

K. Kotrschal, H. Junger, M. Palzenberger, R. Brandstätter,
A. Gomahr und A. Goldschmid

Die Gehirne heimischer Karpfenfische (*Teleostei, Cyprinidae*)

Einleitung

In beinahe jedem Gewässer finden wir sie, die Karpfen- oder Weißfische. Zu dieser artenreichen Gruppe (über 2000, hauptsächlich in Europa und Asien; Nelson, 1984) gehören die Elritzen der Gebirgsseen, die Nasen, Barben, Gründlinge und Rapfen der Flüsse, die Karpfen, Rotaugen, Rotfedern, Brachsen, Zoppen, Rußnasen, Bitterlinge und Lauben aus den Altarmen der Donau im Osten Österreichs, um nur einige zu erwähnen (Hofer; Ladiges und Vogt, 1965; Maitland, 1977). Manche dieser Arten werden genutzt, der Großteil hat jedoch keine unmittelbare Bedeutung für Berufs- und Sportfischerei, trotzdem sind sie wichtige Glieder in den Ökosystemen unserer Gewässer. Viele von ihnen wandern zum Laichen, Fressen oder Überwintern von der Donau in die Altarme der Auegebiete. Will man den Reichtum an Fischarten im ostösterreichischen Donaauraum bewahren, dann muß man dafür sorgen, daß eine dynamische Verbindung zwischen Strom und Aue erhalten bleibt, was auch die Notwendigkeit periodischer Hochwässer einschließt (vgl. Schiemer, 1985).

Wie alle anderen Wirbeltiere haben auch Fische ein wohlentwickeltes Gehirn. Hier werden die Eindrücke aus den Sinnesorganen, dem Auge, dem Geruchsorgan, dem Akustico-lateralis-Bereich (Innenohr und Seitenlinie) sowie dem internen (in der Mundhöhle) und externen (auf der Außenhaut) Geschmackssinn integriert und verschiedene Verhaltensweisen abgerufen, je nachdem, ob die Sinnesorgane etwas Freßbares, einen Geschlechtspartner oder gar den Angriff eines Freßfeindes melden.

Der Bau des Gehirns und die Lebensweise stehen innerhalb einer eng verwandten Gruppe, wie den Karpfenfischen, in Beziehung (z. B.: Bauchot et al., 1977; Evans, 1940; 1952; Geiger, 1956; Schnitzlein, 1964). Erst der Einsatz von computerunterstützter Planimetrie erlaubt uns eine genauere Analyse, da die Messungen an den Gehirnen ohne dieses Hilfsmittel allzu zeitaufwendig, die daraus resultierenden großen Datenmengen kaum zu handhaben wären. Bezüglich genauerer Information über den Bau des Gehirns und die Sinnesorgane der Fische s. Ariens Kappers et al. (1936), Davis and Northcutt (1983), Harder (1964).

Wir wollen wissen, in welchen Richtungen die Evolution die Gehirne unserer heimischen Karpfenfische geformt hat, auch um Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit ihrer Sinnesorgane ziehen zu können. Schließlich interessiert es uns, in welcher Beziehung Sinnesausstattung und Gehirnausprägung zur Lebensweise der Fische stehen.

Material und Methoden

Die zur Untersuchung verwendeten Fische wurden mit Kiemennetzen in der Aue bei Hainburg oder elektrisch in anderen österreichischen Gewässern gefangen. Nach schonender Tötung mit einem Betäubungsmittel (MS 222) wurden die Tiere durch Perfusion

Tabelle 1: Liste der bearbeiteten Arten

Arten

| | | | | | |
|---|----------------------------|-----------|----|------------------------------------|-----------|
| 1 | <i>Abramis ballerus</i> | Zoppe | 8 | <i>Gobio gobio</i> | Gründling |
| 2 | <i>Abramis brama</i> | Brachse | 9 | <i>Leuciscus cephalus</i> | Aitel |
| 3 | <i>Alburnus alburnus</i> | Laube | 10 | <i>Pelecus cultratus</i> | Sichling |
| 4 | <i>Aspius aspius</i> | Rapfen | 11 | <i>Rutilus rutilus</i> | Rotauge |
| 5 | <i>Blicca bjoernna</i> | Güster | 12 | <i>Scardinius erythrophthalmus</i> | Rotfeder |
| 6 | <i>Carassius carassius</i> | Karassche | 13 | <i>Tinca tinca</i> | Schleie |
| 7 | <i>Chondrostoma nasus</i> | Nase | 14 | <i>Vimba vimba</i> | Rußnase |

