©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Wissenschaft

Österreichs Fischerei Jahrgang 39/1986 Seite 94–104

Hannes Pohla, Margit Palzenberger und Alfred Goldschmid

Der Kiemenreusenapparat europäischer Karpfenfisch-Arten *(Teleostei, Cyprinidae)*

Einleitung

Es darf angenommen werden, daß dem durch morphologische Strukturen repräsentierten »Werkzeug-Inventar«, dessen sich ein Fisch beim Nahrungserwerb bedienen kann, eine wichtige Rolle zukommt. Je »geeigneter« das Werkzeug, desto effizienter wird es einen bestimmten Zweck erfüllen und damit dem Verwender dieses Werkzeugs einen Vorteil bringen (Strategie des Spezialisten).

Ein möglicher Nachteil ist, daß mit zunehmend besser an einen speziellen Zweck angepaßtem Werkzeug dessen universelle Verwendbarkeit zunehmend eingeschränkt sein kann. Es ist daher nicht notwendigerweise immer von Vorteil, mit einem optimal auf einen bestimmten, eng umschriebenen Zweck hin ausgerichteten Werkzeug ausgestattet zu sein. Besonders dann nicht, wenn Gelegenheiten rar sind, bei denen das Werkzeug optimal eingesetzt werden kann. Ein universell verwendbares Werkzeug ist hier vorteilhafter (Strategie des Generalisten).

Eine morphologische Struktur der Fische, die im Zusammenhang mit der Ernährung eine Rolle spielen kann, ist der Kiemenreusenapparat.

Es gibt viele Hinweise, daß Anzahl der Kiemenreusenzähne und Ernährungsweise korrelieren. Bereits 1871 diskutiert Möbius die Rolle der Kiemenreusen als Fangapparate. Zander (1906) rückt dagegen die Funktion der Reinhaltung der Kiemen in den Vordergrund (ohne jedoch eine Funktion in Zusammenhang mit der Ernährung zu negieren). Die geringe Neigung der Fische, sich auf ein enges Nahrungsspektrum zu spezialisieren – auch wenn sie morphologisch besonders differenziert sind (vgl. z. B. Larkin, 1956; Liem, 1980) – war schon damals bekannt und Anlaß für die Bevorzugung der Funktion einer Reinhaltung.

Heute scheint die Rolle wieder mehr in Zusammenhang mit der Ernährungsbiologie verstanden zu werden, und es ist zumindest die Verallgemeinerung zulässig, daß planktonfressende Fischarten meist mehr und längere Kiemenreusen besitzen als Arten, die überwiegend größere Partikel aufnehmen (u. a. Iwai, 1964; Keast und Webb, 1966; Gatz, 1979; Lindsey, 1981; Crowder, 1984; Singh und Bahuguna, 1984).

Ein direkter Zusammenhang zwischen Reusenarchitektur und Ernährungsweise ist nur dann gegeben, wenn dieser Apparat zum **Filtrieren** von Nahrungspartikeln eingesetzt wird (cf. Wright et al. 1983; Lammens, 1985). Wie oft ein gut ausgebildeter Kiemenreusen-Apparat zum Filtrieren eingesetzt wird, hängt wohl letztlich von der »Profitabilität« dieser Ernährungsstrategie ab (Crowder, 1985). Über die Profitabilität entscheiden u. a. Umweltfaktoren (wie Größenverteilung, Anzahl und Qualität der Nahrung) und Morphologie einer Art (die »Werkzeuge«).

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Material und Methoden

Die Fische stammen vom Mondsee (Seelaube, Rußnase), aus der Wangauer Ache, einem Zufluß des Mondsees (Aitel) und aus einem Altarm der Donau bei Stopfenreuth, ca. 40 km östlich von Wien (Güster, Rotauge, Brachse, Zoppe und Nase).
Nach Betäubung mittels »MS 222« (Sandoz) wurden das Frischgewicht bestimmt, Standard- und Gesamtlänge vermessen und der gesamte Kiemenkorb herauspräpariert. Nach Reinigung der Kiemenkörbe von anhaftendem Schleim mittels Ringer-Lösung wurden sie mit KARNOVSKY-Fixans (Glutardialdehyd/Paraformaldehyd = 2,5%/ 2,0%; pH = 7,4; gepuffert mit 0,15 molarer Natrium-Cacodylat-Lösung) mindestens 48 Stunden fixiert, nachfolgend im Puffer bei 4° C aufbewahrt.

Abbildung 1

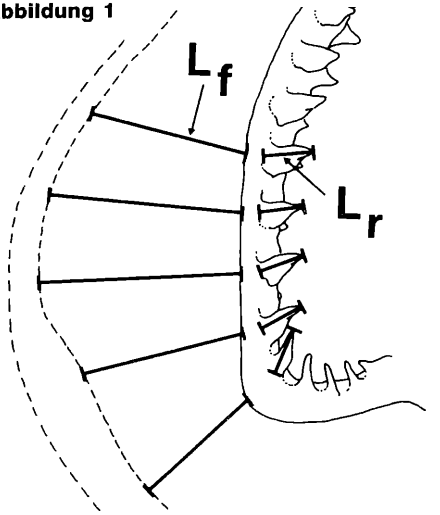


Abbildung 2

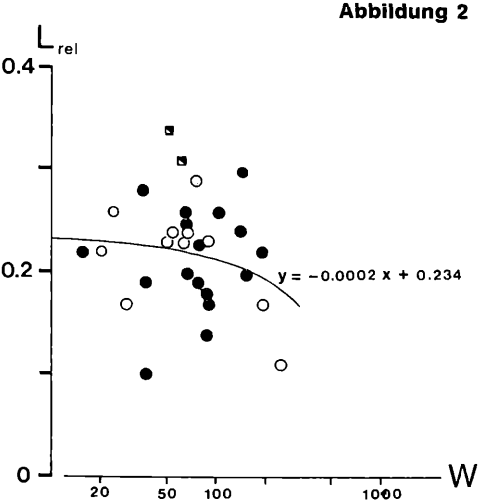


Abb. 1: Bestimmung der relativen Kiemenreusenlänge (L_{rel}). L_r = absolute Länge eines Reusenzahns, L_f = absolute Länge eines korrespondierenden Filaments. Messungen wurden jeweils im Bereich des Ceratobranchiale durchgeführt. Für die weiteren Berechnungen wurden die Mittelwerte der relativen Reusenlängen (L_{rel}) jedes Individuums herangezogen, wobei L_{rel} = durchschnittliche Reusenlänge/durchschnittliche Länge der jeweils korrespondierenden Filamente

