

Amazonas-Flussfahne: Wo räuberische Mikroalgen ein Erfolgsmodell sind

In der riesigen Flussfahne des Amazonas leben mikroskopisch kleine Algen mit einer überraschend flexible Überlebensstrategie: Sie kombinieren Photosynthese mit der Aufnahme organischer Stoffe und sogar dem „Verzehr“ anderer Mikroorganismen. Ein internationales Forschungsteam unter Leitung des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) zeigt nun, dass diese Mixotrophie insbesondere am äußeren, weit im Meer gelegenen Rand der Flussfahne dominiert. Die Studie erschien kürzlich im Nature-Fachjournal „Communications Biology“ und beleuchtet einen bislang unterschätzten Mechanismus im Nahrungsnetz und Kohlenstoffkreislauf eines der größten flussbeeinflussten Meeresökosysteme.

Der Amazonas transportiert enorme Mengen Süßwasser in den tropischen Atlantik – rund 50 % des gesamten Süßwassereintrags in diese Ozeanregion und bis zu 20 % weltweit. Daraus entsteht eine gewaltige Flussfahne, die sich über Hunderte Kilometer ausbreitet und sich mit der Zeit und zunehmender Entfernung vom Flussdelta verändert. So bildet sich ein Mosaik aus Lebensräumen mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Bedingungen.

Grundlage des Nahrungsnetzes in diesem dynamischen System sind die mikroskopischen Organismen des Planktons. Ursprünglich unterschied man pflanzenähnliches Phytoplankton (Mikroalgen), das Photosynthese betreibt, und tierisches Zooplankton, das andere Lebewesen frisst. Mittlerweile weiß man, dass manche Mikroalgen nicht in dieses Schema passen: Sie betreiben Photosynthese, nehmen aber zusätzlich organische Substanz auf und ernähren sich mitunter sogar räuberisch von anderen Mikroorganismen. Damit verwischt die klassische Grenze zwischen Produzenten und Konsumenten. Die jetzt vorgelegte Feldstudie macht deutlich, dass diese hybride Ernährungsweise – die sogenannte Mixotrophie – kein Randphänomen, sondern ein zentraler ökologischer Mechanismus ist.

Wie verborgene Ernährungsstrategien im Plankton sichtbar werden

Die Ernährungsweisen in gemischten Planktongemeinschaften zu unterscheiden, gehört zu den großen Herausforderungen der Meeresforschung. Ein entscheidender Fortschritt ist hierbei die Analyse stabiler Stickstoffisotope in Aminosäuren aus gefilterten Planktonproben. Je nach vorherrschender Ernährungsweise entstehen charakteristische Isotopenmuster, aus denen sich die trophische Position der Organismen im Nahrungsnetz bestimmen lässt. In der jetzt in *Communications Biology* veröffentlichten Studie kombinierten die Forschenden diesen Ansatz mit Analysen der Umweltbedingungen und der Planktongemeinschaft, etwa anhand von Pigmentdaten und mikroskopischen Beobachtungen.

„Durch diese Methoden-Kombination können wir mixotrophe Aktivitäten jetzt direkt im natürlichen System nachweisen – etwas, das bisher vor allem unter kontrollierten Labor- und nicht unter Feldbedingungen möglich war“, erklärt Ana Fernández-Carrera vom Institut für Ozeanographie und Globalen Wandel der Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Die Erstautorin der Studie nahm an zwei Forschungsexpeditionen – 2018 und 2021 – teil, um die Nahrungsnetze in der Amazonas-Flussfahne zu untersuchen. Damals Wissenschaftlerin am IOW, analysierte sie insgesamt 46 Planktonproben von 29 Stationen entlang der Flussfahne. Ergänzend erfassten die Expeditionsteams zentrale Umweltparameter wie Nährstoffkonzentrationen, Phytoplanktonpigmente, Sauerstoffgehalte und die Struktur der Wassersäule, um die Veränderungen entlang der Flussfahne zu charakterisieren.

Unter dynamischen Bedingungen zahlt sich Mixotrophie aus

Entlang des Alterungsgradienten der Amazonas-Flussfahne identifizierten Fernández-Carrera und ihr Team ein klares Muster in den Ernährungsstrategien des Planktons. In Wassermassen nahe der Flussmündung lagen die Werte für die trophische Position bei etwa 1,0 – ein Hinweis auf Dominanz von rein photosynthetischen Organismen. Mit zunehmendem Alter der Flussfahne – nach 27 Tagen – erhöhten sich diese Werte auf rund 1,5. Das zeigt, dass mixotrophe Ernährung zunimmt, je weiter die Flussfahne ins Meer vordringt, ohne dass jedoch Werte von 2,0 und mehr erreicht werden, was für eine überwiegend heterotrophe Ernährung durch Futteraufnahme typisch wäre.



