

# XI. Das wechselvolle Leben der Fische



Döbel *Leuciscus cephalus*)

Quelle: C. Rohrbach 2014

**Keine andere Wirbeltiergruppe ist älter und artenreicher als die der Fische**

**Vorbemerkung**

**Hans Langer**

**1 Die Begriffe**

**2014**

1.1 Population und Bestand

1.2 Ausbreitung und Wanderung

**2 Der Lebensraum Fließgewässer**

2.1 Die Gewässerstruktur

2.2 Die Qualitätskomponente Fischfauna

**3 Das Wanderverhalten**

3.1 Die Home-range-Theorie

3.2 Die Formen des Ortswechsels

3.3 Die Wandertypen

**4 Das Gewässerkontinuum**

4.1 Die Durchgängigkeit

4.2 Die Aufstiegshilfe

4.3 Die Flussaue



## Vorbemerkung

Bei der Beurteilung von Fischvorkommen spielen Funktionen und Effekte der Mobilität eine zentrale Rolle. Zugeordnete Begriffe sind dann die sprachlichen Symbole und das unmittelbare Verständigungsmittel über die betreffenden Sachverhalte.

Für die systemische Betrachtung eines solchen komplexen dynamischen Geschehens ist die Kenntnis der infrage kommenden Sachverhalte sowie deren klare begriffliche Fassung notwendige Voraussetzung. Das Problem besteht jedoch darin, dass viele Aspekte des räumlich-zeitlichen Verhaltens der Süßwasserfischarten noch unvollständig erkannt sind oder kontrovers diskutiert werden, dass es widersprüchliche Konzepte gibt und Definitionen bzw. Begrifflichkeiten unterschiedlich verwendet werden. Die folgende Studie ist der Versuch einer Orientierung.

## 1 Die Begriffe

### 1.1 Die Population und der Raum

Durch Zusammenschluss von Individuen der gleichen Art bilden sich homotypische Gesellschaften. Der zentrale Begriff in der Pflanzen- und Tierökologie ist dafür Population. Als Population bzw. Bevölkerung gilt demnach die Gesamtheit aller Individuen einer Art, die in einem bestimmten Raumausschnitt vorkommen und eine Fortpflanzungsgemeinschaft darstellen (W. TISCHLER 1975; H. J. MÜLLER 1984; K. M. URBANSKA 1992). Die Gesamtheit aller Genvariationen (Allele) einer Population bildet den Genpool, durch den das individuelle und soziale Verhalten in der Population und gegenüber der Umwelt bestimmt wird.

Der räumliche Bereich, der von einer Population bewohnt wird, ist ihr Lebensraum, für den ebenso der Begriff Biotop verwendet wird. Der Lebensraum eröffnet den Organismen einer Population Lebensmöglichkeiten in verschiedenen Habitaten, die ihnen auf Grund ihrer spezifischen Fähigkeiten und der dort gegebenen abiotischen und biotischen Faktoren eingeräumt werden.

Auch in der Süßwasserfischerei gilt, ähnlich wie in der Meeresfischerei: Gefangen werden Fischarten, befischt aber werden Bestände. Ein Bestand entspricht dabei einer in einer begrenzten Süßwasserregion vorkommende, sich selbst erhaltende Population einer Art.

### 1.2 Die Ausbreitung und die Wanderung

In der Ökologie wird zwischen Ausbreitung (dispersal) und Wanderung (migration) unterschieden (M. BEGON et al. 1998).

Unter **Ausbreitung** wird die Vergrößerung des von einer Population bevölkerten Areals verstanden. Ausbreitung und Ansiedlung finden bei Pflanzen und Tieren ihren Ausdruck in drei Bereichen:

- durch Strukturveränderung in bestehenden Populationen;
- durch Gründung neuer Populationen in früher besiedelten Bereichen;
- durch Gründung neuer Populationen in bislang nicht besiedelten Bereichen.

Pflanzen sind, um sich auszubreiten und zu verteilen, in erster Linie auf die Ausbreitungseinheiten Sporen und Samen bzw. Früchte angewiesen. Eine weitere Rolle spielen vegetative

Teile oder ganze Pflanzen. Die Ausbreitung geschieht durch Selbstverbreitung (Autochorie), Fremdverbreitung (Allochorie) und Ausbreitung durch den Menschen (Anthropochorie) (K. M. URBANSKA 1992). Die Ausbreitung und Verbreitung bei Tieren erfolgt durch Ortsveränderung der Individuen. Dabei lassen sich als Grundkategorien eine aktive Ortsveränderung (Autochorie), eine passive Ortsveränderung (Allochorie) und eine menschenbedingte Ortsveränderung (Anthropochorie) unterscheiden.

Ausbreitung ist ein räumlich-zeitlicher Prozess, bei dem es immer darum geht, einen Verbleib im bewohnten Habitat gegen Gefahren beim Finden und Besiedeln neuer Habitate auszutauschen.

Verschiedene Autoren bezeichnen die natürliche Ausbreitung als evolutionäre Strategie, denn in jeder Population ist immer ein kleiner Teil ausbreitungsfähiger Individuen (also ein bestimmter Genotyp) vorhanden. Dabei begünstigt eine hohe räumliche Variabilität in der Umwelt (innerhalb und zwischen Arten) Formen mit hoher Ausbreitungsrate (M. BEGON et al. 1998).

Die Ausbreitung der Population kann im Prinzip durch jedes Lebensstadium erfolgen. Ausbreitung sowie Immigration und Emigration sind zweifellos sehr bedeutsame demographische Prozesse (M. BEGON et al. 1998). Der Nachweis von Emigrations- und Immigrationsprozessen muss sich aber nicht zwingend in Schwankungen der Abundanz äußern.

**Wanderungen** können als Mobilität in Richtung eines Ziels, eines Habitatwechsels gesehen werden. Das setzt voraus, dass die Fische Hinweise auf eine veränderte Umwelt wahrnehmen können, ein Erinnerungs- und Navigationsvermögen sowie die entsprechende physische Kapazität besitzen, um die erforderliche räumliche und zeitliche Dimension des Ortswechsels zu bewältigen. Solche Wanderungen können je nach Zweck unterschiedlichen Rhythmen (z.B. diurnal oder saisonal) unterliegen. Als Wanderung ist der gerichtete Ortswechsel zwischen zwei oder mehreren verschiedenen Habitaten zu verstehen, der mit einer gewissen Periodizität auftritt, von der Mehrheit der Population durchgeführt wird und in der Regel die Rückkehr zum Ursprungsort beinhaltet, bei dem die Wanderung begonnen hat (T. G. NORTHCOTE 1978).

Als Ergebnis evolutionärer Divergenz kann es Innerhalb einer Population wandernde und nichtwandernde Organismen geben. Dieselbe Art kann in verschiedenen Gebieten ein unterschiedliches Verhalten zeigen (M. BEGON et al. 1998). Bei unterschiedlichen Wandermustern kann es auch zur Trennung der Populationsteile kommen. Wanderungen führen nicht zwingend zur Vermischung von Populationen. Die Tiere mehrerer Populationen können zu bestimmten Zeiten in einem gemeinsamen Gebiet zur Überwinterung oder Nahrungssuche zusammen treffen, aber zu anderen Zeiten sich getrennt in verschiedenen Gebieten fortpflanzen.

## **2 Der Lebensraum Fließgewässer**

### **2.1 Die Gewässerstruktur**

Fließgewässer sind dynamische Systeme, deren lebensdienliche Strukturen durch Hydrologie und Morphologie entscheidend bestimmt werden. Das gilt auch in anthropogen überprägten Fließgewässern. Mit fortschreitender Überprägung geht dann allerdings nicht nur die Eigen-

dynamik sowie die strukturelle Diversität und Qualität, sondern dementsprechend auch die biologische Vielfalt zunehmend verloren.

Im Gegensatz zu den positiven Veränderungen bei der Wassergüte spielen in den Flüssen die wasserbaulichen Maßnahmen - Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen - weiterhin eine erhebliche Rolle als Beeinträchtigung für die ökologische Gewässerqualität. Die wasserbaulichen Eingriffe verursachten die größten und nachhaltigsten Schäden (D. J. ALLAN, A. S. FLECKER 1993; M. N. BRUTON 1995; J. FREYHOF 2002; E. GÖLZ 1994; R. C. HOFFMANN 1996; R. H. K. MANN 1988; C. T. MCCARTHY 1985; S. SWALES 1982, 1994b) und sind aktuell die größte Bedrohung für die Flussfischarten (M. N. BRUTON 1995; I. G. COWX 1994, 2002; J. FREYHOF 2002). Die strukturellen Habitatdefizite wurden in den letzten Jahrzehnten umso deutlicher, je weiter sich die Wasserqualität verbesserte (P. BURKHARDT-HOLM et al. 2002; A. PETER 1995; U. SCHWEVERS, B. ADAM 1999; J. UTZINGER et al. 1998).

Flussbegradigungen, Quer- und Längsverbauungen verringern die Habitatvielfalt, sie zerschneiden die Flüsse in Teillebensräume, trennen sie von ihren Überflutungszonen und Auen und verursachen eine kontinuierliche Sohlevertiefung (R. C. HOFFMANN 1996; S. SWALES 1982, 1994; K. TOCKNER, J. A. STANFORD 2002). Querbauwerke in einer für die meisten Fließgewässer hohen Dichte (IKSR 1999; P. STROHMEIER 1998) isolieren viele Flussfische von saisonal genutzten, überlebenswichtigen Habitatstrukturen (z.B. Laichgebiete, Winterstände) und wirken sich negativ auf die Bestandsentwicklung aus (H. KOVACEK-MANN 1992; A. KRUK, T. PENCZAK 2003; T. PENCZAK, A. KRUK 1999, 2000, 2004).



Abb. 1 Staustufe Iffezheim  
(Quelle: planet-schule.de/ SWR 2001/2006)

Für die Strukturierung der Gewässerbiozöten ist oft nicht mehr die Strömung der entscheidende Faktor (H. AMBÜHL 1962). Eine reduzierte Geschiebeführung und Abflussdynamik verschlechtern die Strukturvielfalt der Gewässersohle, ihre Substratzusammensetzung und Durchlüftung (D. INGENDAHL 1999). Aufgrund des Geschiebedefizits und eines erhöhten Feinsedimenteintrags verschwinden qualitativ hochwertige Kieslaichplätze (D. INGENDAHL 1999). Von der ökologischen Gilde der auf Kies oder Hartsubstraten laichenden Fische (E. R. BALON 1975, 1981) sind bundesweit insgesamt 34 Arten (49 %) extrem bedroht (R. BLESS et al. 1994, 1998). Aber auch die Gilde der obligat an Pflanzen laichenden Fischarten (H. W. DE

NIE 1987) ist zunehmend bedroht. Neben den strukturellen Defiziten entsprechender Laichzonen (submerse Makrophyten bzw. vegetationsreiche Überflutungsbereiche) schränkt die Gewässereutrophierung die Fortpflanzungsmöglichkeiten erheblich ein (B. C. W. AARTS et al. 2004).

