

FACT SHEET



DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS FÜR DAS LEBEN IN DER

Nordsee

Das Meer vor unserer Haustür verändert sein Gesicht

Historische Zeichnungen vom Hamburger Fischmarkt zeigen Fischer, die mannsgroße Störe und kolossale Kabeljaue für den Verkauf vorbereiten. Die Tiere waren in der Nordsee oder der Elbmündung gefangen und anschließend als Arme-Leute-Essen feilgeboten worden, weil das Angebot damals die Nachfrage weit übertraf.

Szenen wie diese wären heute undenkbar. Einerseits hat der Mensch die Fischbestände der Nordsee so stark überfischt, dass Alttiere mit einer Körperlänge von mehr als einem Meter kaum noch vorkommen. Begehrte Speisefische und Meeresfrüchte sind längst zur teuren Delikatesse geworden. Andererseits führt die klimabedingte Erwärmung der Nordsee dazu, dass alteingesessene Arten wie zum Beispiel der Kabeljau Richtung Norden abwandern - dorthin, wo die Wassertemperaturen noch jenen Werten ähneln, wie sie vor rund fünf Jahrzehnten in der Nordsee gemessen wurden.

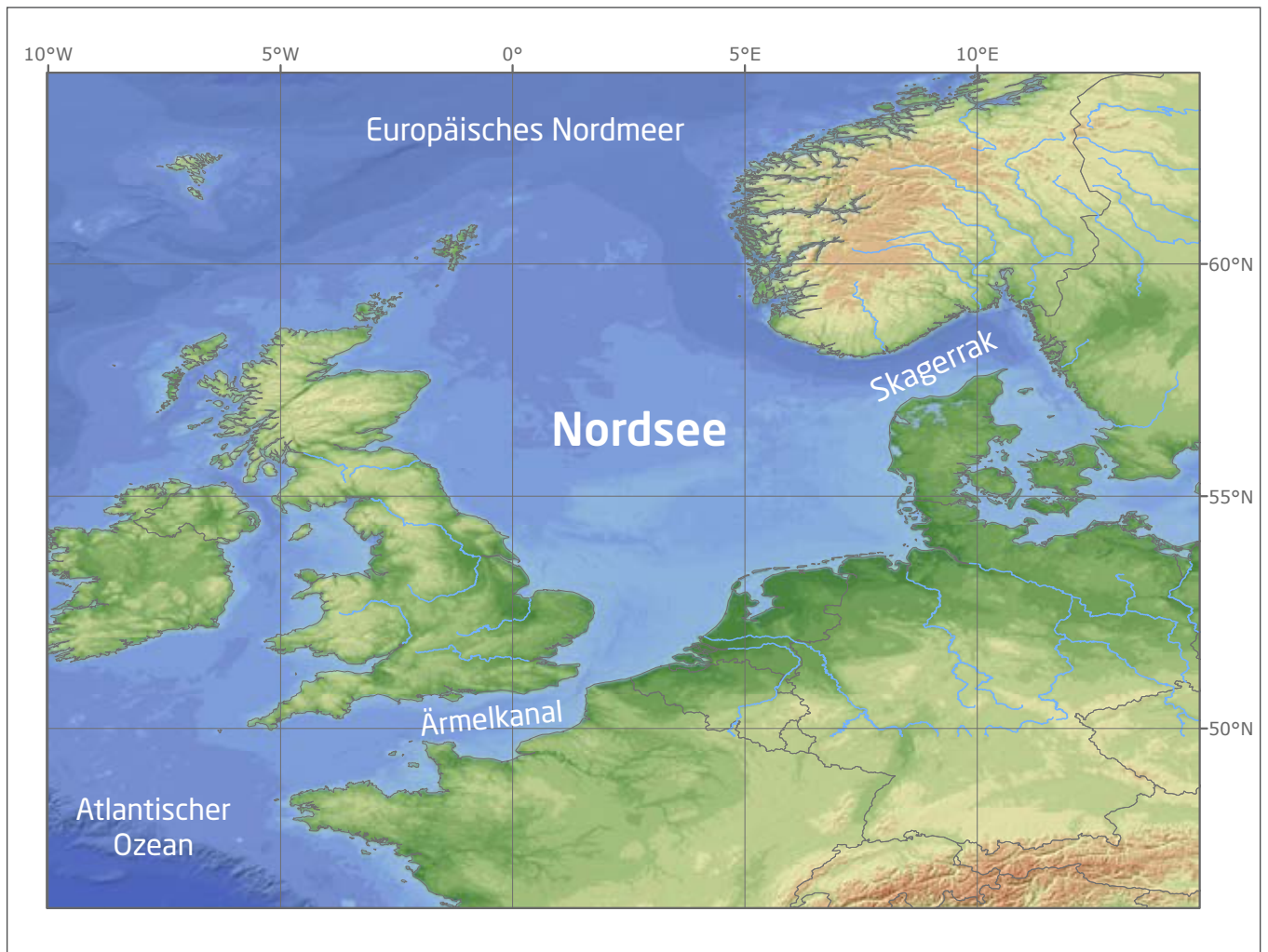
Damals, in den 1960er Jahren, begannen Meeresforscher der Biologischen Anstalt Helgoland vor der gleichnamigen Hochseeinsel eine einmalige Forschungsreihe. Seit mehr als 50 Jahren messen sie an jedem Werktag die Temperatur, den Salz- und Nährstoffgehalt sowie die Trübung des Nordseewassers. Entstanden ist dabei eine einmalige Langzeitdatenreihe, die unter anderem zeigt,



Nordseeinseln wie Borkum oder Helgoland sind Robbenrevier. Seehunde und Kegelrobben ruhen sich an den Stränden aus und bringen dort auch ihre Junge auf die Welt.
(Foto: Solvin Zankl)

dass die Nordsee seit Beginn der Messungen im Jahresmittel um rund 1,7 Grad Celsius wärmer geworden ist.