über ihr Blutgefäßsystem mit 10% Formaldehydlösung fixiert. Die entnommenen Gehirne wurden gewogen, in Gelatine eingebettet und mit einem Gefriermikrotom 30–40 μm dünn geschnitten, in Serie aufgezogen und mit Kresylviolett gefärbt. Diese ganze Prozedur dient dazu, Hirnschnitte zu erhalten, die in ihren Abmessungen den lebenden Hirnen möglichst ähnlich sind. Von jedem Hirn wurden ca. 90 Schnittebenen auf einem HIPAD-Digitalisieretafelt in Verbindung mit einem Apple IIe PC gemessen. Dazu wird der Schnitt vom Mikroskop auf das Tablett gespiegelt und die einzelnen Hirngebiete mit einem Stift umfahren. Der Computer registriert Fläche, Umfang etc. dieser Struktur und speichert die Werte für eine spätere Auswertung. Insgesamt wurden 16 Hirngebiete von 14 Fischarten (je 2 Exemplare in vergleichbarer Größe) berücksichtigt (Tabelle 1). Die so erhaltenen Flächen wurden in Volumina umgerechnet und die gemessenen Gebiete in Prozent des Gesamthirnvolumens ausgedrückt. Trotz der wechselseitigen Abhängigkeit der so erhaltenen Relativwerte (Stephan, 1960) wurde für einen ersten Überblick der Einfachheit halber diese Methode gewählt. Für die Darstellung in Abb. 4 wurden die relativen Volumina zusätzlich standardisiert: der Abstand zwischen Minimum und Maximum des relativen Volumens einer Hirnregion bei allen Arten wurde 100% gesetzt und die entsprechenden Hirngebiete der einzelnen Arten als Abweichung vom Mittelwert aufgetragen (Kotrschal et al., in Vorber.).

Ergebnisse und Diskussion

Die Lage des Gehirns im Schädel zeigt Abbildung 1, während in Abb. 2 die von außen erkennbaren Hirngebiete bezeichnet sind.

Die relativ größten Hirne (bezogen auf Körpergewicht) haben Klein- und Großräuber,

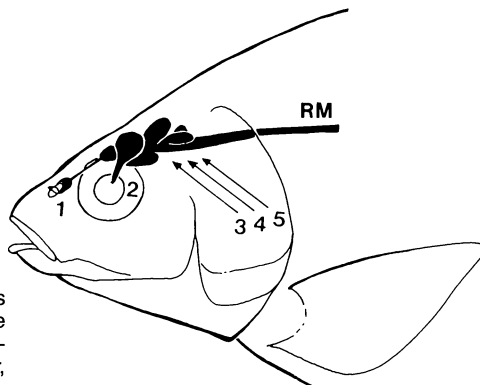


Abbildung 1: Lage des Gehirns im Schädel eines Karpfenfisches. Die wichtigsten Sinnesorgane sind: 1. Geruch als Fern-Chemosinn, 2. Gesichtssinn, 3. Dreh- und Schweresinn sowie Gehör, 4. Seitenlinie, 5. Geschmackssinn der Körperaußenseite und der Mundhöhle als Nah-Chemosinne. Vom Gehirn zur Schwanzwurzel zieht mit der Wirbelsäule das Rückenmark (RM).