Der nutzungsbedingte Ausbau beeinflusst ganz entscheidend den ökologischen Zustand eines Gewässers. Verlust und Qualitätsminderung hydromorphologischer Strukturen wirken sich entsprechend auf das Artenspektrum und die Lebensgemeinschaften aus. Bei einer ökologischen Analyse rückt damit die Fischfauna als wichtiger und sensibler Bioindikator für die lebensräumliche Bedeutung des Gewässers in den Mittelpunkt.

Seit den 1990er Jahren werden in Deutschland verstärkt Untersuchungen zur Gewässerstruktur durchgeführt. Für kleinere und mittlere Gewässer sowie für schiffbare große Flüsse wurden entsprechende Verfahren entwickelt (LAWA 2000; BfG 2001; M. SOMMER 2003). Erhoben werden verschiedene Einzelparameter aus den Strukturgruppen:

- Durchgängigkeit und Beschaffenheit der Gewässersohle;
- Beschaffenheit und Dynamik der Ufer;
- Überschwemmungsgeschehen und Gewässerbettverlagerung.

Die Gewässerstrukturkarte der Bundesrepublik Deutschland (2001) gibt zum ersten Mal einen Überblick über die vom Menschen vorgenommenen hydromorphologischen Veränderungen der Fließgewässer. „Nur 21 Prozent der deutschen Flüsse und Bäche überwiegend in weniger besiedelten Regionen sind noch in einem naturnahen Zustand, d.h. vom Menschen wenig bis mäßig verändert“ (LAWA 2001) (Abb. 2). In den anderen Fällen erfolgten durch Ausbau und Unterhaltungsmaßnahmen erhebliche strukturelle Veränderungen. Besonders deutlich wird dies an den großen Flüssen, die zugunsten der Schifffahrt und Wasserkraftnutzung ausgebaut wurden. Der überwiegende Teil zählt zu den Klassen stark verändert bis vollständig verändert (LAWA 2001).



Abb. 2 Naturnahe Gewässer sind Lebensadern in der Kulturlandschaft  
(Quelle: Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V./ Foto Marcus Bosch)

## 2.2 Die Qualitätskomponente Fischfauna

Fische leben in Lebensräumen hoher räumlicher Diversität und zeitlicher Variabilität. Im Laufe der Entwicklung haben sie dazu unterschiedliche Lebensstrategien ausgebildet. In der Artenzusammensetzung und den Verhaltensweisen der Fischarten eines Gewässers kommt deshalb gebündelt die ökologische Qualität des jeweiligen aquatischen Lebensraums zum

Ausdruck. Die Fischfauna ist ein unmittelbarer Spiegel des ökologischen Potenzials in einem aquatischen Lebensraum und damit ein praktikabler Indikator, der einen direkten Zusammenhang zwischen Veränderungen in der Fischfauna, den auslösenden Ursachen und entsprechenden Verbesserungsmaßnahmen ermöglicht (F. SCHIEMER 1988; W. J. MATHEWS 1998; F. SCHIEMER et al. 1991; D. J. ALLAN, A. S. FLECKER 1993; G. ALBERT, H. LANGER 2007).

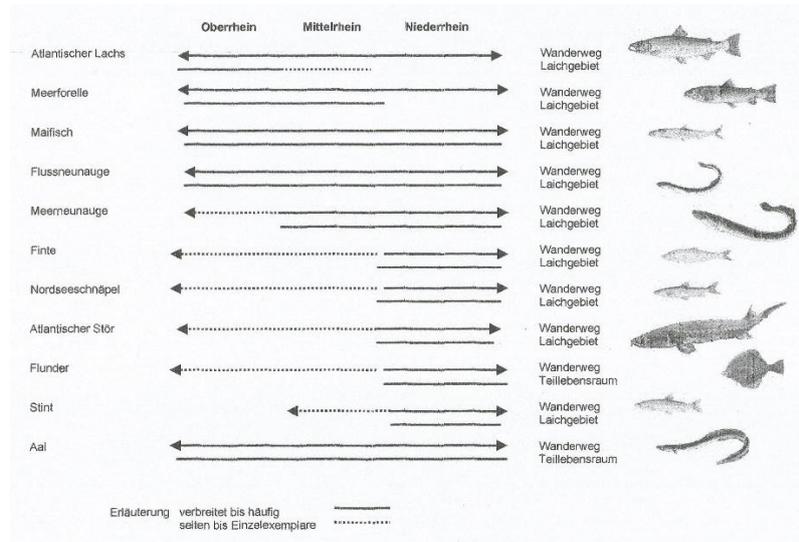


Abb. 3 Ehemalige Nutzung des Rheins durch euryhaline Wanderfische (Quelle: G. Albert, H. Langer 2006)

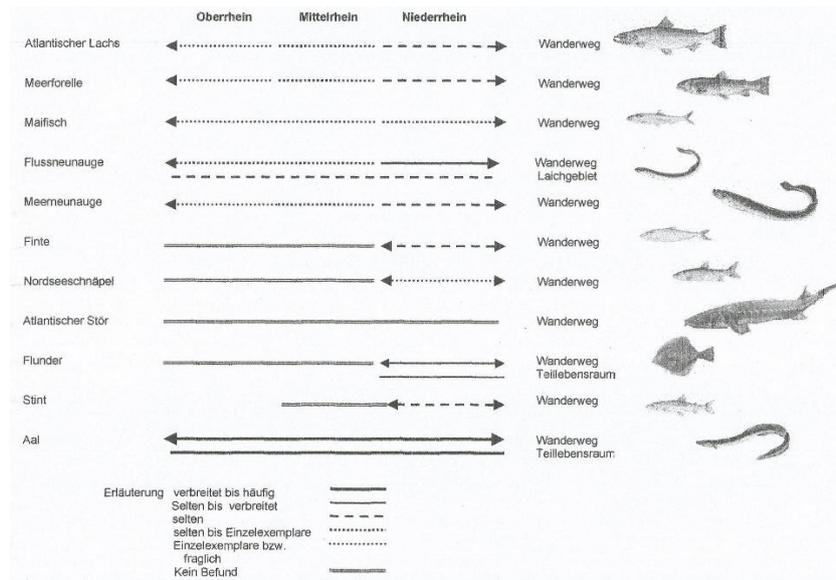


Abb. 4 Aktuelle Nutzung des Rheins durch euryhaline Wanderfische (Quelle: G. Albert, H. Langer 2006)

## 2.2.1 Der Referenzzustand

Für die Einstufung eines Gewässers mittels der Qualitätskomponente Fischfauna ist eine Orientierungsgröße erforderlich, mit der sich durch Vergleich Abweichungen und Veränderungen im aktuellen Fischartenspektrum feststellen lassen. Unter Referenzzustand/Leitbild ist ein von menschlicher Störung unbeeinträchtigter Zustand der Fischfauna (heutiger potentiell

natürlicher Fischartenbestand oder historischer Fischbestand vor Veränderung der Gewässerstruktur) zu verstehen.

Die Fließgewässer unterlagen im Laufe der Zeit durch den jeweiligen Ausbau mehr oder weniger starken Veränderungen. Vor diesen wesentlichen ausbaubedingten Eingriffen bot eine noch weitgehend naturnahe hydromorphologische Situation der Fischfauna die lebensdienlichen Voraussetzungen. Auch die erforderliche Wasserqualität war in der Regel vergleichsweise noch gegeben. Die Fischgemeinschaften dieser Zeit sind deshalb als pragmatische Referenz eine brauchbare und praktikable Vergleichsgröße, durch die sich Abweichungen und Veränderungen in der aktuellen Fischfauna bestimmen lassen.

Arteninventar, Abundanz sowie Altersstruktur und Reproduktion sind dabei wichtige Gesichtspunkte zur Einschätzung der Qualitätskomponente Fischfauna:

- das Arteninventar als Indikator für die Fischgemeinschaft,
- die Abundanz bzw. Häufigkeit als Indikator für Fortpflanzung und Entwicklung einer Fischart,
- die Habitatbindungen als Indikatoren für die Anforderungen an die strukturellen und funktionellen Eigenschaften des Lebensraumes Gewässer

### **2.2.2 Das Fischarteninventar**

Das Artenvorkommen der Fische gibt Aufschluss darüber, inwieweit die aktuelle Fischgemeinschaft mit der vor den entscheidenden ausbaubedingten hydromorphologischen Veränderungen des Gewässers übereinstimmt, ob die vor dem Ausbau des Gewässers bekannten Arten aktuell noch nachweisbar sind. Der Vergleich bezieht sich auf:

- die Artenzahl insgesamt,
- die jeweils flussregionsspezifische Leitart und die typischerweise vorkommenden Begleitfischarten,
- die jeweils typspezifischen störungsempfindlichen Wanderfische

(Abb. 5).

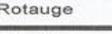
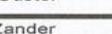
Gewässer- kontinuum	Rhithral		Potamal		
	Epirhithral Metarhithral	Hyporhithral	Epipotamal	Metapotamal	Hypopotamal
	obere Forellenzone	untere Äschenzone	Barbenzone	Brassenzone	Kaulbarsch- Flunderzone
Leitarten	 Bachforelle	 Äsche	 Barbe	 Brassen	 Kaulbarsch
Begleitaren	 Groppe	 Schmerle	 Eiritze	 Schneider	 Flunder
	 Gründling	 Nase	 Döbel	 Hasel	
	 Rapfen	 Aland		 Flussbarsch	
	 Ukelei			 Rotaugen	
	 Güster			 Zander	
	 Karpfen	 Wels		 Schleie	
	 Stint				 Finte
					 Schnäpel

Abb. 5 Lebensräume der Fließgewässer und Leitfischarten  
(Quelle: G. Albert, H. Langer 2006)

### 2.2.3 Die Abundanz

Die Abundanz bezeichnet die Anzahl der Individuen einer Art in einer Raumeinheit und ist eine Grundlage für die Analyse der Struktur und Entwicklung von Populationen. Bei der vergleichenden Betrachtung zwischen ehemaligem und aktuellem Artenvorkommen gibt die Häufigkeit/Abundanz Auskunft darüber, ob und in welchem Umfang Veränderungen in der Individuendichte der an der Fischgemeinschaft beteiligten Arten eingetreten sind. Ein solcher Vergleich bezieht sich auf:

- die einzelnen Arten,
- den Anteil der einzelnen Fischarten am jeweiligen Fischbestand,
- den Anteil der jeweils lebensraumspezifischen Leitart und typischerweise vorkommenden Begleitfischarten,
- den Anteil der jeweils typspezifischen störungsempfindlichen Wanderfische.