Abb. 2: Um zu testen, ob die relative Reusenlänge (L_{rel}) ein brauchbares Maß zum Vergleich verschieden großer Individuen darstellt, wurden die L_{rel}-Werte für 2 Rotaugen-Populationen (●, ○ und Brachsen (□) jeweils mit dem Gewicht (w) in Beziehung gesetzt. Es zeigt sich, daß über einen Gewichtsbereich von 10 bis 500 Gramm keine Abhängigkeit vom Gewicht vorliegt, L_{rel} damit ein brauchbares Maß darstellt.

Zur Morphometrie halbierten wir die Kiemenkörbe entlang der Längsachse; der linke vordere Hemibranch des 1. Kiemenbogens wurde mit Hilfe eines WILD-M5-Stereomikroskops mit Zeichenzusatz vermessen (weitere Details siehe Abb. 1). Die restliche Auswertung erfolgte mittels in dBASE V.2.41 (Ashton Tate) entwickelter Programme auf einem Mikrocomputer IBM-PC/XT.
Zum Vergleich verschieden großer Fische sind relative Reusenlängen (L_{rel}) angegeben. Es zeigte sich, daß so innerhalb des gegebenen Gewichtsbereichs unterschiedlich große Individuen verglichen werden können (weitere Details siehe Abb. 2).
Für die rasterelektronenmikroskopische Darstellung der Kiemenreusen-Morphologie wurden halbierte Kiemenkörbe kritischpunkt-getrocknet, mit Kohle und Gold beschichtet und in einem »Stereoscan 250« (Cambridge Instruments) ausgewertet.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Ergebnisse und Diskussion

Ein Zusammenhang zwischen Ernährungsbiologie und Kiemenreusen-Architektur ist vielfach dokumentiert (u. a. Lindsey, 1981; Crowder, 1984; Singh & Bahuguna, 1985). Werden nahe verwandte Arten (innerhalb der systematischen Kategorie einer Familie oder darunter) diesbezüglich verglichen, ist meist eine negative Korrelation zwischen Nahrungspartikel-Größe und Anzahl der Reusenzähne feststellbar (Gatz, 1979). Der Typ eines »Planktonfressers« ist damit durch eine hohe Zahl von Reusenzähnen charakterisiert (Keath & Webb, 1966). Da bisher fast ausschließlich die Zahl, evtl. noch die Länge, nie jedoch die Feinstruktur des Reusenapparats vergleichend für ein breites Spektrum nahe verwandter Arten analysiert wurde, ist zu erwarten, daß sich subtilere Zusammenhänge zwischen Kiemenreusen-Architektur und Ökologie/Ethologie aufzeigen lassen.

Prinzipiell ist zwischen zwei funktionellen Komponenten des Kiemenreusenapparats zu unterscheiden: einer **mechanischen** und einer **sensorischen** Komponente.

Die mechanische Komponente ist durch die Form des Reusenapparats bedingt: Morphologische Strukturen bestimmen die »Maschenweite« dieses Systems und damit die Größe der Partikel, die mit Hilfe dieses Werkzeugs filtrierbar sind (Wright et al. 1983; Lammens, 1985).

Freie chemosensorische Zellen und Geschmacksknospen bestimmen die Bedeutung der sensorischen Komponente. Wir beschränken uns im Folgenden auf die mechanische Komponente. Es soll jedoch erwähnt werden, daß bei den hier untersuchten Arten die höchsten Geschmacksknospen-Dichten bei der Brachse und der Rußnase gefunden werden, die geringsten bei Aitel, Rotauge und Nase (Abb. 3, Pohla et al., in Vorber.).

Die rasterelektronenmikroskopische (Abb. 3) und morphometrische Analyse (Abb. 4) läßt eine ausgeprägte interspezifische Differenzierung des Kiemenreusenapparates erkennen. Bei Aitel (Abb. 3a) und Rotauge (Abb. 3b) ist er am einfachsten gebaut. Es ist unwahrscheinlich, daß diese Arten ihren Reusenapparat zum Filtrieren von Nahrungspartikeln einsetzen können. Eine Nutzung sehr kleiner Partikel (kleine Zooplankton-Arten) ist damit für diese Arten kaum effizient, da sie jedes Partikel auch bei großer Nahrungspartikel-Dichte individuell erkennen und erbeuten müssen. Parallel mit einem geringen Grad morphologischer Differenzierung nützen diese beiden Arten ein breites Nahrungsspektrum (Müller, 1983; Hofer et al., 1982). Besonders das Rotauge verdient es, als **der** Generalist unter den europäischen Cypriniden bezeichnet zu werden (Brabrand, 1985).

Ein ähnlich weites Nahrungsspektrum weist auch die Güster auf, zumindest in einem Augewässer bei Stopfenreuth (Schiemer, pers. Mitt.); die Architektur der Reusen ist ebenfalls recht einfach und sehr ähnlich dem Rotauge. Bei Aitel, Rotauge und Güster korrelieren damit eine wenig ausgeprägte morphologische Differenzierung des Reusenapparats mit einem breiten Nahrungsspektrum.

Bei den übrigen Arten nimmt die Zahl der Reusenzähne über Rußnase, Brachse, Seelaube, Nase und Zoppe zu, damit auch im Wesentlichen (d. h. ähnliche Form des Kiemenbogens vorausgesetzt) sein Potential, zunehmend kleinere Partikel zurückzuhalten.