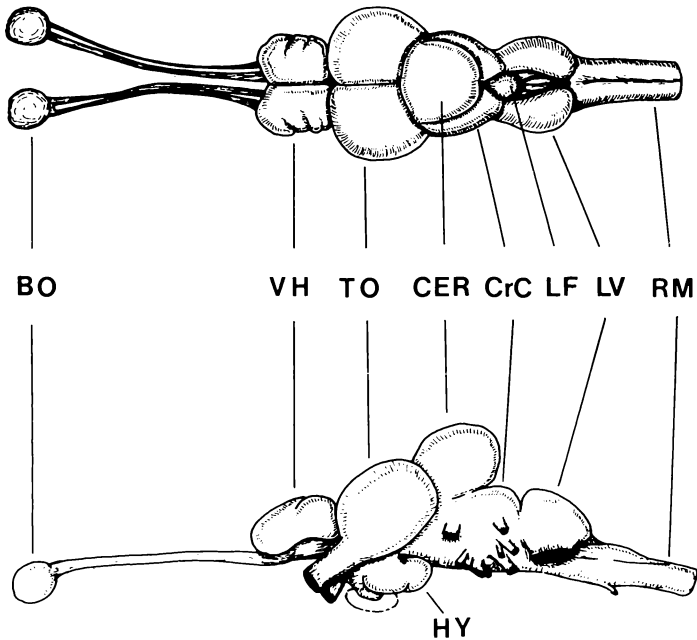


Abbildung 2: Gehirn eines Karpfenfisches (Zoppe) vom Rücken her (oben) und aus seitlicher Sicht (unten). Der Riechschleimhaut (vgl. Abb. 1) liegt der Bulbus olfactorius (BO), der Riechlappen an. Dieser ist über die langen (sekundären) Geruchsbahnen mit dem Vorderhirn (VH) verbunden. Caudal folgen die großen Hemisphären des Tectum opticum (TO). Ventral desselben ist ein Stück des Zwischenhirns, der Hypothalamus (HY) zu sehen. Zwischen den beiden Hälften des Tectum entspringt das unpaare Cerebellum (CER). Caudal davon folgen das Stammhirn mit seinen Nervenabgängen und das verlängerte Mark, welches schließlich ohne scharfe Grenze in das Rückenmark (RM) übergeht. Dorsal am Stammhirn zeigen sich mehrere wulstförmige Erhebungen, welche primäre Endigungsgebiete für Sinnesnerven darstellen: Die Crista cerebellaris (CrC), in dem Signale aus der Seitenlinie verarbeitet werden; der Lobus facialis (LF), in welchem die Nerven zu den Geschmacksknospen der Körperoberfläche enden; der Lobus vagus (LV), das Terminalgebiet für die Innervation des »Sortierapparates« (Palatalorgan) der Mundhöhle. Die Lage der Hypophyse ist strichliert (unten) eingezeichnet.

wie z. B. Laube, Aitel und Rapfen, aber auch die Brachsenverwandtschaft. Ein relativ kleines Hirn dagegen weisen z. B. das Rotaugauge, die Karausche und die Schleie auf (Kotršchal et al., in Druck).

Bereits beim Auspräparieren fällt auf, daß die Gehirne bei verschiedenen Arten recht verschieden aussehen können (Abb. 3): In Abhängigkeit von Schädelform und Körpergröße ist der Tractus olfactorius, die Nervenverbindung zwischen Bulbus olfactorius (Geruchslappen), und dem Vorderhirn unterschiedlich lang. Das Tectum opticum, das Kleinhirn und besonders die wulstförmigen Verdickungen des Stammhirns sind von recht unterschiedlicher Größe: So sind der Lobus facialis und der L. vagus (Abb. 2, 3), die Zentren für externen und internen Geschmackssinn, bei der Karausche und beim Gründling sehr groß, bei Sichling, Laube oder Rapfen dagegen kaum sichtbar (Abb. 3). Dieser erste Befund wird durch die Messungen an Hirnschnitten bestätigt und präzisiert. Man berechnet den durchschnittlichen Prozentanteil am Gesamthirnvolumen für jede gemessene Struktur (Tab. 2) und auch die Standardabweichung als Maß für die

Streuung der Werte. Dividiert man letztere durch den Durchschnittswert, dann resultiert daraus der Variationskoeffizient VR. Dieser ist ein objektives Maß für die zwischenartliche Variation der gemessenen Hirngebiete. In Tabelle 2 wurden die Hirnregionen nach fallendem VR gereiht, d. h. Lobus facialis, L. vagus und central acoustic area (Tab. 2, Fig. 2) variieren zwischenartig am meisten, hier liegen die Hauptunterschiede zwischen den Hirnen (und damit Sinnessystemen) der verschiedenen Arten, hier hat die Evolution ihre größte Experimentierfreude gezeigt.

Tabelle 2: Liste der gemessenen Hirngebiete

geordnet nach abnehmender zwischenartlicher Variabilität (Maß: Variationskoeffizient VR, s. Material und Methoden) und eine Beschreibung ihrer wichtigsten Verschaltungen und Funktionen

