

Horst Bleckmann

Dumm wie ein Fisch?

Die überraschende Intelligenz
unter Wasser



SACHBUCH



Springer

Dumm wie ein Fisch?

EBOOK INSIDE

Die Zugangsinformationen zum eBook Inside finden Sie am Ende des Buchs.

Horst Bleckmann

Dumm wie ein Fisch?

Die überraschende Intelligenz unter
Wasser

 Springer

Horst Bleckmann
Institut für Zoologie
Universität Bonn
Bonn, Nordrhein-Westfalen, Deutschland

ISBN 978-3-662-64580-2 ISBN 978-3-662-64581-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-64581-9>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Einbandabbildung: Copyright Simon Sommerfeld

Planung/Lektorat: Stefanie Wolf

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Für Angelika, Julia und Lisa

Geleitwort

Dumm wie ein Fisch: was Menschen über Fische wissen

Eine Welt unter Wasser: Es gibt etwa 33.000 Fischarten, die artenreichste Gruppe unter den Wirbeltieren. Die Artenzahl der Säugetiere beträgt nur ca. 5500 Arten, die der Vögel liegt bei ca. 10.000 Arten. Fische leben in Teichen, Flüssen und den Ozeanen unserer Erde. Von Tümpeln in Trockengebieten bis in die Tiefen der Ozeane besiedeln sie fast alle Gewässer unseres Planeten. Ihre sinnesphysiologischen Leistungen sind so vielfältig wie die Umweltbedingen, unter denen sie leben: Manche Fische können elektrische Felder registrieren und erzeugen und sich hervorragend mit Hilfe ihres Sehsinns oder Seitenliniensystems räumlich orientieren. Viele Fische orientieren sich bei ihren Wanderungen über Tausende von Kilometern mit Hilfe des Geruchssinns, Gehörsinns oder sogar mit Hilfe des Magnetfelds der Erde. Die Sinnesinformationen der Fische werden von einem Gehirn verarbeitet, das in weiten Teilen ähnlich aufgebaut ist und ähnlich funktioniert wie das Säugetiergehirn. Es verwundert deshalb nicht, dass viele kognitive Leistungen der Fische denen der Vögel und Säugetiere gleichen. Es ist ein erstaunliches Kaleidoskop, das der Autor über das Verhalten, die kognitiven Fähigkeiten und die Welt der Sinne der Fische eröffnet.

Fische leben im Wasser, also einem Medium, das uns eher fremd ist. Landlebende Wirbeltiere wie Hunde, Katzen oder Vögel sind uns viel vertrauter. Fische bleiben für viele von uns fremde kaltblütige Geschöpfe, denen wir keine großen Verhaltensleistungen zutrauen. Das glänzend geschriebene Buch eines international bedeutenden Biologen wird mit diesem Vorurteil gründlich aufräumen.

Über Fische gibt es durch das wissenschaftliche Interesse der Biologen, aber auch wegen ihrer hohen wirtschaftlichen Bedeutung für unsere Ernährung, eine kaum überschaubare Fachliteratur. In der Tagespresse lesen wir häufig über Fangquotenregelungen innerhalb der Europäischen Union. Hinzu kommen Berichte von Hobby-Anglern, Aquarianern und Sporttauchern, deren Freizeitgestaltung durch Fische maßgeblich mitbestimmt wird. Es gibt deshalb eine immense Liebhaber-Literatur – aber auch hervorragende TV-Dokumentationen wie „Der Blaue Planet“, die uns die Welt unter Wasser nahebringen.

Was fehlte, war eine wissenschaftliche Darstellung über die Sinnes- und Verhaltensbiologie dieser bemerkenswerten und meist unterschätzten Tiergruppe für Laien. Karl von Frisch hat mit seinem Buch „Aus dem Leben der Bienen“ schon vor vielen Jahrzehnten so eine Darstellung für die Honigbienen bahnbrechend durchgeführt, später haben sich Bert Hölldobler und Edward O. Wilson („The Ants“) meisterhaft mit den Ameisen beschäftigt. Konrad Lorenz hat uns das Leben der Gänse und Haushunde nähergebracht. Zu welchen kognitiven Leistungen Vögel in der Lage sind, wurde jüngst in dem Buch „Die Genies der Lüfte“ von Jennifer Ackermann beschrieben. Zumindest Vögel und Säugetiere hielten wir noch nie für dumm.

Strukturen und Funktionen von Lebewesen und ihre Umsetzung in innovative Technologien, aber auch der Erhalt der Biodiversität verbinden den Verfasser dieser Zeilen mit dem Buchautor. Dazu kommt eine jahrzehntelange vertraute und freundschaftliche Zusammenarbeit in der gemeinsamen universitären Fakultät: der Hintergrund, vor dem ausgerechnet ein Botaniker das Vorwort zu einem Fischbuch schreiben darf.

