

1.4 Küsten und Schelfmeere: Temperaturveränderungen und Biodiversität

KAREN HELEN WILTSHIRE, MAARTEN BOERSMA & ALEXANDRA KRABERG

Global change and changes in biodiversity in coastal and shelf seas: Coastal seas with their enormous production capacity, as well as their adjacent high population densities, are particularly vulnerable to changes associated with temperature increases. In the sea water column changes in temperature, invasive and introduced species can have strong effects on the biodiversity of the aquatic communities. Here, we show that the North Sea has undergone and continues to undergo considerable change in its biodiversity on many levels, ranging from bacteria through to fish. Although still poorly understood changing biodiversity is likely to affect ecosystem services, and long-term observational power is needed to properly assess such changes

Meeresorganismen waren schon immer in ihrer Vielfalt von großem Interesse für die Menschheit. Spätestens seit Charles Darwin seine Evolutionstheorie weitgehend auf Untersuchungen an Meerestieren aufgebaut hat, oder der Deutsche Ozeanograph Victor Hensen (1835–1924) agrarwirtschaftliche Prinzipien (Nährstoffe = Fischerei Erträge) in der Meeresforschung ansetzte und die Meere als außerordentlich wichtige Nahrungslieferanten erkannt wurden, sind diese systematisch erkundet und ausgebeutet worden. In der neueren Geschichte spiegeln die Artenvielfalt der Küstenmeere, und insbesondere das Vorkommen bzw. Verschwinden von Nutzpflanzen und der Habitate, die Bedürfnisse und das Wohlergehen der Küstenbevölkerungen wieder (IPCC 2002)

Meeresorganismen aus küstennahen Gewässern liefern inzwischen etwa 2–3 Mrd. Menschen 20% ihres Proteinbedarfs (THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY 2010). Laut neuesten Erkenntnissen des Census of Marine Life (HANCE 2010) leben bis zu einer Milliarde Arten in den Weltmeeren, wobei die Mikroben den größten Anteil ausmachen. Täglich kommen weitere Ar-

ten hinzu – von mikroskopisch kleinen Bakterien, Pico planktern und Oomyceten bis hin zu den unerforschten Organismen der Tiefsee, Entdeckungen die vorangetrieben werden durch verfeinerte molekularbiologische Methoden und neue Erkundungsmöglichkeiten, z.B. durch ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge.

Küstenstreifen beherbergen die höchsten Bevölkerungsdichten der Erde und gehören zu den am meisten genutzten und am meisten bedrohten Meeresgebieten der Welt (WILTSHIRE & KRABERG 2011). Diese Bedrohung wird durch das immer noch rasante Bevölkerungswachstum weiterhin steigen. Die Tendenz zur Siedlung in sogenannten »Megacities« in Küstennähe, bei gleichzeitigem Anstieg des Meeresspiegels und deshalb notwendigen Küstenschutzmaßnahmen (Wälle, Dämme, Deiche, Buhnen, Beruhigungszonen etc), bedeuten eine große Herausforderung für die nachhaltige Nutzung der Küstenmeere für die nächsten Generationen.

Küstenmeere, insbesondere die Meere der gemäßigten Breiten unterliegen seit der Industrialisierung zunehmendem Druck durch:



Abb. 1.4-1: Links: Bedeutende Wissenschaftler, die an der Biologischen Anstalt Helgoland tätig gewesen sind, rechts: Das erste Laborgebäude der Biologischen Anstalt Helgoland.

- 1) toxische Substanzen und Eutrophierung,
- 2) Schiffstransportwege und Windparks,
- 3) Fischerei und
- 4) Küstenschutzmaßnahmen.

