

INTERNATIONAL

GAME 2017: Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Konsumption

GAME ist ein internationales Trainings- und Forschungsprogramm, in dessen Rahmen in jedem Jahr Studien zu einer anderen ökologischen Fragestellung durchgeführt werden. Dies geschieht an bis zu neun Küstenstandorten zeitgleich auf der Nord- und Südhalbkugel, wobei die praktischen Arbeiten von unseren Teilnehmern unter Anleitung lokaler Wissenschaftler ausgeführt werden.



Ein Bericht von Mark Lenz

Die globale Klimaerwärmung führt dazu, dass die Oberflächentemperaturen der Meere sich verändern. Diese Verschiebung, die beispielsweise in den temperierten Bereichen zu immer höheren Sommertemperaturen führt, ist vielleicht die folgenreichste Veränderung, die marine Ökosysteme zurzeit durchlaufen. Die Temperatur beeinflusst alle biologischen Prozesse im Meer von der einzelnen Zelle bis zu den Lebensgemeinschaften des Benthos und des Pelagials (z. B. Abram et al. 2017, Tagliarolo et al. 2018). Eines dieser biologischen Systeme ist das Wechselspiel zwischen Großalgen und ihren Fraßfeinden.

Bislang gibt es nur wenige empirische Daten zu den Auswirkungen der Erwärmung auf die Konsumptionsraten von Herbivoren in aquatischen oder terrestrischen Systemen. Ziel dieses

GAME-Projektes war es, solche Daten für marin-benthische Systeme zu gewinnen. Hierfür wurden an 6 Standorten in verschiedenen Klimazonen ökologische Experimente durchgeführt in deren Verlauf für die untersuchten Arten Temperatur-Leistungskurven ermittelt wurden.

Im Rahmen des 15. GAME-Projektes wurden an insgesamt 6 Standorten Experimente durchgeführt. Dies waren Akkeshi auf Hokkaido, Japan (Nordpazifik), Coquimbo in Chile (Südpazifik), Bogor auf der Insel Java, Indonesien (Indopazifik) Funchal auf Madeira, Portugal (Nordatlantik), Menai Bridge in Wales (Nordatlantik) und Haifa in Israel (östliches Mittelmeer) (Abbildung 2). An diesen Stationen wurden Studententeams, bestehend aus einem einheimischen und einem deutschen Studierenden, von lokalen GAME-Partnerwissenschaftlern betreut.

Die Teams haben mit verschiedenen Arten von Herbivoren gearbeitet, die aus drei taxonomischen Großgruppen, den Stachelhäutern, den Schnecken und den Krebstieren stammen.

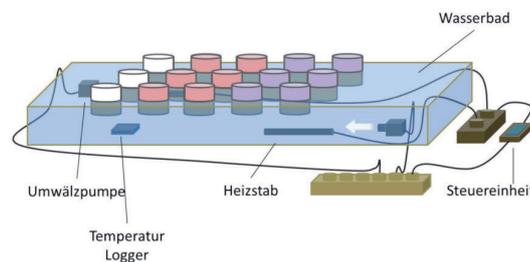
Der Aufbau der Experimente entsprach im Wesentlichen dem des Vorjahres. Im Jahr 2016 hatten die GAME-Teams den Einfluss von Mikroplastik und Ozeanerwärmung auf Muscheln untersucht und die Teams des Jahres 2017 konnten den Versuchsaufbau größtenteils unverändert übernehmen. Während der Fraßexperimente wurden die Herbivoren, mit Ausnahme der Fische, einzeln in separaten experimentellen Einheiten gehalten.

Für alle 12 getesteten Arten konnte gezeigt werden, dass ihre Konsumptionsraten mit der Umgebungstemperatur zunehmen. Dies bestätigt die Annahme, dass wechselwarme Organismen bei steigenden Temperaturen mehr Nahrung benötigen. Gleichzeitig wurde gezeigt, dass Arten, die aus unterschiedlichen Klimazonen stammen, unter den jetzigen klimatischen Bedingungen unterschiedlich weit von der Temperatur ihres Konsumptionsmaximums entfernt sind. Nur bei einer einzigen Art, dem Fisch *Siganus rivulatus* aus dem östlichen Mittelmeer, lag die Sommerdurchschnittstemperatur im Meeresgebiet um Haifa, Israel, bereits über der Temperatur, bei der der Fisch eine maximale Konsumption zeigt. Bei den 11 anderen Arten lag die Sommerdurchschnittstemperatur immer unterhalb der Temperatur des Konsumptionsmaximums, wobei die Differenz zwischen diesen beiden Temperaturen von Art zu Art und vor allem von Untersuchungssystem zu Untersuchungssystem unterschiedlich war. Der ‚thermische Puffer‘ der Untersuchungssysteme unterschied sich also und er wurde mit zunehmender geographischer Breite größer.

Dieser Zusammenhang ließ sich im GAME-Experiment am besten bei der Gruppe der Meeresschnecken erkennen. Modelliert man nur die Daten dieser Tiergruppe als Funktion der geographischen Breite ergibt sich eine erklärte Varianz von 94% (Lineare Regression: $R^2 = 0.94$, $p \leq 0.05$). Leider waren die Meeresschnecken die einzige Tiergruppe, die über einen weiten geo-

graphischen Bereich hinweg untersucht werden konnten. Daher eignen sich die Daten der anderen Tiergruppen, die im GAME-Experiment untersucht wurden, nicht für eine solche, nach Arten getrennte Regressionsanalyse.