Um die Folgen dieses Temperaturanstieges mit eigenen Augen sehen zu können, müssen AWI-Forscher heute nur durch das Wattenmeer wandern. Wärmeliebende Arten aus dem Süden und aus Übersee haben sich dort angesiedelt, vermehren sich und machen den angestammten Arten Konkurrenz. Von diesem und anderen klimabedingten Phänomenen berichten die AWI-Nordsee-Experten in diesem Fact Sheet.



(Karte: Antonie Haas/AWI)

Nordsee - Ein Meer der Superlative

Die Nordsee ist ein flaches Schelfmeer (größte Tiefe 700 Meter), das im Westen von Großbritannien, im Nordosten von Skandinavien sowie im Süden vom europäischen Festland begrenzt wird. Der Ärmelkanal und das Europäische Nordmeer verbinden es mit dem Atlantischen Ozean, das Skagerrak mit der Ostsee. Die Fläche der Nordsee beträgt rund 750 000 Quadratkilometer - wobei dieser Wert für die Region der „Greater North Sea“ gilt, wie sie die OSPAR-Konvention zum Schutz der Meeresgebiete im Nordost-Atlantik (www.ospar.org) definiert.

Die Nordseeküste zählt zu den am dichtesten besiedelten Küstenstreifen der Welt. Rund 15 Millionen Menschen leben in der Region. Ein solcher Superlativ greift auch für die industrielle Nutzung des Meeres. Ob Fischerei, Öl- und Erdgas-Exploration, Warentransport, Hafengewirtschaft oder Tourismus - die Nordsee gehört zu den am intensivsten genutzten Meeresregionen der Welt.

Nicht weniger beeindruckend fällt die Statistik des natürlichen Lebensraumes aus. Forscher kennen heute rund 230 Fischarten und zahlreiche Meeressäuger, die in der Nordsee beheimatet sind. Etwa zehn Millionen Seevögel rasten oder brüten regelmäßig in den großen Wattgebieten in der Küstenregion der südöstlichen Nordsee, die aus diesem Grund inzwischen zu großen Teilen unter Schutz gestellt sind.

Einen besonderen Erfolg feierten Umweltschützer im Juni 2009, als die UNESCO das Wattenmeer an der niederländischen und deutschen Küste zum Weltnaturerbe ernannte. Das Gebiet, welches auch den Nationalpark Wattenmeer einschließt, gilt heute unter anderem als vogelreichste Region Europas. Seine klimabedingten Veränderungen werden von AWI-Wissenschaftlern zum Beispiel an der Wattenmeerstation in List auf Sylt untersucht.



Die Besatzung des AWI-Forschungsbootes Aade fährt von Montag bis Freitag täglich zur Probennahme auf die Nordsee hinaus. Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen der Hauptinsel Helgoland und der als „Düne“ bezeichneten Nebeninsel. (Foto: Solvin Zankl)

So verändert sich die Nordsee: Erkenntnisse aus der AWI-Langzeitdatenreihe „Helgoland Reede“

Seit dem Jahr 1962 messen AWI-Forscher vor Helgoland die Temperatur, die Sichttiefe sowie den Salz- und Nährstoffgehalt des Nordseewassers. Außerdem erfassen sie biologische Komponenten des marinen Ökosystems. Hier die wichtigsten Erkenntnisse im Überblick:

Temperatur

Die Wassertemperatur um Helgoland ist seit dem Jahr 1962 im Mittel um 1,67 Grad Celsius gestiegen. Diese Zunahme zeichnet sich in allen Jahreszeiten ab. Neun der zehn wärmsten Jahre traten nach dem Jahr 1988 auf. Die Wassertemperatur ist in der Deutschen Bucht stärker gestiegen als in anderen Regionen der Nordsee.

Salzgehalt und Sichttiefe

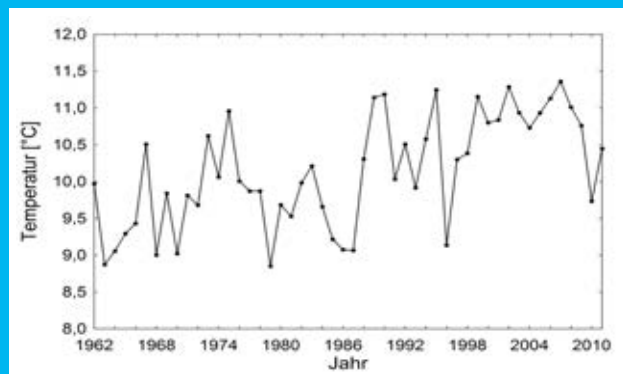
Der Salzgehalt des Nordseewassers um Helgoland hat seit Beginn der Messungen leicht zugenommen - ebenso die Sichttiefe. Beide Entwicklungen stehen in Zusammenhang mit veränderten Strömungsbedingungen in der Deutschen Bucht.

