wehrfeld wird Restwasser in Höhe von ca. 1 m³/s abgegeben, um die Leitströmung zu verstärken (Foto 11). Die Anlage wurde 2005, 2006 und 2009/2010 Funktionskontrollen unterzogen, welche eine gute Funktionsfähigkeit für den Fischaufstieg bestätigten. 2005 erfolgte zudem die stichprobenartige Kontrolle des Fischabstieges durch den Borstenfischpass.

Der Borstenfischpass wurde im Einlaufbereich mit U-Profilen ausgestattet, was das Absperren und die Installation von Fangeinrichtungen ermöglicht.

### 2.2.3 Schlitzpass am Krafthaus

Der Schlitzpass verbindet den Kraftwerkskanal unterhalb der Turbinen mit dem Oberwasser (Foto 14, Foto 15). Er wurde 2009 mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Az. 18364-02) erbaut und die Funktionsweise 2009/2010 kontrolliert. Die genaue Bauweise und die Ergebnisse der Funktionskontrolle sind im Abschlussbericht des Projektes [S11] dargestellt.

Der Schlitzpass weist folgende Eigenschaften auf:

- Länge: ca. 85 m (Schlitzpass 50 m, Kanal ca. 35 m)
- Breite: 1,78-2,08 m
- Gefälle: 1:21
- Wassertiefe in den Becken: 0,74-1,03 m
- Abfluss: 0,31m³/s
- Fließgeschwindigkeit: max. 1,96 m/s
- Wasserspiegeldifferenz zwischen den Becken: max. 0,2 m, durchschnittlich 0,11 m

Der Pass wurde mit einer Leitströmungseinrichtung versehen, die im untersten, abgerundeten Vorbecken einmündet und die Auffindbarkeit verbessern soll.

Die Kontrolle des Fischaufstieges ergab eine gute Eignung für den Fischaufstieg. Vor allem rheophile Arten nutzen den Schlitzpass zum Aufstieg. 2009/2010 wurden bereits Untersuchungen zum Fischabstieg vorgenommen.

Die großräumige Anordnung der Anlage ist aus Abb. 3 ersichtlich. Die Anbindung im Oberwasser erfolgt sehr nah am Rechen. Durch die geringe Anströmung des Rechens ist eine Gefährdung aufgestiegener Fische ausgeschlossen. Die rechennahe Lage soll eine Eignung auch für absteigende Fische gewährleisten (Foto 17). Die Fließgeschwindigkeit im Einlauf des Kanals beträgt ca. 0,41 m/s. Die Öffnung hat Dimensionen von 1,20 m Breite und 50-60 cm Höhe. Die Entfernung zum Rechen beträgt ca. ein bis zwei Meter.

In das oberste Becken des Schlitzpasses wurde eine Sichtscheibe integriert, die über einen Besuchsstand erreichbar ist. Hier können aufsteigende Fische „live“ erlebt werden (Foto 16).

Im Oberwasser und oberhalb des ersten Beckens wurden U-Profile eingearbeitet, die eine problemlose Installation von Fangeinrichtungen für Kontrollzwecke ermöglichen. Der Pass ist durch Bretter im Ober- und Unterwasser absperrbar.

### 2.2.4 Fischabstiegsbypass

2005 wurde ein Fischabstiegsbypass im Schütz des Leerschusses neben dem Rechen integriert. Es handelt sich dabei um ein Rohrsystem, welches bodennah in einer Wassertiefe von ca. 3 m mit einer Öffnung (Durchmesser 300 mm) beginnt (Foto 18). Das Rohrsystem wird durch das Schütz hindurch und dann nach aufwärts geführt, um die Wasserspiegeldifferenz und damit die Fließgeschwindigkeit am Rohrbeginn zu verringern (Foto 19, Foto 20). Das Rohr endet oberhalb des Wasserspiegels im Leerschusskanal. Für die Fischabstiegsuntersuchungen 2009 und 2010 wurde nur diese Anordnung verwendet. Um auch in mittleren Wasserschichten Fischen eine Abstiegsmöglichkeit zu bieten, wurde eine weitere Öffnung in das Schütz integriert (Foto 21). Hierzu wurde das Schütz entnommen und komplett erneuert (Foto 23). Die bodennahe Öffnung wurde dabei wieder wie vorher ausgebildet. Beide Öffnungen können separat verschlossen werden (Foto 22).

Die Effizienz des Bypasssystems in Abhängigkeit von unterschiedlichen Betriebsweisen zu ermitteln, war Ziel des vorliegenden Projektes. An der bodennahen Öffnung konnten deshalb drei unterschiedliche Betriebszustände eingestellt werden, die sich durch die Länge des anschließenden Rohres und damit der im Rohr herrschenden Fließgeschwindigkeit und des Abflusses unterschieden.

Ursprünglich war auch für die mittlere Öffnung eine Variation der Fließgeschwindigkeit und des Durchflusses durch eine zweifache Variationsmöglichkeit vorgesehen. Dies stellte sich als technisch/baulich sehr aufwändig heraus, so dass hier auf die Möglichkeit zur Einstellung eines zusätzlichen Zustandes verzichtet wurde. Bereits im Vorfeld bei den Fischabstiegsuntersuchungen 2009 und 2010 stellte sich heraus, dass die Nutzung des Bypasses durch absteigende Fische sehr

gering war. Auch aus diesem Grund wurde eine zusätzliche Variationsmöglichkeit, die nur geringe Änderungen in FG und Durchfluss erwarten lies, verworfen.

An die mittlere Öffnung wurde ein kurzes abgewinkeltes GK-Kunststoffrohr angebracht, was eine Bündelung des Strahles bewirkte. Ohne dieses Rohrstück traf der Wasserstrahl auf die Halterungen des bodennahen Abstiegsrohres und hätte so Verletzungen von absteigenden Fischen bewirken können. Abb. 2 skizziert die Anordnung der Rohre.

Das aus den Rohren austretende Wasser traf auf ein Wasserpolster von mindestens 1 m Wassertiefe (je nach Unterwasserstand). Damit waren Verletzungen von Fischen durch das Auftreffen auf den Untergrund ausgeschlossen.

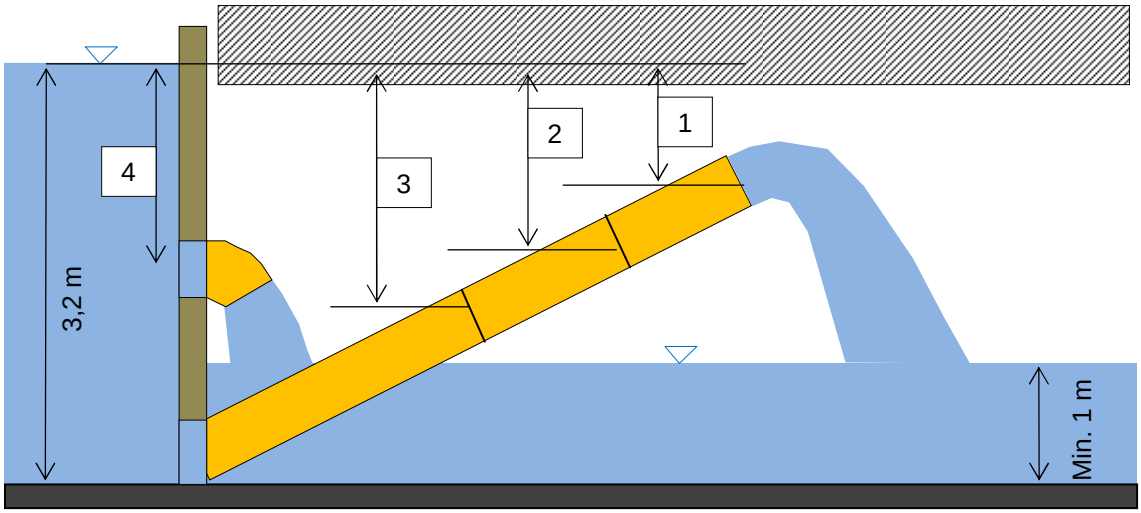



*Abb. 2: Prinzipskizze des Bypasssystems*

Folgende Variationen mit untenstehenden Bedingungen waren möglich (Tab. 1, Foto 25, Foto 26, Foto 27, Foto 28):

*Tab. 1: Variationen des Bypassbetriebes*

| | **Zustand** | **Fließgeschwindigkeit [m/s]** | **Durchfluss [m³/s]** |
|---|---|---|---|
| Untere Öffnung<br>Langes Rohr (4 m) | 1: Kleine Wasserspiegeldifferenz | 4,16 | 0,18 |
| Untere Öffnung<br>Mittlere Rohrlänge (3 m) | 2: mittlere Wasserspiegeldifferenz | 5,2 | 0,22 |
| Untere Öffnung<br>Kurze Rohrlänge (2 m) | 3: große Wasserspiegeldifferenz | 6,07 | 0,26 |
| Mittlere Öffnung | 4: mittlere Wasserspiegeldifferenz | 5,74 | 0,24 |

Eine weitere Reduzierung der Fließgeschwindigkeit war aufgrund räumlicher Zwänge nicht möglich.

Der Einbau des mittleren Rohres erfolgte am 24.6.2010. Im weiteren Verlauf des Jahres 2010 war aufgrund erhöhter Durchflüsse am Standort Döbritschen keine Untersuchungen mehr möglich, so

dass die Fortsetzung der Untersuchungen unter Einsatz der mittleren Öffnung erst im Frühjahr 2011 beginnen konnte.

Insgesamt gab es am Standort Döbritschen 5 Möglichketen für eine Fischabwanderung (Abb. 3).

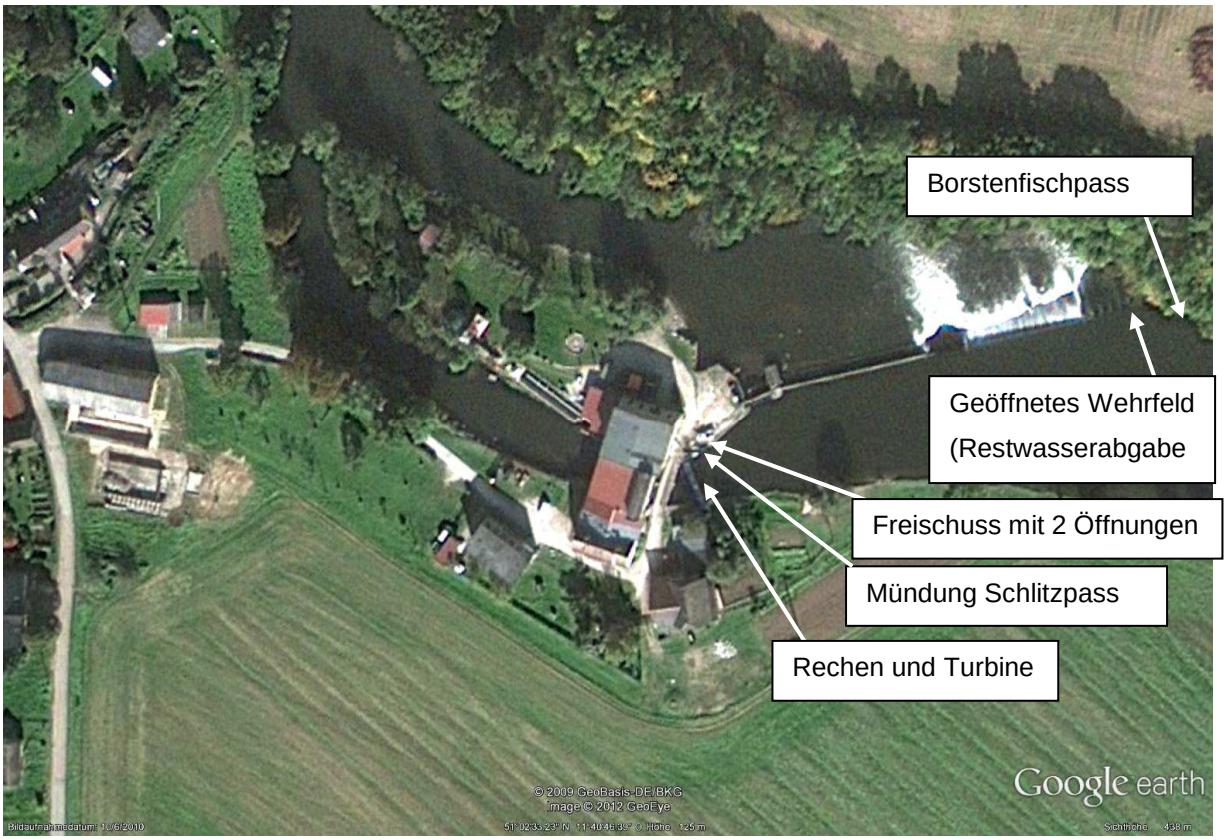



*Abb. 3: Möglichkeiten der Fischwanderung am Standort WKA Döbritschen*

# 3 Material und Methoden

## 3.1 Untersuchung des Fischabstieges mit Netzfangtechnik

Um die Nutzung der unterschiedlichen Wege für den Fischabstieg zu ermitteln, wurden unter Einbeziehung der bereits 2009 und 2010 durchgeführten Arbeiten 14 Untersuchungsperioden durchgeführt (Tab. 2).

*Tab. 2: Untersuchungszeiträume 2009-2011*

| Kalenderwoche | Datum | Bemerkungen |
|---|---|---|
| KW 40/2009 | 29.09. bis 01.10.2009 | Neumond 18.09.09 |
| KW 47/2009 | 16.11. bis 19.11.2009 | Neumond 16.11.09 |
| KW 16/2010 | 19.04 bis 21.04.2010 | Neumond 14.4.10 |
| KW 20/2010 | 17.05 bis 20.05.2010 | Neumond 14.5.10 |
| KW 24/2010 | 14.06 bis 17.06.2010 | Neumond 12.6.10 |
| KW 41/2010 | 12./13.10.2010 | Abbruch wegen zu viel Laub |
| KW 17/2011 | 26.04. bis 29.04.2011 | Neumond 3.5.11 |
| KW 21/2011 | 23.05. bis 26.05.2011 | Neumond 1.6.11 |
| KW 26/2011 | 27.06. bis 30.06.2011 | Neumond 1.7.11 |
| KW 27/2011 | 04.07. bis 07.07.2011 | Neumond 1.7.11 |
| KW 30/2011 | 25.07. bis 28.07.2011 | Neumond 30.7.11 |
| KW 35/2011 | 29.08. bis 1.09.2011 | Neumond 29.8.11 |
| KW 39/2011 | 26.09. bis 29.09.2011 | Neumond 27.9.11 |
| KW 43/2011 | 24.10. bis 26.10.2011 | Abbruch wegen Zerstörung Fangtechnik |

Ursprünglich war es geplant, ab 2010 12 Untersuchungsphasen hintereinander durchzuführen. Jedoch konnten ab August 2010 aufgrund ungewöhnlich hoher Durchflüsse keine weiteren Untersuchungen stattfinden. Eine im Oktober 2010 begonnene Untersuchungsperiode musste aufgrund sehr starken Laubfalls, steigenden Abflüssen und der damit einhergehenden Gefährdung der Fangtechnik angebrochen werden. Die Fangtechnik ließ sich bis zu einem maximalen Durchfluss von 40 m³/s beherrschen, wobei es bereits bei Durchflüssen von ca. 30 m³/s deutliche Einschränkungen gab.

Im Januar 2011 trat ein größeres Hochwasserereignis auf. Die Untersuchungen begannen dann erst im April 2011 wieder. Um den Zeitplan noch einhalten zu können, wurden im Juli 2011 2 Untersuchungsperioden durchgeführt. Die letzte Untersuchungsperiode im Oktober 2011 endete mit der Zerstörung der Hamenhalterung, ausgelöst durch zu starken Laubfall und dementsprechender Belastung der Netzfangtechnik. Um dennoch 12 Untersuchungsperioden als Auswertungsgrundlage nutzen zu können, wurden auch die im Herbst 2009 erfassten Daten hinzugezogen.

Untersuchungen in den Wintermonaten waren somit nicht möglich. Wie die Ergebnisse des Fischabstieges 2003/2004 zeigten [SS07], wären vermutlich auch in den kalten Monaten durchaus absteigende Fische zu erwarten gewesen.

Alle möglichen Abwanderrichtungen wurden mittels Netzfangtechnik beprobt: Turbine, Schlitzpass, Bypassrohrsystem, Wehr und Borstenfischpass. Analog den Untersuchungen 2003 bis 2005 [SS07] erfolgten die Kontrollen einmal im Monat je 4 Tage und 3 Nächte von Montag 19:00 Uhr bis Donnerstag 7:00 Uhr (Fangperiode 60 h). Als Kontrollzeiten wurden möglichst Tage während der Neumondphase ausgewählt, da Fische für den Abstieg dunkle Nächte bevorzugen [Sch02]. Die Fangtechnik bestand aus den im Folgenden beschriebenen Komponenten.

