Fischereiwissenschaftlicher Untersuchungs-Dienst

Dipl.-Biol. Peter-C. Rathcke*

Fischereiwissenschaftler
Fachkraft für Umweltschutz

***von der Landwirtschaftskammer Hannover öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für die Fachgebiete:**
Seen- und Flussfischerei * Technische Aquakulturanlagen * Fischkrankheiten und Gewässer

Thomas-Mann-Str. 34
22880 Wedel
Telefon: 04103 / 90 22 47
Telefax: 04103 / 90 22 48

Büro Niedersachsen
Braunschweiger Str. 16
38154 Königslutter
Mobil-Tel.: 0172 / 742 18 35
E-mail: fud.rathcke@t-online.de

ABWANDERUNGSVERHALTEN VON FISCHEN IM BEREICH VON WASSERKRAFTANLAGEN IN DER OKER - ABSCHLUSSBERICHT: LACHS- UND AALABWANDERUNG 2004 -

Abschlussbericht Januar 2005

Auftraggeber:
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
- Dezernat Binnenfischerei -
Am Flugplatz 12
31135 Hildesheim

ABWANDERUNGSVERHALTEN VON FISCHEN IM BEREICH VON WASSERKRAFTANLAGEN IN DER OKER

- ABSCHLUSSBERICHT: LACHS- UND AALABWANDERUNG 2004 -

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ---------- 3

2 Material und Methoden ---------- 5

2.1 Wasserkraftwerk Müden/Dieckhorst ---------- 5

2.2 Frühjahrsabwanderung / Lachs ---------- 7

2.2.1 Versuchsfische ---------- 7

2.2.2 Besatzorte und -mengen ---------- 8

2.2.3 Fangeinrichtungen in Müden ---------- 9

2.3 Herbstabwanderung / Aal ---------- 13

2.3.1 Fangeinrichtungen ---------- 14

3 Ergebnisse ---------- 15

3.1 Frühjahrsabwanderung / Lachs ---------- 15

3.1.1 Verteilung der markierten Lachse auf die Abwanderungswege in Müden -- 15

3.1.2 Lachswanderung im zeitlichen Verlauf ---------- 18

3.1.3 Korrektur der Wiederfangraten ---------- 24

3.1.4 Mortalität in Abhängigkeit von der Wanderungsdistanz ---------- 28

3.1.5 Verteilung nicht markierter Fische auf die Abwanderungswege in Müden - 29

3.2 Herbstabwanderung / Aal ---------- 32

3.2.1 Aalabwanderung im zeitlichen Verlauf ---------- 32

3.2.2 Aalabwanderung in Abhängigkeit von Abfluss der Oker und Abfluss-verteilung im Bereich des Wasserkraftwerkes Müden ---------- 34

3.2.3 Beifänge im Rahmen der Aalabwanderung ---------- 35

4 Diskussion ---------- 37

4.1 Frühjahrsabwanderung / Lachs ---------- 37

4.2 Herbstabwanderung / Aal ---------- 40

5 Zusammenfassung ---------- 42

6 Literatur ---------- 44

7 Bildnachweis ---------- 46

8 Tabellenanhang ---------- 46

1 Einleitung

Die Oker entspringt im Naturraum Harz und mündet nach einer Fließstrecke von 115 km im Naturraum Heide bei Müden linksseitig in die Aller. Über Aller und Weser besteht für die Oker ein Nordseeanschluss in 255 km Entfernung..

Um Fischen den Aufstieg in der Oker zu ermöglichen, wurde in Müden (Oker) ein Umgehungsgerinne und in Schwülper, Ortsteil Rothemühle, ein Mäanderfischpass errichtet. Für die Stauanlage in Meinersen liegt bereits die Planung für eine Fischaufstiegsanlage vor; mit dem baldigen Baubeginn ist zu rechnen. Um auch Langdistanzwanderfischen, wie z.B. dem Lachs, langfristig das Erreichen der Oker auf ihrer fließgewässeraufwärtsgerichteten Wanderung und Suche nach geeigneten Laichgebieten zu ermöglichen, ist entscheidend, dass langfristig sämtliche Querbauwerke in der Weser und der Aller bis zur Oker auf Grundlage der aktuellen fachlichen Anforderungen an Fischaufstiegsanlagen durchgängig gestaltet werden.

Nach dem heutigen Kenntnisstand ist der Bau von Fischaufstiegsanlagen, die auch von Lachsen passierbar sind, grundsätzlich kein Problem mehr. Hingegen ist der Kenntnisstand über die Anforderungen an Abstiegsanlagen im Bereich von Wanderhindernissen gering. Insbesondere liegen bisher wenige Erfahrungen über die Wirkungsweise von Schutz- und Ableiteinrichtungen im Bereich von Wasserkraftanlagen vor (ATV-DVWK, 2004). Aber auch über andere mögliche, die Gesamtsterblichkeit von Fischen bei der Abwanderung bedingende Ursachen (z.B. natürliche Sterblichkeit, Prädation durch Raubfische und Vögel) sowie die Abwanderung auslösender Faktoren bestehen noch Wissensdefizite.

In Müden/Oker bot sich die Gelegenheit, eine Untersuchung zur Frage des Abwanderungsverhaltens von Fischen in der Oker durchzuführen. In Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Landesamt für Ökologie – Dezernat Binnenfischerei, mit der AOLG (*Aller-Oker-Lachs-Gemeinschaft)*, dem Danmarks Center for Vildlaks, dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, der Bezirksregierung Braunschweig, dem örtlichen Angelverein und der Berufsfischerei Nölke in Celle wurde im Frühjahr 2004 der Abstieg von Junglachsen in der Oker zwischen Rothemühle und Müden und im Herbst 2004 der Abstieg adulter Aale im Wasserkraftwerk Müden näher untersucht (s. Abbildung 1).

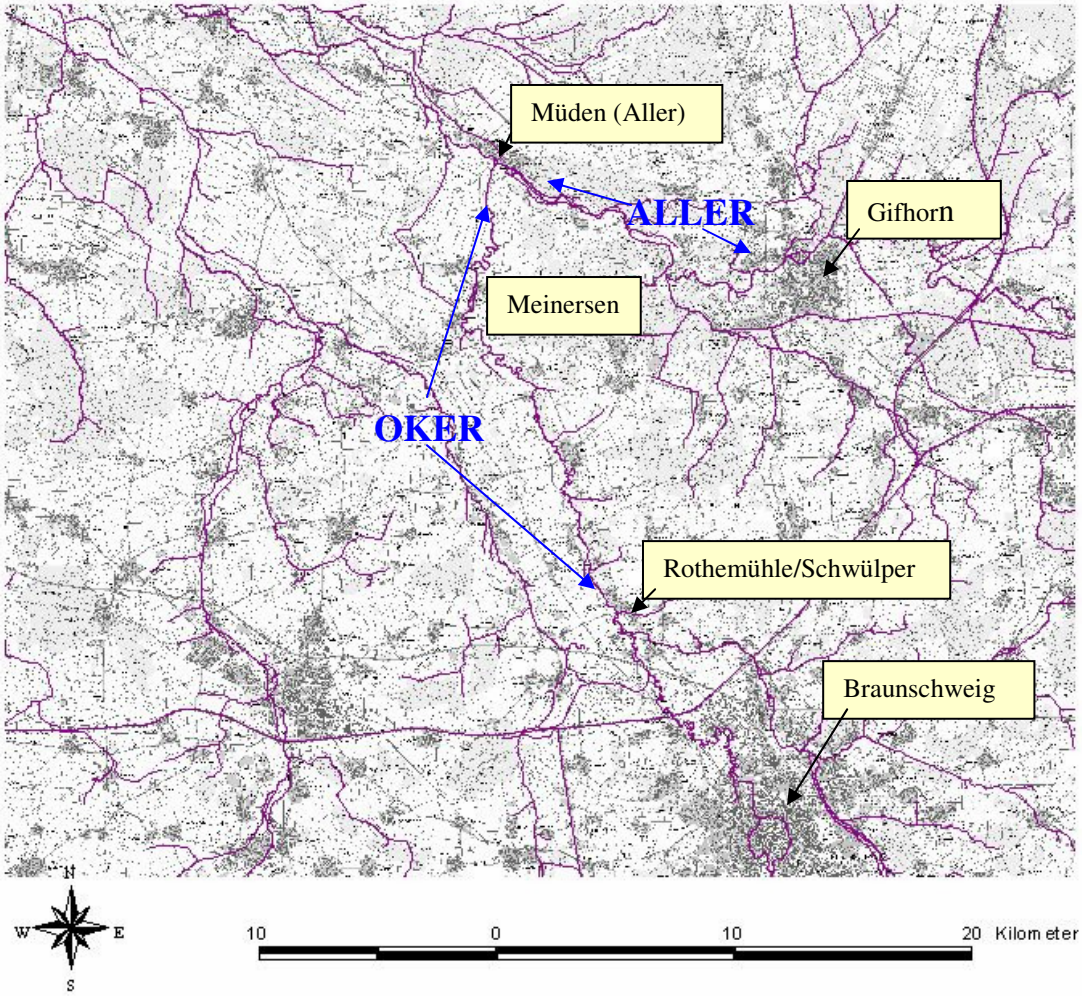


Abb. 1: Untersuchungsgebiet

2 Material und Methoden

2.1 Wasserkraftwerk Müden/Dieckhorst

Das Wasserkraftwerk Müden/Dieckhorst liegt im Nebenschluss zum Okerwehr unmittelbar vor der Einmündung der Oker in die Aller bei Müden. Die Stromerzeugung erfolgt über eine horizontal eingebaute Kaplan-Rohrturbine der Firma Kössler (Österreich) mit einem Schluckvermögen von 9 m^3/s. Bei einer Fallhöhe von 3,02 m und 195 Umdrehungen pro Minute liegt die maximale Leistung bei 233 kW. Die Turbine ist durch einen Rechen mit 20 mm Stababstand (Neigung 20°) gegen das Eindringen von Grobstoffen und Fischen gesichert, die Reinigung des Rechens erfolgt automatisch über eine Pegeldifferenzmessung.

Linksseitig in Rechennähe wurde 2003 ein Fluchtrohr für abwandernde Fische eingebaut (Dotation 150 l/s). Je eine boden- und eine oberflächennahe Öffnung (4,14 m und 1,94 m unter der Wasseroberfläche) münden in ein 200 mm Rohr, das am Auslauf des ebenfalls 2003 errichteten Umgehungsgerinnes (Dotation 250 l/s) in das Unterwasser ausmündet (Foto 1). Das alte, sich an der rechten Seite des Rechen befindliche Fluchtrohr wurde bereits vor Jahren durch Verschweißen außer Funktion gesetzt. In dem im Hauptlauf der Oker gelegenen Wehr befindet sich ein bodennaher Durchlass, über den ständig 500 l/s abfließen.

Abwandernden Fischen stehen in Müden folgende potenzielle Abwanderungswege zur Verfügung:

- Fluchtrohr (Dotation max. 150 l/s)
- Turbine (Dotation max. 9.000 l/s)
- Fischpass (Dotation 250 l/s)
- Wehr mit Wehrdurchlass (Dotation 500 l/s)
- Leerschuss der Wasserkraftanlage

Foto 1: Lage der Einstiegsöffnungen des neuen Fluchtrohres

Im Zulaufkanal zum Kraftwerk wurde 1997 eine elektrische Fischscheuchanlage der Firma Geiger in Betrieb gesetzt. Die Anlage besteht im wesentlichen aus dem Schaltschrank im Kraftwerk (FIPRO 01-Prozessor) sowie Haupt- und Gegenelektroden (jeweils 5 Stahlstangen an zwei Spannseilen im Abstand von ca. 30 m). Der Prozessor schaltet nach dem Zufallsprinzip unterschiedliche Impulsfrequenzen zwischen 4 und 12 Imp/s, um keinen Gewöhnungseffekt bei den Fischen auftreten zu lassen und ein möglichst großes Arten- und Fischlängenspektrum beeinflussen zu können.

Eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit dieser Scheuchanlage in den Jahren 1998 und 1999 ergab jedoch nur eine sehr eingeschränkte bis mangelhafte Wirksamkeit dieser Scheuchanlage auf abwandernde Aale und andere Fische. Als Grund hierfür wurde von der Firma Geiger die nicht korrekt positionierten Stahlstangen angegeben (Elektrodenstangen zum Teil im

Schlammgrund). Auf Grund dieses Hinweises wurden die Elektrodenstangen im Frühjahr 2004 gekürzt, so dass sie nun frei in der Wassersäule hängen.

Unter der Vorraussetzung, dass die Elektro-Fischscheuchanlage eine ausgeprägte Wirksamkeit besitzt, verbliebe den abwandernden Fischen lediglich das Umgehungsgerinne und der Wehrdurchlass unter dem rechten Wehrfeld mit einem Abfluss von ca. 500 L/s (Bodenausschnitt von 0,15 x 0,60 m) als Abwanderungsweg.

2.2 Frühjahrsabwanderung / Lachs

Um der Frage der Lachsabwanderung nachzugehen, wurden am 23.04.04 markierte Lachssmolts (Gruppenmarkierung) an 5 ausgewählten Orten zwischen Müden und Rothemühle ausgesetzt. Auf Grund von Wiederfängen unterhalb der Wasserkraftanlage Müden/Dieckhorst wurden Rückschlüsse über die Abwanderung der Lachse hinsichtlich ihres Verhaltens und der Verteilung auf die Abwanderungswege gezogen (Markierungs-und Wiederfang-Versuch). Zusätzlich wurden auch alle anderen gefangenen Fische in die Untersuchung einbezogen.

2.2.1 Versuchsfische

Die Versuchsfische wurden vom Danmarks Center for Vildlaks (DCV) am 23.04.2004 geliefert. Es handelte sich hierbei um 1-jährige Lachse (Ätran-Stamm), die bereits smoltifiziert waren, mit einer durchschnittlichen Länge von 15,4 cm und einem mittleren Gewicht von 34,3 g. Der Konditionsfaktor betrug 0,94.

Die im DCV markierten Lachse waren durch unterschiedliche Farbpunktsetzungen und gekürzter Fettflosse identifizierbar und den Aussetzorten zuordnungsfähig (Foto 2).

