

---

## 6.1 Probanden

Eine unabdingbare Voraussetzung für die Durchführung ethohydraulischer Untersuchungen ist es, Fische zu verwenden, deren Verhalten so normal wie möglich ist und sich nicht von dem frei lebender Artgenossen unterscheidet. Bereits bei der Beschaffung der Probanden, wie auch bei ihrem Transport, Handhabung und Haltung im wasserbaulichen Labor sind deshalb Verletzungen in keiner Form hinnehmbar. Da Verhaltensstörungen jedoch auch durch Stress verursacht werden können, ist jede Beeinträchtigung des Wohlbefindens der Fische zu vermeiden. Zu diesen Aspekten werden im Rahmen der Prüfung des tierschutzrechtlichen Antrages detaillierte Ausführungen gefordert (Kap. 5.1). Daher ist es oberstes Gebot in einer ethohydraulischen Untersuchung, die Fische zu jedem Zeitpunkt so schonend wie möglich zu behandeln, damit der Aussagewert der Untersuchung möglichst hoch ist.

### 6.1.1 Beschaffung

Der Aufwand für die Beschaffung von Probanden für ethohydraulische Tests wird in der Regel deutlich unterschätzt. Die Beschaffung ist vor allem dann problematisch, wenn Fische nicht bei Zuchtbetrieben angekauft, sondern aus dem Freiland entnommen werden sollen. Letztere Beschaffung ist immer vom Fangerfolg abhängig, der nicht nur von der Methode und den Witterungsbedingungen, sondern vor allem auch vom Glück des Fängers beeinflusst wird. Die Beschaffung mit all ihren Unwägbarkeiten hat daher einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf den logistischen Aufwand und den Zeitplan einer ethohydraulischen Untersuchung.

Für die Beschaffung von Neunaugen und Fischen aus natürlichen Gewässern sind grundsätzlich Fangmethoden auszuschließen, welche die Tiere verletzen. Dies betrifft nicht nur die Verwendung von Angelhaken, die offene Wunden verursachen, sondern auch der Fang mit aus Garn gefertigten Reusen oder Hamen ist kritisch zu sehen, da die gefangenen Exemplare Verletzungen ihrer Schleimschicht und/oder



**Abb. 6.1** Mit dieser 30 m langen und mit einem großlumigen endständigen Fangsack ausgestatteten Garnreuse, die außerhalb der auf den Einlauf einer Fischaufstiegsanlage zuführenden Hauptströmung gestellt ist, lassen sich Fische schonend fangen

der sehr dünnen und empfindlichen Haut davon tragen können. Solche Verwundungen erhöhen das Risiko von Verpilzungen z. B. durch *Saprolegnia*, bakteriellen oder virulenten Infektionen oder Parasitosen z. B. durch Befall mit dem Einzeller *Ichthyophthirius*, wodurch die Gesundheit, Leistungsfähigkeit und damit das Verhalten der Probanden beeinträchtigt wird. Auch Stress, wie er durch den Fang unvermeidlich entsteht, erhöht das Infektionsrisiko. Vor dem Hintergrund, dass für Fische wirksame Medikamente wie Malachitgrün oder Chloramin vor einigen Jahren ersatzlos verboten wurden, kommt der prophylaktischen Vermeidung von Erkrankungen und Infektionen eine besondere Bedeutung zu.

Ein stress- und verletzungsfreier Fang von Fischen ist grundsätzlich mit Hilfe von Reusen möglich, wie sie verschiedentlich für Aufstiegszählungen an Fischaufstiegsanlagen eingesetzt werden. Solche aus Lochblech gefertigten Kasten- oder aus knotenlosen Netzmaterial gefertigte Garnreusen sind in ihrem Innern mit einer oder mehreren sog. Kehlen versehen: Durch diese Verjüngungen können Fische zwar in den Fangraum hinein, nicht jedoch aus diesem wieder heraus schwimmen. Mit großen, außerhalb der Hauptströmung exponierten Garnreusen können Fische bei mehrmaliger Leerung pro Tag und damit kurzer Verweildauer im Fanggerät durchaus schonend gefangen werden (Abb. 6.1).

Bei Reusenfängen, die zum Nachweis aufwandernder Fische durchgeführt werden, gilt es allerdings immer zu berücksichtigen, dass die gefangenen Tiere zuvor die jeweilige Fischaufstiegsanlage auf gesamter Länge und ggf. unter hohem Leistungseinsatz und damit Energieaufwand überwunden haben. Entsprechend können

**Abb. 6.2** Nicht mehr lebensfähiger Fisch mit massiven Schuppenverlusten und Flossenschäden aus einer unterdimensionierten Reuse



die Kraftreserven dieser Fische verbraucht sein, so dass sie bei anschließenden Verhaltensbeobachtungen in ethohydraulischen Tests nur eine geringe Motivation und Leistungsbereitschaft zeigen.

Handelsübliche Reusen sind zur Beschaffung von Probanden gänzlich ungeeignet, da die Fische durch konstruktive Defizite der Fanggeräte verletzt oder/und durch falsche Exposition oder zu seltene Leerungen hochgradig gestresst sind. Nicht selten sterben die meisten mit solchen Fanggeräten entnommenen Fische binnen weniger Tage (Abb. 6.2) und von den überlebenden Exemplaren ist kaum zu erwarten, dass sie dasselbe Verhalten an den Tag legen, wie unbeeinträchtigte Artgenossen.