Der Autor Horst Bleckmann ist einer der renommiertesten Sinnesphysiologen. Er hat in Gießen und Frankfurt studiert und viele Jahre in Kalifornien (Scripps Institution of Oceanography), aber auch an der Ohio State University, der Oregon State University, der University of Melbourne, der Shanghai Ocean University und anderen Institutionen gearbeitet. Seit 1994 ist er ordentlicher Professor für Zoologie und Neurobiologie an der Universität Bonn. Sein Interessengebiet als Neuro-, Sinnes- und Verhaltensbiologe umfasst nicht nur die Fische, sondern auch Krokodile, Tintenfische, Seehunde, Seeschlangen, Wanderfalken, semiaquatische Spinnen, Speikobras und den Infrarotsinn der Insekten. Seine Arbeiten sind weltweit anerkannt und ausgezeichnet (u. a. mit der Karl-Ritter-von-Frisch-Medaille der Deutschen Zoologischen Gesellschaft), er ist Mitglied der Akademie der Wissenschaften und Literatur zu Mainz, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften

Leopoldina. Das Außergewöhnlichste an seinen Arbeiten ist die Fähigkeit, die eigene Forschung in einem breiten Rahmen und Kontext zu sehen: Er erkennt nicht nur mögliche Anwendungen biologischer Ergebnisse für technische Innovationen (Bionik), sondern sieht auch mit großer Klarheit die sich seit Langem abzeichnenden Umweltveränderungen im weiten Zusammenhang mit dem Verlust der Biodiversität, der Globalisierung und der für die Tragfähigkeit unserer Erde viel zu hohen Weltbevölkerung. „*Es ist vermutlich schon 5 nach zwölf*“ mahnt er am Ende dieses Buches mit Blick auf die globalen Umweltveränderungen, von denen nicht nur die Fische betroffen sind.

Bonn
im Dezember 2021

Wilhelm Barthlott

Vorwort

Wenn Sie kein Aquarianer, Angler oder Sporttaucher sind, kennen Sie Fische vermutlich vor allem als Dorade, Karpfen oder Forelle auf ihrem Teller. Dort liegt er farb- und leblos und starrt sie, sofern er einigermaßen frisch ist, aus glasigen Augen an. Selbst Fische im Aquarium hinterlassen beim Betrachter meist einen eher langweiligen Eindruck, nicht zuletzt, weil sie ihren Gesichtsausdruck nicht verändern können und ihre Kiemendeckel sich in monotoner Einförmigkeit auf und zu bewegen. Dass Fische auch Gegenstand spannender wissenschaftlicher Untersuchungen sein können, erscheint Ihnen eher unwahrscheinlich.

Soweit ich zurückdenken kann, haben mich Tiere und ihr Verhalten interessiert. Fische fand ich zunächst gar nicht sonderlich interessant, von ihnen ging nicht annähernd die Faszination aus wie von afrikanischen Großsäugern, Delfinen oder Greifvögeln. Als Stadtkind waren es Schweine und Rinder in den Ställen des nahen Schlachthofs und natürlich auch Hunde und Pferde, die mich interessierten. Zunächst schenken mir meine Eltern statt des ersehnten Hundes aber nur einen Wellensittich. Den ersten Hund bekam ich mit zwölf Jahren, mit 19 Jahren folgte ein zweiter Hund. Bei der Ausbildung dieser Hunde bis zur Schutzhundstufe III habe ich viel über Tierverhalten gelernt. Mein wissenschaftliches Interesse an Tieren und am Naturschutz wurde erst durch die Zeitschrift „Das Tier“ geweckt. Diese von Bernhard Grzimeck, Heini Hedinger und Konrad Lorenz im Jahr 1960 herausgegebene Zeitschrift fiel mir als Dreizehnjähriger im Wartesaal einer Tierarztpraxis in die Hände. Sie wurde von da an meine ständige Lektüre. Von Konrad Lorenz bzw. aus seinen Büchern habe ich ein paar Jahre später

gelernt, dass sich Verhaltensforscher (Ethologen) wissenschaftlich mit dem Verhalten der Tiere beschäftigen. Das fand ich äußerst spannend, ich wollte Ethologe werden.

Während meines Biologiestudiums an der Universität Gießen hörte ich im 3. Semester eine Vorlesung von Prof. Erich Schwartz über die Sinnes- und Nervensysteme der Tiere. Die Sinnesbiologie hat zum Ziel, zu verstehen, mit welchen Sinnesorganen Tiere ausgestattet sind, auf welche Umweltreize und wie empfindlich Sinnesorgane reagieren, welche Informationen sie an das Gehirn weiterleiten und wo und wie diese Informationen im Gehirn verarbeitet werden. Hatte man bis in die Fünfzigerjahre des letzten Jahrhunderts das Gehirn noch als „Black Box“ betrachtet, erlaubten neue physiologische Messmethoden, die elektrische Aktivität des Gehirns bis auf das Niveau der einzelnen Nervenzelle zu registrieren. Damit konnte erstmals der Versuch unternommen werden, einen kausalen Zusammenhang zwischen Hirnaktivität und einfachen Verhaltensweisen herzustellen. Ein Teilbereich der Ethologie hatte sich zur Neuroethologie gewandelt. Das fand ich spannend.

An der Universität Gießen war Erich Schwartz während meiner Studienzeit der einzige Zoologe, der sich mit Fragen der Sinnes- und Verhaltensbiologie beschäftigte. Alle anderen Professoren der biologischen Fakultät waren Zellbiologen, oder sie untersuchten den Körperbau (Morphologie), den Stoffwechsel, die Ökologie oder die Genetik der Tiere. Die Ökologie fand ich ebenfalls spannend, aber sie kam in Gießen damals über eine rein beschreibende Faunistik nicht hinaus. Das war mir zu wenig, war ich doch mehr an physiologischen oder ökologischen Mechanismen und Gesetzmäßigkeiten interessiert.