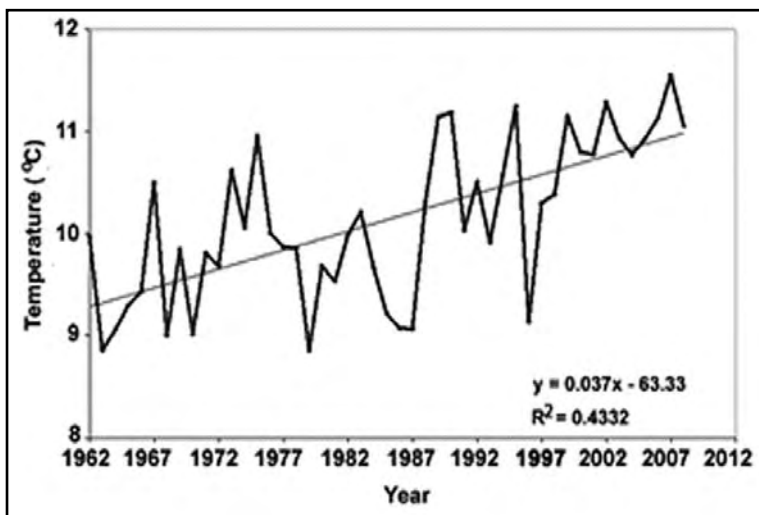
Die Erwärmung der Meere, bedingt durch allgemeine Klimaveränderungen überlagert nun diese Faktoren. Die durchschnittliche Temperatur der Ozeane ist laut IPCC (2007) in den letzten 100 Jahren im Mittel um 0.74 °C gestiegen. In der Nordsee, einem flachen Schelfmeer ist der Anstieg noch deutlicher. Eine der längsten ununterbrochenen marinen Temperaturmessreihen (1873-bis heute) an der Helgoland Reede (54°11.3' N, 7°54.0' E) weist beispielsweise einen Temperaturanstieg von 1.7°C in den letzten 45 Jahren auf (WILTSHIRE et al. 2010). Diese Erwärmung ist in allen Jahreszeiten erkennbar. Diese schnellen Temperaturänderungen wirken sich, durch Beeinflussung von Fortpflanzung, Wachstum und Verhalten, direkt auf marine Organismen aus. Sie wirken aber auch indirekt z.B. durch sich ändernde Strömungsmuster. Wir wissen, dass die Hydrographie der Nordsee sich sehr verändert hat und dass die Variabilität dieser Signale häufig mit Wettertreibern wie der Nordatlantischen Oszillation (NAO) verbunden sind. Sich ändernde Strömungsmuster bedeuten auch, dass Organismen in unterschiedlichem Maße transportiert und bisher dort nicht einheimische Arten in ein Gebiet eingetragen werden. Der Meeresspiegelanstieg dezimiert jetzt schon Korallenriffe und wird sicherlich auch die Biologie von Wattflächen stark beeinflussen (HOEGH-GULDBERG 1999).

Folgen der Wassererwärmung für die Biodiversität

Küstenmeere sind natürlich mit den Ozeanen verbunden und werden somit von ihnen beeinflusst. Die Nordsee

wird im Süden aus dem Englischen Kanal und im Norden aus dem Atlantik gespeist, was in einem gewissen Maß zu einem natürlichen Austausch von Wasser und Organismen zwischen den Meeren führt, der aber auch von Temperaturerhöhungen und den damit verbundenen Änderungen der Strömungsmuster beeinflusst wird (WILTSHIRE et al. 2010). Strömungen können dabei auf natürlichem Wege zur Einwanderung von Arten in ein neues Gebiet beitragen (THIEL & GUTOW 2005). Dieser Prozess kann passiv sein, indem Organismen durch Strömungen driften (Plankton) oder auf Treibgut in ein neues Gebiet transportiert werden. Die Einwanderung in ein neues Gebiet kann aber auch aktiv geschehen. So ist zum Beispiel der Europäische Hummer (*Homarus gammarus*) seit der letzten Eiszeit langsam in die Nordsee und Irische See eingewandert und die rote Königskrabbe auch Kamtschatka Krabbe genannt (*Paralithodes camtschaticus*) wandert stetig aus den Eismeerden die nördlichen Küsten entlang und hat bereits Norwegen erreicht. Während es sich bei der Migration des Hummers um einen natürlichen Prozess handelt, ist die Ausbreitung der ursprünglich im Nordpazifik beheimateten Kamtschatka Krabbe auf eine absichtliche Einführung in die Barentssee zurückzuführen.