## 2.2.4 Die Habitatbindungen

Fischarten stellen die unterschiedlichsten Anforderungen an die Habitateigenschaften ihrer Lebensräume. In Fließgewässern lassen sich dazu zwei große Klassen unterscheiden:

- limnische Arten, deren Lebenszyklus sich im Süßwasser vollzieht;
- euryhaline Arten, deren Lebenszyklus jeweils Süßwasser- und Salzwasserphasen umfasst.

Arten, die sich hinsichtlich ihres Leistungs- oder Anspruchsverhalten gegenüber ihren Habitaten gleich oder zumindest sehr ähnlich sind, lassen sich zu **ökologischen Gruppen bzw. Gilden** zusammenfassen. Diese ökologischen Gruppen eignen sich als Bioindikatoren für entscheidende, lebenswichtige Habitateigenschaften eines Gewässers. Durch den Vergleich der Zeigerfunktionen zwischen Referenzfischfauna und vorgefundener aktueller Fischfauna werden Veränderungen im Vorkommen der ökologischen Gruppen sowie in der Artenzusammensetzung der einzelnen Gruppen erkennbar und damit gleichzeitig Veränderungen in der lebensräumlichen Ausprägung. Das Verhältnis und die Zusammensetzung der ökologischen Gruppen verschiebt sich nicht nur je nach Flussregion und vom Hauptstrom über die Zuflüsse bis hin zu den Auegewässern. Ebenso deutlich drücken sich nutzungsbedingte strukturelle Habitatveränderungen im Anteil und in der Zusammensetzung solcher ökologischer Gruppen aus.

Besonders wichtige Ansprüche der Fische bestehen gegenüber den folgenden Habitateigenschaften:

- den Strömungsverhältnissen;
- dem Laichplatzangebot;
- den Nahrungsverhältnissen.

### (1) Die Strömungspräferenzen

Das Strömungsverhalten der Fischarten gibt Aufschluss darüber, welche Präferenzen die einzelnen Arten für die Strömungsverhältnisse in einem Gewässer haben.

Hinsichtlich des Strömungsverhalten werden unterschieden:

- Rheophile Arten A = Arten, deren gesamter Lebenszyklus sich in durchströmten Wasserbereichen vollzieht;
- Rheophile Arten B = Arten, die durchströmte Bereiche bevorzugen, gewisse Lebensphasen aber in ruhigeren Gewässerabschnitten verbringen;
- Eurytope Arten = anpassungsfähige Arten, die keine Präferenz hinsichtlich der Strömungsverhältnisse aufweisen;
- Stagnophile/limnophile Arten = Arten, deren gesamter Lebenszyklus sich im Stillwasserbereich vollzieht.

Die Klassifizierung nach dem Strömungsverhalten erfolgt in Anlehnung an F. SCHIEMER, H. WEIDBACHER (1992); R. THIEL, A. BOS (1998) und R. THIEL, R. GINTER (2002).

## (2) Die Laichplatzpräferenzen

Das unterschiedliche Laichverhalten der Fischarten und Rundmäuler lässt sich gleichfalls durch ökologische Gruppen kennzeichnen. Die entsprechenden Gruppen zum Laichverhalten erlauben Rückschlüsse auf die verfügbaren Laichhabitats und Fortpflanzungsmöglichkeiten in einem Gewässer. Die Unterscheidung erfolgt nach den Präferenzen für bestimmte Laichsubstrate bzw. spezifische Fortpflanzungsmöglichkeiten:

- Phytophile Arten = bevorzugen Pflanzen als Laichsubstrat;
- Phytolithophile/polyphile Arten = keine Präferenz bezüglich des Laichsubstrats;
- Lithophile Arten = bevorzugen kiesiges bis kiesig-sandiges Laichsubstrat;
- Psammophile Arten = bevorzugen sandiges Laichsubstrat;
- Pelagophile Arten = laichen im freien Wasser mit unterschiedlichem Untergrund ab;
- Arten mit Sonderverhalten = spezielles Laichverhalten wie z.B. Nestlaicher, Muschel-laicher u. a.

Die Klassifizierung der Reproduktionsstrategien erfolgt nach F. K. BALON (1975, 1981) und R. THIEL, R. GINTER (2002).

## (3) Die Nahrungspräferenzen

Das Ernährungsverhalten der Fische gibt Auskunft über die Nahrungspräferenzen im adulten Stadium. Es bezieht Art und Örtlichkeit der Nahrung gleichermaßen mit ein. Als Ernährungstypen werden unterschieden:

- Omnivore Arten = zeigen keine Präferenz im Ernährungsverhalten;
- Planktivore Arten = ernähren sich von frei schwebendem pflanzlichen und tierischen Plankton;
- Herbivore Arten = ernähren sich von lebender Pflanzensubstanz;
- Benthivore Arten = ernähren sich von festsitzenden sowie beweglichen Lebewesen im Bodenbereich des Gewässers;
- Algen/Detritus werden aus dem Sediment filtriert;
- Piscivore Arten = ernähren sich von anderen Fischarten.

Die Klassifizierung erfolgt nach Angaben von M. ELLIOTT, F. DEWAILLY (1995); R. THIEL (2001) und R. THIEL, R. GINTER (2002).

## 3 Das Wanderverhalten der Fische

### 3.1 Die Home-range Theorie

S. D. GERKING (1959) definierte „*home range*“ als Bereich, innerhalb dessen sich ein Fisch normalerweise bewegt („*area over which an animal normally travels*“), also seine Aktivitäten auf ein klar umgrenztes Gebiet beschränkt. Home-range wird damit in der Regel mit Wohnbereich gleichgestellt (U. SCHWEVERS 1998). Der Etablierung und Nutzung von Home-ranges wird eine Schlüsselrolle bei der Ausbeutung von Ressourcen unter günstigen, konstanten Bedingungen zugeschrieben. „*Establishment and use of a restricted home range is a key component of such strategy of resource utilization under favorable conditions*“ (S. D. GERKING 1959). Denn der Wohnbereich optimiert die Suche nach Nahrung und Schutz, d.h. minimiert die Bewegungen und Ortsveränderungen. „*The acceptance of a home range optimises the search for food and shelter: minimum movement to get a maximum response*“

(SCHOENER in B. BRUYLANTS et al. 1986). Der Wohnbereich wird von vielen Autoren als ein Gebiet gesehen, aus dem ein Fisch auch seine Nahrung erhält. Neben den Vorteilen bei der Nutzung der Ressourcen hat ein Wohnbereich auch den Vorteil, dass Fische ihr Gebiet bis ins Detail kennen und damit lernen z.B. besser auf Fressfeinde zu reagieren.

S. D. GERKING (1959) bestärkte mit seiner Abhandlung „The restricted movements of fish populations“ die Auffassung, dass ortsgebundenes, sesshaftes Verhalten außerhalb der Laichzeit ein weiterverbreitetes und reguläres Verhalten von Süßwasserfischarten der gemäßigten Klimazone ist. Das Home-range Konzept geht davon aus, dass Fische einen wesentlichen Anteil ihrer Lebenszeit in einem eng begrenzten Bereich verbringen und somit als sesshaft oder stationär einzustufen sind (R. J. WOOTTON 1998). Das Verlassen des Wohnbereichs wird als spezialisiertes Verhalten gesehen, das die normale, sesshafte Lebensweise nur unterbricht.

Eine richtungsweisende Kritik am Home-range Konzept veröffentlichten C. GOWAN et al. (1994). Demnach wird durch die Wahl der Methode das Vorkommen und die Bedeutung von Wanderungen (movements) meist unterschätzt. Die strikte Unterteilung in eine statische und mobile Komponente bei der Datenauswertung impliziert von vornherein, dass alle Fische in eine der beiden Kategorien passen. Doch Studien haben auch gezeigt, dass Fische zwischen diesen beiden Kategorien wechseln können.

In der europäischen Literatur wurde S. D. GERKINGs Theorie von vornherein kritisch aufgenommen. Neuere Arbeiten halten die Bedeutung von Ortswechseln und saisonalen Wanderungen bei Süßwasserarten für unterschätzt (M. C. LUCAS, E. BATLEY 1996). Zahlreiche neuere Studien über die wichtigsten europäischen Arten betonen vielmehr die Bedeutung von Ortswechseln und Wanderungen (M. C. LUCAS, E. BARAS 2001). Statt der strengen Unterteilung in eine mobile und stationäre Komponente wird eher von einem fließenden Übergang zwischen mobilem und stationärem Verhalten innerhalb einer Population und der Möglichkeit eines Wechsels zwischen verschiedenen Verhaltensmustern ausgegangen, von einem Verhaltensspektrum innerhalb einer Population, das von Ortsgebundenheit bis hin zum Umherstreuen reicht.

In einem Flusssystem ohne Hindernisse ist z.B. das Bewegungsmuster von Cypriniden als eine Kombination aus aktiven Ortswechseln in beide Fließrichtungen vorstellbar, das von Perioden, sich im Winter zu aggregieren und sich im Sommer zu verteilen, modifiziert wird. Cypriniden-Populationen sollten daher als vollständig mobile Populationen gesehen werden, die hauptsächlich durch die Eigenschaften der Flusströmung, der Verhaltensantwort auf Strömung und Temperaturfaktoren beeinflusst werden (R. S. J. LINFIELD 1985).

### **3.2 Die allgemeinen Formen des Ortswechsels**

Die Strategien, mit denen Süßwasserfische die ihnen zur Verfügung stehenden Gewässer nutzen, sind vielfältig und können an die unterschiedlichsten Bedingungen angepasst werden. „*Movement behaviour appears to be extremely plastic and presumably adaptive in a wide variety of environmental situations*“ (C. GOWAN et al. 1994). Einige Arten sind einen Großteil ihres Lebenszyklus an ein nur wenige Quadratmeter großes Gebiet gebunden, das höchstens zur Laichzeit kurzzeitig verlassen wird. Andere vollziehen aus den unterschiedlichsten Gründen großräumigere und auch zeitabhängige Ortswechsel. Denn nicht immer ist eine starke Bindung an einen Ort das geeignete Verhalten. Variierende abiotische Umwelt-

faktoren, ein erhöhtes Prädationsrisiko oder sich ändernde Nahrungsansprüche bei wachsender Körpergröße etc. können Habitatwechsel erforderlich machen. Der Ortswechsel selbst kann das Resultat aus mehreren Faktoren sein. *"Behaviour is the outcome of internal and external cues that interact to stimulate a response"* (M. C. LUCAS, E. BARAS 2001). In einer Population können aber auch die Individuen unterschiedlich auf die auslösenden Faktoren reagieren, wobei oft ein Teil der Population stationär ist, ein anderer relativ mobil ist und umherzieht (Y. NICOLAS et al. 1994).

