

SCHUTZ VON LEBEN IM MEER

## Veränderung der Biodiversität im Meer schwer vorherzusagen

Autor: Prof. Dr. Kai Wirtz (Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung HZG)

**Viele Tier- und Pflanzenarten unterliegen besonderen Schutzbestimmungen. Plankton jedoch, das zentral für globale Stoffkreisläufe ist, wird in keiner Richtlinie erwähnt. Ganz offensichtlich gibt es beim Plankton ein Wahrnehmungsproblem. Darüber hinaus sind Biodiversitätsveränderungen im Meer aufgrund der weitreichenden Vernetzungen extrem schwer vorherzusagen. Daher muss der Blick weg von Einzelarten gehen, auch in der Forschung. Gleichzeitig bedarf es für das Management im Meer neuer Ansätze.**

- Trotz enormer Anstrengungen bleibt es schwierig, Biodiversität im Ozean zu messen.
- Theoretische Studien zeigen jedoch, wie wichtig eine hohe Diversität für die Produktionsleistung des Phytoplanktons ist.
- Kombinierte Daten- und Modellstudien deuten darauf hin, dass es bei Veränderungen der Biodiversität zu systemischen Effekten entlang der Nahrungskette kommt. Diese reichen von Fischlarven über das Phytoplankton bis hin zur Nährstoffdynamik.

Organismen, die Photosynthese treiben, schaffen die energetische Basis für fast alle Ökosysteme. An Land sind diese Organismen und die Tiere, die sie fressen, leicht wahrnehmbar. In der Regel sind sie auch sichtbar. Anders sieht es im Meer aus. Kleine, Photosynthese-betreibende Organismen, das Phytoplankton, und ihre Weidegänger, das Zooplankton, lassen sich auch bei Tauchgängen nicht als Individuen erfassen. Dieser Unterschied in der Wahrnehmung hat weitreichende Folgen. Er führt zu einem Gefälle in der Erforschung der Biodiversität auf dem Land und im Meer – sowie bei unseren Bemühungen um Erhalt dieser Organismen in den Ozeanen.

### Unterschiedliche Wahrnehmung von Biodiversität an Land und im Meer hat Folgen

Für Bäume gelten besondere Schutzbestimmungen. Selbst Infrastrukturprojekte können an einem seltenen Vogel scheitern. Und für große Landsäugetiere wurden bereits vor über 80 Jahren weltweit Schutzgebiete geschaffen. Erst

viele Jahrzehnte später erhalten Meeressäugtiere wie Wale eine ähnliche Aufmerksamkeit. Plankton hingegen ist noch immer in keiner Richtlinie erwähnt, obwohl es ganz wesentlich globale Stoffkreisläufe steuert und zunehmend von menschlichen Eingriffen beeinflusst wird. Nicht viel anders sieht unser Umgang mit Fischen aus, einer für das Meeresökosystem weitaus wichtigeren Organismengruppe als etwa Meeressäuger. Bei Fischbeständen dienen Fangquoten eher der ökonomisch nachhaltigen Ausbeutung und weniger dem Schutz von Diversität. Dabei hat sich als Folge der starken Auslese durch industrielle Fischerei nachweislich die genetische Vielfalt in genutzten Arten verändert. Hier hat sich zum Beispiel die mittlere Körpergröße von Populationen verkleinert (Kuparinen & Merilä, 2007).

### Photosyntheseleistung von Phytoplankton hängt von seiner genetischen Vielfalt ab

Für das Plankton ist eine Verarmung genetischer Vielfalt zwar noch nicht beobachtet wor-

den. Theoretische Studien zeigen jedoch, wie wichtig eine hohe Diversität für die Produktionsleistung des Phytoplanktons ist (Vallina et al., 2014). Sollte sich im Globalen Wandel dessen genetische Vielfalt verringern – etwa durch verringerte Durchmischung und intensivere Schichtung der obersten Wasserschicht, durch eine Erhöhung der Wassertemperatur oder durch Meeresversauerung – hätte dies Folgen für das gesamte Ökosystem sowie für globale Stoffkreisläufe. Nur eine reiche Artengemeinschaft kann die im Ozean vorkommenden vielfältigen Wachstumsbedingungen optimal ausnutzen, vor allem wenn sich diese ändern (Chen et al., 2018). Diversität und deren Änderungen sind somit ein wichtiger Schlüssel zum Verständnis der Reaktion mariner Ökosysteme auf mehrere, gleichzeitig wirkende menschengemachte Veränderungen (Taherzadeh et al., 2019). Generell wird noch vermutet, dass diese Veränderungen zu einer Verschiebung des Artenspektrums durch Artenaustausch führen, nicht aber zu einer Verringerung der Diversität.

