



Corey Arnold

Die Meere im Hitzestress

Die Ozeane sind so warm wie nie zuvor. Weltweit droht massives Korallensterben. Doch die Gefahr geht über das Leben im Meer hinaus.

Von [Cornelia Eisenach](#), 13.09.2023

Im Mittelmeer, im Südosten von Sardinien's Costa Smeralda, liegt die Insel Tavolara, lange Zeit unbewohnt. Erst im Jahr 1807 liess sich Giuseppe Bertoleoni mit seiner Familie dort nieder. Als rund dreissig Jahre später der sardische Herrscher zu Besuch kam, erklärte sich Giuseppes Sohn Paolo kurzerhand zum König der Insel. Seine Nachfahren wohnen noch heute auf dem kargen Fels im Tyrrhenischen Meer.

Seitdem kennt man Tavolara als das kleinste Königreich der Welt. Zwar nimmt kein anderes Land die Minimonarchie heute noch ernst, doch einen

königlichen Schatz besitzt sie allemal: Vor ihrer Küste liegt ein Paradies. Eine schillernde Unterwasserlandschaft aus schwarzen, roten und gelben Korallen, in der sich Zahnbrassen und Zackenbarsche vor Hobbytauchern verstecken, die dort mit Glück auch eine Schildkröte oder sogar einen Riesenhai erspähen können.

Eine andere Besonderheit sind die Gorgonien. Das sind Weichkorallen, die wie überdimensionale Fächer aus dem Meeresboden ragen. Einige von ihnen sind mehr als hundert Jahre alt. Manche Arten wechseln ihre Farbe wie ein Chamäleon. Doch in letzter Zeit changieren sie nicht mehr nur zwischen Rot und Gelb. Immer öfter gehört auch Weiss zu ihrem Repertoire. Dann, wenn ihnen das Meer zu warm wird und sie deshalb ausbleichen. Oder sogar absterben.

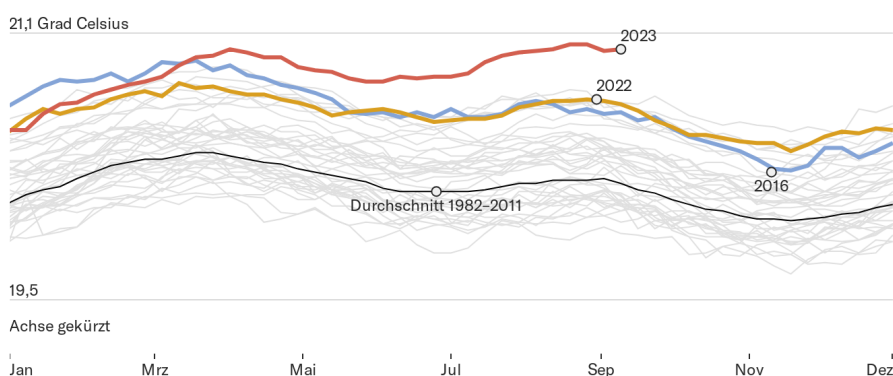
So warm wie noch nie

Der Grund dafür sind marine Hitzewellen, die im Mittelmeer in den letzten Jahren immer öfter auftreten. Von einer marinen Hitzewelle spricht man dann, wenn die Meerestemperatur für fünf oder mehr Tage weit über dem Wert liegt, der für die Jahreszeit üblich ist. Bereits 2022 lag die Oberflächentemperatur des Wassers in einigen Gegenden 5 Grad Celsius über dem langjährigen Mittel. Auch im Juli dieses Jahres betrug die Abweichung stellenweise 5 Grad, besonders stark traf es die Gegend um Italien und Nordtunesien.

Die Weltmeere werden im Zuge des Klimawandels immer wärmer. Gerade purzeln weltweit sämtliche Rekorde. Die globalen Meere waren Ende August 0,3 Grad wärmer als je zuvor in dieser Jahreszeit. Im Nordatlantik waren es gar 0,5 Grad. Vergleicht man die Temperaturen mit dem Mittel der Temperaturen von 1982 bis 2011, war der Nordatlantik am letzten Augusttag dieses Jahres 1,3 Grad wärmer, die weltweiten Meere 0,8 Grad.

