

5.3 Neue Herausforderungen durch Klimawandel und klimaschützende Maßnahmen - Gelingt der Schutz des Lebens im Meer?

MANUELA KRAKAU

Neue Herausforderungen durch Klimawandel und klimaschützende Maßnahmen - Gelingt der Schutz des Lebens im Meer? Anthropogene Einflüsse auf die Küsten, aber auch auf die Meere und Ozeane, nehmen global zu. Zusätzlich zu Belastungen wie Überdüngung, Schadstoffe und nicht nachhaltige Ausbeutung mariner Ressourcen, sind Meeresorganismen steigenden Wassertemperaturen und sinkenden pH-Werten (Versauerung) ausgesetzt. Die im Meeresschutz notwendigen Maßnahmen müssen daher die Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigen, um dem Auftrag gerecht zu werden, die Biodiversität der Meere und Ozeane zu erhalten und wiederherzustellen. Die Widerstandskraft des Ökosystems Meer muss so gestärkt werden, dass sich auch die empfindlichen marinen Arten, soweit wie möglich, an die künftigen Veränderungen anpassen können. Ausreichende Beachtung müssen außerdem klimaschützende Maßnahmen im Meer finden, wie der Ausbau der erneuerbaren Energien. Sie müssen naturverträglich durchgeführt werden und dürfen dem Schutz der Meeresorganismen nicht entgegenstehen.

New challenges posed by climate change and climate protection measures - Can the protection of marine life be achieved? Anthropogenic impacts on coasts, but also on the oceans, increase globally. In addition to pressures as eutrophication, chemical pollution and non-sustainable exploitation of marine resources, marine organisms are subjected to rising water temperatures and decreasing pH values (acidification). Thus, the measures necessary to protect the marine environment have also to allow for impacts of climate change to meet the mandate of conserving or restoring biodiversity in the oceans. Resistance of the marine ecosystem has to be strengthened in a way that also sensitive marine species are able to adapt to future changes as far as possible. Adequate attention has to be paid to the fact that measures for climate protection in the ocean, as e.g. the development of renewable energy, are performed in an environmentally sound way and are not opposed to the protection of marine organisms.

Die Gefährdung der Biodiversität in den Meeren und Ozeanen ist vielfältig und oft global. Die bekanntesten anthropogenen Belastungen sind die großflächigen Folgen von Ölnfällen, die globalen Ausmaße übermäßiger Ressourcennutzung sowie die Auswirkungen von Plastik- und anderen Abfällen. Aktivitäten wie Rohstoffabbau, Schiffsverkehr und Fischerei verursachen neben Verschmutzungen mit Müll auch chemische Belastungen, übermäßige Nährstoffeinträge (Eutrophierung) oder Unterwasserlärm, die alle großflächig negative Auswirkungen auf marine Organismen und Lebensgemeinschaften haben können (UBA 2015a). Bautechnische Aktivitäten, wie Küstenbebauung oder Errichtung von Offshore-Installationen, greifen direkt in marine Ökosysteme ein und zerstören dabei oft Biotope. Auch durch die Verlegung von Pipelines und Kabeln oder die Vertiefung von Fahrrinnen werden marine Lebensräume gestört, Lebensgemeinschaften separiert und sensible Arten vergrämt oder zum Abwandern gezwungen.

Die negativen Effekte dieses anthropogenen Drucks auf die Meeresökosysteme werden immer häufiger durch die Auswirkungen des Klimawandels verstärkt. Wie in den vorangegangenen Kapiteln zu »Aktuellen Veränderungen in den Meeren« dargestellt, beeinträchtigen weltweit die Veränderung von Niederschlagsmengen, eine zunehmende Sturmhäufigkeit und der Meeresspiegelanstieg vor allem küstennahe Ökosysteme und ihre Lebensgemeinschaften. Erwärmung und Versauerung wirken sich in allen Teilen der Ozeane