Foto 2: Lachse mit Markierungen

2.2.2 Besatzorte und -mengen

Die Lachse wurden an 5 Aussetzorten in unterschiedlichen Mengen eingesetzt. Als Referenzprobe, bei der davon ausgegangen wurde, dass sie keine distanzabhängige Mortalität aufweist, wurden 452 Lachse (Markierung rechte Seite, Punkt kopfnah) unmittelbar zwischen Gegenelektrode und Kraftwerk ausgesetzt.

Zur Überprüfung der Effektivität der Fischscheuchanlage und als Kontrollgruppe wurden in einer weiteren Gruppe 479 Lachse links- und rechtsseitig der Oker ca. 30 m oberhalb des Einlaufs zum Umgehungsgerinne ausgesetzt (Markierung rechte Seite, Punkt schwanznah).

Deutlich größere Fischmengen wurden in den beiden oberliegenden Stauhaltungen ausgesetzt:

- 1.545 Lachse ca. 100 m unterhalb des Wehres in Meinersen im Hauptlauf der Oker (Markierung linke Seite, Punkt kopfnah)
- 2.066 Lachse ca. 3,5 km oberhalb der Wasserkraftanlage Meinersen im Hauptlauf der Oker (Markierung linke Seite, Punkt Mitte)
- 2.503 Lachse ca. 50 m oberhalb der Ausleitung zur Wasserkraftanlage Rothemühle im Hauptlauf der Oker (Markierung linke Seite, Punkt schwanznah).

Insgesamt wurden 7.045 markierte Lachse ausgesetzt. Die Entfernung der einzelnen Gruppen zum Wehr Müden betrug für die Gruppe 1 ca. 100 m (20 m bis zum Rechen der Wasserkraftanlage), Gruppe 2 ca. 150 m, Gruppe 3 ca. 8.600 m, Gruppe 4 ca. 11.700 m und Gruppe 5 ca. 33.400 m (s. Abb. 2).

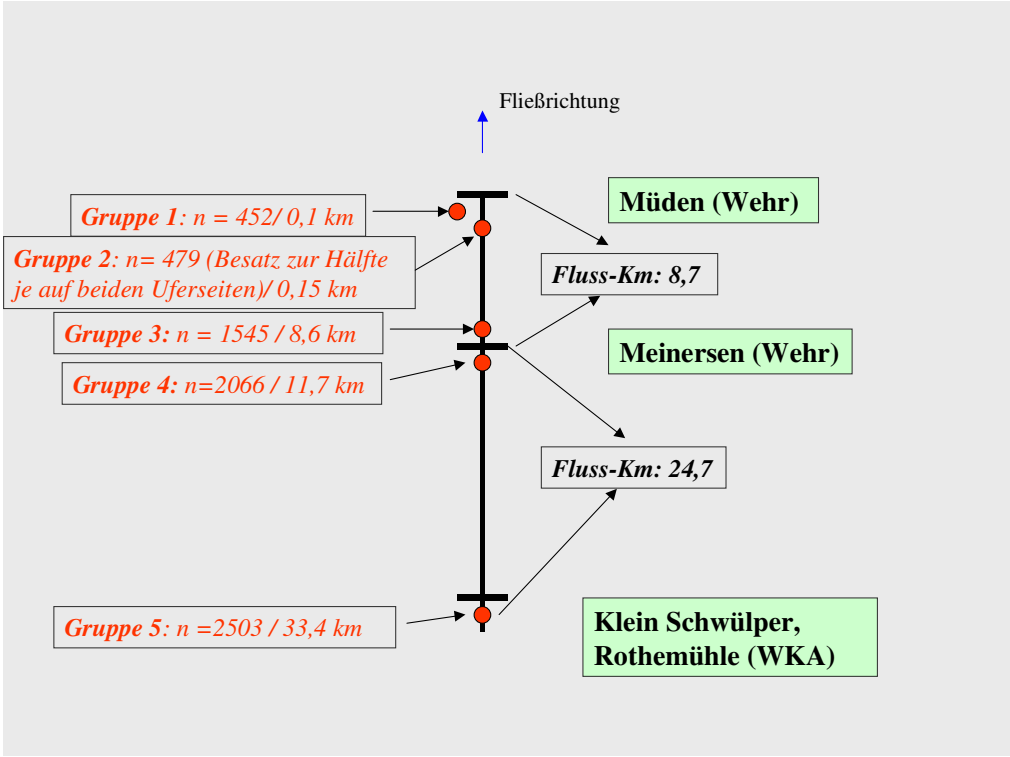


Abb. 2: Aussetzschema der markierten Lachse in der Oker

(*):Gruppe, Anzahl ausgesetzter Lachse, Distanz zum Wehr in Müden

2.2.3 Fangeinrichtungen in Müden

Im Umgehungsgerinne wurde zur Erfassung abwandernder Fische 1 Stahlreuse mit Flügeln (Maschenweite 11 mm) im Bereich des vorhandenen Brückenkonstruktion (Rahmenprofil) eingesetzt (Foto 3). Außerdem wurde zur Erfassung der aufsteigenden Fische im Frühjahr 2004 (Erfolgskontrolle für die neue Fischaufstiegsanlage) eine weitere Stahlreuse mit Flügeln gestellt.

Foto 3: Abstiegsreuse aus dem Umgehungsgerinne

Der Wehrdurchlass wurde mit einer 12 m langen Großreuse (Maschenweite 15 und 11 mm) in einem geschweißten Rahmen, der den Wasserschwall vollständig aufnahm, beprobt (Foto 4).

Für das neue Fluchtrohr wurde eine Rahmenhalterung gebaut, die einen 7 m langen Netzschlauch (11 mm Maschenweite aus knotenlosem Netztuch) aufnahm, der zu einem Fischfangkasten mit den Maßen 2 m x 1 m x 1 m, LxBxH) führte (Foto 5). Da im Rahmen der Herbstuntersuchung auf Grund der niedrigen Wassertemperaturen im wesentlichen mit robusten Aalen zu rechnen war, wurde das Fanggerät modifiziert, in dem statt des Fangkastens ein weiterer 7 m Netzschlauch an dem vorhandenen Netz angenäht wurde, welcher mittels eines Beiholers auf 7 m zur Entleerung an das Ufer gezogen werden konnte. Die nötige Netzspannung wurde mittels einer Schwimmkugel am Ende des zweiten Netzes erhalten.

Um Fische zu fangen, die entweder die Turbine passieren oder gegebenenfalls bei Hochwasser unter einem gezogenen Wehrfeld abwandern, wurde für die Frühjahrsbefischung in der Oker ca. 100 m unterhalb des Kraftwerkes eine Aalzeese (2 mal 25 m Flügel, 20 mm Maschenweite, 7 m Steert mit Hamenkehle, 11 mm Maschenweite) gestellt (Foto 6). Da im Rahmen der Herbstuntersuchung mit großen Laub- und Holzmengen, die sich bereits am

Wehr gesammelt haben, zu rechnen war und es nicht möglich war, Schwerlastverankerungen (z.B. Betonschüttungen mit Haltering) auf den umliegenden landwirtschaftlichen Flächen einzubauen, wurde im November 2004 auf den Einsatz der Aalzeese verzichtet.

Das Rechengut wurde regelmäßig auf anfallende Fische kontrolliert.

Der Leerschuss wurde nicht beprobt, da er in der Regel lediglich kurzfristig beim Rückspülen der Turbine anspringt und als potentieller Abwanderungsweg für Lachse im Untersuchungszeitraum zu vernachlässigen war. Bei Abflüssen über 9 m^3/s erfolgt in der Regel die Regulierung über das Wehr, in dem ein oder mehrere Wehrfelder gezogen werden und so das überschüssige Wasser abgeschlagen wird.

Abweichend von dem o.a. Normalfall der Wassersteuerung wurde im November 2004 über ca. 20 Stunden überschüssiges Wasser über den Leerschuss abgeleitet, um versuchsweise eine erhöhte Strömung zum Kraftwerk zu erreichen. Kurz bevor der Leerschuss komplett geöffnet war (Oberflächenabfluss) wurde das Wehr gezogen und der Leerschuss wieder geschlossen.

Foto 4: Fangnetz am Wehrdurchlass

Foto 5: Fangkasten am Fluchtrohr (Frühjahr 2004)

Foto 6: Fangnetz in der Oker (Frühjahr 2004)

2.3 Herbstabwanderung / Aal

Zur Beurteilung des Abwanderungsverhaltens von adulten Aalen (Blankaale) im Kraftwerksbereich Müden wurde die natürlich ablaufende herbstliche Abwanderungsphase abgepasst, bei der alle ausschlaggebenden Charakteristika wie Mondphase, Abflussanstieg und niedrige Wassertemperaturen zusammenspielen. Günstige Bedingungen stellten sich hierfür im Zeitraum vom 17.11. bis 21.11.2004 ein. Zusätzlich wurden auch alle anderen gefangenen Fische in die Untersuchung einbezogen.

Im Gegensatz zur Frühjahrsuntersuchung über das Abwanderungsverhalten von Lachsen sollte die Herbstuntersuchung mit dem Schwerpunkt Aal auf der Basis der natürlich ablaufenden Aalabwanderung ohne ausgesetzte Versuchsfische durchgeführt werden. Als Versuchsziel wurde der Fang von mindestens 100 Blankaalen angesetzt.

2.3.1 Fangeinrichtungen

Für die Untersuchung der Herbstabwanderung wurden im wesentlichen die Fangeinrichtungen der Frühjahrsuntersuchung wieder verwendet (s. Kap. 2.2.3). Lediglich das Okernetz kam nicht zum Einsatz. Der Umbau des Fangnetzes für das Fluchtrohr erfolgte am 04.10.2004 mit einem anschließenden Probelauf bis zum Morgen des 05.10.2005. Trotz eines niedrigen Abflusses der Oker (Pegel Groß Schwülper 2,10 m) und einer klaren Nacht wurden bereits in dieser Nacht ein großer Blankaal (Länge 80 cm), 3 Rotaugen (8 cm), 4 Barsche (10 cm) und eine Schleie (10 cm) gefangen. Das Fangnetz selbst erwies sich als leicht handhabbar und bei Normalwasserständen leicht ein- und ausbaubar. Die eigentliche Aalabwanderungsuntersuchung wurde im Zeitraum vom 17.11. bis 21.11.2004 durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Frühjahrsabwanderung / Lachs

3.1.1 Verteilung der markierten Lachse auf die Abwanderungswege in Müden

Abweichend von der Planung musste der Versuch wegen eines Hochwassers vorzeitig abgebrochen werden, so dass Wiederfangergebnisse für die markierten Lachse nur für den Zeitraum vom 23.04. bis zum 08.05.2004 vorliegen (Abb. 3). Alle Netz-Fanggeräte (Aalzeese in der Oker, Großreuse im Wehr) mussten am 07.05.2004 entfernt werden, der Fischkasten am Fluchtrohr wurde am 08.05.2004 abgebaut.

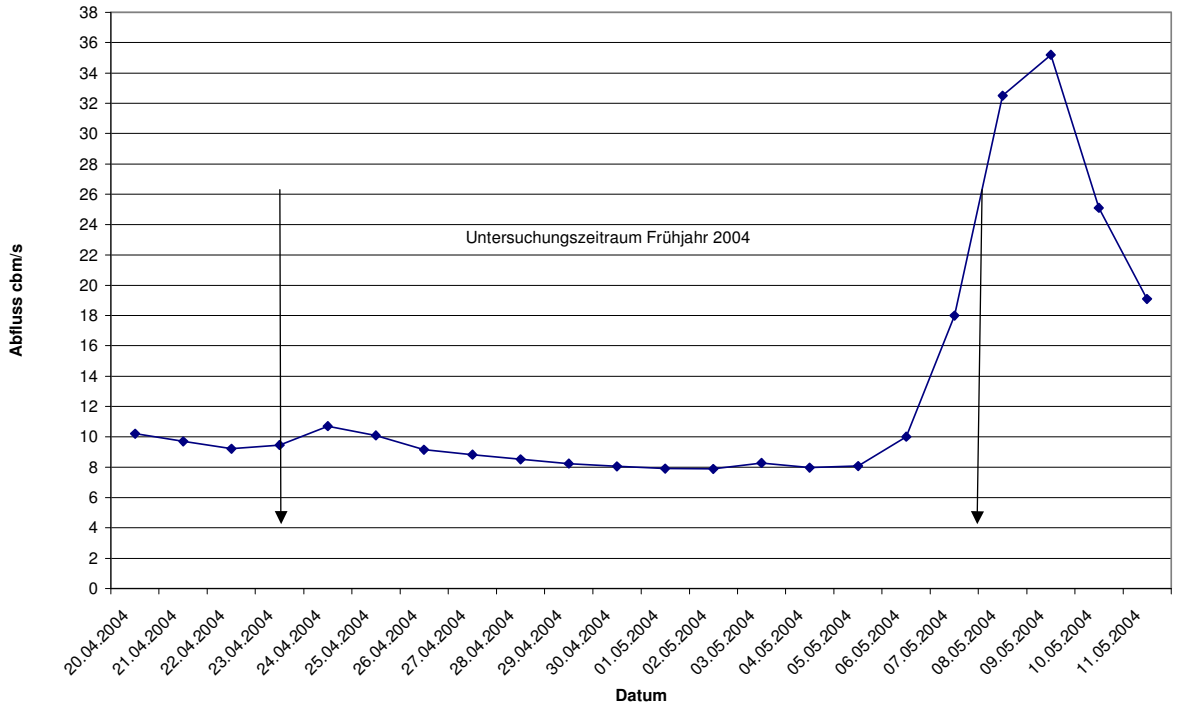


Abb. 3: Abflusswerte der Oker am Pegel Groß Schwülper im Untersuchungszeitraum Frühjahr 2004

Bis zum 08.05.2004 wurden insgesamt 1.156 markierte Lachse (entsprechend 16,4% der ausgesetzten Gesamtmenge) in Müden wieder gefangen (Tabelle 2). Bezogen auf die Anzahl der ausgesetzten Fische in den einzelnen Aussetzgruppen lagen die Wiederfangraten zwischen 25 und 12,4%. Die höchsten Wiederfangraten mit 25 und 23,4% wiesen die beiden Gruppen auf, die in unmittelbarer Nähe des Kraftwerkes ausgesetzt wurden.