Die Temperatur der Weltmeere

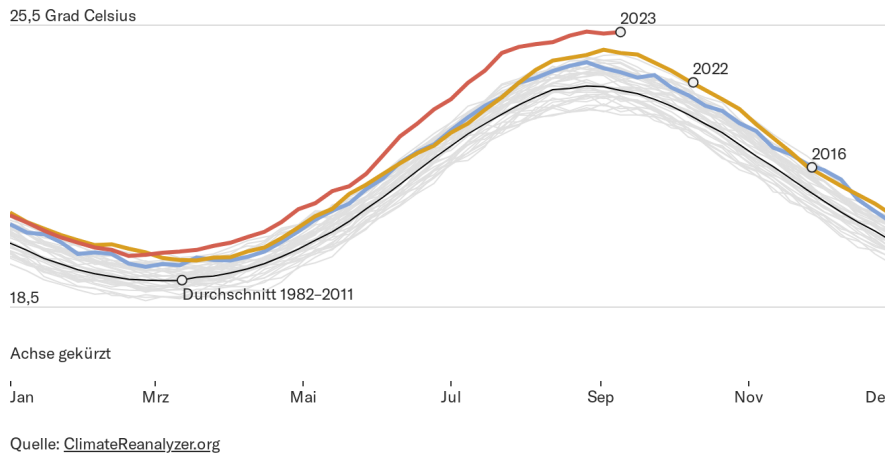
Immer wärmer: Die Meerestemperaturen von 2023 im Vergleich mit jenen von 2022, von 2016 sowie mit dem Mittel von 1982 bis 2011.



Quelle: [ClimateReanalyzer.org](https://climate.reanalyzer.org)

Die Temperatur des Nordatlantiks

Einsame Spitze: Auch der Nordatlantik ist in diesem Jahr so warm wie noch nie, wie der Vergleich zeigt.



Ein paar Zehntelgrad mehr oder weniger in den Weltmeeren – das tönt nach wenig. Doch Wassertemperaturen schwanken nicht so stark wie die der Luft. Um einen Liter Wasser ein Grad wärmer zu machen, ist mehr als 3000-mal so viel Energie nötig wie für einen Liter Luft. Diese Abweichungen sind also enorm.

Die Ursachen

Neben den Höchsttemperaturen ist auch der saisonale Verlauf in diesem Jahr ungewöhnlich. Normalerweise schwankt die mittlere Temperatur der Weltmeere im Verlauf der Jahreszeit. Ihren Höhepunkt erreicht sie stets im Frühling, also dann, wenn auf der Südhalbkugel, wo es viel mehr Wasser gibt als im Norden, noch die Hitze des dortigen Sommers nachwirkt. «Doch in diesem Jahr ist es anders», sagt Thomas Frölicher, Klima- und Umweltphysiker an der Universität Bern und Leitautor des Weltklimarat-Sonderberichts zu Ozeanen und der Kryosphäre von 2019. «In diesem Jahr sehen wir den Höhepunkt im August. Das ist schon sehr aussergewöhnlich.»

Aussergewöhnlich, aber für den Forscher nicht überraschend. Frölicher sieht als einen der zwei Hauptauslöser für die extreme Situation den Klimawandel. Bereits der Weltklimarat-Bericht 2019 zeigte: Mit jeder zusätzlich ausgestossenen Tonne CO₂ nimmt die Meeresoberflächentemperatur weiter zu, und die Wahrscheinlichkeit von Hitzewellen steigt. «Das, was wir jetzt beobachten, deckt sich mit unseren Prognosen», sagt Frölicher.

Dazu kommen natürliche Schwankungen des Wetters. In den letzten Monaten war es über dem Nordatlantik ungewöhnlich windstill. Normalerweise mischen kräftige Westwinde das Wasser an der Oberfläche mit kaltem Tiefenwasser. Ohne diese Durchmischung wird die obere Wasserschicht immer wärmer.

Und noch ein weiteres Wetterphänomen spielt eine Rolle: El Niño, eine veränderte Meeresströmung im Pazifik, die in unregelmässigen Abständen auftritt. So auch in diesem Jahr wieder. El Niño sorgt dafür, dass die Passatwinde schwächer von Ost nach West wehen. Normalerweise pusten sie Staub und Aerosole aus der Sahara in die Luft. Dort reflektieren diese Partikel Sonnenlicht. Fehlen sie, dringt mehr Sonnenenergie zur Meeresoberfläche und erhitzt diese.

