

Robert Arlinghaus

Ja, wo schwimmen sie denn?

Fische reagieren oft erstaunlich auf Umweltfaktoren wie etwa die Angelfischerei. Die Fischortung zeigt mit modernen Technologien, warum dies so ist – und liefert damit wichtige Erkenntnisse für die Verhaltensbiologie von Fischpopulationen und das Fischereimanagement.

Verhaltensforschung an Karpfen, Hechten oder Barschen unter natürlichen Bedingungen in Seen und Flüssen zu betreiben und das Verhalten von Fischpopulationen exakt zu messen, ist ein alter Wunsch, aber noch immer eine große Herausforderung. Denn während die satellitengesteuerte Fernerkundung die Analyse der terrestrischen Umwelt revolutioniert hat, gibt es keine entsprechenden, hochauflösten Methoden für die Unterwasserwelt. Die GPS-Technologie dringt leider nicht ins Wasser ein, und die Echolotung oder die Videoerhebung ist nur lokalisiert möglich. Mit ihr kann das Verhalten von mobilen Fischen in einem Fluss oder See oder gar im Ozean unmöglich im Detail verfolgt werden. Frühe Technologien zur Ortung von Fischen wie die Radiotelemetrie waren entweder sehr arbeitsaufwendig oder funktionierten nur im Süßwasser, da das Salzwasser die Radiowellen blockiert.

Die alternative Ultraschalltechnik erlaubt zwar das Orten im Salzwasser, war aber ganz überwiegend auf „Präsenz-Absenz-Analysen“ beschränkt, da es kaum möglich ist, den Ozean mit so vielen Unterwasserempfangsstationen auszustatten, dass das Leben der Fische hochauflöst beobachtbar wird. Kleinere Seen hingegen bieten die Möglichkeit, auf Basis moderner Ultraschallortung das Leben von Fischen auf

der Ökosystemebene abzubilden. Das Prinzip basiert auf der retrospektiven Analyse von Detektionen an möglichst vielen Empfangsstationen. Der Fisch trägt einen aktiven Ultraschallsender, der mit hoher Pulsrate (zum Beispiel alle 5–10 Sekunden) Ultraschallsignale (zum Beispiel auf der Frequenz 76 kHz) über mehrere Monate (oder sogar Jahre, je nach Batteriegröße) hinweg aussendet.

Im See werden netzwerkartig Empfangsstationen (Hydrophone) verteilt, die die entsprechenden Signale zusammen mit einem Zeitstempel speichern. Trägt das Signal weitere Informationen – etwa zur Wassertiefe des Fisches oder der Wassertemperatur während der Signalaussendung –, wird auch diese Information gespeichert. Das Ultraschallsignal wird von weiter entfernten Hydrophonen nur Millisekunden später empfangen. Aus diesen minimalen Zeitunterschieden der Signalankunft an exakt eingemessenen Hydrophonen lässt sich dann die genaue Position der Fische in sehr hoher Auflösung errechnen. Der Aufwand zur Installation, Pflege und Kalibrierung eines solchen Systems ist hoch, sodass Forschungsgewässer mit vollständiger Erfassung des Fischverhaltens weltweit weiterhin selten sind. Soweit bekannt, gibt es aktuell maximal fünf aktive Projekte auf dem Globus.

Ein entsprechendes System installierte auch die Berliner Arbeitsgruppe um Fischereiwissenschaftler Robert Arlinghaus bereits 2009 in einem See in Brandenburg – dieser See wurde zum Freilandaquarium, um auf der Ebene eines ganzen Ökosystems das Verhalten von Hecht und Co. besser und vor allem hochauflöster zu verstehen. Alle paar Monate wurden die Daten heruntergeladen, am Computer verarbeitet und in Fischpositionen mit sehr hoher raum-zeitlicher Auflösung umgewandelt. Ein Datenschatz!

