

# Finden, was dem Auge entgeht

Ein neuer Forschungsansatz revolutioniert weite Teile der Biologie. Erbgutspuren in der Umwelt liefern Informationen über versteckt lebende Organismen und die Zusammensetzung ganzer Artengemeinschaften.

VON KURT DE SWAAF



Per Umwelt-DNA liessen sich Silberkarpfen in Chicagos Kanalsystem nachweisen. FICKER

Tot oder lebendig. Die Gesuchten waren bis zu anderthalb Meter lang und an die 50 Kilo schwer – keine kleinen Fische also. Ihr mutmasslicher Aufenthaltsort: der Chicago Sanitary and Ship Canal (CSSC). Christopher Jerde ahnte bereits vor Jahren, dass asiatische Karpfen der Gattung *Hypophthalmichthys* dort herumschwammen. Belegen konnte der Biologe das aber nicht. Niemand hatte die Tiere in dem Kanal gesehen, geschweige denn gefangen. Im Mississippi und in vielen seiner Nebengewässer dagegen waren die Karpfen längst zu einer Plage geworden. 2009 drohten die eingeschleppten Fische über den CSSC, die Verbindung zum Michigansee, erstmals in die Great Lakes, die fünf zusammenhängenden Seen an der kanadisch-amerikanischen Grenze, einzudringen. Mit potenziell katastrophalen Folgen für das dortige Ökosystem.

Marmorkarpfen (*H. nobilis*) und Silberkarpfen (*H. molitrix*) seien Planktonfresser, erklärt Jerde. Sie filterten ihre Nahrung aus dem Wasser und gingen Anglern deshalb nur selten an den Haken. Auch anderen herkömmlichen Fanggeräten wissen die Fische zu entgehen. Jerde und seine Kollegen mussten die Anwesenheit der Karpfen im CSSC allerdings beweisen, sonst würden die Behörden keine Gegenmassnahmen einleiten. Die Zeit drängte.

## Zeitalter der Entdeckungen

Da hatte der Forscher die rettende Idee: Wäre es vielleicht möglich, die Tiere anhand von DNA-Spuren nachzuweisen? Französische Experten war das einige Monate zuvor bei invasiven amerikanischen Ochsenfröschen gelungen. «Wir hatten keine richtige Alternative», sagt Jerde. Also nahm die Gruppe Wasserproben aus dem Kanal, analysierte diese im Labor – und wurde fündig. In mehreren Proben fanden sich die genetischen Fingerabdrücke von Marmor- und Silberkarpfen.

Gut zehn Jahre später ist aus der damals noch abenteuerlichen Idee der «Umwelt-DNA» (Environmental DNA, eDNA) ein aufblühender Forschungszweig geworden. Wissenschaftsdatenbanken listen Hunderte Fachpublikationen auf, die alle Kontinente abdecken,

Das Erbgut wird vom Wasser transportiert. Der Fluss fungiert im wahrsten Sinne des Wortes als Informationsträger.

und unter dem Titel «Environmental DNA» widmet sich seit 2019 eine eigene Fachzeitschrift dem Thema. Wissenschaftler nutzen eDNA nicht nur zum Aufspüren invasiver Tierarten. Dank innovativer Technik gelingt es ihnen inzwischen, grosse Teile der Biodiversität ganzer Ökosysteme zu erfassen – darunter anscheinend auch unbekanntes Speziees. So fand man Erbgut von Flohkrebsen, das keiner bekannten Art zuzuordnen ist.

«Ein neues Zeitalter der Entdeckungen ist angebrochen», schwärmt Kristy Deiner. Alle Tiere sonderten ständig irgendetwas ab, erklärt die Molekularbiologin von der ETH Zürich. Mit Hautschuppen, Schleim, Kot und dergleichen gelangte stetig DNA in die Umwelt. Diesen Schatz aus Information gelte es zu heben. Daran arbeitet Florian Altermatt. Zusammen mit seinem Team aus Experten des Forschungsinstituts Eawag in Dübendorf und der Universität Zürich setzt der Wissenschaftler eDNA zur Untersuchung aquatischer Lebensgemeinschaften ein – vor allem in Fließgewässern. Die Artenvielfalt von Bächen und Flüssen sei vielerorts bedroht, er-

läutert Altermatt. Für einen besseren Schutz müsse man aber wissen, was genau wo lebe.

Die klassischen Erhebungsmethoden sind jedoch sehr arbeitsintensiv und liefern meist nur ein örtlich begrenztes Bild; schon wenige hundert Meter weiter tummeln sich womöglich ganz andere Organismen. Zudem bleibt bei der Suche mit Keschern und Watstiefeln oft einiges unentdeckt. Die eDNA schafft da Abhilfe. Das Erbgut wird vom Wasser transportiert und kann so auf Distanz nachgewiesen werden. Der Fluss fungiert im wahrsten Sinne des Wortes als Informationsträger. Häufig trage er auch genetisches Material von landlebenden Arten mit, zum Beispiel von Auwaldtypischen Schmetterlingen, berichtet Altermatt. Und Hunde-DNA.

Die erstaunliche Aussagekraft von eDNA haben die Schweizer Forscher kürzlich mithilfe eines selbstentwickelten Auswertungsverfahrens aufgezeigt. Sie kombinieren Erbgutnachweise mit hydrologischen Daten und den geschätzten DNA-Zerfallsraten und können so berechnen, woher das eingefangene genetische Material räumlich stammen dürfte. «Mit diesem Modell können wir eine flächige Vorhersage machen», sagt Altermatt. Getestet haben die Forscher ihre neue Methode im Einzugsgebiet der Thur. Dort suchten sie nach Vorkommen von Stein-, Köcher- und Eintagsfliegen – Insekten, deren Larven im Wasser leben.