Betrachtet man die Verteilung der wiedergefangenen Fische in den einzelnen Abwanderungswegen, ist festzustellen, dass die als Referenzgruppe eingesetzte Gruppe 1, der als Abwanderungsweg lediglich das Fluchtrohr und die Turbine zur Verfügung stand, zu fast 72% im Fluchtrohr wiedergefangen wurde.

Unter der Vorraussetzung, dass die Fischscheuchanlage wirksam funktioniert, hätten alle weiteren Aussetzgruppen im Fischpass, im Wehrdurchlass oder bei gezogenem Wehr im Okernetz gefangen werden müssen. Die Ergebnisse des Versuchs zeigen jedoch, dass die Elektroscheuchanlage für wanderwillige Lachse offensichtlich ohne Bedeutung ist, da auch die oberhalb der Scheuchanlage ausgesetzten Gruppen zu über 90% die Scheuchanlage durchschwommen haben und das Fluchtrohr oder die Turbine zur Abwärtspassage nutzten.

Die Fanganteile im neugebauten Fluchtrohr lagen bei allen Gruppen über 58%, insgesamt bei 64,5% (Tab. 2). Die Fanganteile im Wehrdurchlass (0,4%) und im Fischpass (0,7%) waren dagegen gering (Abb.4). Lediglich 5 Lachse wanderten über den Wehrdurchlass ab, 8 Lachse nutzen den Fischpass als Abwanderungsweg. Von diesen 8 Smolts stammen 7 Fische aus der Besatzgruppe 2 (Müden, oberhalb des Umgehungsgerinnes). Es ist zu vermuten, dass diese sieben Fische zu der Fischgruppe gehörten, die unmittelbar oberhalb des Gerinnes auf der linken Seite ausgesetzt wurden. Fische anderer Aussetzgruppen fanden den Einstieg vermutlich nur zufällig (Gruppe 3, 1 Fisch).

Im Rechengut wurden keine Smolts beobachtet.

Tabelle 2: Verteilung der Wiederfänge auf die Abwanderungswege

Besatzgruppe	**Anzahl ausge-setzter Smolts**	**Flucht-rohr**	**Turbine**	**Fischpass**	**Wehr-durchlass**	**Summe**	**Wieder-fang**
Gruppe 1 Müden, unterhalb Scheuchanlage	**452**	**81**	**32**	**-**	**-**	**113**	**25,0%**
Rel. Verteilung Müden u.S.		71,7%	28,3%	0%	0%	100	
Gruppe 2 Müden, oberhalb Scheuchanlage*	**479**	**67**	**38**	**7**	**-**	**112**	**23,4%**
Rel. Verteilung Müden, o.S.		59,8%	33,9%	6,3%	0%	100	
Gruppe 3 Meinersen, unterhalb Wehr	**1.545**	**158**	**110**	**1**	**-**	**269**	**17,4%**
Rel. Verteilung Meinersen, u.W.		58,7%	40,9%	0,4%	0%	100	
Gruppe 4 Meinersen, oberhalb Wehr	**2.066**	**225**	**127**	**-**	**1**	**353**	**17,1%**
Rel. Verteilung Meinersen, o.W.		63,7%	36,0%	0%	0,3%	100	
Gruppe 5 Rothemühle, oberhalb Wehr	**2.503**	**214**	**91**	**-**	**4**	**309**	**12,4%**
Rel. Verteilung Rothemühle, o.W.		69,3%	29,4%	0%	1,3%	100	
Summe (n) Abwanderungs weg		**745**	**398**	**8**	**5**	**1.156**	
Rel. Anteil Abwanderungs-weg		64,5%	34,4%	0,7%	0,4%	100	

* Besatz an beiden Ufern zu gleichen Teilen

Die Wiederfangraten unmittelbar benachbarter Besatzgruppen unterscheiden sich nur geringfügig (Tabelle 2, Spalte 7). Insgesamt wird aber eine Abnahme der Wiederfangraten mit zunehmender Entfernung des Besatzortes von der Wasserkraftanlage in Müden deutlich.

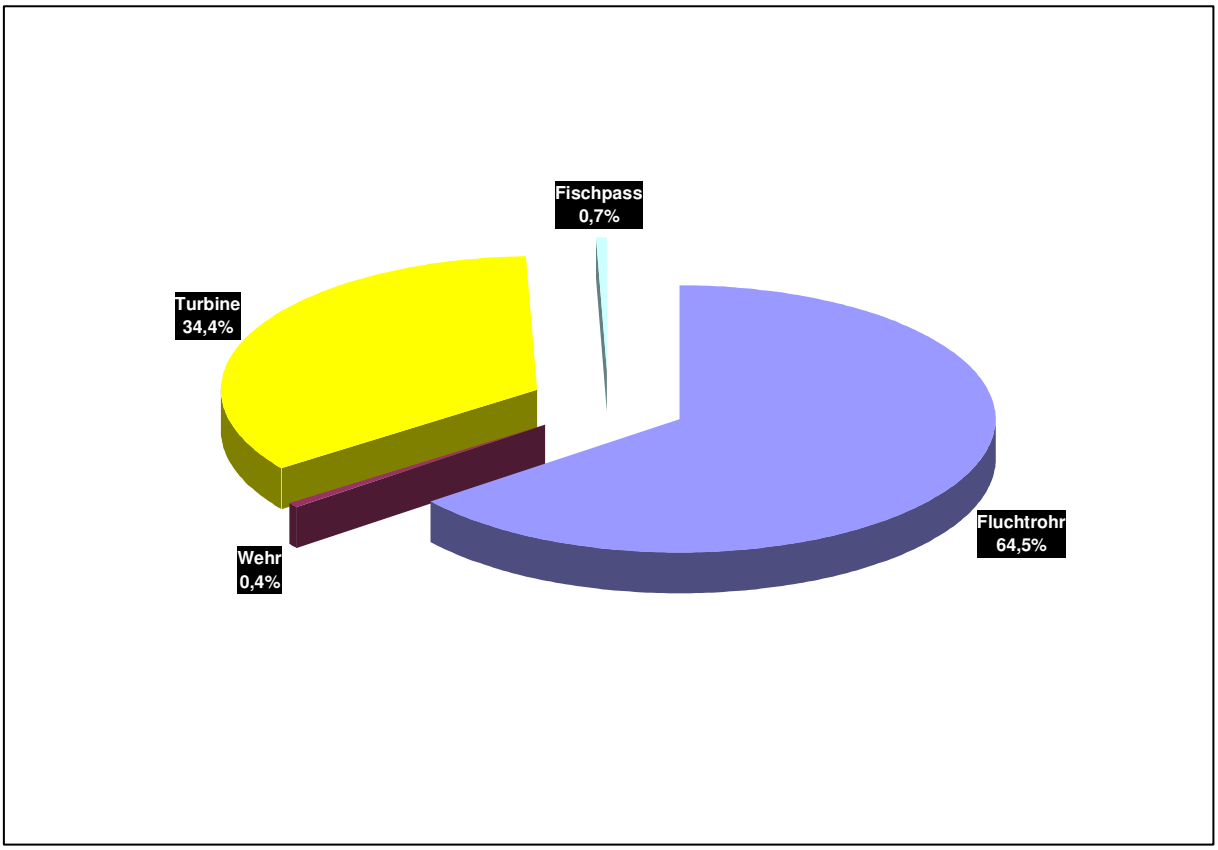


Abbildung 4: Relative Verteilung der Wiederfänge auf die Abwanderungswege

3.1.2 Lachswanderung im zeitlichen Verlauf

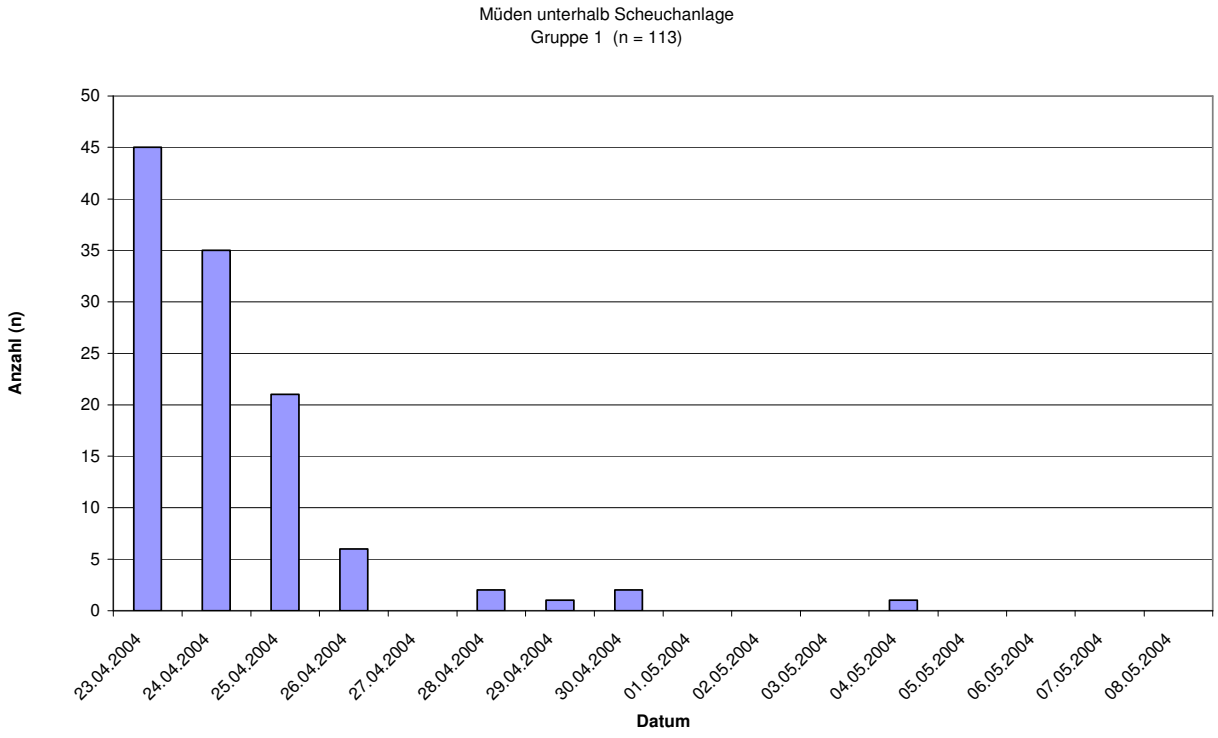
Bei allen Besatzgruppen zeigt sich ein ähnlicher zeitlicher Verlauf der Wiederfangraten (Abbildungen 5 – 7). Die Gruppen 1 und 2 treten unmittelbar nach dem Besatz in den Fanggeräten auf (Abbildung 5). Fische der weiter entfernt liegenden Aussetzorte wurden mit zeitlicher Verzögerung in Müden erfaßt, was auf die größere Abwanderungsdistanz zurückzuführen ist. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Abwanderung unmittelbar nach dem Besatz einsetzte.

Die Wandergeschwindigkeiten der in Meinersen und in Rothemühle ausgesetzten Fische unterscheiden sich. Die Besatzgruppen aus Meinersen traten verstärkt nach 3 Tagen auf, entsprechend einer mittleren Wanderungsgeschwindigkeit von 81 und 92 m/h oder 1,9 und 2,2 km/d. Ihr Wanderungsmaximum erstreckte sich über 10 Tage (Abbildung 6). Die ersten Lachse aus der Besatzgruppe Rothemühle wurden nach 4 Tagen in Müden festgestellt. Ihre mittlere Abwanderungsgeschwindigkeit betrug 186 m/h bzw. 4,46 km/d. Diese deutlich erhöhte Abwanderungsgeschwindigkeit beruht vermutlich auf der höheren

Strömungsgeschwindigkeit der Oker im Bereich Rothemühle. Das Abwanderungsmaximum der Lachse aus Rothemühle erstreckte sich über 8 Tage (Abbildung 7). Im Anschluss an die Maxima nahmen die Wiederfangraten der einzelnen Besatzgruppen innerhalb weniger Tage deutlich ab.

Während aus den Besatzgruppen 4 und 5 bis zum Ende der Untersuchung Wiederfänge in Müden auftraten, wurden aus den Besatzgruppen 1 bis 3 nach dem 05.05.2004 keine Wiederfänge mehr registriert.

Mit dem Hochwasser am 08.05.2004 kam es zu einem starken Anstieg der Fangzahlen von Bachforellen und unmarkierten Smolts. Da ein derartiger Anstieg bei den markierten Smolts nicht feststellbar war, ist anzunehmen, dass die Wanderung der markierten Smolts zu diesem Zeitpunkt im wesentlichen abgeschlossen war.