Im Gegensatz dazu hat sich die Elektrofischerei als vergleichsweise schonende und damit geeignete Methode erwiesen, um Probanden einheimischer Arten aus natürlichen Gewässern zu beschaffen. Im Rahmen der Elektrofischerei, bei der es sich um eine Standardmethode der Fischereibiologie zur Erfassung von Fischbeständen handelt, wird zwischen einer als Fangkescher ausgebildeten Anode und einer Kathode ein elektrisches Feld im Gewässer aufgebaut. Hierbei schwimmen die Fische positiv galvanotaktisch auf die Anode zu und werden in deren Nahbereich narkotisiert. Gefischt wird hierbei in tieferen Gewässern von einem Boot aus mit einem leistungsstarken Generator, während in bewatbaren Gewässern batteriebetriebene tragbare Elektrofänger zum Einsatz kommen (Abb. 6.3). Die Ausübung der Elektrofischerei obliegt allerdings den jeweiligen Ländervorschriften entsprechend ausgebildeten, versicherten, legitimierten und mit TÜV-geprüften Geräten ausgestatteten Elektrofängern. Damit die Elektrofischerei durchgeführt werden darf ist eine Ausnahmegenehmigung der zuständigen Fischereibehörde notwendig, was in der Regel die Vorlage einer schriftlichen Einverständniserklärung der vor Ort betroffenen Fischereirechtsinhaber bzw. Fischereipächter voraus setzt. Diese müssen der Entnahme von Fischen explizit zustimmen, da sonst der Straftatbestand der Fischwilderei vorliegt.

Der wesentliche Vorteil der Elektrofischerei gegenüber anderen Fangmethoden besteht in der Möglichkeit, in geeigneten Gewässern binnen kurzer Zeit ein breit

**Abb. 6.3** Elektrobefischungen mit batteriebetriebenen, tragbaren Fanggeräten sind in bewatbaren Fließgewässern bis etwa 1 m Tiefe möglich (*oben*). Die Elektrobefischung tieferer Gewässer erfolgt hingegen vom Boot aus mit leistungsstärkeren Generatorgeräten (*unten*)



gefächertes Artenspektrum von Fischen unterschiedlicher Größen zu fangen. Allerdings entziehen sich kapitale Exemplare und Vertreter aus der Gilde der Freiwasserbewohner oft der Nachstellung durch Flucht. Deshalb kann es je nach Fragestellung der Untersuchung und dem benötigtem Artenspektrum erforderlich werden, sowohl Wat-, als auch Bootsbefischungen durchzuführen.

Ein weiterer Vorteil der Elektrofischerei besteht zweifellos darin, dass bei fachgerechter Ausführung die Fische physisch nicht geschädigt werden (Halsband und Halsband 1975; Bankstahl 1991). Auch wird der durch den Fang entstehende Stress vergleichsweise rasch wieder abgebaut, so dass die potentiellen Probanden bereits nach wenigen Stunden keine Verhaltensauffälligkeiten mehr zeigen (Adam und Schwevers 1998).

Allerdings vermindern sich die Möglichkeiten zur Durchführung von Elektrofischerei mit sinkenden Wassertemperaturen: Unter 10 °C reagieren die wechselwarmen Tiere kaum noch auf das elektrische Feld und ziehen sich tendenziell in strömungsberuhigte tiefe Gewässerabschnitte zurück, in denen sie für den Elektrofischer nicht mehr erreichbar sind. Entsprechend sind die Möglichkeiten zur Beschaffung von Probanden durch Elektrofischerei im Wesentlichen auf das Sommer-

halbjahr beschränkt. Auch bei hohen Abflüssen ist die Elektrofischerei kaum mehr effizient durchzuführen, weil aufgrund des vergrößerten Wasservolumens wesentlich weniger Fische in den Einflussbereich der Anode geraten und die narkotisierten Exemplare im trüben Wasser schlecht sichtbar und zu entnehmen sind.

Ungleich einfacher ist die Beschaffung durch Ankauf von Fischen aus Zuchtbetrieben, zumal hier über das Jahr ein umfangreiches Angebot unterschiedlicher Arten und Größen vorgehalten wird. Allerdings beschränkt sich das Angebotspektrum aus Fischzuchten weitgehend auf Speise- und Besatzfische, die zumeist künstlich erbrütet und in Teichen oder Hälteranlagen ausschließlich nach fischereiwirtschaftlichen Gesichtspunkten unter strömungsfreien oder -armen Bedingungen herangezüchtet wurden. Vor diesem Hintergrund ist es fraglich, ob und in wie weit sich solche Probanden gegenüber Strömungen arttypisch normal verhalten und leistungsfähig zeigen (Kap. 6.1.4).

Für bestimmte Arten, wie Störartige und Entwicklungsstadien, wie Lachssmolts gibt es für die Beschaffung aus Fischzuchten derzeit keine Alternative, da solche Exemplare im Freiland entweder extrem selten sind, unter Schutz stehen oder keine Genehmigung für ihre Entnahme erteilt wird. In diesen Fällen ist darauf zu achten, dass solche Tiere möglichst in den Zuchten nicht gemästet, sondern für Wiederansiedlungsprojekte aufgezogen wurden.

Ungeachtet der Art und Weise woher die Probanden für ethohydraulische Untersuchungen bezogen werden, sind die Tiere stets in belüfteten Fischtransportbehältern und auf schnellstem Weg an das jeweilige wasserbauliche Versuchslabor zu bringen. Um die Transportzeit auf ein unumgängliches Maß zu begrenzen, sollten die Fische in räumlicher Nähe zum Ort der Untersuchung beschafft werden. Während des Transportes ist durch geeignete Belüftungssysteme und unter regelmäßiger Kontrolle dafür zu sorgen, dass das Transportwasser der Fische ausreichend Sauerstoff enthält.

## **6.1.2 Umgang mit Fischen**

### **6.1.2.1 Angleichung der Wasserverhältnisse**

Da Fische wechselwarm sind, entspricht ihre Körpertemperatur bei der Anlieferung am wasserbaulichen Labor derjenigen des Transportwassers. In der Regel weicht die Temperatur des Wassers in den bereitstehenden Hälterbecken im Labor von der Temperatur des Transportwassers ab. Um einen Temperaturschock zu vermeiden, müssen die angelieferten Fische an die Wassertemperatur in der Fischhälterung des Labors angepasst werden, indem sie im Transportwasser allmählich abgekühlt oder erwärmt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Stoffwechselvorgänge von Tieren temperaturabhängig sind, d. h. sich die Aktivität der Fische bei Abkühlung verringert, während sie sich bei einer Aufwärmung erhöht. Während eine rasche Abkühlung vergleichsweise gut toleriert wird, können Fische durch eine allzu rasche Erwärmung geschädigt werden. Dies führt zwar nicht zum sofortigen Tod, doch äußert sich eine temperaturbedingte Belastung des Immunsystems der Fische



einige Tage nach der Anlieferung z. B. im Ausbruch einer Erkrankung oder einer schlagartigen Vermehrung von Parasiten.