Plankton

Seit dem Beginn der Messungen auf der Helgoland Reede haben Forscher über 300 verschiedene Plankton-Arten gezählt. Ihre tägliche Bestimmung erlaubt es, Änderungen im jahreszeitlichen Auftreten einzelner Arten zu dokumentieren sowie eingewanderte Arten zu identifizieren. So ist zum Beispiel die Kieselalge *Guinardia delicatula* bis Mitte

der 1970er Jahre oft erst im Mai aufgetreten, während sie heute regelmäßig im April anzutreffen ist. Die Kieselalge *Mediopyxis helysia* dagegen verfängt sich erst seit kurzem regelmäßig im Planktonnetz der Helgoländer Forscher - ebenso wie die Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* als Vertreter des Zooplanktons.

Die Artenvielfalt rund um die Insel hat in den zurückliegenden Jahrzehnten zugenommen. Diese Entwicklung zeichnet sich sowohl beim Phytoplankton als auch beim Zooplankton ab, vor allem aber in den Lebensgemeinschaften am Meeresboden. Die AWI-Nordsee-Experten haben in den zurückliegenden 25 Jahren etwa 60 neue Tierarten am Meeresboden rund um Helgoland gezählt. Diesen Einwanderern ist es vermutlich auch aufgrund der für Helgoland dokumentierten Erwärmung des Wassers gelungen, sich dauerhaft in der Nordsee anzusiedeln.



Die Entwicklung der Nordsee-Wassertemperatur (Jahresmittelwerte) auf der Helgoland Reede (Grafik: AWI)



Vom Menschen eingeschleppt: Sylter Austernfarmer begannen im Jahr 1986, die aus dem nordwestlichen Pazifik stammende Auster *Crassostrea gigas* im Wattenmeer zu züchten. Fünf Jahre später fanden Forscher die ersten Nachkommen dieser Art in freier Natur. (Foto: Martin Stock / LKN-SH)

Erwärmung und Arteneinwanderung: Die Nordsee, eine internationale Wohngemeinschaft

Die Europäische Auster galt lange Zeit als Delikatesse. Der Appetit der Feinschmecker in Mitteleuropa war so groß, dass Fischer den Austernbestand in der Nordsee in den 1950er Jahren nahezu auslöschten. Ein Ersatz musste her. Sylter Austernfarmer führten deshalb im Jahr 1986 die Pazifische Auster *Crassostrea gigas* ein. Ein unbedenkliches Vorhaben, dachten die Fischer damals. Denn um sich fortpflanzen zu können, braucht die Pazifische Auster mindestens 18 Grad Celsius warmes Wasser. Eine Temperatur, die nach damaliger Meinung

im nördlichen Wattenmeer so gut wie ausgeschlossen werden konnte. Ein fataler Irrtum. Allein im Zeitraum von 1987 bis 2003 erlebten die Wattenmeerbewohner sechs überdurchschnittlich warme Jahre, das heißt warme Sommer und relativ milde Winter. Im Anschluss daran stieg die Wassertemperatur dann in jedem Sommer über 18 Grad Celsius – ein Freifahrtschein für die eingeschleppte Auster. Ihre Larven schlüpfen, entkamen aus den Farmen und setzten sich auf dem erstbesten harten Untergrund fest, den sie im Wattenmeer finden konnten.

Ein solides Fundament boten damals wie heute vor allem die heimischen Miesmuschelbänke. Was folgte, ist leicht



Die ehemaligen Miesmuschelbänke des Wattenmeeres sehen heute so aus: Pazifische Austern dominieren das Feld. Aber: Zwischen ihnen finden die Muscheln nicht nur Platz, sondern auch Schutz vor Feinden. Weil sie jedoch mit den Austern um Nahrung konkurrieren, bleiben die Miesmuscheln im Durchschnitt etwas kleiner als früher. (Grafik: AWI)



Mit dem Einzug der Pazifischen Auster nahm die Zahl der Austernfischer im Wattenmeer ab. Denn anders als ihr Name vermuten lässt, sind die Vögel auf das Knacken von Miesmuscheln spezialisiert. Sie hämmern mit ihrem Schnabel die Muschelschalen auf. Diese Technik funktioniert bei der dickschaligen Auster nicht. (Foto: Andreas Treppe CC BY-SA 2.5)



Einzug leichtgemacht

Die Nordsee gehört zu den Autobahnen des internationalen Schiffsverkehrs. Mit den Häfen von Hamburg und Rotterdam liegen gleich zwei der größten Warenumschlagsorte in ihrem Einzugsgebiet. Die Schiffe aber transportieren nicht nur Waren aus aller Welt nach Mitteleuropa. Oft bringen sie auch im Ballastwasser oder am Rumpf haftend eine Vielzahl fremder Tier- und Pflanzenarten mit. Wie viele dieser Neuankömmlinge am Ende in der Nordsee überleben, kann nur geschätzt werden. Mit dem zunehmenden Klimawandel aber steigt zumindest die Überlebenschance der wärmeliebenden Einwanderer. (Foto: Günter Heyde)

vorherzusagen: Innerhalb kurzer Zeit verwandelten sich die Muschelbänke in Austernriffe. Ein Wandel, der vor allem die Miesmuschel fressenden Seevögel traf. Weder Eiderenten noch Knutts oder Austernfischern gelingt es, mit ihren Schnäbeln die dicken Schalen der eingeschleppten Pazifischen Auster zu spalten.