Näheres über die auslösenden und steuernden Faktoren des Ortwechsels ist z.B. bei M. C. LUCAS, E. BARAS (2001) nachzulesen.

Vollindividuen oder Entwicklungsstadien mit der Fähigkeit zum Ortswechsel sind vagil. Der aktive Ortswechsel bei Fischen erfolgt durch Schwimmen mit Hilfe besonderer Bewegungsorgane und geeigneter Bewegungen. Das einzelne Tier kann durchaus individuell reagieren oder agieren. Der Ortswechsel kann aber auch Kollektiv erfolgen, als Gruppe mit wenigen oder auch sehr zahlreichen Individuen.

Im Zusammenhang mit tierischen Populationen lassen sich grundsätzlich folgende **Mobilitätsformen** unterscheiden (Abb. 6):

Die Mobilität der Individuen einer Population, d.h. ihr Ortswechsel, vollzieht sich grundsätzlich in dem von der Population eingenommenen Raum, im Areal der Population. Die Ortsveränderungen der einzelnen Populationsglieder erfolgen in unterschiedlichem Ausmaß, aber nicht regellos sondern innerhalb begrenzter Raumausschnitte, innerhalb eines entsprechenden Aktionsraumes. Dieser **Aktionsraum** kann je nach Art und Status des Individuums unterschiedlich groß sein, sich zeitlich und räumlich verlagern oder verändern, nur kurzfristig oder auch langfristig benutzt werden. Der Aktionsraum ist nicht nur flächig zu verstehen, sondern schließt bei zahlreichen Tieren, wie z.B. bei Fischen, auch die dritte Dimension mit ein. Damit wird aber ebenso eine gewisse räumliche und zeitliche Ordnung innerhalb einer Population geschaffen, die jedoch variabel genug ist, um genügend Bewegungsfreiheit zu lassen.

Die intrapopuläre Mobilität ist ein Grund für die Verteilung der Individuen einer Population. Wenn sich aber durch gehäuftes und dichtes Beisammensein die Individuen gegenseitig behindern, dann wird unter Umständen eine Erweiterung des Populationsareals, eine **Ausbreitung**, eine **Expansion** der Population sogar zur Notwendigkeit.

Als **Migration** werden Ortswechsel bezeichnet, wenn die Population oder der größte Teil von ihr vorübergehend oder dauernd den von ihr bislang eingenommenen Bereich verlässt. Das dauerhafte Verlassen von Individuen bedeutet aus Sicht der Population Abwanderung, Auswanderung, oder **Emigration**. Kommen hingegen Tiere aus einer anderen Population der gleichen Art, also ortsfremde Tiere, und siedeln sich an, dann handelt es sich um Zuwanderung, Einwanderung oder **Immigration**. Im ersten Fall entsteht für den Genpool der Population ein Verlust, im zweiten Fall ein Gewinn.

Dem gegenüber ist die **Translokation** eine Mobilitätsform bei der die ganze Population oder zumindest der überwiegende Teil zunächst vorübergehend den Ort verlässt, d.h. eine Umsiedlung stattfindet, und nach einer gewissen Zeit aber wieder zurückkehrt (F. SCHWERDT-FEGGER 1968). Die Durchführung zeigt allerdings je nach Art Unterschiede in der Zeit, Entfernung und im Anlass. Gemeint damit sind sog. echte Wanderungen.

Das Vorkommen dieser Mobilitätsform bei Fischen ist ein wichtiges Kriterium vor allem zur Bioindikation der Durchgängigkeit eines Gewässers. Veränderungen in der Häufigkeit oder Fehlen solcher Wanderarten kann ein Indiz dafür sein, dass das Flusskontinuum unterbro-

chen ist und/oder bauliche Einrichtungen zur Herstellung der Durchgängigkeit für Fische nicht oder nur unzulänglich funktionieren. Gründe können aber auch mangelnde Reproduktionsmöglichkeiten in bestimmten Gewässerabschnitten und/oder Nebengewässern sein oder weil Arten bereits ausgestorben, ausgerottet und verschollen sind.

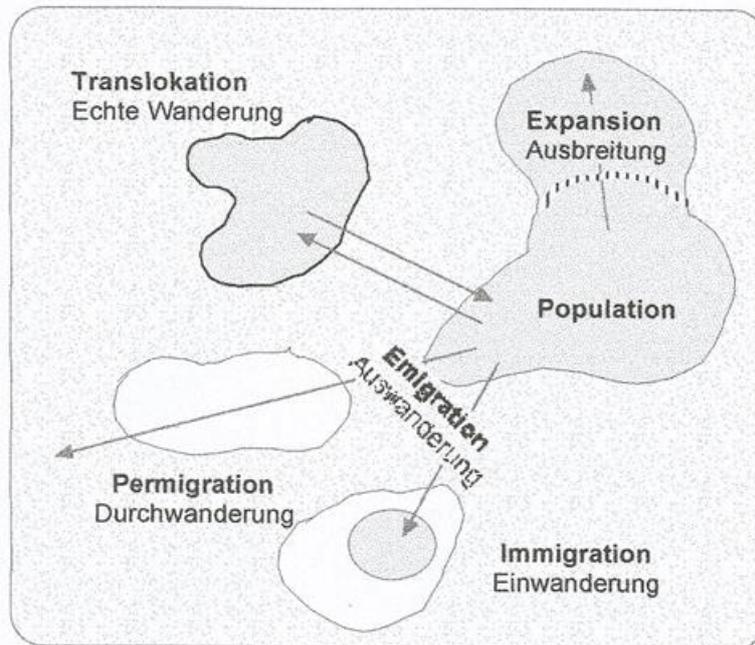


Abb. 6 Migrationsformen

### 3.3 Die Wandertypen

#### 3.3.1 Generelles

Fische haben je nach Art unterschiedlich ausgeprägte Ansprüche an ihren Lebensraum, weshalb sie in Abhängigkeit von Alter, Entwicklungsstadium und Jahreszeit unterschiedliche Habitate nutzen und im Laufe ihres Lebens Wanderungen durchführen, um diese oft räumlich getrennten Habitate zu erreichen. Fischwanderungen sind Verhaltensweisen, die im Zuge der Evolution entwickelt wurden, um dem Fisch die optimale Erschließung der Ressourcen hinsichtlich Ernährung, Wachstum und Fortpflanzung zu ermöglichen.

Fische einer Population können täglich, saisonal und abhängig von ihren Entwicklungsstadien zwischen verschiedenen Habitaten ihres Lebensraumes Ortsänderungen vollziehen. Das Grundgerüst in einem solchen Ortswechselsystem bilden die Habitate der Adulten, der Juvenilen und das Laichhabitat. Darüber hinaus können die Adulten und Juvenilen jeweils in ein Fresshabitat wechseln oder in ein Rückzugs-/Schutzhabitat ausweichen. Demnach können für den Ortswechsel verschiedene Typen von Wanderungen benannt werden (Abb. 7). Neben den **Laichwanderungen** der Adulten erfolgen von den Adulten und Juvenilen jeweils **Nahrungswanderungen**, **Wanderungen in Rückzugs-/Schutzhabitate** sowie **Kompensationswanderungen** (M. C. LUCAS, E. BARAS, 2001).

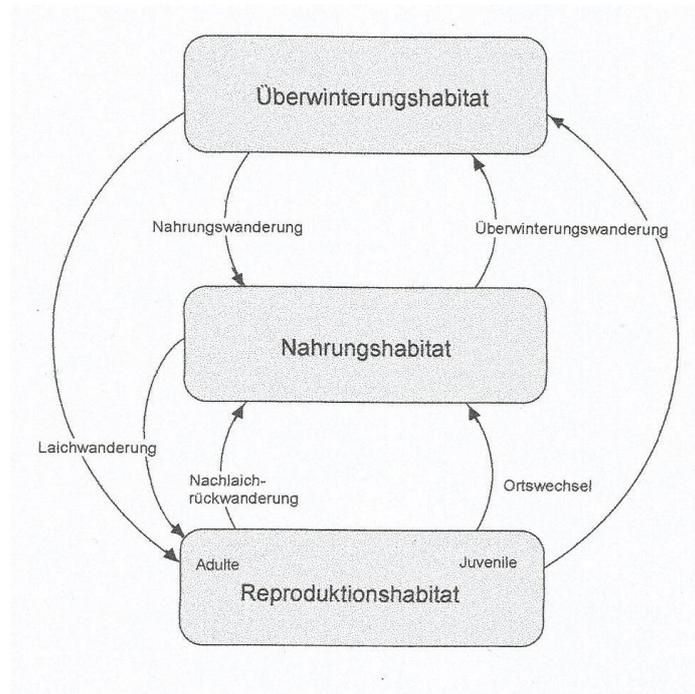


Abb. 7 Schema der Fischwanderung in Fließgewässern

Bemerkenswert ist, dass für Fischwanderungen in deutschen Binnengewässern eine vergleichbare Unterteilung bereits vor 100 Jahren entworfen wurde. Die Darstellung der Wanderungen erscheint aus heutiger Sicht modern. P. SCHIEMENZ (1914) unterschied damals zwischen sieben Typen von Fischwanderungen. Er fügte hinzu, dass man jedoch die einzelnen Wanderungstypen nicht scharf voneinander trennen darf.

### 3.3.2 Die Laichwanderung

Fische wandern vor allem, um Nahrung oder geeignete Laichplätze zu finden. Die Wanderungen zu den Laichgewässern können durch die unterschiedlichen Bedürfnisse des Laichs, der Larven, der aufwachsenden Jungfische sowie die der erwachsenen Tiere begründet werden.

Alle heimischen Flussfischarten sind zur Reproduktion auf das Vorhandensein von Laichhabitaten angewiesen. Dabei stellen sie spezifische Anforderungen an die hydrologische, chemisch-physikalische und strukturelle Qualität der Laichplätze (vgl. Laichplatzpräferenzen). Die laichbereiten Fische müssen zur Fortpflanzung mehr oder weniger große Distanzen zurücklegen, um die entsprechenden Laichhabitats zu erreichen und dort entsprechende laichreife Geschlechtspartner treffen. Das ausgewählte Habitat muss zudem ein geeigneter Aufwuchs- und Ausgangspunkt für die Jungfische sein. Wenn die Laichplätze nicht in der Nähe der Überwinterungs- und Fresshabitats der Adulten liegen, kommt es zu einer mehr oder weniger ausgedehnten Suche nach und/oder Wanderung zu geeigneten Stellen. Laichwanderungen können auffällige Massenbewegungen sein. Die Distanz selbst ist kein Kriterium für eine Wanderung. Stagnophile Arten, die den Winter in den tieferen Wasserschichten verbringen, wandern z.B. nur in die flachen Uferzonen. Rheophile Kieslaicher wandern hin-

gegen oft über lange Strecken stromauf in ein geeignetes Flussgebiet (vgl. Strömungspräferenzen).