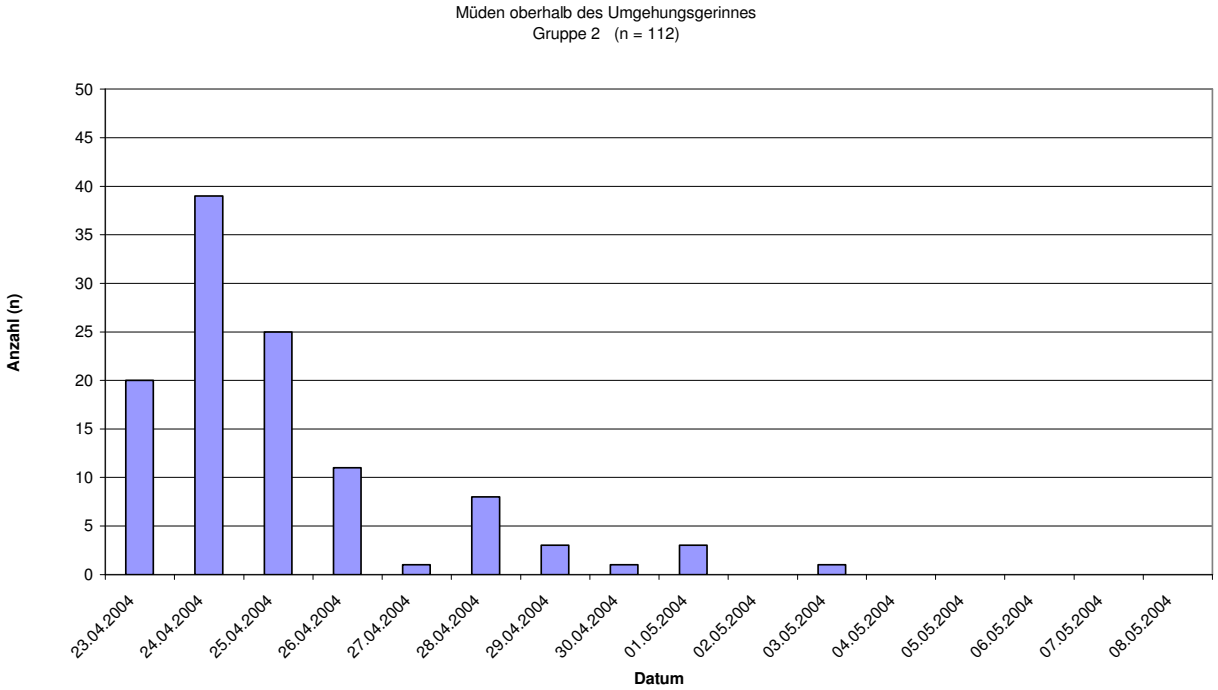
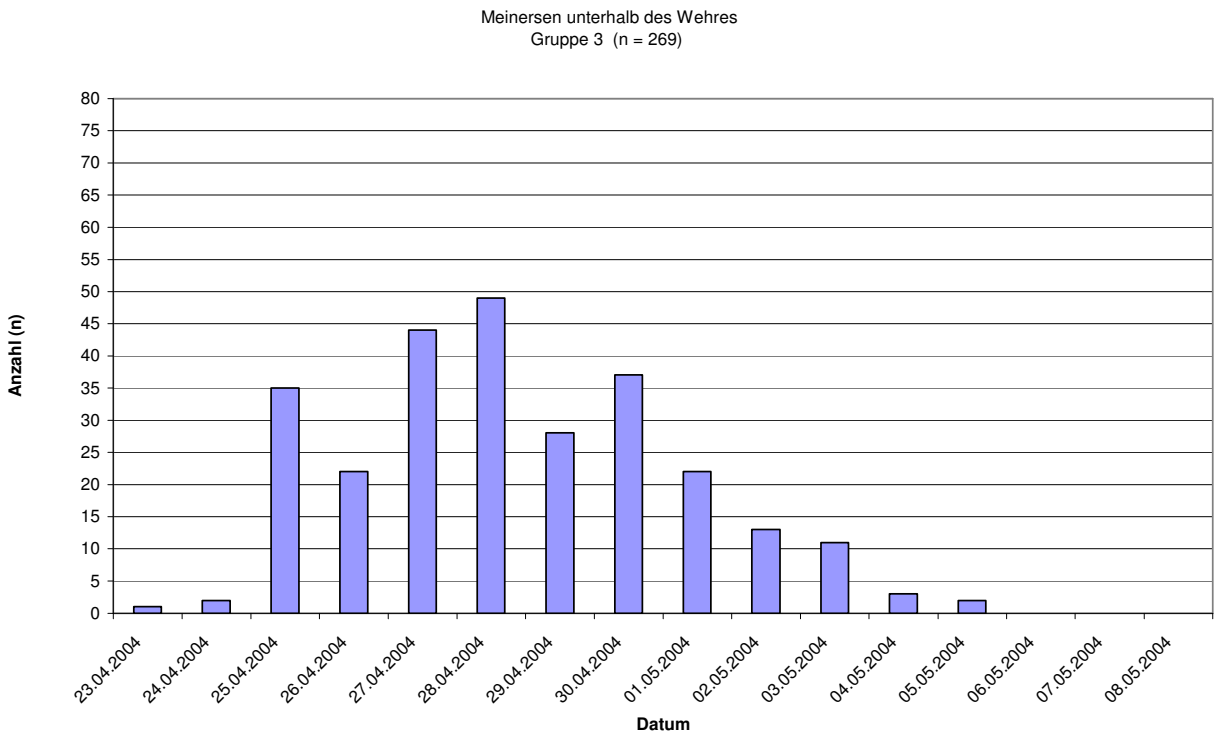


Abbildung 5: Wanderungsverlauf der Lachse des Besatzes in Müden (n = 113 und n =112)



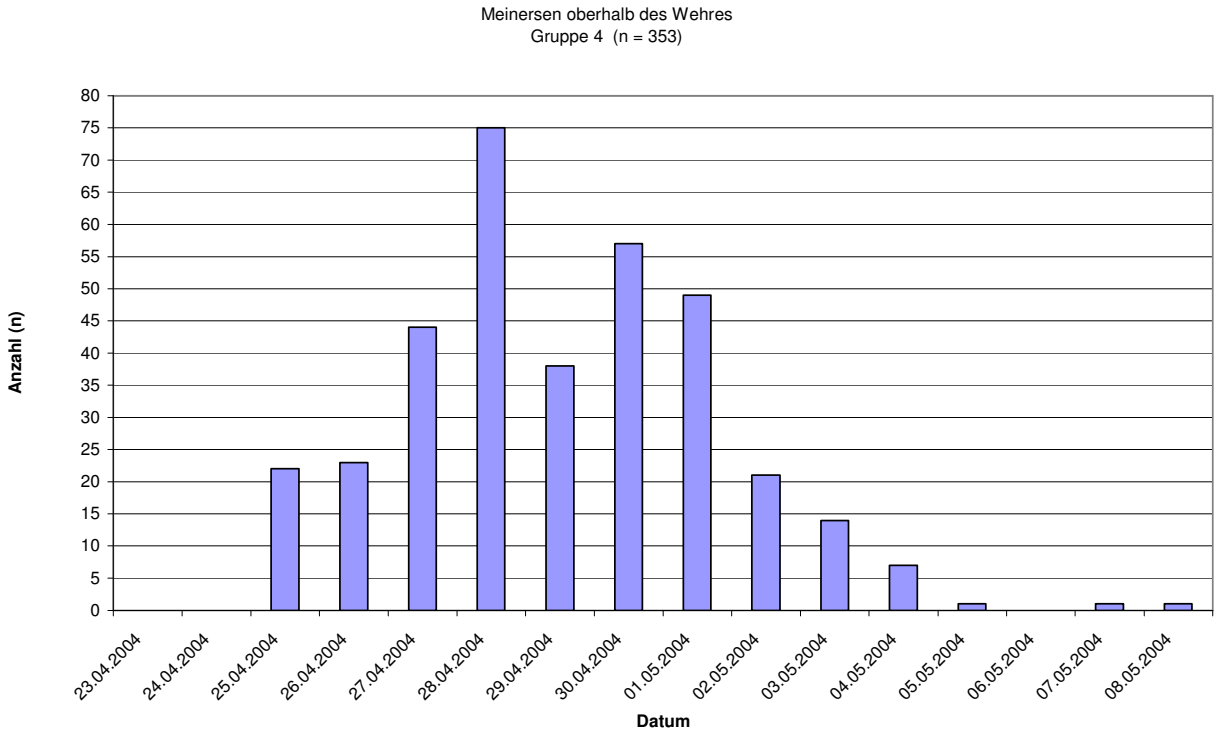


Abbildung 6: Wanderungsverlauf der Lachse des Besatzes in Meinersen (n = 269 und n = 353)

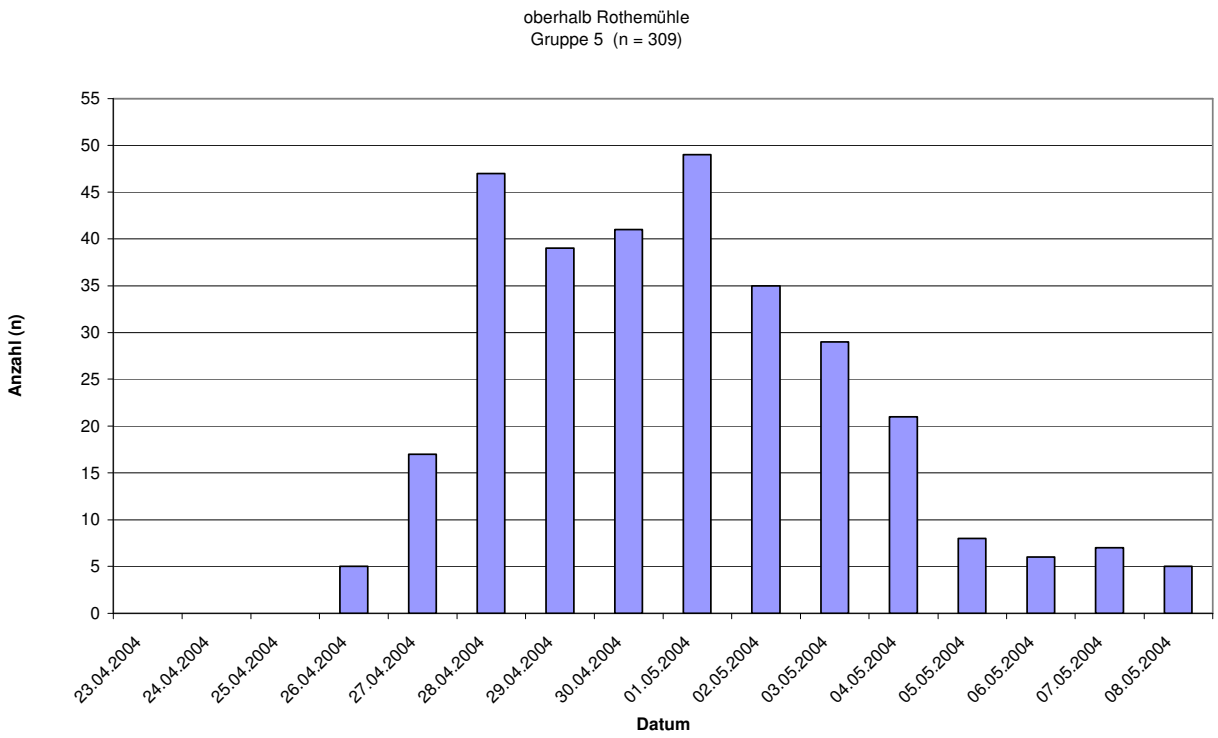
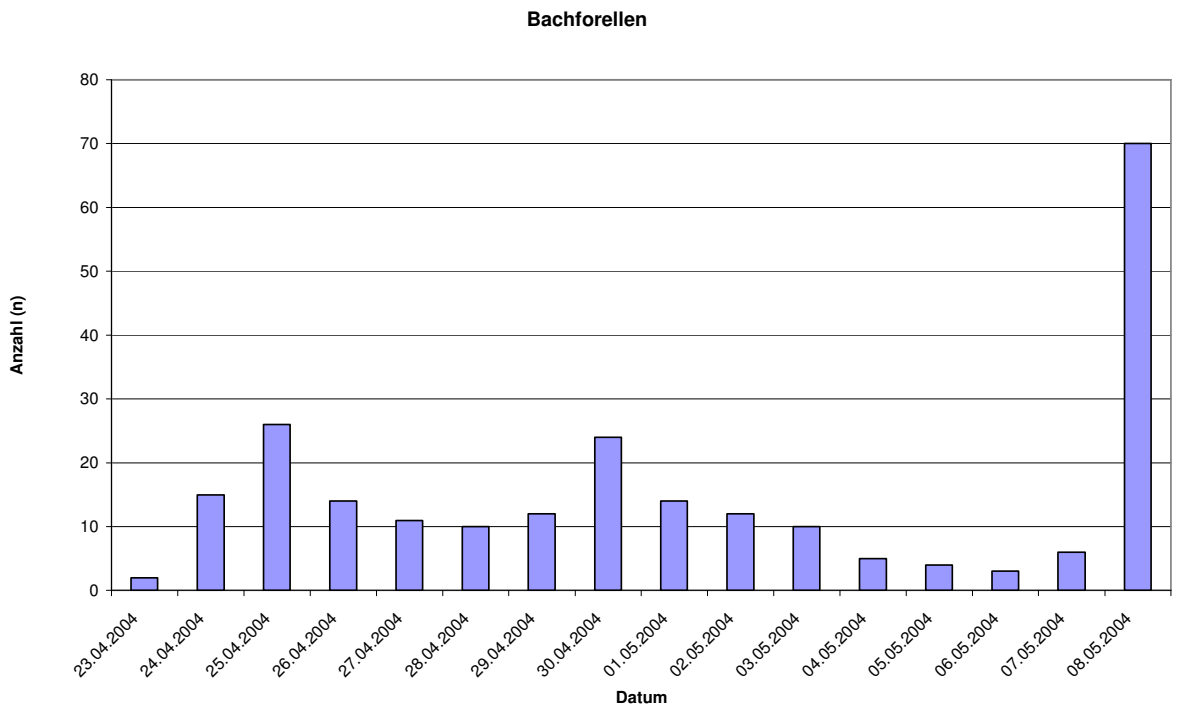


Abbildung 7: Wanderungsverlauf der Lachse des Besatzes oberhalb Rothemühle (n = 309)