nachteilig auf die biologische Vielfalt und das marine Ökosystem aus (z.B. WBGU 2006, LOZÁN et al. 2011, DONEY et al. 2012, POLOCZANSKA et al. 2013, MARI-BUS 2014). Sowohl der Temperaturanstieg des Wassers und der Luft als auch die Versauerung nehmen direkt Einfluss auf die Physiologie der Meereslebewesen und können zu Abwanderungen oder lokalem Aussterben einzelner Arten führen (siehe Kap. BACH & RIEBESELL sowie Kap. RODER & HEISS in diesem Band). Am bekanntesten ist das Beispiel der Warmwasser-Korallenriffe, deren Veränderungen seit Jahren beobachtet werden (siehe auch Kap. RODER & HEISS in diesem Band). Nur bei wenigen Organismen konnte experimentell eine mögliche Anpassung an die veränderten Bedingungen prognostiziert werden (z.B. SCHLÜTER et al. 2014, FOO & BYRNE 2016). Langfristig sind durch das Ausfallen von Schlüsselarten in den einzelnen Lebensgemeinschaften gravierende Veränderungen im Nahrungsnetz oder auch in der Lebensraumausprägung zu erwarten.

Die Lebewesen und Lebensgemeinschaften eines Ökosystems sind jedoch nicht immer gleich stark von den Effekten des Klimawandels betroffen (KRÖNCKE et al. 2012). Die unterschiedliche Ausprägung von Gefährdungsursachen und die spezifische Empfindlichkeit von Lebensräumen und einzelnen Arten müssen regional oder auch im Einzelfall betrachtet werden, um adäquate Schutzmaßnahmen abzuwägen (NARBERHAUS et al. 2012). So werden zum Beispiel für den Lebensraumtyp Miesmuschelbank, der sowohl in Nord- als

auch Ostsee vorkommt, in NARBERHAUS et al. (2012) höhere Mortalitätsraten der Miesmuscheln prognostiziert, wenn steigende Wassertemperaturen und abnehmender pH-Wert sowie erhöhter Konkurrenzdruck durch neue wärmeliebende Arten und die häufigere Zerstörung der Miesmuschelbänke durch Sturmereignisse gleichzeitig wirken. Die massive Ausbreitung der Pazifischen Auster in Miesmuschelbänken, die durch die höhere Wassertemperatur ermöglicht wird, kann dabei eine Veränderung in der Nahrungskette bewirken. Seevögel und andere Räuber werden benachteiligt, da sie auf der Futtersuche weniger Miesmuscheln vorfinden und die hartschaligeren, oft verklumpten Austern keinen gleichwertigen Ersatz darstellen. Gleichzeitig unterstützt die Auster die Ansiedlung weiterer nicht-heimischer Arten (wie Japanischer Beerentang und Gespensterkrebis), so dass mit ihrer Dominanz auf Muschelbänken auch eine veränderte Funktion des gesamten Lebensraumtyps einhergeht (Abb. 5.3-1, vgl. auch Kap. BUSCHBAUM et al. in diesem Band).

Das Beispiel zeigt, dass das Verständnis der lokalen und regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf die verschiedenen Lebensräume in den Meeren und Ozeanen grundlegend ist, um angemessene Maßnahmen zum Erhalt der marinen Biodiversität zu ergreifen. Umfassende wissenschaftliche Berichte wie das »North Sea Region Climate Change Assessment« (QUANTE & COLIJN 2016) und das »Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin« (BACC II 2015) unterstützen dabei die Entwicklung naturschutzfachlicher und umweltrelevanter Einschätzungen für Nord- und Ostsee und die Ableitung notwendiger Maßnahmen. Gleichzeitig zeigen diese Publikationen auch Kennt-



Abb. 5.3-1: Der Wandel von der Miesmuschelbank zur Austernbank ist in einigen Bereichen des deutschen Wattenmeers schon vollzogen. Begünstigt wird die Dominanz der Pazifischen Austern von veränderten Umweltbedingungen und fehlendem Fraßdruck. (Foto: Christian Buschbaum).

nislücken zu den Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedenen Betrachtungsebenen auf, deren Schließung das Ziel zukünftiger Untersuchungen sein muss.

