

Gefühle und ihre Bedeutung bei Fischen

Prof. R. Knösche, Falkensee

Was das Gehirn der Fische zu leisten imstande ist, wird seit einigen Jahren intensiv diskutiert. Häufig lässt dabei auch die Objektivität zu wünschen übrig, v.a. bei Auseinandersetzungen zwischen Tierschutzverbänden und Fischereiausübenden.

Vor allem betrifft das die Frage des Schmerzempfindens. Das Schmerzempfinden befähigt Tiere zu Handlungen, die die körperliche Unversehrtheit sichern, indem sie den schädigenden Reiz wahrnehmen und sich ihm entziehen. Es existiert also ein biologischer Sinn dafür. Sonst hätte die Evolution eine solche Erscheinung nicht hervorgebracht.

Bis vor wenigen Jahrzehnten dominierte in der Wissenschaft die Auffassung, dass das Schmerzempfinden bei Fischen gar nicht oder nur in sehr geringem Maße entwickelt ist. Man stützte sich dabei v.a. auf Beobachtungen, wo Fische überhaupt keine sichtbaren Reaktionen zeigten, wenn ihnen Verletzungen zugefügt wurden. Die immer mehr erstarkenden Tierschutzverbände, deren Mitglieder oft zu anthropomorphisierenden Ansichten neigen, nahmen diese früheren wissenschaftlichen Auffassungen nicht zur Kenntnis und postulierten ein Schmerzempfinden bei Fischen, ähnlich wie beim Menschen. Diese Meinung wurde auch teilweise vom institutionellen Tierschutz übernommen und findet seinen Ausdruck auch im Tierschutzgesetz, v.a. in seiner juristischen Interpretation (z.B. DROSSÉ 2002).

Arbeiten des amerikanischen Neurologen ROSE (ROSE 1999/2000, 2002) brachten wieder eine neue Richtung in die Diskussion. ROSE geht davon aus, dass bei allen Wirbeltieren, die nachweislich Schmerz empfinden können, dieses Empfinden maßgeblich in der Großhirnrinde (Neocortex) lokalisiert ist. Fische verfügen über keinen Neocortex. Ein Schmerzempfinden, wie es bei höheren Wirbeltieren existiert, ist deshalb nach Ansicht von ROSE bei ihnen höchst unwahrscheinlich. Diese Auffassungen und die relevanten Publikationen, die sich gegen diese Auffassungen wenden, sind von SCHRECKENBACH & PIETROCK (2005) ausgewertet worden. Die ROSE'sche Argumentation aber auch die handwerklichen Mängel in Gegenpublikationen (z.B. SCHULZ 1992, SNEDDON et al. 2003) veranlassten die Autoren, ein Schmerzempfinden bei Fischen eher zu verneinen. Eine wichtige Aussage ist, dass Schmerzempfinden Bewusstsein voraussetzt (keine Schmerzempfindung, oder genauer keine Erinnerung daran unter Narkose). Eine bewusste Schmerzwahrnehmung wurde demnach bei Fischen ausgeschlossen. Das Gleiche wird auch für bewusste Emotionen postuliert.

ROSE und die Diskussionen zu seiner Meinung zielen aber nur auf die höchste, die kognitive Ebene des Schmerzgeschehens, d.h. auf die Ebene, die uns Menschen den Schmerz bewusst und unangenehm macht. In die Verarbeitung von Reizen, die von uns als Schmerz wahrgenommen werden, sind aber auch die tieferen und stammesgeschichtlich älteren Ebenen des Zentralnervensystems verwickelt, d.h. das limbische (emotionale) System und auch das Reflexsystem. Schmerzreize werden hier in mehreren Stufen „verarbeitet“ und mit körpereigenen Gegenreizen „verrechnet“, ehe sie (bei den höheren Wirbeltieren) zur bewussten Wahrnehmung weitergeleitet werden. Diese „niederen“ Systeme existieren auch bei Fischen, wie weiter unten gezeigt wird. Ob und in welcher Form Fische Reizantworten aus diesen Ebenen als Schmerz wahrnehmen können, ist unklar. SCHRECKENBACH & PIETROCK (2005) ergänzen deshalb ihre Auffassung: „Aus dem vorliegenden Erkenntnisstand wird auch deutlich, dass Fische – falls sie doch Schmerzen fühlen sollten – über ganz andere Mechanismen als Vögel und Säugetiere verfügen müssten“.

