



Klimafolgen für die marine Biodiversität – Eine wissenschaftliche Grundlage

Rainer Knust, Bock, Ch., Lannig, G., Lucassen, M.,
Mark, F.C., Sartoris, F.J., Storch, D. & Pörtner, H.O.

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Sekt. Integrierte Ökophysiologie, Rainer.Knust@awi.de

Regelmäßige Untersuchungen auf See und die Auswertung von Langzeitdatenreihen zeigen bereits heute signifikante Veränderungen der marinen Umwelt in den letzten Dekaden. Dabei sind die Veränderungen der Eisdynamik und des Temperaturregimes in den hohen Breiten der Arktis und Antarktis die Kräfte, die die Veränderungen in der polaren marinen Biologie treiben (siehe Poster B. Meyer et al.). Für die gemäßigten Breiten der Nord- und Ostsee, sowie des Nordatlantiks liegen eine Reihe von Langzeitreihen vor, deren Auswertung deutliche Veränderungen der marinen Umwelt aufzeigen. So stieg z. B. die mittlere Wassertemperatur vor Helgoland um 1.13° in den letzten vierzig Jahren, verbunden mit signifikanten Veränderungen auf unterschiedlichen Systemebenen vom Phytoplankton als Primärproduzenten bis hin zu den Fischen [1][2]. Prominenteste Beispiele hierfür sind der Rückgang des Kabeljaus [3] und anderer genutzter Fischarten [4] und die Einwanderung und Etablierung von Arten, die bisher in der Nordsee wenn überhaupt nur sehr sporadisch auftraten [5]. Eine Verbindung dieser Veränderungen in der marinen Biodiversität mit Veränderungen im Klimaregime der betroffenen Seegebiete liegt nahe und kann auch in vielen Fällen als statischer Zusammenhang zwischen z. B. Erhöhung der Wassertemperaturen und Veränderungen in der Artenzusammensetzung dargestellt werden. Für belastbare Zukunftsprognosen über mögliche Veränderungen im Zusammenhang mit Klimaveränderungen genügen diese statistischen Analysen aber nicht. Hierzu bedarf es eines tieferen Verständnisses der mechanistischen Zusammenhänge zwischen dem Klimaregime einerseits und der Reaktion von Schlüssel- oder Indikatorarten auf diese Veränderungen andererseits.

Mit Ausnahme der warmblütigen Tiere wie Robben und Wale sind nahezu alle Tiere des Meeres wechselwarm. Das heißt ihre Körpertemperatur entspricht der Wassertemperatur. Die Temperatur ist ein wesentlicher Faktor, der alle lebenswichtigen Stoffwechselprozesse im Körper beeinflusst. Aufgrund dessen haben sich die Organismen im Laufe der Evolution auf das Temperaturregime ihres jeweiligen Lebensraums angepasst. Dies gilt sowohl für Tiere, die unter sehr konstanten aber sehr kalten Temperaturen der Polargebiete leben, als auch für Tiere der gemäßigten Breiten, die an relativ hohe jahreszeitliche Veränderungen in der Wassertemperatur angepasst sind. So leben z. B. die Eisfische der Hochantarktis bei einer mehr oder weniger konstanten Temperatur von -1.8°C . Durch diese spezielle Anpassung an die Kälte sind die Tiere aber nicht in der Lage bei höheren Temperaturen zu überleben. Verallgemeinert lässt sich sagen, dass Organismen in einem bestimmten Temperaturfenster leben können und dass innerhalb dieses Fensters ein Bereich identifiziert werden kann, in dem alle biologischen Prozesse innerhalb des Organismus optimal funktionieren (Abb. 1). Kommt es nun aufgrund von klimatischen Veränderungen zu einer Veränderung der Wassertemperatur, so kommt es je nach Breite des Temperaturfensters und Anpassungsfähigkeit der Organismen zu einem Ungleichgewicht zwischen Temperaturanspruch der Organismen und dem Temperaturregime im Lebensraum mit entsprechenden Konsequenzen für Wachstum, Fortpflanzung und damit verbundenen Abwanderungen oder dem Aussterben der Arten. Die Verbindung von ökologischen Felduntersuchungen mit experimentellen Arbeiten im Labor zur Physiologie von ausgewählten Schlüsselarten ist eine wichtige Grundlage für die Modellierung von Zukunftsszenarien über die Veränderung von Biodiversität vor dem Hintergrund zukünftiger klimatischer Entwicklungen [6][7] (Abb. 3).