Fische haben ein Sinnessystem, mit dem sie lokale Wasserbewegungen wahrnehmen können. Dieses System wird als Seitenliniensystem bezeichnet. Erich Schwartz interessierte sich für die Bedeutung des Seitenliniensystems im Verhalten der Fische. So kam es, dass ich meine Diplom- und Doktorarbeit nicht über Säugetiere oder Vögel, sondern über Fische anfertigte. Oberflächenfische können mit Hilfe ihrer Kopfseitenlinie die von ins Wasser gefallen Insekten unfreiwillig beim Zappeln erzeugten Oberflächenwellen wahrnehmen und das Wellenzentrum und damit die Beute orten. Wie sie das machen, war erst teilweise bekannt. Das Thema fand ich spannend, doch wie interessant Fische als Forschungsobjekt tatsächlich sind, wurde mir erst viele Jahre später bei einem dreijährigen Forschungsaufenthalt an der Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, Südkalifornien, bewusst. Dort lehrten und forschten die international renommierten Wissenschaftler

Theodor Holmes Bullock und Glenn Northcutt. Der im Jahr 2005 verstorbene T.H. Bullock war zu Lebzeiten einer der prominentesten vergleichenden Sinnes- und Neurobiologen, er hat während seines Forscherlebens zahlreiche Arbeiten über die Sinnessysteme, die Funktion des Zentralnervensystems und das Verhalten der Fische geschrieben. Northcutt war bzw. ist vergleichender Neuroanatom. Er interessiert sich vor allem für den Bau und die Evolution des Gehirns der Fische (und anderer Wirbeltiere). Ziel meiner Forschungsarbeiten in Südkalifornien war, mehr über die zentralnervöse Verarbeitung von Seitenlinieninformationen im Gehirn von Rochen und Haien zu erfahren.

Schaut man in einschlägigen Datenbanken nach, stößt man auf unzählige populärwissenschaftliche Bücher über Vögel, und das ist gut so. Bücher über Säugetiere sind in den Datenbanken schon seltener vertreten, aber richtig dürftig wird es, wenn man nach populärwissenschaftlicher Literatur über die Sinnesbiologie, das Nervensystem und die kognitiven Fähigkeiten der Fische sucht. Dieses Buch soll helfen, diese Lücke zu schließen. Es wendet sich an Aquarianer, Angler, Sporttaucher und Biologiestudenten sowie an alle, die sich für Tiere, ihre Sinnessysteme und ihr Verhalten interessieren.

Weltweit gibt es ca. 5500 rezente (heute noch lebende) Säugetierarten, 10.000 Vogelarten, 9500 Reptilienarten und 6700 Amphibienarten. Zusammen sind das 31.700 Arten. Die Zahl der Fischarten ist mit über 33.000 in etwa genauso groß, Fische stellen demnach die Hälfte aller bekannten Wirbeltierarten. Diese hohe Zahl weist schon darauf hin, dass Fische eine äußerst erfolgreiche Wirbeltiergruppe sind, die im Verlaufe ihrer Evolution alle aquatischen Lebensräume besiedelt hat, von den Gewässern der tropischen Regenwälder bis hin zu den Tümpeln, Seen und Flüssen der gemäßigten und arktischen Klimazonen. Selbst die temporären Gewässer in den Halbwüsten der Erde werden von einigen Fischarten bewohnt. In den Weltmeeren kommen Fische vor allem in Küstennähe vor (z. B. in Korallenriffen, Seegraswiesen, Lagunen und Mangroven), man findet sie aber auch im freien Ozean und in der Tiefsee. Es ist demnach nicht verwunderlich, dass Fische sowohl in Hinblick auf ihre Größe (Walhaie sind bis zu 14 m lang, der Bärbling *Paedocypris progenetica* erreicht eine Körperlänge von nur 10 mm) und Form als auch in Hinblick auf ihre Sinnessysteme und ihre Verhaltensleistungen große Unterschiede aufweisen.

Wenn ich mich auf einer Feier mit mir unbekannten Gästen unterhalte, kommt oft die Frage auf, womit ich mich während meiner aktiven Zeit als Hochschullehrer wissenschaftlich beschäftigt habe. Ich erklärte dann, dass meine Mitarbeiter und ich neben anderen Forschungsgebieten (z. B. der

Bionik und dem Infrarotsinn einiger Insekten- und Schlangenarten) vor allem die sensorischen und zentralnervösen Leistungen und kognitiven Fähigkeiten der Fische untersucht haben. Der Gesichtsausdruck meines Gegenübers verrät dann meist unmissverständlich, dass es in dieser Hinsicht wohl nicht allzu viel zu erforschen gibt. Diese Skepsis gipfelte einmal in der Frage, ob Fische denn überhaupt ein Gehirn hätten.

Dieses Buch soll helfen, Vorurteile und Unkenntnisse über Fische zu beseitigen. Es richtet sich an den interessierten Laien, der ja oftmals über keine oder nur wenige Grundkenntnisse im Bereich der Sinnes- und Verhaltensbiologie der Fische verfügt, aber auch an Biologie- und Lehramtsstudenten, die mehr über Fische erfahren wollen. Die Forschungsergebnisse werden in diesem Buch vereinfacht, aber hoffentlich dennoch immer richtig, dargestellt.