Entsprechend kommt der Angleichung der Wassertemperatur eine wichtige, oft unterschätzte Bedeutung beim Umgang mit Fischen zu. Grundsätzlich verläuft diese Prozedur für den Fisch umso schonender, je langsamer die Temperaturangleichung erfolgt. Die Angleichung kann dabei direkt im Transportbehälter vorgenommen werden, indem aus dem Hälterbecken des Labors sukzessive Wasser zugegeben wird. Bei großen Temperaturunterschieden von über 5 °C hat es sich bewährt, die Fische einfach im ausreichend belüfteten Transportbehälter über Nacht in der Versuchshalle zu belassen. Am nächsten Morgen können die Fische dann in ihre Hälterbecken umgesetzt werden.

Aus der Fischereiwirtschaft liegen für die Temperaturadaptation von Besatzfischen Empfehlungen vor. So ist beim Besatz von Aalen in Gewässer bei einer Temperaturdifferenz von bis zu 5 °C eine Angleichung der Wassertemperatur binnen einer Stunde und bei höheren Differenzen eine Adaptationsdauer von 30 Minuten pro 2 °C vorzunehmen (Simon und Brämik 2006). Für die Probanden ethohydraulischer Untersuchungen sollte abweichend hiervon die Adaptation mit maximal 1 °C pro Stunde deutlich langsamer erfolgen.

Unabhängig von der Temperatur ist ein sukzessiver Wasseraustausch auch deshalb sinnvoll, um die chemische Zusammensetzung des Wassers aus dem Gewässer, aus dem die Fische stammen und mit dem in der Regel der Transportbehälter befüllt wurde, der Qualität des Wasserkörpers im wasserbaulichen Versuchslabor anzugleichen. Es hat sich als günstig erwiesen, jedes Hälterbecken mit dem gleichen Wasser zu beschicken, das auch den Versuchsstand speist, um den Probanden beim Einsetzen in die Laborrinne eine Umstellung auf einen Wasserkörper anderer chemisch/physikalischer Qualität zu ersparen.

Grundsätzlich sollte den Fischen nach der Adaptation an die Wassertemperatur in den Hälterbecken im Labor eine mindestens eintägige, ungestörte Ruhephase gewährt werden, bevor sie für ethohydraulische Tests in die Laborrinne eingesetzt werden.

### 6.1.2.2 Hältereinrichtungen

Um die Fische zwischen den Tests soweit wie möglich artgerecht und stressfrei halten zu können, werden im wasserbaulichen Labor geeignete Hälterbecken benötigt. Diese sind stets an einem beschatteten Ort, fern von Heizungskörpern, Abluftschächten, Pumpen o. ä. aufzustellen, um eine Erwärmung des Wassers zu verhindern. Darüber hinaus ist dafür zu sorgen, dass die Fische nicht durch Geräusche oder Erschütterungen beunruhigt werden und nur autorisierte Personen Zutritt erhalten.

Grundsätzlich gilt, dass das Volumen der Becken umso größer sein muss, je mehr Fische in ihm leben. Großdimensionierte Hältereinheiten bieten darüber hinaus den Vorteil, dass die für Fische lebenswichtigen Parameter wie Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt länger stabil bleiben, als in kleineren Volumina, wodurch das Risiko der Schädigung der Fische verringert wird. Vor diesem Hintergrund wird für die Aufbewahrung von bis zu 80 großen Probanden ein Wasservolumen von 6 m<sup>3</sup>

**Abb. 6.4** Für die Hälterung von Gemischtartengruppen eignen sich Langstrombecken



bis 8 m<sup>3</sup> benötigt. Besonders bewährt haben sich hierfür aus glasfaserverstärktem Kunststoff gefertigte Langstrombecken mit einer Länge von bis zu 5 m, einer Breite bis zu 1,2 m und einer Tiefe von bis zu 1 m (Abb. 6.4).

Alternativ können auch Rundstrombecken mit einem Durchmesser von 2,5 m und einer Tiefe von 0,8 m eingesetzt werden. Ungeachtet der Form müssen die Hälterbecken mit einem Wasserzulauf, einer Kotgrube und einem Über- oder Ablauf ausgestattet sein.

Eine gemeinsame Hälterung von besonders stark Schleim absondernden Aalen mit anderen Fischarten ist nur möglich, wenn einer Gemischtartengruppe vergleichsweise wenige Aale beigelegt werden. Allein lassen sich Aale in wesentlich größerer Dichte halten. So sind für die Hälterung von etwa 30 Aalen Hälterbecken von 600 l Volumen ausreichend (Abb. 6.5).

In Hinblick auf die gemeinsame Haltung unterschiedlicher Arten erweisen sich auch Raubfische, wie Flussbarsch, Hecht, Zander und Wels als problematisch, da diese vor allem nachts anderen, und vor allem kleinen Exemplaren nachstellen, sie fressen oder durch Bisswunden z. T. erheblich verletzen. Deshalb sind Raubfische grundsätzlich separat von Friedfischen zu halten.

Alle Hälterbecken müssen mit lichtdurchlässigen Deckeln oder feinmaschigen Netzen gegen ein Herausspringen der Fische gesichert werden. Bei Aalen ist zu berücksichtigen, dass diese Fische selbst kleinste, hoch über dem Wasserspiegel liegende Öffnungen zur Flucht nutzen. Entsprechend muss jeder noch so kleine Spalt ausbruchssicher verschlossen werden.