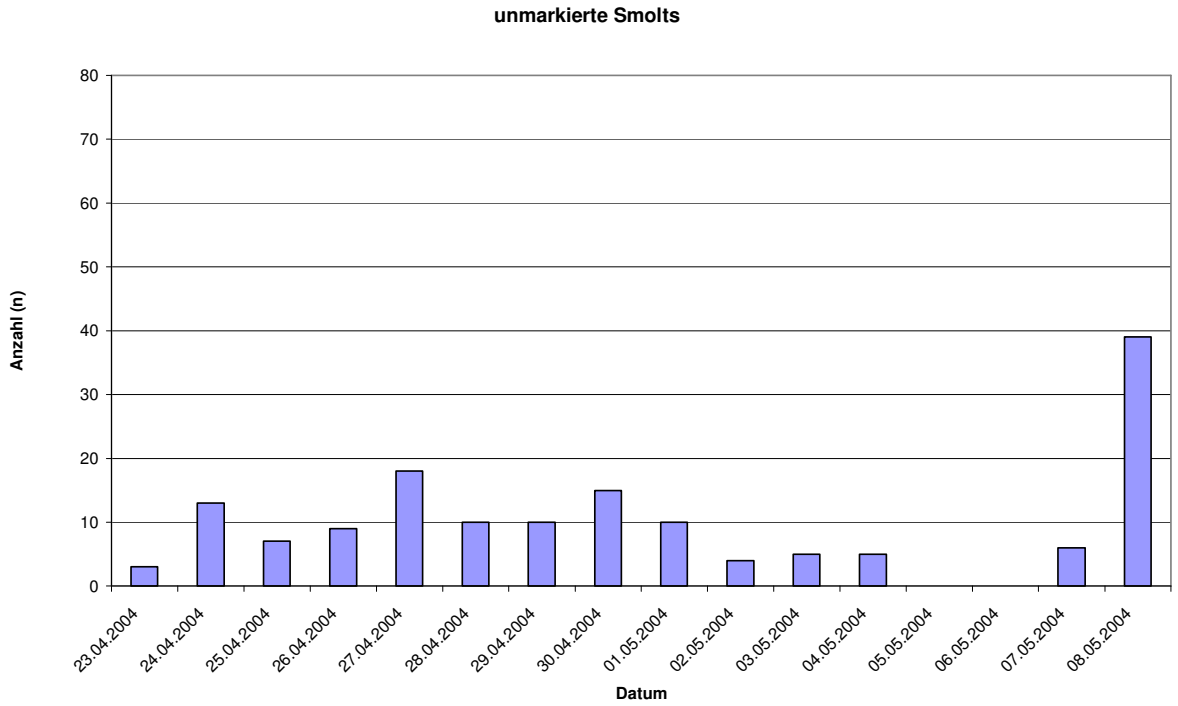


Abbildung 8: Wanderungsverlauf von Bachforellen (n = 238) und unmarkierten Smolts (n = 154) im Untersuchungszeitraum

3.1.3 Korrektur der Wiederfangraten

Die maximale Wiederfangrate der markierten Smolts bezogen auf die einzelnen Besatzgruppen betrug 25%; ein nicht unerheblicher Anteil ist also nicht erfasst worden.

Der Wanderungsverlauf der Referenzgruppe (Besatzgruppe 1, Müden, Besatz zwischen Fisch-Scheuchanlage und Rechen) und der Kontrollgruppe (Besatzgruppe 2, Müden, oberhalb Scheuchanlage und Umgehungsgerinne) lässt vermuten, dass die Abwanderung der Versuchsfische zum Zeitpunkt des Abbruchs des Versuches abgeschlossen war (Abbildung 5). Nur so ist zu erklären, dass sie nicht mehr bei steigendem Abfluss am 07. und 08.05.2004 in den Fanggeräten auftraten. Auf Grund der Fangeigenschaften der Fanggeräte wird davon ausgegangen, dass mit der Reuse im Umgehungsgerinne (Totalabsperrung), dem Netz im Wehrdurchlass (Totalabsperrung) und dem Fangkasten am Fluchtrohr (keine Umkehrmöglichkeit für gefangene Fische) abwandernde Fische in dem jeweiligen Abwanderungsweg vollständig erfasst worden sind. Anders verhält es sich mit dem Fangnetz in der Oker. Derartige Netze besitzen erfahrungsgemäß nie eine 100%-ige Fängigkeit, da sich das Netz und die Flügel nicht genau dem Gewässerquerschnitt anpassen lassen. Hinzu kommt, dass bei verstärktem Staudruck, z.B. durch Verunreinigung des Netzes, die Oberleine leicht unter die Wasseroberfläche gezogen werden kann, was dann den oberflächennah wandernden Lachsen die Möglichkeit bietet, die Oberleine zu überschwimmen.

Daher ist die Fangeffektivität des Netzes in der Oker zu berücksichtigen. Zur Bestimmung der Fangeffektivität werden die Wiederfangraten der Besatzgruppen 1 und 2 als Referenz herangezogen. Bei diesen Gruppen ist davon auszugehen, dass sie im Untersuchungszeitraum vollständig abgewandert sind und keiner distanzbedingten Mortalität (natürliche Sterblichkeit durch Raubfische und Vögel, Verluste durch die oberhalb Müden gelegenen Turbinen) unterlagen. Demzufolge hätten die Besatzgruppen zu 100% im Fluchtrohr oder Okernetz auftreten müssen, sofern die transport- und besatzbedingte Mortalitäten vernachlässigbar sind und der Einfluss der Turbine in Müden unberücksichtigt bleibt. Da bei der Rechenreinigung keine toten Lachssmolts beobachtet wurden, dürften auch möglicherweise durch den Rechen bedingte Verluste vernachlässigbar gering gewesen sein. Bei den im Okernetz erfaßten Fischen war eine Unterscheidung von turbinenbedingten oder durch das Fangnetz verursachten Schäden nicht möglich.

Die Fangeffektivität des Netzes wurde wie folgt berechnet:

Fangeffektivität (Prozent) = tatsächlicher Fang Okernetz * 100 / E

$$\mathbf{E = N_B - W_{Fluchtrohr} - W_{Fischpass} - W_{Wehrdurchlass}}$$

- E: zu erwartende Anzahl der Fische im Okernetz unter o.g. Prämissen
- N_B: Anzahl der ausgesetzten Fische
- $W_{Fluchtrohr}$: Anzahl der Wiederfänge im Fluchtrohr
- $W_{Fischpass}$: Anzahl der Wiederfänge im Fischpass
- $W_{Wehrdurchlass}$: Anzahl der Wiederfänge im Wehrdurchlass

Die so berechnete Fangeffektivität des Okernetzes ergibt für die Besatzgruppen 1 und 2 einen Wert von 8,6 bzw. 9,4% (im Mittel 9%).

Korrigiert man die Wiederfänge im Okernetz mit dem Fangeffektivitätsfaktor (Gruppe 1 entsprechend 8,6%, für Gruppe 2 den Wert 9,4%, alle weiteren Gruppen 9%) so ergibt sich ein abweichendes Bild hinsichtlich der Lachsverteilung auf die potentiell vorhandenen Abwanderungswege in Müden (Tabelle 3, Abb. 9).

Unter Zugrundelegung der tatsächlich ermittelten Fanganteile in den Abwanderungswegen in Müden und Berücksichtigung des Fangeffektivitätsfaktors sind durchschnittlich 14,4% der insgesamt markierten Lachse durch das Fluchtrohr und 85,4% durch die Turbine abgewandert. Diese rechnerisch ermittelten Werte basieren auf der Annahme, dass alle ausgesetzten markierten Smolts der Besatzgruppen 1 und 2, die nicht im Fischpass, Fluchtrohr, Wehrdurchlass und Okernetz gefangen wurden über die Turbinenpassage in das Unterwasser gelangt sind. Für die Fische der übrigen Besatzgruppen wird diese Annahme abzüglich der ermittelten natürlichen Sterblichkeit im Längsverlauf des Gewässers und der turbinenbedingten Verluste gleichermaßen zugrundegelegt. Diese rechnerisch ermittelte Individuenverteilung in Müden sollte durch weitere Untersuchungen überprüft werden.

Tabelle 3: Rechnerisch ermittelte Verteilung der Rückfänge auf die Abwanderungswege unter Berücksichtigung der Fangeffektivität des Netzes in der Oker (s. Erläuterung Kap. 3.3)

Besatzgruppe	Fluchtrohr	Turbine	Fischpass	Wehrdurchlass	Summe	Wiederfang
Gruppe 1: Müden, unterhalb Scheuchanlage n = 452	81	32	-	-	113	25,0%
Fang hochgerechnet	**81**	**371**	**-**	**-**	**452**	**100%**
Rel. Verteilung Müden u.S.	*17,9%*	*82,1%*	*0%*	*0%*	*100*	
Gruppe 2: Müden, oberhalb Scheuchanlage n = 479	67	38	7	-	112	23,4%
Fang hochgerechnet	**67**	**405**	**7**	**-**	**479**	**100%**
Rel. Verteilung Müden, o.S.	*14,0%*	*84,6%*	*1,4%*	*0%*	*100*	
Gruppe 3: Meinersen, unterhalb Wehr n = 1.545	158	110	1	-	269	17,4%
Fang hochgerechnet	**158**	**1.222**	**1**	**-**	**1.381**	**89,4%**
Rel. Verteilung Meinersen, u.W.	*11,4%*	*88,5%*	*0,1%*	*0%*	*100*	
Gruppe 4: Meinersen, oberhalb Wehr n = 2.066	225	127	-	1	353	17,1%
Fang hochgerechnet	**225**	**1.411**	**-**	**1**	**1.637**	**79,2%**
Rel. Verteilung Meinersen, o.W.	*13,7%*	*86,2%*	*0%*	*0,1%*	*100*	
Gruppe 5: Rothemühle, oberhalb Wehr n = 2.503	214	91	-	4	309	12,4%
Fang hochgerechnet	**214**	**1.011**	**-**	**4**	**1.229**	**49,1%**
Rel. Verteilung Rothemühle, o.W.	*17,4%*	*82,3%*	*0%*	*0,3%*	*100*	
Summe (n) korr. Abwanderungsweg	745	4.420	8	5	5.178	73,5%
Rel. Anteil korr. Abwanderungsweg	**14,39%**	**85,36%**	**0,15%**	**0,10%**	**100**	

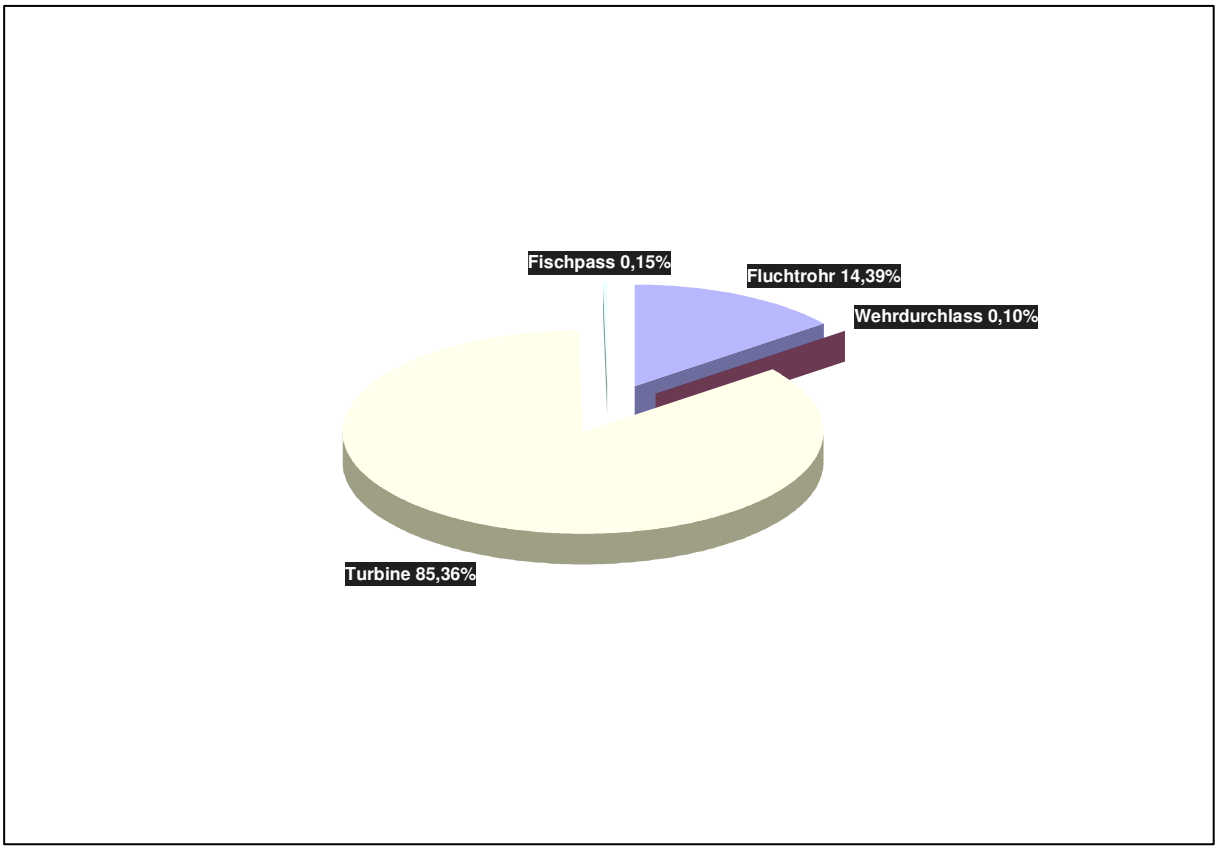


Abb. 9: Rechnerisch ermittelte relative Verteilung der Wiederfänge auf die Abwanderungswege unter Berücksichtigung der Fangeffektivität des Netzes in der Oker (s. Erläuterung Kap. 3.3)

3.1.4 Mortalität in Abhängigkeit von der Wanderungsdistanz

Setzt man die Differenz der hochgerechneten Wiederfangraten zwischen den Besatzgruppen 2 und 3 mit der Mortalitätsrate (10,6%) auf der Abwanderungsstrecke (8,6 km) gleich, so ergibt sich eine Mortalitätsrate von 1,23 %/km.

Ohne eine turbinenbedingte Mortalität hätte somit die Rückfangrate der Besatzgruppe 4 (Meinersen, oberhalb des Wehres) 85,58% betragen müssen. Tatsächlich wurden aber lediglich 79,2% wiedergefangen, woraus sich eine turbinenbedingte Mortalität von 6,4% ableiten ließe.

Betrachtet man die Besatzgruppe 5 (Rothemühle, oberhalb des Wehres) so wäre ohne turbinenbedingte Mortalität eine Wiederfangrate von 58,8% zu erwarten gewesen. Der tatsächliche Wert mit 49,1% liegt 9,7% unter dem erwarteten Wert, was ebenfalls auf eine turbinenbedingte Mortalität je Wasserkraftwerk von 4 bis 5% hindeutet (in diesem Fall 2 Kraftwerke auf dem Weg nach Müden).