Eine vergleichbare Technologie konnte das Forschungsteam, dieses Mal BMBF-gefördert, auch in Küstengebieten vor Mallorca einsetzen. Verglichen mit den herkömmlichen Telemetriemethoden, bei der jeder Fisch aufwendig und einzeln von Hand geortet werden musste, reduzierte sich der Arbeitsaufwand aber nicht. Er verlagerte sich lediglich von der Feldarbeit zur Computerarbeit. Denn jetzt geht es um Big Data mit mehreren Millionen Detektionen in kurzen Zeiträumen, die erst einmal beherrscht sein wollen. Insbesondere Ortungsfehler müssen eliminiert werden, und wenn ein Fisch in Wasserpflanzen oder Korallenriffe schwimmt, verschwin-

Nomen est omen: zwei „tolle Hechte“ (Esox Lucius) unter Wasser.





Zur Nachverfolgung bekommt der Fisch einen Ultraschallsender, der mit hoher Pulsrate (zum Beispiel alle 5–10 Sekunden) Ultraschallsignale (zum Beispiel auf der Frequenz 76 kHz) über mehrere Monate (oder sogar Jahre, je nach Batteriegröße) hinweg aussendet.

det auch sein Signal – mit diesen Datenlücken heißt es konstruktiv umzugehen. Dennoch erlaubt die neue Technologie nie dagewesene Einsichten und revolutioniert unser Verständnis vom Leben unter Wasser.

Ziel der Forschung in der Arbeitsgruppe für Integratives Fischereimanagement (IFishMan) an der Humboldt-Universität zu Berlin und am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) ist es, sowohl grundlagenwissenschaftliche Fragen zur Fischverhaltensbiologie unter Freilandbedingungen in natürlichen Gewässern als auch anwendungsorientierte Fragen für das praktische Fischereimanagement zu beantworten, beispielsweise wie Fische in ihrem Verhalten auf Umweltfaktoren reagieren. Einer dieser Umweltfaktoren ist die Fischerei, speziell

das Angeln, das die Arbeitsgruppe schon seit 20 Jahren interessiert.

In Deutschland gibt es 3–4 Millionen Angler, die in ihrer Freizeit auf die Fischpirsch gehen. Die meisten Seen und Flüsse werden hierzulande von Anglern genutzt. Viele Fische machen in ihrem Leben Bekanntschaft mit einem Angelhaken, wenn sie zum Beispiel als junger, unreifer Fisch geangelt und wieder zurückgesetzt werden. Aber nicht alle Fische, auch innerhalb einer Art, sind gleichermaßen gut fangbar. Die Angelei selektiert bestimmte Größenklassen und Verhaltenstypen von Fischen, und die Tiere lernen aus ihren Erfahrungen, den Angelhaken künftig zu vermeiden. Doch wie funktioniert dieser Prozess genau?

Für viele Gewässer gibt es keine verlässlichen Informationen darüber, wie viele Tiere erbeutet und für den Verzehr entnommen wer-

den. Dieses Wissen ist aber wichtig, um Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung ableiten zu können. Die moderne Fischortungstechnologie erlaubt in diesem Zusammenhang ungeahnte Einblicke in bisher verborgenes Verhalten mit (meist) überraschenden Erkenntnissen.

So ist zum Beispiel die Winterbiologie der meisten heimischen Fischarten kaum verstanden. Durch die moderne Fischortung konnten eine Reihe landläufiger Vorstellungen revidiert werden: So zeigte sich, dass Karpfen im Winter während des Tages aktiv in Schwärmen umherschwammen. Bisher ging man davon aus, dass Karpfen als wärmeliebende Fische in den kalten Monaten eine Art Winterstarre durchleben. Eine Studie wies nach, dass der Raubfisch Hecht im Winter nicht in die tiefen und damit wärmsten Gewässerareale zieht,

sondern stattdessen das Flachwasser als Lebensraum vorzieht.

Bei allen untersuchten Fischarten – Karpfen, Welse, Hechte, Barsche – konnte die Arbeitsgruppe überdauernde Verhaltensunterschiede feststellen, das heißt, einzelne Individuen unterschieden sich in Merkmalen wie Aktivität oder Exploration konsistent über das Jahr, und zwar trotz aller saisonalen Anpassungen an sich verändernde Temperaturen im Jahresverlauf. Damit konnten eindeutige Belege für die Existenz von Verhaltenstypen („Persönlichkeiten“) bei Fischen im Freiland gesammelt werden.