Unterhalb der **Turbinen** wurde die gleiche Technik wie in den vorangegangenen Untersuchungen angewendet. Eine genaue Beschreibung ist in [SS07] und [S11] zu finden. Ein 25 m langer Hamen (Engel Netze, Deutschland), mit abschnittweise verringerter Maschenweite von 56 mm bis 12 mm wurde mittels einer Stahlkonstruktion und Seilzugsystem unterhalb der Turbinen aufgespannt (Foto 30, Foto 31). Dabei wurde der gesamte Querschnitt des Unterwasserkanals erfasst. Der maximale Durchsatz durch den Hamen betrug entsprechend des Turbinenschluckvermögens 20 m³/s. An den Hamen wurde eine Steertreuse mit 8 mm Maschenweite angebracht. Sie war mit einem Mörtelkübel ausgerüstet, der einen strömungsberuhigten Bereich für die gefangenen Fische bot (Foto 32). Mittels eines eingearbeiteten Reißverschlusses konnte die Steertreuse geleert werden. Das Heben und Leeren der Steertreuse erfolgte mit Hilfe eines Pontons (Foto 35, Foto 36). Laub und Fische wurden mit einer Kiste an Land gebracht und dort aussortiert (Foto 37). Zu Wartungszwecken oder wenn keine Hamenfänge stattfanden, wurde der Hamen an die Wand des Turbinenkanals gezogen und dort befestigt.

Im **Schlitzpass** und im **Borstenfischpass** wurden kleinere Reusen eingesetzt. Die einkehligen Steertreusen mit einer Maschenweite von 6 mm im Fangteil waren ebenfalls mit einem Eimer ausgestattet, um den Wasserdruck zu minimieren. Die Reusen waren mit einem Reißverschluss ausgestattet, um ein schnelles Entleeren zu ermöglichen. Die Reuse des Schlitzpasses wurde erst unterhalb des Betriebsgebäudes, welches der Pass mit einem Kanal durchfließt, angebracht, um Reuseneffekte zu minimieren (Foto 38, Foto 39).

Die durch die **Bypasseinrichtung** abwandernden Fische wurden mittels einer in den Freischusskanal eingebrachten einkehligen Reuse mit 6 mm Maschenweite und einem eingearbeiteten Mörtelkübel gefangen (Foto 40). Aufgrund der geringen Strömung wurde diese Reuse mit einem Strick gespannt. Die Reuse befand sich ca. 5 m unterhalb der Mündung des bodennahes Bypassrohres, so dass in dieser Reuse auch die durch das mittlere Rohr absteigenden Fische gefangen wurden. Um bei gleichzeitigem Betrieb der beiden Abstiegsmöglichkeiten eine Trennung der gefangenen Fische nach Abstiegsmöglichkeit zu gewährleisten, wurde eine Reuse konstruiert, die in der Nähe der Öffnung des mittleren Rohres angebracht wurde. Diese hielt dem Wasserdruck jedoch nicht stand, so dass im Folgenden auf die Auftrennung der Wandermöglichkeiten verzichtet wurde. Während der Untersuchungswochen wurden folgende Variationen des Bypassystems eingestellt (Tab. 3).

*Tab. 3: untersuchte Variationen des Bypasssystems*

| Kalenderwoche | Untersuchte Öffnung | Wahl der Fließgeschwindigkeit |
|---|---|---|
| KW 40/2009 | Nur unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 47/2009 | Nur unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 16/2010 | Nur unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 20/2010 | Nur unten | Rohr kurz, hohe Fließgeschwindigkeit<br>Rohr mittel, mittlere Fließgeschwindigkeit<br>Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 24/2010 | Nur unten | Rohr kurz, hohe Fließgeschwindigkeit<br>Rohr mittel, mittlere Fließgeschwindigkeit<br>Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 41/2010 | Nur Mitte | |
| KW 17/2011 | Nur Mitte | |
| KW 21/2011 | Nur Mitte | |
| KW 26/2011 | Mitte + unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 27/2011 | Mitte + unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 30/2011 | Mitte + unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 35/2011 | Mitte + unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 39/2011 | Mitte + unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |
| KW 43/2011 | Mitte + unten | Rohr lang, geringe Fließgeschwindigkeit |

In seltenen Fällen wurde auch das oberste Brett des Freischussschützes überströmt (Foto 29). Wie bereits frühere Untersuchungen 2005 zeigten, gibt es über die Möglichkeit keinen nennenswerten Fischabstieg. Eine Verfälschung der Daten musste nicht befürchtet werden

Vor dem Einsetzen der Reuse wurde das Unterwasser des Bypasssystems elektrisch abgefischt, um zu verhindern, dass von unten eingeschwommene Fische in die Reuse gelangten.

Die Restwasserabgabe am Wehr erfolgte über das am weitesten rechts gelegene, komplett bis zur Betonoberkante geöffnete Wehrfeld von ca. 2 m Breite. In dieses Wehrfeld wurde eine Reuse (ohne Kehle) integriert (Foto 41). Da das Wasserpolster auf dem Beton des Wehrkörpers nur wenige cm betrug, waren die Reuse und die in ihr gefangenen Fische anfangs sehr hohen Strömungsbelastungen ausgesetzt. Dies führte zum Tod einiger Fische. Daher wurde der am Reusenende angebrachte Eimer aufrecht gestellt und die Fische „rutschten“ über das Reusengewebe in den Kübel hinein, der mit Wasser gefüllt, der Strömung aber nicht mehr direkt ausgesetzt war. Eine quantitative Fängigkeit am Wehr wurde nur bei Abflüssen der Saale unterhalb ca. 22 $m^3/s$ erreicht. Bei höheren Abflüssen mussten sukzessive weitere Wehrfelder geöffnet werden, die nicht beprobt werden konnten (Foto 51, Foto 52).

Bis auf den Hamen wurden alle Fangeinrichtungen aller 12 Stunden geleert (Leerungszeiten 7:00 Uhr und 19:00 Uhr). Der Hamen wurde nachts zwischen 19:00 Uhr und 7:00 Uhr alle 3 Stunden und tagsüber alle 6 Stunden beprobt. In seltenen Fällen waren leichte Fangausfälle bei tagsüber

notwendigen Wartungsarbeiten an der Fangtechnik zu verzeichnen. Da der Fischabstieg tagsüber jedoch in deutlich geringerem Ausmaß stattfindet, sind diese Ausfälle zu vernachlässigen.

Die gefangenen Fische wurden bestimmt, auf einen halben Zentimeter genau vermessen (beim Hamenfang auch die Dicke auf Millimeter genau), auf Krankheiten, Verletzungen oder sonstige Beeinträchtigungen untersucht und wieder zurückgesetzt.

Bei der Auswertung wurden Fische, die Krankheiten oder Vorschädigungen wie Verpilzungen oder Entzündungen aufwiesen, nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass diese Tiere ihre Abwanderrichtung nicht unbeeinträchtigt oder gar nicht mehr aktiv auswählen konnten (Foto 44).

Zeitgleich zu den Leerungszeiten wurden folgende abiotische Faktoren erfasst: Wasser- und Lufttemperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und -sättigung, Luftdruck, Sichttiefe sowie mehrere Zusatzangaben (Wolkenbedeckung, Intensität des Laubfalles, Auslastung der Turbinen, Wasserstände etc.,).

Über das Internetangebot der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (http://www2.tlug-jena.de/hnz/index.php) können die aktuellen Wasserstände und Durchflüsse für verschiedene Thüringer Pegel angesehen und heruntergeladen werden. Die Erfassung erfolgt viertelstündlich. Für die Auswertungen wurden aus 24-h-Daten Mittelwerte gebildet. Diese Werte des ca. 6 km unterhalb gelegenen Pegels Camburg-Stöben wurden in die Auswertung integriert.

Die Wassertemperatur wurde mit Dataloggern (Tinytalk) im Turbinenkanal und oberhalb des Borstenfischpasses stündlich aufgezeichnet. Für die Auswertungen wurden zum Teil 24-h-Mittelwerte gebildet. pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffwerte wurden mit transportablen Messgeräten (wtw Germany) im Turbinenkanal gemessen. Die Sichttiefe wurde im Oberwasser erfasst. Die Turbinenauslastung konnte am entsprechenden Regelschrank der Wasserkraftanlage abgelesen werden (Foto 42, Foto 43).

## 3.2 Elektrobefischung

Am 18.11.2010 wurde eine Elektrobefischung im Oberwasser durchgeführt, um die hier anstehenden Fische zu erfassen. Hierzu wurde mit dem batteriebetriebenen Elektrofischfanggerät EFGI 4000 (Bretschneider Spezialelektronik) und einem Boot 500 m des Oberwassers befischt. Die gefangenen Fische wurden auf cm genau vermessen und wieder zurückgesetzt. Da die Befischungseffektivität außerordentlich gering war und nur sehr wenige Fische erfasst wurden, wurde im Jahr 2011 auf weitere Elektrobefischungen im Oberwasser verzichtet. Wie bereits bei den Untersuchungen 2003/2004 konstantiert wurde, ist die Aussagekraft von Elektrobefischungen im Stauraum nur sehr eingeschränkt.

## 3.3 Filmaufnahmen

Ein weiteres Ziel des Projektes war die filmische Erfassung des Verhaltens von Fischen beim Abstieg unter Naturbedingungen. Hierzu sollten vor allem Aufnahmen vor den Bypassöffnungen durchgeführt werden.

Hierzu wurde ein Gestell vor die Öffnungen platziert, welches das Befestigen der Kamera und der Beleuchtung erlaubte. Es wurde eine wasserdichte Kamera und ein wasserdichter Infrarotstrahler verwendet (Foto 45, Foto 46, Foto 47, Foto 48, Foto 49).

Die Filmaufnahmen wurden durch einen professionellen Kameramann durchgeführt.

# 4 Ergebnisse und Diskussion

## 4.1 Allgemeine Ergebnisse zum Fischabstieg

Während der 12 verwertbaren Untersuchungszyklen wurden insgesamt 8.344 Fische aus 25 Arten erfasst. Dies bedeutet einen durchschnittlichen Fischabstieg von 695 Tieren pro 60 h Untersuchungsperiode (UP). Maximal waren 2904 Fische innerhalb 60 h gefangen worden (KW 39/2011), die geringste Fischzahl wurde mit 36 Tieren im Herbst 2009 (KW 49/2009) verzeichnet. Prinzipiell waren 2009/2010 weniger Fische pro UP gefangen worden, als 2011. Die Zahl der absteigenden Fische ist in erster Linie abhängig von der erfolgreichen Reproduktion der jeweiligen Arten im betrachteten Jahr und dem daraus resultierenden Abstieg der Jungfische.

Tab. 4 zeigt die Anteile der Arten am Gesamtfang.

*Tab. 4: während der Abstiegsuntersuchte Fischarten und Anteile am Gesamtfang*

| **Art** | **Anteil am Gesamtfang** |
|---|---|
| Gesamtfang [n] | 8344 |
| Gründling | 40,18 |
| Schmerle | 24,07 |
| Dreistachliger Stichling | 14,46 |
| Elritze | 7,63 |
| Brut indet. | 2,94 |
| Blaubandbärbling | 2,85 |
| Plötze | 2,20 |
| Hasel | 1,48 |
| Barbe | 1,18 |
| Döbel | 0,91 |
| Giebel | 0,43 |
| Rotfeder | 0,32 |
| Bachforelle | 0,29 |
| Zander | 0,29 |
| Schleie | 0,13 |
| Regenbogenforelle | 0,12 |
| Aal | 0,11 |
| Bachneunauge | 0,07 |
| Hecht | 0,07 |
| Karausche | 0,07 |
| Ukelei | 0,06 |
| Kaulbarsch | 0,05 |
| Flussbarsch | 0,02 |
| Wels | 0,02 |
| Goldfisch | 0,01 |
| Karpfen | 0,01 |

Gründlinge dominierten mit 40,1 % das Abstiegsgeschehen. Aber auch Schmerle (24 %) und Stichling (14,4 %) waren in größeren Stückzahlen vertreten. Elritze, der nicht autochthone Blaubandbärbling, Plötze, Hasel und Barbe kamen in geringeren Anteilen vor. Alle weiteren Arten waren in geringeren Stückzahlen vertreten. Aale als eine Zielart für Abstiegsuntersuchungen konnten nur in sehr geringer Anzahl erfasst werden. Diese Art ist im Untersuchungsgebiet nicht häufig. Hinzu kommt, dass die Abwanderung der Aale meist im Herbst bei steigendem Durchfluss stattfindet. Diese Bedingungen ließen sich jedoch aufgrund hohem Laubaufkommen und zunehmender Abgabe von Wasser über das Wehr nicht mehr quantitativ beproben. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Intensität des Aalabstieges etwas höher ist, als durch die vorliegenden Daten abgebildet. Das seltene Auftreten von Salmoniden ist der Gewässerregion geschuldet. Bachforellen sind im Untersuchungsgebiet prinzipiell selten. Die erfassten Regenbogenforellen sind Teichflüchtlinge. Anadrome Arten fehlen völlig.

Die Barbe als Leitfischart des Untersuchungsgebietes wurde zwar nicht häufig, aber stetig gefangen. Da der betrachtete Bereich der Saale sehr stark von Stauhaltungen beeinflusst wird, fehlen geeignete Habitate für diese Art. Als erfreulich darf das Auftreten von Bachneunaugen und Ukelei bewertet werden. Beide Arten kamen zwar selten vor, waren aber in der Vergangenheit überhaupt nicht erfasst worden.

Die Dynamik des Fischabstieges zeigt deutlich die Bevorzugung des Sommers und Frühherbstes für den Fischabstieg (

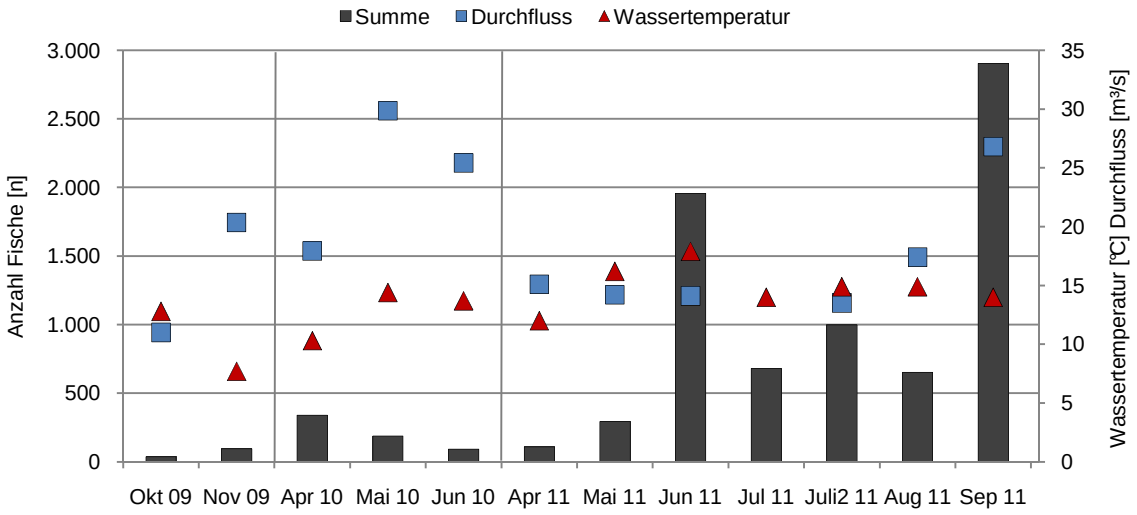



Abb. 4). Durch den 2011 sehr zeitig einsetzenden Frühling fand die Reproduktion der Frühjahrslaicher bereits sehr zeitig statt, was die bereits hohen Abstiegszahlen im Juni 2011 erklärt (Foto 50). Im Jahr 2010 wurde in diesem Monat ein deutlich geringerer Fischabstieg beobachtet. Die Abstiegszahlen des April und Mai ähneln sich 2010 und 2011.

Eine direkte Abhängigkeit von Durchfluss von Wassertemperatur konnte nicht festgestellt werden. Vielmehr schient die Jahreszeit und die damit vorhandene Zahl abwanderwilliger Jungfische den größten Einfluss auf das Abstiegsgeschehen zu haben.

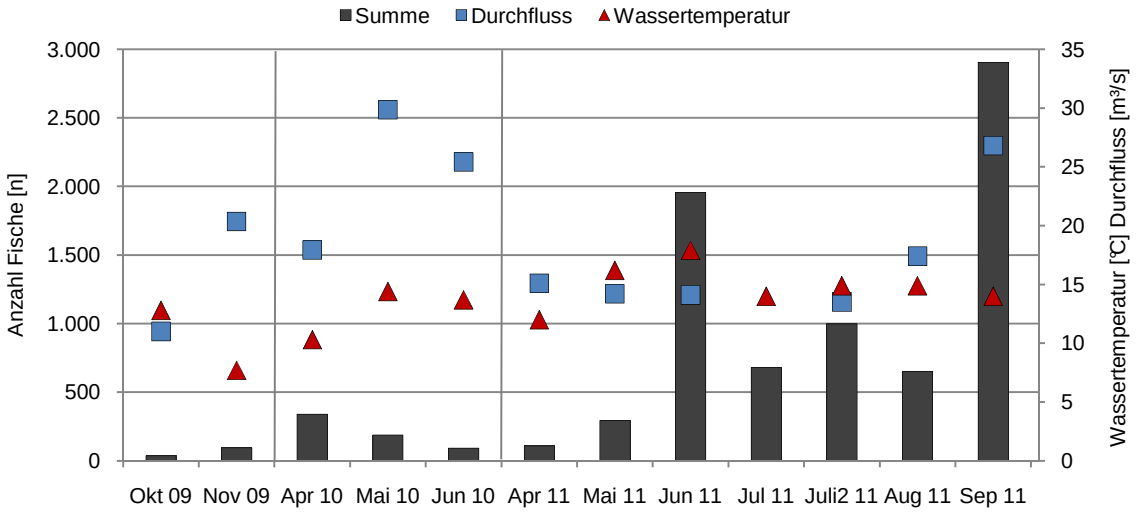



*Abb. 4: Verteilung der abwanderndenFische nach Monaten (Summe der Fische pro Untersuchungszeitraum) sowie durchschnittliche Wassertemperatur und Durchfluss*

Exemplarisch ist die Abstiegsdynamik von Elritze, Stichling und Schmerle dargestellt (Abb. 5). Es ist deutlich zu erkennen, dass je nach Art unterschiedliche Abwanderzeiträume dominieren. Während es bei Stichling und Schmerle überwiegend abwandernde 0+ Fische waren, kamen bei der Elritze auch adulte Tiere vor, die offenbar eine Rückwanderung nach dem Ablaichen durchführten.