Am kompliziertesten ist er bei der Zoppe gebaut: Eine hohe Zahl langer Reusenzähne mit sekundären und tertiären Fortsätzen formen ein effektives Filter-Werkzeug (Abb. 3f). Zumindest im Augewässer ist die Zoppe ein ausgesprochener Zooplankton-Spezialist (Schiemer, 1985). Auch sonst dürfte Zooplankton die Hauptnahrung dieser Art darstellen (Müller, 1983).

Werden Anzahl und Länge der Reusenzähne einander gegenübergestellt (Abb. 4), zeichnet sich eine positive Korrelation ab; die Länge der Reusenzähne nimmt mit der Anzahl der Zähne zu. Die Brachse, und besonders die Nase, weichen jedoch deutlich von diesem Trend ab. Dadurch ergibt sich eine mit zunehmender Reusenzahl immer schärfere Auf-

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

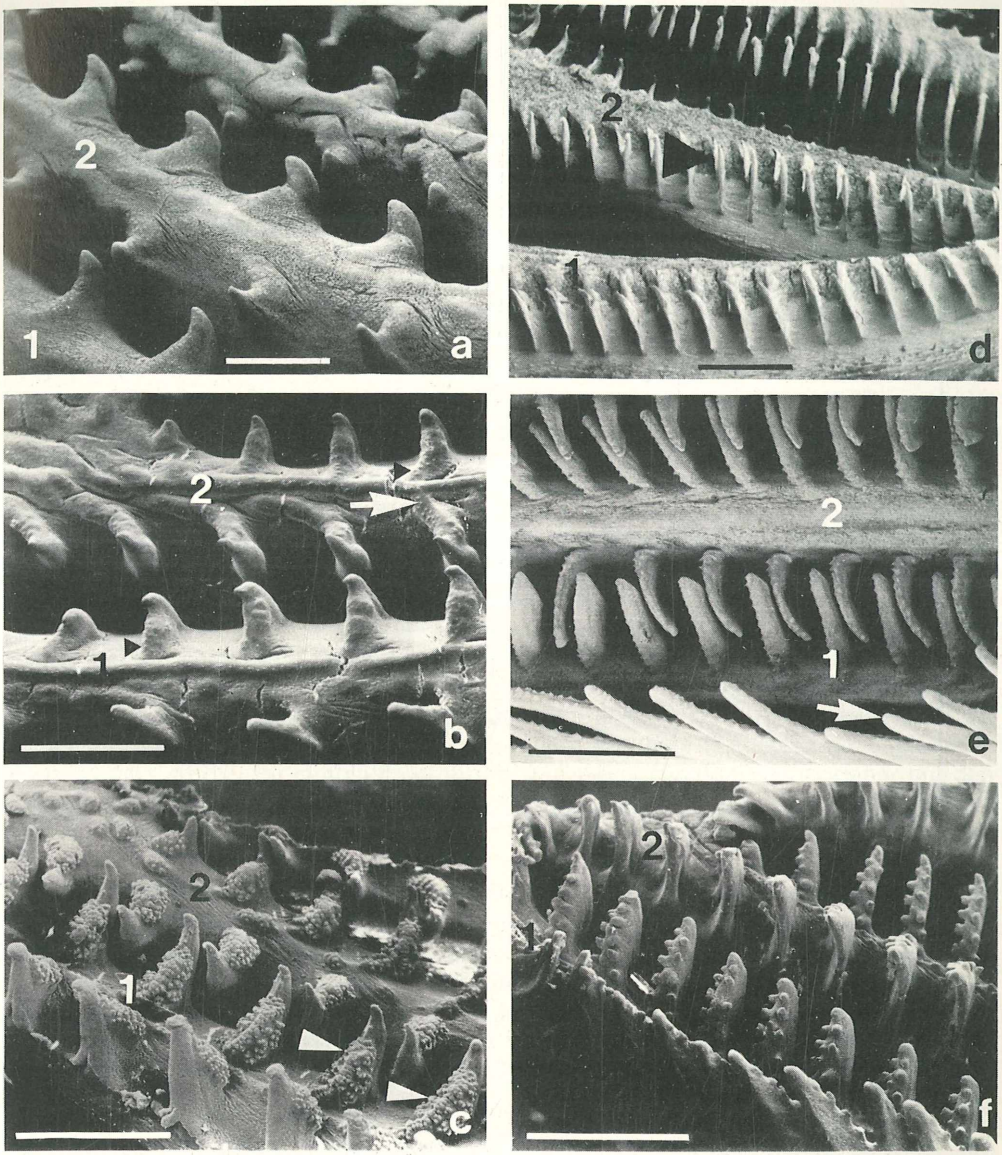


Abb. 3: Kiemenreusenapparat verschiedener Karpfenfisch-Arten (Ziffern bezeichnen den Kiemenbogen):

a) Aitel: Zeichnet sich von allen Arten durch die geringste Reusenzahnzahl und die geringste Geschmacksknopsen-Dichte aus.

b) Rotauge: Ähnlich der vorigen Art recht einfach gebaut. Von ähnlicher Architektur ist auch der Reusenapparat des Güsters.

c) Brachse: Reusenapparat bereits gut entwickelt. Höchste Geschmacksknospen-Dichte (Pfeile) von allen Arten.

d) Nase: Besonders charakteristisch ist für diese Art die große Zahl von kaum die Kiemenbogenoberfläche überragenden, hakenförmigen Reusen.

e) Seelaube: Reusenzähne an der Außen(= Vorder-)seite des 1. Kiemenbogens besonders lang. Trotz deutlich geringerer Zahl ähnlich dichtes Reusensystem wie die Zoppe, da der Kiemenbogen kompakter gebaut ist.

f) Zoppe: Besitzt ein besonders charakteristisches Kiemenreusensystem: Jeder Zahn bildet Sekundär- und Tertiär-»Zähne« aus, so daß sich insgesamt ein effizientes Filterwerkzeug ergibt.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

