
Der Golfstrom als Kippelement

Iris Hochwarter

Die Erde ist dynamisch. Atmosphäre und Ozean sind ständig in Bewegung und Luft und Wasser legen dabei weite Strecken zurück. Die Zirkulationen in der Luft werden durch die Sonne angetrieben und beeinflussen das Klima und das Wetter. Meeresströmungen verteilen Nährstoffe und Gase und bestimmen die Bedingungen der Ozeane und die vieler Ökosysteme. Des Weiteren verändern sie das globale Klima. Mehrere dieser Strömungen treten in kleinen, begrenzten Arealen auf, andere wiederum erstrecken sich über tausende Kilometer. Eine dieser großräumigen Strömungen ist der Golfstrom (Podbregar & Lohmann, 2013, S. 145-149).

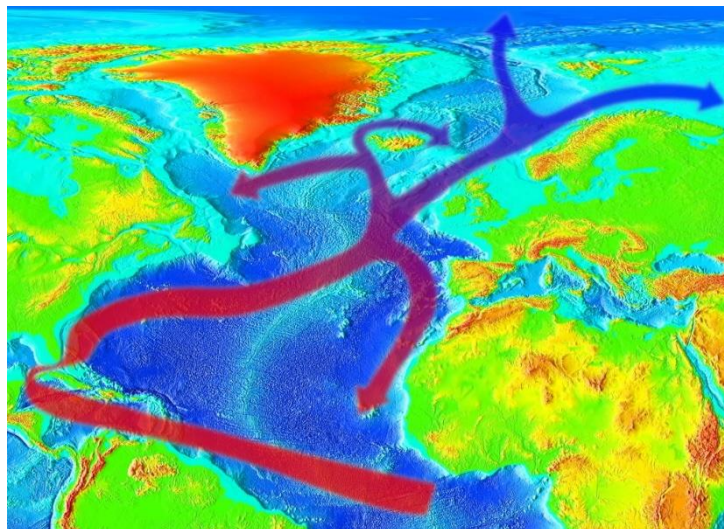


Abbildung 1 Golfstrom (By Andrew Ryzhkov CC BY SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Großräumige Meeresströmungen, wie der Golfstrom (Abbildung 1), können zwischen 30 und 60 Kilometer pro Tag zurücklegen. Angetrieben werden sie durch Temperatur-, Salzgehalt- und Dichteunterschiede der Meeresregionen (Podbregar & Lohmann, 2013, S. 145-149). Dieser Prozess ist auch als thermohaline¹ Zirkulation bekannt. Die Zirkulation im Ozean entsteht durch Temperatur- und Dichteunterschiede. In den subpolaren Gebieten wird das Wasser an der

¹ Thermohalin bedeutet den Temperatur- und Salzgehalt betreffend. „Halin“ stammt vom griechischen Wort „háls“ ab, das Salz bedeutet und „thermo“ kommt vom griechischen Wort „thermós“, das „warm“ heißt (Dudenredaktion, o. D.).

Meeresoberfläche kälter und kleine Eisschollen bilden sich. Diese Eisschollen bestehen aus Süßwasser und befinden sich dann im salzigeren Meerwasser, der salzigen Lake. Die salzige Lake hat durch den hohen Salzgehalt eine höhere Dichte als das restliche Meerwasser. Wird es nun kälter, verdichtet sich die salzige Lake weiter und beginnt, in die Tiefe des Ozeans zu sinken. Aufgrund der niedrigen Temperaturen haben Gase im Wasser eine höhere Löslichkeit und es diffundieren Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid in die Lake. Diese Gase werden mit in die Tiefe befördert und der Ozean wird dadurch belüftet (Schacht, 2014, S. 111f.). Nahe des Äquators wird das Wasser erwärmt und steigt an die Oberfläche. In weiterer Folge fließt es aufgrund des Temperaturgradienten in kältere Regionen im Norden oder Süden. In den subpolaren Gebieten, wie oben erwähnt, kühlt das Wasser dann ab, Eisschollen bilden sich und die dichte Salzlake fließt nahe dem Meeresboden wieder Richtung Äquator. Damit schließt sich der Kreis. Allerdings beeinflussen noch weitere Faktoren diesen Prozess. So bewirkt die Corioliskraft², dass das Wasser auf der Nordhemisphäre nach Osten abgelenkt wird und auf der Südhemisphäre nach Westen. Auch Winde können die Strömungen verändern, da sie die Oberflächenströmungen beeinflussen. In tropischen Gebieten bewegen die Passatwinde die Meeresoberfläche von Osten nach Westen und in gemäßigteren Breiten wird das Meer durch die Westwinde von Westen nach Osten getrieben (Podbregar & Lohmann, 2013, S. 149).