Diese Verschiebung der Ernährungsweise hin zur Mixotrophie geht mit deutlichen Veränderungen der Umweltbedingungen einher. Mit zunehmender Entfernung von der Flussmündung nehmen die Nährstoffkonzentrationen ab: Nitrat beispielsweise sinkt von erhöhten Werten in der jungen Flussfahne auf etwa 2 µM auf dem Kontinentalschelf und nimmt in Richtung offene See noch weiter ab. Gleichzeitig gehen die Chlorophyllkonzentrationen von über 0,5 µg L⁻¹ auf etwa 0,17 µg L⁻¹ zurück. Auch die Struktur der Wassersäule verändert sich, mit zunehmend mächtigen durchmischten Oberflächenschichten, während die Sauerstoffkonzentrationen leicht unter Sättigung liegen.

Bei zunehmender Nährstoffarmut und unter physikalisch heterogenen Bedingungen, die sich aus dem Zusammenspiel von Durchmischung, Sauerstoffverfügbarkeit und biologischer Produktion ergeben, haben also diejenigen Organismen einen klaren Konkurrenzvorteil, die verschiedene Ernährungsweisen kombinieren; sie setzen sich sowohl gegenüber strikt autotrophen als auch strikt heterotrophe Organismen durch. „Dieses klare Muster zeigt, dass Mixotrophie kein Ausnahmefall ist, sondern unter bestimmten Umweltbedingungen eine dominante und äußerst effiziente Strategie sein kann“, erklärt Natalie Loick-Wilde, Korrespondenz-Autorin der Studie. Sie war an beiden Amazonas-Expeditionen als leitende Wissenschaftlerin beteiligt und forscht am IOW seit vielen Jahren zu marinen Plankton-Nahrungsnetzen.

Warum Mixotrophie für Klima und Ökosystemmanagement wichtig ist

Die Bedeutung dieser Ergebnisse reicht weit über die Amazonasregion hinaus. Denn sie stellen die klassische Vorstellung mariner Nahrungsnetze mit einfacher Trennung zwischen Produzenten und Konsumenten infrage und zeigen stattdessen ein Kontinuum von Ernährungsstrategien. „Mixotrophie ist weit verbreitet und funktional wichtig. Um marine Ökosysteme realistisch abbilden zu können, muss sie angemessen in Modellen berücksichtigt werden“, betont Ana Fernández-Carrera.

Zudem legt die Studie nahe, dass mixotrophe Organismen generell eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf des Ozeans spielen. „Mixotrophe Aktivität fördert vermutlich die Produktion und Anreicherung von kohlenstoffreichem, schwer abbaubarem organischem Material und trägt so zur langfristigen Speicherung von Kohlenstoff im Ozean bei“, erklärt Natalie Loick-Wilde mit Blick auf den Befund früherer Studien, die den äußeren Bereich der Amazonas-Flussfahne, in dem Mixotrophie dominiert, als bedeutende Senke für atmosphärisches Kohlendioxid identifizierten.

Beide Forscherinnen sind sich einig: Um marine Regionen, in denen zentrale Ökosystemprozesse besonders aktiv sind, besser zu verstehen, kommt es darauf an zu erkennen, wann, wo und warum Mixotrophie dominiert. Solche Gebiete können für den Kohlenstoffkreislauf, die Nährstoffdynamik und den Energiefluss im marinen Nahrungsnetz überdurchschnittlich wichtig sein. „Ein besseres Verständnis dieser trophischen Muster kann dazu beitragen, Ozean- und Klimamodelle zu verbessern und auch das Management mariner Ökosysteme wirksamer zu gestalten – etwa durch den Schutz produktiver Regionen mit besonderer Bedeutung für Fischerei und Biodiversität. Dafür müssen künftige Studien vor allem die Methoden zur präzisen Erfassung mixotropher Isotopensignaturen weiterentwickeln und entsprechende Untersuchungen auf andere Meeresregionen ausweiten“, so die beiden Planktonforscherinnen abschließend.

Originalpublikation: Ana Fernández-Carrera, Noémie Choisnard, Dirk Wodarg, Iris Liskow, Ajit Subramaniam, Joseph P. Montoya, Maren Voss, Natalie Loick-Wilde (2026). *Mixotrophy emerges as an optimal strategy in mature waters of the Amazon River plume*. *Communications Biology*, doi.org/10.1038/s42003-026-09893-4

Wissenschaftlicher Kontakt:

Dr. Ana Fernández-Carrera | Universidad de Las Palmas de Gran Canaria | ana.carrera@ulpgc.es

Dr. Natalie Loick-Wilde | Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde | natalie.loick-wilde@iow.de

Kontakt IOW-Presse- und Öffentlichkeitsarbeit: Dr. Kristin Beck | Tel.: 0381 – 5197 135 | presse@iow.de

Das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) erforscht den natürlichen und anthropogenen Wandel von Küsten- und Randmeeren in einem systemübergreifenden und interdisziplinären Ansatz, von der Grundlagenforschung bis hin zur anwendungsorientierten Forschung. Die Ostsee fungiert dabei als ideales Fallbeispiel vor der Haustür. Ein wichtiges Anliegen des IOW ist es, den wissenschaftlichen Dialog mit Politik, Praxis und Gesellschaft zu führen und so einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung der Küstenmeere zu leisten.

www.iow.de