

Beate Adam und Ulrich Schwevers

## Aspekte des Schwimmverhaltens rheophiler Fischarten

### Einleitung

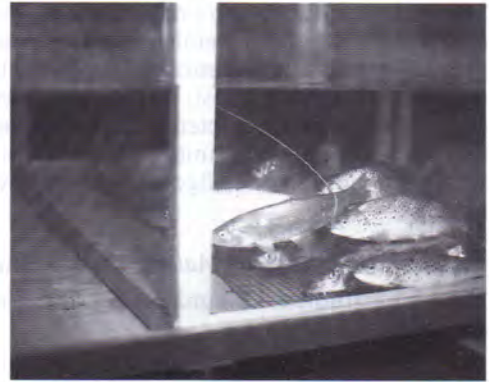
Da sich Fische in ihrem natürlichen Lebensraum nur unter Einsatz aufwendiger technischer Mittel und auch dann oft infolge starker Strömung oder Trübung nur eingeschränkt beobachten lassen, bestehen gravierende Wissensdefizite hinsichtlich des Verhaltens der einheimischen Fischarten. Diesem Mangel kann bei Stillwasserarten durch Aquarienbeobachtungen abgeholfen werden. Für verhaltensbiologische Untersuchungen strömungsliebender Arten müssen jedoch Beobachtungen in Fließrinnen durchgeführt werden. Während bereits verschiedentlich zur Bestimmung der Schwimmleistung von Fischen Modellgerinne eingesetzt wurden (Beamish, 1978; Stahlberg & Peckmann, 1986; Geitner & Drewes, 1990), standen im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen Aspekte des stromaufwärts- und -abwärtsgerichteten Schwimmverhaltens ausgewählter Fischarten bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten im Zentrum des Interesses. Für diese Fragestellungen geeignete technische Voraussetzungen fanden sich in den Fließrinnen am Hydrotechnikum des Zentrums für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) in Müncheberg sowie in der Versuchshalle des Institutes für Hydraulik und Hydrologie der Technischen Hochschule (TH) in Darmstadt. Die nachfolgend vorgestellten Befunde wurden in den Jahren 1994 bis 1997 vom Institut für angewandte Ökologie einerseits im Auftrag des Deutschen Bundesforschungsministeriums (Titel: Biologische und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen für die Gestaltung nachhaltig wirksamer Fischaufstiegsanlagen; Förderkennzeichen: 0339535), andererseits im Auftrag des Regierungspräsidiums Kassel (Hessen) erarbeitet.

**Tabelle 1:** Technisch-biologische Rahmenbedingungen der Untersuchungen

	ZALF Müncheberg	TH Darmstadt
Rinnenlänge	18,0 m	30,0 m
Rinnenbreite	1,5 m	2,0 m
Rinnentiefe	1,0 m	1,2 m
max. Pumpenleistung	350 l/s	950 l/s
durchschn. Fließtiefe in der Rinne	0,30 m	0,75 m
Anzahl, Arten u. Totallängen d. Fische	25 Bachforellen 12–32 cm 5 Äschen 12–28 cm 33 Barben 20–41 cm 10 Döbel 18–34 cm 15 Hasel 8–25 cm 33 Schneider 12–16 cm 12 Groppen 8–19 cm 12 Schmerlen 7–14 cm 20 Elritzen 8 cm 10 Stichlinge 5 cm	42 Aale 40–90 cm 50 Lachs-Smolts 12 cm



**Abb. 1:** Ausschnitt aus dem Modellgerinne der TH Darmstadt – der Startkäfig hängt am Hallenkran



**Abb. 2:** Startkäfig mit einer gemischten Fischgruppe am ZALF Müncheberg

## Methode

Die Dimensionen der Modellgerinne sowie ihr konstruktiver Aufbau sind vergleichbar (Tab. 1). Die Speisung der mit verglasten Seitenwänden versehenen Gerinne erfolgt jeweils in einem Wasserkreislauf über regelbare Pumpen aus Tiefbehältern (Abb. 1). Zusätzlich kann die Fließgeschwindigkeit in den Rinnen durch Tafelschütze am Rinnenauslauf verändert werden. Um die Fische vor Beobachtungsbeginn an die Bedingungen im Modellgerinne zu gewöhnen und zu vermeiden, daß sich die Tiere über das gesamte Gerinne verteilen, kamen Startkäfige zum Einsatz, die entsprechend der jeweiligen Untersuchungsaspekte an unterschiedlichen Stellen im Gerinne positioniert werden konnten (Abb. 2). Sowohl der Ein- als auch der Auslauf der Gerinne war mit feinem Maschendraht gegen das Entweichen der Fische in den Tiefbehälter bespannt.