| Hirngebiet | Beschreibung |
|---|---|
| 1 Lobus facialis (VR = 101,2) | Endigungsgebiet im Hirnstamm für jenen Hirnnerven, welcher die Geschmacksknospen der Körperhaut versorgt |
| 2 Lobus vagus (VR = 69,3) | Endigungsgebiet im Hirnstamm für jenen Hirnnerven, der vorwiegend Geschmacksknospen im Mundraum (Gaumen und Kiemenbögen) versorgt |
| 3 Akustische Zentralzone (VR = 49,7) | Kerngebiet im Kleinhirn, das mit der Verarbeitung von akustischen Eindrücken befaßt ist |
| 4 Crista cerebellaris (VR = 41,9) | Verschaltungsgebiet für Seitenlinie im Hirnstamm |
| 5 Bulbus olfactorius (VR = 29,6) | Riechlappen des Vorderhirnes, in dem die sensorischen Fasern aus der Riechschleimhaut enden |
| 6 Eminentia granularis (VR = 29,1) | Zellmasse seitlich am Kleinhirn-Hirnstamm; Übergang, in dem Fasern aus dem Labyrinth (Gehör und Gleichgewicht) enden |
| 7 Stratum opticum (VR = 28,8) | Oberflächliche Schicht des Tectum opticum, in welchem ein Teil der Nervenfasern aus dem Auge endet |
| 8 Torus longitudinalis (VR = 28,5) | Wulstförmige Zellmasse am Tectum opticum, welche mit Augenstellreflexen befaßt ist |
| 9 Nucleus habenularis (VR = 28,4) | Großes Kerngebiet am oberen Zwischenhirn, mit Geruchszentren sowie Zwischen- und Stammhirn verschaltet |
| 10 Valvula cerebelli (VR = 22,8) | Teil des Kleinhirns, der unter das Tectum opticum eingeschlagen ist. Vielfältig verschaltet |
| 11 Corpus cerebelli (VR = 20,6) | Von außen sichtbarer Teil des Kleinhirns, vielfältig verschaltet, hauptsächlich Koordination von Körperbewegungen |
| 12 Telencephalon (VR = 18,3) | Vorderhirn, Geruchsverarbeitung und höheres Assoziationszentrum, Sitz komplexer Verhaltensweisen |
| 13 Tectum opticum (VR = 16,7) | Mittelhirndach. Ziel fast aller Nervenfasern aus dem Auge, aber auch Input aus dem Hirnstamm |
| 14 Diencephalon (VR = 16,6) | Mit allen anderen Hirngebieten verkabelt, Kommandozentrale für hormonales Regelgeschehen am Körper |
| 15 Torus semicircularis (VR = 15,5) | Relaisstation für Gehörsinn zwischen Hirnstamm und Zwischenhirn |
| 16 Mesencephales Tegmentum (VR = 13,3) | Stammhirnanteil des Mittelhirns, Sitz grundlegender Körperfunktionen, Durchgangsstation |

Bei genauerer Betrachtung von Tabelle 2 fällt auf, daß jene 7 Gebiete mit der größten zwischenartlichen Variation die primären Endigungsgebiete von Nervenfasern des Chemo-(Geschmacks)Sinnes, des akustico-lateralis (Gehör und Seitenlinie) und des optischen Sinnes (in dieser Reihenfolge von höherer nach geringerer Variation) sind; erst danach folgen die höheren Verschaltungszentren des Gehirns. Das bedeutet, daß die evolutiven Experimente in der quantitativen Ausprägung der Sinnessysteme stattfanden, die nachgeschalteten Integrationsgebiete sind dagegen relativ konservativ.

Da die primären Sinneszentren am meisten variieren (s. oben), liegt es nahe, die Arten nach ihren wichtigsten Sinnessystemen zu trennen. Trägt man die standardisierten (die Differenz zwischen größtem und kleinstem relativem Volumen eines Hirngebietes im Artvergleich wird 100% gesetzt, s. Material und Methoden) Werte der relativen Volumina der Zentren für Chemosinn (Lobus facialis + L. vagus), akustico-lateralis (Central acoustic area + Crista cerebellaris + Eminentia granularis) und des optischen Sinnes (Tectum opticum + Stratum opticum) in einem dreidimensionalen Diagramm auf, jeden dieser drei Hauptsinne entlang einer Achse, dann resultiert eine Auftrennung der

untersuchten Arten (Tab. 1) in drei Gruppen (Abb. 4):

1. Die zentrale Hauptgruppe (Abb. 4) erstreckt sich von Arten mit wenig entwickelten Chemo- und Akustico-lateralis-Zentren (z. B.: Rotauge, Aitel, Rapfen) zu solchen, bei denen die eben erwähnten Sinne gut entwickelt sind (Brachse, Zoppe). Die optischen Zentren (Abb. 4, senkrecht) sind in dieser Gruppe relativ gleichmäßig gut ausgebildet. Sind Rotauge, Laube und Rapfen, besonders aber die Klarwasser bevorzugende Rotfeder vorwiegend optisch orientiert, so scheint die Brachsenverwandtschaft (Brachse, Zoppe, evtl. auch Rußnase) in **allen** ihren Hauptsinnessystemen hoch entwickelt, was letztere recht anpassungsfähig an eine weite Palette von Umweltbedingungen macht. So nimmt die Zoppe, aber auch die Brachse (Lammens, 1985) bei gutem Angebot vorwiegend Planktonnahrung aus dem Freiwasser, welches sie optisch, vielleicht auch mit Hilfe ihrer Seitenlinie, finden. Ist wenig Plankton verfügbar, so steigt die Zoppe ohne Schwierigkeiten auf Bodennahrung um (Schiemer, 1985; persönliche Mitteilung). Das kann sie auch im trüben Wasser, hat sie doch einen wohlentwickelten Geschmackssinn an der Körperoberfläche, gut entwickelte Seitenlinie und Gehör. Sie muß ihre Beute auch nicht gezielt vom Boden aufpicken; ein vom Nervus vagus versorgtes Organ, das Palatalorgan am Gaumendach, gestattet es der Zoppe, wie allen anderen Arten, mit gut entwickeltem Lobus vagus (Tab. 2, Abb. 2, 3, z. B. Fischen aus der Gruppe 2, s. unten), das aufgenommene Material im Mundraum präzise auszusortieren, wobei auch die unterschiedlich entwickelten Kiemenreusen eingesetzt werden (vgl. Pohla et al., 1986; Lammens, 1985; Sibbing und Uribe, 1985).