Literatur

- [1] Wirtz, K., Wiltshire, K. H. (2005). Long-term shifts in marine ecosystem functioning detected by inverse modeling of the Helgoland Roads time-series, *Journal of Marine Systems*, 56, 262–282.
- [2] Wiltshire, K. H., Manly, B. F. J. (2004). The warming trend at Helgoland Roads, North Sea: phytoplankton response, *Helgoland marine research*, 58(4), 269–273.

- [3] Pörtner, H.-O., Bock, C., Knust, R., Lannig, G., Lucassen, M., Mark, F.C., Sartoris, F.J. (2008): Cod and climate in a latitudinal cline: physiological analyses of climate effects in marine fishes, *Climate Research*, 37, 253–270.
- [4] Allison L.P., Paula J.L., Jim R.E., John D.R. (2005): *Climate Change and Distribution Shifts in Marine Fishes*. Science Vol. 308, 1912–1915.
- [5] Ehrich, S., C. Stransky, (2001): Spatial and temporal changes in the southern species component of North Sea bottom fish assemblages. In: I. Kröncke, M. Türkay, J. Sündermann (Hrsg.): *Burning issues of North Sea ecology*. Senckenbergiana maritima. Proceedings of the 14th international Senckenberg Conference North Sea 2000, pp. 143–150.
- [6] Pörtner, H.O., Berdal, B., Blust, R., Brix, O., Colosimo, A., DeWachter, B., Giuliani, A., Johansen, T., Fischer, T., Knust, R., Naevdal, G., Nedenes, A., Nyhammer, G., Sartoris, F.J., Serendero, I., Sirabella, P., Thorkildsen, S., Zakhartsev, M., (2001). Climate induced temperature effects on growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: developing a hypothesis for cause and effect relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*). *Continental Shelf Research* 21, 1975–1997.
- [7] Pörtner, H.O., Knust, R. (2007): Climate Change Affects Marine Fishes through the Oxygen Limitation of Thermal Tolerance. *Science* Vol. 315, 95–97.