Schreibt man ein Sachbuch, stellt sich immer wieder die Frage, wie genau man einen Sachverhalt ausführen soll. Bleibt man zu oberflächlich, verliert man den besonders interessierten Leser, geht man zu sehr in die Tiefe, besteht die Gefahr, dass mancher Leser abgeschreckt wird. Nachdem mein Laufpartner und Pädagoge Uli Groneick Teile des Manuskriptes vorab mit Interesse gelesen hatte, fragte er: „Muss man das eigentlich alles so genau wissen?“ Man muss natürlich nicht. Um den unterschiedlichen Lesern gerecht zu werden, sind besonders schwierige Sachverhalte in Kästchen dargestellt. Auch ohne den Inhalt dieser Kästchen zu kennen, bleibt der Rest des Buches verständlich. Das Buch hat zum Ziel, den Leser über die spannende Welt der Fische zu informieren. Entscheiden Sie selbst, ob mir dies gelungen ist.

Alfter, Deutschland

Prof. Dr. Horst Bleckmann

Danksagung

Ich danke Wilhelm Barthlott (Bonn), Theo Bakker (Bonn), Gerhard von der Emde (Bonn), Fabian Herder (Bonn), Joachim Mogdans (Bonn), Dennis Rödder (Bonn), Vera Schlüssel (Bonn), Stefan Schuster (Bayreuth), Guido Westhoff (Hamburg) und Mario Wullimann (München) für Anregungen, Diskussionen und Verbesserungsvorschläge. Uli Groneick hat sich als Pädagoge und Laufpartner und mein Nachbar Heinz Imbach als Malermeister der Mühe unterzogen, Teile des Manuskriptes zu lesen und Vorschläge zu machen, wie der Text auch für „nicht fischbelastete“ Laien verständlich gehalten werden kann. Wertvolle Hilfe erhielt ich auch von Gerold Hensch (Hattingen), mit dem ich die Schulbank gedrückt habe und der mich als studierter Ökonom ebenfalls auf für Laien zu schwierige Passagen aufmerksam gemacht hat. Ich hoffe, dass der Text durch ihre konstruktive Kritik lesbarer geworden ist. Frau Dung (Bonn) und Herrn Lay (Breisach) danke ich für die Hilfe beim Erstellen der Abbildungen. Besonderer Dank gilt Frau Mechler vom Springer Verlag für die gute Zusammenarbeit während aller Phasen dieses Buchprojektes.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Einführung	1
	Literatur	4
2	Was ist ein Fisch?	5
	Literatur	9
3	Die Sinneswelt der Fische	11
3.1	Der Geruchssinn	15
3.1.1	Riechsinnesorgane	15
3.1.2	Empfindlichkeit des Geruchssinns	17
3.1.3	Chemische Botenstoffe und Pheromone	17
3.1.4	Fluchtreaktionen	18
3.1.5	Räumliche Orientierung	19
3.1.6	Geruchssinn und Gewässerverschmutzung	21
3.2	Der Geschmackssinn	21
3.2.1	Geschmackssinnesorgane	21
3.2.2	Empfindlichkeit des Geschmackssinns	23
3.3	Das Sehsystem	24
3.3.1	Das Wirbeltierauge	24
3.3.2	Licht im Lebensraum Wasser	28
3.3.3	Weitere Anpassungen des Fischauges	32
3.4	Der Tastsinn	40
3.4.1	Tastsinnesorgane am Beispiel des Menschen	40
3.4.2	Tastsinnesorgane der Fische	41
3.4.3	Fische lesen Blindenschrift	43

3.5	Das Seitenliniensystem	46
3.5.1	Seitenlinienorgane	46
3.5.2	Funktion des Kanalsystems	50
3.5.3	Biologisch relevante Reize	54
3.5.4	Hydrodynamisches Rauschen	56
3.5.5	Seitenlinie und Verhalten	57
3.6	Der Gleichgewichtssinn	68
3.6.1	Anatomie des Innenohrs	68
3.6.2	Funktion und Leistung des Gleichgewichtssinns	69
3.7	Der Gehörsinn	70
3.7.1	Das Ohr der Säugetiere	70
3.7.2	Das Ohr der Fische	72
3.7.3	Das Ohr der Fische (Hörgeneralisten)	75
3.7.4	Schalllokalisation	77
3.7.5	Wie gut und warum können Fische hören?	79
3.7.6	Warum können stumme Fische hören?	81
3.8	Der elektrische Sinn	82
3.8.1	Ampulläre Organe	82
3.8.2	Passiver elektrische Sinn	84
3.8.3	Aktiver elektrischer Sinn	86
3.8.4	Der elektrische Sinn des Elefantenrüsselfischs	92
3.8.5	Störausweichverhalten	94
3.9	Der Magnetsinn	98
3.9.1	Die Entdeckung des Magnetsinns	98
3.9.2	Das Magnetfeld der Erde	98
3.9.3	Der Magnetsinn der Knochenfische	99
3.9.4	Der Magnetsinn der Knorpelfische	101
3.9.5	Magnetfeldrezeptoren	103
3.10	Der Schmerzsin	105
3.10.1	Empfinden Fische Schmerzen?	105
3.10.2	Unbewusste Schmerzempfindung	106
3.10.3	Bewusste Schmerzempfindung	107
3.11	Warum so viele Sinne?	110
	Literatur	112
4	Das Zentralnervensystem der Fische	117
4.1	Bau des Gehirns	117
4.2	Evolution des Gehirns	124
4.3	Vergleich Fischgehirn – Säugetiergehirn	126