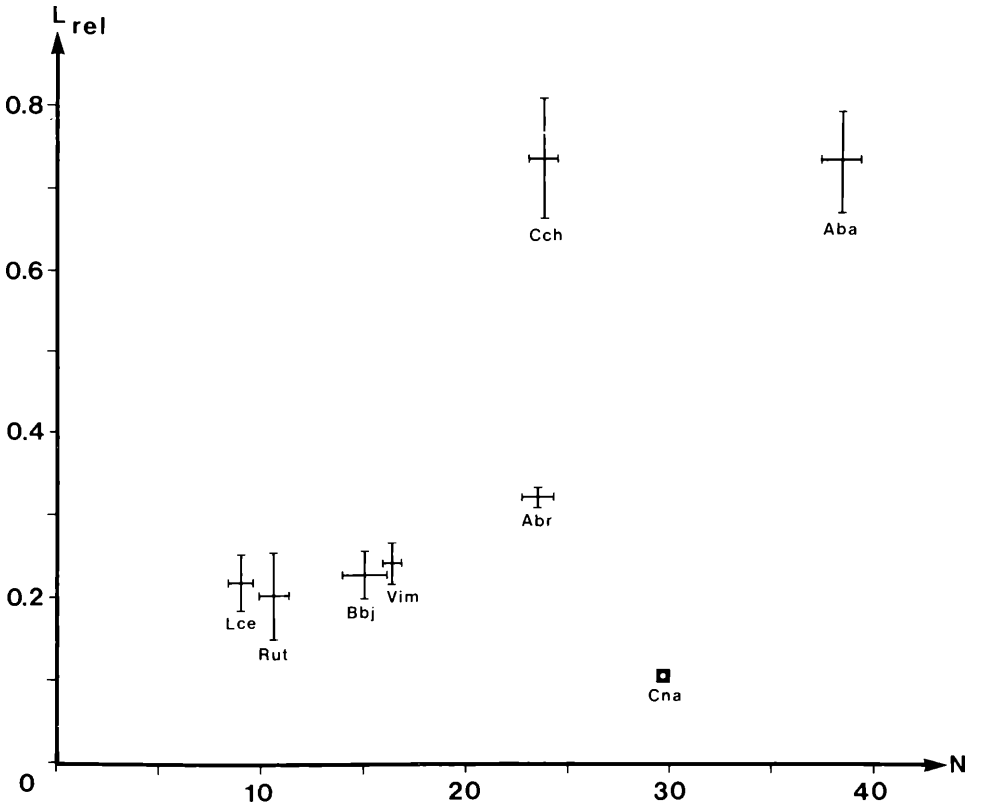


Abb. 4: Anzahl (N) und relative Länge (L_{rel}) der Kiemenreusen verschiedener Karpfenfische:
Aba = *Abramis ballerus* (Zoppe)
Abr = *Abramis brama* (Brachse)
Bbj = *Blicca bjoerkna* (Güster)
Cch = *Chalcalburnus chalcoides mento* (Seelaube)
Cna = *Chondrostoma nasus* (Nase)
Lce = *Leuciscus cephalus* (Aitel)
Rut = *Rutilus rutilus* (Rotauge)
Vim = *Vimba vimba* (Rußnase)
95% Vertrauensgrenzen für Anzahl (waagrechte Balken) und L_{rel} (senkrechte Balken) sind angegeben. Außer bei CNA wurden jeweils 5 Individuen vermessen. Bei CNA ist der Mittelwert von 2 Individuen angegeben.

trennung in Arten mit besonders **langen** oder aber besonders **kurzen** Reusen. Es mag hier ein Zusammenhang mit dem bevorzugten Aufenthaltsort einer Art in der Wassersäule bestehen: Die Arten mit den längsten Reusen - die Seelaube und die Zoppe - suchen ihre Nahrung bevorzugt im freien Wasser, oft nahe der Oberfläche.
Die Brachse nimmt hinsichtlich der Reusenmorphologie eine Mittelstellung ein: Einer für Planktonfresser charakteristischen hohen Reusenzahl stehen relativ kurze Reusenzähne gegenüber. Dieser »Kompromiß« setzt sich auch in der Habitatwahl fort: Die Brachse ist diesbezüglich sehr flexibel, so daß sich kaum ein bevorzugter Aufenthaltsort angeben läßt. Sie sucht ihre Nahrung in manchen Gewässern nahezu ausschließlich am Boden (in einem Altwasser der Stopfenreuther Au; Schiemer und Mitarbeiter, pers. Mitt.), in anderen kann sie sich vorwiegend durch Filtrieren von Zooplankton ernähren (im Tjeukemeer See; Lammens et al., 1985). Konkurrenz durch effizientere Planktonfresser mag dabei die Habitatwahl beeinflussen. Hinweise dafür finden wir bei Lammens et al., 1985: Im Tjeukemeer wird offensichtlich die Brachse zeitweise durch den Stint, *Osmerus eperlanus,* in das Benthos verdrängt. Auch in einem Altwasser der Stop-