Können die Hälterbecken nicht im Durchfluss mit Wasser aus dem Reservoir des Versuchsstandes gespeist werden, ist jedes Becken mit Trinkwasser zu befüllen, zu belüften und zusätzlich mit einem Filter auszustatten. Für die Umwälzung und Reinigung des Wasserkörpers in einem Becken kann eine Filterpumpe mit einem Fördervolumen von mindestens 1.500 l/h eingesetzt werden. Solche Filterpumpen reichen bei einem Wasserkörper unter 1 m<sup>3</sup> zudem aus, um eine ausreichende Belüftung des Wassers zu gewährleisten. Eine darüber hinaus gehende Sauerstoffversorgung der Fische erfolgt üblicherweise mit Druckluft, die über spezielle Diffu-



**Abb. 6.5** In einem belüfteten und mit einer Filterpumpe ausgestatteten 600 l Becken lassen sich bis zu 30 Aale problemlos halten

soren fein verteilt in das Wasser eingepert wird. Hierbei ist zu beachten, dass bei der Belüftung von Fischtransportbehältern mit reinem Sauerstoff aus Flaschen wesentlich feinporigere Ausströmer eingesetzt werden und entsprechend für Druckluft ungeeignet sind. Sofern im Labor keine Druckluftleitung vorhanden ist, kann ein sog. Seitenkanalverdichter eingesetzt werden. Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist in einem jedem Halterbecken täglich zu kontrollieren, um zu gewährleisten, dass eine Konzentration von 5 mg/l bestenfalls geringfügig unterschritten wird. In Abhängigkeit von der Wassertemperatur entspricht dies einer Mindestsättigung von etwa 70 %.

Hältereinrichtungen und die in ihnen eingesetzten Fische müssen mindestens einmal täglich kontrolliert werden; was auch an Wochenenden und Feiertagen gilt. Im Rahmen der Kontrolle werden die Probanden gefüttert. Während Wildfänge erfahrungsgemäß kein künstliches, getrocknetes Futter annehmen, gelingt die Fütterung vor allem kleinerer Arten und Jungfische mit gefrorenem Lebendfutter z. B. Zuckmückenlarven (Chironomiden) oder Schlammröhrenwürmern (Tubifex). Da keinesfalls angetautes Futter verwendet werden darf, das sich binnen kürzester Zeit zersetzt, wird für die Futterbevorratung eine Tiefkühleinrichtung benötigt.

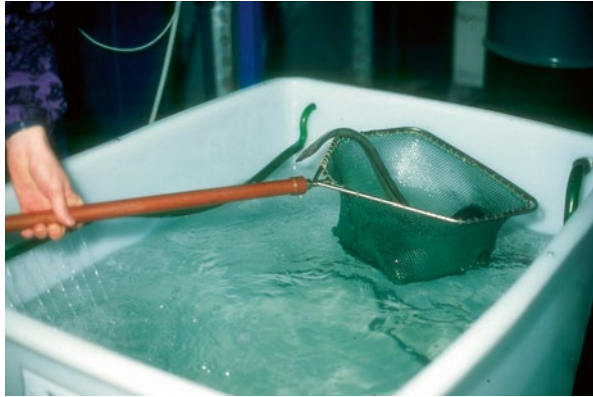
### 6.1.2.3 Handhabung der Probanden

Um die Fische aus dem Transportbehälter in das Halterbecken sowie von dort in die Laborrinne und wieder zurück zu setzen, werden Fangkescher aus knotenlosem Garn mit einer Maschenweite von maximal 10 mm benötigt. Die Kescher sollten mit einem geraden Bügel ausgestattet sein, damit die sehr mobilen Fische weniger leicht an den Seiten entweichen können (Abb. 6.6).

Unabhängig von der Geschicklichkeit des Fängers verursacht der Fang mit einem Kescher für den Fisch Stress und es besteht das Risiko, dass die Schleimschicht der Tiere verletzt wird. Um diese Beeinträchtigungen zu minimieren empfiehlt es sich,



**Abb. 6.6** Fangkescher mit geradem Bügel



die Fische so selten wie möglich zu Handhaben und sie über längere Distanzen in einer wassergefüllten, ausreichend groß dimensionierten Wanne zu transportieren. Natürlich muss auch die Transportwanne mit einem Deckel oder Netz gegen ein Herausspringen gesichert sein.

Verletzte Fische oder Exemplare mit auffälligem Verhalten, das eine Erkrankung oder einen Befall mit Parasiten vermuten lässt, sind unverzüglich von der Fischgruppe zu isolieren oder in die Freiheit zu entlassen, um die Ansteckungsgefahr für andere Fische zu verringern. Ist entgegen aller Sorgfalt eine Erkrankung oder Parasitose ausgebrochen, sind sämtliche Fische unverzüglich auszutauschen. Hierbei müssen alle Komponenten die mit den Fischen in Kontakt gekommen sind, d. h. der Transportbehälter, die Haltereinrichtung und sämtliche Kescher gründlich desinfiziert werden. Ist die Haltereinrichtung an den Wasserkreislauf der Versuchshalle angeschlossen, sollte zudem auch dort ein vollständiger Wasseraustausch erfolgen.

### 6.1.3 Gewährleistung der Wasserqualität

Während der Durchführung ethohydraulischer Tests sind fischrelevante Wasserparameter in den Halterbecken und der Laborrinne regelmäßig zu kontrollieren. Dadurch wird sichergestellt, dass Verhalten und Motivation der Probanden nicht durch ungünstige äußere Bedingungen beeinträchtigt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Wasserqualität in einem Wasserbaulabor verändern kann. So sorgen beispielsweise nicht nur hohe Lufttemperaturen während der Sommermonate für eine allmähliche Erwärmung des Wasserkörpers, sondern auch die Abwärme wassergekühlter Pumpen. Solche unerwünschten Temperaturerhöhungen lassen sich nur durch aufwändige Kühltechniken verhindern. Entsprechend sind im Sinne einer biologischen Kalibrierung des Versuchsstandes die Rate der Temperaturerhöhung und die Abkühlungszeiten für das Wasservolumen zu messen. Darauf aufbauend ist ein auf dieses Temperaturregime abgestimmter Testplan zu erarbeiten.

Des Weiteren können Verunreinigungen innerhalb des Wasserkreislaufes im Labor zu gesundheitlichen Schäden bei den Probanden führen. Rostrote Eisenocker-

**Tab. 6.1** Grenzwerte der wichtigsten chemisch/physikalischen Wasserparameter

Parameter	zulässige Werte
Wassertemperatur	<20 °C
pH-Wert	6,5–8,0
Sauerstoffsättigung	> 70 %
Sauerstoffgehalt	> 5,0 mg/l

schlämme, Rost und Sinterablagerungen aus den Rohrleitungen und Wasserbehältern verursachen bei jungen Fischen Atemprobleme. Zement und Kalk im Wasser bewirkt einen Anstieg des pH-Wertes in den basischen Bereich, was Verhaltensänderungen auslösen kann. Auch beeinträchtigen Trübstoffe die direkten Beobachtungs-, sowie die filmischen und photographischen Dokumentationsmöglichkeiten im ethohydraulischen Versuchsstand.