Wie schon erwähnt können diese Phänomene durch sich ändernde Temperaturen gesteuert werden, besonders da sich bedingt durch den anthropogenen Klimawandel, die Raten des Temperaturanstiegs zu beschleunigen scheinen. Wärmeliebende Arten wandern zunehmend in die Nordsee ein (PERRY et al. 2005, DULVY et al. 2008). Markante Beispiele hierfür sind die Streifenbarbe (*Mullus surmuletus*), das kurzschnäuzige Seepferdchen (*Hippocampus hippocampus*) und die Große Schlangennadel (*Entelurus aequoreus*) (LINDLEY et al. 2006, PINNEGAR et al. 2008). BRANDER et al.



1.4-2: Temperaturanstieg an der Helgoland Reede Beprobungsstelle, seit 1962. Im Mittel sind die Oberflächentemperaturen seit 1962 um 1.67 Grad angestiegen.

(2003) diskutierten außerdem die nördliche Ausdehnung der Sardinien und Anchovis Fischereigebiete bis nach Westnorwegen. Anchovis und Sardinien wurden vor den 1990er Jahren nur in den warmen 1950er in der Nordsee gesichtet, sind aber inzwischen wieder häufig (s. Kap. 3.23: Alheit). Nicht nur bei Fischarten, sondern auch im Plankton (potentielles Futter der Fische und ihrer Larven) wurde aber bei einigen, als wärmeliebend betrachteten Arten in den letzten 40 Jahren eine Ausdehnung ihres Verbreitungsgebietes um 1.000 km in nördlicher Richtung dokumentiert (BEAUGRAND & REID 2003). Für Helgoland wurden darüber hinaus über 80 neue Zoobenthosarten erfasst, und diese sind wieder überwiegend wärmeliebende Arten (FRANKE et al. in press).

Als Beispiele für den entgegengesetzten Fall, den temperaturbedingten Rückzug von Arten, dienen Kaltwasserfische wie der atlantische Dorsch (*Gadus morhua*) und der Anglerfisch (*Lophius piscatorius*). Diese haben ihre Populationsschwerpunkte nach Norden verlegt. Auch vertikale Veränderungen sind bereits beobachtet worden. So beschrieben PERRY et al. (2005), dass einige benthische Fischarten wie Scholle (*Pleuronectes platessa*) und Kuckucksrochen (*Leucoraja naevus*) aber auch der Dorsch, zunehmend tiefere und damit kältere Gewässer aufsuchen. Diese Beispiele zeigen wie stark sich die Verbreitung verschiedener Arten, insbesondere der für die Fischerei relevanten Arten, allein durch Temperaturverschiebungen, wie sie in den letzten Jahren in der Nordsee beobachtet wurden, gewandelt hat.

Interessanterweise kann es durch die Erwärmung der Küstenmeere anfänglich aber sogar zu einer Erhöhung der Biodiversität kommen. Dies geschieht, wenn die veränderten Bedingungen nicht zur Verdrängung einheimischer Arten führen, aber trotzdem die Etablie-

rung neuer Arten begünstigen, oder dadurch dass früher dominante Arten etwas von ihrer Dominanz verlieren. Ein Beispiel für die Erhöhung der Diversität ist die Gemeinschaft der Ruderfußkrebse in der Deutschen Bucht. Hier ist deutlich zu sehen, dass die Diversität in den letzten Jahren zugenommen hat. Die Konsequenzen dieser Erhöhung für die weiteren trophischen Ebenen sind nicht klar, und Gegenstand aktueller Untersuchungen. Langfristig gesehen, könnte aber eine weitere Erwärmung zu einem Sinken der Biodiversität führen, wenn die Temperaturtoleranzen heimischer Arten überschritten werden. Dieser Prozess könnte unterstützt werden durch eingeschleppte Arten, die sich ohne natürliche Fressfeinde massenhaft vermehren können, wie zum Beispiel *Mnemiopsis leidyi* im Schwarzen Meer (OGUZ et al. 2008).