2. Eine zweite Gruppe (Abb. 4) besteht aus Karausche, Schleie und Gründling. Hier würde sicher auch der Karpfen einzuordnen sein. Die Gehirne dieser Fische zeichnen sich durch hochentwickelte chemosensorische, aber nur gering entwickelte akustico-lateralis und optische Zentren aus (der hohe Wert für optische Zentren bei der Karausche in Abb. 4 ist irreführend, weil auf einen Allometrie-(= Wachstums)Effekt zurückzuführen: optische Zentren wachsen relativ langsamer als das Gesamthirn (Brandstätter, unveröffentlicht). Diese Fische sind eher Bodenbewohner trüber, schlammiger Gewässer. Sie haben kurze Barteln am Mundrand, welche dicht mit Geschmacksknospen besetzt sind. Das erklärt auch ihren stark entwickelten Lobus facialis (Tab. 2, Abb. 2, 3).

3. Eine dritte »Gruppe« besteht aus einer einzigen Art, dem Sichling. Dieser stellt sozusagen das Gegenteil der Gruppe 2 (s. oben) dar, mit gering entwickelten Chemo-Zentren, aber großen akustico-lateralis und optischen Anteilen. Diese Sinnesausstattung mag dem Schwarmzusammenhalt, aber auch dem Auffinden von Beute dienen. Der Sichling ist im Neusiedler See häufig, ist aber auch im ostösterreichischen Donaugebiet zu fin-