Um Gefahren für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Probanden mit der Folge unerwünschter Beeinträchtigung ihres Verhaltens abzuwenden, ist der Wasserkörper in den Hälterbecken, im Versuchsstand und ggf. im Wasserkreislauf des Labors unverzüglich auszutauschen, so bald die in Tab. 6.1 gelisteten Werte über- bzw. unterschritten werden oder der Wasserkörper andere stoffliche Einträge erfahren hat.

Auch Tracerfarbstoffe, die üblicherweise zur Veranschaulichung von Strömungsprozessen in den Wasserkörper eingebracht werden, sind nicht selten giftig. Beispielsweise wirkt das aufgrund seiner günstigen Durchmischungseigenschaften und leuchtenden Magenta-Farbe häufig verwendete Kaliumpermanganat ätzend und schädigt damit Haut und Kiemen der Fische. Werden Tracer z. B. für die Dokumentation von Strömungspfaden und Turbulenzen benötigt, sind entsprechende ungiftige Farbstoffe zu verwenden, wie Rote Beete-Saft oder die Lebensmittelfarbstoffe Amarant (E 123, rot), Indigotin (E 132, blau) und Chinolingelb (E 104, gelb) (Abb. 6.7).

Für Fische zwar unschädlich, aber bei der Beobachtung und Dokumentation außerordentlich störend, ist der Lufteintrag infolge des in den Versuchsstand einströmenden Wassers. Durch die dadurch im Wasserkörper entstehenden Luftblasen kann eine Eintrübung des Wassers entstehen, womit die Einsehbarkeit eingeschränkt wird. Um diesen Effekt zu minimieren empfiehlt sich im Einlaufbereich die Installation einer Beruhigungswand, um das zulaufende Wasser gleich zu richten und die Entstehung von Turbulenzen zu unterbinden (Kap. 6.2.3).

### 6.1.4 Artenspektrum

Da ethohydraulische Tests zur Beantwortung einerseits allgemeiner gewässerökologischer sowie andererseits auch artspezifischer Fragestellungen durchgeführt werden, gilt es bereits im Präprozess eine sorgfältige Auswahl der benötigten Probanden zu treffen. Ungeachtet dessen werden in Labortest häufig fremde Arten wie Schwertträger (*Xiphophorus sp.*) oder Zwerghechlinge (*Aplocheilichthys sp.*) eingesetzt, die sich aufgrund ihrer Anspruchslosigkeit und geringen Größe vergleichsweise un-

**Abb. 6.7** Als Alternative zum giftigen Kaliumpermanganat (*links*) kann als Tracerfarbstoff Rote Beete-Saft (*rechts*) eingesetzt werden



kompliziert beschaffen und halten lassen. Für ethohydraulische Tests in hiesigen Gefilden ist die Beobachtung solcher Arten wenig zielführend, da das Verhalten stets artspezifische Besonderheiten aufweist und sich entsprechend von fremden Spezies keine für die hiesige wasserbauliche Praxis relevanten Erkenntnisse ableiten lassen. Vielmehr sind ethohydraulische Tests grundsätzlich mit solchen Arten durchzuführen, die in denjenigen Gewässern heimisch sind, in denen die Erkenntnisse zur Anwendung kommen sollen.

Allerdings wurde das natürlicherweise in heimischen stehenden und fließenden Gewässern zu erwartende Artenspektrum im Laufe der Zeit infolge Besatz und Zuwanderung durch gebietsfremde Arten angereichert. Nach bisher vorliegenden Erkenntnissen zeigen viele dieser eingebürgerten Arten ein vergleichbares Verhaltensrepertoire wie die einheimischen Arten. Deutlich wird dies beispielsweise am Goldfisch, bei dem es sich um eine Farbvarietät des aus Asien stammenden und in Deutschland weit verbreiteten Giebel handelt: Die auffällig bunte Art, die selbst bei schlechten Sichtbedingungen, Trübung oder in hochturbulenten Bereichen noch gut zu beobachten ist, hat sich als außerordentlich agil und leistungsstark erwiesen und verhält sich zudem in ähnlicher Weise wie einheimische Cypriniden (Abb. 6.8). Auch in Fischzuchten produzierte Regenbogenforellen und junge Lachse verhalten sich vergleichbar aus natürlichen Gewässern entnommenen Salmoniden.

Als Negativbeispiel sei hier allerdings auf den prächtig gefärbten Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) verwiesen, der sich in ethohydraulischen Tests als wenig kooperativ erwiesen hat, so dass auf seinen Einsatz verzichtet werden sollte (Abb. 6.9).

Wie bereits erwähnt können Individuen und Arten, die in einem strömungsfreien oder -armen Lebensraum aufwachsen sind, für ethohydraulische Tests

**Abb. 6.8** Die bunt gefärbten Goldfische lassen sich in einer Laborrinne hervorragend beobachten



**Abb. 6.9** Sonnenbarsch



**Abb. 6.10** Künstlich erbrütete und strömungsfrei aufgezogene Fische, wie dieser Bester, sind aufgrund ihrer oft schlechten Kondition nur eingeschränkt für ethohydraulische Tests geeignet