Insbesondere in sogenannten »jungen« Gebieten, in denen nicht alle ökologischen Nischen ausgefüllt sind, durch z.B. saisonale beziehungsweise geographische Zwänge, wie bei Polaren Ökosystemen (HUTCHINSON 1959), können neue Arten einwandern. Auch die Nordsee verbucht eine steigende Artenzahl (WILTSHIRE et al. 2010). Dies hört sich zunächst positiv an, wird aber trotzdem ökologische Folgen haben. Die durch eingewanderte oder eingeschleppte Arten (Neobiota) zu erwartende Veränderung der Zusammensetzung mariner Gemeinschaften wird Verschiebungen im heimischen Nahrungsnetz zur Folge haben. Räuber müssen z.B. ihr Beutespektrum umstellen, wenn neue Arten den Platz ausgestorbener oder verdrängter Arten einnehmen. Ein Beispiel dafür ist die Artenverschiebung innerhalb der Gattung *Calanus*. Durch die Erwärmung ist in der südlichen Nordsee die Art *C. finmarchicus* ersetzt worden durch *C. helgolandicus*. Da die letztgenannte Art vor allem im Sommer vorhanden ist, steht sie den Fisch-

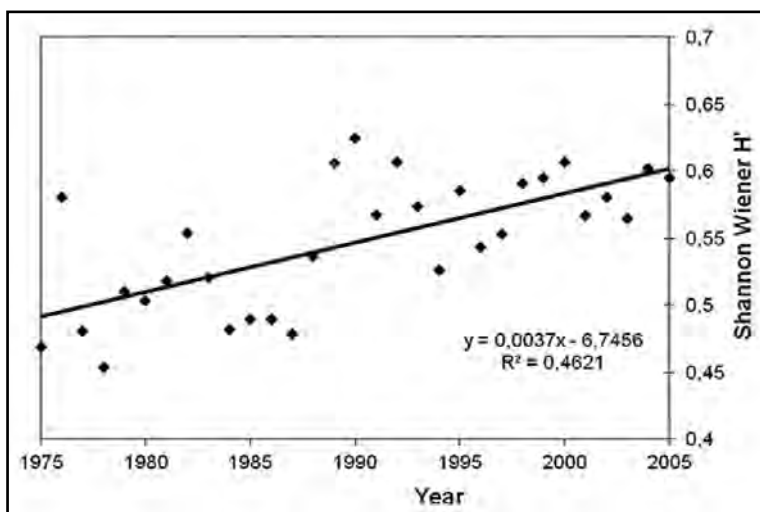


Abb. 1.4-3: Diversität der Ruderfußkrebse (Copepoden) der Helgoländer Reede (aus WILTSHIRE et al. 2010).

larven viel weniger zur Verfügung als die Frühlingsart *C. finmarchicus*. Dies wird als eine weitere Erklärung für das Verschwinden des Dorschies aus der südlichen Nordsee gesehen (BEAUGRAND et al. 2003). Auch wenn ein Räuber und seine Beute weiterhin in einem Gebiet vertreten sind, kann es aufgrund unterschiedlicher Toleranzen z.B. gegenüber Temperatur oder Salinität dazu kommen, dass beide nicht gleichzeitig auftreten bzw. in Konkurrenz-Situationen gelangen (KRABERG et al. 2008).

Teilweise sind die Neobiota der Nordsee bereits als Verursacher großer Störungen in den Nahrungsnetzen anderer Meeresökosysteme bekannt. *Mnemiopsis leidyi* zum Beispiel hat nach ihrer Einführung in das Kaspische Meer und Schwarze Meer durch ihre hohe Fress-effizienz die ohnehin durch Überfischung geschwächte Fischerei komplett zum Erliegen gebracht (OGUZ et al. 2008). In der Nordsee scheint sie bis dato nicht so dramatisch zu sein, vielleicht weil konkurrierende Rippenquallen wie *Pleurobrachia pileus* schon im System präsent sind, bzw. *Beroe cucumis*, eine große Rippenqualle den Neankömmling frisst. Eine *Beroe* Art war auch im Kaspischen und Schwarzen Meer für die Dezimierung von *Mnemiopsis* verantwortlich. Insgesamt nehmen die Rippenquallen deutlich zu (GREVE et al. 2004, HAMER et al. 2011) und sind somit Schlüsselarten für Studien, die sich mit Veränderungen im Gefüge der Nahrungsnetze der Nordsee befassen.

