

Humboldt-Kalmar: Gewinner des Klimawandels

KOPFFÜßER Weniger Sauerstoff gelangt in die Ozeane, und marine Ökosysteme verändern sich. Während der Lebensraum vieler Fischarten schrumpft, breitet sich der bis zu zwei Meter große Humboldt-Kalmar aus, denn er ist ein Meister der Anpassung

VON ADRIANE LOCHNER

Ein rekordverdächtiger El Niño bescherte Kalifornien im Winter 1997/98 nicht nur Unwetter und Überschwemmungen, sondern auch den Humboldt-Kalmar. Bis zu 2 Meter groß und 50 Kilogramm schwer, tritt der Tintenfisch in Schwärmen von mehr als 1.000 Tieren auf. Normalerweise lebt er in den Gewässern vor Zentral- und Südamerika. In den letzten 16 Jahren hat er sich nach Norden ausgebreitet, sogar vor Alaska wurde er gesichtet.

Wissenschaftler glauben, der Siegeszug des Humboldt-Kalmars hängt damit zusammen, dass weniger Sauerstoff in die Meere gelangt (Stewart et al., „Global Change Biology“, 2014). Sogenannte Sauerstoffminimumzonen (Oxygen Minimum Zones, OMZs) sind Bereiche, die im Schnitt nur ein Zehntel so viel Sauerstoff enthalten wie das umgebende Wasser.

Bisher waren sie auf tropische Gewässer und Meerestiefen von 200 bis 1.000 Metern beschränkt. Durch die Erwärmung der Ozeane haben sie sich in den letzten 50 Jahren ausgebreitet. Das hat das Team von Lothar Stramma, Ozeanograf am Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanografie in Kiel herausgefunden. Stramma erklärt: „Zum einen löst sich Sauerstoff in warmem Wasser schlechter, zum anderen nehmen die Strömungen ab. Normalerweise sinkt kaltes, sauerstoffreiches Wasser in polaren Regionen nach unten und strömt in tropische Gewässer. Diese Absenkbewegung wird durch wärmeres Wasser abgeschwächt.“ Da der Nachschub ausbleibt, wachsen die sauerstoffarmen Zonen, sowohl horizontal als auch vertikal. Im Fachmagazin *Nature Climate Change* beschreiben die Wissenschaftler, wie dadurch der Lebensraum im Oberflächenwasser schrumpft. Als Folge sind Arten wie Thun- und Schwertfisch der Überfischung stärker ausgesetzt.

Für den Humboldt-Kalmar ist Sauerstoffmangel kein Problem, obwohl er ebenfalls mit Kiemen atmet. Sören Häfker ist Doktorand am Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven. Er war an Bord des US-amerikanischen Forschungsschiffs „New Horizon“ im Golf von Kalifornien unterwegs und hat genau diese Eigenschaft des Tieres studiert.



Die Humboldt-Kalmare kommen mit einer sauerstoffarmen Umgebung bestens zurecht Foto: Franco Banfi/WaterFrame

Häfker erklärt „Der Humboldt-Kalmar stellt bei Bedarf seinen Stoffwechsel um und gewinnt ohne Sauerstoff zusätzliche Energie, ähnlich wie unsere Muskulatur beim Kraftsport.“ Energie braucht der Kalmar, denn er wächst schnell: innerhalb von zwei Jahren von zwei Millimeter auf zwei Meter.

Dafür muss er täglich zehn Prozent seines eigenen Körpergewichts fressen. Wählerisch ist er nicht. Auf dem Speiseplan stehen unter anderem Krill, Fische, andere Tintenfische und auch Artgenossen.

William Gilly, Biologe an der Stanford University, erforscht Humboldt-Kalmare seit 2001. Er sagt: „Sie ziehen dahin, wo sie Futter finden.“ In starken El Niño-Jahren brechen im Ostpazifik ganze Nahrungsketten zusammen und die Kalmare wandern nach Norden und Süden aus. Bei Nahrungsmangel haben sie noch eine andere Strategie. Gilly erklärt: „Sie bleiben klein. Wir haben Schwärme von Tieren beobachtet, die mit 40 Zentimetern schon geschlechtsreif waren.“ Ein Weibchen produziert in

„Ein wildes Tier“

■ **El Niño** (span. das Christkind) ist ein Teil eines großräumigen Klima-Phänomens (Enso, El Niño Southern Oscillation), das sein Maximum meist um Weihnachten erreicht. Dabei kommt es zu einer Abschwächung der Passatwinde, die normalerweise das warme Oberflächenwasser von der amerikanischen Küste an die asiatische Küste treiben. Wenn sie ausbleiben, fließt das warme Oberflächenwasser zurück nach Osten. Hauptsächlich vor Peru und Ecuador wird das Wasser bis zu 8 Grad wärmer. Diese erhöhte Wasseroberflächentemperatur löst anschließend eine Reihe von folgenschweren Naturkatastrophen aus und verursacht das Absterben des Planktons vor Südamerikas Pazifikküste. Dadurch wird die Nahrungskette für Fische unterbrochen und sie ziehen in kältere, nährstoffreichere Gebiete.