Auch ein Vulkanausbruch steht im Verdacht, für die hohen Meerestemperaturen mitverantwortlich zu sein. Anfang 2022 brach im Südpazifik der Hunga Tonga aus. Weil der Vulkan unter Wasser liegt, schleuderte die Eruption Millionen Tonnen Wasserdampf in die Atmosphäre. Dieser wirkt dort als Treibhausgas und sorgt für eine Erwärmung. «Aber dieser Erwärmungseffekt ist global sehr gering, das haben Studien gezeigt», sagt Klimaphysiker Frölicher.

Eine weitere Hypothese geht darauf zurück, dass Schiffsabgase wegen einer neuen Vorschrift von 2020 sauberer sein müssen. Tatsächlich ist die Atmosphäre seither weniger mit Schwefel verschmutzt, der Rückgang der Belastung durch Schiffe beträgt 80 Prozent. An sich eine gute Nachricht. Doch Schwefelpartikel reflektieren das Sonnenlicht in der Atmosphäre. An ihnen bilden sich Wolken. Ohne diese Wolken trifft mehr Strahlung auf die Meere. Auch diesen Effekt schätzt Frölicher aber als klein ein. «Er passt auch nicht zum Muster der Erwärmung im Atlantik. Aber eine endgültige Antwort gibt es noch nicht.»

Nach bisherigem Kenntnisstand tragen also hauptsächlich der Klimawandel sowie natürliche Wetterschwankungen wie schwächere Winde zu den hohen Meerestemperaturen bei. «Wie viel der jeweilige Anteil genau ist, ist eine offene Forschungsfrage», sagt Frölicher. «Das wissen wir in zwei bis drei Jahren.»

Was droht

Die Hitze in den Meeren hat Folgen für das globale Klima. Denn das Meer ist eine wichtige Kohlenstoffsенке. Es saugt Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf wie ein Schwamm. Etwa 30 Prozent der menschengemachten CO₂-Emissionen haben die Ozeane schon aus der Atmosphäre gesaugt. Doch wenn sie wärmer werden, gleichen sie mehr einem Lappen als einem Schwamm.

Der Grund: Je wärmer die Wasseroberfläche, desto eher liegt sie wie eine Ölschicht auf dem Meer und vermischt sich schlecht mit dem dichteren Tiefenwasser. Das ist aber nötig: Nur so gelangt das im Oberflächenwasser gelöste CO₂ nach unten, wo es über Hunderte von Jahren bleibt. Und nur so kommt frisches Wasser, also «unverbrauchte» CO₂-Saugkraft, nach oben. Eine weniger effiziente Kohlenstoffsенке bedeutet mehr Kohlendioxid in der Luft, was den Klimawandel weiter ankurbelt.

Das warme Wasser macht noch etwas anderes. Es schwächt eine Umwälzbewegung der Wassermassen im Atlantik, genannt Amoc. Sie ist Teil einer den Globus umspannenden Ozeanströmung, die dafür sorgt, dass an den Küsten Schottlands im Winter Palmen wachsen, während auf dem gleichen Breitengrad in Kanada die Seen gefrieren.

Ihren grossen Auftritt hatte diese Ozeanströmung im Film «The Day After Tomorrow» aus dem Jahr 2004. Darin kommt die Amoc wie aus dem Nichts zum Stillstand. Die Folgen: Riesen-Hurrikane, die dreistellige Minustemperaturen auf der Nordhalbkugel mit sich bringen, Helikopter, denen das Benzin in den Schläuchen gefriert, New York unter einer Decke von Schnee und Eis und Jake Gyllenhaal, der das Ganze bei einem Feuerchen in der Stadtbibliothek überlebt.



Corey Arnold

Abgesehen von solchen Details ist der Plot gar nicht allzu abwegig. Die Wissenschaft geht davon aus, dass die letzte Eiszeit, die vor 110'000 bis 15'000-Jahren stattfand, tatsächlich mit einem Zusammenbruch der Amoc begann. «Wir wissen, dass die Amoc kollabieren kann», sagt Frölicher, «aber wir wissen nicht wann.»