Andere neu eingeführte Arten werden in den Küstensystemen jedoch sichtbar dominant. Beispiele hierfür sind der Gespensterkrebs (*Caprella muticum*), der mit seiner markanten Körperform in Algenwäldern und auf künstlichen Substraten zu finden ist, sowie die Pazifische Auster *Crassostrea gigas*, die große Teile des Wattenmeers »zubetoniert«. Diese Arten profitieren besonders von den warmen Wintern. Was diese Dominanz für das System bedeutet und ob sie langfristig erhalten bleibt, wird meist erst nach mehreren Jahren sichtbar. Es ist beispielsweise noch nicht klar, ob die Miesmuschel z.B. durch die Austern endgültig verdrängt wird oder nicht.

Die Entwicklung von Neobiota in ihrer ‚neuen Heimat‘ ist jedoch oft komplex. Ein Beispiel hierfür ist der Japanische Beerentang (*Sargassum muticum*). Diese eingeschleppte pazifische Großalge erweitert offenbar den Lebensraum Watt, da sie Schutz für Plankter und pelagische Jungfische bietet (POLTE & BUSCHBAUM 2008). Auch bei den Kleinalgen (Phytoplankton) sind Nischenerweiterungen bekannt, die mit veränderten Temperaturbedingungen zusammenhängen könnten. Die Kieselalge *Paralia sulcata* zeigt eine Erweiterung ihrer realisierten Nische in der Deutschen Bucht vom Winter in den Sommer hinein (GEBÜHR et al. 2009). All-

gemein sind planktonische Lebewesen gute Indikatoren für Verschiebungen in aquatischen Systemen. Allein der Zeitpunkt der Frühlingsblüte ist phänologisch sehr wichtig. Verbunden mit den wärmeren Wintern wurde diese in den letzten Jahren im Jahresgang nach hinten gedrängt, in anderen Worten, die Blüte erscheint später im Jahr (WILTSHIRE et al. 2008). Die damit verbundene »Austaktung« (Match-Mismatch Hypothese nach CUSHING (CUSHING 1990)) der abhängigen Predatoren kann für das Nahrungsnetz von großer Relevanz sein, wenn diese Prädatoren ihr zeitliches Auftreten nicht gleichzeitig (und in dieselbe Richtung) mit ihrer Phytoplanktonbeute verändern. Auch wissen wir, dass sich die Biodiversität in Zusammenhang mit den Zelldichten von Mikroalgen in der Nordsee sehr verändert hat (WILTSHIRE et al. 2010). Große wärmeliebende Diatomeen wie *Guinardia delicatula* sind häufiger geworden.

Eine der großen wissenschaftlichen Debatten ist aktuell das mögliche vermehrte Auftreten von pathogenen Organismen und toxischen Algenblüten. Es gibt Zusammenhänge zwischen wärmeren Gewässern und z.B. *Vibrio cholerae* (MOTES et al. 1998). Zurzeit werden hierzu große Untersuchungen in den Küstenrandmeeren der gemäßigten Breiten durchgeführt. Höhere Wassertemperaturen werden auch mit einem größeren Aufkommen an toxischen Algenblüten in gemäßigten Breiten in Verbindung gebracht, da die steigenden Wassertemperaturen auch tropischen Arten erlauben könnten, sich in nördlicheren Gewässern wie der Nordsee zu etablieren. Auch die Eutrophierung wird als möglicher begünstigender Faktor für das Auftreten toxischer Algen diskutiert.

