

- Merwald F., 1981: Die Veränderung der Fisch-Fauna eines Donau-Augrabens in fünfzig Jahren. ÖKO L 3, 19-23.
- Moog O., 1991: Biologische Parameter zum Bewerten der Gewässergüte von Fließgewässern. 10. Seminar Landschaftswasserbau an der TU Wien, Landschaftswasserbau, 235-266.
- Moss B., 1992: Uses, abuses and management of lakes and rivers. Hydrobiologia 143/244, 31-45.
- Patzner A.-M., W. Herbst und E. Stüber, 1985: Methode einer ökologischen und landschaftlichen Bewertung von Fließgewässern. Natur und Landschaft 60, 445-448.
- Pleyer G., 1981: Veränderungen der Fischfauna durch menschliche Einwirkungen. In: Bock W.: Fischerei und Fischartenschutz. Seminar der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, April 1981, Bad Windsheim, 6-16.
- Schwevers U., 1990: Kartierung der Fischfauna im Gewässersystem der Kinzig. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 19, 670-680.
- Sinnhuber K., 1949: Die Glan bei Salzburg. Ihre Landschaft, die Regulierung und deren kulturgeographische Auswirkungen. Amt der Salzburger Landesregierung, Salzburg.
- Strubel T., 1986: Ursachen der Bestandsgefährdung. Naturnahe Gewässerunterhaltung, Fischerei und Fischartenschutz 2, 14-21.
- von dem Borne M., 1880/82: Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches, Österreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs. Verlag der Stuhr'schen Buchhandlung, Berlin.

Adressen der Autoren:

Mag. Regina Glechner, Univ.-Doz. Dr. Robert A. Patzner: Zoolog. Inst. d. Univ. Salzburg, Hellbrunner Str. 34, A-5020 Salzburg

HR Dr. Albert Jagsch, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Scharfling 18, A-5310 Mondsee

Österreichs Fischerei

Jahrgang 48/1995

Seite 83-89

Harald Essler und Kurt Kotrschal

Fische verändern ihr Schwimmverhalten bei Wahrnehmung von Nahrungs- und Feindgeruch: Versuche an Elritzen (*Phoxinus phoxinus* L.)

Einleitung

Fische sind reich mit chemischen Sinnesorganen ausgestattet. Zusätzlich zum Geruchsorgan (paarige Nasengruben) besitzen sie Geschmacksknospen, deren Verbreitung nicht wie bei höheren Wirbeltieren auf den Mundraum (speziell die Zunge) beschränkt ist, sondern sich zusätzlich je nach Lebensweise mehr oder weniger über die gesamte Körperoberfläche erstreckt (Atema, 1971; Gomahr et al., 1992). Ein weiteres chemisches Sinnessystem, das exklusiv bei Fischen (und Kaulquappen) zu finden ist, sind die Solitären Chemosensorischen Zellen (SCZ), die in großer Zahl zwischen den Geschmacksknospen in der Oberhaut der gesamten Körperoberfläche vorkommen (Kotrschal, 1991; 1992; Whitear, 1971; 1992).

Der Geruchssinn hat bei Fischen vielfältige Bedeutung im Zusammenhang mit allgemeinen Aufmerksamkeitsreaktionen, der Nahrungssuche, Feindvermeidung, dem Paarungsverhalten und dem Heimkehrvermögen bei wandernden Arten (Marui und Caprio, 1992). Die Geschmacksknospen andererseits ermöglichen es, die Nahrung in der Nähe exakt zu orten und Aufnahme sowie Verschlucken derselben zu kontrollieren (Kanwal und Finger, 1992). Über die Funktion und biologische Rolle der SCZ ist wenig bekannt. Lediglich an einer spezialisierten Rückenflosse von Felsdorschen, die dicht mit SCZ besetzt ist, konnte mit elektrophysiologischen Methoden festgestellt werden, daß diese Zellen auf den Hautschleim andersartiger Fische ansprechen und damit eventuell im Dienste der Feind-Fernererkennung stehen (Peters et al., 1989; 1991). Ob das auch auf die diffus auf der gesamten Körperoberfläche verteilten SCZ-Systeme anderer Fische (z. B. Elritzen und andere Karpfenfische zutrifft), ist unbekannt.