Die zu beobachtenden Fische wurden mittels Elektrofischung aus rhithralen und epipotamalen Fließgewässerabschnitten entnommen. Smolts des Atlantischen Lachses stammten aus einer Fischzucht, in der sie für Wiederansiedlungsprojekte aufgezogen werden. Die Hälterung der Fische in den Forschungseinrichtungen erfolgte in großzügig dimensionierten, belüfteten und mit Filtern versehenen Becken.

Das Schwimmverhalten der Fische in den Modellgerinnen wurde mittels visueller sowie durch Videoaufzeichnungen unterstützter Beobachtung bei mittleren Fließgeschwindigkeiten von 0,1 m/s bis 0,6 m/s studiert. Ergänzend wurden verschiedentlich Einbauten installiert, z. B. ein überströmtes Wehr und an eine Druckleitung angeschlossene Düsen zur Erzeugung eines turbulenten Wasservorhanges im Gerinne. Während die Untersuchungen zum Gegenstromverhalten 1994 bis 1996 am ZALF in Müncheberg mit gemischten Fischgruppen durchgeführt wurden, konzentrierten sich die 1997 durchgeführten Beobachtungen zum Mitstromverhalten an der TH Darmstadt auf Aal und Lachs.

## Ergebnisse

### *Positiv rheotaktisches Verhalten von Klein- und Jungfischen, Lachs-Smolts und anderen rheophilen Fischen*

Bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten verteilten sich die Fische ohne erkennbare Ausrichtung im gesamten Gerinne. Wurde durch Erhöhung der Fließgeschwindigkeit ein bestimmter Grenzwert überschritten, zeigten die Fische ein positiv rheotaktisches Verhalten, in dem sie sich mit dem Kopf voran parallel zur Strömung ausrichteten. Diese positive Rheotaxis wurde bei den beobachteten Kleinfischarten Groppe (*Cottus gobio*),

Schmerle (*Barbatula barbatula*), Elritze (*Phoxinus phoxinus*) und Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) sowie bei juvenilen Bachforellen (*Salmo trutta f. fario*), Äschen (*Thymallus thymallus*) und Hasel (*Leuciscus leuciscus*) bis 12 cm Totallänge ab Fließgeschwindigkeiten von 0,15 m/s ausgelöst. Alle anderen beobachteten rheophilen Fische sowie die Aale (*Anguilla anguilla*) richteten sich ab Fließgeschwindigkeiten von 0,2 m/s gegen die Strömung aus. Die durchschnittlich nur 12 cm langen Lachs-Smolte (*Salmo salar*) zeigten sogar erst ab einer Fließgeschwindigkeit von 0,3 m/s ein positiv rheotaktisches Verhalten.

### Schwimmverhalten von Aalen bei der Abwanderung

Bewegungsstudien abwandernder Aale ließen drei Formen des Schwimmverhaltens erkennen (Abb. 3):

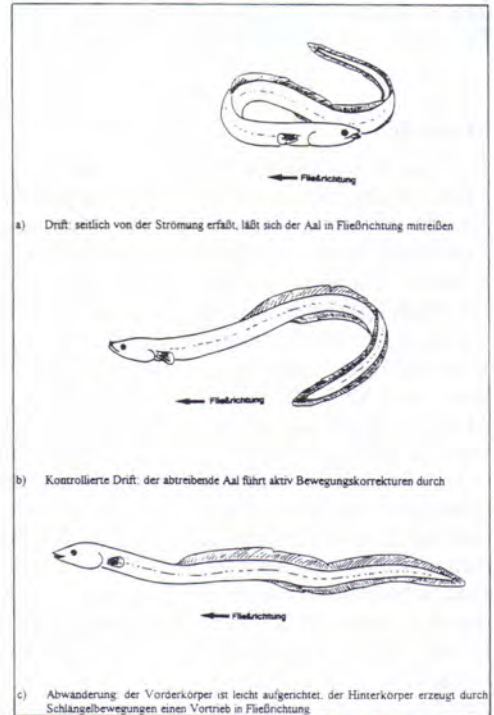
- Drift
- kontrollierte Drift und
- aktive Abwanderung

Während driftende Aale sich von der Strömung erfassen und passiv abtreiben lassen, werden die Fische bei der kontrollierten Drift zwar gleichfalls in Fließrichtung mitgerissen, jedoch kontrollieren sie in jeder Phase der Verdriftung ihre Geschwindigkeit, Schwimmhöhe und -lage. Mit Hilfe ihrer Brustflossen nehmen sie Einfluß auf ihre Körperlage und reduzieren die Driftgeschwindigkeit. Korrekturen der Schwimmhöhe sowie Erhöhungen der Abwanderungsgeschwindigkeit erfolgen hingegen durch Schlängelbewegungen des Hinterleibes.