### Das „Paradox des Planktons“ erschwert die Vorhersage

Trotz enormer Anstrengungen bleibt es schwierig, Biodiversität im Ozean zu messen (s.a. Census of Marine Life). Daher werden Modelle gebraucht, die Aussagen zu Diversitätsänderungen machen können. Bei der Entwicklung solcher Modelle steht die Forschung vor schweren Aufgaben. So fehlen Messdaten, um Modelle zu überprüfen. Auch widerspricht die Vielfalt in der Natur der Einfachheit im Modell. Wenn Modelle robuste und belegbare Aussagen machen sollen, müssen sie sich auf wenige wesentliche Variablen beschränken. Das gilt dann ebenfalls für die Modellierung des Phytoplanktons. Dem steht die hohe Anzahl an beobachteten Arten gegenüber, die jeweils ähnlich aber nicht identisch auf Umwelteinflüsse reagieren. Und selbst wenn Modelle versuchen, diese Vielfalt auf Kosten hoher Unsicherheit darzustellen, stoßen sie auf ein fundamentales Problem. Dieses Problem wird auch das „Plankton-Paradox“ genannt. Das bedeutet, dass es eine Diskrepanz

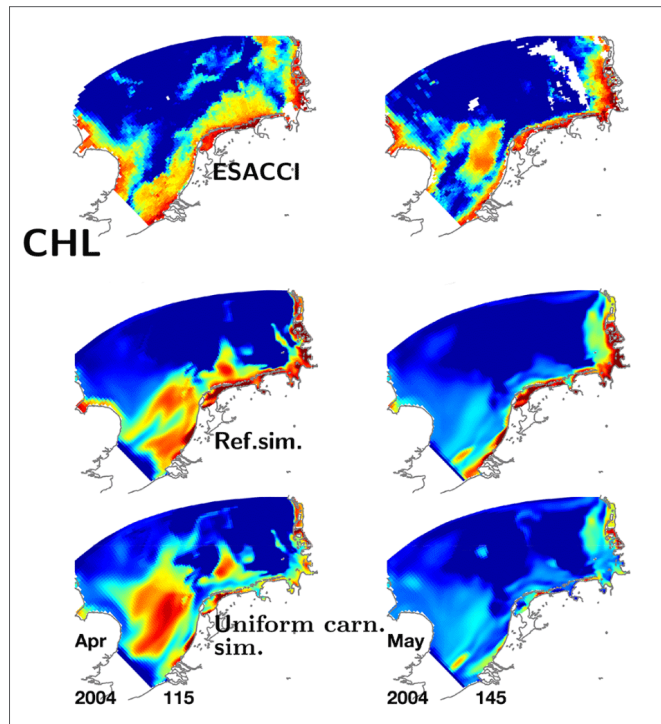
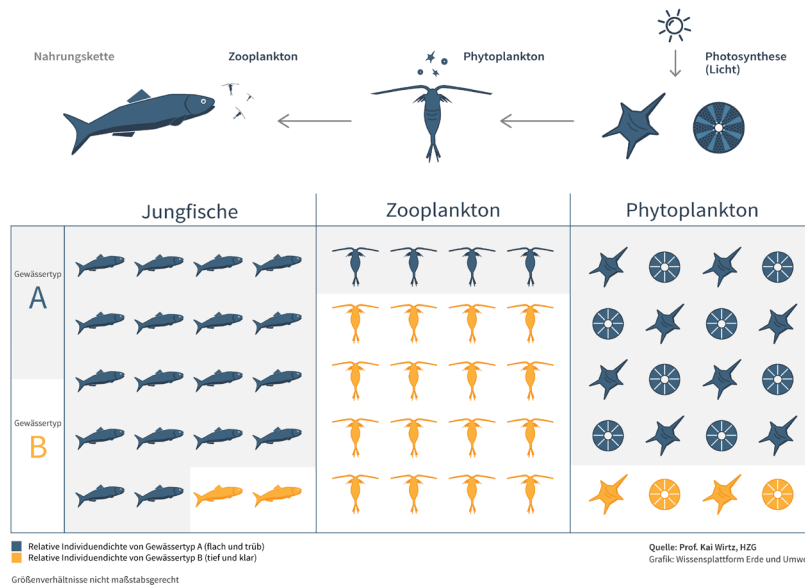


