

Antrieb des Klimas – die großen Meeresströmungen

Die Meeresströmungen transportieren gigantische Mengen Wärme um den Globus. Damit sind sie eine der wichtigsten Schubkräfte des Klimas. Da sie ausgesprochen träge auf Veränderungen reagieren, werden die Auswirkungen des globalen Wandels langsam, aber über Jahrhunderte zu spüren sein.

Die imposanten Schubkräfte der Meeresströmungen waren schon immer unter Seefahrern ein gut gehütetes Geheimnis, das nur mündlich weitergegeben wurde. Es dauerte bis ins 17. Jahrhundert, bis die erste systematische Karte der atlantischen Meeresströmung gezeichnet wurde. Und erst in den 1970er Jahren konnte durch globale ozeanographische Daten das sogenannte „globale Förderband“, ein erdumspannendes Strömungssystem durch alle Ozeane, nachgewiesen werden.

Meeresströmungen werden durch Wind- und Dichteunterschiede angetrieben. Vor allem die oberflächennahen Strömungen stellen sich durch ein Zusammenspiel von großräumigen Windsystemen und der durch die Drehung der Erde verursachten Corioliskraft sowie der Land-Meerverteilung ein. Heute wissen wir, dass die Meeresströmungen auch gigantische Mengen Wärme um den Globus transportieren. Damit tragen sie zum Ausgleich der Temperaturunterschiede zwischen dem Äquator und den Polen bei und stellen so eine wichtige Komponente in unserem Klimasystem dar. Andererseits puffern unsere Ozeane die Klimaerwärmung ab: Sie nehmen etwa ein Drittel des anthropogen verursachten Treibhausgases CO₂ auf.

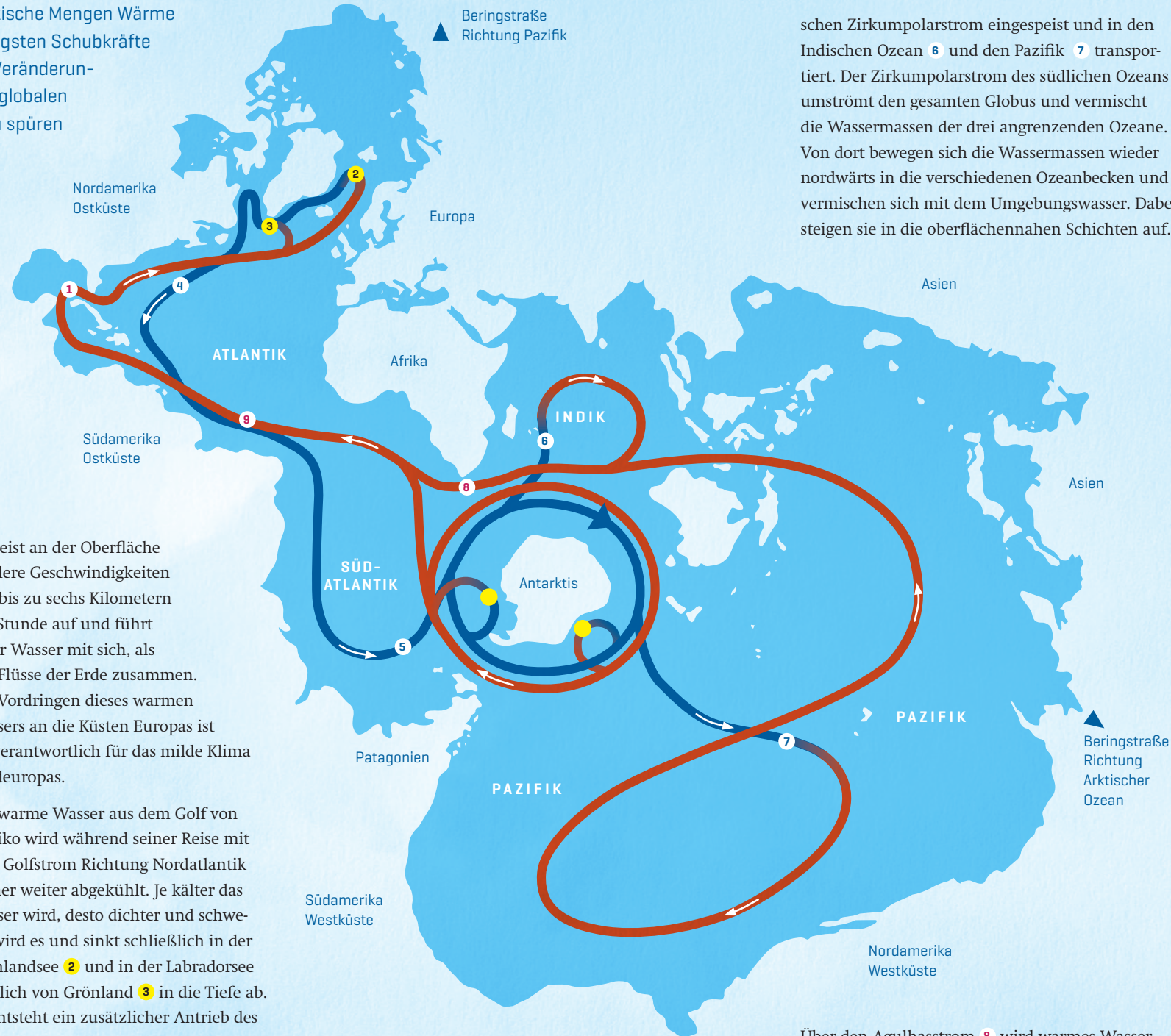
Eine der wichtigsten und bekanntesten Meeresströmungen im Atlantik ist der Golfstrom. Er transportiert warmes Wasser aus dem Golf von Mexiko 1 entlang der amerikanischen Ostküste nach Norden und quer über den Atlantik ostwärts in Richtung Europa. Hier wird aus dem Golfstrom der Nordatlantikstrom.