Das Bewegungsmuster eines Tieres ist als Resultat der äußeren Sinneseindrücke und seiner inneren Bereitschaft (Motivation) zu verstehen. In dieser Untersuchung sollte eine Methode entwickelt werden, die Schwimmpfade (= Fortbewegungsmuster) von Fischen aufzuzeichnen und zu analysieren. Es interessierte die Frage, ob diese Art der Analyse von Schwimmpfaden dazu geeignet ist, Reaktionen von Fischen auf chemische Reize aus biologischen Zusammenhängen (Nahrung und Hautschleim eines bekannten und eines unbekanntes Feindfisches) zu erkennen und eventuell zu differenzieren.

Die Experimente wurden mit Tieren, deren Riechschleimhaut zuvor entfernt worden war, wiederholt, um herauszufinden, welche Rolle der Geruchssinn im Verhalten und in der Reaktion der Fische spielt.

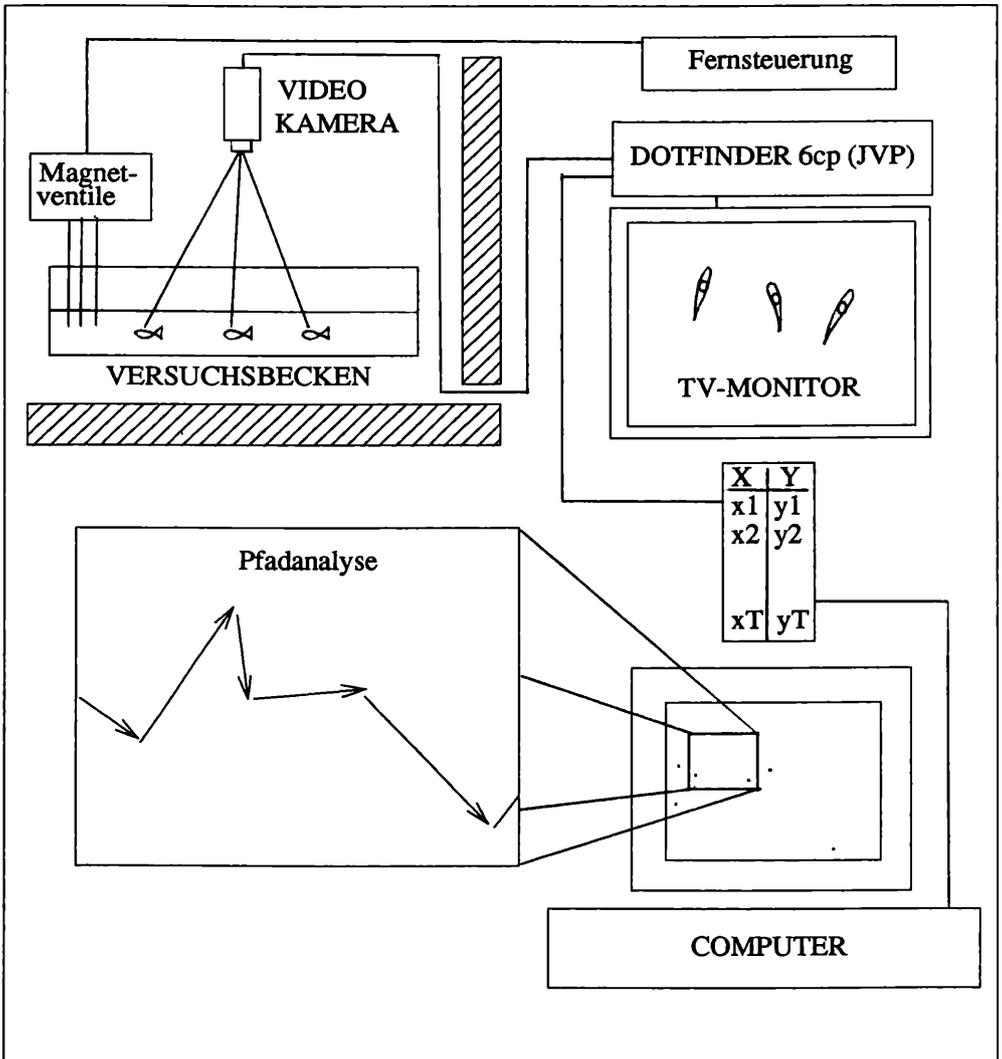


Abbildung 1: Versuchsaufbau: Die Fische werden in einem Versuchsbecken von oben mit einer Videokamera aufgenommen. Der Dotfinder registriert die auf den Fischen befestigten Farbmärken und liefert deren xy-Koordinaten mit voreinstellbarer Frequenz (max. 50 Hz) an den Computer, wo aus diesen Koordinaten-Abfolgen die Schwimmpfad-Parameter berechnet werden. Der Monitor dient der Live-Überwachung des Geschehens im Versuchsbecken. Die Reizzufuhr erfolgt über Magnetventile ferngesteuert.