Bestehende Aktivitäten zum Schutz der biologischen Vielfalt im Meer

Sowohl bei der Reduzierung der Einträge schädlicher Stoffe in das Meer als auch bei der Regelung der Nutzungsinteressen kommt der internationalen Zusammenarbeit eine entscheidende Rolle zu, da überregionale Belastungen und ihre Ursachen durch lokale oder nationale Maßnahmen nicht hinreichend effektiv gemindert werden können (UBA 2015a). Im Meeres-, wie auch im Klimaschutz, wird deutlich, dass nicht nur die unmittelbaren Anlieger, sondern auch weiter entfernte Verursacher die Ökosysteme direkt oder indirekt beeinflussen. Zeitgemäßer Meeresschutz verlangt eine Einbeziehung aller Verursacher sowie, aufbauend auf dem Integrationsprinzip, die Beteiligung aller Politikbereiche, die Auswirkungen auf die Qualität des Meeresökosystems und ihre biologische Vielfalt haben können.

Deutschland hat sich zusammen mit vielen anderen Staaten in internationalen Übereinkommen verpflichtet, den Schutz der biologischen Vielfalt und die nachhaltige Nutzung von Ressourcen zu gewährleisten und zu fördern. Richtungsweisend könnte der als historisch gewertete Beschluss der Mitgliedsstaaten der Kommission für die Erhaltung der lebenden Meeresschätze der Antarktis (*Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources*; CCAMLR) werden, durch den ein Meeresschutzgebiet vor der Küste der Antarktis von mehr als der vierfachen Fläche Deutschlands entstehen wird. Ab Dezember 2017 wird die kommerzielle Fischerei in diesem Gebiet des Rossmeers für zunächst 35 Jahre untersagt, so dass eine Entlastung der Fischbestände sowie der davon abhängigen Seevogel-, Wal- und Robbenpopulationen erwartet wird.

Eine Lösung zwischen stetig wachsenden Nutzungsansprüchen an die Meere und dem Erhalt der biologischen Vielfalt zu finden, ist vor allem für stärker besiedelte Küsten eine große Herausforderung. So legt zum Beispiel auch das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (*Convention on Biological Diversity*; CBD) seit 1993 fest, dass nachhaltige Nutzung und Schutz der biologischen Vielfalt gleichrangig zu behandeln sind. Durch die gleichzeitige Etablierung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (*United Nations Framework Convention on Climate Change*; UN FCCC) stehen die Mitgliedsstaaten seit Jahrzehnten vor der Herausforderung, die Maßnahmen des Klimaschutzes und den Erhalt der Biodiversität verträglich für die Ökosysteme zu gestalten (HEROLD

et al. 2001). Nachhaltigkeit und Ansätze, die Ökosysteme als Ganzes in den Blick nehmen, müssen die Grundlage jedes Handelns werden. Die Nutzung ökologischer Leitplanken soll dabei Risiken begrenzen (UBA 2013).

Als Partner der regionalen Meeresschutzübereinkommen OSPAR und HELCOM arbeitet Deutschland seit Jahren mit, dem Klimawandel auch in der regionalen Meeresschutzpolitik Rechnung zu tragen (siehe u.a. OSPAR 2010, HELCOM 2013). Die Integration von Veränderungen der Meeres- und Küstenlebensräume durch den Klimawandel mit den aktuellen Schutzanforderungen steht jedoch noch am Anfang. Ein Ansatz wäre zum Beispiel, die erhöhten Nährstoffeinträge, die durch stärkere Niederschläge in Folge des Klimawandels zu erwarten sind, bei der Setzung der notwendigen Reduktionsziele zu berücksichtigen (HELCOM 2013).