Ohne wirkliche Feinde aber konnte sich die Pazifische Auster immer weiter ausdehnen. Heute bildet sie hektargroße Flächen mit bis zu 2000 Tieren auf einem Quadratmeter. Auf diese Weise schafft sie auch neuen Lebensraum - vor allem für weitere Wattenmeer-Einwanderer wie den Japanischen Beerentang *Sargassum muticum*. Die Braunalge heftet sich an die Austernschalen, wächst bis zu vier Meter in die Höhe und bildet so Algen-

wälder, in denen mit dem Asiatischen Gespensterkrebs ein dritter Nordseeneuling ein Zuhause findet. Und die Liste der Einwanderer wird länger.

AWI-Wissenschaftler zählten im Jahr 2012 allein im deutschen Wattenmeer insgesamt 52 eingeschleppte Arten - und jedes Jahr kommt ein neuer Exot hinzu. Dabei werden die wenigsten Arten wie die Auster absichtlich eingeführt. So mancher Neuling erreicht die Nordsee als blinder Passagier. An der Außenhaut großer Schiffe oder in den Ballastwassertanks bereist er wochenlang die Weltmeere, bevor er in der Nordsee ankommt. So erging es der Australischen Seepocke *Austrominius modestus*. Schon in den 1950er Jahren entdeckten Wissenschaftler sie an den Küsten der Insel Sylt. Dort schlummerte



Der aus dem Westpazifik eingewanderte Japanische Beerentang *Sargassum muticum* ist mit einer Länge von bis zu vier Metern die derzeit längste Alge im Wattenmeer. Er bildet im Flachwasser einen reich strukturierten Lebensraum, der von vielen Tieren genutzt wird. So kleben zum Beispiel Heringe ihre Eier an seine Blattflächen. (Foto: AWI)



Der Asiatische Gespensterkrebs *Caprella mutica* ist so filigran gebaut, dass man genau hinschauen muss, um ihn zu entdecken. AWI-Wattenmeerforscher fanden den Nordsee-Neuling im Sommer 2009 das erste Mal im Freiland, wo er im Beerentang-Dickicht einen neuen Lebensraum gefunden hat. (Foto: Uwe Nettelmann/AWI)



Krieg der Würmer

Seit geraumer Zeit muss sich auch der bekannteste Wattenmeerbewohner, der Wattwurm *Arenicola marina*, mit einem neuen Nachbarn auseinandersetzen. Der ursprünglich aus Nordamerika stammende Seeringelwurm *Nereis virens* macht dem Wattwurm vor allem im Bereich der Niedrigwasserlinie auf unangenehme Weise Konkurrenz. Wie Laborversuche gezeigt haben, beißt der Einwanderer den Wattwurm mit seinen zwei vorstülpbaren Kiefernzangen und treibt ihn auf diese Weise aus seinem Bau. Dem Wattwurm bleibt da nur die Flucht in höhergelegenes Terrain. (Foto: Solvin Zankl)

sie sprichwörtlich ein halbes Jahrhundert lang vor sich hin. Der Grund: Die Winter waren zu kalt, als dass es ihr gelang, sich weiter in der Nordsee auszubreiten. Als die Wassertemperatur dann jedoch stieg und lange Frostperioden ausblieben, entwickelten sich die Nachkommen der Australischen Seepocke so prächtig, dass sie im Jahr 2007 in einigen Nordsee-Gebieten öfter vorkam als einheimische Seepocken.

Dem Weg der Wärme folgte auch die Streifenbarbe. Der beliebte Speisefisch aus dem Mittelmeerraum wird seit Anfang der 1990er Jahre immer häufiger in der Nordsee gefangen. Dabei ist die Barbe in der Deutschen Bucht bisher nur ein Sommergast. Im Herbst verlassen die Fische dieses Gebiet, um dann im Frühsommer mit dem

nächsten Einstrom warmen Atlantikwassers zurückzukehren.

Pazifische Auster, Beerentang, Gespensterkrebs, Streifenbarbe - bisher hat noch keiner dieser Einwanderer eine einheimische Nordseeart komplett verdrängt. AWI-Wissenschaftler stellen jedoch fest, dass das Tempo, mit dem sich derzeit neue Arten in der Nordsee ansiedeln, so hoch ist wie nie zuvor und durch den Klimawandel und den Welthandel beschleunigt wird. Eine Bewertung dieser Entwicklung ist schwierig. Fest steht jedoch: Langfristig führt die Artenzuwanderung dazu, dass sich Ökosysteme weltweit angleichen und sich das einstige Zusammenspiel von Arten, die über Jahrhunderte eine Lebensgemeinschaft bildeten, verändern wird.



Auch die amerikanische Schwertmuschel *Ensis americanus* ist ein Einwanderer. Die Art kam im Jahr 1978 im Ballastwasser eines Schiffes in die Nordsee und stieg innerhalb kurzer Zeit zur häufigsten Muschel in Strandnähe auf. (Foto: Christian Buschbaum/AWI)



Die Streifenbarbe *Mullus surmuletus* ist aus dem Mittelmeer in die Nordsee eingewandert. Ihr Verbreitungsgebiet ist jedoch eng an die Wassertemperatur geknüpft. Kühlt die Nordsee im Herbst ab, ziehen sich auch die Barben in den wärmeren Atlantik zurück. (Foto: Sven Gust)



Salzwiesen bilden den natürlichen Übergangsbereich zwischen Land und Meer. Sie entstehen, wo sich so viele Sedimente abgelagert haben, dass die Fläche aus der Gezeitenzone herauswächst und nur noch unregelmäßig überflutet wird. (Foto: Christian Buschbaum/AWI)

Watt passiert, wenn der Meeresspiegel steigt?