Die aktive Abwanderung läßt sich gegenüber dem Driftverhalten eindeutig abgrenzen; hierbei ist der Vorderkörper des Aales bis zum Ansatz der Rückenflosse starr aufgerichtet, wodurch eine aufmerksame Wahrnehmung des Umfeldes begünstigt wird. Bei der Abwanderung erzeugt der Hinterleib des Aales durch leicht schlängelnde Bewegungen einen Vortrieb, wobei die Schwimmgeschwindigkeit jedoch nur unwesentlich höher ist als die Fließgeschwindigkeit des Wassers.

### Reaktion auf- und abwandernder Fische auf Turbulenzen

Das Schwimmverhalten von auf- und abwandernden Fischen im Bereich stark turbulenter Strömungsverhältnisse wurde sowohl mit Hilfe eines überströmten Wehres als auch an einem Wasservorhang untersucht. In beiden Situationen zeigten weder auf- noch abwandernde Fische ein Scheu- oder Meideverhalten, vielmehr durchschwammen die Fische ohne zu zögern den Wasservorhang bzw. schwammen in die Turbulenzzone des Wehrüberfalls hinein (Abb. 4). Hierbei wurde beobachtet, daß der Aufenthalt in der Turbulenzzone selbst für leistungsstarke rheophile Fischarten infolge der



**Abb. 3:** Schwimmverhalten von Aalen bei der Abwanderung

- a) Drift: Seitlich von der Strömung erfasst, läßt sich der Aal in Fließrichtung mitreißen
- b) Kontrollierte Drift: Der abtreibende Aal führt aktive Bewegungskorrekturen durch
- c) Abwanderung: Der Vorderkörper ist leicht aufgerichtet, der Hinterkörper erzeugt durch Schlängelbewegungen einen Vortrieb in Fließrichtung

hier herrschenden hohen Fließgeschwindigkeiten und der chaotischen Überlagerung verschiedener Fließrichtungen einen hohen Energieaufwand erforderte. Aus diesem Grund unterbrachen die Fische den Aufenthalt in der Turbulenzzone immer wieder durch Phasen, in denen sie am unteren Rand der Turbulenzzone, also im Abstand der 4- bis 6fachen Unterwassertiefe vor dem Wehr in Bodennähe, positiv rheotaktisch ausgerichtet, in Ruhe verharren.

### Diskussion

Der Einsatz von Modellgerinnen zur Beobachtung von Fischen bietet vielfältige Möglichkeiten, unter konditionierten und damit reproduzierbaren Bedingungen Situationen zu simulieren, die unterschiedliche Verhaltensweisen hervorrufen. Derartige Untersuchungen wurden bislang kaum durchgeführt (McLeod & Nemenyi, 1940; Schiemenz, 1950, 1957; Zhili et al., 1990), so daß die vorgestellten Befunde einen wesentlichen Beitrag zum Wissen über das Schwimmverhalten rheophiler Fischarten unter verschiedenen Strömungsbedingungen liefern. Die Übertragung unter Laborbedingungen gewonnener Erkenntnisse auf Freilandverhältnisse ist jedoch nur dann möglich, wenn prinzipielle Verhaltensweisen untersucht werden, wie im vorliegenden Falle:

- So zeigten die Untersuchungen zur positiven Rheotaxis, daß die von Pavlow (1989) angegebene Grenzgeschwindigkeit von 0,2 m/s bei rheophilen Fischen art- und größenpezifisch zu differenzieren ist,
- die beobachteten Aale ließen hinsichtlich ihres Abwanderungsverhaltens verschiedene Typen von Schwimmverhalten erkennen und
- es konnte anhand der in den Modellgerinnen durch Einbauten erzeugten turbulenten Strömungsbereiche aufgezeigt werden, daß rheophile Fische Turbulenzonen nicht meiden.

Derartige Erkenntnisse über das Verhalten von Fischen bilden u. a. die Grundlage für die ökotechnische Optimierung von Fischauf- und -abstiegsanlagen.