In den nationalen Strategien zur biologischen Vielfalt (BMU 2007) sowie für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Meere (BMU 2008a) sind die Grundsätze für eine angestrebte Balance zwischen dem Erhalt eines intakten Meeresökosystems und der menschlichen Nutzung formuliert. Für die europäischen Meeresschutzmaßnahmen schafft die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) den einheitlichen rechtlichen Rahmen für die EU-Mitgliedstaaten (EU-RL 2008/56/EG). Übergeordnetes Ziel dieser Richtlinie ist, dass ein guter Zustand der Meeresumwelt erhalten bleibt oder bis 2020 erreicht werden soll. Zur Verbesserung des Zustands der deutschen Nord- und Ostseegebiete (BMU 2012) ist ein Maßnahmenprogramm durch Bund und Länder erstellt worden, in dem aktuell umsetzbare Maßnahmen zur Verbesserung des Umweltzustands 2015 festgeschrieben wurden (BMUB 2016). Während der Phase der Öffentlichkeitsbeteiligung für dieses erste nationale MSRL-Maßnahmenprogramm wurde durch kritische Stimmen von Interessenverbänden deutlich, dass es mit »zu weitreichend« bis hin zu »nicht ausreichend« bewertet wurde. Die durchzuführende Effektivitätskontrolle im Rahmen des MSRL-Managementzyklus wird zeigen, ob die ausgewählten Maßnahmen greifen oder im Folgeprozess angepasst werden müssen.

Klimawirksame Maßnahmen und das Meer

Auf globaler Ebene werden vorsorgende Maßnahmen zum Klimaschutz immer wichtiger (IPCC 2014). Durch die bisher vornehmlich landbasierten Managementansätze zur Eindämmung des Klimawandels profitieren langfristig auch die Meere, insbesondere die Lebensräume der Küsten. Das wichtigste Instrument ist die Minderung der durch den Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen. Die Reduktion dieser

für das Klima wirksamen Gase hat zum einen direkte positive Auswirkungen auf die Meereschemie, da sich weniger Kohlendioxidmoleküle im Wasser lösen und den Meeresorganismen mehr Karbonate für Kalkschalen oder Kalkskeletten zur Verfügung stehen würden. Zum anderen könnten bereits eingesetzte Effekte der Erwärmung, wie die Zu- und Abwanderung von Arten, geringere Ausmaße annehmen.

Als mögliche Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasen werden jedoch auch großtechnische Eingriffe in die globalen ökologischen Abläufe diskutiert, das »*Climate Engineering*«. Eine lange Zeit kontrovers diskutierte Methode ist die Ozeandüngung, deren Grundlage die Nutzung von Plankton für Kohlenstofffixierung aus der Atmosphäre ist (LEUJAK et al. 2011). Der Nutzen dieser Methode konnte durch die erfolgten Experimente bisher nicht belegt werden. Ein wesentlicher Kritikpunkt sind die unkalkulierbaren Auswirkungen auf das Meeresökosystem. Im Oktober 2013 einigten sich die Vertragsstaaten des »London-Übereinkommens zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen« auf eine erstmals weltweit rechtlich verbindliche Vorschrift zur Kontrolle des marinen Geo-Engineerings im Rahmen des bestehenden Protokolls. Seitdem sind kommerzielle Aktivitäten im Bereich der Meeresdüngung verboten und entsprechende Forschungsaktivitäten genehmigungspflichtig.

Weitere Beispiele des »*Climate Engineering*« im Meer sind die Installation von Paneelen auf dem Ozean zur Änderung der Albedo (Rückstrahlung der Sonnenenergie) oder die Verbringung von Kohlendioxid in den tiefen Meeresuntergrund (UBA 2011). Die Auswirkungen beider Techniken auf die marine Umwelt sind bisher ebenfalls nicht absehbar. Die Verbringung von Kohlendioxid in geologische Formationen ist auch als CCS-Technologie (*Carbon Capture and Storage*) bekannt und wird z.B. in der Norwegischen See seit etwa 20 Jahren praktiziert. Diese Methode wird kritisch diskutiert (UBA 2008, DAMIAN & CLAUSSEN 2011), da die technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ nicht nachhaltig ist und somit »allenfalls eine Übergangslösung« darstellt (BLOHM et al. 2006, S. 3). Dass die Gefahren der Ausgasung des verpressten Kohlendioxids durch Leckagen nicht nur theoretisch bedacht werden müssen, zeigen die im ECO2-Projekt nachgewiesenen Risse nahe des etablierten norwegischen »*Sleipner-Field*« (*Sub-seabed CO₂ Storage: Impact on Marine Ecosystems*; www.eco2-project.eu/home.html). Geregelt ist die geologische Lagerung oder Speicherung von Kohlendioxid derzeit unter anderem auf EU-Ebene, im Rahmen des OSPAR-Übereinkommens sowie im Protokoll des Londoner Übereinkommens. Während die Einbringung von CO₂ in die Wassersäule in allen