Die erwartete Wiederfangrate und die turbinenbedingte Mortalität wurden wie folgt berechnet:

Erwartete Wiederfangrate = 100% - (Fliessstrecke * 1,23/km)

Turbinenbedingte Mortalität = erwartete Wiederfangrate – tatsächliche Wiederfangrate

3.1.5 Verteilung nicht markierter Fische auf die Abwanderungswege in Müden

Zusätzlich zu den 745 markierten Lachsen wurden im Fluchtrohr bei eingeschalteter Fischscheuchanlage weitere 1.098 Fische („Beifang“) gefangen (Abb. 10).

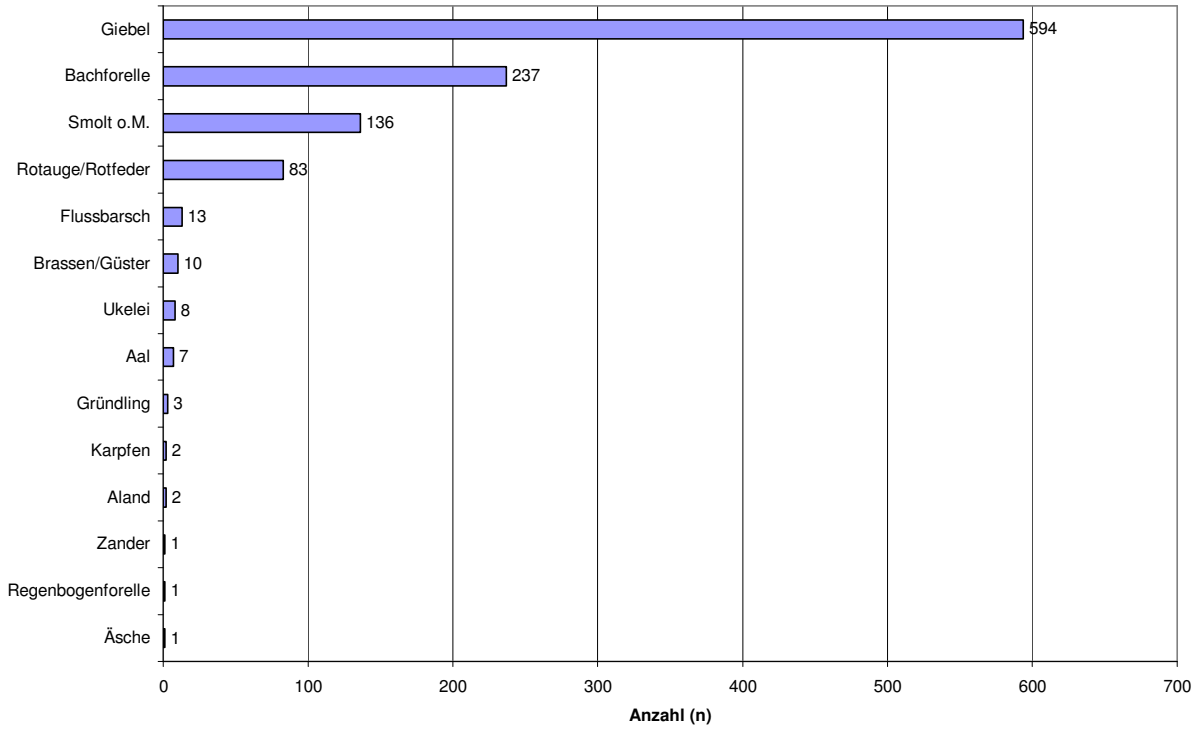


Abbildung 10: Beifänge im Fluchtrohr

Den größten Anteil in den Beifängen stellten die Giebel, die im Zeitraum vom 23.04. bis 29.04.2004 zuerst nur als Einzelexemplare auftraten, dann aber ab dem 30.04.2004 in Schwärmen von bis zu 163 Stück täglich im Fluchtrohrfangkasten nachgewiesen wurden.

Bei den Aalen handelte es sich ausschließlich um adulte Tiere mit Totallängen zwischen 54 und 80 cm. Aale mit einer Länge von mehr als 55 cm können in der Regel einen 20 mm-Rechen nicht mehr passieren.

Als Besonderheiten im Fang traten Karpfen (Totallängen von 20 und 30 cm), Regenbogenforelle (35 cm) und Zander (20 cm) im Fluchtrohr auf.

Die Verteilung der Beifänge auf alle potentiellen Abwanderungswege ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

Im Versuchszeitraum wanderten insgesamt über 99 % aller in Müden (außer den markierten Smolts) erfaßten Fische über den Turbinengraben ab, wobei der größte Anteil (79,8) das Fluchtrohr als Abwanderungsweg nutzte. Lediglich 0,7 % der Fische wanderten über den Fischpass ab und nur 0,1 % der Fische gelangten über den Wehrdurchlass in das Unterwasser.

Tabelle 4: Verteilung der Beifänge auf die Fanggeräte

Fischart	Fluchtrohr	Okernetz	Fischpass	Wehrdurchlass	Summe
Bachforelle	**237**	**1**	**-**	**-**	**238**
Rel. Verteilung	*99,6%*	*0,4%*	-	-	*100%*
Smolts o.M.	**136**	**17**	**1**	**-**	**154**
Rel. Verteilung	*88,3%*	*11,0%*	*0,7%*	-	*100%*
Regenbogenforelle	**1**	**-**	**-**	**-**	**1**
Rel. Verteilung	*100%*	-	-	-	*100%*
Äsche	**1**	**-**	**-**	**-**	**1**
Rel. Verteilung	*100%*	-	-	-	*100%*
Giebel	**594**	**47**	**-**	**-**	**641**
Rel. Verteilung	*92,7%*	*7,3%*	-	-	*100%*
Rotauge/Rotfeder	**83**	**109**	**-**	**1**	**193**
Rel. Verteilung	*43,0%*	*56,5%*	-	*0,5%*	*100%*
Brassen/Güster	**10**	**73**	**1**	**-**	**84**
Rel. Verteilung	*11,9%*	*86,9%*	*1,2%*	-	*100%*
Aland	**2**	**1**	**-**	**-**	**3**
Rel. Verteilung	*66,7%*	*33,3%*	-	-	*100%*
Gründling	**3**	**5**	**4**	**-**	**12**
Rel. Verteilung	*25,0%*	*41,7%*	*33,3%*	-	*100%*
Flussbarsch	**13**	**14**	**2**	**1**	**30**
Rel. Verteilung	*43,3%*	*46,7%*	*6,7%*	*3,3%*	*100%*
Ukelei	**8**	**8**	**1**	**-**	**17**
Rel. Verteilung	*47,1%*	*47,1%*	*5,8%*	-	*100%*
Aal	**7**	**-**	**-**	**-**	**7**
Rel. Verteilung	*100%*	-	-	-	*100%*
Karpfen	**2**	**-**	**-**	**-**	**2**
Rel. Verteilung	*100%*	-	-	-	*100%*
Zander	**1**	**-**	**-**	**-**	**1**
Rel. Verteilung	*100%*	-	-	-	*100%*
Summe (n) Abwanderungsweg	**1.098**	**275**	**9**	**2**	**1.384**
Rel. Anteil Abwanderungsweg	**79,3%**	**19,9%**	**0,7%**	**0,1%**	**100%**

Nicht alle Fische, die im Okernetz gefangen wurden, müssen zwangsläufig durch die Turbine abgewandert sein. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass ein Teil der Fänge im Okernetz sich bereits vor Versuchsbeginn im Unterwasser aufgehalten haben. Auf Grund der unterschiedlichen Lebensweisen einiger gefangener Fischarten (z.B. streng bodenorientiert), wurde auf eine Korrektur der Daten auf der Basis der Fangeffektivität des Okernetzes (s. Kap. 3.1.3) verzichtet, da sie primär für oberflächennah wandernde Fische gilt und die Anzahl der tatsächlich im Untersuchungszeitraum abgewanderten Fische nicht bekannt ist.

3.2 Herbstabwanderung / Aal

3.2.1 Aalabwanderung im zeitlichen Verlauf

Nach Erfahrungen mit Aalwanderungen in der Weser und kleineren Flüssen wie der Leine verläuft die Hauptwanderung der Aale im Herbst im wesentlichen bei einem starken Anstieg des Abflusses im Gewässer, Mondphase und Wassertemperatur werden dabei häufig überlagert, bzw. spielen dann nur eine untergeordnete Rolle.

Da für den 17.11.2004 im Harz Starkregenfälle mit Niederschlägen bis zu 100 l/m^2 angekündigt wurden und der Pegel der Oker eine leicht ansteigende Tendenz hatte, wurde am 17.11.2004 im Zeitraum von 15:00 Uhr bis 09:00 des nächsten Tages lediglich der Fangsack am Fluchtrohr gestellt, um zu überprüfen, ob eine erhöhte Wanderungsaktivität vorhanden ist. Nach dem Fang von 20 großen Blankaalen und 12 Begleitfischen aus 3 Arten wurden alle weiteren potentiellen Abwanderungswege wie der Wehrdurchlass und das Umgehungsgerinne um 16:00 Uhr am 18.11.2004 mit Fanggeräten abgesperrt.

Bis zur Beprobung um 22:00 Uhr durchwanderten bereits 8 Blankaale das Fluchtrohr, im weiteren Verlauf der Nacht erhöhte sich die Zahl um 30 Aale (Fangentnahme 09:00 Uhr am 19.11.2004).

In der Regel beginnt die Aalwanderung in der Dämmerung und stagniert mit zunehmender Helligkeit am Tage. Dennoch wurde am 19.11.2004 auch am Tag ein abwandernder Blankaale im Fluchtrohrnetz festgestellt. Der Grund hierfür könnte das Anspringen des Leerschusses am frühen Nachmittag des 19.11. gewesen sein, als die Turbine ihr maximales Schluckvermögen erreichte. In der Folgenacht erhöhte sich die Anzahl der gefangenen Aale im Fluchtrohrnetz bereits auf 54 Exemplare.

Vermutlich bedingt durch den verstärkten Abfluss Richtung Kraftwerk (Turbine und Leerschuss) wurde am 20.11.2004 auch am Tage eine hohe Wanderungsaktivität von Aalen festgestellt. Im Zeitraum von 09:00 Uhr bis 16:00 Uhr durchwanderten bereits 22 Blankaale das Fluchtrohr, obwohl das Wehr um 12:00 Uhr leicht geöffnet wurde worauf sich der Leerschuss am Kraftwerk schloss.

Trotz des geöffneten Wehres wurde in der Nacht im Zeitraum von 16:00 Uhr bis 09:00 Uhr am 21.11.2004 der größte Fang im Fluchtrohr mit 71 Blankaalen getätigt.

Bedingt durch den starken Anstieg des Unterwasserstandes musste die Beprobung am 21.11.2004 abgebrochen werden, um das Fangnetz noch bergen zu können. Eine

Zusammenfassung der Aalfänge ist der Tabelle 5 zu entnehmen. Am Rechen, im Umgehungsgerinne und im Wehrdurchlass wurden im Rahmen der Beprobung keine Aale festgestellt.

Tabelle 5: Aalwanderung im Bereich des Wasserkraftwerkes Müden im zeitlichen Verlauf

Datum	**Uhrzeit**	**Fluchtrohr**	**Rechen**	**Fischpass**	**Wehrdurchlass**
17.11.2004	15:00 Uhr bis			Kein Netz	Kein Netz
18.11.2004	09:00 Uhr	**20**	**0**	**-**	**-**
	16:00 Uhr bis				
	19:00 Uhr	**4**	**0**	**0**	**0**
	19:00 Uhr bis				
	22:00 Uhr	**4**	**0**	**0**	**0**
	22:00 Uhr bis				
19.11.2004	09:00 Uhr	**30**	**0**	**0**	**0**
	09:00 Uhr bis				
	16:00 Uhr	**1**	**0**	**0**	**0**
	16:00 Uhr bis				
	22:00 Uhr	**22**	**0**	**0**	**0**
	22:00 Uhr bis				
20.11.2004	09:00 Uhr	**32**	**0**	**0**	**0**
	09:00 Uhr bis				
	16:00 Uhr	**20**	**0**	**0**	**0**
	16:00 Uhr bis				
21.11.2004	09:00 Uhr	**71**	**0**	**0**	**0**
Summe		**204**	**0**	**0**	**0**

3.2.2 Aalabwanderung in Abhängigkeit von Abfluss der Oker und Abflussverteilung im Bereich des Wasserkraftwerkes Müden

Die Aalabwanderung in der Oker wurde induziert durch den Anstieg des Pegels bzw. des Abflusses der Oker (Abb. 11). Der Abbildung 11 liegen die Pegelstände Groß Schwülper zugrunde. Da dieser Pegel sich 29,5 km oberhalb von Müden befindet, wurden die Pegelwerte um + 12 Stunden korrigiert.