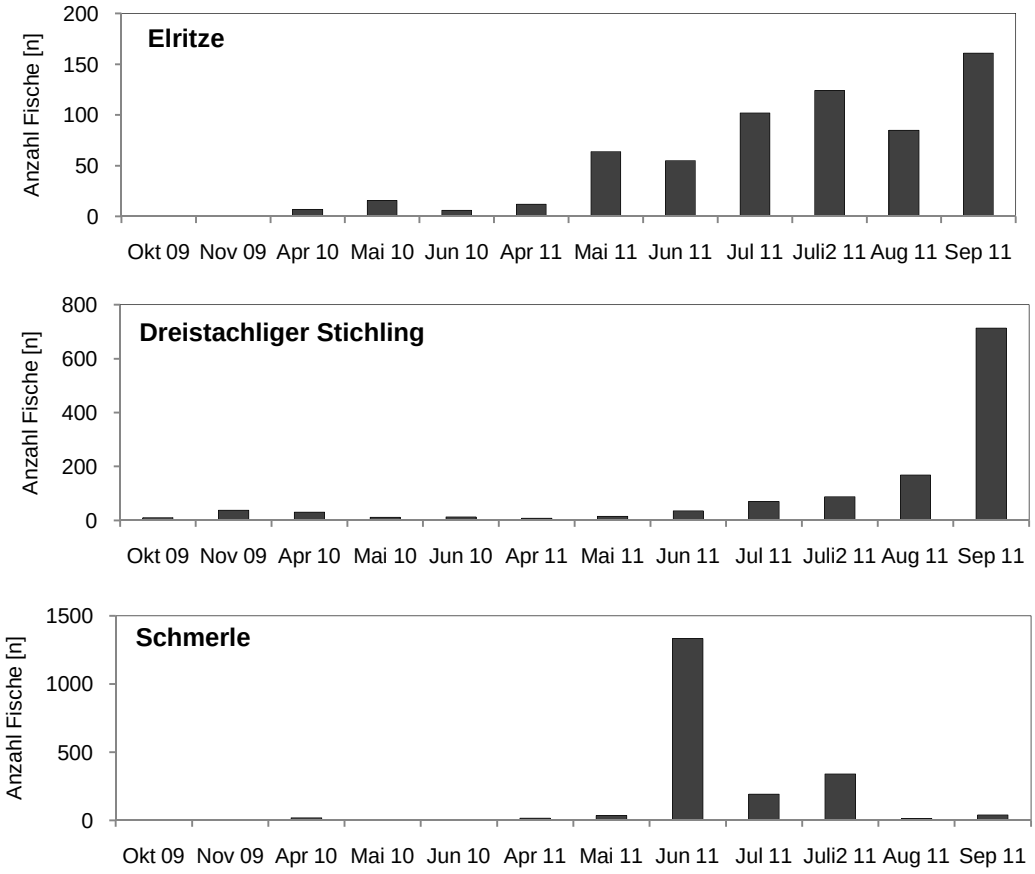



*Abb. 5: Abwanderungszeiträume der Arten Elritze, Dreistachliger Stichling und Schmerle im Bereich der Wasserkraftanlage Döbritschen. Aufsummierte Fänge pro Untersuchungszeitraum*

## 4.2 Aufteilung des Fischabstieges auf die verschiedenen Abwanderrichtungen

Die Aufteilung des Fischabstieges auf die möglichen Abwanderwege Turbine, Schlitzpass, Bypasssystem, Wehr und Borstenfischpass erbrachte sehr überraschende Ergebnisse.

Bei Poolen aller Daten ergab sich die unten dargestellte Aufteilung (Abb. 6).

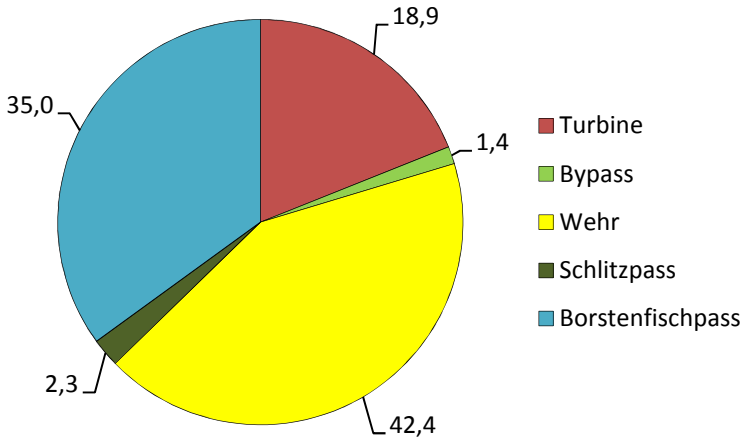



*Abb. 6: Verteilung der Fischabwanderung auf die verschiedenen Abstiegsmöglichkeiten im Umfeld der WKA Döbritschen*

Die weitaus meisten Fische stiegen über das Wehr (42,4 %) und den Borstenfischpass (35,0 %) ab. Nur 18,9 % waren über die Turbine abgestiegen. Schlitzpass und Bypass wurden zusammen nur von 3,7 % der Fische genutzt. Diese Daten unterscheiden sich stark von den in früheren Untersuchungen am gleichen Standort erhobenen Ergebnissen. 2005 waren 86 % der Fische über die Turbine abgewandert.

Betrachtet man die einzelnen Untersuchungsperioden getrennt, lässt sich feststellen, dass je nach Jahreszeit und dementsprechendem Jungfischaufkommen die Anteile an den gewählten Wegen stark schwankten (Abb. 7). Generell wurde in UP mit hohem Jungfischaufkommen (Juni bis September 2011) der Weg über das Wehr und den Borstenfischpass bevorzugt. In diesen Perioden stiegen jeweils zwischen 70 und mehr als 90 % der Fische über diesen Weg ab. Eine Abhängigkeit von Durchfluss und Wassertemperatur war nicht feststellbar. In den Monaten mit geringerem Jungfischaufkommen (Spätherbst, Frühjahr) dominiert demgegenüber als Abstiegsrichtung der Weg durch die Turbine.

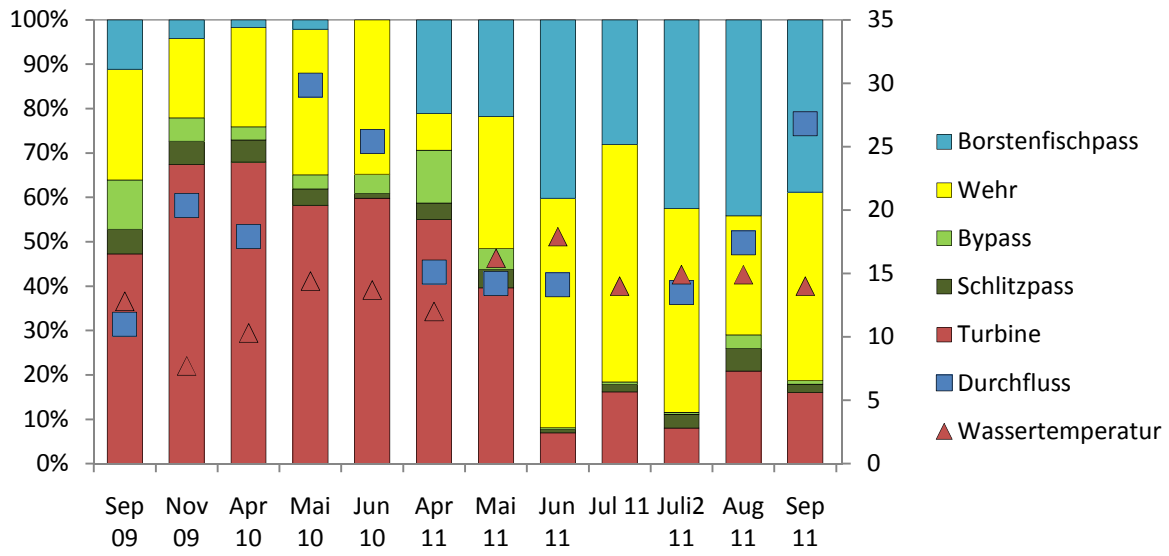



*Abb. 7: Verteilung der Fischabwanderung pro Untersuchungszeitraum auf die verschiedenen Abstiegsmöglichkeiten im Umfeld der WKA Döbritschen,*

Evtl. ist bei hohem Jungfischaufkommen der Weg durch die Turbine leicht unterrepräsentiert, da aufgrund der Hamenfangtechnik mit größeren Maschenweiten mit einer leicht eingeschränkten Erfassbarkeit von Jungfischen gerechnet werden muss.

Andere Untersuchungen zur Aufteilung von Fischen auf verschiedene Wanderwege sind nur in sehr geringer Zahl erhältlich. An dieser Stelle sollen vergleichend die Arbeiten von [LR06] und [Sch10] herangezogen werden. [LR06] führten 2004 vergleichende Abstiegsuntersuchungen an der Oker durch. Dabei konnten die Fische zwischen 5 verschiedenen Wegen wählen: Turbine (mit vorgeschaltetem 20 mm Vertikalrechen), direkt am Rechen angeordneten Fluchtrohren mit bodennaher und oberflächennaher Öffnung, Fischaufstiegsanlage und eine bodennahe, sehr tubulent strömende Öffnung am Wehr. Die Untersuchungen wurden während ca. 3 Wochen im Frühjahr durchgeführt, es waren noch keine Jungfische vorhanden. Die Aufteilung auf die Wege unterschied sich deutlich von den vorliegenden Untersuchungen (Abb. 8). Die sehr günstige Anordnung der Fluchtrohre direkt am Rechen begünstigt hier offenbar in hohem Maße die Auffindbarkeit. Dabei wurde auch der hohe Sog nicht gemieden.

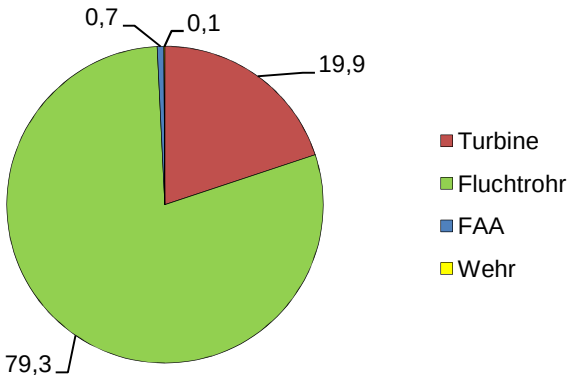



*Abb. 8: Aufteilung der Fischabwanderung (ohne smolts) bei der Untersuchung der WKA Müden/Dieckhorst im Frühjahr 2004. Daten nach [LR06] n= 1834*

Bei den Untersuchungen von Schmalz [Sch10] war der Abstieg über 5 Wege möglich: Restwasserschnecke und FAA am Wehr, Turbine mit 20 mm Horizontalrechen, bodennahe Öffnung und FAA am Krafthaus. Es gab keine Öffnung im Wehr.

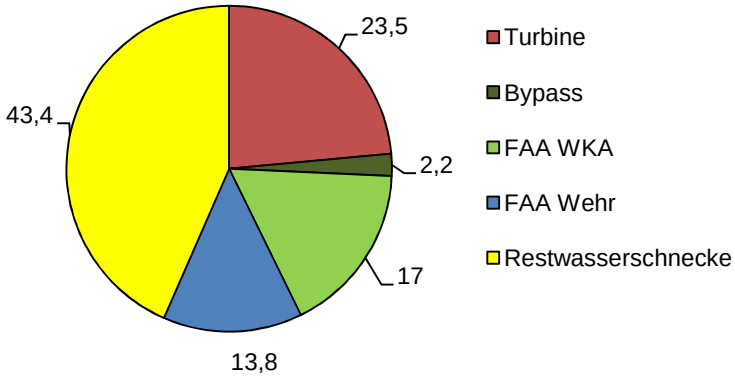



*Abb. 9: Aufteilung der Fischabwanderung an der Wasserkraftanlage Walkmühle/Meiningen 2009/2010 n=816, Daten nach [Sch10]*

Auch hier wichen die gewählten Wege stark von denen der aktuellen Untersuchung ab (Abb. 9). Sehr interessant ist allerdings die relativ häufige Nutzung der FAA am Krafthaus. Die Öffnung zur FAA befand sich weiter vom Rechen entfernt als die bodennahe Öffnung des Bypasses (die über ein Rohr in der FAA mündete). Die Bevorzugung des Wanderweges Richtung Restwasserschnecke und FAA am Wehr ist mit der Anordnung dieser Komponenten zu erklären. Der Fluss traf zuerst diese beiden Abwanderwege, bevor die Strömung weiter Richtung Wasserkraftanlage führte.

Die starke Bevorzugung des Wehres und des Borstenfischpasses durch Jungfische lässt sich auch an der WKA Döbritschen mit den Strömungsbedingungen erklären. Wehröffnung und Borstenfischpass liegen am „Prallhang“ des Oberwasserstromstriches. Bevor die Fische auf den Rechen oder die dort gelegenen Abwandermöglichkeiten treffen, wird bereits am rechten Gewässerufer eine Abstiegsmöglichkeit angeboten (Abb. 10). Da Jungfische augenscheinlich überwiegend am Rand der

Hauptströmung absteigen, sind diese Möglichkeiten sehr gut geeignet. Es handelt sich dabei nicht um ein passives Verdriften aus einem Aufenthaltsort heraus. Dies ist deutlich durch die auch bei diesen Untersuchungen festgestellte Bevorzugung der Nachtstunden zu erkennen. Die Strömungsverhältnisse sind sehr moderat und es konnte durch die Filmaufnahmen bewiesen werden, dass auch Jungfische durchaus in der Lage sind, dem Sog des Ablaufes über das Wehr wieder zu entkommen.

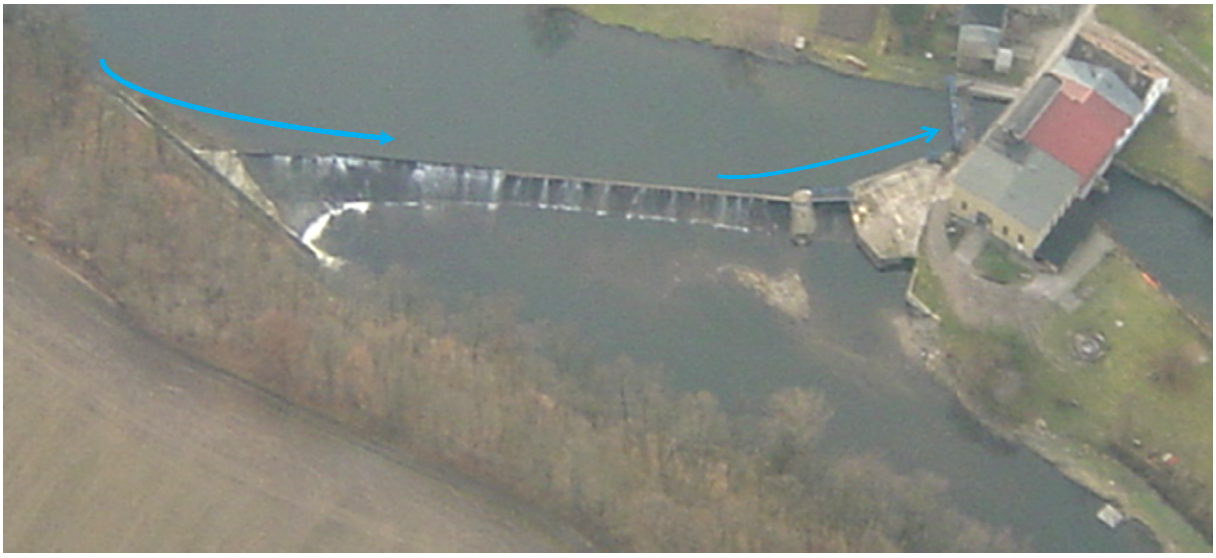
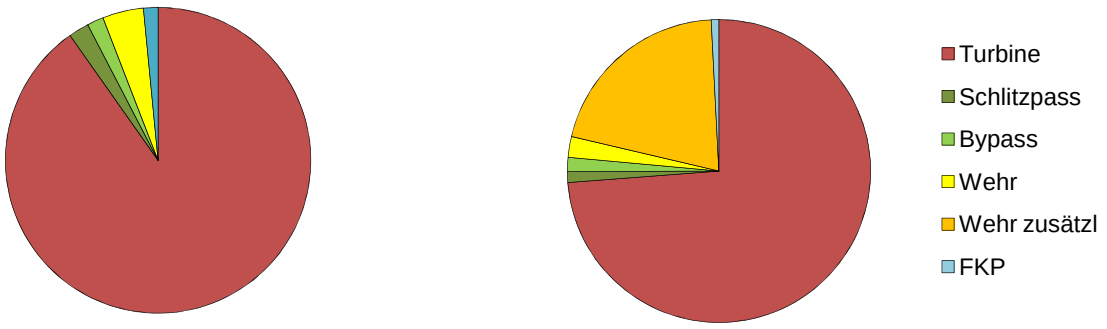


*Abb. 10: Wege der Hauptströmung im Bereich der WKA Döbritschen (Foto: F. Fleischer)*

Die Verteilung der Fischabwanderung ist nicht mit der Aufteilung der Strömungsanteile am Standort Döbritschen zu erklären. Die Durchflüsse durch das Bypassystem betragen je nach Zustand zwischen 0,17 und 0,41 m³/s. Der Borstenfischpass wird mit ca. 0,22 m³/s und der Schlitzpass mit 0,31 m³/s beaufschlagt. Über das Wehr fließen ca. 0,6-0,7 m³/s ab. Wird das maximale Schluckvermögen der Turbinen von 20 m³/s überschritten, wird das Wehr zusätzlich beaufschlagt. Abb. 11 zeigt die prozentuale Aufteilung der Strömungsverhältnisse exemplarisch bei einem sehr niedrigen Abfluss und einem Abfluss, der das Schluckvermögen der Turbinen überschreitet. Bei einem theoretischen Abfluss von 21,5 m³/s ist das maximale Schluckvermögen der Turbinen erreicht, ohne das Wasser über da Wehr abgegeben wird. Dann werden 93 % des Abflusses Richtung der Turbinen geleitet. Bei geringeren Abflüssen verringert sich dieser Anteil und auch bei steigenden Durchflüssen wird zugunsten des zusätzlichen Wehrüberlaufes ein geringerer Anteil Richtung Turbinen geleitet. Bei geringen Abflüssen werden ca. 4 % des Wassers übers Wehr und ebensoviel über Schlitzpass + Bypass abgeführt. Bei höheren Durchflüssen verringern sich diese Anteile.