Der Wasserpegel der Nordsee ist in den zurückliegenden 7500 Jahren um durchschnittlich 1,5 Millimeter pro Jahr gestiegen. Dieser Zuwachs wurde einerseits durch den Anstieg des globalen Meeresspiegels hervorgerufen, andererseits übt das Luftdruckmuster über der Nordsee einen Einfluss aus.

Dem Wattenmeer schadet dieser langsame Anstieg nicht, solange es mitwachsen kann – das heißt, solange bei Ebbe und Flut ausreichend viele Sedimente abgelagert werden. Steigt der Meeresspiegel jedoch schneller, nimmt die Gefahr zu, dass sich jene Watt-

bereiche, die heute bei Ebbe noch großflächig trockenfallen, in Lagunen mit ständiger Wasserbedeckung verwandeln. Tiere wie der Austernfischer, die nur bei Niedrigwasser ausreichend Futter finden, hätten unter diesen Umständen schlechte Karten – ebenso wie die vielen Bewohner des Schlickwattes und der Salzwiesen am äußeren Rand des Wattenmeeres. Die Salzwiesen sind Lebensraum für zahlreiche Pflanzen, rund 50 Vogelarten und fast 2000 Insektenarten. Sollte die Nordsee sie künftig häufiger überspülen, droht den Pflanzen der Tod durch Ertrinken und den Tieren der Verlust der Nist- und Futterplätze.



Das Watt ist jener Teil des Nationalparks Wattenmeer, der im Wechsel der Gezeiten regelmäßig überflutet wird und wieder trockenfällt. Es ist von Prielen durchzogen, die das Nordseewasser heran- und wieder hinausführen. (Foto: Martin Stock / LKN-SH)



Der Alpenstrandläufer nutzt das Wattenmeer als Raststätte zwischen Brut- und Überwinterungsgebiet. Der Zugvogel frisst sich hier im Frühling und Herbst genügend Energiereserven an, um den Weiterflug meistern zu können. (Foto: Martin Stock / LKN-SH)



Ein geniales Versteck für die Kleinsten: Diese Unterwasseraufnahme vom Helgoländer Kelpwald verdeutlicht, warum vor allem Jungfische das dichte Tang-Gestrüpp zum Überleben brauchen. In dem Dickicht aus Algenwedeln finden sie zum einen genügend Futter, zum anderen bietet es Schutz vor Räubern. (Foto: Uwe Nettelmann/AWI)

Kelp vor Helgoland: Ein Unterwasserwald taucht ab

Auf dem felsigen Meeresboden rund um Helgoland wächst ein Unterwasserwald. Ein etwa zwei Meter hohes Dickicht, tiefengestaffelt nach Finger-, Zucker- und Palmentang, in dem mehr als 200 Tier- und Algenarten Lebensraum, Schutz und Nahrung finden - unter ihnen vor allem vielborstige Würmer, Flohkrebse und viele Jungfische, die auf das Kleingetier Jagd machen.

Eine Oase der Vielfalt, die sich jedoch durch eine Eigenschaft grundlegend von bekannteren Ökosystemen wie den Korallenriffen unterscheidet: Kelp mag

es am liebsten kühl bei Temperaturen zwischen fünf und 15 Grad Celsius.

Diese Vorliebe für kühles Wasser aber könnte den Unterwasserwäldern im Zuge des Klimawandels in der Nordsee zum Verhängnis werden. Zwar haben AWI-Forscher vor Helgoland bisher noch kein großes Kelpsterben beobachtet, wie es Wissenschaftler von der Nordküste Spaniens und aus den Gewässern Südnorwegens berichten. Doch auch die so wichtigen Finger-, Palmen- und Zuckertangbestände der Insel reagieren empfindlich auf Wärme, wie Untersuchungen der AWI-Wissenschaftler belegen.



Möwen kreisen über dem Kelp auf dem Helgoländer Felssockel und halten nach Beute Ausschau. Der Unterwasserwald zu ihren Füßen wächst hier erst seit etwa vier Jahrhunderten. Zuvor hatte eine dicke Sandschicht den Fels bedeckt. (Foto: Uwe Nettelmann/AWI)



Diese spezielle Luftaufnahme ermöglicht einen Blick unter Wasser: Sie zeigt in Rottönen, wo rund um Helgoland und seine Nebeninsel eine Düne der Kelp gedeiht. Die Aufnahme wurde visualisiert aus Daten des flugzeuggetragenen Sensors AISA Eagle+. (Quelle: Florian Uhl)

Klettert zum Beispiel die Wassertemperatur im Sommer über die 18 Grad-Grenze, wie es im Zeitraum von 2007 bis 2013 an durchschnittlich acht Tagen pro Sommer der Fall war, werden die Fortpflanzungszellen geschädigt, die der Fingertang *Laminaria digitata* in seinen palmwedel-ähnlichen Blattflächen ausbildet. Sie keimen nur noch eingeschränkt. Das heißt, die Fortpflanzungskapazität des Kelps verringert sich deutlich. Steigt die Wassertemperatur im Zuge einer Hitzewelle sogar auf 20 Grad Celsius, stellt der Tang seine Fortpflanzung zeitweise ganz ein. Gleichzeitig sterben die oberen Bestände des bei Niedrigwasser gut sichtbaren Kelpwaldes ab. Sofern sich solche Wärmeperioden nicht in jedem Jahr wiederholen, kann sich der Kelpwald auf dem Helgoländer Felssockel immer wieder erholen. Werden die Hitzewellen aber – wie von Klimawissenschaftlern vorhergesagt – zur Regel, sinken seine Überlebenschancen.