Wegen der stromauf gerichteten Massenwanderungen zur Laichzeit gilt die allgemeine Annahme, dass Laichwanderungen in erster Linie stromauf gehen. Ein Zwang scheint bei potamodromen Arten aber nicht zu bestehen. Untersuchungen zeigen, dass Wanderungen zu den Laichplätzen sowohl in als auch gegen die Fließrichtung erfolgen können (W. F. CARBINE, V. C. APPLIGATE 1948; K. F. WHELAN 1983).

Nach einer Laichwanderung wird das Laichgewässer von den abgelaichten Fischen oft wieder verlassen. Bei Wanderungen zwischen verschiedenen Gewässern wurden für entsprechende Arten überwiegend zeitgleich verlaufende Ein- und Auswanderungsphasen beschrieben, aber auch zeitlich versetzte kamen vor (F. MOLLS 1997). Häufig variiert das Wandermuster zwischen Populationen oder Individuen einer Art beträchtlich, so dass für das gesamte Verbreitungsgebiet einer Art häufig kein einheitliches Wanderungsverhalten beschrieben werden kann. Neben potamodromen Beständen einer Fischart gibt es im gleichen Gebiet auch anadrome Bestände (K. MÜLLER, E. BERG 1982; C. L. NESBØE et al. 1998).

Mit *homing* wird die Rückkehr zu einem bestimmten Ort bezeichnet. *Reproduktives homing* entspricht der Laichplatztreue. Der adulte Fisch sucht jedes Jahr denselben Laichplatz auf, an dem er einmal geschlüpft ist, oder denselben Laichplatz, der jedoch nicht der Geburtsort sein muss. Auch wenn einiges darauf hindeutet, dass Laichplatztreue weit verbreitet ist (K. PUKE 1952; W. E. FROST, C. KIPLING 1967; C. KIPLING, E. D. LECREN 1984; N. JESPERSEN 1999), ist ihre Bedeutung nicht einschätzbar. Möglicherweise hängt der Grad der Laichplatztreue von der Qualität des Habitats ab. Eine Alternative ist das freie Umherstreuen (*straying*), um einen Laichplatz zu finden. Dieses Verhalten ist als Anpassung an Situationen sinnvoll, wenn Laichgebiete zum Zeitpunkt der Wanderung ungeeignet oder von Natur aus instabil und unvorhersehbar sind (M. C. LUCAS, E. BARAS 2001).

Bei den Wanderfischen, die regelmäßig große Strecken zurücklegen, werden unterschieden (Abb. 8):

- **Diadrome Arten**, die das Gewässer wechseln, zwischen Meer und Süßwasser wandern; darunter
  - Anadrome Arten, die im Meer leben und zu ihren Laichplätzen im Süßwasser wandern,
  - Katadrome Arten, die im Süßwasser leben und zu ihren Laichplätzen im Meer wandern,
  - Amphidrome Arten, die regelmäßig zwischen Meer und Süßwasser oder umgekehrt wandern, ohne dass diese Wanderungen der Fortpflanzung dienen;
- **Potamodrome Arten**, die nur im Süßwasser leben und innerhalb der Flüsse zwischen den normalen Aufenthaltsbereichen und Laichplätzen und/oder Nahrungsgründen mehr oder weniger längere Wanderstrecken zurücklegen;
- **Ozeanodrome Arten**, die nur im Meer leben und zwischen den normalen Aufenthaltsbereichen und Laichplätzen und/oder Nahrungsgründen mehr oder weniger längere Wanderstrecken zurücklegen.

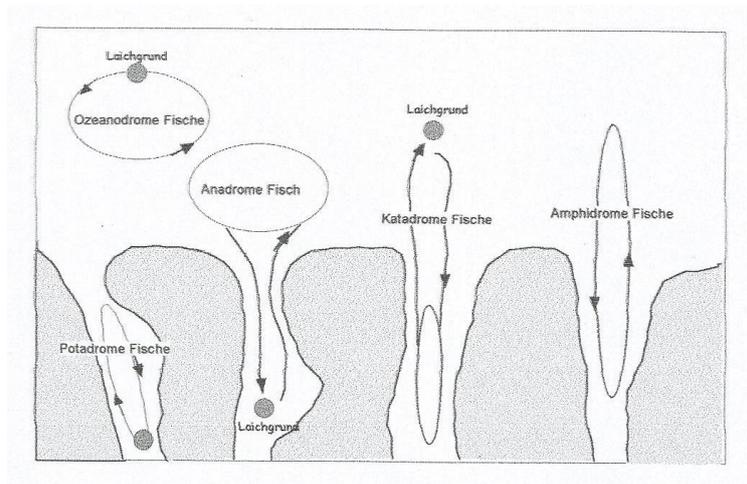


Abb. 8 Grundformen der der Langdistanz-Wanderfische

### 3.3.3 Die Nahrungswanderung

Nahrungswanderungen ermöglichen es Fischen in Bereiche zu gelangen mit einem profitableren Nahrungsangebot, als an dem Ort, den sie verlassen haben. Während die einen Fischarten abwandern, wenn sich das Nahrungsangebot verringert, bleiben andere am Ort und reduzieren ihren energetischen Bedarf (M. C. LUCAS, E. BARAS 2001). Für die Standortwahl und Nahrungswanderung scheint das verfügbare Nahrungsangebot ein wesentlicher Faktor zu sein. Rheophile Fischarten suchen ihre Nahrung überwiegend in der Strömung über Hartsubstraten, stagnophile Arten dagegen in Bereichen geringer Wasserbewegung oder Altwässern mit Weichböden und evtl. Pflanzenbeständen. Eurytope/indifferente Arten nutzen beide Lebensräume gleichermaßen.

Größere Wanderungen zu Nahrungsplätzen werden beispielsweise im Frühjahr aus den Winterlagern oder nach dem Ablachen von den Laichplätzen ausgeführt. In gemäßigten Breiten wird die Produktionsspitze im Frühjahr/Sommer in den flachen, produktiven Buchten der Flüsse und Seen von planktivoren und herbivoren Fischen genutzt, die aus ihren tiefen, unproduktiven Überwinterungshabitaten einwandern. Für die Adulten kann dies zugleich auch eine Laichwanderung sein, führt es sie doch in die Laichgebiete mit flachem Wasser.

Manche Raubfischarten folgen der Wanderung ihrer Beute. Bereits F. SCHIEMENZ (1914) und G. SCHNEIDER (1922) beschrieben für den Zander ein solches Verhalten. Ähnliche Beobachtungen machten auch J. FILUK (1962) und KOED et al. (2000). Die Abwanderung der Adulten nach dem Ablachen kann verschiedentlich auch im Zusammenhang mit einem unzureichenden Nahrungsangebot im Laichgebiet gesehen werden. Auch die Auswanderung der Jungfische aus dem Laichhabitat wurde mit Nahrungsmangel in Verbindung gebracht (H. STRUCK 1943; V. N. MIKHEEV, D. S. PAVLOV 1993). Andere Autoren vermuten aber auch eine ontogenetische Disposition, in diesem Alter abzuwandern (G. SCHNEIDER 1922; M. MÜHLEN, G. SCHNEIDER 1929; F. SCHIEMENZ, H. KÖTHKE 1956; A. KOED et al. 2000).

### **3.3.4 Die Wanderung in Rückzugs- und Schutzhabitats**

Abwanderung ist eine entscheidende Strategie, um lebensbedrohenden Stresssituationen auszuweichen (M. C. LUCAS, E. BARAS 2001). Zu solchen Stresssituationen zählen z.B. die Zustandsänderungen des Gewässers im Winter oder Veränderungen der Wasserführung.

Während typische Kaltwasserarten unserer Fließgewässer, wie Salmoniden, Rutte und Koppe, auch im Winter aktiv bleiben und die Nahrungsaufnahme aufrechterhalten, verlangsamt sich bei den wärmeliebenderen Arten, wie bei den Cypriniden bzw. Karpfenartigen, zu denen der überwiegende Teil der potamalen Fischfauna gerechnet wird, der Stoffwechsel mit abnehmender Wassertemperatur. In der Folge verringert sich auch die Schwimmleistung der Fische und die Nahrungsaufnahme wird reduziert oder vollständig eingestellt. Diese Arten suchen daher bereits im Herbst oft in großen Ansammlungen tiefere Altwässer, Buchten, strömungsberuhigte Nebenarme und Kolke auf und verbringen die nachfolgende kalte Jahreszeit geschützt vor Strömung und Eis in solchen Wintereinständen.

Zweifellos wirken sich jahreszeitlich bedingte Änderungen auf die Verteilung der Fische im Gewässer aus. Doch die angebliche Winterruhe bei mitteleuropäischen Fischarten gilt keineswegs durchgängig. Denn von vielen Arten (Barsch, Blei, Zander, Plötze, Hecht) ist bekannt, dass sie im Winter, wenn auch in wesentlich geringerem Maße als im Sommer, weiterhin Nahrung aufnehmen (K. ALLEN 1935; F. W. TESCH 1956; W. B. ZIEMIANKOWSKI, E. CHRISTEA 1961; D. S. PAVLOV et al. 1986; A. NAUWERCK 1999). Manche Arten machen im Winter tägliche Vertikalwanderungen zur Nahrungsaufnahme (R. ECKMANN, F. IMBROCK 1996).

Im Zusammenhang mit der winterlichen Wassertemperatur, die wesentlich von der Größe und Tiefe des Gewässers mitbestimmt wird, müssen sich Fische ohne Zweifel vor dem Einfrieren schützen. Die aufgesuchten Wassertiefen unterscheiden sich aber je nach Fischart und Gewässer. Der Zusammenhang, dass Fische immer die wärmeren, also 4 °C temperierten Bereiche wählen und dafür möglicherweise auch gezielt die tiefsten Bereiche eines Gewässers aufsuchen, ist eine zu einfache Erklärung.

Der Beginn und der zeitliche Ablauf von Wanderungen zu einem geeigneten Überwinterungsplatz sind offenbar an lokale Bedingungen angepasst und damit variabel. Die Winterwanderungen sind weder so deutlich noch so synchron mit Zeit und Raum wie die Laichwanderungen. Sie hängen stark von der Habitatstruktur ab. (M. LUCAS, E. BARAS 2001).