Material und Methoden

Abb. 1 zeigt den Versuchsaufbau: Eine Gruppe von 12 Fischen wurde während der Versuche in einem Versuchsbecken (Durchfluß: 525×370 mm; 12 Stunden licht/dunkel) von oben mit einer Videokamera gefilmt. Bei drei von ihnen waren farbige Plastikplättchen auf dem Rücken befestigt. Die Videokamera stand in Verbindung mit einem Bewe-

Tabelle 1: Name und Beschreibung der aus den Koordinatenabfolgen berechneten Schwimmpfad-Parameter. IQR = Interquartil-Ränge

Parameter des Schwimmpfads	Beschreibung
<i>Total area use</i> (TAU)	Die Anzahl der im Versuchszeitraum beschwommenen Teilflächen, bei einem in 10×10 gleich großen Flächen unterteilten Gesamtfeld
<i>Evenness of area use</i> (E)	Die Gleichmäßigkeit der Benutzung von TAU. Evenness ist ursprünglich ein Maß aus der Informationstheorie.
<i>Total distance travelled</i> (TDT)	Gesamte geschwommene Distanz während des Versuches
<i>Stop frequency</i> (SF)	Anzahl der Stopps während des Versuches. D. h. wie oft ist der Fisch gestanden.
<i>Stop time</i> (ST)	Gesamtzeit der Stopps. D. h. wie lange ist der Fisch während des Versuches gestanden.
<i>Median of velocity</i> (MEDVEL)	Mittlere Geschwindigkeit während des Versuches
<i>IQR of velocity</i> (IQRVEL)	Variabilität der Geschwindigkeit während des Versuches
<i>Maximum velocity</i> (MAXVEL)	Maximale Geschwindigkeit während des Versuches
<i>Directional concentration</i> (CONC)	Maß für die Konzentration des Schwimmens in eine bestimmte Kompaßrichtung
<i>Median of angles</i> (MEDANG)	Mittlerer geschwommener Winkel während des Versuches
<i>IQU of angles</i> (IQRANG)	Variabilität der geschwommenen Winkel während des Versuches
<i>Median of individual distances</i> (MEDID)	Mittlerer Abstand von je einem markierten Individuum zu den beiden anderen markierten
<i>IQR of individual distances</i> (IQRID)	Variabilität der Individualabstände

gungsanalysesystem (Dotfinder 6cp, JVP), das in der Lage ist, die Position der drei verschiedenfarbigen Farbmarken mit einer voreinstellbaren Frequenz zu registrieren (max. 50 Hz, bei diesen Versuchen wurden allerdings in Anpassung an die mittleren Schwimmgeschwindigkeiten der Fische nur 2,5 Hz verwendet). Der Dotfinder lieferte als Rohdaten also Abfolgen von xy-Koordinaten (d. h. zeitliche Abfolgen von Fischpositionen) in einen Computer, wo sie für die weitere Analyse zur Verfügung standen.

Diese weitere Analyse bestand nun aus der Berechnung von den Pfad möglichst vollständig beschreibenden Maßzahlen (Schwimmpfad-Parameter, Tabelle 1) und aus einem statistischen Verfahren, das diese 13 Parameter wiederum auf wenige wesentliche Faktoren reduziert (Hauptkomponentenanalyse, Backhaus et al., 1990). Die solchermaßen gewonnenen Faktoren konnten im weiteren zu statistischen Vergleichen herangezogen werden. Die Versuche bestanden stets aus der Zugabe einer Kontrolle (500 ml Wasser) und anschließend des jeweiligen chemischen Reizes (490 ml + 10 ml Reizlösung) in Wechselschaltung mit dem regulären Durchfluß ins Versuchsbecken (durch Magnetventile, von einem anderen Raum ferngesteuert). Die Datenaufnahme dauerte ab dem Zeitpunkt der Zugabe von Kontrolle oder Reizlösung fünf Minuten. Jeder Versuch wurde zehnmal wiederholt (d. h. $10 \times 3 = 30$ Individuen wurden getestet).