Abb. 1: Chlorophyll-Konzentration an der Wasseroberfläche als Indikator für die Konzentration des Phytoplanktons während und nach der Algenblüte im Frühjahr in 2004. Oben: Satellitenaufnahmen; Mitte: Referenzsimulation mit Kaskadeneffekt, d.h. erhöhtem küstennahen Frassdruck auf Zooplankton. Es zeigt sich, dass eine solche ökosystemare Modellierung, die komplexe Zusammenhänge und Interaktionen in Nahrungskette einschließt, besser die reale Entwicklung abbilden kann (vgl. Satellitenbild); Unten: Simulation ohne Kaskadeneffekt (Frassdruck). Grafik aus: Wirtz 2019 / CC BY 4.0

zwischen der beobachteten und der erwarteten Zahl der Planktonarten gibt.

Zurzeit können wissenschaftliche Theorie und angewandte Modelle für ein halbes Dutzend an variablen Wachstumsfaktoren nur jeweils ein bis zwei langfristig konkurrenzfähige Arten vorhersagen. Das bedeutet: Alle Arten, die nicht zumindest bei einem der Wachstumsfaktoren oder bei deren Kombination zeitweilig allen anderen Arten überlegen sind, sterben in der Simulation schnell aus. Allgemein gehen Planktonforscherinnen und -forscher von etwa einem

Kaskadeneffekt entlang der Nahrungskette von Jungfisch - Zooplankton - Phytoplankton



Darstellung der Dichte von Artengruppen in unterschiedlichen Gewässertypen:

Im Gewässertyp A [flaches und trübes Wasser] gibt es viele Jungfische (und Muscheln) und viel Phytoplankton, jedoch wenig Zooplankton (in der Grafik in blau dargestellt).

Im Gewässertyp B [tiefes und klares Wasser] kehrt sich das Verhältnis um. Hier gibt es wenig Jungfische und Phytoplankton, dafür aber viel Zooplankton.

Quelle: Prof. Kai Wirtz, HZG; grafische Umsetzung: Wissensplattform Erde und Umwelt, eskp.de / CC BY 4.0

halben Dutzend relevanten Faktoren aus. Dazu zählen Lichtintensität, Temperatur, Fraßdruck, Verfügbarkeit von Stickstoff oder Phosphor und ggf. einem weiteren Nährstoff. Bei deren Veränderung überleben in den bisherigen Modellen nur ein halbes Dutzend spezialisierte Arten oder ein Dutzend kompromissfähige Arten. Tatsächlich finden sich aber in jedem Liter Meereswasser mindestens hundert Arten Phytoplankton. Bislang fehlt noch ein überzeugender Forschungsansatz, um mit dieser hohen Differenz umzugehen. Das bedeutet, dass die bisherigen Annahmen falsch oder unvollständig sind. Ohne die Lösung dieses Grundlagenproblems wird es schwer sein, Biodiversitätsänderungen in Zukunft mit Modellen vorherzusagen.

### Biodiversität am Meeresboden zuverlässiger voraussagbar

Eine ähnlich hohe Vielfalt wie im Wasser findet sich auch am Meeresboden. Diese Vielfalt kann im Gegensatz zum Plankton jedoch besser erklärt werden [siehe Artikel: W. Zhang & C. Eschenbach: „Bedeutung der Biodiversität für Ökosystemfunktionen und Küstenformen“]. Organismen am und im Boden (das sogenannte Benthos) finden in ihrem Lebensraum 50 cm

unterhalb bis 15 cm oberhalb des Meeresbodens extrem unterschiedliche Lebensbedingungen in Bezug auf die chemische Umwelt, den Schutz vor Fressfeinden oder das Nahrungsangebot. Wie bei Plankton oder den im offenen Meer lebenden Fischen – den sogenannten pelagischen Fischen – hat diese Vielfalt erheblichen Einfluss auf wichtige Ökosystemfunktionen (Zhang & Wirtz, 2017).