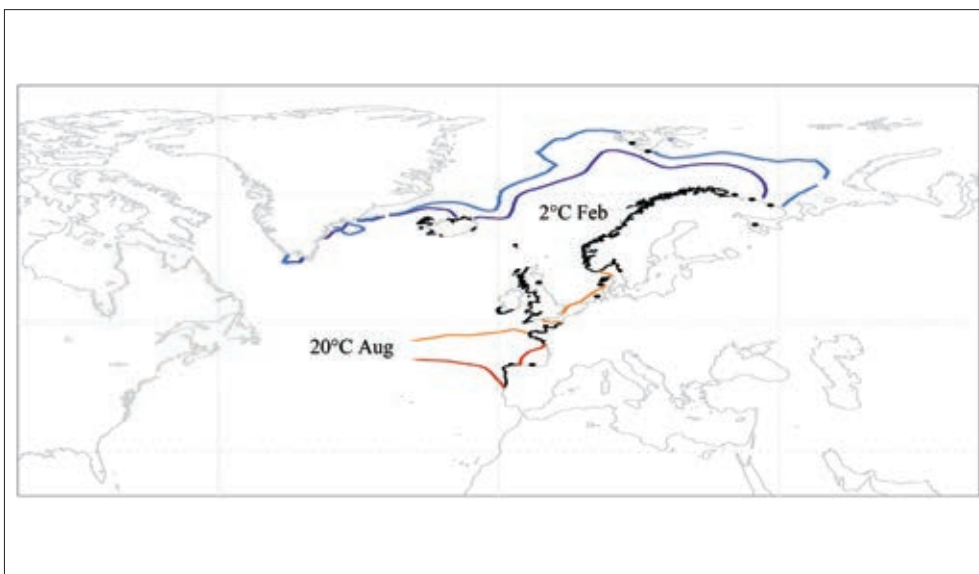
Es gibt aber auch positive Veränderungen zu berichten. Der zunehmende Einstrom atlantischen Wassers in die Nordsee hat vermutlich dazu geführt, dass die Trübung des Oberflächenwassers vor Helgoland abgenommen hat. Heutzutage kann man einen ganzen Meter tiefer ins Wasser schauen als noch im Jahr 1969. Gleichzeitig gelangt mehr Licht in die Tiefe. Diese Veränderungen haben zu einer Ausbreitung des Helgoländer Kelpwaldes in tieferes Wasser geführt. Wuchs der Palmentang *Laminaria hyperborea* am Ende der 1960er Jahre nur bis in eine Tiefe von acht Metern, fanden ihn die AWI-Biologen im Jahr 2005 in einer Tiefe bis zu 10,5 Metern. Parallel dazu hatte sich auch die Tiefengrenze des Fingertangs und einiger Rotalgen nach unten verschoben.



Schattenliebhaber: Der Palmentang *Laminaria hyperborea* bevorzugt gedämpftes Licht und eine Wassertemperatur von zwei bis 15 Grad Celsius. Vor Helgoland wächst er in einer Wassertiefe von zwei bis zehn Metern.
(Foto: Uwe Nettelmann/AWI)

Neben dem Vorstoß in die Tiefe beobachteten die Biologen zudem ein starkes Blattwachstum der Tange. Die Gesamtbiomasse des Kelpwaldes hatte sich erhöht und damit auch die Produktionskraft des Felssockels.

Im Zuge der weitreichenden Untersuchungen im Kelpwald machten die AWI-Biologen eine weitere überraschende Entdeckung. Entgegen ihrer Annahme ist der bereits im Jahr 1988 eingewanderte Japanische Beerentang nicht bis in den Kelpwald des Palmentanges vorgedrungen, sondern wächst nur auf ausgewählten Flächen im flachen Teil des Felssockels kurz unterhalb der Niedrigwasserlinie. Dies könnte sich jedoch teilweise ändern, wenn die zunehmende Wärme den Palmentang aus der Nordsee vertreibt und durch seine Abwanderung auf dem Helgoländer Felssockel eine Menge Platz frei wird.