Schmerzwahrnehmungen äußern sich bei höheren Wirbeltieren aber immer als Stress. Da die Physiologie des Stresses bei allen Wirbeltieren prinzipiell gleich ist, gibt es keinen Grund anzunehmen, dass eventuelle Schmerzwahrnehmungen bei Fischen keine messbare Stressantwort hervorrufen. Mithilfe der eindeutig definierten und nachweisbaren „Belastungen (Stress)“ und „Schäden“ ist nach Auffassung von SCHRECKENBACH & PIETROCK (2005) ein wirksamerer Tierschutz bei Fischen möglich als mit den nicht objektiv fassbaren Begriffen „Schmerzen“ und „Leiden“.

Die Befürworter der Existenz von Schmerzen und Leiden argumentieren damit, dass es bei Fischen ja Hirnstrukturen geben könnte, die die entsprechenden Funktionen des Neocortex der höheren Wirbeltiere auch bei Fischen realisieren, d.h. dass sie über ein wenn auch primitives Bewusstsein verfügen. Ein Nachweis dafür existiert bislang nicht.

In der Zwischenzeit sind einige Arbeiten bekannt geworden, die neue Aspekte in die Diskussion bringen. Diese beruhen v.a. auf immer mehr verfeinerten Versuchsanstellungen. SALAS et al. (2006) stellen in einer Übersichtsarbeit fest, dass sich die Hirnstrukturen der Wirbeltiere zwar prinzipiell vom Niederen zum Höheren entwickelt haben, dass es aber auch parallele Entwicklungen in den einzelnen Klassen von gemeinsamen Vorfahren her gegeben hat. So wurden bei Knochenfischen (meist Goldfische – *Carassius*

auratus) im Vorderhirn Strukturen nachgewiesen, deren Funktion dem Hippocampus und dem Mandelkern und teilweise vielleicht sogar einfachen Strukturen der Großhirnrinde der Säuger (Isocortex = Neocortex) entsprechen. Letzteres wird aber in der zitierten Originalliteratur als nicht eindeutig bewiesen bezeichnet.

Von höheren Wirbeltieren ist bekannt, dass sie zur Navigation im Raum eine Art innerer Landkarte nutzen, die es ihnen ermöglicht, ein Ziel unabhängig von der aktuellen Position zu lokalisieren. Solche „landkartenähnliche“ Abbildungen der Umwelt wurden auch in den Gehirnstrukturen von Knochenfischen nachgewiesen. So waren Goldfische, die auf ein kompliziert angeordnetes Ziel trainiert wurden, in der Lage, dieses Ziel auch spontan über neue Routen, Abkürzungen oder Umwege zu erreichen. Solche Leistungen werden auch in der Praxis bei Karpfen beobachtet, die in Teichen sehr effektiv auch komplizierte Wege zu den Fütterungsplätzen finden. Die für diese Leistungen maßgebliche Struktur ist analog zu den höheren Wirbeltieren das laterale Pallium (hippocampal pallium). Es konnte experimentell gezeigt werden, dass das laterale Pallium der Fische das Homolog des Hippocampus der Säuger darstellt. Hier erfolgen die Verarbeitung von Signalen der räumlichen Orientierung und von zeitlichen Abläufen sowie die Bildung „mentaler Landkarten“. Verallgemeinert auf alle Knochenfische würde das u.a. bedeuten, dass ein Aal, der über eine größere Entfernung verbracht wird (Besatz), nicht zwingend die Laichplätze in der Sargassosee verfehlen muss, wie es in jüngster Zeit von einigen Aalforschern postuliert wurde.

Aus drastischen Verhaltensstörungen nach der operativen Entfernung oder bei gezielter elektrischer Stimulation des medialen Palliums von Fischen wird der Schluss gezogen, dass es sich hierbei um das funktionelle Homolog des Mandelkerns (Zentrum des emotionalen Lernens und Verhaltens) der Säuger handelt. Diese Tatsache und die große Ähnlichkeit der Ausbildung bedingter (Ausweich)Reflexe zwischen (Gold)Fischen und Säugern veranlasst einige Autoren zu der Auffassung, dass sie wie die letzteren auch Angst empfinden.