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at
fenreuther Au könnte Konkurrenz durch einen Plankton-Spezialisten (hier die Zoppe) eine Rolle spielen. Die Zoppe ernährt sich dort nahezu ausschließlich von Zooplankton, die Brachse dagegen vorwiegend von Makrobenthos (Schiemer, 1985).
Über die tatsächlichen Mechanismen, die letztlich die Habitatwahl bestimmen, wissen wir noch sehr wenig. In den Nahrungserwerb involvierte morphologische Strukturen (etwa der Kiemenreusenapparat) sind sicher daran beteiligt. Für die Brachse ergibt sich daraus, daß die »Profitabilität« (vgl. Crowder, 1985) bei **größeren** Nahrungspartikeln bzw. **schneller** einen unteren Schwellenwert erreicht als bei der Zoppe. Die Zoppe kann damit kleines Zooplankton effizient nützen und dies zudem ohne Konkurrenz durch andere der hier untersuchten Arten. Die Seelaube, deren Reusenapparat ähnlich gut entwickelt ist (Abb. 3e) fehlt in Gewässern, wo die Zoppe vorkommt. Ist größeres Zooplankton in nur geringer Dichte vorhanden, was z. B. bei hohen Dichten effizienter Planktonfresser zu erwarten ist (vgl. dazu u. a. Brooks und Dodson, 1965), wird die Brachse daher auf Benthosnahrung ausweichen.
Aufgrund der hohen Dichte von Geschmacksknospen am Reusenapparat (und vielleicht auch auf Grund der relativ kurzen Reusenzähne?) ist die Brachse sehr gut an Weichboden-Habitate adaptiert (Pohla et al., in Vorber.). Die Frage, ob die Brachse tatsächlich verdrängt wird, ist daher ohne Experiment schwer zu beantworten. Es ist durchaus möglich, daß bei entsprechendem Nahrungsangebot im Benthos die Brachse diesen Habitat auch ohne Konkurrenz durch effiziente Planktonfresser bevorzugt.
Die Nase, eine Art mit sehr vielen, aber extrem kurzen Reusenzähnen (Abb. 3d), hat eine ausgesprochen benthische Lebensweise. Sie unterscheidet sich von den übrigen Arten auch dadurch, daß sie ihre Nahrung nicht filtriert (»filter feeding«), wahrscheinlich nur selten gezielt Einzelpartikel aufnimmt (»particulate feeding«), sondern großteils Algen weidet, die sie mit ihren verhornten Mundrändern abschabt (Ladiges und Vogt, 1956; Winkler, pers. Mitt.). Im Hinblick auf ihre Ernährungsweise ist die Nase daher mit den übrigen Arten nicht vergleichbar. Die Struktur des Reusenapparats mag hier eher mit einer Funktion der Reinhaltung der Kiemen in Verbindung stehen.

Zusammenfassung

Die rasterelektronenmikroskopische und morphometrische Analyse des Kiemenreusenapparats läßt bei Karpfenfischen eine ausgeprägte morphologische Differenzierung dieser Struktur erkennen. Während dieser Reusenapparat bei Aitel und Rotauge – wahrscheinlich auch bei Güster, Rußnase und Nase – kaum zum Filtrieren von Nahrung geeignet ist, besitzen Brachse, Seelaube und Zoppe einen sehr gut entwickelten Reusenapparat. Besonders bei der Zoppe bildet er ein feinmaschiges Filter zur Retention kleiner Nahrungspartikel. Es zeichnet sich der Trend ab, daß zwischen dem Grad der morphologischen Differenzierung und jenem der Spezialisierung auf eine bestimmte Nahrung ein Zusammenhang besteht: Je differenzierter seine Architektur, desto enger das Nahrungsspektrum. Bei Arten mit hohen Reusenzahn-Zahlen korrelieren Bevorzugung eines bestimmten Lebensraums und Reusenzahn-Länge. Arten, die ihre Nahrung v. a. im oberflächennahen Wasser suchen, besitzen deutlich längere Reusenzähne als benthische Arten.

Summary: *The gill raker system of European cyprinid fish (Teleostei, Cyprinidae)*
Scanning electron microscopical and morphometrical analyses of the gill raker system of several cyprinid fish reveal a distinct morphological differentiation. The gill raker system of the chub and the roach – and probably of white bream, zaehrte and nase too – seems scarcely be suited for a filter feeding mode. In contrast the bream, the seelaube and especially the zoppe are characterized by a gill raker system forming a fine-meshed filter capable of retaining small food items.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Resource partitioning patterns may partly be explained by the morphology of the gill rakers: The preferred habitat within the water column seems to be reflected by the length of the gill rakers. Species occupying predominately superficial layers exhibit much longer rakers then benthic ones. The degree of morphological differentiation of the gill raker system obviously parallels the degree of spezialization to a restricted food spectrum.

Danksagung

Dem Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung danken wir für die Finanzierung des Schwerpunktprojekts Nr. S-35 »Ökophysiologie«, in dessen Rahmen diese Arbeit durchgeführt wurde. Beim Fischfang in der Stopfenreuther Au unterstützten uns S. Dudzinsky und S. Wurzian. Material aus dem Mondsee stellte uns H. Winkler, jenes aus der Wangauer Ache A. Jagsch zur Verfügung. Familie Weber (Loimersdorf) ließ sich selbst durch Formalindüfte nicht abhalten, uns einen Arbeitsraum unentgeltlich zu überlassen; allen Familienmitgliedern sei hiefür und für das angenehme Arbeitsklima herzlich gedankt.

LITERATUR

Brabrand, A. (1985): Food of roach *(Rutilus rutilus)* and ide *(Leuciscus idus):* Significance of diet shift for interspecific competition in omnivorous fishes. Oecologia (Berlin) 66: 461–467

Brooks, J. L. und S. I. Dodson (1965): Predation, body size and consumption of plankton. Science 150: 28–35

Crowder, L. B. (1984): Character displacement and habitat shift in a native cisco in southeastern Lake Michigan: Evidence for competition? Copeia 1984: 878–883

Crowder, L. B. (1985): Optimal foraging and feeding mode shifts in fishes. Environm. Biol. Fish. 12: 57–62

Gatz, Jr. A. J. (1979): Ecological morphology of freshwater stream fishers. Tulane Stud. Zool. Bot. 21: 91–124

Hofer, R., G. Dalla Via. J. Troppmair und G. Giussani (1982): Differences in digestive enzymes between cyprinid and noncyprinid fish. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 40: 201–208

Iwai, T. (1964): A comparative study of the taste buds in gill rackers and gill arches of teleostean fishes. Bull. Misaki Biol. Inst., Kyoto Univ. 7: 19–34

Keast, A. und D. Webb (1966): Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario. J. Fish. Res. Bd. Can. 23: 1845–1874

Ladiges, W. und D. Vogt (1965): Die Süßwasserfische Europas. Parey Verlag, Hamburg, Berlin. 250 Seiten

Lammens, E. H. R. R. (1985): A test of a model for planktivorous filter feeding by bream *Abramis brama.* Environm. Biol. Fish. 13: 289–296