Neue Erkenntnisse winken da, wo Verhaltensdaten mit weiteren individuellen Daten kombiniert

werden, etwa in Bezug auf die Ernährung der Fische oder den Reproduktionserfolg. Hier setzt das Forschungsteam auf Methoden der stabilen Isotope oder auch genetische Methoden. Dabei zeigte sich, dass sich konsistent und bereits im Jugendalter aktivere Barsche auch als erwachsene Tiere anders ernährten und dass es einen engen Zusammenhang zwischen Verhaltensmerkmalen, Wachstum, Lebensgeschichte und Ernährung gibt.

Eine weitere, wiederum anwendungsorientierte Studie beschäftigte sich mit dem kontrovers diskutierten Anfüttern von Fischen durch Angler. Viele Angler, die Friedfische wie Brassen oder Karpfen nachstellen, setzen zur Steigerung des Fangenerfolgs auf Futter. Damit sollen

die Tiere an die Angelstelle gelockt werden. Mithilfe des automatisierten Telemetriesystems in dem brandenburgischen Forschungssee zeigte sich, dass sowohl Karpfen als auch andere bodenorientierte Arten wie Schleien das neue Lockfutter sehr rasch annahmen und sich in der Folge regelmäßig an den Futterstellen zeigten – eine Art von Futter-induzierter Zählung trat ein.

Begleitende Angelexperimente stellten fest, dass gleichzeitig die Angelbarkeit rapide abnahm. Karpfen lernen sehr schnell, sich den Nachstellungen der Angler zu entziehen – ein Phänomen, das die Arbeitsgruppe „Angeln-induziertes Schüchternheitssyndrom“ nennt. Begleitende Laborarbeiten wiesen auch den Mechanismus aus: Die Karpfen

Netzwerkartig werden unter Wasser Empfangsstationen verteilt, die Signale mit einem Zeitstempel speichern. Weitere Informationen zur Wassertiefe oder -temperatur können ebenfalls aufgezeichnet werden.





Screenshot: DFG bewegt / www.youtube.com/watch?v=ifRTURfk7c

Um Einblicke in die Lebenswelt von Fischen zu vermitteln, können ganz unterschiedliche Medien und Kanäle nützlich sein. Communicator-Preisträger Robert Arlinghaus setzt abhängig von der Zielgruppe auch auf die Reize des Visuellen.

lernten, Köder mit und ohne Haken zu unterscheiden und spuckten die Köder mit Haken einfach wieder aus. Die Telemetriearbeiten im Freiland zeigten ferner, dass die Fische die Futterplätze aber nicht scheuten, wie viele Angler glaubten. Sie hielten sich weiter an den Futterplätzen mit besonders viel Nahrung auf, vermieden aber, gefangen zu werden.

Das Feld der Fischverhaltensforschung hat sich in den letzten Jahren dynamisch entwickelt. Es ist ein gutes Beispiel dafür, wie interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Forscherinnen und Forschern der Fischbiologie und Fischereiökologie, der Datenanalyse und Netzwerkforschung sowie Statistik und Elektroingenieurwissenschaft zu großen Wissenssprüngen im Verständnis dessen führen kann, was unter Wasser passiert. Dabei spielt die enge Verbindung von Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung eine große Rolle. Diese

Kombination ist nicht zuletzt wichtig, um neue Erkenntnisse schnell in die Anwendung zu bringen.

Von großer Bedeutung für bisherige und zukünftige Projekte ist zudem die internationale Zusammenarbeit. Bei vielen Projekten arbeiten mittlerweile diverse Gruppen in unterschiedlichen Ländern zusammen (z. B. European Tracking Network, Lake Telemetry Network), um die Daten aus verschiedenen Seen für eine angemessene Replikation zusammenzuführen. Erst dadurch werden die Ergebnisse generalisierbar.

Mit Blick auf die Forschungsförderung wäre es wünschenswert, wenn es mehr Programme zum Aufbau und zum Unterhalt der nötigen Forschungsinfrastruktur gäbe, da es kaum möglich ist, die aufwendige Technik im Rahmen von lediglich dreijährigen Projektzyklen aufzubauen und langfristig zu unterhalten. Denn nur durch eine Unterstützung der Arbeiten durch Techniker und teilweise erhebliche

Geräteinvestitionen ist es möglich, die umfangreichen Datensätze zu generieren, Fehler auszumerzen und die Daten für die Forschung nutzbar zu machen. Die Fischereiforschung könnte nachhaltig davon profitieren.