Nicht nur massive Änderung der Strömungsverhältnisse sondern auch Eisbildung und die damit einhergehende Habitatverkleinerung zwingt die Fische zum Abwandern. Niedrige Temperaturen vermindern die Schwimmleistung besonders bei juvenilen Fischen oder kleinen Fischarten. Die Fische können dann der Strömung bei Hochwasser nicht widerstehen oder haben Schwierigkeiten, ihre Position zu halten. Zudem können sich im unterkühlten Wasser Eiskristalle bilden und die Kiemen der Fische schädigen. Deshalb wandern viele Arten, besonders Cypriniden, im Winter bei niedrigen Temperaturen und/oder hoher Strömung aus dem Fluss in die Seitengewässer aus.

### **3.3.5 Die Kompensationswanderung**

Fließgewässer sind sehr dynamische Systeme, die stets Veränderungen unterworfen sind. Die aquatischen Organismen müssen daher sehr mobil sein. Aufgrund der Strömung laufen

vor allem Jungfische ständig Gefahr, stromab verdriftet zu werden. Ausgelöst durch Hochwasserereignisse, können aber auch Fischpopulationen oder große Teile davon eine flussabwärts gerichtete Verschiebung/Verdriftung erfahren. Stromaufwärts gerichtete Wanderungen dienen dann der Kompensation der durch Verdriftung hervorgerufenen Terrainverluste (L. SCHEURING 1949; K. HOFER, A. KIRCHHOFER 1996; M. C. LUCAS et al. 2000).

Solche Kompensationswanderungen gewährleisten die Wiederherstellung gleichmäßiger Populationsdichten nach Verdriftung, Abwanderung und Katastrophenereignissen. Sie dienen auch der erstmaligen Besiedelung neuer Lebensräume und führen zum genetischen Austausch zwischen Teilpopulationen. Voraussetzungen hierfür sind ein ausreichend hoher Fischbestand in den stromabwärts liegenden Gewässerabschnitten sowie eine ungehinderte Zuwanderungsmöglichkeit in stromaufwärts gelegene Areale.

## **4 Das Gewässerkontinuum**

Die Gründe für den Artenrückgang, der in den vergangenen Jahrzehnten bei einigen Populationen der europäischen Fischfauna festgestellt wurde, sind vielfältig. Eine wichtige Rolle spielt die Veränderung des Lebensraumes. Durch bauliche Eingriffe in die natürliche Struktur und Dynamik der Fließgewässer wird in Europa schon seit mehr als hundert Jahren die Flusslandschaft enorm verändert. Begradigungen zur Landgewinnung, Verbauungen für die Infrastruktur, Bauten für den Hochwasserschutz, für die Schifffahrt und nicht zuletzt die Wasserkraftnutzung (Flusskraftwerke) zur Energiegewinnung haben das Kontinuum der Flüsse in mehr oder weniger isolierte Kleinteile zerstückelt.

### **4.1 Die Durchgängigkeit**

Unter Durchgängigkeit wird die Möglichkeit verstanden, dass Organismen und Feststoffe (Geschiebe) einen Fließgewässerlebensraum passieren können. Neben dem allgemeinen Zustand der Gewässer spielt die freie Durchgängigkeit für die Fische und das mobile Makrozoobenthos eine besondere Rolle. Die lineare (entlang der Flussachse) und laterale (zwischen dem Fluss und seinen Nebengewässern bzw. den angrenzenden Auenlebensräumen) Durchgängigkeit von Fließgewässern haben außerordentliche Bedeutung für die Vernetzung, Ausbreitung und Wiederansiedlung aquatischer Lebensgemeinschaften (GfG 2012; LfU März 2011).

Je nach Fischart sind Abstürze und Stufen ab einer Höhe von 20 - 50 cm eine unüberwindbare Barriere für die Tiere. Je mehr Hindernisse (Querbauwerke) die Fische flussaufwärts überwinden müssen, desto weniger schaffen es, desto kleiner wird also ihr Lebensraum (WIKIPEDIA - Fischwanderung 20.06.2014). Für flusstypische, an strömendes Wasser gebundene Arten des Makrozoobenthos bedeuten jedoch z.B. Querbauwerke mit Staubereichen mehr als nur eine negative Beeinträchtigung der Durchgängigkeit. Die großen Besiedlungsunterschiede unterhalb und oberhalb solcher Anlagen sind in erster Linie auf die unterschiedlichen Strömungsverhältnisse zurückzuführen.

## 4.2 Die Aufstiegshilfen

Fische müssen frei wandern können, um wichtige Lebensräume, wie Laichplätze, Nahrungsplätze, Winterungsplätze, Rückzugs- und Schutzplätze, erreichen zu können. Um das freie Wandern der Fische und des mobilen Makrozoobenthos zu ermöglichen, ist der Bau von Aufstiegshilfen eine wichtige Maßnahme (A. ZITEK et al. 01.12.2007).

Mit Aufstiegshilfen soll den Fischen und auch anderen Wasserorganismen (Makrozoobenthos) die freie Wanderung flussaufwärts, d.h. die gefahrlose Überwindung von Hindernissen ermöglicht werden. Die Tiere suchen in den Gewässern aktiv einen Durchgang, den sie überwinden können und orientieren sich dabei an der Strömung. Mit einer Lockströmung am Fuße des Hindernisses, dem natürliche Verhalten von aufwärtsschwimmenden Tieren entsprechend, können die Tiere in das für sie errichtete Aufstiegsbauwerk gelockt werden.

Grundsätzlich sollten die Aufstiegshilfen von allen entsprechen Arten und ihren verschiedenen Entwicklungsstadien genutzt werden können. In der Praxis ist dies jedoch kaum realisierbar. Deshalb stellt jedes Hindernis, auch mit einer Aufstiegshilfe, in jedem Fall immer auch eine Selektionsbarriere für die jeweilige Wasserfauna dar.



Abb. 9 Fischstiege an der Elbe bei Geesthacht  
(Quelle: mopo.de 7.4.2011/ Hamburg Nachrichten)

## 4.3 Die Flussaue

### 4.3.1 Das Flusssystem

Die natürliche Flussaue ist ein vom wechselnden Hoch- und Niedrigwasser geprägter Bereich entlang eines Fließgewässers. Auen stehen als Teil der Flusslandschaft im Austausch mit dem Fluss selbst. Die Oberflächenstrukturen und Lebensraumbedingungen werden vorrangig vom Fluss bestimmt. Durch den Wechsel von Überflutung und Trockenfallen sind Auen sehr dynamische Lebensräume mit unterschiedlichsten Standortbedingungen, die mosaikartig untereinander verzahnt sind. Die Flussaue gehört zum Gewässer und bildet einen natürlichen Retentionsraum.

Auenökosysteme beherbergen eine große Vielfalt von Pflanzen und Tieren auf engstem Raum. Flüsse und ihre Auen wurden im letzten Jahrzehnt als wichtige Zentren pflanzlicher und tierischer Biodiversität erkannt (H. DÉSCAMPS 1996; F. SCHIEMER 1999a, b; K. TOCKNER, J. A. STANFORD 2002; J. V. WARD, J. A. STANFORD 1989; J. V. WARD, K. TOCKNER 2001; J. V.

WARD et al. 1999). Entscheidend für die Habitatausstattung der Flusssysteme ist ihre laterale und longitudinale Vernetzung der unterschiedlichen aquatischen, amphibischen und terrestrischen Lebensräume (K. TOCKNER, J. A. STANFORD 2002; J. V. WARD, K. TOCKNER 2001).

Intensität und Frequenz der Wasserführung bestimmen die Raum-Zeit-Dynamik im Flusssystem (S. T. A. PICKETT, P. S. WHITE 1985; C. R. TOWNSEND 1989; A. G. HILDREW 1996). Die Abflussdynamik fördert eine kleinflächige Strukturdynamik mit unterschiedlichsten Habitattypen. Sie bewirkt im Fluss und entlang des Gewässerlaufs, in der Aue, ein Mosaik verschiedener Sukzessionsstadien aquatisch-terrestrischer Ökosysteme mit charakteristischen pflanzen- und tierreichen Lebensgemeinschaften (A. G. HILDREW 1996; F. SCHIEMER 1999a, b; F. SCHIEMER, H. WAIDBACHER 1992; F. SCHIEMER, M. ZALEWSKI 1992; J. V. WARD, K. TOCKNER 2001; J. V. WARD et al. 1999). Die Vielfalt der Habitattypen und Sukzessionsformen bestimmt die Biodiversität des Flusssystems und seiner unterschiedlichen Flussabschnitte und ergibt den Artenreichtum einer Flusslandschaft (F. SCHIEMER 1999a, b).

Auen sind als natürliche Retentionsräume nicht nur für den Hochwasserschutz unverzichtbar. Sie filtern das Wasser und verbessern die Wasserqualität in unseren Flüssen. Als Lebensraum beherbergen Auen eine Vielzahl seltener Tier- und Pflanzenarten sowie europaweit gefährdete Auwälder, die nur hier existieren können. Durch ihr verbindendes Element sind sie als länderübergreifende Achsen für den Biotopverbund und für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000 unverzichtbar.

Für Fische erfüllen Auengewässer eine Vielzahl von Funktionen. Viele Fischarten nutzen die aufgrund verlässlich auftretender Überschwemmungen sich bietenden Lebensräume. Überschwemmte Auen haben für viele Fischarten Funktionen, die für die Populationen essentiell sind. Auen dienen als Laich- und Aufwuchshabitate, Nahrungshabitate und Überwinterungshabitate, der Hochwasserflucht und der Driftkompensation nach Ablauf des Hochwassers. Grundsätzlich bieten Auen die Möglichkeit für vielfältige saisonale Wanderungen zwischen den Teillebensräumen (A. KRUG 2010).

### **4.3.2 Die Veränderung der Aue**

Der Raum der Aue wurde in den vergangenen Jahrhunderten stark verändert und der menschlichen Nutzung angepasst. Daher erklärt sich auch die Häufigkeit von alten Ortsnamen auf *au*. Die Flussaue galt als guter Siedlungsraum und für die Erschließung und Bebauung besonders gut geeignet. Nach der Rodung des Auwaldes wurde die Aue meist nur als Weide genutzt, da der Boden für die ackerbauliche Nutzung zu feucht war. Die Flussaue ist heute ein vielfältig genutzter Raum für den Menschen und seine Tätigkeiten.