Zukunftsaussichten

Der Palmentang verträgt nicht mehr als 20 Grad und nicht weniger als zwei Grad Celsius. Deshalb beschränkt sich sein aktuelles Verbreitungsgebiet auf jene Region, die hier von der roten (20°C-Augustmaximum) und violetten Linie (2°C-Februarminimum) begrenzt wird. Sollte die Meereserwärmung so schnell voranschreiten, wie es die Klimamodelle vorhersagen, wird sich dieser Lebensraum bis zum Jahr 2100 so weit Richtung Norden verschieben, wie es die gelbe und blaue Grenzlinie zeigen. Der Palmentang vor Helgoland dürfte dann ebenso verschwinden wie der Finger- und Zuckertang. (Karte: Müller et al. 2009. Botanica Marina 32: 617-638)



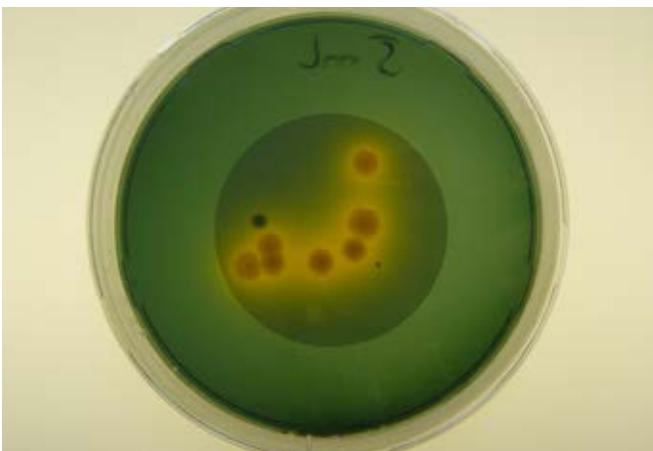
Barfuß laufen am Nordseestrand kann im Sommer ein böses Nachspiel haben - vor allem, wenn man sich am Fuß verletzt und Krankheitserreger wie Vibrio-Bakterien in die Wunde gelangen. Die Zahl solcher Vibrio-Wundinfektionen hat seit den 1990er Jahren stetig zugenommen und ist während langer Hitzeperioden und bei einer Wassertemperatur von mehr als 25 Grad Celsius besonders hoch. (Foto: Sina Löschke/AWI)

Krankheitserreger: Bakterienparadies Nordsee

Wenn im Juli und August die Oberflächenwassertemperatur der Nordsee die 20-Grad-Celsius-Grenze erreicht, fühlen sich nicht nur Urlauber besonders wohl. Allen voran profitieren Bakterien wie der Krankheitserreger *Vibrio vulnificus* von dem Temperaturanstieg. Sie vermehren sich in Wasser, das wärmer als 20 Grad Celsius ist, geradezu explosionsartig, was dazu führt, dass seit Mitte der 1990er Jahre immer mehr Menschen an den Küsten Nordeuropas erkranken. Wie aber kann ein Mensch mit den Krankheitserregern in Kontakt kommen?

Die Bakterien verstecken sich entweder in Austern, die roh verzehrt werden, oder gelangen beim Baden oder Barfußlaufen durch offene Wunden in den menschlichen Körper. In beiden Fällen folgt eine Lebensmittel- oder Blutvergiftung, wovon letztere in 30 Prozent der Infektionen tödlich endet.

Wie groß die Gefahr ist, sich im Sommer mit *Vibrio vulnificus* zu infizieren, hängt dabei nicht von der Wasserqualität ab. Die Bakterien sind ein natürlicher Bestandteil der Plankton-Gemeinschaft. Sie kommen auch in sonst einwandfreiem Nordseewasser vor.



Für das menschliche Auge werden Vibrio-Bakterien erst sichtbar, wenn sie wie auf diesem Bild dicht an dicht in einer Nährlösung (TCBS Agar) wachsen. Dieses Foto stammt aus einem Forschungsprojekt, in dem AWI-Wissenschaftler die Vibrio-Verbreitung an ausgewählten Nordseestränden untersucht hatten. (Foto: Sonja Oberbeckmann)



Auch in dieser Petrischale wachsen Vibrio-Bakterien. Die Einzeller kommen ganz natürlich im Meer vor. Übersteigt die Wassertemperatur jedoch eine artspezifische Grenze, vermehren sie sich so stark, dass sie Mensch und Tier gefährlich werden können. Krankheitserregend wirken zwölf der bekannten Vibrio-Arten. (Foto: René Erler/AWI)



Wer gern Meeresfrüchte isst, sollte an warmen Sommertagen vorsichtig sein. Steigt die Temperatur über 20 Grad Celsius, vermehren sich in Austern zum Beispiel giftige *Vibrio*-Bakterien, deren Verzehr zu einer Lebensmittelvergiftung führen kann. (Foto: Michael Pfeiffer)

AWI-Wissenschaftler aber haben herausgefunden, dass die Wassertemperatur darüber entscheidet, ob sich die Krankheitserreger im Meer auch großflächig vermehren. Steigt die Wassertemperatur im Bereich von 15 bis 20 Grad Celsius um nur ein Grad, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass sich *Vibrio vulnificus* in einem Gewässer ausbreitet, um vier Prozent. Bei einer Wassertemperatur von mehr als 20 Grad Celsius verzehnfacht jedes zusätzliche Grad sogar die Wahrscheinlichkeit, dass die Bakterien in relevanter Konzentration im Wasser vorkommen. Dabei braucht *Vibrio vulnificus* die Wärme lediglich für die Startphase seines Lebens. Einmal entwickelt, harren die Bakterien monatelang auch im 15 Grad Celsius kalten Wasser aus, bevor sie dann abrupt wieder verschwinden.

Die Bakteriengattung der Vibrios stellt jedoch nicht nur für Menschen eine Gefahr dar. Bei Wassertemperaturen von mehr als 19 Grad Celsius können die Bakterien auch in den Riffen der Pazifischen Auster großen Schaden anrichten - vor allem dann, wenn die Bakterienstämme auf Muscheln treffen, die kurz vor dem Abbläichen stehen und ohnehin geschwächt sind. Steigt dann auch noch die Wassertemperatur über die kritische Grenze, versagt das Immunsystem der Austern.