4.4	Physiologie des Fischgehirns	130
4.4.1	Neuronale Karten	130
4.4.2	Reafferenzprinzip	130
4.4.3	Sinnesbahnen	133
	Literatur	135
5	Verhalten	137
5.1	Evolution und Verhalten	137
5.1.1	Die Gruppenselektion	140
5.1.2	Die Verwandtschaftselektion	143
	Literatur	146
6	Kognitive Fähigkeiten der Fische	147
6.1	Wie misst man Intelligenz?	147
6.2	Die Leistungsfähigkeit kleiner Gehirne	149
6.3	Kognition ohne Cortex?	150
6.4	Was ist Kognition?	152
6.5	Lernen und Gedächtnis	154
6.6	Optische Täuschungen	159
6.7	Objektkategorisierung	162
6.8	Umkehrlernen	164
6.9	Symmetriewahrnehmung	166
6.10	Räumliche Orientierung	167
6.11	Topografisches Gedächtnis	169
6.12	Emotionales Gedächtnis	170
6.13	Numerische Kompetenz	171
6.14	Wahrnehmung von Bewegung	174
6.15	Schützenfische	176
6.16	Werkzeuggebrauch	181
6.17	Putzerfische	183
6.18	Soziales Lernen	188
6.18.1	Feindvermeidung	188
6.18.2	Aggression und Dominanz	190
6.18.3	Partnerwahl	193
6.18.4	Kooperation	195
6.18.5	Wie du mir, so ich dir	197
6.18.6	Mutualismus	198
6.18.7	Sozialleben und Stressverarbeitung	199
6.18.8	Fischpersönlichkeiten	200
	Literatur	203

7	Bedrohung der Fischfauna	207
7.1	Globale Biodiversitätskrise	207
7.2	Süßwasserfische	209
7.2.1	Gewässerverschmutzung	209
7.2.2	Plastik, Mikroplastik und anderer Müll	211
7.2.3	Begradigung von Fließgewässern	212
7.2.4	Staustufen und Staudämme	212
7.2.5	Wasserentnahme für die Landwirtschaft	216
7.3	Meerwasserfische	217
7.3.1	Kommerzieller Fischfang	217
7.3.2	Verschmutzung der Weltmeere	219
7.3.3	Fischfarmen	220
7.3.4	Korallenriffe	221
7.3.5	Tierhandel	222
7.3.6	Tourismus	223
7.3.7	Akustische Gewässerverschmutzung	225
7.3.8	Invasive Arten	227
7.3.9	Deny, delay, do nothing	228
	Literatur	229



1

Allgemeine Einführung

Fische nehmen, wie alle Tiere, mit Hilfe von Sinnesorganen ständig Informationen aus ihrer Umgebung auf. Einige Sinnesorgane sind als solche leicht zu erkennen, andere sind mit dem bloßen Auge kaum oder gar nicht sichtbar. Auffallend sind z. B. die großen Augen vieler Fische, sie weisen schon den Laien darauf hin, dass viele Fische über ein ausgezeichnetes Sehvermögen verfügen. Neben dem Sehsinn ist auch der Geruchs- und Geschmackssinn vieler Fische sehr gut entwickelt. Fische besitzen, im Gegensatz zu den Säugetieren, keine Ohrmuscheln oder Ohröffnungen, dennoch verfügen viele Fische über ein ausgezeichnetes Hörvermögen. Der Tastsinn hat für uns eine große, aber meist unterschätzte Bedeutung. Eine zärtliche Berührung kann trösten oder ein angenehmes Kitzelgefühl auslösen, eine feste Berührung wird demgegenüber eher als unangenehm empfunden. Mit Hilfe des Tastsinns erkennen wir selbst bei Dunkelheit einen bekannten Gegenstand wieder und können – in Verbindung mit Gelenkrezeptoren und Temperatursensoren in den Fingern – sogar seine Materialeigenschaften grob bestimmen.

Auch Fische haben einen Tastsinn, er ist bei vielen Arten ausgezeichnet entwickelt, wurde bisher aber nur wenig untersucht. Neben dem Tastsinn besitzen Fische auch noch einen „Ferntastsinn“, mit dem sie lokale Wasserbewegungen und Druckgradienten wahrnehmen können. Dieser Sinn beruht auf ihrem Seitenliniensystem. Viele Fische können schwache, fremd- oder eigenerzeugte elektrische Felder registrieren. Neben dem Seitenliniensystem gibt dieser Sinn ihnen die Möglichkeit zur innerartlichen Kommunikation, zur räumlichen Orientierung sowie zur Wahrnehmung

von Beute, Feinden oder unbelebten Objekten. Viele Fische nutzen das Magnetfeld der Erde zur Nah- oder Fernorientierung. Ohne einen Magnetsinn wären Wanderbewegungen über weite Entfernungen im offenen Ozean vermutlich gar nicht möglich. Bis in jüngste Zeit hat man bezweifelt, dass Fische Schmerzen empfinden. Neuere Untersuchungen machen aber wahrscheinlich, dass dies der Fall ist.