Ehemals umfassten die Flussauen (ohne Bachauen) eine Fläche von ca. 15.000 km<sup>2</sup>, das sind 4,4 % der Fläche Deutschlands. Von diesen ehemaligen Überschwemmungsflächen an Flüssen sind durch Deichbau 2/3 verloren gegangen, nur noch rund 1/3 der ehemaligen Aueflächen können derzeit überflutet werden. An Rhein, Elbe, Donau und Oder sind durch Hochwasserschutzmaßnahmen an vielen Abschnitten nur noch 10 - 20 % der ehemaligen Auen vorhanden. Heute gelten von den ökologisch noch funktionsfähigen rezenten Flussauen we-

niger als 1 % als sehr gering und 9 % als gering verändert. 36 % der rezenten Flussauen sind deutlich verändert, besitzen aber gleichermaßen noch „Auencharakter“. Die 54 % der stark und sehr stark veränderten Bereiche gehen auf die Siedlungs- und Wirtschaftsentwicklung (Ackerfläche 28 %, Siedlungsfläche 6 %) sowie auf umfassende wasser- und kulturbauliche Maßnahmen zurück (BfN Stand Oktober 2009; BfN 21.04.2010; A. KRUG 2010) (Abb. 10).

Sehr gering	<1 %
gering	9 %
deutlich	36 %
stark	34 %
sehr stark	20 %

Verteilung der Auenzustandsklassen für rezente Flussauen  
(Quelle: BfN 21.04.2010)

Die Reaktivierung von Auen benötigt Fläche. Wesentlich ist, ob und inwieweit es gelingt, sowohl in Kooperation mit den Eigentümern und Nutzern dieser Flächen langfristig Nutzungsformen zu etablieren, die Auenfunktionen nicht im Wege stehen, als auch Finanzmittel für den Erwerb von Auenflächen bereit zu stellen. Für eine Ausweitung stellen die inzwischen erfolgte Bebauung und vorhandene Infrastruktur im Bereich ehemaliger Aueflächen die entscheidenden Restriktionen.

Langfristigkeit und Verlässlichkeit sind wesentliche Merkmale für ein erfolgreiches Flächenmanagement.

## Literatur und Internet.

**Aarts B. G. W. et al. (2004)** - Habitat loss as the main cause of the slow recovery of fish faunas of regulated rivers in Europe: the transversal floodplain gradient.  
River Res. Appl., 20, 3-23

**Albert G., Langer H. (2007)** - Ökologische Neuorientierung der Bundeswasserstraßenbewirtschaftung.  
Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes, Planungsgruppe Ökologie+Umwelt Nord. Umweltbundesamt Texte 40/07, 2007  
<http://www.Umweltbundesamt.de>

**Allan D. J., Flecker A. S. (1993)** - Biodiversity conservation in running waters.  
BioScience, 43, 32-43

**Allen K. (1935)** - The food and migration of the perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere.  
J. Anim. Ecol. 4: 264-273

**Ambühl H.** (1962) - Die Besonderheiten der Wasserströmung in physikalischer, chemischer und biologischer Sicht.  
Schweiz. Z. Hydrol., 24, 367-382

**Balon E. K.** (1975) - Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition.  
J. Fish. Res. Bd. Can., 32, 821-864

**Balon E. K.** (1981) - Additions and amendements to the classification of reproductive styles in fishes.  
Env. Biol. Fishes, 6, 377-389

**Begon, M. E. et al.** (1998) - Ökologie.  
Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg

**Bless R. et al.** (1994) - Rote Liste und Artenverzeichnis der in Deutschland in Binnengewässern vorkommenden Rundmäuler und Fische (Cyclostomata et Pisces).  
Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch., 42, 137-156

**BfG** (Bundesanstalt für Gewässerkunde) (2001) - Strukturkartierverfahren für Wasserstraßen.  
Koblenz 2001

**BfN - Bundesamt für Naturschutz** (2009) - Auenzustandsbericht - Flussauen in Deutschland. Stand Oktober 2009

**BfN - Bundesamt für Naturschutz** (21.04.2010) - Ökologischer Hochwasserschutz und Auen-schutz -Konzepte und Beispiele.  
Fachtagung am 21.04.2010 am BfN in Bonn  
[https://www.bfn.de/.../Fachtagung\\_oekolog-Hochwasserschutz\\_Auensch...](https://www.bfn.de/.../Fachtagung_oekolog-Hochwasserschutz_Auensch...)

**Bless R. et al.** (1998) - Rote Liste der in Binnengewässern lebenden Rundmäuler und Fische (Cyclostomata & Pisces). Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch., 55, 53-59

**Bruton M. N.** (1995) - Have fishes had their chips? The dilemma of threatened fishes.  
Env. Biol. Fishes, 43, 1-27

**Bruylants B. et al.** (1986) - The movement pattern and density distribution of perch, *Perca fluviatilis* L., in a channelized lowland river.  
Aquacult. Fish. Managem. 17: 49-57

**Burkhardt-Holm P. et al.** (2002) - Decline of fish catch in Switzerland.  
Aquat. Sci., 64, 36-54

**Carbine W. F., Applegate V. C.** (1948) - The movement and growth of marked northern pike (*Esox lucius* L.) in Houghton Lake and the Muskegon River.  
Pap. Mich. Acad. Sci. Arts Lett. 32: 215-238

**Cowx I. G.** (1994) - Strategic approach to fishery rehabilitation.  
In: I.G. Cowx, Rehabilitation of freshwater fisheries, pp. 3-10. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

**Cowx I. G.** (2002) - Analysis of threats to freshwater fish conservation: past and present challenges.  
In: M. J. Collares-Pereira, et al., Freshwater Fish Conservation - Options for the Future pp. 201-220. Fishing News Book, Oxford.

**De Nie H. W.** (1987) - The decrease in aquatic vegetation in Europe and its consequences for fish populations.  
FAO, Rome

**Déscamps H.** (1996) - The renewal of floodplain forests along rivers: a landscape perspective.  
Verh. Int. Verein. Limnol., 26, 35-59

**Eckmann R., Imbrock F.** (1996) - Distribution and diel vertical migration of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) during winter.  
Ann. Zool. Fennici 33: 679-686

**Elliott M., Dewailly F.**(1995) - The structure and components of European estuarine fish assemblages.  
Neth. J. Aquat. Ecol. 29m, 1995

**Filuk J.** (1962) - Nachkriegsstudium über Biologie und Fang des Zanders des Frischen Haffs.  
Z. Fischerei N.F. 10: 705-709

**Freyhof J.** (2002) - Freshwater fish diversity in Germany, threats and species extinction.  
In: M.J. Collares-Pereira, Freshwater Fish Conservation - Options for the Future , pp. 3-22.  
Fishing News Book, Oxford

**Frost W .E., Kipling C.** (1967) - A study of reproduction, early life, weight-length relationship and growth of pike, *Esox lucius* L., in Windermere.  
J. Anim. Ecol. 36 (3): 651-653

**Gerking S.D.** (1959) - The restricted movement of fish populations.  
Biol. Rev. 34: 221-242

**GfG - Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung** (11. 09. 2012) - Warum müssen Fließgewässer durchgängig sein?

[http://www.gfg-fortbildung.de/web/images/stories/gfg\\_pdfs\\_ver/R\\_P/Wied\\_Saynbach/12\\_ws\\_v1.pdf](http://www.gfg-fortbildung.de/web/images/stories/gfg_pdfs_ver/R_P/Wied_Saynbach/12_ws_v1.pdf)

**Gözl E.** (1994) - Bed degradation - nature, causes, countermeasures.  
Wat. Sci. Tech., 29, 325-333

**Gowan, C.** et al. (1994) - Restricted movement in resident stream salmonids: a paradigm lost? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 2626-2637

**Hildrew A. G.** (1996) - Whole river ecology: spatial scale and heterogeneity in the ecology of running waters.  
Arch. Hydrobiol. Suppl., 123, 25-43

**Hofer K., Kirchhofer A.** (1996) - Drift, habitat choice and growth of the nase (*Chondostroma nasus*, Cyprinidae) during early life stages. Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe.  
Birkhäuser Verlag Basel/Switzerland: 269 - 278

**Hoffmann R. C.** (1996) - Economic development and aquatic ecosystems in medieval Europe.  
Am. Hist. Rev. 101, 631-669

**IKS** (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) (1999) - Ist der Rhein wieder ein Fluss der Lachse?  
Lachs 2000, Koblenz 1999

**Ingendahl D.** (1999) - Interstitialbedingungen an Laichplätzen von Meerforelle und Lachs und die Bewertung von Laichhabitaten.  
In: 2. Internationales Rhein-Symposium „LACHS 2000“, pp. 111-112. IKS, Rastatt

**Jepsen N. et al.** (1999) - The movements of pikeperch in a shallow reservoir.  
J. Fish Biol. 54: 1083-1093

**Jepsen N. et al.** (2000) - Behavioural interactions between prey (trout smolts) and predators (pike and pikeperch) in an impounded river.  
Reg. Rivers Res. Manage. 16, 189-198

**Kipling C., LeCren E. D.** (1984) - Mark-recapture experiments on fish in Windermere, 1943-1982.  
J. Fish Biol. 24:395-414

**Koed A. et al.** (2000) - Annual movement and migration of adult pikeperch in a lowland river.  
J. Fish Biol. 57: 1266-1279

**Kovacek-Mann H.** (1992) - Vergleichende populationsdynamische Untersuchung von Barbe (*Barbus barbus*, L. 1758) und Rußnase (*Vimba vimba*, L. 1758) im Donaustauraum Altenwörth

und der angrenzenden Fließstrecke in der Wachau unter besonderer Berücksichtigung der Ernährungsökologie. Dissertation, Universität Wien, Wien

**Krug A.** (2010) - Fischwanderungen und die Bedeutung der Auenhabitats.  
10.06.2010  
BfN /01\_krug.pdf

**Kruk A., Penczak T.** (2003) - Impoundment impact on populations of facultative riverine fish.  
Ann. Limnol. - Int. J. Lim., 39, 197-210

**LAWA** (Landesarbeitsgemeinschaft Wasser) (2000) - Gewässerstrukturkartierung der Bundesrepublik Deutschland – Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer.  
Berlin 2000.