- In Fischaufstiegsanlagen dürfen die Grenzwerte für die positive Rheotaxis nicht unterschritten werden, da die Fische ansonsten keine gerichteten Gegenstrombewegungen durchführen.
- Andererseits belegt das Einschwimmen von rheophilen Fischen in Turbulenzonen, daß auch stark turbulente Strömungsverhältnisse im Unterwasser von Wehren oder Turbinenausläufen passiert werden. Damit ist die Positionierung des Einstieges von Fischaufstiegsanlagen unabhängig von der Lage einer Turbulenzzone und sollte möglichst auf Höhe des Aufstiegshindernisses liegen (Adam & Schwevers, 1997). Andererseits kann das Einschwimmen abwandernder Fische in Wasserkraftanlagen wahrscheinlich auch durch Erzeugung turbulenter Strömungen nicht verhindert werden.
- Detaillierte Informationen zum Schwimmverhalten abwandernder Aale können künftig in Verbindung mit dem Wissen über bevorzugte Abwanderungskorridore für die Konstruktion funktionsfähiger Bypaßsysteme herangezogen werden.

Vorsicht ist allerdings geboten, wenn von der räumlichen Anordnung von Einbauten in Modellgerinnen auf reale Verhältnisse geschlossen werden soll, da sich weder die Größe von Fischen noch ihr Verhalten in Übereinstimmung mit hydraulischen Modellgesetzen maßstabsgerecht übertragen läßt. Da Fische in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Alters- und Entwicklungsstufe durchaus unterschiedliche Verhaltensweisen zeigen, können z. B.



Abb. 4: Fischgruppe, in die Turbulenzzone des Wehrüberfalles einschwimmend

anhand von Verhaltensbeobachtungen an Glasaalen (Schiemenz, 1950) keine konstruktiven Anforderungen an den Einstiegsbereich von Fischwegen abgeleitet werden, der für alle Fischarten und Altersstadien passierbar sein sollte (DVWK, 1996). Nach wie vor sind deshalb für zahlreiche fischökologische Fragestellungen Freilanduntersuchungen unverzichtbar. Andererseits können nicht alle bestehenden Wissensdefizite über die Verhaltensweisen einheimischer Fische mit Freilanduntersuchungen behoben werden. Damit kommt Verhaltensbeobachtungen von Fischen in Modellgerinnen auch in Zukunft eine wesentliche Bedeutung für die Untersuchung praxisrelevanter Aspekte zu.

## Summary

### Aspects of swimming behaviour of rheophil fish

Observations of rheophil fish in hydraulic flumes give several interesting aspects of swimming behaviour. So it could worked out that juvenil fishes and small sized species up to 12 cm total length show a positiv rheoactive behaviour to current flow less than 0,2 m/s, but smoltified salmon do not react to velocities lower than 0,3 m/s. Because downstream and upstream migrating fish do not avoid turbulent reaches the entrance of fishways has to be positioned as close as possible to the obstacle. Further more eels show different types of swimming behaviour during downstream migration.

## LITERATUR

- Adam, B. & U. Schwevers (1997): Zur Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Verhaltensbeobachtungen an Fischen in einem Modellgerinne – Wasser und Boden (in Druck).
- Beamish, F. W. (1978): Swimming capacity – in: Hoar, W. S. & D. J. Randall (Hrsg.): Fish physiology, Vol. VII, 101–187, New York, Academic Press.
- DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau), 1996: Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232/1996, Bonn, 110 S.
- Geitner, V. & U. Drewes (1990): Entwicklung eines neuartigen Pfahlfischpasses – Wasser und Boden 42, 604–607.
- McLeod, A. M. & P. Nemenyi (1940): An investigation of fishways. – State Univ. Iowa, Studies in Engineering Bull. 24, 72 S.
- Schiemenz, F. (1950): Wie soll das Unterende der Fischtreppen in das Hauptwasser einmünden? Versuche mit Glasaalen. – Wasserwirtschaft 40, 130–135.
- Schiemenz, F. (1957): Ersatz des instinktmäßigen Wanderns der Fische in Fischtreppen durch das reflektori-sche Wandern. – Z. Fischerei NF. 6, 61–84.
- Stahlberg, S. & P. Peckmann (1986): Bestimmung der kritischen Strömungsgeschwindigkeiten einheimischer Kleinfischarten. – Wasserwirtschaft 76, 340–342.
- Pavlov, D. S. (1989): Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. – FAO Fisheries Technical Paper 308, 1–97.
- Zhili, G., L. Qin hao & A. Keming (1990): Layout and performance of Yangtang fishway. – Proc. Int. Symp. on Fishways in Gifu, Japan, October 8–10 1990, 283–287.

Anschrift der Verfasser: Dr. Beate Adam & Dr. Ulrich Schwevers, Institut für angewandte Ökologie, Neustädter Weg 25, D-36320 Kirtorf-Wahlen