genannten Regelwerken verboten ist, wird eine Speicherung im Meeresboden nicht ausgeschlossen, vorausgesetzt dass die Umweltrisiken als ausreichend minimal eingeschätzt werden (siehe z.B. Ergebnisse des genannten ECO2-Projekts).

Bau und Betrieb von Offshore-Windkraftanlagen verdeutlichen den Konflikt zwischen Klima- und Naturschutz. Nachteilige Effekte, die der Baulärm unter Wasser für Meerestiere nach sich zieht, werden ebenso untersucht wie das Gefahrenpotenzial der Rotorblätter für Seevögel und den Zug von Vögeln sowie Fledermäusen. Während die Lebensgemeinschaften am Meeresboden in der Bauphase erheblich gestört werden können, nutzen andere Arten die Fundamente dieser Windkraftanlagen als neues Habitat.

Im Rahmen des BMUB Förderprogramms »Internationale Klimaschutzinitiative« (IKI) werden unter anderem Biodiversitätsprojekte unterstützt, welche die Resilienz mariner Lebensräume und deren wichtige Funktionen erhalten sollen. Ein Beispiel ist die Einrichtung von Schutzgebieten in der Karibik (»Netzwerk klimaresistenter Meeresschutzzonen in der Ostkaribik (ECMMAN)«) bis 2018. Deren Ziel ist, »die Artenvielfalt sowie die Existenzgrundlagen der Bevölkerung zu erhalten, Ernährungssicherheit und nachhaltigen Tourismus zu fördern und die Risikoanfälligkeit von Küstengemeinschaften gegenüber dem Klimawandel zu verringern« (Projekt-Webseite des IKI: www.international-climate-initiative.com/de/). Weitere Projekte in tropischen Regionen betreffen zum Beispiel den Erhalt oder die Wiederaufforstung von Mangrovenwäldern (Abb. 5.3-2), mit dem Ziel, die bisherige Funktion dieser Küstenökosysteme als Schutzbarrieren vor Stürmen und Überschwemmungen sowie als Kohlenstoffspei-



Abb. 5.3-2: Die Wiederaufforstung von Mangroven wird vorwiegend im südostasiatischen Raum gefördert, wo die Mangroven kurzlebigen Shrimp-Farmen weichen mussten. Positiver Effekt für die Anrainer ist neben nachhaltigem Küstenschutz auch die Wiederansiedlung heimischer Organismen, die als Nahrungsmittel dienen können (siehe IKI-Webseite) (Foto: Daniela Lücke).

cher wiederherzustellen. Der Ausbau solcher naturbasierter Klimaanpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen (vgl. NAUMANN & KAPHENGST 2015) sollte häufiger für Maßnahmen im und am Meer geprüft werden.

Ist eine Anpassung an den Klimawandel möglich?

Regionale Konzepte zum Umgang mit den Effekten des Klimawandels liegen inzwischen aus verschiedenen Regionen vor (z.B. Ostsee: DAHL et al. 2012). Deutschland hat mit der »Deutschen Anpassungsstrategie« ein Rahmenwerk zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels geschaffen (BMU 2008b). In den Handlungsfeldern »Wasser« »Fischerei« und »Biodiversität« finden sich meeresrelevante Aspekte, die zum Beispiel eine vorausschauende Planung im Küstenschutz oder die Umstellung der Fischerei auf andere Arten oder Fanggebiete beschreiben. Im »Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel« (UBA 2015b) werden diese Aspekte dargestellt.