**LAWA** (Landesarbeitsgemeinschaft Wasser) (2001) - Die Gewässerstrukturkarte der Bundesrepublik Deutschland 2001  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin 2001

**LfU** (März 2011) - Fischbiologische Durchgängigkeit in Bayern.  
[http://www.lfu.bayern.de/wasser/durchgaengigkeit/konzepte\\_studien/doc/1\\_bericht\\_prio\\_fischdurchgang.pdf](http://www.lfu.bayern.de/wasser/durchgaengigkeit/konzepte_studien/doc/1_bericht_prio_fischdurchgang.pdf); Erste Fassung.  
Datenabruf 20.09.2014

**Linfield R. S. J.** (1985) - An alternative concept to home range theory with respect to populations of cyprinids in major river systems.  
J. Fish Biol. 27 (Suppl. A): 187-196

**Lucas M. C., Baras E.** (2001) - Migration of freshwater fishes.  
Blackwell Science, Oxford, 420 S.

**Lucas M. C., Batley E.** (1996) - Seasonal movements and behaviour of adult barbel *Barbus barbus*, a riverine cyprinid fish: implications for river management.  
J. applied Ecol. 33: 1345-1358

**Lucas M. C. et al.** (2000) - Seasonal movements of coarse fish in lowland rivers and their relevance to fisheries management.  
Management and ecology of river fisheries. G. Cowx. Oxford, Blackwell Science: 87-100

**Lucas, M. C., et al.** (1991) - Direct measurements of metabolism, activity and feeding behaviour of pike, *Esox lucius* L., in the wild, by the use of heart rate telemetry.  
J. Fish Biol. 39:325-345

**Mann R. H. K.** (1988) - Fish and Fisheries of regulated rivers in the UK.  
Regul. Riv., 2, 411-421

- Matthews W. J.** (1998) - Patterns in freshwater fish ecology.  
Chapman & Hall, New York
- McCarthy C. T.** (1985) - The adverse effects of channelization and their amelioration.  
In: Habitat modification and freshwater fisheries. Butterworths, London
- Mikheev V. N., Pavlov D. S.** (1993) - Spatial distribution and movement of young fishes in relation to food availability in a reservoir on the Rositsa river.  
Pol. Arch. Hydrobiol. 40: 31-45
- Molls, F.** (1997) - Populationsbiologie der Fischarten einer niederrheinischen Auenlandschaft - Reproduktionserfolge, Lebenszyklen, Kurzstanzwanderungen.  
Dissertation Univ. Köln. 1997
- Mühlen M. von zur, Schneider G.** (1929) - I. Der See Wirzjerw in Livland -Biologie und Fischerei.  
Arch. f. Naturkunde Liv- Ehst- und Kurlands II. Ser Biologica 14 (2): 1-154
- Müller H. J.** (1984) – Ökologie. UTB 1318. Fischer Stuttgart 1984
- Müller K., Berg, E.** (1982) - Spring migration of some anadromous freshwater fish species in the northern Bothnian Sea.  
Hydrobiologia 96 (2): 161-168
- Nauwerk, A.** (1999) - Fakultativ planktivore Fische im Mondsee und ihre Nahrung. II. Das Rotaugen (Rutilus rutilus [L.]).  
Österr. Fischerei 52: 17-29
- Nesbøe, C. L., et al.** (1998) - Genetic differentiation among stationary and anadromous perch (*Perca fluviatilis*) in the Baltic Sea.  
Hereditas 129 (3): 241-249
- Nicolas Y. et al.** (1994) - Using g-emitting artificial radionuclides, released by nuclear plants, as markers of restricted movements by chub, *Leuciscus cephalus*, in a large river, the Lower Rhône.  
Environ. Biol. Fish. 39: 399-409
- Northcote, T. G.** (1978) - Migratory Strategies and Production in Freshwater Fishes.  
In: S. D. Gerking (Hrsg). Ecology of Freshwater Production (S. 326-359). Oxford: Blackwell
- Pavlov D. S. et al.** (1986) - The results of hydroacoustic observations on roach in Lake Glubokoe in winter.  
Hydrobiologia 141: 125-132

**Penczak T., Kruk A.** (1999) - Applicability of the abundance/biomass comparison method for detecting human impacts on fish populations in the Pilica River, Poland. *Fisheries Res.*, 39, 229-240

**Penczak T., Kruk A.** (2000) - Threatened obligatory riverine fishes in human-modified Polish rivers.  
*Ecol. Freshw. Fish.*, 9, 109-117

**Penczak T., Kruk A.** (2004) - Patternizing of impoundment impact (1985-2002) on fish assemblages in a lowland river using the Kohonnen algorithm.  
*J. Appl. Ichthyol.*, 21, 169-177

**Peter A.** (1995) - Lebensraumveränderungen in Fließgewässern - eine fischbiologische Perspektive. *Gaia*, 4, 159-165

**Pickett S. T. A., White P. S.** (1985) - The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, London

**Puke K.** (1952) - Pike-perch studies in Lake Vänern.  
*Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 33, 168-178

**Rohrbach C.** (2014) - Tag der Fischwanderung in Luzern.  
[Naturschutz.ch/news/tag-der-fischwanderung-in-luzern/82945](https://naturschutz.ch/news/tag-der-fischwanderung-in-luzern/82945)

**Scheuring L.** (1929) - Die Wanderungen der Fische I.  
*Ergeb. d. Biol.* 5: 405-691

**Scheuring L.** (1930) - Die Wanderungen der Fische II.  
*Ergeb. d. Biol.* 6: 4-326

**Scheuring L.** (1949) - Die Wanderungen unserer Flussfische.  
*Österreichs Fischerei* 12: 261-268

**Schiemenz P.** (1914) - Die Wanderungen unserer Süßwasserfische im Binnenlande.  
*Mitt. Fisch.- Ver. Prov. Brandenburg* 6: 125-127, 134-139

**Schiemenz F., Köthke H.** (1956) - Die Fischereiverhältnisse in der Elbe vor dem Bau des Wehres in Geesthacht.  
*Z. Fischerei N.F.* 5: 175-210

**Schiemer F.** (1988) - Gefährdete Cypriniden - Indikatoren für die ökologische Intaktheit von Flußsystemen.  
*Nat. Landschaft*, 63, 370-373

**Schiemer F. et al.** (1991) - Fish fry associations: Important indicators for the ecological status of large rivers.

Verh. Internat. Verein. Limnol., 24, 2497-2500

**Schiemer F.** (1999 a) - Restaurierungsmöglichkeiten von Flussauen am Beispiel der Donau.

In: Laufener Seminarbeitr., Vol. 4, pp. 113-127. Bayer. Akad. Natursch. Landschaftspfl., Laufen

**Schiemer F.** (1999 b) - Conservation of biodiversity in floodplain rivers.

Arch. Hydrobiol. Suppl., 115, 423-438

**Schiemer F., Waidbacher H.** (1992) - Strategies for conservation of a danubian fish fauna.

In: River Conservation and Management (ed P.J. Boon, Calow, P. & Petts, G.E.), pp. 363-382. John Wiley & Sons, New York

**Schiemer F., Zalewski M.** (1992) - The importance of riparian ecotones for diversity and productivity of riverine fish communities.

Neth. J. Zool., 42, 323-335

**Schneider, G.** (1922) - Zur Biologie der ostbaltischen Perciden.

Verh. Internat. Verein. Limnol. 23: 58-74

**Schwevers, U.** (1998) - Die Biologie der Fischabwanderung.

Bibliothek Natur & Wissenschaft Band 11, Verlag Natur & Wissenschaft Solingen.

**Schwevers U., Adam B.** (1999) - Gewässerstrukturgüte und Fischfauna.

Nat. Landschaft, 74, 355-360

**Sommer M.** (2003) - Ökologisch wirksam Strukturen der Bundeswasserstraßen.

In BfG, Veranstaltungen, Gewässermorphologisches Kolloquium am 3. November, Koblenz 2003

**Strohmeier P.** (1998) - Analyse der biologischen Durchgängigkeit des oberfränkischen Mains und seiner wichtigsten Nebenflüsse: Istzustand-Umsetzung-Zukunftsperspektiven (Kurzfassung).

Bezirksfischereiverband Oberfranken e.V., Forchheim

**Struck, H.** (1943) - Hunger-Wanderungen der Fische.

Fisch. Ztg. 46

**Swales S.** (1982) - Environmental effects of river channel works used in land drainage improvement.

J. Env. Manag., 14, 103-126

- Swales S.** (1994) - Strategies for the conservation of stream fish populations.  
In: I.G. Cowx , Rehabilitation of freshwater fisheries ,pp. 34-47. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Tesch, F. W.** (1956) - Beißzeit, Laichzeit und Fraßgewohnheiten der Fische.  
Deutsche Fischerei Zeitung 33: 13-16
- Thiel R.** (2001) - Spatial gradients of food consumption and production of juvenile fish in the lower River Elbe.  
Arch. Hydrobiol. Suppl. 135/ 2-4, 2001
- Thiel R., Boss A.** (1998) - Fischbiologische Untersuchungen verschiedener Schlenzen an der Stromelbe in Hamburg.  
Gutachten im Auftrag der Umweltbehörde und Baubehörde in Hamburg 1998
- Thiel R., Ginter R.** (2002) - Ökologie der Elbfische (ELFI)- Problemstellung, Zielsetzung und Realisierung eines Verbundprojektes des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).  
Zeitschrift für Fischkunde, Supplementband 1,1-12, 2002.
- Tischler W.** (1975) - Ökologie, Wörterbuch der Biologie, UTB 430, Fischer Stuttgart.
- Tockner K., Stanford J. A.** (2002) - Riverine flood plains: present status and future trends.  
Environ. Conserv., 29, 308-330
- Townsend C. R.** (1989) - The patch dynamics concept of stream community ecology.  
J. N. Am. Benthol. Soc., 8, 36-50
- Uttinger J. et al.** (1998) - Effects of environmental parameters on the distribution of bull-head *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions.  
J. Appl. Ecol., 35, 882-892
- Urbanska K.M.** (1992) - Populationsbiologie der Pflanzen.  
UTB 1631, G.Fischer Stuttgart 1992
- Ward J. V., Stanford J. A.** (1989) - Riverine ecosystems: the influence of man on catchment dynamics and fish ecology.  
In: D.P. Dodge, Proceedings of the International Large River Symposium  
Vol. 106, pp. 56-64. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat
- Ward J. V., Tockner K.** (2001) - Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology.  
Freshw. Biol., 46, 807-819

**Ward J. V. et al.** (1999) - Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity.  
Regul. Riv., 15, 125-139

**Whelan K. F.** (1983) - Migratory patterns of bream *Abramis brama* L. shoals in the River Suck system.  
Irish Fisheries Investigations, Series A 23: 11-15

**WIKIPEDIA** (20.06.2014) - Fischwanderung.  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Fischwanderung>  
Datenabruf 24.09.2014

**Wootton, R. J.** (1998) - Ecology of teleost fishes.  
2. Aufl. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London

**Ziemiankowski W. B., Cristea E.** (1961) - Beobachtungen zur Ernährungsdynamik der Fische während des Winters.  
Z. Fischerei N.F. 10 (4/5): 275-298

**Zitek A. et al.** (2007) - Ein ökologisch-strategischer Leitfaden zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für die Fischfauna in Österreich. AP5 des MIRR-Projektes, Endbericht.  
Studie im Auftrag von Lebensministerium und Land Niederösterreich.  
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt Universität für Bodenkultur Wien, 01.12.2007