Die verwendeten Elritzen stammten aus kleinen Teichen und Fließgewässern im Almtal, OÖ. Als Nahrungsreiz wurde das Filtrat einer Aufschwemmung von Karpfen-Nahrungsgranulat verwendet; der Hautschleim der Feindfische wurde durch vorsichtiges Abstreifen und anschließendes Filtrieren gewonnen und anschließend tiefgefroren. Als den Elritzen bekannter Feindfisch wurde die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) verwendet, als unbekannter, der im inneren Almtal nicht vorkommende Hecht (*Esox lucius* L.). Die Regenbogenforelle ist neben der Bachforelle (*Salmo trutta fario* L.) im Almtal der Hauptfeindfisch der Elritzen. In den Gewässern, aus denen die Versuchsfische stammten, konnten des öfteren Attacken von Regenbogenforellen gegen Elritzenschwärme beobachtet werden.

Für die Versuche mit geruchlosen Fischen wurde den Elritzen unter Narkose die Riechschleimhaut vollständig entfernt. Dieser Eingriff dauerte etwa drei Minuten und verursachte in keinem Fall Entzündungen oder sonstige Erkrankungen. Schon zwei Tage nach der Operation waren die operierten und intakten Fische, was die Freßbereitschaft und das Mitschwimmen im Schwarmverband betrifft, nicht mehr voneinander zu unterscheiden. Eine Tierversuchsgenehmigung war vorhanden.

Wichtig für alle Experimente waren standardisierte Bedingungen. Das heißt, jeder Fisch sollte unter denselben äußeren Bedingungen und mit gleicher Vorgeschichte in die jeweiligen Versuch gehen. Dies deshalb, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen und um die ohnehin großen individuellen Verhaltensunterschiede nicht durch zusätzliche unkontrollierte Versuchsfaktoren noch größer zu machen. Die Fische wurden mindestens sechs Monate vor den Versuchen gefangen und in einem Gemeinschaftsbecken (1700 × 500 × 400 mm) gehalten. Die Eingewöhnungszeit ins Versuchsbecken betrug fünf Tage, am sechsten Tag um 12 Uhr fand der Versuch mit Nahrungslösung statt, am siebenten Tag um 12 Uhr der mit Feindfisch-Hautschleim.

Ergebnisse und Diskussion

Die Hauptkomponentenanalyse zeigte, daß sich die 13 berechneten Schwimmpfad-Parameter zu 3 wesentlichen Faktoren zusammenfassen lassen (Abkürzungen siehe Tabelle 1):

1. allgemeine Aktivität (STOPT, TDT, MEDVEL, TAU, STOPF, IQRVEL, CONC)
2. Individualabstände (MEDID, IQRID)
3. Winkel (IQRANG, MEDANG)

Die anschließenden Vergleiche der Ausprägungen dieser Faktoren bei Kontrolle bzw. Versuch ergaben folgende Ergebnisse (vgl. Abb. 2; da die wesentlichen Effekte den Aktivitätsfaktor betrafen, ist nur dieser dargestellt):