Abfluss Pegel Camburg: 13,8 m³/s Abfluss Pegel Camburg 27,1 m³/s

*Abb. 11: Verteilung des Durchflusses der Saale auf die verschiedenen Abflussmöglichkeiten im Bereich der WKA Döbritschen bei niedrigem und erhöhtem Abfluss*

Die Aufteilung der Fischabwanderung erfolgt nicht über die Verteilung der Durchflüsse, sondern ist in erster Linie mit dem Aufenthaltsort der Tiere in der Strömung (abhängig von Art und Alter) und der Anordnung der zur Abwanderung geeigneten Wege abhängig.

Die Wahl der Wege durch unterschiedlich große (bzw. alte) Fische wird auch durch die Darstellung der Körpergröße der abgestiegenen Fische deutlich (

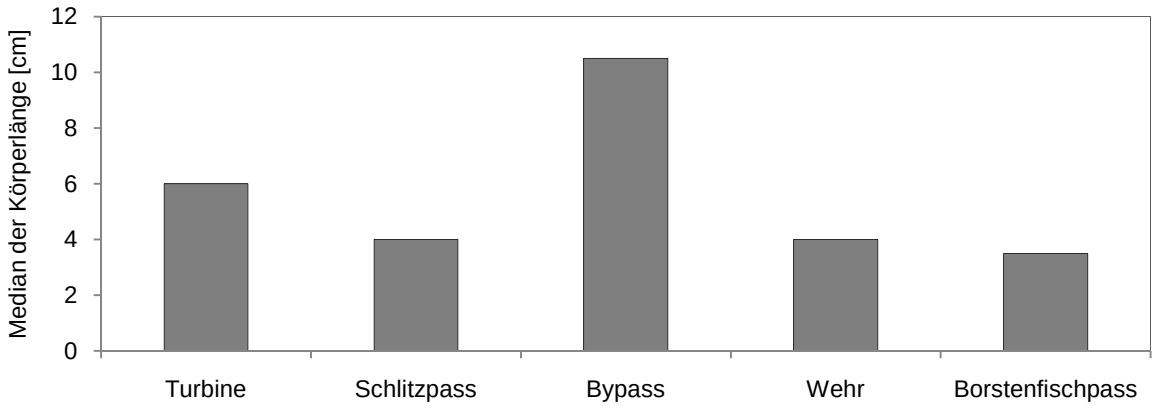



Abb. 12). Die bereits angesprochene Bevorzugung des Wehres und Borstenfischpasses durch Jungfische spiegelt sich im deutlich geringeren Median der Körperlänge wider. Auch der Schlitzpass wurde, wenn auch in deutlich geringerem Maße, überwiegend von kleineren Exemplaren genutzt. Durch die Turbine wanderten außer Jungfischen auch etwas größere Exemplare ab. Begrenzt wird die Abwanderung hier durch die Stababstände. Durch den Bypass waren die größten Fische abgewandert.

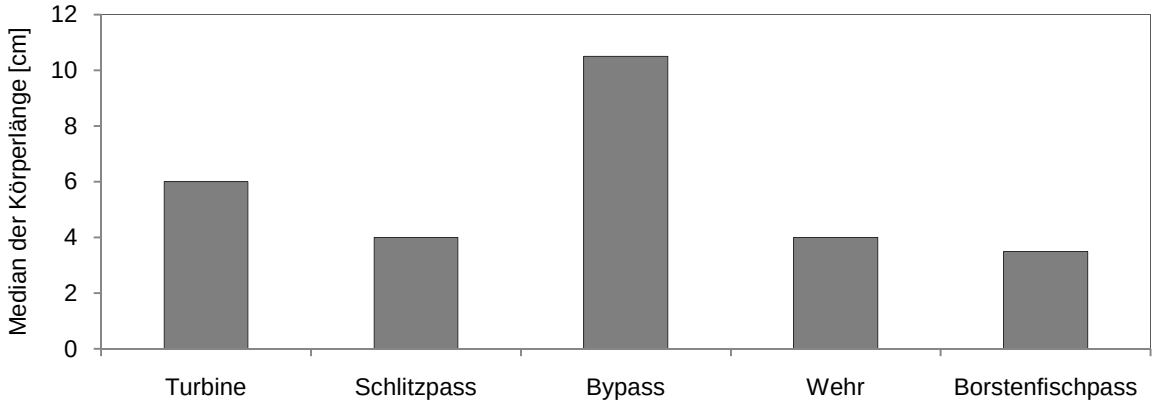



*Abb. 12: Median der Körperlänge aller abgewanderten Fische getrenntnach Abwanderrichtung (n=8342)*

Diese Unterschiede zeigen sich detailliert bei der Darstellung der Körperlänge der über die jeweiligen Wege abgewanderten Fische (Abb. 13).

Der Fischabstieg ist einerseits Ausdruck der Abwanderungsbewegung der Jungtiere aber auch der Rückwanderung Adulter entgegen gerichtet zum Laichaufstieg. Obwohl die Jungfische im Rahmen dieser Untersuchungen dominierten, waren auch absteigende Adulte anwesend, vor allem bei den Arten Gründling, Elritze, Bachforelle und auch Schmerle. Prinzipiell sind im Bereich der WKA Döbritschen große Fische unterrepräsentiert, wie sich bei Elektrobefischungen 2009/2010 zeigte. Die wahrscheinlichste Ursache ist hier Kormoranprädation.

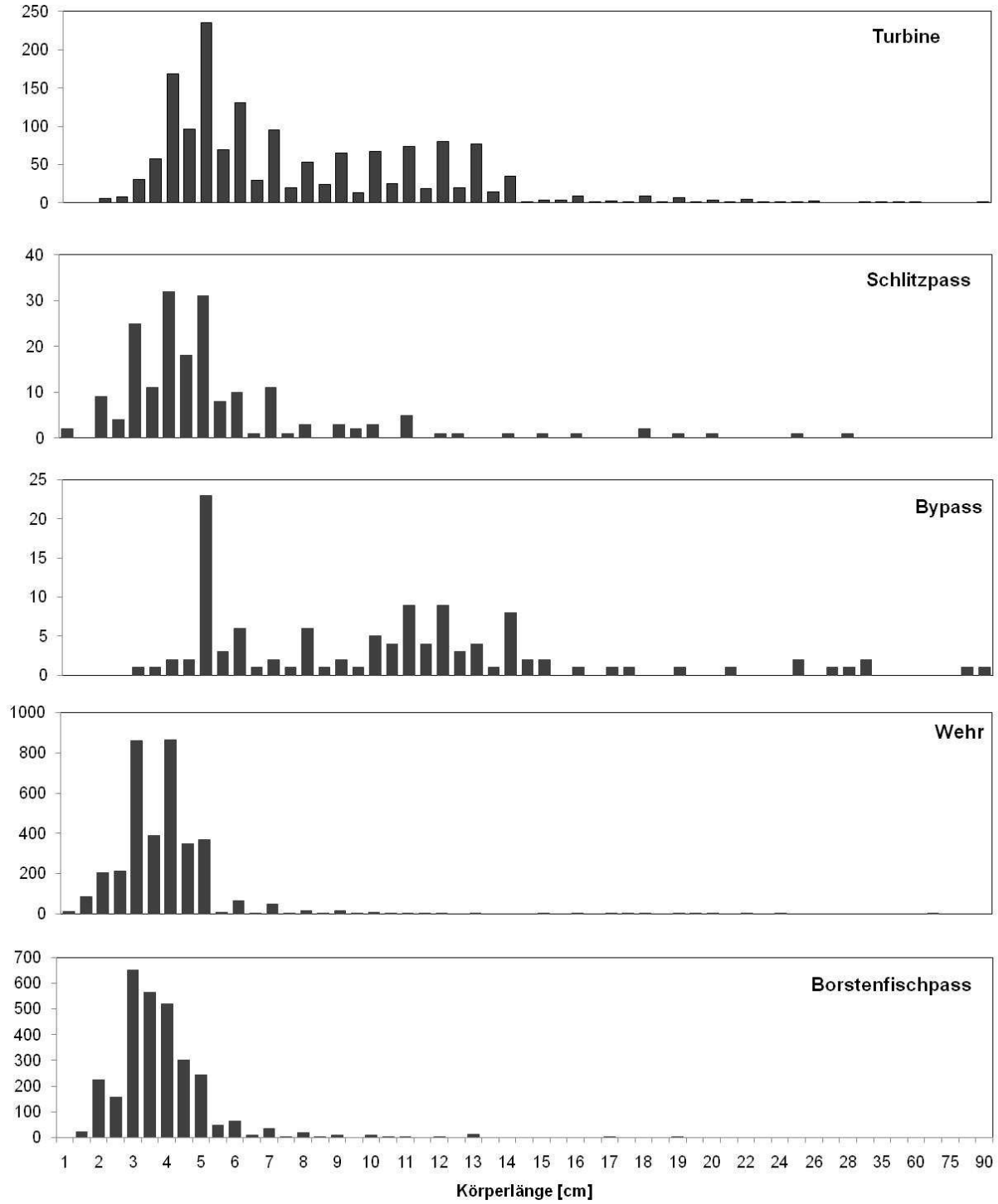



*Abb. 13: Körperlänge der über die verschiedenen Abwanderrichtungen abgestiegenen Fische*

Die Bevorzugung einer Abwanderrichtung war artabhängig.

Tab. 5 zeigt exemplarisch die Aufteilung verschiedener Arten auf die Abwanderrichtung.

*Tab. 5: Prozentuale Aufteilung ausgewählter, häufigerer Arten auf die verschiedenen Abstiegsrichtungen sowie Jungfischanteil am Gesamtfang der jeweiligen Art*

| Bevorzugte Richtung | Fischart | Hamen | Schlitzpass | Bypass | Wehr | BP | Zahl Fische | Anteil 0+Fische |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| / S P \ | Zander | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | **24** | **95,6** |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barbe | 61,22 | 9,18 | 6,12 | 15,31 | 8,16 | **98** | **45,9** |
| | Aal | 55,56 | 0,00 | 33,33 | 11,11 | 0,00 | **9** | **0** |
| | Stichling | 53,08 | 7,99 | 2,91 | 20,22 | 15,81 | **1202** | **50,2** |
| In-differen t | Bachforelle | 41,67 | 16,67 | 41,67 | 0,00 | 0,00 | **24** | **8,7** |
| | Hasel | 51,22 | 4,88 | 0,81 | 12,20 | 30,89 | **123** | **25,2** |
| | Blaubandbärbling | 29,54 | 5,06 | 0,00 | 36,71 | 28,69 | **237** | **36,3** |
| Wehr/BP | Elritze | 16,43 | 3,48 | 0,63 | 33,18 | 46,29 | **633** | **69,4** |
| | Gründling | 13,40 | 0,24 | 1,29 | 48,31 | 36,76 | **3343** | **85,3** |
| | Plötze | 15,00 | 3,89 | 0,00 | 53,89 | 27,22 | **180** | **75,0** |
| | Schmerle | 1,05 | 0,45 | 0,35 | 50,87 | 47,28 | **2003** | **94,61** |

Zander, Barbe und Stichling bevorzugten den Weg Richtung Turbine. Die rel. seltene Bachforelle wählte sowohl den Weg durch die Turbine als auch durch den Bypass. Hasel und Blaubandbärbling zeigten keine eindeutige Bevorzugung einer Wanderrichtung. Gründling, Schmerle und Elritze stiegen am häufigsten über Wehr und Borstenfischpass ab. Prinzipiell ließ sich feststellen, dass bis auf wenige Ausnahmen um so mehr Fische einer Art über Wehr und Bostenfischpass abstiegen, je höher der Anteil an Jungfischen am Gesamtfang dieser Art war.

## 4.3 Funktionalität der Bypasseinrichtung und des Schlitzpasses

Ziel des Projektes war die Evaluierung und Optimierung des Betriebes der Bypasseinrichtung. Hierzu wurden die in Kap. beschriebenen Zustände untersucht. Da der Bypass jedoch entgegen der Erwartungen nur von 1,4 % der Fische genutzt wurde, sind die erfassten Fischzahlen zu gering, um abgesicherte statistische Aussagen treffen zu können.

Für den Vergleich der verschiedenen Betriebszustände konnten auch die beiden abgebrochenen Untersuchungsperioden (KW 42/2010 und KW 42/2011) hinzugezogen werden, da der Gesamtfang an Fischen hier nicht relevant war. Daher standen für die Auswertung insgesamt 66 je 12stündige Untersuchungszeiträume zur Verfügung. Während dieser Zeit steigen 137 Fische über das Bypasssystem ab. Fische aus 11 Arten nutzten den Bypass. Die Dominanzverhältnisse sind Abb. 14 zu entnehmen. Gründling, Stichling und Bachforelle waren demnach am häufigsten durch den Bypass abgestiegen.

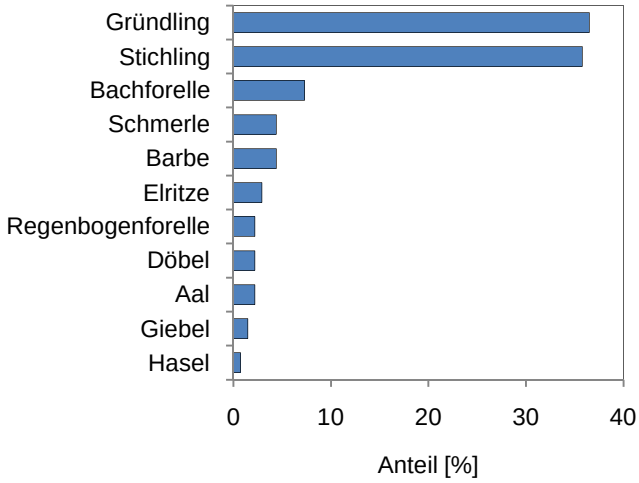



*Abb. 14: Anteil der Fischarten am Gesamtfang im Bypasssystem (n=137)*

Die untersuchten Zustände und ihre durchschnittliche Nutzung durch absteigende Fische sind in Abb. 16 aufgeführt. Aufgrund der geringen Fischzahlen sind die Ergebnisse nicht abgesichert. Bei Betrieb des mittleren Rohres bzw. beider Rohre zusammen scheint sich eine tendenziell häufigere Nutzung zu ergeben.

Auch der Schlitzpass wurde nicht in dem erhofften Maße für die Abwanderung angenommen. Nur 2,3 % der Fische wählten diese Möglichkeit. Insgesamt wurden in 60 UZ 190 Tiere aus 16 Arten erfasst. Die Artenzusammensetzung unterscheidet sich von der des Bypasses (Abb. 15). Der Stichling dominierte mit mehr als 50 % Anteil am Gesamtfang, aber auch Blaubandbärbling und Elritze sowie Schmerle, Barbe und Gründling nutzen den Abstieg häufiger.