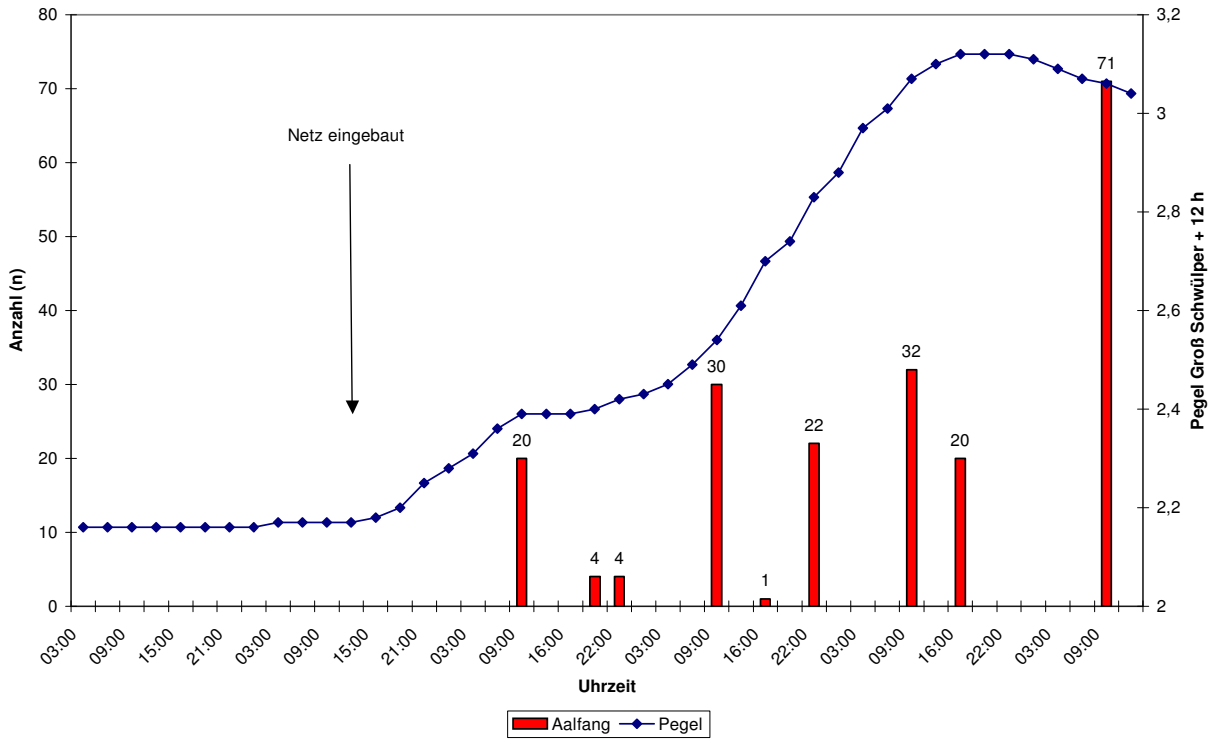


Abbildung 11: Pegelanstieg und Aalfänge im Fluchtrohr des Kraftwerkes Müden im Zeitraum vom 16.11.04 um 03:00 Uhr bis 21.11.2004 um 12:00 Uhr

Aus der Abbildung 11 sind die unterschiedlichen Abwanderungsphasen der Aale zu ersehen. Der Pegelanstieg von 2,18 m am 17.11. um 15:00 Uhr (Einbau des Fangnetzes) um 21 cm auf 2,39 m am 18.11. um 09:00 Uhr (Netzkontrolle) löste die Aalwanderung aus, obwohl das Okerwasser zu diesem Zeitpunkt vollkommen klar war. Für die nächsten 10 Stunden stagnierte der Pegel bei 2,39 m und stieg am 18.11. im Zeitraum von 19:00 Uhr bis 00:00 Uhr um lediglich 4 cm. In diesem Zeitraum wurden lediglich 4 Aale gefangen. Eine weitere Wanderungswelle setzte mit zunehmenden Abfluss im weiteren Verlauf der Nacht ein. Der Pegel stieg ab Mitternacht um 12 cm von 2,43 m auf 2,54 m. In diesem Zeitraum wurden 30 Aale im Fangnetz erfasst. Trotz weiter steigendem Pegel (2,54 m um 09:00 Uhr auf 2,70 m

um 16:00 Uhr) setzte die Wanderung bei immer noch klarem Okerwasser über Tag weitgehend aus, lediglich 1 Aal wurde im Fangnetz festgestellt. Mit Einbruch der Dämmerung stieg der Okerpegel um 13 cm an und erreichte um 22:00 Uhr 2,83 m. In diesem Zeitraum wurden bereits weitere 22 Aale gefangen. Bis zur nächsten Probenahme um 09:00 Uhr am 20.11. war die Oker um weitere 24 cm gestiegen; bis dahin schwammen weitere 32 Aale in das Netz. In dergleichen Nacht veränderte die Oker die Wasserfarbe: das klare Wasser nahm eine braun-gelbliche Schlammfärbung mit sehr geringer Sichttiefe an, die sie bis zum Ende der Untersuchung behielt. Bedingt durch die starke Trübung des Wassers, dem Öffnen des Leerschusses am Kraftwerk und einem weiteren leichten Pegelanstieg um 5 cm wanderten die Aale nun auch bei Tag im Zeitraum von 10:00 bis 17:00 Uhr (20 Exemplare). In der folgenden Nacht (20.11./21.11.) dürfte dann die Hauptwanderung bei nur leicht fallendem Pegel erfolgt sein (71 Aale), wobei nicht abgeschätzt werden kann, wie viele Aale unter dem bereits leicht gezogenen Wehr abgewandert sind. Der Hauptabfluss der Oker erfolgte in dieser Nacht eindeutig durch das Kraftwerk.

3.2.3 Beifänge im Rahmen der Aalabwanderung

Auf den potentiellen Abwanderungswegen im Bereich des Wasserkraftwerkes Müden wurden insgesamt 155 weitere Fische gefangen, die sich aus insgesamt 8 Arten rekrutierten. Lediglich im Netz hinter dem Wehrdurchlass wurden weder Aale noch andere Fischarten registriert (Tab. 6).

Tabelle 6: Beifänge auf den potentiellen Abwanderungswegen im Bereich des Kraftwerkes Müden im Zeitraum 17.11.2004 bis 21.11.2004

Fluchtrohr		**Rechen**		**Fischpass**		**Wehrdurchlass**	
(n) Art	**Länge**	**(n) Art**	**Länge**	**(n) Art**	**Länge**	**(n) Art**	**Länge**
(38) Brassen	20-45 cm	(99) Brassen	20 cm	(1) Brassen	20 cm	0	
(3) Bachforelle	39-45 cm	0		0		0	
(9) Rotauge	7-8 cm	0		0		0	
(1) Karpfen	60 cm	0		0		0	
(1) Flussbarsch	12 cm	0		0		0	
(1) Hecht	40 cm	0		0		0	
(1) Barbe	15 cm	0		0		0	
0		0		(1) Lachs	40 cm	0	
Summe (54) 7 Arten		**Summe (99) 1 Art**		**Summe (2) 2 Arten**		**Summe (n) 0**	

Der hohe Anteil von Brassen im Längenbereich von 20 cm beruht im wesentlichen auf einen in der Vorwoche vor der Untersuchung getätigten Besatz. Vermutlich waren die Besatzfische transport- und hälterungsbedingt noch nicht an das Gewässer adaptiert, so dass sie verstärkt im Hauptabfluss der Oker abgedriftet und vor die Wasserkraftanlage gelangt sind.

Der im Umgehungsgerinne gefangene Lachs war vermutlich kein Absteiger. Vermutlich hat sich dieser Lachs das Gerinne als Lebensraum ausgesucht und wird erst im Frühjahr 2005 abwandern.

Bei der Barbe von 15 cm handelte es sich um den erstmaligen Nachweis einer Reproduktion dieser Art in der Oker, da in den letzten Jahren nur mit adulten Exemplaren besetzt wurde.

4 Diskussion

4.1 Frühjahrsabwanderung / Lachs

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden 1.156 markierte Lachse von einer gesamten Aussetzmenge von 7.045 Lachsen in Müden wieder gefangen. Dies entspricht einer Wiederfangrate von 16,4%. Als Gründe für die relativ geringe Wiederfangrate kommen im wesentlichen 2 Hypothesen in Betracht:

1. Es wurden nur Lachse in der Vorwanderungsphase erfasst, die eigentliche Hauptwanderung stand noch aus.
2. Die Abwanderung ist im wesentlichen im Untersuchungszeitraum erfolgt, die Fangeffektivität des Netzes in der Oker betrug jedoch im Mittel nur 9%.

Das Zutreffen der **Hypothese 1** würde bedeuten, dass unmittelbar nach dem Besatz nur ein Anteil von ca. 25%, bedingt durch Transportstress und Umstellung auf ein „anderes“ Wasser abwandert, wohingegen sich der überwiegende Anteil erst akklimatisiert und auf die Wanderung auslösende Faktoren wie Wassertemperatur, Lunarphase oder Abfluss wartet.

Nach Untersuchungen in Norwegen, die sowohl im Freiland wie auch im Labor durchgeführt wurden, wandert die Mehrzahl der Lachssmolts bei Wassertemperaturen über 10 ^{o}C ab (JONSSON & RUUD-HANSEN 1985, RAYMOND 1979). Die Wassertemperatur der Oker beim Besatz der Lachse betrug bereits bei 13 ^{o}C, so dass ein Temperaturanstieg auf diesen Wert bei der Lachswanderung in der Oker keine Rolle gespielt haben dürfte.

Die Aussagen über eine Abhängigkeit der Smoltabwanderung von der Mondphase sind widersprüchlich. Nach LEATHERLAND et al. (1992) induziert Vollmond zwar die Wanderung, die eigentliche Hauptabwanderung erfolgt aber erst in der Neumondphase. Auch in den Fängen in der Oker ist eine Abnahme der Rückfänge bei Vollmond (04.05.2004) zu verzeichnen. Ob für diesen Rückgang aber ausschließlich der Vollmond ausschlaggebend war, ist auf Grund des kurzen Untersuchungszeitraumes nicht zu klären.

Vermutlich ist der wichtigste auslösende Faktor für die Smoltabwanderung der Abfluss, bzw. die Abflusserhöhung des Gewässers. Eine Abfluss- und Strömungsgeschwindigkeits-erhöhung stellt für abwandernde Fische einen energetischen Vorteil dar, da Entfernungen mit geringerem Kraftaufwand überwunden werden können. Leider konnte die Auswirkung des Hochwassers auf die Smoltabwanderung nicht mehr überprüft werden, da keine für derartige Hochwässer geeigneten Netze zur Verfügung standen. Der Fanganstieg der unmarkierten

Smolts am 08.05.2004 im Fluchtrohr dürfte jedoch hierfür ein Indiz sein. Da an diesem Tag das Wehr bereits teilweise gezogen war, ist vermutlich der größte Anteil der bis zu diesem Zeitpunkt nicht abgewanderten Fische unter dem Wehr abgestiegen.

Sowohl der allgemeine Wanderungsverlauf der beiden Referenzgruppen in Müden wie auch das Ausbleiben von markierten Lachsen aus diesen Gruppen bei dem steigenden Wasser am Ende des Versuchs deuten auf das Zutreffen der **zweiten Hypothese** hin, so dass die absoluten Fangergebnisse relativiert werden müssen. Nach Korrektur der Fangdaten aus dem Okernetz ergibt sich für das Fluchtrohr eine Effektivität hinsichtlich der Abwanderung der besetzten Lachse von 14,4%. Trotz dieser Verringerung des Anteils der über das Fluchtrohr abgewanderten Lachse und der Erhöhung des über die Wasserkraftanlage abgestiegenen Anteils von Smolts ist hervorzuheben, dass das neu gebaute Fluchtrohr zur Verbesserung der Abstiegssituation in der Oker beiträgt. Der größte Anteil der in Müden absteigenden Fische wandert über den Mühlengraben ab, wo ihnen im Gegensatz zur Turbinenpassage das neu gebaute Fluchtrohr als schadloser Abwanderungsweg zur Verfügung steht.

Die Bedeutung des neuen Fluchtrohres als alternativer Abwanderungsweg und schadenmindernde Einrichtung für absteigende Fische in Müden wird durch die Erfassung von weiteren 14 über diesen Abwanderungsweg abgestiegenen Fischarten (insgesamt 1098 Individuen) unterstrichen.

Besonders hoch ist der Anteil von im Fluchtrohr erfaßten Bachforellen (99,6) und unmarkierten Smolts (88,3) im Vergleich mit dem Anteil der über das Fluchtrohr abgewanderten markierten Smolts (64,5 %, unkorr.). Aufgrund der geringeren Körperlänge ist für die markierten Smolts (mittlere Länge 15 cm) ein Durchschwimmen des Rechens (lichte Weite 2 cm) eher möglich. Auf die im Mittel größeren Bachforellen und unmarkierten Smolts (vgl. Tab A 1) zeigt der Rechen dagegen eine eher abweisende Wirkung, was zu einer höheren Akzeptanz des Fluchtrohres als Abstiegsanlage führt.

Von Bachforellen ist nicht bekannt, dass sie bevorzugt oberflächennah abwandern, wie z.B. Lachssmolts. Möglicherweise ist dies eine Erklärung für den höheren Anteil der im Fluchtrohr festgestellten Bachforellen gegenüber dem Anteil unmarkierter Smolts, da sie sowohl über den oberflächennahen als auch über den bodennah gelegenen Einlauf in das Fluchtrohr gelangt sein können.

Möglicherweise zeigen Bachforellen und im Gewässer aufgewachsene Lachse darüber hinaus grundsätzlich ein anderes Abwanderungsverhalten.

Die Betrachtung der Mortalität in Abhängigkeit von der Wanderungsdistanz (Kap. 3.1.4) hat im Untersuchungszeitraum einen Verlust markierter Smolts in einer Höhe von 1,23 % je Flusskilometer ergeben. Sollte sich diese wanderungsbedingte Mortalität verifizieren lassen, müsste dies Auswirkungen auf die Besatzstrategie in der Oker haben. Bedingt durch die lange Fließstrecke bis zur Nordsee, der sicher vorhandenen Mortalität durch Wasserkraftanlagen und der natürlichen Mortalität in der Nordsee müsste der Besatzaufwand für die Sicherstellung von Rückkehrern deutlich erhöht werden.

Eine Mortalitätsrate von 1,23 %/km würde bedeuten, dass von 10.000 Lachssmolts, die an der Einmündung der Oker in die Aller eingesetzt würden, ohne turbinenbedingte Mortalität lediglich 399 Smolts (entsprechend 4%) die Nordsee erreichen.

Der rechnerisch ermittelte Wert für die turbinenbedingte Mortalität der Oker-Lachse mit 4 bis 6,4% pro Wasserkraftwerk liegt relativ niedrig. Nach Auswertung von 38 Untersuchungen an Wasserkraftanlagen mit Kaplanturbinen, berechneten HÖFER & RIEDMÜLLER (1996) bei Salmoniden eine mittlere turbinenbedingte Mortalität durch Kaplanturbinen in Höhe von 12,8% (Median 11,4%), LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) ermittelten eine durchschnittliche Mortalitätsrate von Kaplanturbinen bei Salmoniden in Höhe von 9%. Die IKSR (2004) geht davon aus, dass die turbinenbedingte Mortalität bei der Fischabwanderung je nach Turbinentyp zwischen 5 und 100% liegt, wobei die aufsummierte Mortalität an aufeinander folgenden Wasserkraftstandorten als besonders problematisch beschrieben wird.