Unterschiede im Aktivitätsfaktor zwischen Gruppen von Elritzen

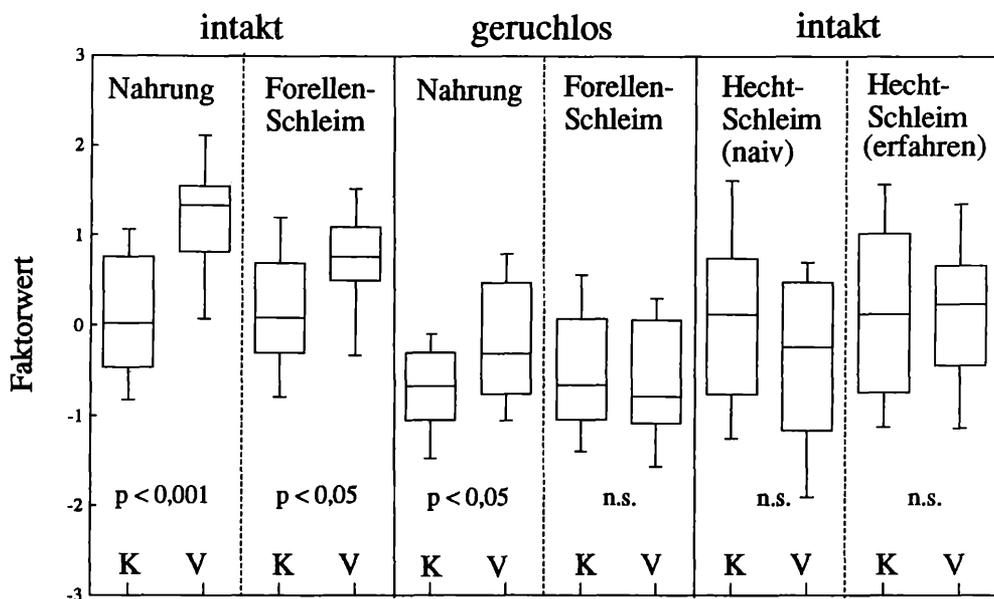


Abbildung 2: Vergleiche der Ausprägungen des Faktors 1 (Aktivitätsparameter) der Hauptkomponentenanalyse. Die Boxplots (Rechtecke) sind folgendermaßen zu lesen: horizontale Linie in der Box = Median (ein Maß für die mittlere Ausprägung), Boxlänge = Interquartil-Ränge (ein Maß für die Variabilität der Ausprägungen), Gesamtlänge des Plots = Spannweite, in die 90% der Daten fallen. Die p-Werte unter den Boxplots geben die statistischen Irrtumswahrscheinlichkeiten an (= die Wahrscheinlichkeit, mit der man sich irrt, wenn man behauptet, daß sich die beiden Boxplots unterscheiden); n.s. bedeutet nicht signifikanter Unterschied (= $p > 0,05$, da nur Unterschiede als statistisch signifikant anerkannt werden, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 0,05 ist). Bei $p < 0,05$ ist die Irrtumswahrscheinlichkeit 5%, bei $p < 0,001$ ist sie 0,1%. K = Kontrolle, V = Versuch.

Die Fische reagierten wie erwartet mit einer Erhöhung aller Aspekte der allgemeinen Aktivität und einer Vergrößerung der mittleren Abstände (und deren Variabilität) zueinander auf die Nahrungslösung. Das entspricht einer Nahrungs-Suchreaktion, wie sie für Fische bekannt ist (Übersicht bei Jones, 1992). Im Gegensatz zu dieser, auch bei direkter Beobachtung gut sichtbaren Nahrungs-Suchreaktion waren direkt zunächst keine Reaktionen der Elritzen auf den Hautschleim der beiden Feindfische bei Direktbeobachtung über einen Monitor erkennbar. Erst die Analyse der Schwimmpfade zeigte, daß die Fische zwar auf den Forellen-Hautschleim mit einer signifikanten Erhöhung der allgemeinen Aktivität reagierten, keine Reaktion allerdings auf den Hecht-Hautschleim zu messen war. Diese Ergebnisse unterstreichen die Sensibilität der verwendeten Bewegungsanalyse. Auch vom menschlichen Beobachter nicht mehr wahrnehmbare Verhaltensunterschiede der Fische konnten mit diesen Methoden nachgewiesen werden.

Unterschiede im Aktivitätsfaktor zwischen Gruppen von Elritzen

Die Reaktion der Elritzen auf den Forellen-Hautschleim ist als eine allgemeine Aufmerksamkeitsreaktion zu deuten und nicht als spezifische Feindvermeidung. Anscheinend wurde eine bestimmte Reizschwelle oder -konstellation nicht erreicht, um eine *spezifische* Reaktion auszulösen. Die ausgebliebene Reaktion auf den Hecht-Haut-