Den experimentellen Beweis, dass Angst oder angstähnliche Zustände im Verhalten von Fischen eine Rolle spielen, glauben auch PORTAVELLA et al. (2004) erbracht zu haben. Sie trainierten Goldfische einen bedingten Reflex an (grünes Licht ist mit einem Elektroschock verbunden) und entfernten ihnen dann operativ das Vorderhirn, das laterale Pallium (≈ Hippocampus der Säuger) oder das mediale Pallium (≈ Mandelkern der Säuger).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Fische nach Entfernung des Vorderhirns oder des medialen Palliums zwar Fluchreflexe behielten und diese auch ausbauen konnten. Erlerntes Meideverhalten ging aber verloren und konnte nicht mehr neu entwickelt werden. Das wird als Beweis dafür gewertet, dass das Erlernen von Meideverhalten auf der Nutzung einer Art von Angst beruht. Die Reduzierung dieser „Angst“ durch das Meideverhalten festigt dieses. Der Ausfall des medialen Palliums verhindert das Abrufen dieser vorausschauenden Angst bei einem Warnreiz – ähnlich wie bei Affen nach Ausschalten des Mandelkerns die panische Angst vor Schlangen ausbleibt. Das mediale Pallium im Vorderhirn der Fische ist offenbar das emotionale System, in dem Angst erlernt wird – analog zum Mandelkern der Säuger. Das Problem bei dieser Publikation besteht darin, dass hier mit dem bereits für ein menschliches Gefühl besetzten Begriff Angst gearbeitet wird. Das verleitet dazu, die entsprechenden Empfindungen bei Mensch und Fisch gleichzusetzen, was keinesfalls erwiesen und auch nicht wahrscheinlich ist. Das ist schon deshalb unwahrscheinlich, weil den Fischen der Neocortex und damit die dritte funktionale (cognitive) Ebene des Zentralnervensystems fehlt, mit dem der Mensch bewusst Angst und Schmerz empfindet und das Ich-Bewusstsein entwickelt.

Die Ergebnisse stützen aber die Vorstellung von zwei unterschiedlichen Gedächtnissystemen, die im Vorderhirn der Fische in genau begrenzten Regionen lokalisiert sind – das emotionale System im medialen Pallium und das Zeit-Raum-Relativ-Gedächtnis im lateralen Pallium. Mit anderen Worten: Fische können Angst als bewusste Emotion wahrscheinlich nicht, eine andere Art von Angst als unbewusste Emotion aber wahrscheinlich empfinden. Ob diese Art von Angst negativ besetzt ist, könnte in einem relativ einfachen Experiment durch Messung der physiologischen Stressparameter (Cortisol, Blutzucker, Lactat, Sauerstoffverbrauch, NH₃-Ausscheidung usw.) nachgewiesen werden. Das gemessene Maß an Stress sagt uns ziemlich genau, ob wir die Fische im Sinne des Tierschutzgesetzes behandelt haben oder nicht.

Wenn die Fische auf bestimmte emotionale Zustände mit Stress reagieren, dann gilt das unabhängig davon, ob diese Zustände durch den Menschen hervorgerufen werden oder durch andere Faktoren (z.B. Kormorane). Es gibt zwar aus methodischen Gründen kaum direkte physiologische Nachweise von Distress durch Kormorane. Beobachtungen von total erschöpften Fischen nach intensivem Kormoranbeflug sind aber indirekte Beweise dafür. So fanden KORTAN et al. (2008) in Teichen mit Kormoranbeflug signifikant niedrigere Korpulenzfaktoren bei den Karpfen als in solchen ohne Kormoranbeflug. Während ein normaler Kormoranbestand als natürlicher Faktor

	L1M2	L1M4	Kontrolle	L2M2	L2M4	Kontrolle
Endmasse (g)	82,9	83,1	79,4	81,4	78,3	76,1
Fettgehalt (%)	10,9	12,6	11,6	12,9	12,3	12,5
davon:						
DHA (%)	10,1	9,55	9,08	9,91	8,89	9,77
EPA (%)	4,08	3,91	3,72	4,08	3,89	4,10

Tab.1: Aufzuchtergebnisse, DHA: Docosahexaensäure; EPA: Eicosapentaensäure

zu bewerten ist, den ein Fischbestand ertragen muss, sind durch übermäßigen Schutz exzessiv angewachsene Kormoranpopulationen nicht anders zu bewerten als z.B. wilde Hunde, die Rehe zu Tode hetzen.