Der Kollaps der Amoc ist ein Kipppunkt des Klimas. Zusammenbrechen kann sie, wenn sich das Wasser in den Polarregionen ungenügend abkühlt und wegen der Gletscherschmelze der Salzgehalt sinkt. Beides verringert die Dichte des Oberflächenwassers, weshalb es nicht mehr so gut in die Tiefe sinkt. Bei diesem Absinken stürzt das Oberflächenwasser vor Grönland in einem ozeaninternen Wasserfall 2000 Meter tief. So entsteht ein Sog, der die Ozeanströmung antreibt. Ohne das Absinken wird die Amoc immer schwächer.

Im Klimarat-Sonderbericht zu den Ozeanen und der Kryosphäre schätzten Frölicher und seine Kollegen die Wahrscheinlichkeit für einen Kollaps der Amoc in diesem Jahrhundert noch als gering ein. Vor einigen Wochen jedoch veröffentlichten zwei Forscherinnen aus Dänemark eine neue Risikoanalyse. Sie gehen davon aus, dass die Ozeanströmung den Kipppunkt schon früher erreicht als bis vor kurzem gedacht: Mitte des Jahrhunderts, wenn sich nichts an den Emissionen ändert. Im schlimmsten Fall ist es bereits 2025 so weit.

Doch die aktuelle Analyse ist mit viel Unsicherheit behaftet. Instrumente, die die Ozeanströmung direkt messen, sind erst seit 2004 im Einsatz, dem Jahr, als «The Day After Tomorrow» in die Kinos kam. Die Wissenschaftler können langfristige Änderungen der Strömung nur anhand von Oberflächentemperaturen im Nordatlantik abschätzen. In Fachkreisen erntete die Studie unter anderem deswegen auch Kritik. Dennoch zeige sie eines, sagt Frölicher: «Obwohl wir seit mehr als 20 Jahren daran forschen, wissen wir extrem wenig über diesen Kipppunkt.»

Marines Leben in Gefahr

Was bedeuten die Rekordtemperaturen für die Lebewesen im Ozean? Insbesondere Korallenriffe im karibischen Becken, einschliesslich der Gewässer um Florida und den Golf von Mexiko, sind akut gefährdet. Hier ist das Wasser teils über 30 Grad warm. Wissenschaftlerinnen der US-Wetter- und Ozeanografiebehörde NOAA warnen: Ende September besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine Bleiche und ein signifikantes Absterben der Korallen in der Karibik.

Korallen sehen zwar farbenprächtig aus wie Blumen, es sind aber Nesseltiere. Viele von ihnen leben in Symbiose mit Mikroalgen, die ihnen via Photosynthese Nährstoffe spenden und ihnen Farbe verleihen. Ihre Mitbewohnerinnen mögen aber keine Hitze. Wenn es ihnen zu warm ist, produzieren sie Giftstoffe. Diese mag wiederum die Koralle nicht, weswegen sie ihre Partnerinnen schnellstmöglich aus der Lebensgemeinschaft wirft. So schwindet auch die Farbe, die Korallen bleichen aus. Zwar können sie einige Zeit ohne ihre Mitbewohnerinnen überleben und sich erholen, wenn sich das Wasser abkühlt und die Mikroalgen zurückkommen. Doch ist das nicht der Fall, verhungern die Tiere und sterben ab.

Für die Unterwasserwelt ist das eine Katastrophe. Denn Korallenriffe bedecken zwar weniger als ein Prozent der Meeresböden, doch sie beherbergen und ernähren ein Viertel des marinen Lebens. Schon vor der aktuellen Hitzewelle prognostizierten Forscher unerträglichen Hitzestress für neunzig Prozent aller Korallenriffe innerhalb der nächsten Jahrzehnte.

Auch im Mittelmeer sind die Korallen bedroht. Und nicht nur sie. Marine Hitzewellen lösen dort wiederkehrende Massensterben aus, wie eine Studie vergangenes Jahr zeigte. Dabei kann eine bestimmte Pflanzen- oder Tierart in einem lokal begrenzten Gebiet fast vollständig aussterben.

Das Massensterben sei eine der gravierendsten biologischen Folgen des Klimawandels im Mittelmeerraum, sagt Joaquim Garrabou, Meeresbiologe am Institut de Ciències del Mar in Barcelona. Betroffen sind neben den Korallen, wie den Gorgonien, andere Meeresbewohnerinnen, die am Grund festsitzen und nicht in kältere Meeresgebiete schwimmen können: Schwämme, Muscheln, Schnecken, Seegras, Algen. «Wir haben über neunzig Arten identifiziert, die in den letzten fünf Jahren von Massensterben betroffen waren», sagt Garrabou.