Generelles Ziel muss es sein, die vom Menschen direkt verursachten Belastungen schnell zu reduzieren, um das Ökosystem Meer mit seinen Organismen widerstandsfähiger gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu machen (siehe auch HELCOM 2013). Strengere Ansprüche, die anthropogene Verschmutzung und Überdüngung von Meeresgebieten minimieren, unterstützen den Erhalt des Lebens im Meer. Die Anpassung des Meeresökosystems an die veränderten klimatischen Bedingungen könnte auch gelingen, wenn z.B. der Ausbau von großflächigen Schutzgebieten vorgebracht wird (UNEP/CBD/SBSTTA/XX/10REC). Mit Hilfe eines adäquaten Schutzgebietsmanagements, wie eine Festlegung von Zeiträumen und Methoden für die Fischentnahme oder von Ruhezeiten für Seevögel und Meeressäuger, könnten direkte Belastungen verringert werden (vgl. LUTTER 2011). Die damit zu erreichende Etablierung stabiler Populationen in gesunden Lebensräumen stärkt das Anpassungspotenzial der Meeresorganismen.

Ein weiterer Ansatzpunkt sollte die Nutzung der maritimen Raumordnung als regulierendes Instrument werden (siehe auch UNEP/CBD/SBSTTA/XX/10REC). In der aktuellen EU-RL (2014/89/EU) wird der Beitrag zu „Erhaltung, Schutz und Verbesserung der Umwelt einschließlich der Widerstandsfähigkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels“ deutlich benannt (Art. 5 Abs. 2). Die Integration einer nachhaltigen Meereswirtschaft unter Anwendung des Ökosystemansatzes könnte so langfristig eine Koexistenz von Meeresnutzung und Erhalt der biologischen Vielfalt unterstützen, wie es sich die Übereinkommen der Vereinten Nationen zum Ziel gesetzt hatten.

Fazit und Ausblick

Alle Maßnahmen an Land, die prognostizierte Veränderungen des Klimas verlangsamen oder mindern, unterstützen auch den Erhalt der Lebensbedingungen in den Meeren und Ozeanen. Der Schutz der marinen Lebensräume und ihrer Organismen ist von der Durchführung verschiedener Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen abhängig. Gleichzeitig spielt ein intaktes marines Ökosystem durch sein Potenzial der Kohlenstoffdioxidbindung und die Wärmekapazität der riesigen Wasserkörper eine wichtige Rolle im Klimasystem.

Direkte Effekte der Klimaänderungen vor Ort sollten, ebenso wie die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen an die erwarteten Klimaänderungen, bei der Planung und Umsetzung menschlicher Aktivitäten im und am Meer berücksichtigt werden. Aktuelle und zukünftige Handlungsfelder als Reaktion auf Klimaänderungen sollten frühzeitig auf ihre möglichen negativen Effekte auf Meeresökosysteme überprüft werden, um bestehende Belastungen zu verringern oder künftiger Überlastung vorzubeugen.

Mit der MSRL wurde für die europäischen Meere ein Instrument geschaffen, das nachhaltige Nutzung von Ressourcen sowie »Dienstleistungen« der Meere und somit die wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Belange integrieren soll (BUNDESREGIERUNG 2012). Die Ausgestaltung der von Deutschland und anderen EU-Mitgliedstaaten gesetzten Umweltziele wird zeigen, ob es gelingt, Belastungen zeitnah auf ein ökosystemverträgliches Maß zu reduzieren und die Vielfalt in den Meeren zu bewahren.

Grundsätzlich gilt: Meeresschutz ist Klimaschutz - und umgekehrt - und unterstützt auch den Erhalt der Biodiversität.