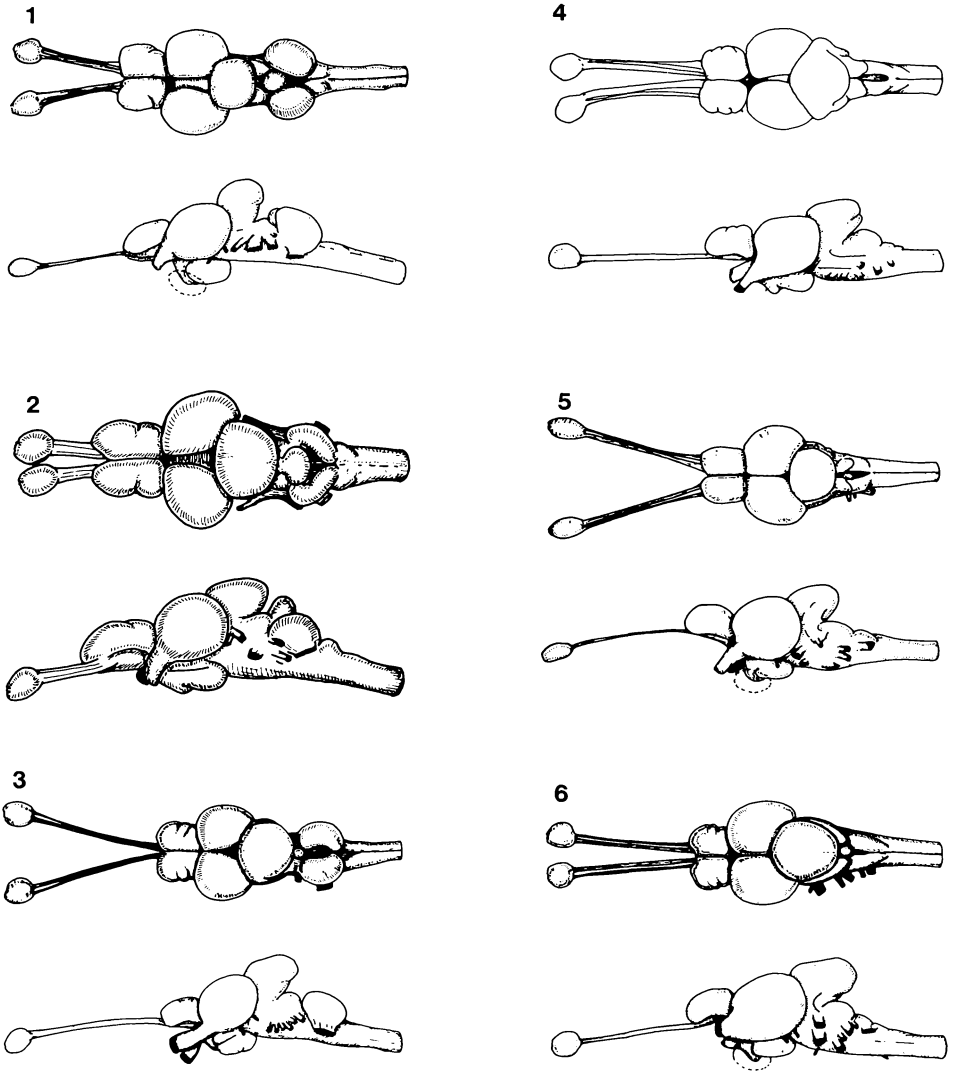


Abbildung 3: Beispiele von verschiedenen Hirnformen bei den heimischen Karpfenfischen, gereiht nach abnehmendem Volumensanteil von Lobus vagus + Lobus facialis, jeweils Dorsalansicht (oben) und Seitenansicht (unten). 1: Karausche; 2: Gründling; 3: Brachse; 4: Stichling; 5: Laube; 6: Rapfen. Bitte beachten Sie die unterschiedliche Ausbildung des Hirnstammes (Crista cerebellaris, Lobus facialis, L. vagus, vgl. Abb. 2).

den und wandert immer wieder, wie viele andere Arten, zum Laichen oder zum Überwintern in die Altarme ein.

Bereits dieser erste Ansatz zeigt die größere Aussagekraft der Messung vieler verschiedener Hirngebiete gegenüber der früher praktizierten Hirn-Typologie, basierend auf der Ausbildung einiger weniger Gebiete (Evans, 1931; 1940; 1956; Geiger, 1956). So zeigt sich, daß die zentrale Gruppe 1 (Abb. 4, s. oben) ein Kontinuum von vorwiegend optisch zu chemosensorisch **und** akustico-lateralis **und** optisch orientierten Fischen ist. Es wäre

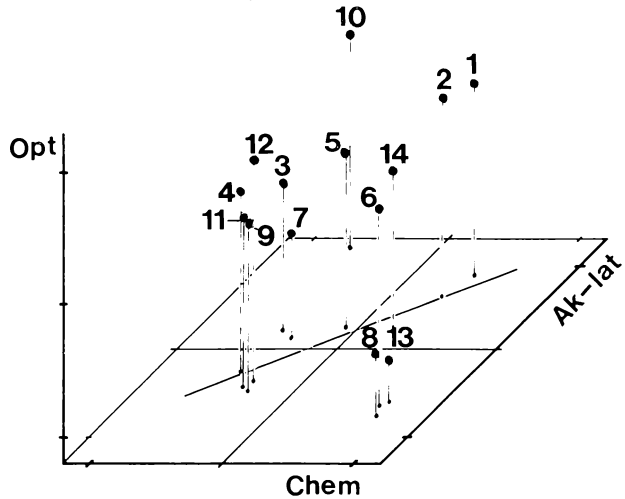


Abbildung 4: Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen innerhalb der untersuchten Hirne. Chem: chemosensorische Achse; Ak-lat: akustico-lateralis-Achse; Opt: optische Achse. Numerierung der Arten wie in Tabelle 1. Aufgetragen wurden die relativierten und standardisierten Volumswerte relativ zum Mittelwert (s. Material und Methoden).

also nicht richtig, hier von optischen **im Gegensatz** zu chemosensorischen Typen zu sprechen (vgl. Evans, 1931; 1956), vielmehr scheint es, daß innerhalb der Brachsenverwandtschaft der Geschmackssinn sowie Seitenlinie und Gehör sich **zusätzlich** zum Gesichtssinn ausdifferenziert haben. Anders liegen die Verhältnisse bei Gruppe 2 (s. oben), deren Mitglieder durchaus als vorwiegend chemosensorisch zu bezeichnen sind, oder beim Sichling, bei dem die chemosensorischen Hirnstammgebiete gering entwickelt sind (s. oben, Abb. 4).

Zusätzliche Informationen werden Messungen an weiteren Arten (Ziel insgesamt ca. 30) und eine genaue statistische Verrechnung der Daten erbringen. Jedenfalls läßt sich bereits jetzt zeigen, daß die zwischenartliche Variation innerhalb der untersuchten Gehirne groß ist und daß man von der Kenntnis des Gehirns vorsichtig auf die Lebensweise, auf die mögliche ökologische Nische einer Art rückschließen kann.

In Zukunft werden wir uns der genaueren Analyse von Sinnessystemen und Hirnzentren widmen. Ferner wollen wir durch experimentelle Haltung von genetisch relativ einheitlichen Tieren aus Zuchten herausfinden, wie stark der Bau des Gehirns durch Umweltfaktoren zu beeinflussen ist. Wir wollen erfahren, wie plastisch die Kommandozentrale des Körpers ist, wieweit die Umwelt den sie bewohnenden Organismus formt.