Die Meereseerwärmung ist jedoch nicht die einzige direkte Folge des Klimawandels. Durch den Anstieg des atmosphärischen Kohlendioxid (CO_2) Gehalts seit Beginn der Industrialisierung (ca. 1750) von 280 ppm auf 390 ppm im Jahre 2010 (IPCC 2007) ist bereits jetzt eine gewisse Ozeanversauerung zu beobachten, die sich in Zukunft noch verstärken wird (s. Kap. 3.9 und 3.11 Riebesell&Schulz). Die jetzt gemessenen CO_2 Konzentrationen sind wahrscheinlich die höchsten Konzentrationen seit 20 Mio. Jahren. Normalerweise wird ein Teil des CO_2 aus der Atmosphäre von den Meeren aufgenommen, die dadurch einen wichtigen Beitrag zur Regulation des atmosphärischen Kohlendioxids leisten. Es gibt jedoch erste Anzeichen dafür, dass die Meere langsam die Grenze ihrer Aufnahmefähigkeit erreicht haben und dass das bereits aufgenommene CO_2 zu einer Senkung des pHs und damit zu einer Versauerung der Meere führt. Diese Senkung des pHs wird unter Umständen auch Konsequenzen für die marine Biodiversität haben, Kalkhaltige Strukturen können sich in saurem Wasser nach und nach auflösen. Eine zuneh-

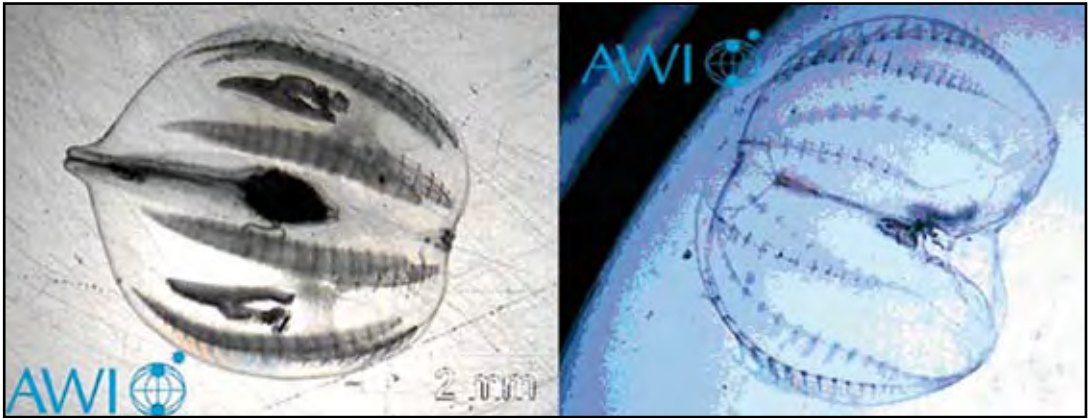


Abb. 1.4-4: An der Helgoland Reede auftretende Ctenophoren (Seestachelbeeren): **Links:** *Pleurobrachia pileus*, **rechts:** die eingewanderte Art *Mnemiopsis leidyi*. Quelle: PLANKTON*NET (<http://planktonnet.awi.de>).