Neben einer Vielzahl von hochleistungsfähigen Sinnessystemen verfügen Fische über komplexe Gehirne, die die von den Sinnesorganen eingehenden Informationen verarbeiten und anschließend Verhalten generieren. Die Organisation des Fischgehirns ähnelt dabei in weiten Teilen der des Säugetiergehirns. Das Gleiche gilt für die physiologischen Mechanismen, nach denen Fischgehirne auf zellulärer und Netzwerkebene funktionieren. Da das Verhalten der Fische den gleichen Selektionsmechanismen unterliegt wie das Verhalten der Säugetiere und Vögel, zeigen auch viele Fische außergewöhnliche kognitive Leistungen. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang z. B. der in tropischen Riffen lebende Putzerlippfisch *Labroides dimidiatus*. Dieser Fisch befreit andere Fische (Kunden) von Parasiten und kann bis zu 300 „Kunden“ individuell unterscheiden und bedienen. Durch vergleichende Untersuchungen haben Zoologen in den letzten fünfzig Jahren viel über die Sinnessysteme und die kognitiven Fähigkeiten der Fische gelernt. Die dabei erzielten spannenden Ergebnisse sind aber leider selbst dem interessierten Laien weitgehend verborgen geblieben.

Als Wissenschaftler sollte man kritisch sein. Deshalb habe ich mich stets darum bemüht, meine Studenten zum kritischen Denken anzuhalten. Wenn ein Hochschullehrer, Lehrer, Politiker, Journalist oder der Papst eine Behauptung äußert, sollten man sich zumindest bei wichtigen Themen die Frage stellen „woher weiß der das eigentlich?“ Wenn man dies tut, wird man oft feststellen, dass der Gesprächspartner viele seiner Behauptungen nicht belegen kann, die Behauptungen also eher auf einer subjektiven, meist gefühlsmäßigen Einschätzung oder auf Glauben beruhen. Was nicht wissenschaftsbasierte Meinungen anrichten können, belegen viele Fake News aus der jüngeren Geschichte.

Während meiner Promotion habe ich mir an der Universität Gießen einen Vortrag über Biophilosophie angehört. Das Thema hatte mich eigentlich nicht sonderlich interessiert, aber als guter Doktorand fühlte ich mich verpflichtet, alle im Rahmen des Biologischen Kolloquiums angebotene Vorträge zu besuchen. Der Redner begann seinen Vortrag mit der Einleitung: „Wenn man auf einer Party mit einem Unbekannten ins Gespräch kommt, taucht früher oder später die Frage auf, was man studiert hat. Lautet die Antwort Chemie, gibt einem der Gesprächspartner sofort

unmissverständlich zu verstehen, dass er von Chemie keine Ahnung hat. Dasselbe geschieht, wenn man als Studienfach Mathematik, Physik oder Ingenieurwissenschaften angibt. Oftmals wird Nichtwissen in den Naturwissenschaften sogar als etwas Positives, in jedem Fall aber als etwas Entschuldbares angesehen. Erklärt man seinem Gegenüber im Gespräch, dass man Zoologe ist und sich für Tierverhalten interessiert, ist jeder Fachmann (oder Fachfrau), egal, ob es sich um evolutionsbiologische oder verhaltensbiologische Themen handelt (Soziologen, Pädagogen und Psychologen machen vermutlich ähnliche Erfahrungen). Plausible Erklärungen und beschränkte eigenen Erfahrungen reichen den meisten Menschen offenbar aus, um zu glauben, die Welt zu verstanden zu haben. Selbst gebildeten Laien oder Politikern ist oft nicht bewusst, dass auch plausible Erklärungen falsch sein können. Und selbst Korrelationen sagen nichts darüber aus, ob ein direkter ursächlicher Zusammenhang zwischen zwei Größen besteht. Ein oft genanntes Beispiel ist der Rückgang der Störche und der zeitgleiche Rückgang der menschlichen Geburtenrate in den Sechzigerjahren des letzten Jahrhunderts. Und über die Richtigkeit oder Falschheit von Behauptungen zu streiten, die sich nicht widerlegen lassen, ist reine Zeitverschwendung.

Der Inhalt dieses Buches basiert auf den Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Autoren der Untersuchungen werden oftmals nicht genannt, da deren Namen für die meisten Leser ohne Bedeutung sein werden. Im Anhang der einzelnen Kapitel sind aber Zeitschriftenartikel und Bücher aufgeführt, die der besonders interessierte Leser bei speziellen Fragen zur weiteren Lektüre heranziehen kann.