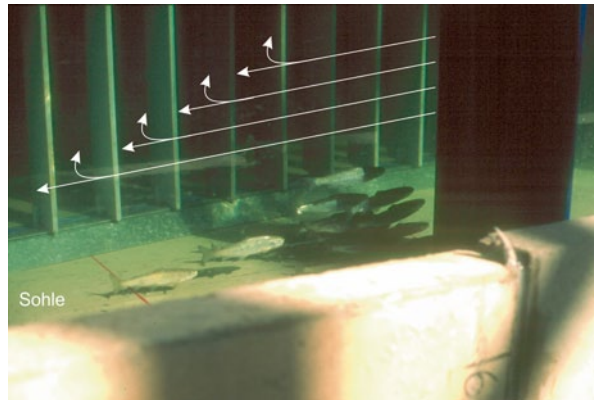


ungeeignet sein, da ihr Leistungsvermögen nicht an ein Leben in Strömung angepasst ist. Beispielsweise wurden junge Bester (*Huso huso x Acipenser ruthenus*) in eine Laborrinne eingesetzt, bei denen es sich um künstlich erzeugte Hybride aus der Familie der Störartigen (Acipenseridae) handelt und die bis zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nie stärkerer Strömung ausgesetzt waren (Abb. 6.10, Adam et al. 2009): Der Test wurden bereits nach wenigen Minuten abgebrochen, weil die Probanden infolge der eingestellten mittleren Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s erschöpft und von der Strömung gegen die Fluchtsperre am Rinnenauslauf gepresst

**Abb. 6.11** Erschöpfter juveniler Sibirischer Stör, der sich nicht mehr eigenständig vom Schutzgitter lösen kann



**Abb. 6.12** Ethohydraulischer Test zur Funktion eines Louver mit Lachssmolts



wurden (Abb. 6.11). Dieses Phänomen ist auch amerikanischen Fischereibiologen des USGS Conte Anadromous Fish Research Center (Turners Falls/USA) bekannt, welche die Passierbarkeit von Denil-Fischpässen und die Auffindbarkeit von Fischaufzügen für verschiedene Störarten erforschten. So berichtet Haro (mündl. Mitt. 2009), dass dort Störartige zur Vorbereitung auf ethohydraulische Tests in langen Gerinnen auf Strömung trainiert werden, in denen die Fließgeschwindigkeit über mindestens zwei Wochen sehr langsam stetig erhöht wird.

#### 6.1.4.1 Tests mit einer Art

Sofern eine artspezifische Fragestellung, z. B. zum Abwanderverhalten einer diadromen Art zu untersuchen ist, müssen Probanden der jeweiligen Zielart im entsprechenden Alter beschafft werden. Die Notwendigkeit mit einem bestimmten Entwicklungsstadium zu arbeiten hat zur Folge, dass die benötigten Probanden nur zu einer bestimmten Jahreszeit verfügbar sind und die ethohydraulischen Tests entsprechend in einem biologisch definierten Zeitfenster durchgeführt werden können. Beispielsweise treten 8 bis 12 Jahre alte und ab 50 cm lange Blankaale nur im Herbst auf, während ein bis zwei Jahre alte Lachssmolts von 12 cm bis 18 cm Länge nur im Frühjahr zwischen April und Juni verfügbar sind (Abb. 6.12).



Im Laborgerinne verhalten sich die Individuen einer Zielart – je nach artspezifischer Neigung – entweder solitär oder schließen sich zu mehr oder weniger geschlossen agierenden Gruppen zusammen. Beispielsweise verhalten sich Cypriniden sowie juvenile Salmoniden gesellig und auch Dreistachlige Stichlinge zeigen eine Tendenz, sich zumindest zu kleinen Schwärmen zusammen zu schließen, die gemeinsam im Gerinne umher streifen. Demgegenüber sind u. a. Meerneunaugen, Störartige, Aal, Flunder, Quappe sowie alle bisher beobachteten Raubfischarten wie Hecht, Wels, Flussbarsch und Zander strikt einzelgängerisch.

#### 6.1.4.2 Tests mit mehreren Arten

Für ethohydraulische Untersuchungen allgemeinerer Fragestellung werden üblicher Weise mehrere Arten gleichzeitig beobachtet, um eine große Bandbreite möglicher Verhaltensweisen dokumentieren zu können. Bei der Zusammenstellung der Probanden ist darauf zu achten, dass diese möglichst viele Gilden repräsentieren, d. h. Arten mit unterschiedlichen Körper- und Leistungseigenschaften sowie Präferenzen hinsichtlich ihres Aufenthaltsortes in der Wassersäule und der Geschwindigkeit der Strömung (Tab. 6.2). Die Beobachtung von Arten unterschiedlicher Gildenzugehörigkeit ist deshalb relevant, weil beispielsweise Körpergestalt- und -form eines Fisches über Dimensionierungsanforderungen entscheiden, z. B. über die gerade noch

**Tab. 6.2** Beispiele von Vertretern aus verschiedenen Gilden, die für ethohydraulische Tests mit gemischten Arten geeignet sind

Kriterium	Gilde	Vertreter
bevorzugte Aufenthaltszone	bodenorientiert (benthal)	Barbe, Flunder, Gründling, Karpfen, Nase, Rotfeder, Schmerle, Quappe
	freiwasserorientiert (pelagial)	Aland, Döbel, Goldfisch/Giebel, Hasel, Plötze, Rapfen, Zander
	oberflächenorientiert	Stint, Ukelei
	indifferent orientiert	Aal, Flussbarsch, Hecht, Zander
bevorzugter Strömungscharakter	strömungsliebend (rheophil)	Äsche, Bach-, Meer- und Regenbogenforelle, Hasel, Lachs, Meerneunauge, Nase, Rapfen, Zährte
	strömungsmeidend (stagnophil)	Bitterling, Kaulbarsch, Störartige, Wels
	strömungsindifferent	Aal, Brachsen, Flussneunauge, Giebel, Gründling, Güster, Hecht, Plötze, Ukelei
Körperform und -größe	hochrückig	Brachsen, Güster, Goldfisch/Giebel, Karpfen
	torpedoförmig	Forelle, Hecht, Zander
	schlangenartig	Neunauge, Aal
	abgeflacht	Flunder, Groppe, Wels
	kleinwüchsig	Bitterling, Moderlieschen, Schmerle, Steinbeißer, Schlammpeitzger, Stichling
Leistungsfähigkeit	großwüchsig	Aal, Lachs, Stör, Rapfen, Wels, Zander
	schwimmschwach	Bitterling, Groppe, Gründling, Jungfische, Schleie, Stint, Störartige, Ukelei
	schwimmstark	Äsche, Bachforelle, Döbel
	sprungstark	Lachs, Hecht

besiedel- oder durchschwimmbare minimale Wassertiefe in einem Ausleitungsgewässer oder über die erforderliche lichte Weite einer für Fische unpassierbaren mechanischen Barriere. Da sich eine Art oft aufgrund diverser charakteristischer Eigenschaften mehreren Gilden zuordnen lässt, ist es im Sinne einer Begrenzung der Anzahl von Probanden vorteilhaft mit Arten zu arbeiten, die möglichst viele unterschiedliche Gilden gleichzeitig repräsentieren.