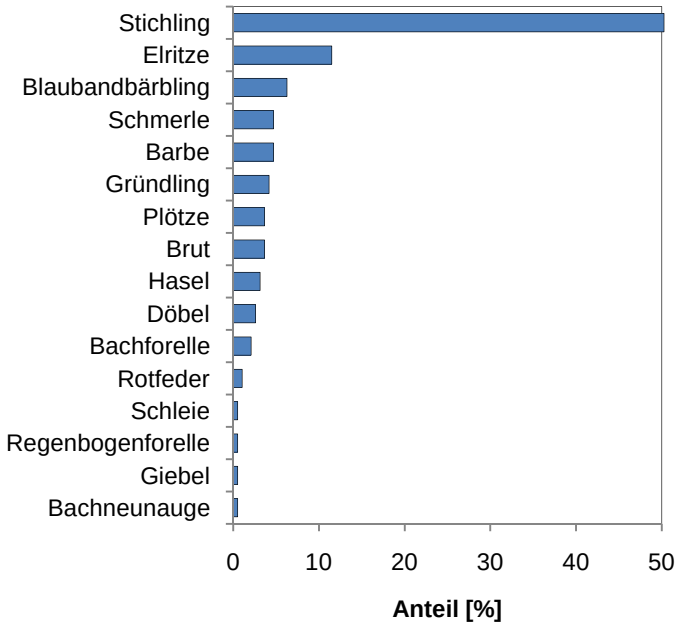



*Abb. 15: Anteil der Fischarten am Gesamtfang im Schlitzpass (n=190)*

Der Schlitzpass war bei Betrachtung der durchschnittlichen Zahl abwandernder Fische pro zwölfstündigem Untersuchungszyklus tendenziell häufiger angenommen worden als der Bypass.

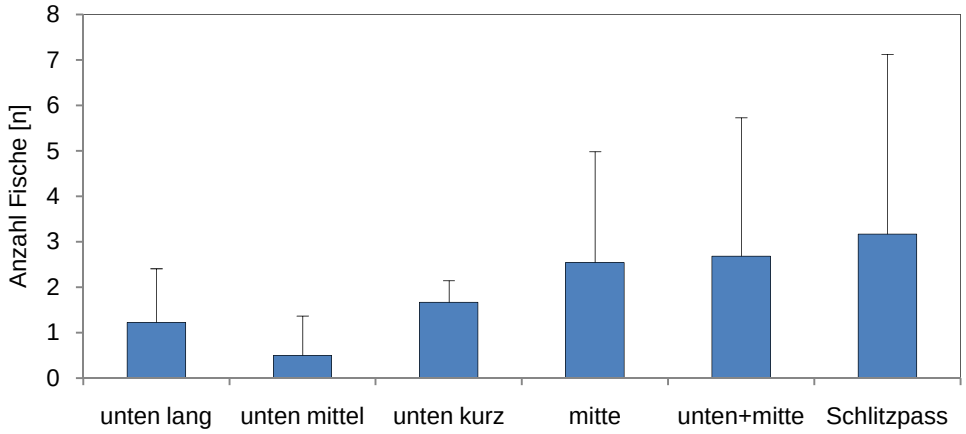



*Abb. 16: Anzahl der Fische pro zwölfstündigem Untersuchungsintervall, Nutzung der unterschiedlichen Varianten des Bypasssystems und des Schlitzpasses. Fehlerbalken: Standardabweichung*

Ursprünglich war es geplant, vergleichend eine Variante mit alleinigem Betrieb des Schlitzpasses zu untersuchen. Im Laufe der Untersuchungen stellte sich jedoch heraus, dass die Fischmenge nur sehr gering war. Deshalb wurde zugunsten einer größeren Fischzahl auf diese Variante verzichtet.
Deutlich unterscheiden sich die Größen der Fische, die die beiden Möglichkeiten nutzten. Während durch den Schlitzpass überwiegend jüngere und kleinere Arten abstiegen, die sich offenbar oberflächennah in der Strömung aufhalten, wurden im Bypass deutlich größere Tiere erfasst. (siehe Abb. 13). Dies spricht für die Abwanderung größerer und älterer Tiere auch in tieferen und mittleren Wasserschichten.

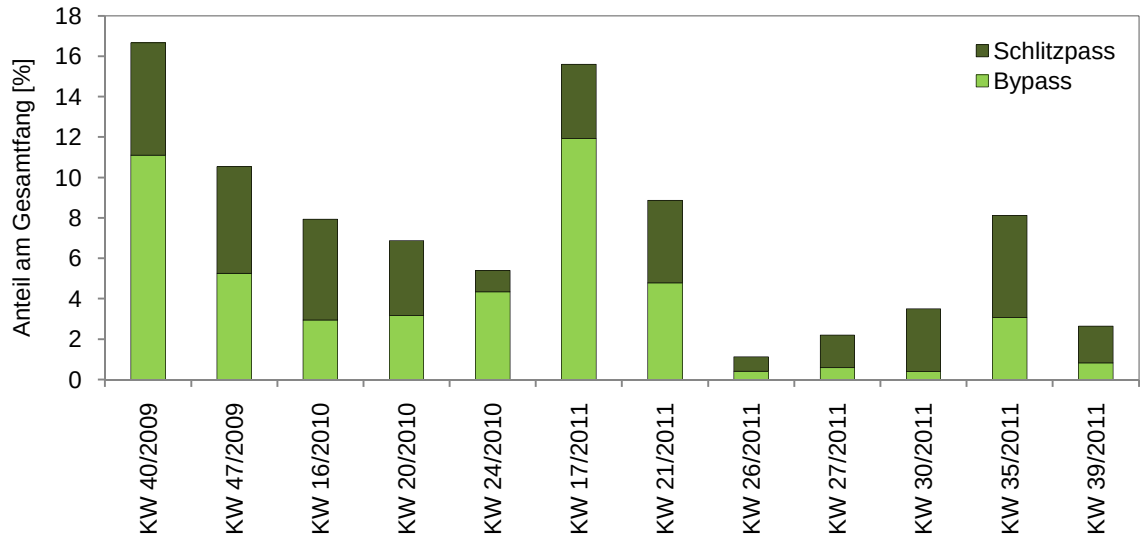



*Abb. 17: Anteil am Gesamtfang der über den Schlitzpass und den Bypass abgewanderten Fische pro Untersuchungszeitraum*

Der Anteil der durch Bypass und Schlitzpass abgeleiteten Tiere am Gesamtfang schwankte stark (Abb. 17). Bei Auftreten von vielen Jungfischen ab Juni 2011 (KW 26/2011) war der Anteil besonders niedrig, da dann wie bereits erläutert, der Weg über Wehr und Borstenfischpass am stärksten genutzt wurde. In den anderen Untersuchungsperioden (in denen allerdings auch die Gesamtfischzahl zum Teil sehr gering war) schwankte der Anteil zwischen 6 und 17%.

Betrachtet man nur die Fische, die am Wehr vorbei Richtung Wasserkraftanlage geschwommen waren, sieht die Ableitungsbilanz etwas günstiger aus. Insgesamt bewegten sich 1885 Fische in der Hauptströmung in Richtung Rechen. Davon konnten 6,2 % durch den Bypass und 10,1 % durch den Schlitzpass abgleitet werden. Zusammengefasst konnten somit ca. 16 % der in Richtung Wasserkraftanlage abgewanderten Fische von der Turbinenpassage abgehalten werden. Vermutlich aufgrund der größeren räumlichen Nähe war der Schlitzpass dabei etwas erfolgreicher als der Bypass. Bis auf 2 Ausnahmen hätten alle Tiere, die den Schlitzpass nutzten, aufgrund ihrer geringen Körpergröße auch den Rechen passieren können. Dies galt auch für den Bypass, jedoch waren hier auch Individuen abgestiegen, die den Rechen nicht hätten passieren können.
Bei Betrachtung der monatlichen Verteilung ist ersichtlich, dass die Ableitungsrate der in Richtung Rechen geschwommenen Fische durch Schlitzpass und Bypass zwischen 10 und 30 % schwankt (Abb. 18).

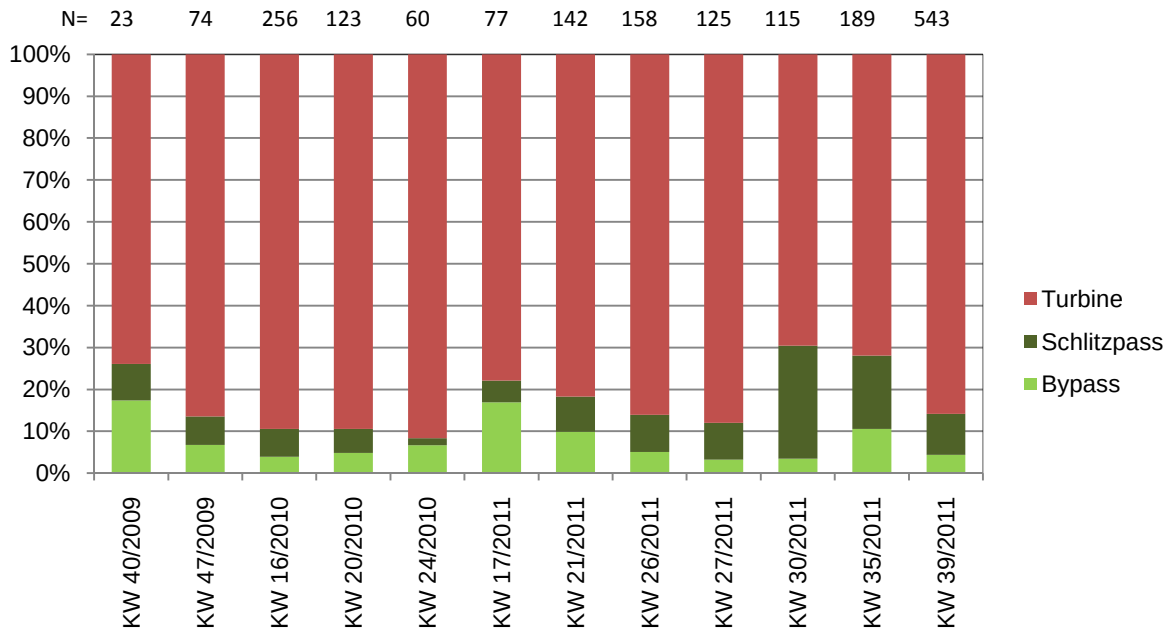



*Abb. 18: Verteilung der Fischabwanderung im Bereich des Turbineneinganges pro Untersuchungszeitraum*

Ursprünglich sollte mit den Modifikationen des Bypasses auch eruiert werden, inwieweit die an der Öffnung auftretende Fließgeschwindigkeit Fische beim Abstiegsverhalten beeinflusst. In der Literatur

finden sich immer wieder Angaben, wonach Fische hohen Sog vermeiden (z. B. [Göh049 [H09] [Sch10]).

Aufgrund baulicher Zwänge war es nicht möglich, das Bypasssystem mit geringeren Fließgeschwindigkeiten als 4,16 m/s zu betreiben. Dies ist bereits ein relativ hoher Sog. Allerdings herrschte im Eingangsbereich des Schlitzpasses eine deutlich geringere Fließgeschwindigkeit. Der Schlitzpass wurde tendeziell etwas besser angenommen, was sich evtl. mit der geringeren Strömung erklären lässt.

Der Sog an der Öffnung der Rohre macht sich erst in unmittelbarer Nähe bemerkbar. Fische, die sich aufgrund der Strömungsverhältnisse annähern, haben ab einer gewissen Annäherung keine Chance mehr, dem Sog zu entgehen. Dies konnte durch Untersuchungen mit einem DIDSON (Dual Frequency Identification Sonar) an einer anderen Wasserkraftanlage bereits visualisiert werden (Schmalz unveröff.). Andererseits gibt es keine weit reichende Strömungsattraktion. Bereits in einer Entfernung von nur 20 cm hat sich die Strömungsgeschwindigkeit z. B. an der mittleren Öffnung schon auf ca. 0,5 m/s verringert. Dies entspricht bereits ungefähr der konkurrierenden Strömungsgeschwindigkeit in Richtung Rechen. In einer Entfernung von 50 cm sind es rein rechnerisch nur noch 0,07 m/s! Schwimmt ein Fisch also in einer Entfernung von nur 0,2-0,3 m an der Öffnung vorbei, gibt es für ihn keine rheotaktische Orientierungsmöglichkeit für das Auffinden der Öffnungen mehr!

Wie [Bla11] an smolts beobachten konnte, ist jedoch auch eine plötzliche Geschwindigkeitsänderung abschreckend. Ob die starke und plötzliche Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit im hier untersuchten Fall noch Zeit für eine Verhaltensänderung bietet, darf zumindest für schwimmschwache Fische bezweifelt werden.

Entscheidend für die Nutzung des Bypasses und des Schlitzpasses für den Fischabstieg ist im Fall Döbritschen die Anordnung. Fische wandern mit der Strömung am Wehr entlang und bewegen sich dabei in mehr oder weniger großer räumlicher Nähe auch am Bypass und Schlitzpass vorbei. Kommen sie diesen Abstiegsmöglichkeiten dabei nah genug, um die von ihnen ausgehenden Strömungsbilder zu bemerken und attraktiv zu finden, wählen sie diesen Weg. Bereits eine Entfernung von weniger als einem Meter reicht aus, um den Einstieg zu verfehlen.

Die geringe Nutzung der zwei Abstiegsmöglichkeiten ist auch durch die relativ großen Stababstände des Rechens bedingt. Für kleinere Fische stellen diese kein Hindernis dar. Wie bereits 2003 und 2005 durch Echolotuntersuchungen belegt wurde [SS07], zögern absteigende Fische vor dem Rechen der WKA Döbritschen kaum, sondern passieren ihn offenbar ohne zu zögern. Daher kommt es nicht zu ausgedehnten Suchbewegungen im Vorfeld des Rechens, wie es mittlerweile bei Rechen mit engeren Stabständen durch Untersuchungen mit einem DIDSON beobachtet werden konnte [Schmalz unveröff.]. Auch das aktive Aufsuchen weiter entfernt gelegener Abstiegsmöglichkeiten konnte

beobachtet werden [Sch10]. In diesem Fall war ein 20 mm Horizontalrechen installiert, der offenbar eine ausführlicheres Suchverhalten auslöste.

Ob akustische Abschreckung durch die Geräuschentwicklung des Bypasses eine Rolle spielt, konnte nicht untersucht werden. Eine Beeinflussung kann nicht ausgeschlossen werden. Allerdings dürfte der Schlitzpass eine wesentlich geringere Geräuschentwicklung aufweisen und ein Meideverhalten aufgrund abschreckender Geräusche erscheint hier von geringer Bedeutung.

Häufig wird bezweifelt, dass Fischaufstiegsanlagen aufgrund der meist vorherrschenden Beckenstrukturen und der damit einhergehenden Turbulenz nicht für den Fischabstieg geeignet sind. Dieser Aspekt wurde in Döbritschen nicht untersucht. Die Ergebnisse von [Sch10] belegen jedoch die Durchwanderung bis zum unterwasserseitigen Austritt der FAA, da die Fangtechnik an dieser Stelle installiert wurde. Auch in natürlichen Gewässern, besonders im Oberlauf kommen turbulente Zonen vor, die Fische beim Abwandern überwinden müssen.

Abschließend wird trotz der aufgeführten Einschränkungen die Empfehlung gegeben, das Bypasssystem mit beiden Öffnungen und dem geringsten bodennahen Sog weiter zu betreiben. Obwohl rein rechnerisch der Anteil hier absteigender Fische nur relativ gering ist, ist der Bypass vor allem für größere und bodennah bzw. in mittleren Schichten abwandernde Fische eine wichtige Möglichkeit des Abstieges. Er erfüllt daher im gesamten Abstiegssystem der Wasserkraftanlage eine wichtige Rolle. Weitere Optimierungsmöglichkeiten am Bypass sind nicht möglich.

### 4.4 Anmerkungen zur Methodik

Die gewählte Methodik für den Fischfang beeinflusst zu einem gewissen Grad die Ergebnisse. Der Hamen war aufgrund seiner im vorderen Fangteil hohen Maschenweiten für kleine Fische durchlässig. Es wird vermutet, dass die in der Strömung vibrierenden Netzblätter eine Abschreckung bewirken, allerdings kann nicht von einer 100%igen Fängigkeit ausgegangen werden. Zudem war eine Einwanderung aufsteigender Fische nicht auszuschließen. Im Monat Juni war dies bei Elritzen zu beobachten. Die tagsüber im Hamen gefangenen Elritzen wurden daher nicht in die Fänge einbezogen. Der Vergleich mit den anderen Reusen, in die eine Einwanderung von unten ausgeschlossen war, konnte dabei Hinweise auf das Vorkommen von Fischen liefern, die tagsüber im Hamen auftauchten. Für die Einschätzung der tatsächlich durch die Turbine absteigenden Fische steht derzeit keine andere Methode zur Verfügung.

In den anderen Reusen ist eine Abschreckung durch die Fanggeräte nicht auszuschließen. Es herrschte überall eine geringe Fließgeschwindigkeit am Reuseneingang, die den Fischen das Verlassen des Reusenvorhofes ermöglichte. Diese Fangeffekte können nicht quantifiziert werden.

Die Methodik ist jedoch geeignet, um die Vergleichbarkeit sowohl mit den früher gewonnen Daten in Döbritschen als auch mit den beiden weiteren vergleichenden Untersuchungen [LR06], [Sch10] zu gewährleisten, da diese Effekte auch bei diesen Arbeiten auftreten konnten.