Da Fische, wie oben gezeigt wurde, über subcorticale Zentren verfügen, die u.a. dem Hypothalamus und der Amygdala (Mandelkern) der Landwirbeltiere entsprechen, können sie vermutlich nicht nur die Reflexebene sondern auch die emotionale Ebene der Reizverarbeitung realisieren (vgl. u.a.: BROGLIO et al. 2005). Daraus folgt, dass Fische, wenn sie „sich gut fühlen“, Stresserleichterung verspüren. Wenn die dabei auftretenden Wirkungsmechanismen denen der höheren Wirbeltiere ähneln, müssten sie dann auch gut wachsen. Optimal wachsende Fische müssten sich demnach im Umkehrschluss wohl fühlen.

Wenn das zutrifft, so könnte man ebenfalls aus der menschlichen Psychologie oder aus der Warmblüterpsychologie schließen, dass Musik bei Fischen eine Stress dämpfende Wirkung hat. Musik müsste dann zu besserem Wachstum führen. Nicht nur auf Menschen sondern auch auf Kühe und Hühner wirkt Musik nachweislich Stress mildernd und wachstumsfördernd.

Dieses Thema ist Gegenstand einer griechischen Fischereiforschergruppe. Es gibt uns zusätzliche Einblicke in das „Gefühlsleben“ der Fische (PAPOUTSOGLU et al. 2006, 2008). Von Fischen ist zwar bekannt, dass sie Laute wahrnehmen können. Ob sie aber trotz des fehlenden Neocortex für Musik empfänglich sind, ist nicht ausreichend geklärt.

Da man sich heute weitgehend darüber einig ist, dass die Wahrnehmung von Musik allgemein im subcorticalen Bereich (v.a. im Hypothalamus) lokalisiert ist, wurde in einem ersten Versuch an zweisömmerigen Karpfen geprüft, welche Auswirkungen klassische Musik (Mozart: Eine kleine Nachtmusik) auf das Wachstum und verschiedene physiologische Parameter hat. Das Stück wurde den Versuchsfischen 8 Wochen lang täglich über ein Hydrophon vorgespielt.

Wenn die Karpfen im Dunklen gehalten wurden, hatte die Musik keinerlei Effekt. Im Gegenteil wuchsen die „Dunkelfische“ ohne Musik besser. Bei normalem Tag-Nacht-Rhythmus wuchsen sie aber mit der klassischen Musik deutlich besser - i.M. 22 % bei 30 Minuten Musik und 90 Minuten Ruhe.

Während sich die meisten physiologischen Parameter nicht veränderten, stieg der Dopaminspiegel (Maß für den „Gemütszustand“) hoch signifikant an. Es konnte nicht abschließend geklärt werden, ob die positive Wirkung der Musik auf einen beruhigenden oder anregenden (Eustress) Effekt zurückzuführen ist. Diese unklare Wirkungsweise von Musik auf Fische spiegelt sich beispielsweise auch in den unterschiedlichen Praktiken niederländischer Fischzüchter wieder. Manche sind davon überzeugt, dass ihre Welse (*Clarias gariepinus*) im Dunklen bei lauter Rockmusik besser wachsen. Andere setzen dagegen auf klassische Musik.

Man unterscheidet bei Fischen „Gehörspezialisten“, die noch sehr leise Töne bis > 3 kHz wahrnehmen können, und „Gehörgeneralisten“, die nur laute Töne bis zu 1 kHz hören. In der intensiven Aquakultur werden die Fische vielfältigen z.T. recht lauten Geräuschen ausgesetzt, und es sind in jüngster Zeit einige Publikationen über „Gehörschäden“ durch solche Geräusche bekannt geworden. Die Gehörspezialisten, zu denen z.B. der Karpfen gehört, sind zu erstaunlichen Differenzierungsleistungen fähig (MANN et al. 2007).