mende Versauerung könnte deshalb auch eine Vielzahl von Meeresorganismen mit kalkhaltigen Schalen z. B. Coccolithophoriden, Korallen, Schnecken und Seesterne nachhaltig schwächen und zu biochemischen Ungleichgewichten führen. Allerdings ist es noch unklar, in wie fern küstennahe Gewässer mit ihrem CO_2 übersättigten Wasser auf einen weiteren Anstieg des CO_2 -Gehalts in der Atmosphäre reagieren werden. Auch diese Fragestellungen müssen dringend bearbeitet werden, wenn wir die Konsequenzen des Klimawandels auf marine Nahrungsnetze und dafür für die Menschen verstehen oder sogar vorhersehen wollen. Dies ist besonders wichtig, da oft mehrere Faktoren wie Versauerung und Temperaturerhöhung zusammenspielen. Für solche Untersuchungen sind aber robuste Langzeitdaten unabdingbar. Vergleiche über kurze Zeiträume (5–10 Jahre) und insbesondere der Vergleich von einzelnen warmen und kalten Jahren können keine stabilen Langzeitrends zeigen. In der Literatur haben solche Vergleiche selten langfristigen Bestand, und sind nur interessant, um plötzliche Veränderungen aufzuzeigen. Es ist eine große Herausforderung für die Meereswissenschaften die möglichen Effekte der Wassererwärmung auf die Artenvielfalt von anderen Einflüssen (oben) sauber zu trennen. Dies bedarf langer, qualitätsgesicherter und zugänglicher Zeitreihen für verschiedene Umweltparameter (Temperatur, Salinität, Wetter, Hydrographische Messungen, Wasserchemie) in Zusammenhang mit biologischen Aufnahmen. Auch müssen die korrekten Metainformationen archiviert und sinnvolle Hypothesen aufgestellt werden. Beispielsweise sollten zyklische Wetter-Phänomene wie die Nordatlantische Oszillation, die zu kurzfristigen Temperaturschwankungen auch im Meer führen können, klar von langfristigen Trends getrennt werden. Signifikante Sprünge in Organismengemeinschaften (sogenannte »Regime Shifts«) müssen

als dauerhaft oder als umkehrbar erkennbar sein, sonst sind Bewertungen der Biodiversitätsveränderungen sehr schwierig (KRABERG et al. 2011).

Eine der großen Herausforderungen des Erdsystem-Managements (Staatliche Behörden, EU) ist es daher, sinnvolle Erfassungssysteme zu etablieren und aussagekräftige Langzeitdaten zu erheben sowie bestehende Datenreihen zu unterstützen, um die nachhaltige Meeresnutzung zu garantieren.

Literatur

- BEAUGRAND G. & REID P.C. (2003): Long-term changes in phytoplankton, zooplankton and salmon related to climate. *Global Change Biology* 9:801-817.
- BEAUGRAND G., BRANDER K.M., LINDLEY J.A., SOUSSI S. & REID P.C. (2003): Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. *Nature* 426: 661-664.
- BRANDER K.M., BLOM G., ERZINI K., HENDERSON G., MACKENZIE B.R., MENDES H., RIBEIRO J., SANTOS A.M.P. & TORESEN R. (2003): Changes in fish distribution in the Eastern North Atlantic: Are we seeing a coherent response to changing temperature? *ICES Marine Science symposia* 219:261-270.
- CUSHING D.H. (1990): Plankton production and year-class strength in fish populations: an update on the match/mismatch hypothesis. *Advances Marine Biology* 26:249-293.
- DULVY N.K., ROGERS S.I., JENNINGS S., STELZENMÜLLER V., DYE S.R. & SKJOLDAL H.R. (2008): Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of warming seas. *Journal of Applied Ecology*: 45:1029-1039.
- HUTCHINSON G.E. (1959): Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? *American Naturalist*, 93: 145-159.
- GEBÜHR C., WILTSHIRE K.H., ABERLE N., VAN BEUSEKOM J.E.E. & GERDTS G. (2009): Influence of nutrients, temperature, light and salinity on the occur-