Die Beobachtung, dass die Größe des ‚thermischen Puffers‘ mit der geographischen Breite zunimmt, deutet daraufhin, dass marine Ökosysteme in den niedrigen Breiten empfindlicher gegenüber der Ozeanerwärmung sind als Sys-



Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus. Beide Tierarten eines Standorts wurden zeitgleich im selben Wasserbad untersucht (farbige Gefäße). Zusätzliche Behälter (in weiß) dienen dazu die Veränderung der Futterpellets während des Versuchs aber in Abwesenheit der Tiere zu erfassen.

teme, die weiter vom Äquator entfernt liegen. In letzteren wird schneller die Temperatur erreicht, jenseits derer die physiologische Leistung von wirbellosen Organismen stark abnimmt. Man muss annehmen, dass marine Herbivore jenseits dieser Temperatur als Ökosystemkomponenten ausfallen und sich die betroffenen Systeme damit stark verändern.

Was allerdings in der GAME-Studie 2017 naturgemäß nicht erfasst werden konnte, ist inwieweit die gewählten Versuchsorganismen sich über mehrere Generationen hinweg an steigende Temperaturen anpassen können. Dies erscheint möglich, doch läuft die Erwärmung der Ozeane sehr schnell ab. So könnten laut den Prognosen des IPCC-Berichts aus dem Jahre 2014 vier der untersuchten Tierarten (der Seeigel *Arbacia lixula* von Madeira, die Schnecke *Conomurex persicus* aus dem östlichen Mittelmeer, die Assel *Idotea ochotensis* aus dem Nordpazifik und die Schnecke *Canarius urceus* aus der Javasee) in ihren jeweiligen Habitaten bereits gegen Ende dieses

Jahrhunderts Temperaturen erfahren, bei denen sie das in der GAME-Studie ermittelte Konsumptionsmaximum überschreiten (IPCC 2014). Daher ist es unklar, ob die evolutiven Prozesse, die für eine Anpassung an eine Umweltveränderung nötig sind, schnell genug ablaufen können, um mit dieser Entwicklung Schritt zu halten.

Eine weitere Frage, die wir im Rahmen dieser GAME-Studie nicht klären konnten, ist inwieweit Makroalgen in der Lage sind, die gesteigerten Fraßraten durch ein erhöhtes Wachstum zu kompensieren. Es ist zumindest vorstellbar, dass Algen bei höheren Umgebungstemperaturen ein gesteigertes Wachstum zeigen, mit dem sie den größeren Fraßdruck kompensieren können. Allerdings nehmen Physiologen an, dass aus enzymatischen Gründen die Respiration und damit der Energiebedarf der Weidegänger schneller zunimmt als die photosynthetischen Raten der Makroalgen (Allen et al. 2005). Erste experimentelle Studien zu dieser Frage deuten dann auch darauf hin, dass Makroalgen selbst bei guten Bedingungen nicht in der Lage sind, erhöhte Konsumptionsraten durch Wachstum auszugleichen (Gutow et al. 2016).

Eine weitere offene Frage ist, inwieweit herbivore Tiere im Zuge der Ozeanerwärmung andere Nahrungsquellen nutzen werden. Dies konnte in den GAME-Experimenten nicht untersucht werden, da, um die Vergleichbarkeit zwischen den Einzelexperimenten zu gewährleisten, mit einem standardisierten Kunstfutter gearbeitet wurde. Denkbar ist, dass Herbivore vorhandene Nahrungspräferenzen ändern, um ihre Nahrungsaufnahme dem gesteigerten Energiebedarf anzupassen oder weil sich die Qualität der Nahrung mit der Temperatur ändert. Dies würde eine Verlagerung des Fraßdrucks bedeuten und könnte verhindern, dass bestimmte Algenarten, die unter den jetzigen Bedingungen präferiert werden, in einem wärmeren Ozean überweidet werden. Zum möglichen Einfluss der Ozeanerwärmung auf die Nahrungswahl benthischer Invertebraten liegen bislang nur wenige Erkenntnisse vor, die aber andeuten, dass sich die Attraktivität von Nahrungsalgen bei steigenden Temperaturen ändern (Poore et al. 2013). Daher beschäftigt sich

das GAME-Projekt 2018 mit genau dieser Fragestellung. Zurzeit werden an 8 Standorten weltweit Versuche durchgeführt, die ermitteln sollen, ob steigende Temperaturen bei Herbivoren zu einer Veränderung der Nahrungspräferenz führen. Die Ergebnisse dieser Experimente werden die GAME-Teams im Dezember 2018 an Universitäten in Norddeutschland vorstellen.

Literatur

Abram, P.K., Boivin, G., Moiroux, J., Brodeur, J., 2017. Behavioural effects of temperature on ectothermic animals: unifying thermal physiology and behavioural plasticity. *Biological Reviews*, 92: 1859–1876.

Tagliarolo M, Porri F, Scharler UM (2018). Temperature-induced variability in metabolic activity of ecologically important estuarine macrobenthos. *Marine Biology*, 165: 1–13.

IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (The Core Writing Team, R. K. Pachauri, & L. Meyer, Eds.).

Gutow L, Petersen I, Bartl K, Huenerlage K (2016). Marine meso-herbivore consumption scales faster than seaweed primary production. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 477: 80-85

Förderung:

seit 2010

Fördersumme 2017:

14.000 EUR

Projektpartner:

IFM-GEOMAR

Martin Wahl

Düsternbrooker Weg 20

24105 Kiel