Zusammenfassung

Eine quantitativ-histologische Studie an 16 Hirngebieten bei 14 Arten heimischer Karpfenfische zeigt, daß die zwischenartliche Variation (entsprechend dem Variationskoeffizienten, VR) der primär-sensorischen Zentren groß, die der nachgeschalteten Integrationsgebiete dagegen wesentlich kleiner ist. Da die chemosensorischen, akustico-lateralis und optischen Zentren (in dieser Reihenfolge) am meisten zur Gesamtvariation der Gehirne beitragen, wurden die untersuchten Arten entlang von Achsen, welche diesen drei Sinnesmodalitäten entsprechen, aufgetrennt: Die Mehrzahl der Arten findet sich in einer zentralen Gruppe, die sich von optisch dominierten Fischen (*Aspius aspius*, *Rutilus rutilus*, *Leuciscus cephalus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Alburnus alburnus*, *Chondrostoma nasus*) zu solchen erstreckt, bei denen alle drei Sinne gut entwickelt sind (*Vimba vimba*, *Abramis brama*, *Abramis ballerus*). *Blicca bjoerena* liegt hier in der Mitte. Eine zweite Gruppe wird von vorwiegend geschmacksdominierten Arten gebildet

(*Carassius carassius*, *Gobio gobio* und *Tinca tinca*), während eine dritte »Gruppe« nur aus *Pelecus cultratus* besteht, einer Art, bei der die Hirnzentren für optischen und akustico-lateralis-Sinn besonders stark ausgeprägt sind.

Summary

Brain patterns in European cyprinids (Teleostei, Cyprinidae)

The present study considers patterns of brain morphology in 14 common species of mid-European cyprinids. Sixteen areas per brain were measured on serial cryostat sections by computer-aided planimetry. The seven regions with highest interspecific variability (as judged by the coefficient of variation, VR) were all primary sensory areas. Most variable were the two special viscerosensory brainstem lobes for external (*L. facialis*) and internal (*L. vagus*) taste. Low in interspecific variability were integration centers. In a 3-dimensional plot of standardized relative volumina of brain centers which represent three major sensory modalities: brain stem chemosense, acustico-lateralis and sense of vision, species are separated into three groups: 1. Most species scatter along an axis from moderately (*Aspius aspius*, *Rutilus rutilus*, *Leuciscus cephalus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Alburnus alburnus*, *Chondrostoma nasus*) to highly developed chemo- and acustico-lateralis centers (*Vimba vimba*, *Abramis brama*, *Abramis ballerus*). *Blicca bjoerana* is situated in the middle of this axis. Within this group the optic centers are evenly well developed. 2. *Carassius carassius*, *Gobio gobio* and *Tinca tinca* are characterized by relatively small acustico-lateralis and optic, but highly developed chemo-centers. 3. *Pelecus cultratus* is monotypic among the species investigated by having large acustico-lateralis and optic, but modestly developed chemocenters.

Danksagung

In diesem Projekt (S-35, wir danken dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich für die Finanzierung) wirken verschiedene biologische Arbeitsgruppen in Österreich zusammen, Physiologen aus Innsbruck, Ökologen und Ökoethologen aus Wien und wir Salzburger Morphologen (vgl. Wieser, 1986). Es sei allen unseren Freunden herzlich gedankt, die den Fortschritt der Arbeit begünstigen. Besonders zu erwähnen sind Herr Prof. Dr. H. Adam, unser wohlwollender Institutsvorstand, Herr W.-D. Krautgartner, unser unermüdlicher und fachkundiger Fischermeister, die Herren Dr. A. Jagsch und Dr. E. Kainz von der Bundesanstalt für Fischereiwirtschaft in Scharfling, die uns immer wieder mit Fischen versorgen, die Österreichischen Bundesforste sowie vor allem die Familie Weber in Loimersdorf, die durch ihr Entgegenkommen und ihre Fürsorge unsere Arbeit in diesem Ausmaß erst ermöglicht hat.