Immer wenn Fische unterschiedlicher Arten zusammen in eine Laborrinne gesetzt werden, zeigen die Tiere eine mehr oder weniger große Neigung sich zusammen zu schließen. Vor allem Cypriniden bilden binnen kürzester Zeit anonyme Verbände aus verschiedenen Arten und Individuenstärke, deren Mitglieder sich nicht persönlich kennen und auch kein Zusammengehörigkeitsgefühl besitzen. Solche Gemischartenverbände sind entsprechend sehr variabel und zerfallen immer wieder in kleinere Einheiten, denen sich nach einer Weile neue Individuen anschließen. Bemerkenswerter Weise bestehen Gemischtartenschwärme zumeist aus Individuen ungefähr gleicher Größe (Kap. 5.4.11).

### 6.1.5 Größenspektrum

Sofern die Fragestellung der Untersuchung nicht explizit die Beobachtung eines bestimmten Entwicklungsstadiums einer Zielart oder Individuen einer bestimmten Größe erfordert, kommen für ethohydraulische Tests Individuen unterschiedlicher Länge zum Einsatz. Da kleine Fische empfindlicher als große Exemplare sind, müssen Klein- und Jungfische besonders schonend behandelt werden. Die Größe der kleinsten und schmalsten Fische ist auch in Hinblick auf die Sicherung des Versuchsstandes gegen ein Entweichen der Tiere relevant. Dies betrifft z. B. die Absperrung des Versuchsstandes am Ein- und Auslauf, damit die Probanden nicht in den Wasserkreislauf geraten. Zudem sind innerhalb des Versuchsstandes Spalten und Ritze bei Einbauten als auch an der Sohle derart zu sichern, dass sich dort keine Fische verstecken können (Kap. 6.2.5).

Aber auch der Umgang mit kapitalen Probanden kann außerordentlich problematisch werden, da lebhaft und schwere Exemplare mit kraftvollen Schwanzschlägen einer Nachstellung im Hälterbecken und in der Laborrinne auszuweichen oder aber aus dem Keschel zu springen versuchen. Aus Erfahrung mit solchen Exemplaren heraus empfiehlt es sich deshalb für ethohydraulische Tests nur Fische mit einer maximalen Gesamtlänge von 70 cm bis 80 cm zu verwenden. Größere Exemplare sollten nur dann eingesetzt werden, wenn dies zur Beantwortung einer ethohydraulischen Fragestellung tatsächlich unabdingbar ist (Abb. 6.13).

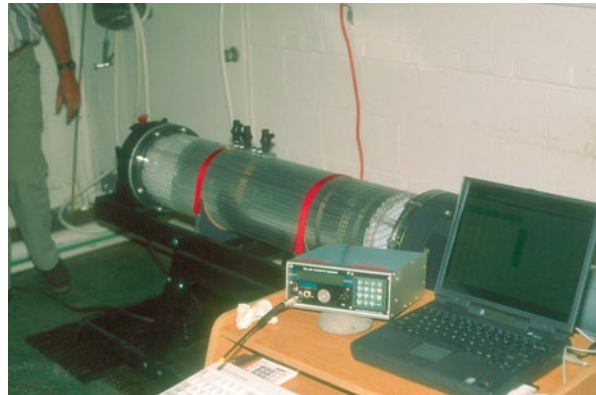
### 6.1.6 Anzahl der Probanden

In physiologischen Experimenten ist es üblich, die Reaktionen von jeweils nur einem einzelnen Tier zu beobachten und die Befunde durch eine entsprechend hohe Anzahl von Wiederholungen des Versuches abzusichern. So wird beispielsweise

**Abb. 6.13** Dieser leistungsstarke Karpfen von 73 cm Länge mit einem Gewicht von 6,5 kg erwies sich als kaum mehr handhabbar



**Abb. 6.14** Durchflossene Röhre mit einem Fisch zur Ermittlung seiner Schwimmleistung



das Leistungsvermögen untersucht, indem ein Fisch in einem Glaszylinder unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten ausgesetzt wird (Abb. 6.14).

Im Sinne der Gewährleistung einer situativen Ähnlichkeit ist es demgegenüber erforderlich, im Versuchsstand die gleichen Interaktionen der Probanden zuzulassen, wie sie auch im Freiland auftreten werden. Entsprechend wird ein ethohydraulischer Test grundsätzlich mit mehreren Individuen gleichzeitig durchgeführt, zumal es auf diese Weise wesentlich einfacher zu entscheiden ist, ob, wie und in welchem Maß ein bzw. mehrere Probanden auf die dargebotene Situation reagieren. Bei dieser methodischen Vorgehensweise ist die Analyse des individuellen Verhaltens eines einzelnen Fisches nicht möglich, da sich Probanden derselben Art und Größe in der Regel nicht voneinander unterscheiden lassen.

Die Anzahl der für die Beantwortung einer ethohydraulischen Fragestellung benötigten Fische ist von einer Vielzahl von Einflüssen und vom Testverlauf abhängig. Limitierend ist außer der Verfügbarkeit der Probanden vor allem die Beobachtungsmöglichkeit in einer großskaligen Laborrinne: Es dürfen stets nur so viele Probanden in die Laborrinne eingesetzt werden, wie noch sämtliche Verhal-

tensweisen dieser Fische beobachtbar und protokollierbar sind. Geraten für die zu untersuchende Fragestellung relevante Abschnitte der Laborrinne außerhalb des Gesichtskreises des Beobachters und ist keine uneingeschränkte Analyse des Verhaltens zu jeder Zeit mehr möglich, muss die Anzahl der Probanden reduziert oder das Konzept des Tests verändert werden.