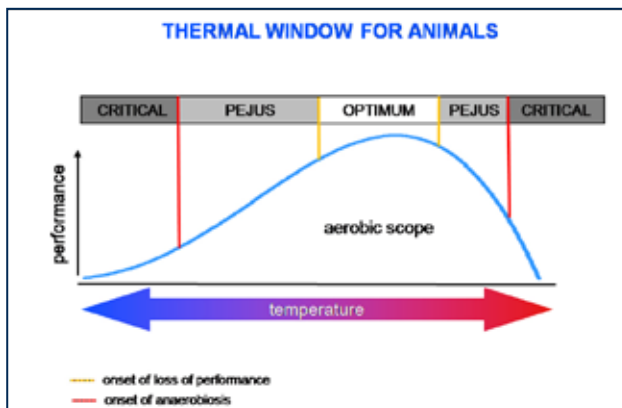


Abb. 1: Das Temperatur-Fenster von Tieren. Organismen können nur in einem bestimmten Temperaturfenster leben. Im Bereich des Temperatur-Optimums sind alle Lebensäußerungen (Performanz), wie z. B. Wachstum, Fruchtbarkeit, Mobilität etc. im Optimum. Mit zunehmender, bzw. abnehmender Temperatur nimmt die Leistungsfähigkeit des Organismus ab (Pejus-Bereich). Nach dem Erreichen der kritischen Temperaturen, ist ein Überleben der Organismen nur zeitlich befristet möglich, Wachstum und Fortpflanzung findet nicht mehr statt. Ein maßgeblicher Steuerungsparameter dabei ist die Versorgung des Organismus mit Sauerstoff. Wie breit das Temperaturfenster ist und wo das Optimum liegt, wird durch die Anpassung der Organismen an das Temperaturregime im Lebensraum bestimmt. Organismen in den Polargebieten sind an sehr kalten Temperaturen angepasst, ihr Temperaturfenster ist sehr eng, entsprechend sensible reagieren sie auf Temperaturveränderungen. Verändert nach [3].

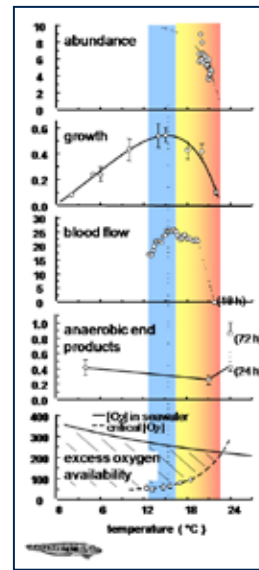


Abb. 2: Mechanistischer Zusammenhang zwischen Veränderungen der Besiedlungsdichte (Abundanz) der Aalmutter (*Zoarces viviparus*) und der Wassertemperatur. Langzeituntersuchungen im Feld zeigen einen statistischen Zusammenhang zwischen der Abnahme der Besiedlungsdichte und hohen Sommertemperaturen. Dieser zunächst statistische Zusammenhang wird durch Untersuchungen der Stoffwechselprozesse im Labor erklärbar: Die Art lebt bei ca. 14 °C in ihrem thermischen Optimum. Bei dieser Temperatur wächst das Tier optimal, der Blutfluss versorgt den Organismus bei dieser Temperatur optimal mit Sauerstoff.

Bei steigender Temperatur nimmt der Sauerstoffbedarf aufgrund erhöhten Stoffwechsels zu, bei Überschreiten einer kritischen Temperatur kann der Organismus nicht mehr optimal mit Sauerstoff versorgt werden, ein längeres Überleben jenseits der kritischen Temperatur (20 °C) ist nicht möglich. Die hohen Sterberaten und damit das Absinken der Besiedlungsdichte bei hohen Sommertemperaturen ist damit durch das physiologische Leistungsvermögen dieser Art abzuleiten [7].

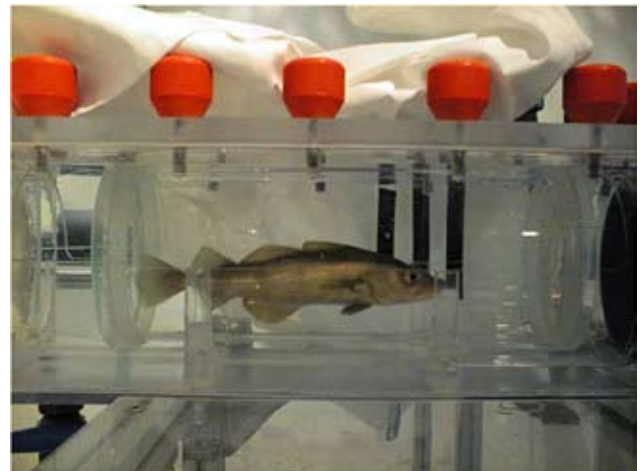


Abb. 3: Mit Hilfe moderner Labormesstechniken können Stoffwechselprozesse an lebenden Meerestieren ermittelt werden. Hier ein Kabeljau in einem Schwimmkanalversuch. Mit Hilfe eines Kernspintomographen werden Stoffwechselprozessen während des Schwimmens bei unterschiedlichen Wassertemperaturen gemessen. Diese Messungen sind Grundlage für die Ermittlung der Temperaturtoleranz von Meeresorganismen aus unterschiedlichen klimatischen Regionen. (Foto: Wittig AWI)