Auch wenn es nicht alle Individuen einer Spezies trifft, so schrumpft ihre Anzahl dennoch so stark, dass sie ihre Ökosystemfunktion nicht mehr wahrnehmen können. Das heisst: Auch wenn ein paar Korallen überleben – der Lebensraum, den sie für Zackenbarsch und Co. bilden, ist weg. Oft trifft es langlebige Arten, die wenig Nachkommen haben oder die – wie die Gorgonien – sehr langsam wachsen. Das heisst: Einmal weg, kommen sie so schnell nicht wieder.

Das Mittelmeer ist zwar klein, beherbergt aber sieben bis zehn Prozent aller bekannten marinen Arten. Hitzewellen und Massensterben bringen diese Biodiversität in Gefahr. «Wir beobachten eine Simplifizierung der marinen Ökosysteme», sagt Meeresökologe Garrabou. «Das ist so, als hätten wir statt eines Urwalds mit jahrhundertalten Bäumen nun eine Wiese.» Ein Massensterben befürchtet der Forscher auch jetzt wieder. Was die aktuelle Hitzewelle anrichtet, wird sich erst im Herbst zeigen.

Die Hoffnung

So sehr die Meere derzeit ein Abbild der Zerstörungskraft des Menschen sind, so sehr sind sie mancherorts auch Zeuge seines Erfindergeistes. Ein paar ermutigende Beispiele:

Vor der Küste Sardiniens wollen die Mitarbeiterinnen der NGO Medsea bis 2030 eine Million Seegras-Setzlinge pflanzen. Denn auch Seegras ist vom Massensterben bedroht. Es ist nicht nur ein wichtiger Kohlenstoffspeicher und Lebensraum, sondern es hilft auch, die Küsten zu schützen, indem es Meeresboden festigt.

An vielen Orten weltweit gibt es Projekte, um Korallenriffe wiederherzustellen. Zum Beispiel, indem man sie mithilfe eines 3-D-Druckers aus Ton nachbildet, wie es ein ETH-Spin-off derzeit in der Karibik erprobt.

Andere Organisationen wie die «Coral Gardeners» hängen kleine Stückchen von gesunden Korallen an Leinen ins Meer, zum Beispiel in Indonesien. Man weiss, dass solche Stückchen vierzigmal schneller wachsen als ganze Korallen.

Forscher von der King Abdullah University of Science and Technology in Saudiarabien impfen Korallen im Labor mit probiotischen Bakterien. Dadurch sollen sich die Organismen schneller vom Hitzestress erholen.

Wissenschaftlerinnen der University of Exeter haben herausgefunden, dass gesunde Korallenriffe Geräusche machen, die Fische anlocken. Geschädigte Riffe hingegen verstummen, die Fische bleiben weg. Doch sie braucht es, damit sich ein Riff erholen kann. Daher installieren die Forscher nun Unterwasser-Lautsprecher, um die Meerestbewohner in geschädigte Riffe zu locken und so bei deren Regeneration zu helfen.

Und Tavolara? Noch ist es ein Paradies für Taucherinnen und Schnorchler. Vor seiner Küste fangen die Nachfahren des ersten Königs Paolo Bertoleoni Muscheln, Hummer und Fisch für die Touristinnen, die sich nach einem Unterwassertrip im königlichen Familienrestaurant verköstigen. Das Königreich hat Glück: Es ist seit langem ein Aushängeschild von Italiens «Area Marina Protetta», dem geschützten Meeresgebiet.

Auf solche Schutzzonen setzt auch Meeresökologe Garrabou. Sie sollen sich gemäss internationalen Abkommen bis 2030 auf dreissig Prozent der Ozeane erstrecken. Solche Gebiete machen das Meer nicht kühler. Doch wo das Fischen verboten ist, wo weniger Schiffslärm und Müll die Unterwasserwelt verschmutzt, kann sich das Leben leichter vom Hitzestress erholen.

Im Mittelmeer sind derzeit erst acht Prozent geschützt. «Wir haben noch sieben Jahre Zeit, um die dreissig Prozent zu erreichen», sagt Garrabou. Zudem müsse das Management der Schutzzonen effektiver gestaltet werden. «Dann haben wir die Chance, einen Teil der Auswirkungen des Klimawandels abzumildern.»