schleim zeigt, daß die Elritzen wahrscheinlich längere Erfahrungen mit Hechten benötigen, um überhaupt auf deren Geruch zu reagieren. Längere deshalb, weil in der vorliegenden Untersuchung auch Versuche mit Elritzen durchgeführt wurden, die vorher etwa 3 Stunden mit einem lebenden Hecht in einem Gefahrezusammenhang konfrontiert worden waren. Auch bei den anschließenden Versuchen mit diesen nun Hechterfahrenen Elritzen konnte keine Reaktion auf Hecht-Hautschleim festgestellt werden. Es wäre möglich, daß die Fische auf den chemischen Reiz des Hechtes nicht reagierten, weil es bei den guten Sichtverhältnissen im Versuchsbecken gar nicht nötig war. Das heißt, die visuelle Kontrolle der Umgebung (visuelle Information dominiert über chemosensorische) verhinderte eine mögliche durch den chemischen Reiz verursachte Aufmerksamkeits- oder gar Schreckreaktion. Diese Ergebnisse widersprechen Angaben aus der Literatur, wo Hechtgeruch als äußerst potenter Reiz beschrieben wird (Chivers und Smith, 1993; v. Frisch, 1941; George, 1960; Göz, 1941; Magurran, 1989; Mathis et al., 1993).

Bei den geruchlosen Fischen war das Aktivitätsniveau schon unter Kontrollbedingungen signifikant niedriger als bei intakten Tieren und sie reagierten schwach auf die Nahrungslösung und gar nicht auf den Forellen-Hautschleim. Es scheint, als würde das Geruchsorgan nicht allein Geruchsinformation vermitteln, sondern in Verbindung mit höheren Gehirnzentren bei der Aufrechterhaltung der inneren Reaktionsbereitschaft und bei der Entstehung von Aufmerksamkeitsreaktionen eine wichtige Rolle spielen (vgl. Aronson und Kaplan, 1968).

Summary

Fish change their swimming behaviour in response to food odour and predator odour: experiments with European minnows (*Phoxinus phoxinus* L.)

Swim paths (strings of xy-coordinates, recording frequency = 2.5 Hz) of European minnows were recorded with the aid of a video-based motion analysis system (Dotfinder 6cp, JVP: registering up to 3 colour points simultaneously in a homogenous field). Swim paths were recorded after stimulation with a control (water) and subsequent stimulation with a biologically relevant chemical (dilutions of food, body mucus from sympatric – rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* WALBAUM – and allopatric – pike, *Esox lucius* L. – potential predators. The experiments with food and trout mucus were repeated after removal of the olfactory mucosa, the experiments with pike mucus after a visual confrontation with a live pike in conjunction with alarm substance. From the strings of xy-coordinates 13 characteristic swim path parameters were calculated, representing velocities, angles and inter-individual distances. From these, Principal Component Analysis extracted 3 factors: 1. “general activity”, 2. “angles” and 3. “interindividual distances”. Factor scores were used for further comparisons of paths under control versus experimental conditions. Minnows showed significant search behaviour after food stimulation. A comparable response was obtained with trout mucus, but it was less pronounced. This reaction to trout mucus is probably a general asousal reaction. Neither pike-naive nor -experienced fish responded to pike mucus. This might be due to the complete visual control of fish of their experimental tank (visual information dominates chemosensory information). Removal of the olfactory mucosa caused significant decreases of activity levels under control conditions. Also, there was only a small increase in activity after food stimulation, and no reaction at all after stimulation with trout mucus. These results suggest an important role of ofaction in the control of motivation.

Danksagung

Dieses Projekt wurde vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt P8412-BIO) finanziert und an der Konrad Lorenz Forschungsstelle für Ethologie in Grünau/Almtal durchgeführt. Gedankt sei auch der Herzog von Cumberland Stiftung.