■ **Kopffüßer** (Cephalopoda) sind eine Klasse innerhalb der Weich-

tiere, die ausschließlich im Meer vorkommt. Der Kopf, der den Mund und das Zentralnervensystem trägt, ist mit saugnapftragen Armen (Tentakeln) besetzt. Innerhalb der Kopffüßer gibt es die Ordnungen der Zehnmarmigen Tintenfische (Sepien und Kalmare) und der Achtarmigen Tintenfische (Kraken).

■ **Kontakt mit Menschen:** Dokumentarfilme wie „Invasion der Tintenfische“ zeigen Episoden, in denen Humboldt-Kalmare Taucher und Fischer angreifen. Im Gegensatz zu anderen Tintenfischen hat der Humboldt-Kalmar Zahnringe in den Saugnapfen. Zusammen mit seinem Rasiermesserscharfen Schnabel kann er damit schwere Verletzungen verursachen. William Gilly sagt: „Unter Stress werden sie aggressiv, aber in erster Linie sind sie neugierig.“ Gilly rät zur Vorsicht: „Es ist ein wildes Tier. Einen Löwen würden Sie auch nicht einfach streicheln.“

seinem kurzen Leben mehrere Millionen Eier.

Der Humboldt-Kalmar setzt nicht nur auf körperliche Fitness und schnelle Fortpflanzung, sondern auch auf Köpfe. Gilly hat mit Sonar beobachtet, wie sich bis zu 40 Tiere unter Wasser in einer geordneten Spirale aufwärts bewegen – eine Gruppenjagd vermutet der Wissenschaftler. Außerdem können die Kalmare ihre Hautfarbe blitzschnell von Rot nach Weiß ändern. Zusammen mit einem *National Geographic*-Filmteam hat Gilly herausgefunden, dass sie diesen Farbwechsel aktiv kontrollieren und die Frequenz mit anderen Kalmaren abstimmen. Gilly ist sich sicher, dass sie auf diese Art miteinander kommunizieren.

„Kopffüßer sind bekannt für ihre Fähigkeit, zu lernen und sich zu erinnern. In freier Wildbahn zeigen sie hoch entwickeltes Verhalten beim Jagen, Verteidigen und Reproduzieren“, sagt Anna Di Cosmo, Zoologin an der Universität von Neapel Federico II. Besonders Kraken sind die Superhirne unter den Tintenfischen. Sie zeigen ein individuel-

les Wesen und benutzen Werkzeuge, zum Beispiel bauen sie sich Verstecke aus Kokosnussschalen, schrauben Deckel von Gläsern oder schauen sich Tricks von Artgenossen ab. „Ihre Anpassungsfähigkeit deutet darauf hin, dass diese Tiere ein Bewusstsein haben und Schmerzen empfinden“, sagt Di Cosmo. Seit Januar 2013 sind Kopffüßer in eine EU-Richtlinie zum Schutz von Versuchstieren einbezogen. Di Cosmos Forschungsgruppe hat

Außerdem können die Kalmare ihre Hautfarbe blitzschnell von Rot nach Weiß ändern

vor Kurzem eine Anästhesie-Methode für Tintenfische veröffentlicht im *Journal of Aquatic Animal Health*.

Das Berliner Sea-Life-Aquarium hat derzeit eine Oktopus-Sonderausstellung. Darin ist noch bis 20. Februar 2015 ein Pazifischer Riesenkralme mit einer Armspanne von zweieinhalb Metern zu sehen. Chefaquarist Martin Hansel sagt: „Kraken sind wahre Ausbruchskünstler. Lässt man den Deckel offen, dann kriechen sie aus ihrem Tank oder greifen nach dem Pfleger.“

Allerdings beschäftigt sich Hansel mit Kraken besonders gern, „weil sie auch interagieren, wenn es nichts zu fressen gibt“. Wenn er am Beckenrand steht, muss er sich gegen die vielen Saugnapfe wehren, so lange, bis er das Tier am Kopf kraut, dann hält es still.