Andererseits ändert sich die Zusammensetzung der Arten im Meeresboden infolge menschlicher Eingriffe. Beispielsweise haben sich in der Nordsee eingeschleuste Arten wie die pazifische Auster etabliert oder es werden verschwundene Arten wie die Europäische Auster wieder angesiedelt. Es ist anzunehmen, dass die viel diskutierte Einrichtung von Meeresschutzgebieten oder die Schaffung künstlicher Habitats durch Offshore-Bauten (z.B. Windkraftanlagen) nicht nur den Artenaustausch, sondern sogar die Diversität vor allem der bodenlebenden Gemeinschaften erhöht. Vom flachen Küstenmeer aus wirken solche Änderungen stark in die Ökosysteme des offenen Meeres hinein.

Kombinierte Daten- und Modellstudien deuten darauf hin, dass es zu systemischen Effekte ent-

lang der Nahrungskette kommt. Diese reichen von Muscheln und Fischlarven über Zooplankton und Phytoplankton bis hin zur Nährstoffdynamik (Wirtz, 2019). So zeigen die Beobachtungen, dass Muscheln und junge Fische im flachen und trüben Küstenwasser stark zunehmen. Muscheln beispielsweise ernähren sich von im Wasser driftendem tierischem und pflanzlichem Plankton. Stellt man diese kom-

plexen Vorgänge nun in Simulationen modellhaft nach, dann zeigt sich, dass sich Änderungen im Vorkommen von Konsumentengruppen entlang der Nahrungskette wie in einer Kaskade fortpflanzen. Es gibt also komplexe Folgeprozesse im Ökosystem Küste, die auch die Diversität in unterschiedlichen Bereichen des Nahrungsnetzes verändern.

## Quellen

- Chen, B., Smith, L., & Wirtz, K.W. (2018). Effect of phytoplankton size diversity on primary productivity in the North Pacific: trait distributions under environmental variability. *Ecology Letters*, 22(1), 56-66. doi:10.1111/ele.13167
- Kuparinen, A. & Merilä, J. (2007). Detecting and managing fisheries-induced evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(12), 652-659.
- Möller, K. O. (2019). Neue Einblicke durch Plankton-Observatorien. In Earth System Knowledge Platform (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt* (S. 158-161). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.1.7.3
- Taherzadeh, N., Bengfort, M., & Wirtz, K. W. (2019). A Trait-Based Framework for Explaining Non-additive Effects of Multiple Stressors on Plankton Communities. *Frontiers of Marine Science*, 6:351. doi:10.3389/fmars.2019.00351
- Vallina, S.M., Follows, M.J., Dutkiewicz, S., Montoya, J.M., Cermeno, P. & Loreau, M. (2014). Global relationship between phytoplankton diversity and productivity in the ocean. *Nature Communications*, 5:4299. doi:10.1038/ncomms5299
- Wirtz, K.W. (2019). Physics or biology? Persistent chlorophyll accumulation in a shallow coastal sea explained by pathogens and carnivorous grazing. *PLoS ONE*, 14(2):e0212143. doi:10.1371/journal.pone.0212143
- Zhang, W., & Wirtz K.W. (2017). Mutual dependence between sedimentary organic carbon and infaunal macrobenthos resolved by mechanistic modeling. *Journal of Geophysical Research*, 122(10), 2509-2526. doi:10.1002/2017JG003909

## Impressum

### Herausgeber

Helmholtz-Zentrum Potsdam,  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam

### Redaktion

PD Dr. Dierk Spreen  
Jana Kandarr  
Oliver Jorzik

### Layout

Pia Klinghammer

E-Mail: [redaktion-eskp@gfz-potsdam.de](mailto:redaktion-eskp@gfz-potsdam.de)

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:

<https://themenspezial.eskp.de/biodiversitaet-im-meer-und-an-land/inhalt-937146/>

Stand: Februar 2020

Heft-DOI: <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.1>

ISBN: 978-3-98-16597-4-0

### Zitiervorschlag:

Earth System Knowledge Platform (Hrsg.). (2020). *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.1

### Einzelartikel:

[Autor\*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In Earth System Knowledge Platform (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt* ([Seitenzahlen]). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen:  
eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)