LITERATUR

- Aronson, L. R. und H. Kaplan (1968): Function of the teleost forebrain. In Ingle, D. (ed.), The central nervous system and fish behavior. University of Chicago Press, Chicago und London, pp. 107-125.
- Atema, J. (1971): Structures and functions of the sense of taste in catfish (*Ictalurus natalis*). Brain Behav. Evolut. 4: 273-294.
- Backhaus, K., B. Erichson, W. Plinke und R. Weiber (1990): Multivariate Analysemethoden, 6. Auflage. Springer Verlag, Berlin. 416 pp.
- Chivers, D. P. und R. J. F. Smith (1993): The role of olfaction in chemosensory-based predator recognition in the fathead minnow, *Pimephales promelas*. J. chem. Ecol. 19: 623-633.
- Frisch, K. v. (1941): Die Bedeutung des Geruchssinnes im Leben der Fische. Naturwissenschaften 22: 321-333.
- George, C. J. W. (1960): Behavioral interaction of the pickerel (*Esox niger* and *Esox americanus*) and the mosquitofish (*Gambusia patruelis*). PhD Thesis, Harvard Univ., Cambridge.
- Gomahr, A., M. Palzenberger und K. Kotschal (1992): Density and distribution of external taste buds in cyprinids. Env. Biol. Fish. 33: 125-134.
- Göz, H. (1941): Über den Art- und Individualgeruch bei Fischen. Z. vergl. Physiol. 29: 1-45.
- Jones, K. A. (1992): Food search behaviour in fish and the use of chemical lures in commercial and sports fishing. In Hara, T. J. (ed.), Fish chemoreception. Chapman & Hall, London, N. Y. pp. 288-319.
- Kanwal, J. S. und T. E. Finger (1992): Central representation and projections of gustatory systems. In Hara, T. J. (ed.), Fish chemoreception. Chapman & Hall, London, N. Y. pp. 79-101.
- Kotschal, K. (1991): Solitary chemosensory cells - taste, common chemical sense or what? Rev. Fish Biol. Fish. 1: 3-22.
- Kotschal, K. (1992): Quantitative electron microscopy of solitary chemoreceptor cells in cyprinids and other teleosts. Env. Biol. Fish. 35: 273-282.
- Magurran, A. E. (1989): Acquired recognition of predator odour in the European minnow (*Phoxinus phoxinus*). Ethology 82: 216-223.
- Marui, T. und J. Caprio (1992): Teleost gustation. In Hara, T. J. (ed.), Fish chemoreception. Chapman & Hall, London, N. Y. pp. 171-197.
- Mathis, A. D. P. Chivers und R. J. F. Smith (1993): Population differences in responses of fathead minnows (*Pimephales promelas*) to visual and chemical stimuli from predators. Ethology 93: 31-40.
- Peters, R. C., K. Kotschal und W. D. Krautgartner (1991): Solitary chemoreceptor cells of Ciliata mustela (Gadidae, Teleostei) are tuned to mucoid stimuli. Chem. Sens. 16: 31-42.
- Peters, R. C., K. Kotschal, W. D. Krautgartner und J. Atema (1989): A novel chemosensory system in fish: electrophysiological evidence for mucus detection by solitary chemosensory cells in rocklings (Ciliata mustela, Gadidae). Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole 177: 329.
- Whitear, M. (1971): Cell specialization and sensory function in fish epidermis. J. Zool. Lond. 163: 237-264.
- Whitear, M. (1992): Solitary chemosensory cells. In Hara, T. J. (ed.), Fish chemoreception. Chapman & Hall, London, N. Y. pp. 103-125.

Adresse der Autoren:

Dr. Harald Essler, Univ.-Dozent Dr. Kurt Kotschal, Konrad-Lorenz-Forschungsstelle für Ethologie, A-4645 Grünau 11

Österreichs Fischerei

Jahrgang 48/1995

Seite 89-95

Franz Kohl

Zur WWF-Studie »Kormorane an der Donau östlich von Wien«

Zusatzanalysen und Versuch einer Neubewertung

(zu Artikel Österreichs Fischerei Heft 2/3 - 95, Seite 43-53)

Vorbemerkungen

Was von dieser Studie in den Medien publiziert wurde, war verkürzt und irreführend. Das gehörte in aller Deutlichkeit kritisiert. Es liegt mir daran, ausdrücklich festzustellen: Die Studie selbst ist eine wertvolle Arbeit mit umfangreichem, neuem empirischen Material. Daß sich bei der Interpretation des Materials einige kritisierbare Annahmen und Inkonsistenzen finden, kann in Ruhe und ohne Aufregung diskutiert werden, mit dem Ziel, aus den Daten eine möglichst unverzerrte Einschätzung der Realität zu gewinnen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [48](#)

Autor(en)/Author(s): Kotrschal Kurt, Essler Harald

Artikel/Article: [Fische verändern ihr Schwimmverhalten bei Wahrnehmung von Nahrungs- und Feindgeruch: Versuche an Elritzen \(Phoxinus phoxinus L.J 83-89\)](#)