Weil die Versuche mit Karpfen nicht ganz eindeutige Ergebnisse lieferten, wurden die Experimente in ähnlicher Weise mit einem weiteren Gehörspezialisten, der Dorade (*Sparus aurata*) fortgeführt. Doraden von 1,5 g Startgewicht wurden bei einer Besatzdichte von 270 St/m³ in einer geschlossenen Kreislaufanlage 117 Tage lang aufgezogen. Die Aufzuchtbedingungen wurden wie folgt variiert:

L1M2: Überwasserbeleuchtung 200 lux; 2 Stunden Musik über ein Hydrophon (von Montag bis Freitag jeweils ab 9:15 Mozart: Romanze-Andante, Eine kleine Nachtmusik),

- L2M2: 80 lux; 2 Stunden Musik,

- L1M4: 200 lux; 4 Stunden Musik,

- L2M4: 80 lux; 4 Stunden Musik,

- Kontrolle: keine Musik.

Tab. 1 zeigt die Aufzuchtergebnisse. Mit Musik waren die Ergebnisse bis zum Ende des Versuchs in den Versuchsvarianten zwar tendenziell etwas besser aber nicht signifikant. Eher hatte die schwächere Beleuchtung eine positive Wirkung. In den ersten 89 Tagen war das Wachstum in den Musikvarianten aber signifikant besser.

Neurophysiologische Untersuchungen ergaben, dass die Ausschüttung an Neu-

rotransmittern im Gehirn bei Musik reduziert wurde, insbesondere bei 200 lux. Auch die Aktivität der Verdauungsenzyme änderte sich bei Beleuchtung. Vermutlich deshalb war der FQ in der Variante L1M4 signifikant reduziert. Die Autoren werten das als ersten Beweis, dass Musik (140 dB) unter spezifischen Aufzuchtbedingungen (hoher Lärmpegel der Anlage – 121 dB) die Wachstumsleistung von Doraden verbessern kann. Durch Musik können außerdem das Wohlbefinden und die Produktqualität der Fische verbessert werden.

Aus diesen Versuchen kann bisher nur die Schlussfolgerung gezogen werden, dass Töne und Musik auf das limbische System der Fische einen bestimmten Einfluss haben, dass aber eventuelle Wirkungen von Musik auf Wachstum und Entwicklung bestenfalls in Ansätzen erkennbar sind und nicht annähernd an die Effekte heranreichen, die bei Menschen und höheren Wirbeltieren beobachtet werden.

Dass Fische über Emotionen verfügen, scheint beim heutigen Kenntnisstand sicher zu sein. Dass diese Emotionen mit denen des Menschen vergleichbar sind, ist unwahrscheinlich. Aber niemand vermag bisher zu sagen, wie der Fisch Emotionen

empfindet. Da aber alle Wirbeltiere auf negative Einflüsse mit physiologischen Stressreaktionen antworten, kann die Schlussfolgerung von SCHRECKENBACH & PIETROCK (2005) nur unterstrichen werden, tierschutzgerechten Umgang mit Fischen anhand der Stressparameter und den weiteren physiologischen Folgen von Dystress zu messen.

Wie das Phänomen Schmerz, Angst und Leiden genau funktioniert, ist bisher nicht einmal beim Menschen geklärt. Aber es kommen ständig neue verfeinerte Messmethoden und Versuchsanstellungen hinzu. Wir müssen daher damit rechnen, dass es auch bei Fischen in Zukunft einen erheblichen Erkenntniszuwachs geben wird, der es uns erlauben wird, Schmerz, Angst und Leiden besser zu verstehen.

Literatur:

- BROGLIO, C. et al. (2005): Hallmarks of a common forebrain vertebrate plan: Specialized pallial areas for spatial, temporal and emotional memory in actinopterygian fish. *Brain Research Bul.* 66(4-6): 277-281.
- DROSSÉ, H. (2002): Catch & Release – eine angelfischereiliche Tierquälerei. *Agrarrecht*, 32(4): 111 – 113.
- KORTAN J. et al. (2008): Indirect manifestation of cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis* (L.)) predation on pond fish stock. *Knowledge and Manage-*