Vor diesem Hintergrund hat sich eine Gruppenstärke von maximal 40 Probanden bei Einsatz mehrerer Beobachter und zusätzlicher Dokumentationsgeräte als praktikabel erwiesen. Allerdings ist zur Absicherung der Verhaltensbefunde eine zeitnahe Überprüfung mit anderen Probanden erforderlich. Hierfür wird eine zweite Probandengruppe gleicher oder zumindest ähnlicher Zusammensetzung benötigt, so dass sich die für eine Testserie zu beschaffende Anzahl von Fischen auf etwa 80 Exemplare erhöht. Beide Probandengruppen sind grundsätzlich getrennt voneinander zu halten und über die Dauer der Tests in unveränderter Zusammensetzung zu belassen, da jedes Umsortieren der Gruppenmitglieder unnötig Stress verursacht. Die beiden Fischgruppen werden für die Tests abwechselnd in die Laborrinne eingesetzt, wodurch sich die Reproduzierbarkeit eines Testergebnisses einerseits überprüfen und andererseits Lerneffekte bei den jeweils nur kurz mit dem Versuchsstand konfrontierten Fischen minimieren lassen. Nichts desto trotz kann es im Rahmen ethohydraulischer Tests jederzeit erforderlich sein, neue und damit noch mehr Probanden zu beschaffen, um Lerneffekte auszuschließen oder unmotivierte Fische zu ersetzen (Kap. 5.4.13).

### 6.1.7 Zeitfenster für die Durchführung ethohydraulischer Tests

Während konventionelle wasserbauliche Modellversuche keinerlei zeitlichen Restriktionen unterliegen, ist die Durchführung und Aussagekraft von Lebeltierbeobachtungen maßgeblich von der Leistungsbereitschaft und Motivation der Fische bei der Mitwirkung an ethohydraulischen Tests, abhängig. Während sich die Aktivität der Probanden beispielsweise anhand der Frequenz ihres Umherschwimmens und der Art und Weise ihrer Reaktionen einschätzen lässt, ist die Motivation ein bisher nur schwer greif- und messbarer Parameter (Kap. 5.4.13). Erschwerend kommt hinzu, dass die biologische Aktivität von Fischen nicht konstant ist, sondern natürlichen täglichen und vor allem jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. Diese Schwankungen sind artspezifisch ausgeprägt, werden durch zahlreiche exogene Faktoren, u. a. Wassertemperatur und endogene physiologische Vorgänge wie die Geschlechtsreife beeinflusst.

Grundsätzlich darf die maximale Aktivität einer Fischart in Perioden erwartet werden, in denen diese über mehr oder weniger große Distanzen Wanderungen durchführt, um z. B. Nahrung zu suchen oder ihre Reproduktions- oder Überwinterungshabitate zu erreichen. Hingegen ist bei den meisten Fischarten die geringste Aktivität bei niedrigen Wassertemperaturen unter etwa 5 °C zu verzeichnen.

Trotz dieser biologischen Grundsätzlichkeiten müssen ethohydraulische Untersuchungen nicht auf die Hauptwanderzeit einer Fischart beschränkt werden. Die

Wahl des richtigen Zeitfensters für Fischbeobachtungen ist primär von der zu untersuchenden Fragestellung abhängig:

- Betrachtet die Untersuchung nur bestimmte Altersstadien einer Art, z. B. das Abwanderverhalten von Salmonidensmolts oder ist das Verhalten der Fische an bestimmte Jahreszeiten gekoppelt, wie das Überwinterungsverhalten kann die ethohydraulische Untersuchung im Sinne der Wahrung der situativen Ähnlichkeit nur mit den jeweils fraglichen Arten und Altersstadien sowie innerhalb des fraglichen Zeitfensters durchgeführt werden.
- Eher grundsätzliche Verhaltensweisen von Fischen, z. B. gegenüber Strömungen unterschiedlicher Geschwindigkeit und Charakter oder die Passierbarkeit von Durchlässen sind zeitlich vollkommen unabhängig und können deshalb im Labor zu jeder Jahreszeit durchgeführt werden. Lediglich die Aktivität kann zu verschiedenen Jahreszeiten unterschiedlich sein, wobei jedoch primär die Wassertemperatur eine wichtige Rolle spielt. So zeigen beispielsweise Cypriniden auch im Winter, wenn ihre natürliche Aktivität im Freiland auf ein Minimum reduziert ist, im Labor durchaus hohe Aktivitäten. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die aus dem Freiland stammenden Probanden zuvor schonend an die im Labor herrschenden, wesentlich höheren Wassertemperaturen adaptiert wurden (Kap. 6.1.2.1).

---

## 6.2 Aufbau und Betrieb eines ethohydraulischen Versuchsstandes

### 6.2.1 Anforderungen an die Infrastruktur

Im ethohydraulischen Versuchsstand werden die für eine Fragestellung relevanten hydraulischen Situationen her- und eingestellt, um das Verhalten der Fische erkennen und analysieren zu können. Zu diesem Zweck muss die Laborrinne derart eingerichtet werden, dass das vollständige Strömungsverhalten vor, innerhalb und hinter strömungsbeeinflussenden Konturen hochaufgelöst und ohne Maßstabseffekte situativ ähnlich abgebildet wird. Dies erfordert großmaßstäbliche Voraussetzungen:

- **Versuchsumfeld:** Der Versuchsstand sollte möglichst gut gegenüber äußeren Einflüssen, wie Geräuschen und Erschütterungen, Temperaturschwankungen und Wind abgeschildert sein. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit der Abdunkelung gegeben sein, um ethohydraulische Untersuchungen ggf. bei reduzierter Helligkeit bzw. Dunkelheit durchführen zu können.
- **Schutz der Probanden:** Grundsätzlich gilt für alle Einbauten in ethohydraulischen Laborrinnen, dass von ihnen keine Verletzungsgefahr für die Probanden ausgehen darf. Bezüglich der Anfertigung und Installation solcher Einbauten ist darauf zu achten, dass keine scharfen Kanten, Grate oder spitze Teile im Untersuchungsbereich vorhanden sind. Zudem ist darauf zu achten, dass in der Labor-



Ethohydraulik

Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse

Adam, B.; Lehmann, B.

2011, XIII, 351 S. 290 Abb., 80 Abb. in Farbe.,

Hardcover

ISBN: 978-3-642-17209-0