Insgesamt fanden die Spezialisten eDNA von 50 verschiedenen Gattungen. Über die parallel durchgeführte klassische Suche entdeckten sie 47 Gattungen. Das eDITH genannte Modell zeigte zudem drei potenzielle Biodiversität-Hotspots auf, wie die Forscher in der Fachzeitschrift «Nature Communications» schreiben. Diese Flussabschnitte müsse man bald genauer untersuchen, sagt Altermatt.

## Monitoring per DNA

Dass die Möglichkeiten weit über Binnengewässer hinausreichen, belegt eine gerade im «ICES Journal of Marine Science» erschienene Publikation aus den USA. Fachleute haben dort eine ausführliche eDNA-Erhebung der vor der Atlan-

tikküste südlich von New York lebenden Fischarten durchgeführt. Die Wasserproben dafür wurden praktisch zeit- und ortsgleich mit den standardisierten Schleppnetzügen des staatlichen Monitorings der Fischbestände entnommen.

«Die Ergebnisse stimmen ziemlich gut überein», berichtet Mark Stoeckle, Biologe an der New Yorker Rockefeller University, der Erstautor der Studie. Je nach Fischzug liessen sich 70 bis 87 Prozent der gefangenen Arten anhand ihres Erbguts nachweisen – und das ist noch nicht alles. Die Daten geben auch meist jahreszeitlich bedingte Schwankungen in der Häufigkeit bestimmter Fische relativ genau wieder. Was zahlreich im Netz landete, lieferte eine entsprechend höhere Anzahl an eDNA-Signalen.

Stoeckles Team nahm auch zusätzliche Proben vom Strand aus – direkt in der Brandung, wo die Boote nicht hingelangen. Hier fanden die Forscher die genetischen Spuren zweier seltener Arten aus tropischen und subtropischen Gewässern: des Kuhnasenrochens *Rhinoptera brasiliensis* und des Umberfisches *Menticirrhus littoralis*. Diese waren den Schleppnetzen entgangen. «Das zeigt, wie eDNA Einblick in schwierig zu untersuchende Lebensräume bieten kann», meint Stoeckle.

Doch bei allem Potenzial hat die Methode noch ihre Schwächen. Die Nachweisbarkeit von eDNA kann enorm variieren. Je nach vorherrschenden Bedingungen wird das Erbgut unterschiedlich schnell abgebaut. Temperatur und UV-Einstrahlung spielen dabei eine wichtige Rolle, Mikroorganismen ebenso. Im Chicagoer Kanal verschwindet eDNA wegen der hohen Bakterienkonzentrationen innerhalb von Stunden, wie Jerde berichtet. In Schweizer Gewässern dürften die Erbgutmoleküle laut Altermatt immerhin ein paar Tage überstehen. Aber auch der Verdünnungseffekt will berücksichtigt werden, und Kontaminationen sind eine weitere Störungsquelle. Graureiher und Kormorane zum Beispiel können mit ihrem Kot Fisch-DNA verschleppen.

Altermatt plädiert deshalb eindringlich für eine Standardisierung der Probenentnahme- und Analyseverfahren. «Die Resultate sind noch sehr stark

methodenabhängig.» Das schwäche die Aussagekraft. Für die Schweiz haben der Wissenschaftler und seine Kolleginnen inzwischen ein Richtlinienpaket erarbeitet. Es ist das erste seiner Art in Europa und wahrscheinlich sogar weltweit.

## Viel Potenzial in Luftproben

Kristy Deiner blickt bereits über die derzeitigen Anwendungen hinaus. Die Atmosphäre habe bisher kaum jemand auf eDNA hin untersucht, sagt die ETH-Forscherin. Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe und die regionale Agentur Ostluft verfügen jedoch über ein ausgedehntes Archiv von gefilterten Luftproben, die mehrere Jahrzehnte lang alle zwei Tage genommen wurden. In dem ultratiefgekühlten Material lässt sich vermutlich reichlich DNA von Pilzen, Pflanzen, Insekten, Vögeln und anderen Organismen finden. Mit diesen Daten könnte man Artpräsenzen nachträglich aufzeigen und Veränderungen erfassen.

«Die eDNA wird die Biodiversitätsforschung und den Naturschutz stärken», betont Deiner. So sieht das auch Altermatt. «Es gibt aber Bereiche, die eDNA nicht abdecken kann.» Das betreffe unter anderem die Altersstrukturen von Populationen oder die Bestimmung der ökologischen Nischen, die Tiere und Pflanzen in ihren Lebensräumen besetzen. Den typischen Feldbiologen und den Taxonomen, den Artenexperten, wird die Arbeit wegen der eDNA nicht ausgehen.

Im Fall der asiatischen Karpfen zeigte der DNA-Nachweis letztlich nur begrenzt Wirkung. Die Schliessung des CSSC hätte eine enorm wichtige Schifffahrtsverbindung blockiert. Stattdessen wurden mehrere elektrische Schreckbarrieren installiert. Wohl zu spät, denn Karpfen-DNA ist schon mehrfach im Einzugsgebiet der Great Lakes aufgetaucht. «Diese Geschichte hat aber zu weiteren Untersuchungen geführt», erzählt Jerde. Er arbeitet heute an der University of California in Santa Barbara und ist mithilfe von eDNA dem Weissen Hai (*Carcharodon carcharias*) auf der Spur – dem grossen Heimlich-tuer der Ozeane.