Lammens, E. H. R. R., H. W. De Nie, J. Vijverberg und W. L. T. Van Densen (1985): Resourcce partitioning and niche shifts of bream *(Abramis brama)* and eel *(Anquilla anquilla)* mediated by predation of smelt *(Osmerus eperlanus)* on *(Daphnia hyalina).* Can. J. Fish. Res. 42: 1342–1351

Larkin, P. A. (1956): Interspecific competition and population control in freshwater fish. J. Fish. Res. Bd. Can. 13: 327–342

Liem, K. F. (1980): Adaptive significance of intra- and interspecific differences in the feeding repertoires of cichlid fishes. Am. Zool. 20: 295–314

Lindsey, C. C. (1981): Stocks are chameleons: Plasticity in gill rakers of coregonid fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1497–1506

Müller, M. (1983): Fische Europas. Neumann Verlag, Leipzig, Radebeul (dtv, Enke Nr. 2480). 320 Seiten

Schiemer, F. (1985): Die Bedeutung der Augewässer als Schutzzonen für die Fischfauna. Österr. Wasserwirtsch. 37: 239–245

Singh. H. R. und S. N. Bahuguna (1984): Eco-morphological adaptation of the gill rakers in relation to the food and feeding habits of some hillstream fishes of Garhwal Himalaya. Vest. cs. Spolec. zool. 48: 64–68

Wright, D. I., W. J. O'Brien und C. Luecke (1983): A new estimation of zooplankton retention by gill rakers and its ecological significance. Transact. Am. Fish. Soc. 112: 638–646

Anschrift der Verfasser:

Institut für Zoologie, Universität Salzburg, Akademiestraße 26, A-5020 Salzburg/Austria

Hotel Schloß Fuschl sucht **Fischereilehrling**

für Seenfischerei und Forellenzucht

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen sind zu richten an:
Hotel Schloß Fuschl, 5322 Hof

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Jürgen Hartmann

Der Fisch als Anzeiger einer Nährstoffabnahme im See?

Österreichs Fischerei *Jahrgang 39/1986* *Seite 101–104*

Der Fisch als biologischer Anzeiger

Nach der klassischen Vorstellung stellt der an der Spitze der Nahrungspyramide stehende Fisch einen ausgezeichneten biologischen Anzeiger für Veränderungen im Gewässer dar, vereinigen sich doch in diesem Endglied der Nahrungskette alle Effekte von Störungen der unteren Ebenen des Ökosystems (Larkin, 1977; Stöcklhuber, 1977) (Abb. 1).

Ganz im Gegensatz dazu steht der Fisch heute aus den folgenden Gründen im Ruf eines mangelhaften Anzeigers (Abb. 1):

1. Von unten nach oben und im Laufe eines Fischlebens vermischen und neutralisieren sich u. U. die verschiedenen Effekte, verwischt sich der Einzeleffekt.
2. Die biologischen Verhältnisse (Wachstum, Überlebensrate u. a.) schwanken beim Fisch sehr (Hartmann, 1986).
3. Der Fisch, ein ausgesprochener Opportunist, ist sehr anpassungsfähig.
4. Befischungseffekte neutralisieren, verdunkeln, verstärken oder simulieren fischereiliche Auswirkungen von Umweltveränderungen (Oglesby et al., 1980).

Diesen schwerwiegenden Nachteilen stehen aber auch Vorzüge gegenüber (Abb. 1):

1. Der Fisch, besonders der tote Fisch (Fischsterben), ist von großem öffentlichen Interesse.
2. Von vielen Gewässern werden Fangstatistiken geführt.
3. Physiologie und Lebensweise sind beim Fisch besser bekannt als bei den meisten anderen Wasserorganismen.

Insgesamt, so stellen Larkin und Northcote (1969) fest, ist der Fisch zwar kein idealer, aber ein wichtiger Bioindikator.

Nährstoffzunahme

In den 50er Jahren setzte in vielen mitteleuropäischen Seen eine verstärkte Nährstoffzunahme (Eutrophierung) ein, die sich vielfältig im Fischbestand niederschlug. So änderten sich Bestandsgröße, Artenzusammensetzung, Nahrung, Ernährungszustand, Wachstum, Fortpflanzung, Verteilung und Parasitenlast (Hartmann, 1977). Diese als Anpassung zu verstehenden Veränderungen, die sich durch die gleichzeitige Intensivierung der Befischung (Einführung und zunehmende Verwendung von Kunststoffnetzen) noch verstärkten (Oglesby et al., 1980), beschränkten sich auffallenderweise weitgehend auf die Planktonfresser.

Nährstoffabnahme

Mit der Vermehrung und Verbesserung der Kläreinrichtungen wendete sich mancherorts die Nährstoffzunahme in Richtung Nährstoffabnahme (IGKB, 1985), und es erscheint nur logisch, daß sich parallel dazu die fischereilichen Trends entsprechend umkehren, daß also z. B. Wachstum und Ertrag beim Felchen des Bodensees zurückgehen. Teilweise wird diese Erwartung bestärkt durch Beobachtungen an verschiedenen Seen (Tab. 1), doch sind diese Informationen noch zu unterschiedlich und unvollständig, um ein klares Bild liefern zu können.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Tabelle 1: **Fischereiliche Veränderungen in nährstoffärmer werdenden Seen.**
- = Abnahme; + = Zunahme; ○ = Trendumkehr

Seen	Autoren	Ertrag (Bestand)										Wachstum				Sterben		Befischung
		Gesamt	Quappe	Felchen	Saibling	Barsch u. a.	Brachsen	Hecht u. a.	Stichling	Außereuropäische	Krebs	Verschiedene	Felchen	Karpfen, Aal	Außereuropäische	Brachsen		
Österr. Seen	Wieser et al. 1981											-						
Mondsee	Jagsch (pers. Mitt.)				⊕													keine Befischung seit 1976
Tegernsee	Schmid (pers. Mitt.) Petersen 1977										+		⊖					
Zeller See	Hinterberger 1974			⊕														
Pilsensee	Schmid 1979			⊕				⊕						+				
Schlachtensee	Grosch Ms.															+		Unterfischung
Wahnbach-talsperre	Brenner et al. Ms.	⊖																Angeln
Washington	Eggers et al. 1978								+	-					-			
Mälaren	Wiederholm 1978		-															
Alderfen	Peirson et al. in press	+				+	-											keine