- rence of *Paralia sulcata* at Helgoland Roads, North Sea. *Aquatic Biology* 7:185-197.
- GREVE W., REINERS F., NAST J. & HOFFMANN S. (2004): Helgoland Roads time-series meso- and macrozooplankton 1974 to 2004: lessons from 30 years of single spot high frequency sampling at the only off-shore island of the North Sea Helgoland Marine Research. 58:274-288.
- HANCE J. (2010): <http://www.coml.org>.
- HAMER H. H., MALZAHN A. M. & BOERSMA M. (2011): The invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi*: a threat to fish recruitment in the North Sea?, *Journal of Plankton Research*, 33:137-144.
- HOEGH-GULDBERG O. (1999): Coral bleaching, Climate Change and the future of the world's Coral Reefs. *Review, Marine and Freshwater Research* 50:839-866 .
- IPCC (2002): *Climate change and biodiversity: IPCC Technical Paper V*, Gitay H, Suarez A, Watson RT, Dokken DJ (eds), Geneva, Switzerland.
- IPCC (2007): *Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.*, [Core writing team P, R. K., Reisinger, A.] (eds), Geneva, Switzerland.
- KRABERG A.C., HUSMANN G., BRENNHOLT N., LÜCKE N., EHMEN S. & WILTSHIRE K.H. (2008): Konsequenzen des Klimawandels für die Biodiversität der Meere. *Biologische Anstalt Helgoland (BAH) des Alfred-Wegener Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI). Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes. »Wie wirkt der Klimawandel auf die Biodiversität der Meere?«* Dessau.
- KRABERG A.C., WASMUND N., VANAVERBEKE J., SCHIEDEK D., WILTSHIRE K.H. & MIESZKOWSKA N. (2011): Regime shifts in the marine environment: The scientific basis and political context. *Marine Pollution Bulletin* 62:7-20.
- LINDLEY J.A., KIRBY R.R., JOHNS D.G. & REID P.C. (2006): Exceptional abundance of the snake pipefish (*Entelurus aequorus*) in the north-eastern Atlantic Ocean. *Theme Session on climatic variability in the ICES area - 2000-2005 in relation to previous decades ICES CM 2006/C:06*.
- MOTES M.L., DEPAOLA A., COOK D.W., VEAZEY J.E., HUNSUCKER J.C., GARTHRIGHT W.E., BLODGETT R.J. & CHIRTEL S.J. (1998): Influence of water temperature and salinity on *Vibrio vulnificus* in Northern Gulf and Atlantic Coast oysters (*Crassostrea virginica*). *Applied and Environmental Microbiology* 64:1459-1465.
- OGUZ T., FACH B. & SALIHOGLU B. (2008): Invasion dynamics of the alien ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and its impact on anchovy collapse in the Black Sea. *J Plankton Res* 30:1385-1397.
- PERRY A.L., LOW P.J., ELLIS J.R. & REYNOLDS J.D. (2005): Climate change and distribution shifts in Marine Fishes. *Science* 308:1912-1915.
- PINNEGAR J.K., STELZENMULLER V., VAN DER KOOIJ J., ENGELHARD G.H., GARRICK-MAIDMENT N. & RIGHTON D. (2008): Occurrence of the short-snouted seahorse *Hippocampus hippocampus* in the central North Sea. *Cybiurn* 32:343-346.
- POLTE P. & BUSCHBAUM C. (2008): Native pipefish (*Entelurus aequorus*) promoted by the introduced seaweed *Sargassum muticum* in the northern Wadden Sea, North Sea. *Aquatic Biology* 3:11-18.
- THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (2010): <http://www.cbd.int/marine/problem.shtml>.
- THIEL M. & GUTOW L. (2005): The ecology of rafting in the marine environment. II. The rafting organisms and community. *Oceanography and Marine Biology: An annual review* 43:279-418.
- WILTSHIRE K.H., MALZAHN A.M., WIRTZ K., GREVE W., JANISCH S., MANGELSDORF P., MANLY B.F.J. & BOERSMA M. (2008): Resilience of North Sea phytoplankton spring blooms dynamics: an analysis of long term data at Helgoland Roads. *Limnology and Oceanography* 53: 1294-1302.
- WILTSHIRE K.H., KRABERGA., BARTSCHL., BOERSMA M., FRANKE H.D., FREUND J., GEBÜHR C., GERDTS G., STOCKMANN K. & WICHELS A. (2010): Helgoland roads: 45 years of change in the North Sea. *Estuaries and Coasts*. 33:295-310.
- WILTSHIRE K.H., & KRABERG A. (2011): „Meere und Küsten: Klimawandel und Biodiversität“. In: Kapitel 5 „Biodiversität und Klimawandel“ *Buch der Umwelt-Bundesbehörde*, in press.

Prof. Dr. Karen Helen Wiltshire
Dr. Alexandra Kraberg

Prof. Dr. Maarten Boersma
Biologische Anstalt Helgoland
Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung
Postfach 180 - 27483 Helgoland
karen.wiltshire@awi-bremerhaven.de