LITERATUR

- Ariens Kappers, C. U., G. C. Huber and E. C. Crosby (1936): The comparative anatomy of the nervous system of vertebrates, including man. Macmillan, New York
- Bauchot, R., M. L. Bauchot, R. Platel and J. M. Ridet (1977): Brains of Hawaiian tropical fishes: Brain size and evolution. *Copeia* 1977: 42-46
- Davis, R. E. and R. G. Northcutt, eds. (1983): Fish neurobiology, Vol. I and II, The University of Michigan Press, Ann Arbor
- Evans, H. M. (1931): A comparative study of the brains in British cyprinoids in relation to their habits of feeding, with special reference to the anatomy of the Medulla oblongata. *Proc. R. Soc. Lond. B* 108: 233-257
- Evans, H. M. (1940): Brain and body of fish. A study of brain pattern in relation to hunting and feeding in fish. The Technical Press, London
- Evans, H. E. (1952): The correlation of brain pattern and feeding habits in four species of cyprinid fishes. *J. comp. Neurol.* 97: 133-142
- Geiger, W. (1956): Quantitative Untersuchungen über das Gehirn der Knochenfische, mit besonderer Berücksichtigung seines relativen Wachstums. III. Die quantitative Beteiligung der einzelnen Hirnabschnitte an der Zusammensetzung des Totalhirns. *Acta anat.* 27: 324-350
- Harder, W. (1964): Anatomie der Fische. In: Demoll, R., H. N. Maier und H. H. Wundsch (eds.), *Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas*. Bd. IIA. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- Hofer, R.: *Hofers Süßwasser Fische Kompaß*. Fische in Flüssen, Seen und Teichen sicher bestimmen. Gräfe und Unzer, München
- Kotrschal, K., H. Junger and M. Palzenberger (1988): Brain patterns in mid-European cyprinids (Cyprinidae: Teleostei): A quantitative histological study. *J. Hirnforsch*, in Druck

- Ladiges, W., und D. Vogt (1965): Die Süßwasserfische Europas. Parey Verlag, Hamburg, Berlin
- Lammens, E. H. R. R. (1985): A test of a model for planktivorous filter feeding by bream *Abramis brama*. Env. Biol. Fish. 13: 289-296
- Nelson, G. J. (1984): Fishes of the world. J. Wiley & Sons, N.Y., Toronto
- Maitland, P. S. (1977): The Hamlyn Guide to freshwater fishes of Britain and Europe. Hamlyn, London, N.Y., Sidney, Toronto
- Pohla, H., M. Palzenberger und A. Goldschmid (1986): Der Kiemenreusenapparat europäischer Karpfentfischearten (Teleostei, Cyprinidae). Österreichs Fischerei 39: 94-104
- Schiemer, F. (1985): Die Bedeutung der Augewässer als Schutzzonen für die Fischfauna. Österr. Wasserwirtsch. 37: 239-245
- Sibbing, F. A. and R. Uribe (1985): Regional specializations in the oro-pharyngeal wall and food processing in the carp (*Cyprinus carpio* L.). Neth. J. Zool. 35: 377-422
- Schnitzlein, H. N. (1964): Correlation of habit and structure in the fish brain. Am. Zool. 4: 21-32
- Stephan, H. (1960): Methodische Studien über den quantitativen Vergleich architektonischer Struktureinheiten des Gehirns
- Wieser, W. (1986): Die Ökophysiologie der Cyprinidenfauna österreichischer Gewässer. Ein Forschungsschwerpunkt des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Österreichs Fischerei 36: 88-93

Anschrift der Verfasser:

Zoologisches Institut der Universität, Hellbrunner Straße 34, 5020 Salzburg

Vorstand: o. Univ.-Prof. Dr. H. Adam

Fischermeister für die Schloßfischerei Fuschl gesucht

Anforderungsprofil: Es erwartet Sie eine moderne, gepflegte Seefischerei, Teichwirtschaft und Netzgehegewirtschaftung.

Wir erwarten selbständiges Arbeiten mit Wochenberichten über Ausfangs- und Verkaufsdaten.

Zur Seite stehen Ihnen 2 Gehilfen.

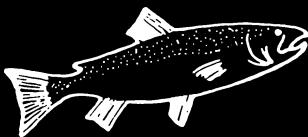
Wir bieten leistungsgerechte Entlohnung, Verpflegung während der Dienstzeit in unserer Kantine, wenn benötigt Unterkunft im Hause, sowie alle Sozialleistungen des Gutsbetriebes Schloß Fuschl.

Bewerbungen ausnahmslos schriftlich, mit Lichtbild, stichwortartigem Lebenslauf und bisherigen Tätigkeiten an:

Direktor Uwe Zeilerbauer

Hotel Schloß Fuschl, 5322 Hof

FISCHEREIGERÄTE · FACHBÜCHER · PROVINZVERSAND



Bisam- und Raubzeugfallen / Holzbeton-Nistkästen
von der biologischen Station Wilhelminenberg und
den deutschen Vogelwarten empfohlen!

HANS BÜSCH

1120 Schönbrunnerstraße 188 · Tel. 8391 12

Bitte fordern Sie meine Preisliste an!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Kotschal Kurt

Artikel/Article: [Die Gehirne heimischer Karpfenfische \(Teleostei, Cyprinidae\) 163-171](#)