Bei Abflüssen über 22 m³/s wurde zunehmend Wasser über das Wehr abgegeben, was nicht mehr beprobt werden konnte. Dieser Zustand war bei 3 der 12 Untersuchungsperioden gegeben. Der registrierte Abstieg über das Wehr ist in diesem Untersuchungsperioden unterrepräsentiert.

Die Daten zeigten auch deutlich, dass es sehr wichtig ist, längere Zeiträume zu beproben. Insbesondere das Auftreten von Jungfischen kann von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich sein. Abstiegsuntersuchungen sollten immer in Monaten mit Jungfischaufkommen und zusätzlich in den Monaten mit Abstieg der Zielfischarten durchgeführt werden. Ein vier- bis fünftägiger Untersuchungszyklus pro Monat ist dabei ausreichend für eine Einschätzung der Abwandertendenzen.

## 4.5 Elektrobefischung

Bei der am 18.11.2010 durchgeführten Befischung des Oberwassers wurden nur 31 Tiere aus 5 Arten auf einer befischten Gewässerlänge von 1000 m (2 Uferbefischungen a 500 m) erfasst. Am häufigsten kam dabei der Gründling vor. Ein Vergleich mit den Abstiegsdaten ist aufgrund der geringen Datenlage nicht sinnvoll.

Bei Elektrobefischungen im Unterwasser während der Kontrollen des Fischaufstieges 2009/2010 wurden 12 Arten erfasst. Alle Arten, die bei den Befischungen festgestellt wurden, kamen auch im Fischabstieg vor.

## 4.6 Filmaufnahmen

Um das Verhalten der Fische direkt vor dem Bypass und evtl. auch vor dem Schlitzpass und dem Rechen aufzuzeichnen, war es geplant, während 2 Nächten Filmaufnahmen vor diesen Öffnungen zu machen. Der erste Versuch wurde in der Kalenderwoche 42/2010 (Oktober) unternommen. Es konnten dabei keine Fische erfasst werden. Zudem mussten die Untersuchungen wegen zu hohem Laubaufkommen abgebrochen werden.

Aufgrund terminlicher Zwänge konnte erst im Oktober 2011 der nächste Versuch unternommen werden. Zu diesem Zeitpunkt war bereits klar, dass über den Bypass nur eine sehr geringe Fischabwanderung zu verzeichnen war. An dieser Stelle wurden 2 Stunden lang permanent Aufzeichnungen durchgeführt. Weitere Aufzeichnungen fanden vor dem Rechen und der Öffnung des Wehres statt.

Leider konnten in diesem Zeitraum keine absteigenden Fische im Bereich des Bypasses gesichtet werden. Durch die Filmaufnahmen konnten aber deutlich die Strömungsverhältnisse mit der

schnellen Erhöhung der Fließgeschwindigkeit im Nahbereich visualisiert werden (Foto 57). Am Wehr konnten Filmaufnahmen mehrerer kleiner abstiegswilliger Fische gemacht werden (Foto 55). Sehr interessant war dabei das Verhalten. Die Fische näherten sich mit dem Schwanz voraus sehr vorsichtig an bevor sie sich abtreiben ließen. Einige Tiere schwammen auch gleich wieder in Richtung Oberwasser. Dies belegt, dass der Abstieg zumindest an dieser Stelle ein aktiver Vorgang ist, der nicht durch Abdriften erfolgt. Die Tiere, nachweislich auch Jungfische, können sich dem Abstieg aktiv entziehen.

Am Rechen konnten nur ganz kurze Sequenzen aufgezeichnet werden, die keinen Schluss hinsichtlich des Verhaltens zulassen (Foto 56).

Eine DVD liegt dem Bericht bei.

Die Filmaufnahmen waren nicht so erfolgreich wie erhofft. Aufgrund des geringen Abstieges über den Bypass war die Chance, hier absteigende Fische zu filmen zu gering. Die Rechenfläche war zu groß um eine angemessene Fläche über einen größeren Zeitraum zu beobachten. Die Möglichkeit, das Rechenvorfeld mit Hilfe eines DIDSON zu untersuchen war bei Antragstellung noch nicht gegeben und konnte leider im Projektverlauf nicht mehr umgesetzt werden. Mit dieser Möglichkeit hätten sich vermutlich weiterführende Aussagen erzielen lassen.

Die filmische Erfassung der Freilandarbeiten konnte nicht durchgeführt werden. In der Nacht vor den geplanten Aufnahmen wurde die Hamen-Fangtechnik durch zu hohen Wasserdruck zerstört (Foto 58, Foto 59).

## 4.7 Vergleich mit den Daten 2003 bis 2005

In den Jahren 2003/2004 und 2005 wurden bereits umfangreiche Untersuchungen zum Fischabstieg an der WKA Döbritschen durchgeführt. Dabei stand bis 2005 nur der Weg durch die Turbine als Abwanderrichtung zur Verfügung. Erst 2005 wurden der Borstenfischpass, in Verbindung damit die Restwasserabgabe über das Wehr und der bodennahe Bypass in Betrieb genommen.

2003/2004 wurden 12 Untersuchungszyklen nach der beschriebenen Methodik absolviert. Die Dynamik der Abwanderung glich der der aktuellen Erhebung. Der Schwerpunkt der Fischabwanderung lag ebenfalls im Sommer/Frühherbst. Auch im Winter wurden abstiegswillige Fische registriert. Der Fokus dieser Untersuchungen lag auf der Evaluierung der durch die Turbine verursachten Fischschäden. Es konnte festgestellt werden, dass 79 % der Fische die Turbine unverletzt passierten. Die durch die Turbine verursachte Mortalität lag bei 8,7 %.

Die Verteilung der Fischabwanderung auf die 4 möglichen Wege, die ab 2005 zur Verfügung standen wurde durch vergleichende Untersuchungen in den Monaten Mai, Juni und Oktober erfasst (Abb. 19). Dabei waren nur sehr wenige Fische durch den Borstenfischpass und kein einziger Fisch über das

Wehr abgewandert. Der Hauptteil nutzte weiterhin den Weg durch die Turbine. Ca. 10 % ließen sich durch den bodennahen Bypass ableiten.

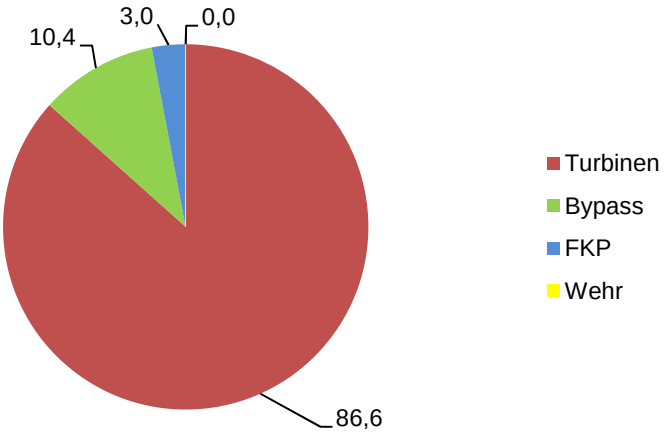



*Abb. 19: Verteilung der Fischabwanderung im Bereich der Wasserkraftanlage Döbritschen im Jahr 2005 (n= 635)*

Bei diesen Erfassungen wanderten, im Vergleich zu den aktuellen Untersuchungen jedoch kaum 0+-Fische ab. Daher erklärt sich die geringe Nutzung des Borstenfischpasses. Die Gründe für die Vermeidung des Wehres sind mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Art der Wasserabgabe zu finden. Während 2005 nur das oberste Brett des Wehraufsatzes entfernt wurde und das Wasser somit einen Überfall bildete (Abb. 20), war ab 2009 der gesamte Bretteraufsatz entfernt worden, so dass die Fische im Bodenbereich ungehindert abwandern konnten (Abb. 21, Foto 53).

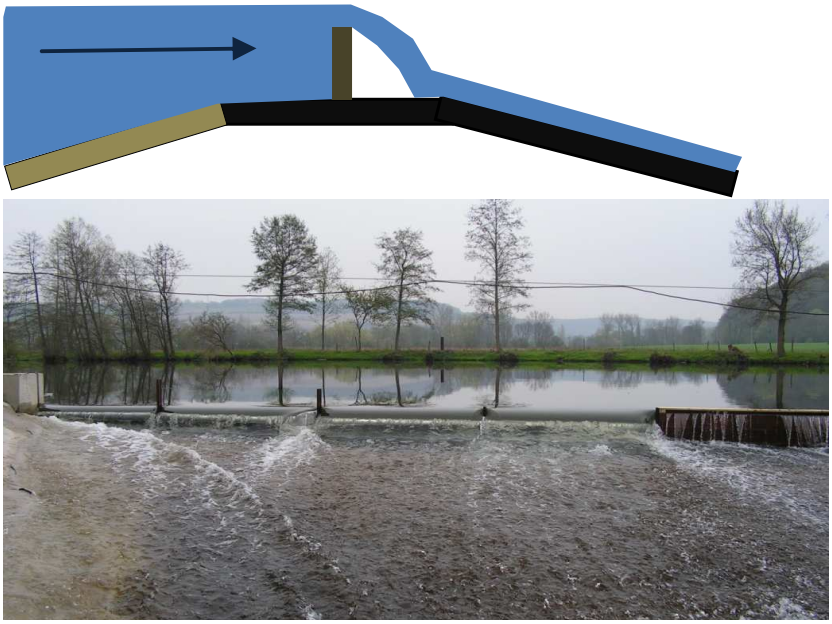


*Abb. 20: Restwasserabgabe währen der Untersuchungen 2005 (Grafik: Längsschnitt)*

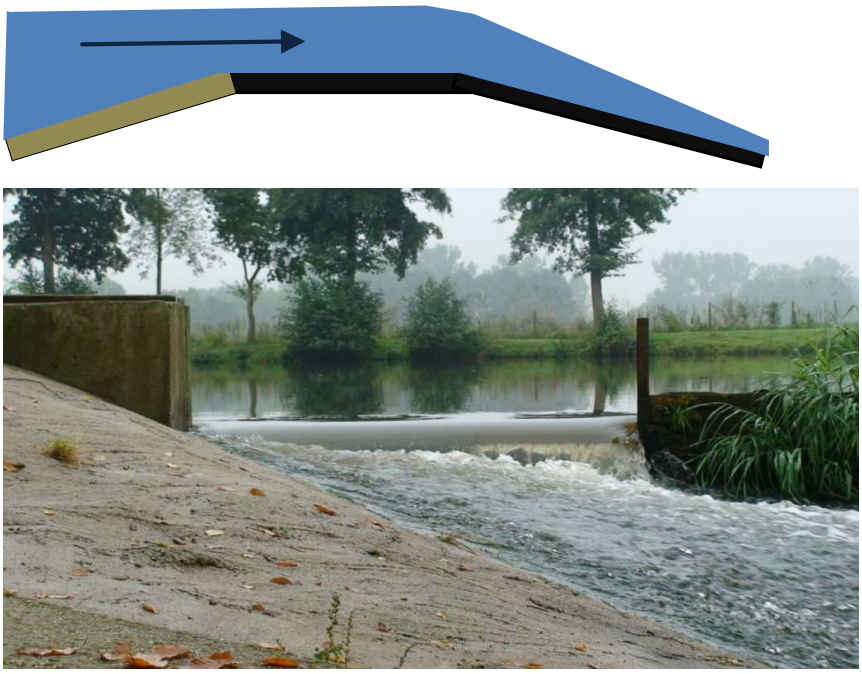


*Abb. 21: Restwasserabgabe währen der Untersuchungen 2009-2011 (Grafik: Längsschnitt)*

Akustische Messungen (unveröff.) aus dem Jahr 2005 zeigten, dass von dem Überfall eine starke Geräuschentwicklung ausging. Dies und die vermutlich nicht attraktiven Strömungsverhältnisse führten zur Vermeidung dieses Abwanderweges. Auch das Entfernen des obersten Brettes des Freischussschützes, in dem sich der bodennahe Bypass befindet, führte nicht zur Abwanderung über diese Möglichkeit. Beobachtungen von Blasel [Bla11] an Lachssmolts belegen die starke Verzögerung der Abwanderung an Überfällen. Ein Überwinden ist möglich, wird aber nur bei Fehlen einer alternativen Abwandermöglichkeit angenommen.

Die Änderung der Betriebsweise erbrachte an dieser Stelle eine deutliche Steigerung der Abwanderzahlen. Auch in Zeiten, in denen keine Jungfische abstiegen, wurden abwandernde Tiere erfasst, darunter auch ein Aal. Es wird vermutet, dass das Wehr bei erhöhtem Durchfluss, bei dem sukzessive die Wehrfelder geöffnet werden, den weitaus wichtigsten Bereich zur Abwanderung an der WKA Döbritschen darstellt.

Die Zusammensatzung der Fischfauna hat sich im Verlauf der Jahre deutlich geändert. Im Folgenden werden die Fänge 2003/2004 und 2009-2011 verglichen. Während zu Beginn der Untersuchungen der Gründling deutlich dominierte, waren die Abundanzverhältnisse 2009-2011 ausgeglichener.

In Tab. 6 sind die Anteile am Gesamtfang aufgelistet. Bei den aktuellen Untersuchungen kamen 5 Arten hinzu (Bachneunauge, Giebel, Karpfen, Kaulbarsch, Ukelei), eine Art wurde nicht mehr gefunden (Äsche). Die starke Dominanz des Gründlings wurde etwas abgeschwächt, dafür kamen Schmerle und Stichling häufiger vor. Der Anteil der gefangenen Hasel war etwas geringer. Erfreulich ist die Zunahme des Elritzenbestandes.

*Tab. 6: Anteil der Arten am Gesamtfang während der Untersuchungen zum Fischabstieg 2003/2004 und 2009-2011. Gelb hinterlegt sind Arten, die einen Abundanzanteil von mehr als 1 % aufweisen*

| Art | 2003/2004 | 2009-2011 |
|---|---|---|
| Aal | 0,10 | 0,11 |
| Äsche | 0,02 | |
| Bachforelle | 0,10 | 0,29 |
| Bachneunauge | | 0,07 |
| Barbe | 1,07 | 1,18 |
| Blaubandbärbling | 0,02 | 2,85 |
| Brut | | 2,94 |
| Döbel | 0,14 | 0,91 |
| Elritze | 0,02 | 7,63 |
| Flussbarsch | 0,02 | 0,02 |
| Giebel | | 0,43 |
| Goldfisch | 0,01 | 0,01 |
| Gründling | 69,29 | 40,18 |
| Hasel | 12,00 | 1,48 |
| Hecht | 0,38 | 0,07 |
| Karausche | 0,01 | 0,07 |
| Karpfen | | 0,01 |
| Kaulbarsch | | 0,05 |
| Plötze | 5,99 | 2,20 |
| Regenbogenforelle | 0,02 | 0,12 |
| Rotfeder | 0,07 | 0,32 |
| Schleie | 0,04 | 0,13 |
| Schmerle | 1,21 | 24,07 |
| Stichling | 9,45 | 14,46 |
| Ukelei | | 0,06 |
| Wels | 0,02 | 0,02 |
| Zander | 0,04 | 0,29 |

Bei den aktuellen Untersuchungen wurden keine Erhebungen zu turbinenbedingten Fischschäden durchgeführt. Es ist jedoch plausibel, die 2003/2004 gewonnenen Ergebnisse zur Mortalität und zur Verletzungsrate auf die aktuelle Abwanderung anzuwenden, da es hinsichtlich der Rahmenbedingungen wie Rechenstababstand, Turbinenbetrieb etc. keine Veränderungen im Umfeld der WKA gab. Rein rechnerisch wurden deshalb im Untersuchungszeitraum 2009-2011 nur noch 3,6 % der insgesamt abwandernden Fische durch die Turbine geschädigt und nur 1,64 % getötet.

Im diesem Bereich der Saale sind außer dem Aal keine weiteren Wanderfischarten anzutreffen, daher können keine Aussage über die Wahl der Abwanderrichtungen oder über die Schädigung z. B. von juvenilen Lachsen getroffen werden. Die Anzahl erfasster Aale ist zu gering, um fundierte Aussagen treffen zu können. Im gesamten Projektzeitraum 2003-2011 wurden nur 27 Exemplare erfasst. Von diesen wurden 2 nichtletal geschädigt. Von den 2009 bis 2011 9 abgewanderten Exemplaren wählten die meisten den Weg durch die Turbine (Foto 54), aber auch der bodennahe Bypass (3 Tiere) und das Wehr (1 Tier) wurden genutzt. Aufgrund der Beschränkungen der Fangtechnik bei hohen Durchflüssen war es nicht möglich, Zeiten erhöhten Aalabstieges (hohe Durchflüsse im Herbst) zu beproben.

## 4.8 Öffentlichkeitsarbeit

Die Ergebnisse des Fischabstieges wurden am 25.2.2012 auf der Tagung „Fischartenschutz und Gewässerökologie“ vorgestellt. Dabei wurden nicht nur die Ergebnisse des vorliegenden Berichtes, sondern vergleichend auch die der früheren Untersuchungen zum Fischabstieg vorgestellt.