Literatur

- The BACC II Author Team (Hrsg) (2015): Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin, Regional Climate Studies, Springer.
- BLOHM M., C. ERDMENGER, H. GINZKY, M. MARTY et al. (2006): Technische Abscheidung und Speicherung von CO₂ – nur eine Übergangslösung - Positionspapier des Umweltbundesamtes zu möglichen Auswirkungen, Potenzialen und Anforderungen. Im Auftrag des Umweltbundesamts. Climate Change 04/06. Dessau-Roßlau. www.umweltbundesamt.de/publikationen/technische-abscheidung-speicherung-von-co2-mur-eine
- BMU (Hrsg) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. 2007. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn. http://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_2015_strategie_bf.pdf (abgerufen am 14. Oktober 2016).
- BMU (Hrsg) (2008a): Nationale Strategie für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Meere, 2008: www.bmub.bund.de/themen/wasser-abfall-boden/meeresumweltschutz/kurzinfo/ (abgerufen am 30. Juli 2014).
- BMU (Hrsg) (2008b): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn. www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf
- BMU (Hrsg) (2012): Anfangsbewertung der deutschen Ostsee nach Artikel 8 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. sowie: Anfangsbewertung der deutschen Nordsee nach Artikel 8 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn. www.meeresschutz.info/berichte.html (abgerufen am 14. Oktober 2016).
- BMUB (Hrsg) (2016): MSRL-Maßnahmenprogramm zum Meeresschutz der deutschen Nord- und Ostsee – Bericht gemäß § 45 h Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Bonn. http://www.meeresschutz.info/berichte-art13.html?file=tl_files/meeresschutz/berichte/art13msrl/massnahmen/MSRL_Art13_Massnahmenprogramm_Rahmentext.pdf.
- BUNDESREGIERUNG (Hrsg) (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie – Fortschrittsbericht 2012. S. 168ff.
- EG-RL Richtlinie (2008): 56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie): <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32008L0056> (abgerufen am 14. Oktober 2016).
- EU-RL Richtlinie (2014): 89/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Juli 2014 zur Schaffung eines Rahmens für die maritime Raumplanung: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32014L0089> (abgerufen am 14. Oktober 2016).
- DAHL, K., A. B. JOSEFSON, C. GÖKE, J. P. AAGAARD CHRISTENSEN et al. (2012): Climate Change Impacts on Marine Biodiversity and Habitats in the Baltic Sea – and Possible Human Adaptations. Baltadapt Report # 3. Danish Meteorological Institute, Copenhagen. www.baltadapt.eu.
- DAMIAN, H.-P. & U. CLAUSSEN (2011): CO₂-Speicherung unter dem Meer. In: LOZAN, J.L., H. GRASSL, L. KARBE, & K. REISE (eds.) Warnsignal Klima, Die Meere, Änderungen und Risiken. Wiss. Ausw. Hamburg. 173-177.
- DONEY, S. C., M. RUCKELSHAUS, J. E. DUFFY, J. P. BARRY et al. (2012): Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. Annu. Rev. Mar. Sci. 4:11-37.
- FOO, S. A. & M. BYRNE (2016): Acclimatization and Adaptive Capacity of Marine Species in a Changing Ocean. Adv. Mar. Biol. 74:69-116. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.amb.2016.06.001>.
- HELCOM (2013): Climate change in the Baltic Sea Area. HELCOM thematic assessment. Baltic Sea Environmental Proceedings No. 137.
- HEROLD, A., U. EBERLE, C. PLOETZ & S. SCHOLZ (2001): Requirements of climate protection with regard to the quality of ecosystems: use of synergies between Framework Convention of Climate Change and Convention on Biological Diversity. Im Auftrag des Umweltbundesamts. Climate Change 03/01. Dessau-Roßlau. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/requirements-of-climate-protection-regard-to>
- IPCC (2014): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: PACHAURI, R. K. & L. A. MEYER (Eds.) - Klimaänderung: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn 2015.
- KRÖNCKE, I., M. BOERSMA, R. CZECK, J. W. DIPPNER et al. (2012): Auswirkungen auf marine Lebensräume. In: MOSBRUGGER V., G. BRASSEUR. & M. SCHALLER (Hrsg.) Klimawandel und Biodiversität: Folgen für Deutschland. Wiss. Buchges., Darmstadt. 106-127.
- LEUJAK, W., H. GINZKY & C. CLAUSSEN (2011): Eisendüngung – mehr CO₂-Fixierung durch das Meer? In: LOZAN, J.L.,