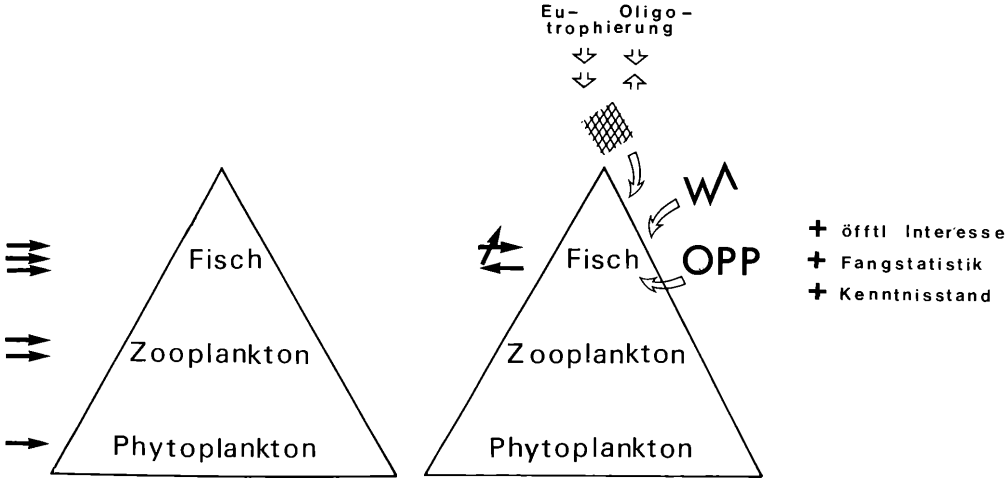


Abb. 1: Der Fisch als Bioindikator (biologischer Anzeiger). Phytoplankton = pflanzliches Plankton; Zooplankton = tierisches Plankton; OPP = Opportunist (sich anpassend); Eutrophierung = Nährstoffzunahme im See; Oligotrophierung = Nährstoffabnahme im See. Symbolisiert sind Befischung und Schwankungen (z. B. des Bestandes). Die Pfeilrichtungen zeigen gleichgerichtete und gegenläufige Effekte an. Haupterklärung im Text.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Tatsächlich ist aber für stark befischte Gewässer wie dem Bodensee ein wesentlicher Einwand gegen diese gesprächsweise oft zu hörende Erwartung der unmittelbaren Trendumkehr anzumelden. Es wird dabei nämlich übersehen, daß die vielfach exzessive Befischung (Hartmann, 1984 b), die erfahrungsgemäß im nährstoffreicher werdenden See die Eutrophierungseffekte verstärkt, bei Nährstoffabnahme die erwarteten Effekte vermutlich verzögern oder wenigstens abschwächen wird.

Für diese Hypothese der gedämpften Sensibilität stark befischter Fischbestände gegen Nährstoffabnahme im See spricht im Fall Bodensee, daß die Hauptfische Felchen *(Coregonus lavaretus)* und Barsch *(Perca fluviatilis)* weder bei den Fangerträgen (Abb. 2) noch beim Wachstum (Hartmann, 1984 a; 1986) die »richtigen« Trends erkennen lassen und ließen. Auch eine entsprechende Trendumkehr ist bisher nicht erkennbar. Dazu kommt, daß für mehrere Altersklassen beim Barsch (Hartmann, 1986) und für die Altersklasse 0 beim Felchen (Hartmann, 1984) keine deutlich negative Beziehung zwischen Jahrgangsstärke (Bestand) und Längenwachstum besteht, daß also das Nahrungsangebot zur Zeit keinen wesentlich begrenzenden Faktor darstellt. Deutliche Bestandsveränderungen und Folgeerscheinungen könnten sich beim Barsch mit einem gerichteten Wandel der submersen Krautgesellschaften einstellen (Eggers et al., 1978, Peirson et al., im Druck).

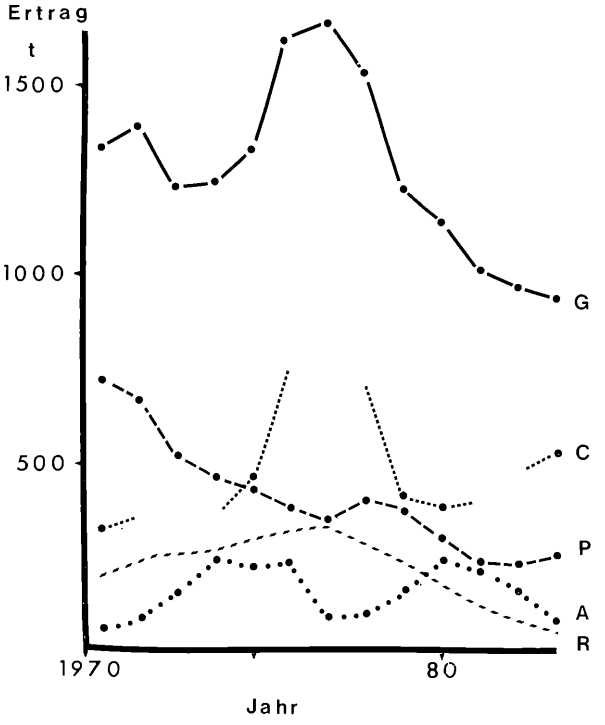


Abb. 2: Nomineller Fangertrag der Berufsfischer vom Bodensee-Obersee. A = Brachsen; C = Felchen (Renken, Maränen); G = Gesamtfang; P = Barsch; R = Weißfische (Cypriniden) ohne Brachsen, hauptsächlich Plötze und Hasel. Gleitende Mittelwerte von jeweils 3 Jahren.

Zusammengefaßt ergibt sich damit für den stark befischten Bodensee und vergleichbare Gewässer, daß der Fisch keineswegs einen besonders sensiblen, aufschlußreichen Anzeiger für die Umweltveränderung Nährstoffabnahme abgibt.