Da der Wasserkraftanlagenstandort Döbritschen auch als Kanu- und Radwanderrastplatz genutzt wird, kam es im Verlauf der Untersuchungen immer wieder zu Kontakten zu interessierten Gästen (Foto 60), denen das Ziel der Untersuchungen erläutert werden konnte. Regelmäßig wurden Schulklassen und Jugendgruppen in die Thematik eingeführt.

Ursprünglich war geplant, die Filmaufnahmen ebenfalls zur Öffentlichkeitsarbeit zu verwenden, aufgrund der zu geringen Erfolge konnte dies jedoch nicht verwirklicht werden. Eine Anfrage an das mdr-Fernsehen zur Ausstrahlung eines Fernsehbeitrages wurde abschlägig beschieden.

Da die WKA Döbritschen mittlerweile in sehr vielen Aspekten des Fischwechsels und der ökologischen Durchgängigkeit untersucht wurde, ist es geplant, alle Ergebnisse in Form eines Buches zusammenzufassen.

# 5 Fazit

Ziel des Projektes war die Evaluierung und Optimierung des Bypassbetriebes an der Wasserkraftanlage Döbritschen. Mittels Variation der Höhe der Einstiegsöffnungen und der jeweils herrschenden Fließgeschwindigkeit sollte die optimale Betriebsweise gefunden werden. Aufgrund der geringen Zahl durch das System absteigender Fische konnte keine abgesicherten Aussagen zum Betrieb des Bypasses getroffen werden. Tendenziell stiegen mehr Fische ab, wenn auch die Möglichkeit des Abstieges in mittleren Wassertiefen angeboten wurde. Der Schlitzpass als oberflächennahe Abwandermöglichkeit wurde etwas häufiger zur Abwanderung genutzt. Eine Auswirkung unterschiedlicher Fließgeschwindigkeiten auf den Erfolg des Systems konnte nicht sicher festgestellt werden. Sowohl an den Öffnungen mit hoher Fließgeschwindigkeit (Bypassöffnungen) als auch an denen mit geringer Fließgeschwindigkeit (Schlitzpass) war die Zahl abgeleiteter Fische relativ gering. Insgesamt konnten aber dennoch ca. 17% der Richtung WKA geschwommenen Fische vor der Turbinenpassage geschützt werden. Damit ist das im Antrag anvisierte Ziel von ca. 20-30 % abzuleitenden Fischen fast erreicht.

An der Wasserkraftanlage Döbritschen sind die Möglichkeiten der einfachen und kostengünstigen Optimierung des Fischabstieges ausgeschöpft. Weitere Verbesserungen können nur noch durch Verbesserung der Rechentechnik (z. B. engere Stababstände, horizontale Stäbe) erzielt werden. Da die Schädigungsrate potamodromer Fische an der WKA jedoch sehr gering ist, wird eine weitere Verbesserung erst mit Wiederansiedlung anadromer Arten empfohlen.

Obwohl die Ergebnisse nicht voll den Erwartungen entsprachen, konnten im Verlauf der Untersuchungen wichtige allgemeine Erkenntnisse zum Fischabstieg gewonnen werden. Sie sind überwiegend auf andere Wasserkraftanlagenstandorte übertragbar. Sie können wie folgt zusammengefasst werden:

- Jungfische sind der Hauptanteil abwandernder Fische.
- Jungfische wandern bevorzugt im Randbereich der Strömung ab.
- Jungfische wandern eher oberflächennah ab.
- Das Auffinden einer Abwanderungsöffnung wird in erster Linie durch die groß- und kleinräumige Anordnung bestimmt. Je näher ein Fisch an einer Abstiegsmöglichkeit vorbeischwimmt, bzw. hingeleitet wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Abstieg angenommen wird.
- Der Zeitraum der Abwanderung, die Wahl der Abwanderrichtung und die Wahl der Wasserschicht sind art- und altersabhängig.
- Bereits kleine Veränderungen an Abwandermöglichkeiten können eine große Auswirkung auf die Annahme als Abwanderweg haben.

- Überfälle über Bretter, Schütze, Mauern etc. sollten in Abstiegsanlagen unbedingt vermieden werden.

Bezüglich der Erkenntnisse zum Betrieb und der Anordnung eines nachgerüsteten Bypasssytems können folgende Aussagen getroffen werden.

- Der Abstiegsbypass muss so nah wie möglich am Rechen angeordnet sein. Bereits eine Entfernung von wenigen Metern kann zur Nichtannahme führen.
- Ein rohrförmiges Bypasssystem wird von Fischen angenommen.
- In bodennahen und mittleren Wasserschichten ist die Verklausungsgefahr gering, wenn kein zusätzliches Material z. B. durch die Rechenreinigung in die Nähe der Öffnungen transportiert wird.
- Abstiegsmöglichkeiten müssen in allen Wasserschichten (bodennah, Mitte, oberflächennah) angeboten werden.
- Die abgeführte Wassermenge ist nicht entscheidend für den Erfolg.
- An jedem Standort sollten alternative Abstiegsmöglichkeiten z. B. am Wehr geprüft und evtl. eingerichtet werden. Auch hier ist die Lage bezüglich der Hauptströmung und die Möglichkeit einer überfallfreien Wasserabgabe entscheidend.
- Obwohl es keine abgesicherten Ergebnisse hierzu gibt, sollten Abstiegsmöglichkeiten gewählt werden, die möglichst eine geringe Geräuschentwicklung aufweisen.

Prinzipiell muss an bestehenden Anlagen immer im Einzelfall und nach genauer Prüfung der Komponenten entschieden werden, welche Möglichkeiten der Nachrüstung bestehen.

# 6 Literatur


[ATV04] ATV-DVWK (2004): *Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle*.

[BMU09] Kurzüberblick zur Wasserkraftnutzung in Deutschland, 2 S., www.erneuerbare-energien.de

[Flo05] Ingenieurbüro Floecksmühle (2005): *Handbuch Querbauwerke*

[Glu07] *Kombinierter Fisch- und Treibgutableiter für Wasserkraftanlagen*. Wasser und Abfall 7-8, 38-43

[Göh04] GÖHL, C (2004): *Bypasseinrichtung zum Abstieg von Aalen an Wasserkraftanlagen*. – Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Nr. 98.

[HH09] HASSINGER, R.; HÜBNER, D. (2009): *Entwicklung eines neuartigen Aal-Abstiegssystems mithilfe von Laborversuchen*. - Korresp. Wasserwirtsch. Jg. 2, Nr. 5 (DWA)

[HDT08] HARTVICH, P.; DVORAK, P.; TLUSTLY, P.; VRANA, P.(2008): *Rotation Screen Prevents Fish Damage In Hydroelectric Power Station*. Hydrobiologia Vol 609/1, 163-176

[LR06] LECOUR, C; RATHKE, P.-C. (2006): *Abwanderung von Fischen im Bereich von Wasserkraftanlagen*. - Binnenfischerei in Niedersachsen Heft 8

[Rat05] RATHKE, P.-C. (2005): *Abwanderungsverhalten von Fischen im Bereich von Wasserkraftanlagen in der Oker. Abschlussbericht: Aal- und Lachswanderung 2004*. Unveröff. Bericht im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie

[Rot09] http://www.hydroenergie.de/wka-sophienwehr

[Sch10] SCHMALZ, W. (2010): Abschlussbericht im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie

[Sch11] SCHMALZ, M. (2011): *Durchführung systematischer Untersuchungen zur Konzeption funktionsgerechter Wanderhilfen im Bereich von Wasserkraftanlagen am Beispiel der Wasserkraftanlage Camburg/Döbritschen (Thüringen)*. - Abschlussbericht des DBU geförderten Projektes/Phase 2 Az. 18364/02

[SS07] SCHMALZ, W.; SCHMALZ, M. (2007): *Durchführung systematischer Untersuchungen zur Konzeption funktionsgerechter Wanderhilfen im Bereich von Wasserkraftanlagen am Beispiel der Wasserkraftanlage Camburg/Döbritschen (Thüringen)*. - Abschlussbericht des DBU geförderten Projektes Az. 18364/01

[Wag09] WAGNER; F. (2009): *Temperaturregime der Saale unterhalb der Talsperren in Thüringen – Konsequenzen für die Fischfauna?* – Artenschutzreport, Heft 24/2009. S. 12 – 17

# 7 Danksagung

Ich möchte mich bei folgenden Personen bedanken:

- Bei Herrn Hans-Ullrich Graf, dem Betreiber der Wasserkraftanlage, für seine Bereitschaft, die aufwändigen Untersuchungen durchführen zu lassen.
- Bei Herrn Achim Lobenstein, der die WKA betreut und rund um die Uhr bei Problemen zur Verfügung stand.
- Beim Team des Hydrolabor Schleusingen, Herrn Jens Sauerwein, Herrn Christian Kohout und Herrn Wolfgang Härtel, die sich um die technischen Probleme kümmerten
- Bei Herrn Norman Schleitzer für seinen unglaublichen Sachverstand für die Fischereitechnik und seine besonnene Art bei allen anderen Problemen und Problemchen.
- Bei den Praktikanten und Diplomanden Hannah Schäfer, Claudia Hauthal, Andre Stockmann, Michael Schmelzer, Florian Knauer und Oliver Rohde für die Hilfe bei den Abstiegsuntersuchungen, bei der Dateneingabe und –auswertung sowie dem Auslesen des Makrozoobenthos.
- Bei den Betreibern des Rastplatzes Fam. Rothe für die Übernachtungsmöglichkeiten und die Nutzung der sanitären Anlagen.
- Bei meinem Mann für fachliche Diskussionen über Fische auch noch spät abends, seine Hinweise für die Details der Untersuchungen, sein Einspringen bei Personalmangel und sein Mut-Machen; und bei meiner ganzen Familie für ihre Unterstützung und ihr Verständnis.

# Anhang 1: Verzeichnis der gefangenen Fischarten

*Tab. 7: Lateinische Artnamen der gefangenen Fischarten und Vorkommen*

| **Deutscher Name** | **Lateinischer Name** |
|---|---|
| **Neunaugen** | ***Petromyzontidae*** |
| Bachneunauge | *Lampetra planeri* |
| **Flussaale** | **Anguillidae** |
| Aal | *Anguilla anguilla* |
| **Lachsfische** | **Salmonidae** |
| Bachforelle | *Salmo trutta* |
| Regenbogenforelle | *Oncorhynchus mykiss* |
| **Karpfenfische** | **Cyprinidae** |
| Barbe | *Barbus barbus* |
| Blaubandbärbling | *Pseudorasbora parva* |
| Döbel, Aitel | *Leuciscus cephalus* |
| Elritze | *Phoxinus phoxinus* |
| Giebel | *Carassius gibelio* |
| Gründling | *Gobio gobio* |
| Hasel | *Leuciscus leuciscus* |
| Karausche | *Carassius carassius* |
| Karpfen | *Cyprinus carpio* |
| Plötze, Rotauge | *Rutilus rutilus* |
| Rotfeder | *Scardinius erythrophthalmus* |
| Ukelei | *Alburnus alburnus* |
| Schleie | *Tinca tinca* |
| Goldfisch | *Carassius gibelio* |
| **Plattschmerlen** | ***Balitoridae*** |
| Schmerle | *Barbatula barbatula* |
| **Stichlinge** | ***Gasterosteidae*** |
| Dreistachliger Stichling | *Gasterosteus aculeatus* |
| **Hechte** | ***Esocidae*** |
| Hecht | *Esox lucius* |
| **Echte Barsche** | ***Percidae*** |
| Flussbarsch | *Perca fluviatilis* |
| Kaulbarsch | *Gymnocephalus cernuus* |
| Zander | *Stizostedion lucioperca* |
| **Welse** | ***Siluridae*** |
| Wels | *Silurus glanis* |

# Anhang 2: Fotodokumentation

*Foto 1: Gebäude der Wasserkraftanlage Döbritschen vom Oberwasser aus gesehen*

*Foto 2: Rechenanlage der WKA Döbritschen*

*Foto 3: Rechen mit Rechenreiniger*

*Foto 4: Wehr der WKA Döbritschen, am rechtsseitigen Ufer befindet sich der Borstenfischpass*

*Foto 5: Betonwehr mit Bretteraufsatz, Blick Richtung Wasserkraftanlage*

*Foto 6: geöffnetes Nadelwehr*

*Foto 7: Blick auf das Wehr und den oberen Teil des Mutterbettes*

*Foto 8: Blick auf das Mutterbett nach flussab*

*Foto 9: Turbinenkanal, Turbulenzzone unterhalb des Wasseraustritts*

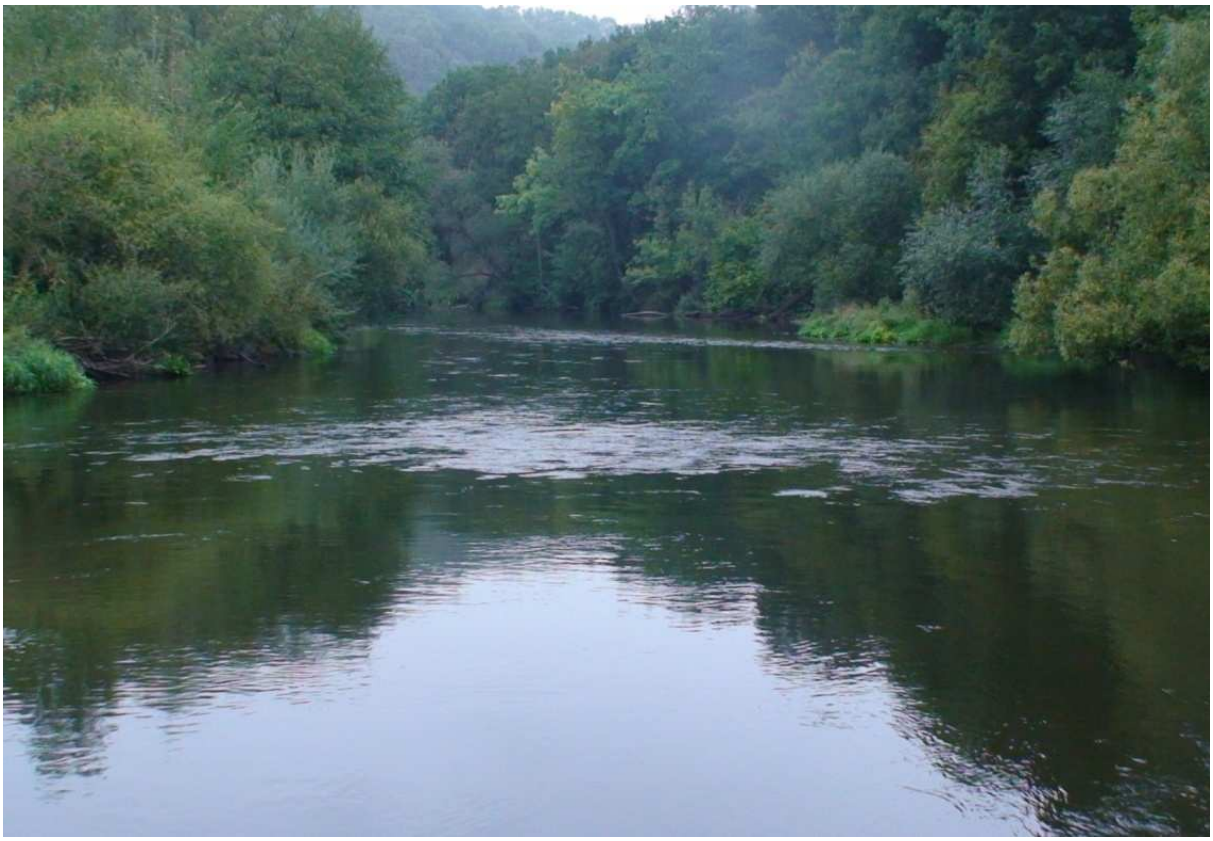


*Foto 10: Vereinigte Saale, Blick nach flussab*

*Foto 11: geöffnetes Wehrfeld für die Restwasserabgabe*

*Foto 12: Verstärkung der Leitströmung des Borstenfischpasses(rechts) durch die Restwasserabgabe*

*Foto 13: Borstenfischpass in Betrieb*

*Foto 14: Schlitzpass*

*Foto 15: Auslauf des Schlitzpass in den Turbinenkanal*

*Foto 16: Sichtscheibe des Schlitzpasses*

*Foto 17: Einlauf des Schlitzpasses*

*Foto 18: Einbau des bodennahen Bypassrohres in das Schütz des Leerschusses 2005*

*Foto 19: Bypassrohr im Leerschusskanal*

*Foto 20: Bypass in Betrieb*

*Foto 21: Einbau des mittleren Bypassrohres und Erneuerung des Schützes*

*Foto 22: Die Öffnungen des Bypasssystems können separat mit Schiebern verschlossen werden. Zu sehen ist auch die Befestigungsschiene für die Kameratechnik*