- H. GRASSL, L. KARBE, & K. REISE (Hrsg.) Warnsignal Klima, Die Meere, Änderungen und Risiken. Wiss. Ausw. Hamburg. 348-352.
- LOZAN, J. L., H. GRASSL, L. KARBE & K. REISE (2011): Warnsignal Klima, Die Meere, Änderungen und Risiken. Wiss. Ausw. Hamburg. <http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/weltmeer/>.
- LUTTER, S. (2011): Meeresschutzgebiete. In: LOZAN, J.L., H. GRASSL, L. KARBE, & K. REISE (eds.) Warnsignal Klima, Die Meere, Änderungen und Risiken. Wiss. Ausw. Hamburg. 320-325.
- MARIBUS (Hrsg) (2015): Der nachhaltige Umgang mit unseren Meeren – von der Idee zur Strategie. World Ocean Review 4. maribus gGmbH, Hamburg. <http://worldoceanreview.com/wor-4-uebersicht/>.
- NARBERHAUS, I., J. KRAUSE & U. BERNITT (2012): Bedrohte Biodiversität in der deutschen Nord- und Ostsee - Empfindlichkeiten gegenüber anthropogenen Nutzungen und den Effekten des Klimawandels. Bundesamt für Naturschutz. Naturschutz und Biologische Vielfalt 116. Münster : Landwirtschaftsverl.
- NAUMANN, S. & T. KAPHENGST (2015): Erfolgsfaktoren bei der Planung und Umsetzung naturbasierter Ansätze zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel. BfN-Skripten 406. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- OSPAR (2010): Quality Status Report 2010. OSPAR Commission, London. 176 S. <http://qsr2010.ospar.org/en/index.html> (abgerufen am 14. Oktober 2016).
- POLOCZANSKA, E. S., C. J. BROWN, W. J. SYDEMAN, W. KIESSLING et al. (2013): Global imprint of climate change on marine life. Nature Clim. Change 3: 919–925. doi:10.1038/nclimate1958.
- QUANTE, M. & F. COLIJN (2016): North Sea Region Climate Change Assessment. Regional Climate Studies. Springer Open. DOI 10.1007/978-3-319-39745-0.
- SCHLÜTER, L., K. T. LOHBECK, M. A. GUTOWSKA, J. P. GRÖGER et al.. (2014): Adaptation of a globally important coccolithophore to ocean warming and acidification. Nature Clim. Change 4: 1024-1030. doi:10.1038/NCLIMATE2379.
- UBA (Hrsg) (2008): CO₂-Abscheidung und Speicherung im Meeresgrund. Meeresökologische und geologische Anforderungen für deren langfristige Sicherheit sowie Ausgestaltung des rechtlichen Rahmens. UBA Texte 24/08. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/co2-abscheidung-speicherung-im-meeresgrund>.
- UBA (Hrsg) (2011): Geo-Engineering - wirksamer Klimaschutz oder Größenwahn? Methoden - Rechtliche Rahmenbedingungen - Umweltpolitische Forderungen. Hintergrund. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. www.umweltbundesamt.de/publikationen/geo-engineering-wirksamer-klimaschutz-groessenwahn.
- UBA (Hrsg) (2013): Schwerpunkte 2013. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkte-2013
- UBA (Hrsg) (2015a): Durch Umweltschutz die biologische Vielfalt erhalten. Themenheft des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau. www.umweltbundesamt.de/publikationen/durch-umweltschutz-biologische-vielfalt-erhalten.
- UBA (Hrsg) (2015b): Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2015>.
- UNEP/CBD/SBSTTA/XX/10REC (2016): Recommendation Adopted By The Subsidiary Body On Scientific, Technical And Technological Advice, XX/10: Biodiversity and climate change, p.3 (5). Convention on Biological Diversity, Montréal, Kanada.
- WBGU (2006): Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer. Sondergutachten Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Berlin. <http://www.wbgu.de/sondergutachten/sg-2006-die-zukunft-der-meere/>

Kontakt:

Dr. Manuela Krakau
 Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
manuela.krakau@uba.de

Krakau, M. (2016): Neue Herausforderungen durch Klimawandel und klimaschützende Maßnahmen - Gelingt der Schutz des Lebens im Meer? In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Biodiversität. pp. 308-313 Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.50.