Carl von Linné führte 1753 die zweiteilige Namensgebung (binäre Nomenklatur) zur Bezeichnung von Pflanzenarten ein. Die binäre Nomenklatur wurde dann 1758 in die 10. Auflage seines Buches „Systema naturae“ übernommen. Die binäre Nomenklatur legt fest, dass jede Tier- und jede Pflanzenart durch ein Substantiv und ein klein geschriebenes Wort (meist ein Adjektiv) bezeichnet wird. Zum Beispiel lautet der wissenschaftliche Name des modernen Menschen *Homo sapiens*. *Homo* bezeichnet dabei die Gattung und *sapiens* die Art. Üblich ist, den wissenschaftlichen Namen einer Tier- oder Pflanzenart in Schrägdruck zu schreiben. Dieser Tradition bin ich gefolgt. In diesem Buch werden neben den Trivialnamen meist auch die lateinischen bzw. griechischen Namen der besprochenen Fischarten genannt. Dies hat drei Gründe: 1. Mit Hilfe des Trivialnamens ist oftmals eine eindeutige Artzuordnung nicht möglich. 2. Das bei der Erforschung einer bestimmten Fischart erzielte Versuchsergebnis darf nicht verallgemeinert werden. Denn wenn beispielsweise die untersuchte Fischart Farben unterscheiden kann, heißt das noch lange nicht, dass alle Fische

Farben unterscheiden können. Andere, selbst nahverwandte Fischarten könnten farbenblind oder sogar blind sein (z. B. viele Höhlenfische). 3. Die wissenschaftlichen Artnamen sollen dem besonders interessierten Leser die Möglichkeit geben, mehr über die entsprechende Art – z. B. durch Nachschlagwerke oder eine Internetrecherche – zu erfahren. In manchen Fällen wird als Zusatz hinter dem Gattungsnamen nicht der Artname, sondern nur die Abkürzung sp. (für *species*) angegeben (z. B. *Gasterosteus* sp.). In diesem Fall ist die genaue Art entweder nicht bekannt, oder das Gesagte gilt für mehrere Arten dieser Gattung.

Literatur

- Linne, C. von. (1735). *Systema naturae, sive regna tria naturae systematice proposita per classes, ordines, genera, & species*.
- Wehner, R., & Gehring, W. (2013). *Zoologie*. Georg Thieme Verlag.

2

Was ist ein Fisch?

Fische im engeren Sinn sind im Wasser lebende Wirbeltiere, die ein Kiefergelenk besitzen, mit Hilfe von Kiemen atmen und mehrere paarige und unpaare Flossen besitzen. Da sich Wasser nicht so leicht verdrängen lässt wie Luft, ist der typische Fisch spindelförmig, seitlich abgeflacht und zeigt einen allmählichen Übergang der drei Körperregionen Kopf, Rumpf und Schwanz. Typisch sind auch die Hautzähne der Haie (sie entsprechen in Bau und Entwicklung den Zähnen) und die Schuppen der Knochenfische, die aus dachziegelartig übereinander gelagerten Knochenplatten bestehen. Das Skelett der Haie und Rochen ist knorpelig. Bei den Knochenfischen ist das Skelett, wie der Name schon sagt, fast vollständig verknöchert.

Im weiteren Sinn umfasst der Begriff Fische auch kieferlose Schleimaale und Neunaugen. Obwohl Fische eine Gruppe von Tieren mit ähnlichem Körperbau sind, bilden sie keine in sich geschlossene Abstammungsgemeinschaft. Denn aus einer Gruppe der Fische sind ja im Laufe der Evolutionsgeschichte die Landwirbeltiere hervorgegangen. Die Schleimaale und Neunaugen bilden mit über 100 noch lebenden (rezenten) Arten eine Restgruppe der einst weit verbreiteten kieferlosen Wirbeltiere, die vor 450 bis 470 Mio. Jahren erstmals auftraten. Schleimaale sind ausschließlich marin, ihnen fehlen, ebenso wie den Neunaugen, paarige Flossen. Sie ernähren sich von Würmern, toten Fischen und verendeten Walen. Neunaugen leben im Meer oder im Süßwasser (z. B. das Flussneunauge). Auch im Salzwasser lebende, also marine Neunaugen, verbringen als Larve ihr Leben zunächst in Flüssen und Bächen. Erst nach Umwandlung (Metamorphose) in die erwachsene (adulte) Form wandern sie ins Meer, um nach dem Eintreten

der Geschlechtsreife zur Paarung und Eiablage wieder in ihr Heimatgewässer aufzusteigen. Neunaugen sind Parasiten. Sie heften sich mit einer Saugscheibe an lebende Fische und reißen diesen mit Hornzähnen Gewebestücke aus.

Haie sind, da sie manchmal Schwimmer oder Taucher angreifen, aus Presseberichten wohl jedem bekannt. Pro Jahr werden ca. 50 Haiangriffe auf Menschen gezählt, bis zu 15 davon enden tödlich. Im Gegensatz dazu werden in jedem Jahr ca. 100 Mio. Haie durch Menschen umgebracht. Durch herunterfallende Kokosnüsse kommen pro Jahr ca. 150 Menschen ums Leben, der Straßenverkehr verursacht weltweit nach Auskunft der Weltgesundheitsorganisation bis zu 1,2 Mio. Tote. Haie sind für Menschen also nur wenig gefährlich.