Für die Bewirtschaftung bedeutet dies ein Andauern der bestehenden Verhältnisse: Kontinuität und Stabilität. Treten früher oder später fischereiliche Effekte der Nährstoffabnahme im See auf, sind sie insofern wünschenswert, als sie – z. B. über verlangsamtes Wachstum – die Folgen der weitverbreiteten Überfischung dämpfen.

©Österr. Fischereiverband u. Bundesamt f. Wasserwirtschaft, download unter www.zobodat.at

Summary: *Fish as an indicator of lake oligotrophication?*

Fishing amplifies the effects of eutrophication on fish but depresses in case of oligotrophication. Therefore the fish is expected to be a poor indicator of oligotrophication in heavily fished lakes like Lake Constance. Literature data on fish in lakes undergoing oligotrophication are tabled.

LITERATUR

Brenner, T., Clasen, J., Lange, K. & Lindem, T., MS: The whitefish *(Coregonus lavaretus)* of the Wahnbach reservoir and their assessment by hydroacoustic methods. TS 18 pp.

Eggers, D. M. Bartoo, N. W., Rickard, N. A. Nelson, R. E., Wissmar, R. C., Burgner, R. L. & Devol, A. H. 1978: The Lake Washington ecosystem: The perspective from the fish community production and forage base. J. Fish. Res. Board Can. 35: 1553–1571.

Grosch, U., MS: Fischsterben begleitet Seentherapie an hocheutrophen Berliner Gewässern, 24 pp.

Hartmann, J., 1977: Fischereiliche Veränderungen in kulturbedingt eutrophierenden Seen. Schweiz. Z. Hydrol. 39: 243–254.

Hartmann, J., 1979: Unterschiedliche Adaptionsfähigkeit der Fische an Eutrophierung. Schweiz. Z. Hydrol. 41: 374–382.

Hartmann, J., 1984 a: 11-year cycle of spawning time and growth of the whitefish *(Coregonus lavaretus)* of Lake Constance. Schweiz. Z. Hydrol. 46: 163–170.

Hartmann, J., 1984 b: Zur heutigen Befischungsintensität beim Felchen *(Coregonus lavaretus)* des Bodensees. Fischwirt 34: 44–45.

Hartmann, J., 1986: Barschwachstum im Bodensee. Österr. Fischerei 39: 45–51.

Hinterberger, C., 1974: Die Fischerträge in den Salzkammergutseen. Hausarb. Univ. Wien, 63 pp.

IGKB (Int. Gewässersch. Kommn. Bodensee), 1985: Jahresbericht über den limnologischen Zustand des Bodensees 8: 1–34.

Larkin, P. A., 1977: An epitaph for the concept of maximum sustained yield. Trans. Am. Fish. Soc. 106: 1–11.

Larkin, P. A. & Northcote, T. G., 1969: Fish as indices of eutrophication. In: Eutrophication: causes, consequences, correctives. Rohlich, G. A. [ed.], Nat. Acad. Sci., Washington, D.C., pp 256–273.

Oglesby, R. T., Bayley, P. B., Hartmann, J., Loftus, K. H., Tuunainen, P. & Vollenweider, R. A., 1980: Fish yield and community structure as related to trophic state and change. In: Comparative studies on freshwater fisheries. FAO Fish. Techn. Pap. 198: 7–13.

Peirson, G., Cryer, M., Winfield, I. J. & Townsend, C. R. (in press): The impact of reduced nutrient loading on the fish community of a small isolated lake, Alderfen Broad. Proc. 4th Brit. Freshw. Fish. Conf. Liverpool Univ. April 1985.

Petersen, O., 1977: Am Tegernsee. Allg. Fisch.-Ztg. 102: 514.

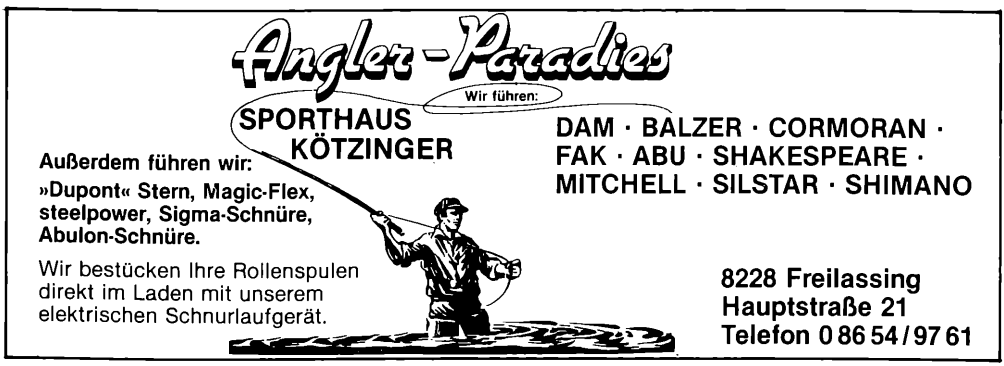
Schmid, J., 1979: Pilsensee auf dem Weg der Genesung. Allg. Fisch.-Ztg. 104: 45.

Stöcklhuber, K., 1977: Zur Entwicklung der Fischerei im Tegernsee bis 1974. Fischwirt 27: 1–4.

Wiederholm, T., 1978: Long-term changes in the profundal benthos of Lake Mälaren. Verh. Int. Verein. Limnol. 20: 818–824.

Wieser, W., Pechlaner, R. & Jungwirth, M., 1981: Angewandte limnologische Forschung in Österreich. Projektvorschläge. [Hg.] Bundesministerium Wissensch. Forsch., 68 pp.

Adresse des Verfassers:
Dr. Jürgen Hartmann, Institut für Seenforschung und Fischereiwesen, D-7994 Langenargen



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Österreichs Fischerei

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: 39

Autor(en)/Author(s): Pohla Hannes, Palzenberger Margit, Goldfuß [Goldfuss] Georg August

Artikel/Article: Der Kiemenreusenapparat europäischer Karpfenfisch- Arten (Teleostei, Cyprinidae) 94-104