Bisher ist es noch nicht gelungen, den Humboldt-Kalmar in Gefangenschaft zu halten, um sein Verhalten besser zu studieren. Dem Biologen William Gilly zufolge könnte man seinen „IQ“ ohnehin nicht auf die gleiche Weise testen wie den der Kraken, da er nicht am Meeresgrund, sondern in der dreidimensionalen Wassermilch lebt.

Egal, wie klug der Humboldt-Kalmar sein mag, gegen seinen gefährlichsten Räuber, den Menschen, hat er trotzdem keine Chance. Die Fangzahlen sind auf 800.000 Tonnen pro Jahr gestiegen. Von den Hauptfischereien in Mexiko, Peru und Chile landet der Tintenfisch getrocknet oder gefroren auf Märkten in Südamerika und Südostasien.

Würzburger Mini-Satellit auf Erfolgsspur

ASTRONOMIE Der Würzburger Uni-Satellit UWE-3 hält den Rekord: Der Mini-Satellit ist bereits länger als ein Jahr im Weltraum unterwegs – und funktioniert trotz der harten Strahlung immer noch perfekt

Der Minisatellit UWE-3 ist ein Erfolgsmodell: Seit über einem Jahr umkreist er die Erde – „und das, obwohl er nachweislich sehr starke Weltraumstrahlung abbekommen hat“, sagt der Würzburger Informatikprofessor Klaus Schilling. An seinem Lehrstuhl wurde der Satellit entwickelt. UWE-3 gehört zu einer neuen Generation der Universität-Würzburg-Experimentalsatelliten (UWE): einen Kubikdezimeter klein und ein Kilogramm leicht.

Er ist vielseitiger als seine Vorgänger: Zwei Mini-Satelliten ziehen bereits ihre Runden im All. Doch sie funkeln nicht mehr. Mit UWE-1 wurde das Internet im All erforscht, und UWE-2 brachte Erkenntnisse zur Lagebestimmung

von Satelliten. 2010 kam von ihnen das letzte Signal.

Aus Kostengründen verwenden die Forscher Bauteile, die nicht strahlungshart sind und dem Bombardement von energiereichen Teilchen im All keinen Widerstand bieten können. Ein Satellit bekommt in einem halben Jahr so viel Strahlung ab wie ein Mensch in seinem ganzen Leben. Diesem Bombardement waren die beiden Vorgänger nicht lange gewachsen.

Nicht so UWE-3: Obwohl seine Bauteile nicht strahlungshart sind, ist seine Software so intelligent, dass sie den mittlerweile über einjährigen Betrieb ermöglicht hat. Sie bemerkt Fehler sofort und schaltet auf die noch



Nur ein Kilogramm schwer: UWE-3, der sich selbst reparierende Mini-Satellit aus Würzburg Foto: David Ebener/dpa

funktionierende Einheit um. Diese übernimmt dann den laufenden Betrieb ohne Unterbrechung. Gleichzeitig startet sie die Fehleranalyse und -korrektur an dem defekten Bauteil, um es so schnell wie möglich wieder in Betrieb zu nehmen.

Die Leistungsfähigkeit von UWE-3 zeigt sich auch in anderer Hinsicht. Aus dem Winkel, in dem der kleine Satellit von der Sonne angestrahlt wird, kann er exakt bestimmen, wo er sich gerade im All befindet. Bei seinen Bewegungen nutzt UWE-3 das Magnetfeld der Erde. Beginnt er sich zu drehen, heftet er sich mit einem Magneten in seinem Inneren am Magnetfeld der Erde fest und brems so seine Trudelmovungen ab. Will UWE-3 sein Kreisen um die Erde verzögern, schaltet er seinen Mini-Magneten für kurze Zeit aus.

Die Software von UWE-3 macht es auch möglich, Intensität und weltweite Verteilung von

Störungen im UHF-Funk-Frequenzband exakter zu analysieren. Damit lässt sich die Kommunikation mit zukünftigen Satelliten verbessern. Zusätzliche Software-Erweiterungen auf UWE-3 sind für 2015 geplant. Diese Erweiterungen sollen von der Erde aus geschehen. Das UWE-Projekt ist mittlerweile internationale bekannt. Die weltweite Gemeinschaft der Funkamateure (AmSat) sandte inzwischen 65.000 Telemetriedaten von UWE-3 an eine Würzburger Datenbank.

Universitätsvereinigungen wie UNISECglobal und Space Advisory Committee bekunden Interesse an einer Zusammenarbeit. Inzwischen arbeiten die Würzburger Forscher bereits an den UWE-Reihen 4 bis 8. UWE-5 bis UWE-8 sollen gemeinsam ins All geschickt werden, um die Zusammenarbeit mehrerer Kleinsatelliten bei komplexen Aufgaben zu testen.

CLAUDIA BORCHARD-TUCH