Meine einzige Begegnung mit Haien hatte ich ausgerechnet bei meinem ersten Tauchgang. Ich nahm an einem meeresbiologischen Kongress auf Heron Island (Australien) teil, auf dem die neuesten Ergebnisse über die Sinnessysteme und Zentralnervensysteme der Fische vorgestellt und diskutiert wurden. Wie üblich stand allen Teilnehmern ein Nachmittag zur freien Verfügung. Eine von den Organisatoren für diesen Nachmittag angebotene Exkursion war ein Tauchgang zu einem der Insel vorgelagerten Korallenriff. Voraussetzung für die Teilnahme war ein gültiger Tauchschein, den ich damals aber nicht hatte. Die mir und Christopher Brown (ein amerikanischer Zoologe) angebotene Lösung war ein zweistündiger Schnellkurs im Swimmingpool des Hotels.

Nachdem wir unser Tauchgebiet erreicht hatten, stellte man uns aus Sicherheitsgründen einen eigenen Tauchlehrer zur Verfügung. Am Ankerplatz angekommen, sind wir langsam und unter Zuhilfenahme des Ankerseils abgetaucht. In zehn Meter Tiefe erreichten wir den flachen sandigen Boden, auf dem wir die nächsten dreißig Minuten verbringen sollten. Bereits nach kurzer Zeit tauchten die ersten Riffhaie auf. Sie näherten sich neugierig, wichen aber sofort aus, wenn wir uns auf sie zubewegten. Zurück in Deutschland habe ich mich unverzüglich zu einem Tauchkurs angemeldet. Inzwischen listet mein Logbuch fast 100 Tauchgänge, davon die meisten im Roten Meer, aber auch einige vor der Küste Kenias und den Florida Keys. An einen Tauchgang in den Florida Keys erinnere ich mich noch lebhaft. Ich nahm an einer von DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) organisierten Tagung in Florida teil. DARPA ist eine Behörde des Verteidigungsministeriums der Vereinigten Staaten und fördert u. a. auch die Grundlagenforschung deutscher Wissenschaftler, sofern deren Arbeitsgebiet relevant erscheint. Wie in Australien stand uns ein Nachmittag zur freien Verfügung. Unter den Kongressteilnehmern waren zwei

Kampfschwimmer der United States Army. Etwas naiv schloss ich mich ihrem Tauchgang als stolzer Inhaber eines erst kürzlich erworbenen Tauchscheins an. Die Kampfschwimmer schauten sich meine Tauchbemühungen ca. dreißig Sekunden lang genervt an, packten mich am Ventil der Pressluftflasche und zogen mich mit nach unten. Haie haben wir bei diesem Tauchgang keine gesehen, dafür aber große Barrakudas, die mit ihren spitzen Zähnen und starrem Blick einen bleibenden Eindruck bei mir hinterlassen haben.

Haie gehören zu den Knorpelfischen. Obwohl Knorpelfische kein knöchernes Skelett besitzen, stammen sie von knochentragenden Vorfahren ab. Davon zeugen u. a. ihre charakteristischen Hautzähne. Knorpelfische traten als räuberisch lebende gewandte Hochseeschwimmer erstmals vor ca. 400 Mio. Jahren (im unteren Devon) auf. Zu den Knorpelfischen gehören neben den Haien mit ca. 500 Arten noch die Rochen mit ca. 630 Arten und die Seekatzen mit mehr als 30 Arten. Fast alle Knorpelfische leben im Meer, einige Hai- und Rochenarten kommen aber vorübergehend oder ausschließlich in den Mündungsgebieten und dem Unterlauf großer Flüsse vor. Die Knorpelfische sind in ihren wesentlichen Strukturmerkmalen über mehrere Millionen Jahre nahezu unverändert geblieben.

Zu den rezenten Knochenfischen gehören die Strahlenflosser (ihre Flossen bestehen ausschließlich aus Haut und knöchernen Knochenstrahlen) und die Fleischflosser (ihre Brust und Bauchflossen sind muskulös und werden von Knochenelementen gestützt). Die Knochenfische stehen evolutionär von den Knorpelfischen in etwa so weit entfernt wie die Säugetiere von den Vögeln. Fossil treten Knochenfische bereits vor den Knorpelfischen auf. Zu den ältesten rezenten Knochenfischen gehören die Flösselfische (Flösselhecht, Flösselaal), die Knorpelganoiden (Stör, Löffelstör), die Knochenganoiden (Kaimanfisch, Knochenhecht) und die Kahlhechte (Schlammfisch). Ca. 96 % aller rezenten Knochenfische zählen zu den echten Knochenfischen, den Teleostei. Dazu gehören zum Beispiel der Goldfisch (*Carassius auratus*), die Bachforelle (*Trutta trutta*) und der Hecht (*Esox lucius*). Die ältesten Vertreter der Teleostei gab es bereits in der Trias vor ca. 220 Mio. Jahren. Die echten Knochenfische haben ihre größte Formenvielfalt vor 144 bis 65 Mio. Jahren sowie im frühen Tertiär (vor 66 bis 2,6 Mio. Jahren) erreicht. Im Gegensatz zu den Knorpelfischen lebten die ursprünglichen Knochenfische fast ausschließlich im Süßwasser. Mit Beginn des Mesozoikums (vor 250 bis 66 Mio. Jahren) findet man als Fossilien fast nur noch marine Teleostier. Seit dem frühen Tertiär drangen zahlreiche Formen wieder in die Flusssysteme der Kontinente vor. Die Evolution der Teleostier ist zum Teil äußerst schnell verlaufen. So ist ein Großteil der