Professor Dr. Robert Arlinghaus

forscht am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei und leitet als Professor das Fachgebiet Integratives Fischereimanagement der HU Berlin. Er ist Communicator-Preisträger 2020 von DFG und Stifterverband für die deutsche Wissenschaft.

Adresse: Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Abteilung für Biologie und Ökologie der Fische, Müggelseedamm 310, 12587 Berlin

DFG-Unterstützung in Projekten der Einzelförderung.

www.ifishman.de



„Ohne Viren kein Leben“

Ernst-Ludwig Winnacker, jüngst 80 Jahre alt geworden, erzählt aus der Perspektive seines Forscherlebens über die „Elemente zwischen belebter und unbelebter Natur“

Es ist durchaus nicht die Regel, sondern fast schon ein Glücksfall, wenn Autoren sich nicht nur für ihren Gegenstand interessieren, sondern in sich selbst einen Grund gefunden haben, warum sie über ihn schreiben. Dann nämlich kann jene Inspiriertheit entstehen, wenn es einem wirklich um etwas geht.

So verhält es sich bei Ernst-Ludwig Winnacker und seinem schmalen Buch „Mein Leben mit Viren“. Der Biochemiker, Gründer des Münchener Genzentrums, DFG-Präsident von 1998 bis 2006 und Impulsgeber der deutschen und europäischen Wissenschaftspolitik erzählt anlässlich seines 80. Geburtstags, der Ende Juli begangen werden konnte, „eine Geschichte von der Auseinandersetzung zwischen Viren und ihren Wirtszellen, von der Koexistenz, wenn nicht gar Intimität zwischen beiden“.

Doch Winnacker, unterstützt von Jeanne Rubner vom Bayerischen Rundfunk, erzählt eigentlich mehrere Geschichten über Viren, deren Vielfalt und Erforschung, und er fragt weiter und tiefer: „Was ist das Geheimnis dieser Nicht-Lebewesen? Wozu sind sie eigentlich gut und warum begleiten sie das Leben auf diesem Globus von den Anfängen bis in unsere Pandemietage?“ Antworten gibt er in acht Kapiteln, häufig mit persönlichen Erinnerungen und Begebenheiten beginnend, entlang der Stationen und aus



Foto: LMU/Michael Till

den Perspektiven seines Forscherlebens. Wer ihn kennt, meint ihn sprechen zu hören. Kein Lehrbuch mit umfangreichen Anmerkungen und Literaturhinweisen, sondern ein erzählendes Sachbuch für ein breites Publikum.

Und ein Vademecum im buchstäblichen Sinne, das sowohl die ambivalenten Eigenschaften der „Elemente zwischen belebter und unbelebter Natur“ – vom Marburgvirus über die Hongkonggrippe bis zu SARS-CoV-2 – als auch deren Nutzung durch Menschenhand vor Augen führt: Viren als Modellsysteme der Forschung, Grundlage für große Fortschritte in Molekularbiologie und Genetik – Impfungen inklusive. Viren als Furcht einflößende Krankheitserreger, als Urheber von Epidemien und Pandemien und womöglich als Träger von Biowaffen. Und Vi-

ren als Werkzeuge der Evolution und als Werkzeuge der Forschung. All das interessiert den Autor sein Leben lang.

„Viren sind und bleiben ein Teil unserer Existenz, ob wir es wahrhaben wollen oder nicht“, bilanziert Winnacker und findet für die Viruspanemie-Erfahrung unserer Tage eine geradezu emblematische Formel: „Es gibt ein v. C., ein Vor-Corona, ein m. C., ein Mit-Corona, und es wird ein n. C., eine Zeit nach Corona, geben.“

Rembert Unterstell



Ernst-Ludwig Winnacker: *Mein Leben mit Viren. Eine Forschungsgeschichte über die faszinierende Welt der Krankheitserreger.* S. Hirzel Verlag, Leipzig 2021, 192 Seiten, 25 €.

www.hirzel.de/sachbuch/titel/62252