AWI-Biologen haben in Laborversuchen festgestellt, dass laichbereite Pazifische Austern bei hoher Wassertemperatur in größerer Zahl an *Vibrio*-Infektionen sterben, als Austern, die zwar dem warmen Wasser und den Krankheitserregern ausgesetzt sind, sich jedoch nicht im Fortpflanzungsmodus befinden. Diese Erkenntnis erklärt zum Beispiel auch, warum in warmen Sommern in den natürlichen Austerriffen des südlichen Wattenmeeres die Zahl toter Muscheln besonders hoch ist.

Ozeanversauerung: Wie die Große Kammuschel die Kraft zum Schwimmen verliert

Die Große Kammuschel hat ein besonderes Talent. Im Gegensatz zu Austern und Miesmuscheln kann sie potenziellen Feinden wie Seesternen oder Krabben davonschwimmen. Dazu klappt die Nordseebewohnerin ihre Schalen immer wieder schnell zusammen und erzeugt dabei einen Wasserstrahl, der sie wie ein Düsenantrieb nach vorn katapultiert.

Diese Fluchtmethode funktioniert bisher sehr gut. AWI-Biologen haben jedoch herausgefunden, dass es der Kammuschel im Zuge des voranschreitenden Klimawandels künftig deutlich schwerer fallen wird, Feinden zu entkommen. Die Ursache dafür ist die zunehmende Versauerung des Meerwassers.

Die Weltmeere nehmen jährlich ein Viertel des Kohlendioxids auf, das wir Menschen produzieren. Löst sich dieses Treibhausgas im Meerwasser, entsteht Kohlensäure, wodurch der pH-Wert des Wassers sinkt. Die Ozeane werden saurer.

Die Große Kammuschel kommt mit diesen neuen Lebensbedingungen nur schlecht zurecht. In Laborversuchen am AWI zeigte sich, dass die Tiere im saureren Wasser Stoffwechselprobleme bekommen und so viel Energie in den Erhalt der wichtigen Körperfunktionen investieren müssen, dass ihnen im Notfall die Kraft zum Zusammenschlagen der Schalen und somit zum Schwimmen fehlt. Muscheljäger wie Krabben und Seesterne dürften also in Zukunft ein leichteres Spiel haben.



Bisher schwimmt die Große Kammuschel *Pecten maximus* ihren Feinden davon. Je stärker jedoch die Nordsee versauert, desto schwerer wird es der Muschel fallen, Schwimmbewegungen auszuführen. (Foto: David Borg)



Mit moderner Technik: Im Sommer 2013 stellte das AWI sein neues Wattenmeer-Forschungsschiff Mya II in Dienst. (Foto: Florian Lange/AWI)

Forschungsfragen: Welchen Kurs nimmt die Nordsee?

Der globale Klimawandel führt in der Nordsee und besonders in ihren Küstengebieten zu tiefgreifenden Veränderungen: Er lässt die Wassertemperatur und den Meeresspiegel steigen, senkt den pH-Wert des Wassers und führt dazu, dass sich fremde Arten in dem nordeuropäischen Gewässer zusehends wohler fühlen. Wissenschaftler des Alfred-Wegener-Institutes arbeiten an drei Standorten gemeinsam und fachübergreifend da-

ran zu verstehen, wie sich diese Veränderungen auf die Lebensräume Nordsee und Wattenmeer auswirken. Dazu erstellen sie Langzeitdatenreihen, führen Experimente im Labor durch und untersuchen direkt im Freiland, wie ausgewählte Arten auf die neuen Lebensbedingungen reagieren und welche Einwanderer sich wo ansiedeln. Mithilfe dieser Daten können die Forscher Aussagen darüber treffen, wie sich die Lebensgemeinschaften der Nordsee und mit ihnen das gesamte Ökosystem weiter verändern werden.

Kontakt zu den AWI-Experten



Forschungsthema Wattenmeer
Dr. Christian Buschbaum
Tel: 04651 956-4228
E-Mail: Christian.Buschbaum@awi.de



Forschungsthema Biologie Nordsee
Dr. Lars Gutow
Tel: 0471 4831-1708
E-Mail: Lars.Gutow@awi.de



Forschungsthema Krankheitserreger
Dr. Gunnar Gerdt
Tel: 04725 819-3245
E-Mail: Gunnar.Gerdt@awi.de



Forschungsthema Austern
Dr. Mathias Wegner
Tel: 04651 956-4205
E-Mail: Mathias.Wegner@awi.de



Forschungsthema Helgoland Reede
Prof. Dr. Karen Wiltshire
Tel: 04725 819-3238
E-Mail: Karen.Wiltshire@awi.de



Forschungsthema Versauerung
Dr. Gisela Lannig
Tel: 0471 4831-2015
E-Mail: Gisela.Lannig@awi.de



Forschungsthema Brauntange
Dr. Inka Bartsch
Tel: 0471 4831-1404
E-Mail: Inka.Bartsch@awi.de

Impressum: Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven; Herausgeberin: Karin Lochte (Direktorin), Redaktion: Kristina Bär, Sina Löschke (E-Mail: medien@awi.de)
Coverfoto: Uwe Nettelmann, AWI, Expertenfotos: AWI, privat