*Foto 23: Einsetzen des Schützes*

*Foto 24: Auslaufbereich des Freischusskanals*

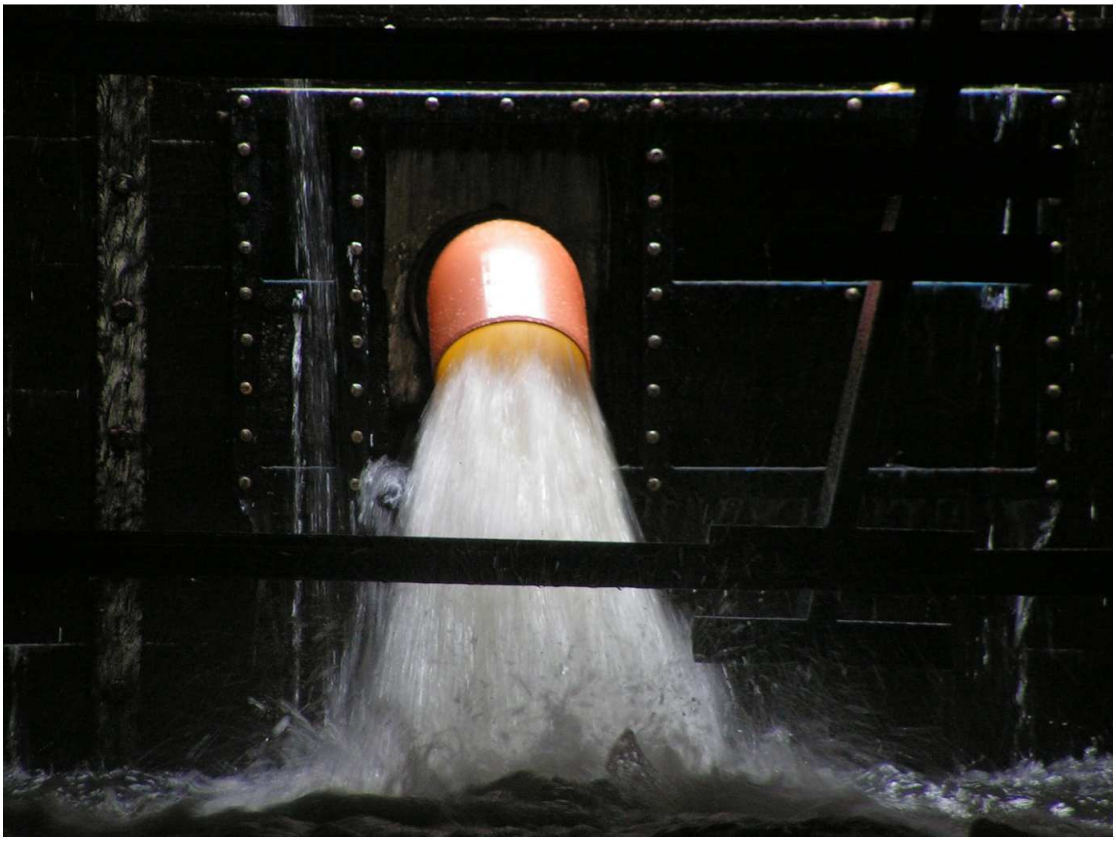


*Foto 25: mittlere Öffnung in Betrieb*

*Foto 26: beide Bypassöffnungen in Betrieb*

*Foto 27: Installation des unteren Rohres des bodennahen Bypassystems*

*Foto 28: Betrieb des mittleren Rohres des bodennahen Bypasssystems*

*Foto 29: Überströmung des Freischussschützes*

*Foto 30: Hamen vor dem Einsatz*

*Foto 31: Hamen an die Seite gezogen*

*Foto 32:Steertreuse mit Mörtelkübel*

*Foto 33: Hamen aufgespannt. Die gelbe Boje markiert des Ende des Hamens*

*Foto 34: Hamen aufgespannt vom Oberwasser aus gesehen*

*Foto 35: Heben der Steertreuse für die Leerung*

*Foto 36: Leeren des Mörtelkübels mit Laub und Fischen*

*Foto 37: Aussortieren des Materials*

*Foto 38: Reuse im Schlitzpass*

*Foto 39: Leerung der Reuse des Borstenfischpasses*

*Foto 40: Unter dem Brett befindet sich die Reuse für die Erfassung des Bypassabstieges*

*Foto 41: Reuse am Wehr*

*Foto 42: Messung der Sichttiefe*

*Foto 43: Schaltschrank in der WKA Döbritschen*

*Foto 44: Verpilzte Elritze*

*Foto 45: Aufbau für die Überwachung des Bypasses mit Kameratechnik*

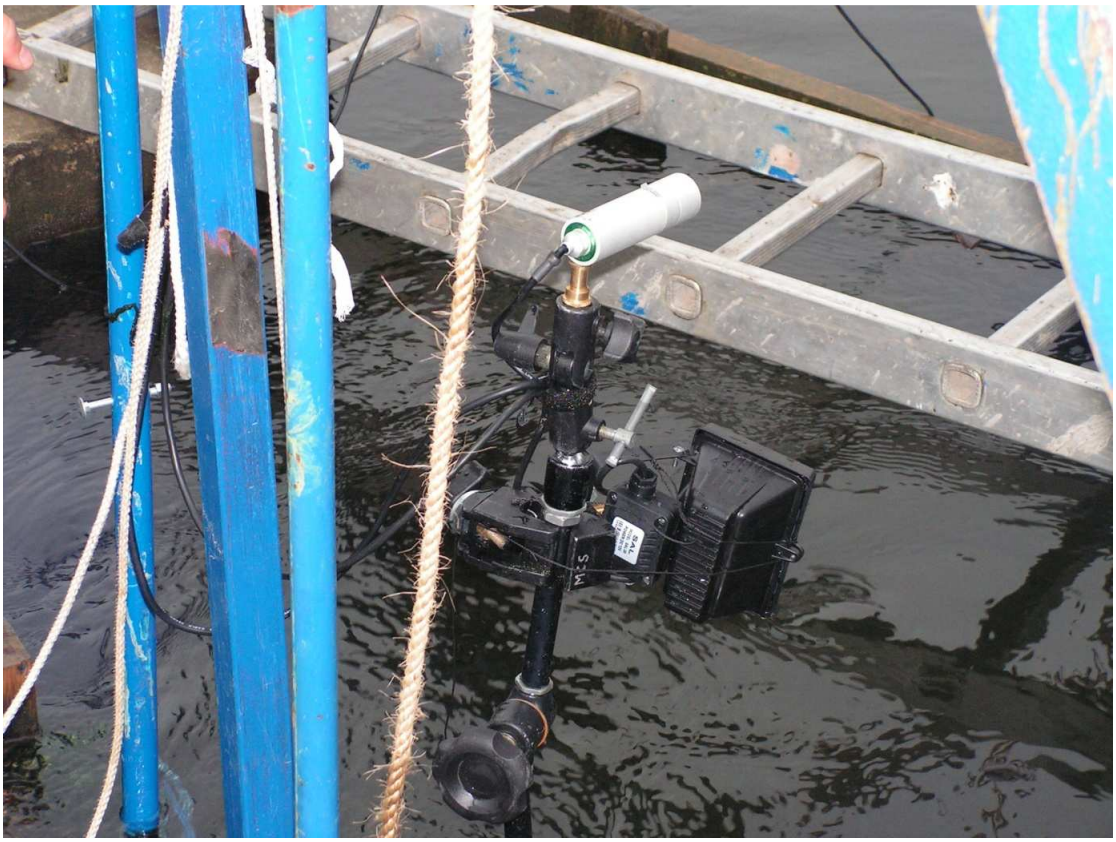


*Foto 46: Kamera mit Infrarotstrahler*

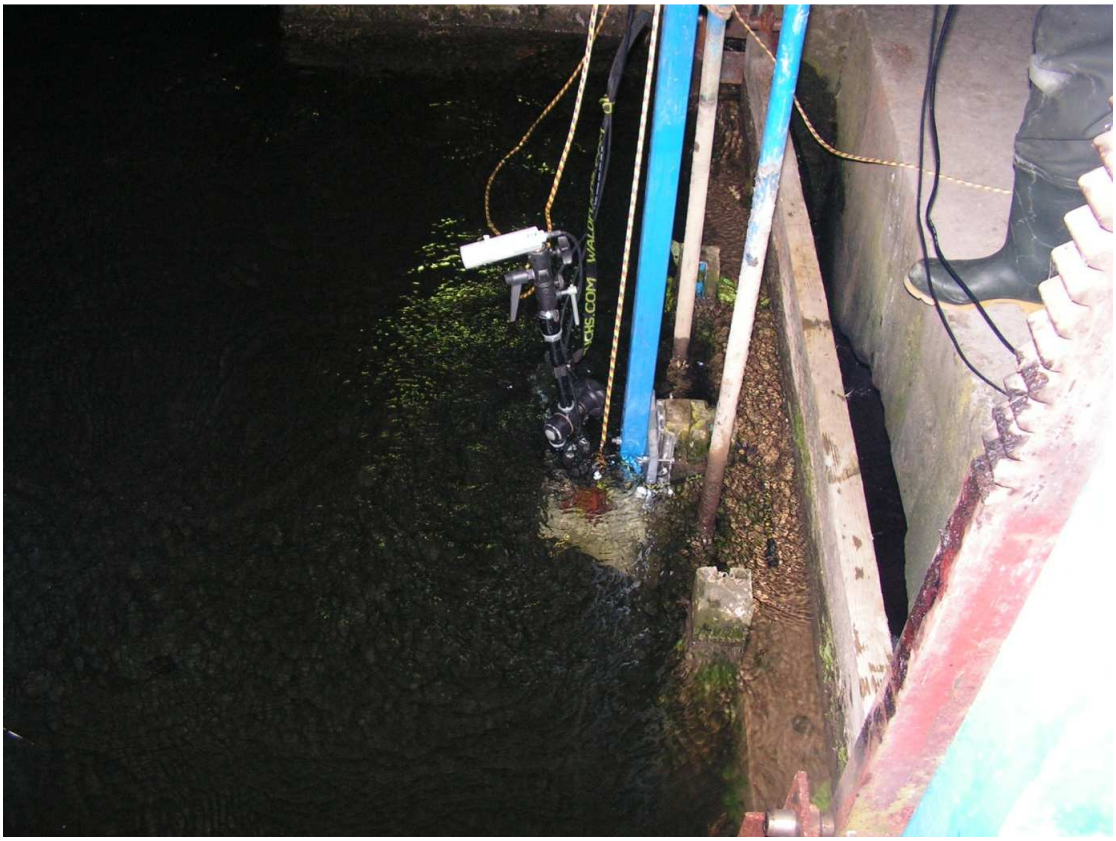


*Foto 47: Kameratechnik vor dem Einsatz am Bypass*

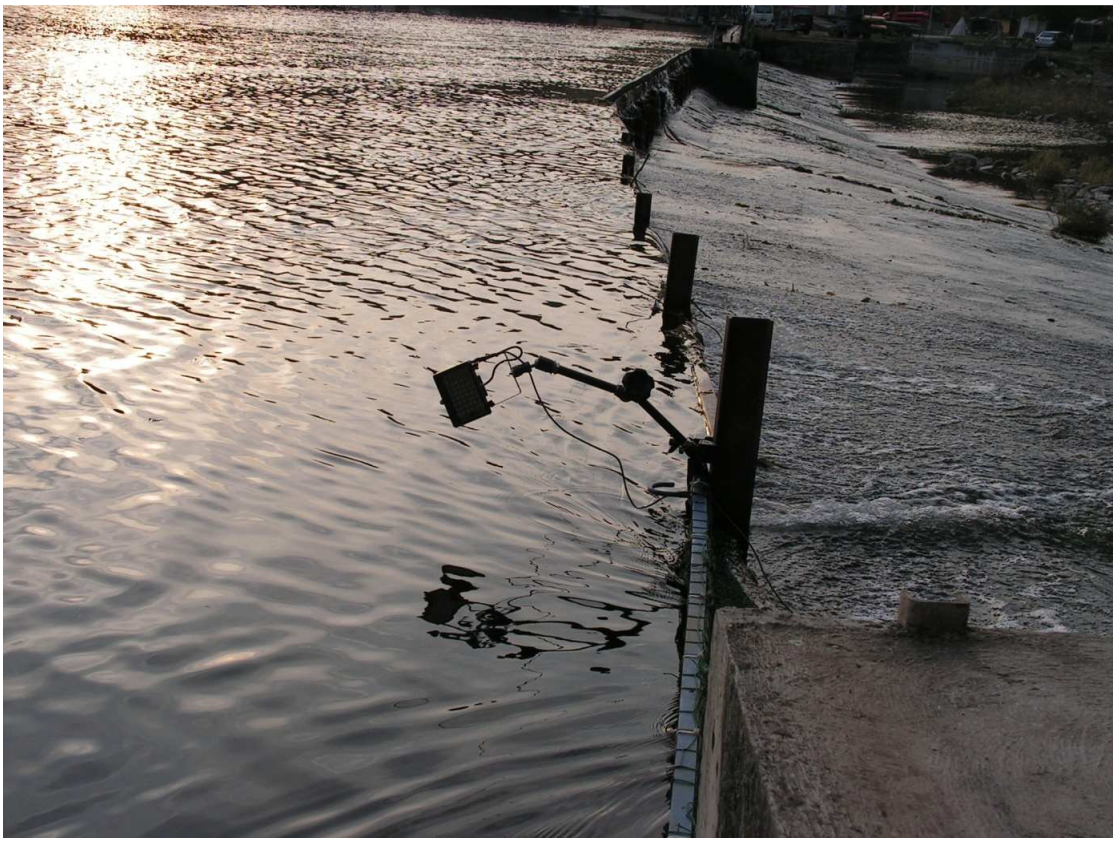


*Foto 48: Einsatz der Kameratechnik am Wehr*

*Foto 49: Filmaufnahmen am Wehr*

*Foto 50: Jungfische (Gründlinge) im Juli 2011*

*Foto 51: Wasserabgabe über das Wehr bei Durchflüssen, die über das Schluckvermögen der Turbine hinausgehen*

*Foto 52: Wasserabgabe über die mittleren Wehrfelder*

*Foto 53: Sohlverhältnisse am Wehr bei abgelassenem Stauraum*

*Foto 54: im Hamen gefangener, unverletzter Aal*

*Foto 55: absteigender Fisch im Bereich des Wehres (Pfeil)*

*Foto 56: Fisch nähert sich dem Rechen*

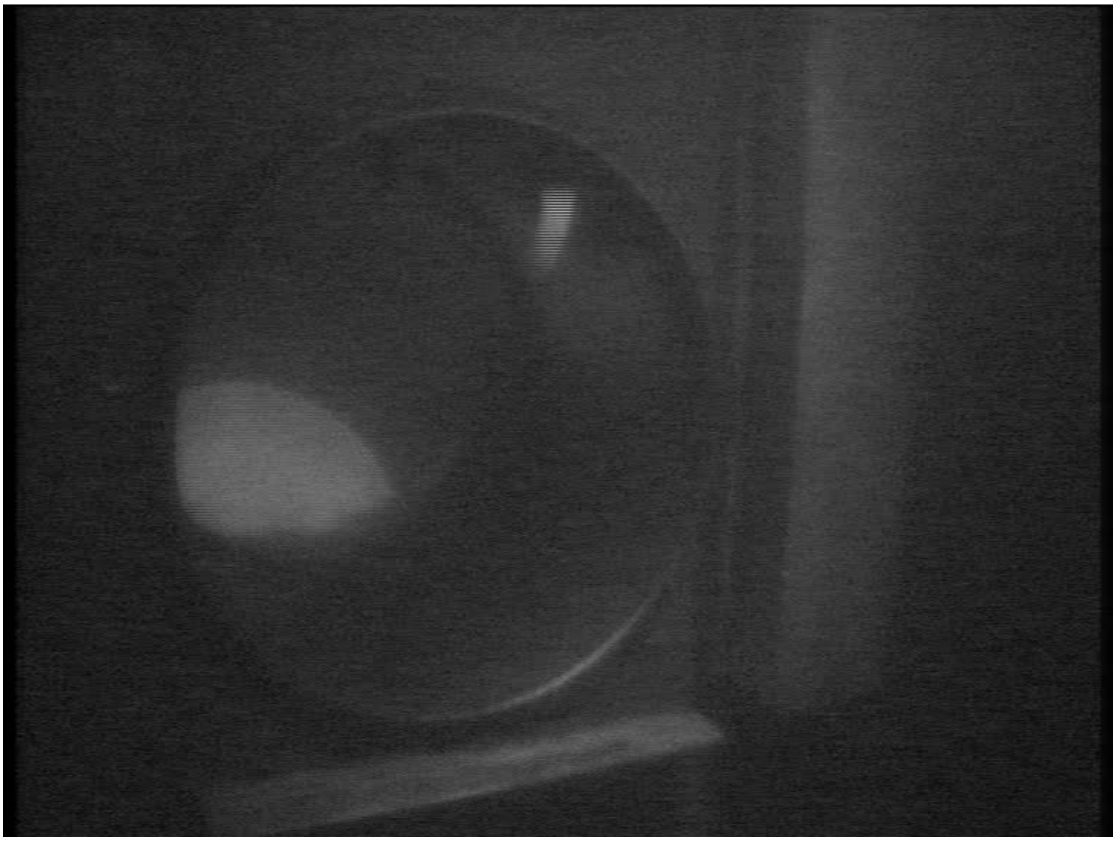


*Foto 57: Filmaufnahmen des Bypasses mit einschwimmendem Blatt*

*Foto 58: Zerstörung der Fangtechnik durch zu hohes Laubaufkommen*

*Foto 59: gebrochener Träger der Hamenbefestigung*

*Foto 60: Interessierte Gäste*