Er weist an der Oberfläche mittlere Geschwindigkeiten von bis zu sechs Kilometern pro Stunde auf und führt mehr Wasser mit sich, als alle Flüsse der Erde zusammen. Das Vordringen dieses warmen Wassers an die Küsten Europas ist mitverantwortlich für das milde Klima Nordeuropas.

Das warme Wasser aus dem Golf von Mexiko wird während seiner Reise mit dem Golfstrom Richtung Nordatlantik immer weiter abgekühlt. Je kälter das Wasser wird, desto dichter und schwerer wird es und sinkt schließlich in der Grönlandsee 2 und in der Labradorsee westlich von Grönland 3 in die Tiefe ab. So entsteht ein zusätzlicher Antrieb des Nordatlantikstroms und eine wichtige Komponente der gesamten globalen Ozeanzirkulation. In den tiefen Schichten des Atlantiks wird so eine gegenläufige, nach Süden gerichtete Strömung in Richtung Südpolarmeer in Gang gesetzt 4. In der Tiefsee fließt das abgesunkene nordatlantische Wasser als kalte Tiefenströmung bis zum Ausgang des Südatlantiks 5 und wird dann in den antarktischen

Das globale Förderband

Vereinfachtes Schema der weltweiten ozeanischen Strömungen von warmen Oberflächenwasser (rot) und kaltem Tiefenwasser (blau) in der „Spielhaus-Projektion“, die auf die Antarktis zentriert ist und den globalen Ozean als ein einziges Gewässer darstellt. Die gelben Kreise in den Polarregionen zeigen Konvektionsgebiete. Grafik: Christoph Kersten / GEOMAR, Kartenquelle: Clara Dealberto nach Athelstan Spilhaus



schen Zirkumpolarstrom eingespeist und in den Indischen Ozean 6 und den Pazifik 7 transportiert. Der Zirkumpolarstrom des südlichen Ozeans umströmt den gesamten Globus und vermischt die Wassermassen der drei angrenzenden Ozeane. Von dort bewegen sich die Wassermassen wieder nordwärts in die verschiedenen Ozeanbecken und vermischen sich mit dem Umgebungswasser. Dabei steigen sie in die oberflächennahen Schichten auf.



Die Funktionsweise der Konvektion: In den subpolaren und polaren Regionen, wie etwa in der Labradorsee südlich von Grönland, sinkt kaltes, relativ salzarmes Meerwasser ab. Diese Wassermassen schieben sich auf ihrem Weg nach Süden über dem noch dichteren Tiefenwasser ein und wandern weiter Richtung Äquator. Wärmeres Wasser strömt in den oberen Meeresschichten in das Konvektionsgebiet nach. Grafik: Christoph Kersten / GEOMAR

Konvektion: Der Weg des Wassers in die Tiefe

Nirgends sonst in den Ozeanen gleitet Oberflächenwasser so schnell in die Tiefe wie in den Konvektionsgebieten im Nordatlantik und im Südpolarmeer, und an keiner anderen Stelle machen sich Veränderungen an der Meeresoberfläche oder in der Atmosphäre so schnell im Innern des Meeres bemerkbar wie hier – etwa der zunehmende Kohlendioxidgehalt im Wasser. Die Konvektion verbindet zwei Bereiche des Ozeans miteinander, die sich voneinander unterscheiden: die oberflächennahen Schichten, die mit den atmosphärischen Wind-, Strahlungs- und Niederschlagsfeldern in Kontakt stehen, und die tiefen Bereiche des Ozeans. Oben schwanken Strömungen, Temperaturen oder Salzgehalte innerhalb von Wochen oder Monaten. In der Tiefe hingegen ändern sich die Umgebungsbedingungen eher im Laufe von Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten. In den warmen Meeresgebieten der Tropen und Subtropen gibt es keinen mit der Konvektion vergleichbaren Austausch zwischen Oberfläche und Tiefe. Das warme Oberflächenwasser hat eine relativ geringe Dichte und schwimmt deshalb als warme Deckschicht auf den tieferen kälteren Wassermassen. Beide Schichten sind klar voneinander getrennt. Sie vermischen sich auch kaum. Stattdessen gibt es dort, wo sie sich berühren, einen starken Temperatur- und damit Dichtesprung, der das Vordringen der Wärme in die Tiefe behindert. In sehr warmen Meeresgebieten wie dem westlichen äquatorialen Pazifik schließlich gibt es kaum Durchmischungen, zu den Polen hin aber sind die Meere stärker durchmischt und weniger stark geschichtet. Da ein klarer Temperatur- und Dichtesprung fehlt, können Veränderungen an der Meeresoberfläche dort bis ins Innere des Ozeans ausstrahlen. Die Konvektionsgebiete aber bleiben der Expresslift in die Tiefe.

Quelle: worldoceanreview.com/de/wor-1/klimasystem/gro-se-meeresstroemungen

Über den Agulhasstrom 8 wird warmes Wasser aus dem Indischen Ozean um die Südspitze Afrikas geführt. Es breitet sich zunächst in großen Wirbeln von mehreren 100 Kilometern Durchmesser und bis in 1.000 Meter Tiefe im Südatlantik aus und wird dann über den Äquator Richtung Karibik transportiert 9. Damit schließt sich der Kreislauf der globalen Ozeanzirkulation, der Zeitskalen von mehreren Hundert bis Tausend Jahren hat.