Auch unter der Annahme, dass der Untersuchungszeitraum vom 23.04. bis 08.05.2004 ein Vorwanderungszeitraum für die eingesetzten Smolts war (entsprechend Hypothese 1), wird deutlich, dass der Wehrdurchlass und das Umgehungsgerinne für die Abwanderung von Fischen im Bereich von Müden unter den während der Untersuchung angetroffenen Bedingungen von untergeordneter Bedeutung sind. Dies trifft nicht nur für die Lachse, sondern auch für alle übrigen Fischarten zu. Die Wanderung erfolgte zu zwei Dritteln über das Fluchtrohr und zu einem Drittel durch die Turbine. Auch wenn nicht alle Beifänge im Okernetz zwangsläufig durch die Turbine geschwommen sein müssen (ein unbestimmbarer Anteil kann sich auch schon vorher in dem Raum zwischen Wehr und Netz aufgehalten haben), ist eine starke Abwanderungstendenz durch das neue Fluchtrohr erkennbar.

Es bleibt festzuhalten, dass das neue Fluchtrohr für die Lachsabwanderung eine wesentliche Rolle spielt, obwohl der Einstieg (ca. 2 m und 4 m unter der Wasseroberfläche) für die oberflächennah ziehenden Lachse nicht optimal ist. Um eine noch größere Akzeptanz der

Fluchtrohre zu erzielen, sollte der Einbau einer dritten, unmittelbar an der Wasseroberfläche liegenden Eintrittsöffnung in das Fluchtrohr erwogen werden..

GÖHL (2004) stellte in einem Modellversuch für Bachforellen nur eine sehr geringe Akzeptanz von Fluchtrohren fest.. Auf Grund ihrer Schwimmleistung flohen sie immer wieder aus den Fluchtrohröffnungen. Im Wasserkraftwerk Müden lagen die Einströmgeschwindigkeiten in die Fluchtrohre mit hydraulisch berechneten 4,75 m/s (nach Schätzung des NLWK Braunschweig ca. 2,5 m/s) deutlich über den getesteten Werten in den Untersuchungen von GÖHL (2004). Die hohe Einströmgeschwindigkeit ist vermutlich der wesentliche Parameter, der zum Fang der 237 Bachforellen in der vorliegenden Untersuchung bzw. für die Akzeptanz der oberflächennah abwandernden Lachse führte.

4.2 Herbstabwanderung / Aal

Die Ergebnisse der Herbstuntersuchung deuten darauf hin, dass das Fluchtrohr von den Aalen bei ihrer Abwanderung angenommen wird. Im Gegensatz zu einer früheren Untersuchung (RATHCKE 1998), in der nachweislich in 2 Nächten 127 Aale von der Rechenreinigung erfasst wurden, traten bei der vorliegenden Untersuchung keine Schäden an Aalen durch die Rechenreinigung auf. Neben der erfolgreichen Aalableitung dürfte auch der sehr geringe Laubanfall im Untersuchungszeitraum 2004 mit minimalen Rechenreinigungsintervallen (nur 1- bis 2-mal pro Nacht) sich schadensmindernd ausgewirkt haben.

Die alternativen Abwanderungswege Wehrdurchlass und Umgehungsgerinne blieben in den Wandernächten ohne Aal. Die häufig beschriebene litorale Aalabwanderung (z.B. GÖHL 2004) verläuft nach früheren Untersuchungen (RATHCKE 2001) nur bei niedriger bis mittlerer Wanderungsaktivität der Aale in Ufernähe. Im Rahmen der Hauptwanderung treibt der Aal in der Hauptströmung. Dies führt auch dazu, dass die Aale den Wehrdurchlass mit einer Wasserdotation von 500 l/s nicht finden, sondern mit der Hauptströmung in den Mühlenkanal eintreiben. Dieser Effekt verstärkt sich noch, wenn der Leerschuss neben dem Rechen auf Grund der ankommenden Wassermenge öffnet (Wanderung bei Tag).

Ein weiteres Indiz für die Wanderung in der Hauptströmung sind die Aalfänge der Fischerei Nölke in der Aller unterhalb von Müden. Auf Grund des Wasserstandes in der Aller wurden hier die Wehre bereits am 18.11.2004 gezogen. Der Aalfang in den ufernahen Reusenketten betrug im Zeitraum vom 18.11. bis zum 22.11.2004 lediglich 27 Aale, d.h. die Aalabwanderung aus der Oker wurde hier nicht erfasst.

Bei funktionierender Fischscheuchanlage und gezogenem Wehr hätte die Aalwanderung durch das Fluchtrohr am Nachmittag des 20.11.2004 zum Erliegen kommen müssen. Statt dessen wurde in dieser Nacht der größte Fang im Fangnetz am Fluchtrohr getätigt. Dies spricht zum einen dafür, dass die Scheuchanlage für die Aalwanderung keine nennenswerte Barriere darstellt, zum anderen, dass die Abflussverteilung deutlich zu Gunsten des gezogenen Wehres verschoben sein muss, bevor die Wanderung über die Turbinen an der Oker aussetzt.

Geht man davon aus, dass an ca. 200 Tagen im Jahr der gesamte Abfluss der Oker durch die Turbine, den Wehrdurchlass und das Umgehungsgerinne fließen und an lediglich 65 Tagen der Abfluss unter dem Wehr größer als die Turbinendotation ist, so wird deutlich, dass für die Gewährleistung eines ausreichenden Fischabstieges im Bereich der Wasserkraftanlage an der Oker in Müden das Fluchtrohr ganzjährig geöffnet werden muss, zumal die Fischscheuchanlage an 18 Untersuchungstagen im Frühjahr und Herbst mindestens 2.200 Fische, darunter Karpfen von 60 cm Körperlänge, ungehindert in Richtung Wasserkraftanlage passieren ließ.

5 Zusammenfassung

Im Frühjahr und Herbst 2004 erfolgten Untersuchungen zum Abwanderungsverhalten von Fischen in der Oker und zur Effektivität des im Bereich der Wasserkraftanlage in Müden installierten Fluchtrohrsystems. Im Frühjahr 2004 (23.04.2004 bis zum 08.05.2004) wurden von 7.045 markierten und an 5 Positionen oberhalb des Wasserkraftwerkes Müden/Dieckhorst in einer Entfernung von bis zu 33,5 km ausgesetzten Lachsen 1.156 Lachse wieder gefangen. Der größte Anteil der wiedergefangenen Lachse (64,5%) wanderte über das unmittelbar vor dem Rechen neu eingebaute Fluchtrohr ab, 34,4% aller markierten Lachse gelangten über die Turbinenpassage in das Unterwasser. Sowohl das Fluchtrohr als auch die Turbine liegen hinter einer Elektro-Fischscheuchanlage, die offensichtlich keine Schutzwirkung auf abwandernde Fische zeigt. Der Anteil der über den Durchlass im Hauptwehr und über das neu gebaute Umgehungsgerinne abgewanderten Junglachse war sehr gering (0,4 und 0,7%).

Nach Korrektur der Fangdaten unter Berücksichtigung der Fangeffektivität des Fangnetzes in der Oker ergeben sich für die besetzten markierten Lachse Abwanderungsraten von 14,4% durch das Fluchtrohr und 85,4% durch die Turbine. Es ist davon auszugehen, dass die Abwanderung der markierten Lachse im Untersuchungszeitraum im wesentlichen abgeschlossen war. Möglicherweise unterscheidet sich das Abwanderungsverhalten von in Teichwirtschaften gezogenen Lachsen gegenüber dem Abwanderungsverhalten anderer Salmoniden, da unmarkierte Lachse (88,3%) und Bachforellen (99,6%) in deutlich höheren Anteilen das Fluchtrohr zur Abwanderung nutzten.

Insgesamt sind über das Fluchtrohr 17 Fischarten abgewandert (Umgehungsgerinne 5 Fischarten, Wehrdurchlass 2 Fischarten). Sowohl der große Anteil der über das Fluchtrohr abgewanderten Fische, als auch das im Fluchtrohr erfasste Arten- und Längenspektrum heben die Bedeutung des Fluchtrohres als zusätzlichen wichtigen Abwanderungsweg für absteigende Fische im Bereich der Wasserkraftanlage in Müden hervor.

Die natürliche Mortalität auf der Abwanderung der Lachse durch Prädation und andere Faktoren betrug im Untersuchungsabschnitt und –zeitraum je Fließkilometer 1,23%. Der Verlust von in Turbinen abgestiegenen Fischen betrug im Mittel 4 bis 5% je Wasserkraftanlage.

Im Rahmen der Herbstuntersuchung zur Aalabwanderung (17.11.2004 bis zum 21.11.2004) wurden im Fluchtrohr an der Wasserkraftanlage in Müden 204 große Blankaale erfasst. Das

Umgehungsgerinne und der Wehrdurchlass waren für die Abwanderung ohne Bedeutung, Schäden durch die Rechenreinigung traten nicht auf.

Um weitestgehend Schäden an absteigenden Fischen durch die Wasserkraftanlage zu vermeiden und einen ausreichenden Fischabstieg zu gewährleisten, sollte das Fluchtrohr zukünftig ganzjährig geöffnet bleiben, zumal die Elektro-Fischscheuchablage offensichtlich nicht in der Lage ist, das Eindringen von absteigenden Fischen wirksam zu verhindern. Um dauerhaft eine bessere Kontrolle und Wartung des Fluchtrohres zu ermöglichen, sollte der derzeit bei Hochwasser unzugängliche Schieber am Auslauf des Fluchtrohres durch einen kraftwerksnäher gelegenen Schieber ergänzt/oder ersetzt und ein Revisionsschacht eingebaut werden. Für die oberflächennahe Lachsabwanderung sollte der Einbau einer dritten Eintrittsöffnung in das Fluchtrohr unmittelbar an der Wasseroberfläche erwogen werden.

Zur Verifizierung und Absicherung der in dieser Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse über die Abwanderung von Fischen in der Oker wird empfohlen, im Frühjahr 2005 einen Folgeversuch mit Junglachsen durchzuführen. Insbesondere sollte dann eine quantitative Beprobung des Turbinenauslaufes und eine Hälterung der über die Turbine abgewanderten Fische erfolgen, um genauere Erkenntnisse über den Einfluss der Turbine auf die Abwanderung von Fischen in Müden zu erzielen.

Ich versichere, diese gutachterliche Stellungnahme unabhängig nach bestem Wissen und Gewissen erstellt zu haben.

Wedel, 15.01.2005

(Dipl.-Biol. Peter-C. Rathcke)
Fischereiwissenschaftler

6 Literatur

ATV-DVWK (2004): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen- - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle -. ATV-DVWK-Themen, Arbeitsgruppe WW-8.1. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., D-53774 Hennef.

Göhl, C. (2004)**:** Bypasseinrichtungen zum Abstieg von Aalen an Wasserkraftanlagen. Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München, Nr. 98.

Höfer, R. & U. Riedmüller (1996): Fischschäden bei Salmoniden durch Turbinen von Wasserkraftanlagen. – Kirchzarten (Büro für Nutzung und Ökologie der Binnengewässer) im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg (unveröff. Manuskript).

IKSR (2004): Auswirkungen von Wasserkraftanlagen in den Rheinzuflüssen auf den Wanderfischabstieg. – IKSR-Bericht Nr. 140. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, 70. Plenarsitzung, 8./9. Juli, Bern.

Jonsson, B. & J. Ruud-Hansen (1985): Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (Salmo salar) smolts. – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42, 593-595.

Larinier, M. & J. Dartiguelongue (1989): La circulation des poissons migrateurs et transit á travers les turbines des installations hydroélectriques. – Bull. Fr. Pêche Piscic. 312/313, 90 S.

Leatherland, J. F., K. J. Farbridge & T. Boujard (1992): Lunar and semi-lunar rhythms in fishes. – In: Ali, M.A. (Hrsg.): Rhythms in fishes. – New York (Plenum Press), 83 – 107.

Rathcke, P.-C. (1993): Untersuchung über die Effektivität der Aalableitung und Feststellung der Fischschäden durch Turbine und Rechen im Wasserkraftwerk Dringenauer Mühle (Bad Pyrmont). Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Bad Pyrmont. (unveröff.)

Rathcke, P.-C. (1998): Überprüfung der Effektivität einer modernen elektrischen Fischscheuchanlage. – Untersuchungen im Wasserkraftwerk Müden(Dieckhorst (Oker) -Gutachten im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie – Dezernat Binnenfischerei -. (unveröff.)

Rathcke, P.-C. (1999): Fortführung der Überprüfung der Effektivität einer modernen elektrischen Fischscheuchanlage. – Untersuchungen im Wasserkraftwerk Müden(Dieckhorst (Oker) -Gutachten im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie – Dezernat Binnenfischerei -. (unveröff.)

Rathcke, P.-C. (2001): Überprüfung der Effektivität des Fluchtrohres im Wasserkraftwerk Hannover-Herrenhausen – Untersuchungen im Herbst 2000-.Gutachten im Auftrag der Stadtwerke Hannover AG (unveröff.)

Raymond, H. L. (1979): Effects of dams of impoundments on migrations of juvenile Chinook salmon and steelhead from the Snake River, 1966 – 1975. – Trans. Am. Fish. Soc. 108, 505-529.

7 Bildnachweis

Foto1: NLWK-Süd, Braunschweig

Fotos 2 – 6: NLÖ-Dezernat Binnenfischerei

8 Tabellenanhang

Tabelle A 1: Anzahl und Längenbereich der übrigen über Fluchtohr abgewanderten Fischarten

Art	**Anzahl**	**Längenbereich (cm)**
Bachforelle	240	15-45
Lachs (o.Markierung)	136	15-25
Äsche	1	20
Aal	212	54-95
Aland	2	30, 45
Brassen/Güster	48	10-45
Giebel	594	10-15
Rotauge	95	6-25
Flussbarsch	17	10-25
Ukelei	8	10-12
Gründling	3	9-11
Zander	1	20
Karpfen	3	20-60
Regenbogenforelle	1	35
Barbe	1	15
Hecht	1	40
Schleie	1	10
Summe	**1.364**	