- ment of Aquatic Ecosystems 389(01): 11 pp.
- MANN, D.A. et al. (2007): Hearing in eight species of northern Canadian freshwater fishes. *J. of Fish Biol.* 70: 109 – 120.
- PAPOUTSOGLU, S.E. et al. (2006): Effect of Mozart's music (Romanze Andante of „Eine kleine Nachtmusik“, sol major K 525) stimulus on common carp (*Cyprinus carpio*) physiology under different light conditions. *Aquacult. Eng.* 36: 61 – 72.
- PAPOUTSOGLU, S.E. et al. (2008): Effect of music stimulus on gilthead bream *Sparus aurata* physiology under different light intensity in a recirculating water system. *J. Fish Biol.* 73: 980 – 1004.
- PORTAVELLA, M. et al. (2004): Avoidance response in goldfish: emotional and temporal involvement of medial and lateral telencephalic pallium. *Journal of Neuroscience*, 24 (9):2335–2342.
- ROSE, J.D. (1999/2000): Do fish feel pain? In: *Fisherman* 24 (7) Dez./Jan.: 38-46.
- ROSE, J.D. (2002): The neurobehavioral nature of fishes and the question of awareness and pain. *Fisheries Science* 10 (1): 1-38.
- SALAS, C. et al. (2006): Neuropsychology of learning and memory in teleost fish. *Zebrafish* 3(2): 157 – 171.
- SCHRECKENBACH, K. & PIETROCK, M. (2005): Schmerzempfinden bei Fischen - Stand der Wissenschaft. *Schriftenreihe LFV Baden-Württemberg* 2: 17 – 31.
- SCHULZ, D. (1992): Tierschutzrelevante Untersuchungen zur Lebendhaltung gefangener Rotaugen im Setzkescher. *Fischökologie Aktuell* 6: 2-13.
- SNEDDON, L.U., BRAITHWAITE, V.A., GENTLE, M.J. (2003): Do fish have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Proceedings of The Royal Society*, 270: 1115-1121.

Veranstaltungen

Fünf Mal preisgekröntes Karpfenfilet

VBB ehrt die Einsender von Spitzenrezepten

Unsere Zeitschrift „Fischer & Teichwirt“ hatte bereits 2007 ein Preisausschreiben für Rezepte mit Karpfenfilet ausgeschrieben. Nunmehr fand in Flachslanden (Mittelfranken, nahe Ansbach) die Ehrung der prämierten Rezepte statt. Und wie geht so eine Ehrung am besten vonstatten? Indem man die eingesandten Rezepte nachkocht und im Kreis von illustren Gästen auch verkostet.

Im dafür bestens geeigneten Gasthof „Rose“ versammelten sich der stv. Bezirksstagspräsident Norbert Dünkel, Hersbruck, Bezirksrätin Gabi Schmidt, Uehlfeld und Bezirksrat Ernst Schuster aus

Thalmassing. Aus Dietershofen nahm stv. Landrat Heinz Henninger teil. Der neue Bürgermeister von Flachslanden Hans Henninger freute sich in einem Grußwort, dass dieses Karpfen-Event einmal nicht im Aischgrund oder im Raum Dinkelsbühl-Feuchtwangen stattfand, sondern auf der Frankenhöhe, wo auch seit altersher gute Karpfen herangezogen werden. Die Fischerei war vertreten mit Präsident Fritz Loscher-Frühwald vom Fischereiverband Mittelfranken, dessen Vorgänger Dr. Christoph Maier, dem Geschäftsführer des VBB Konrad Bartmann und Frau Dr. Pfeil-Putzien vom Fischgesundheitsdienst.

Als Vertreter der mittelfränkischen Teichgenossenschaften kamen vom Aischgrund Vorsitzender Walter Jakob, für Ansbach der stv. Vorsitzende Herbert Ebert und Geschäftsführer Herbert Vogel. Für die Teichgenossenschaft Roth stv. Vorsitzender Hans Danner und die neue Geschäftsführerin Frau Heike Meyer. Thomas Müller-Braun, der den Abend moderierte, vertrat die Teichgenossenschaft Neustadt a.d.Aisch. Der „Fischer & Teichwirt“ wurde vertreten durch den Chefredakteur Dr. Dieter Piwernetz und Dr. Peter Wißmath. Der Abend begann mit Sekt-Empfang und Fingerfood vom Karpfen, danach die



Preisträger Dr. Reinhard Reiter, Meitingen



Preisträger Udo Seidlitz, Wermsdorf



Preisträger Ernst Eberle, Dorschhausen