Der Golfstrom fließt von der Floridastraße zu den Grand Banks von Neufundland, der Westküste Europas entlang Richtung Skandinavien und bis ins Nordpolarmeer. Er transportiert das warme Wasser aus der Floridastraße nach Europa. Dadurch ist das Klima im Westen Europas gemäßigt. Dort befinden sich deswegen sommergrüne Laub- und Mischwälder anstatt borealer Nadelwälder und Tundra, wie es in Osteuropa der Fall ist. Deswegen wird der Golfstrom auch als „Europas Warmwasserheizung“ bezeichnet (Podbregar & Lohmann, 2013, S. 150). Jedoch ist diese „Warmwasserheizung“ aufgrund des Klimawandels gefährdet. „Der Einfluss des Menschen hat das Klima in einem Maße erwärmt, wie es seit mindestens 2000 Jahren nicht mehr der Fall war“ (Umweltbundesamt, 2022). Die mittlere globale Oberflächentemperatur ist seit 1880 um über 1,2 °C gestiegen. Dadurch schmelzen Gletscher, Eis und Schnee, und mehr Süßwasser gelangt ins Meer. Dies wiederum hat eine Veränderung der globalen Wasserkreisläufe zur Folge (ebd.). Auch der Golfstrom wird von den oben genannten Veränderungen beeinflusst. Der Golfstrom kann als Klima-Kippelement bezeichnet

² Die Corioliskraft ist eine Trägheitskraft, die in einem rotierenden Bezugssystem auf einen Körper wirkt, der sich in Bewegung befindet (Dudenredaktion, o. D.).

werden. Kippelemente sind stabile Systeme, bis ein Schwellenwert überschritten wird. Ab dieser Schwelle ändert sich ihr Zustand rasch und ist kaum aufzuhalten. Aufgrund der Erderwärmung schmelzen die Gletscher Grönlands und deswegen strömt mehr Süßwasser ins Meer (Neukirchen, 2019, S. VII f.). Dadurch bildet sich eine relativ stabile Süßwasserschicht auf dem dichteren Ozeanwasser. In den subpolaren Regionen wird dann zwar Eis gebildet, aber es entsteht keine dichte Salzlake und somit auch kein Tiefenwasser, welches die thermohaline Zirkulation antreibt (Schacht, 2014, S. 127 f.). Ohne die Meeresströmungen wird der Ozean nicht mehr belüftet und es kann weniger CO₂ und Wärme von der Meeresoberfläche aufgenommen werden, da immer dieselbe Wasserschicht an der Oberfläche ist und keine weitere Wärme und kein weiteres CO₂ aufgenommen werden kann. Dadurch kommt es zu einer positiven Rückkopplung und die Erderwärmung wird beschleunigt (Neukirchen, 2019, S. VIII).

Wie steht es nun um den Golfstrom? Laut einer Studie von Caesar et al. (2021, S. 118-120) wird der Golfstrom aufgrund der Erderwärmung langsamer. Caesar et al. (ebd.) untersuchten Temperaturmuster an der Oberfläche des Ozeans, die Eigenschaften der Wassermassen und die Veränderungen der Sedimentkorngröße, die durch Veränderungen der tiefen Strömungen beeinflusst werden und fanden heraus, dass der Golfstrom in mehr als 1000 Jahren noch nie so schwach war wie jetzt (ebd.). Der Übergang in den schwächeren Zustand hat verheerende Folgen für das Weltklima und weitere Systeme der Erde (Boers, 2021, S. 680). Folgen sind unter anderem der Zusammenbruch von Ökosystemen, Artensterben, häufigere Überschwemmungen und stärkere Hurrikans an der Ostküste der USA sowie eine Veränderung der Niederschläge in Südamerika, Afrika und Asien (ARD Alpha, 2022). Des Weiteren könnte sich die Meeresströmung des Atlantiks einer kritischen Schwelle nähern, da die Abschwächung wahrscheinlich mit einem Stabilitätsverlust einhergeht (Potsdam-Institut für Klimaforschung, 2021): Es wurden Belege dafür gefunden, dass sich die atlantische Umwälzströmung im letzten Jahrhundert wahrscheinlich von einem relativ stabilen System zu einem Punkt nahe des Kipppunkts genähert hat (Boers, 2021, S. 680)..

Daher ist es essenziell, dass wir Maßnahmen gegen die Erderwärmung setzen. Denn nur „unter der Voraussetzung sehr ambitionierter Klimaschutzpolitik und drastischer Reduktionen der CO₂- und anderer Treibhausgas-Emissionen ließe sich der mittlere Temperaturanstieg bis 2100 gegenüber der vorindustriellen Zeit auf 1,4 °C bis 2,4 °C begrenzen“ und somit die fatalsten

Folgen des Klimawandels, wie auch das Erliegen der Strömung des Golfstroms, verhindern (Umweltbundesamt, 2022).

Quellen:

ARD Alpha. (2022, 03. Mai). *Die Wärmepumpe für Nordeuropa*. ARD Alpha.
<https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/golfstrom-meeresstroemung-klimawandel-erwaermung-100.html> [25.01.23].

Boers, N. (2021). Observation-based early-warning signals for a collapse of the Atlantic Meridional Overturning Circulation. *Nature Climate Change*, 11, 680–688.

Caesar, L., McCarthy, G. D., Thornalley, D. J. R., Cahill, N., & Rahmstorf, S. (2021). Current Atlantic meridional overturning circulation weakest in last millennium. *Nature Geoscience*, 14(3), 118-120.

Dudenredaktion. (o. D.). *Corioliskraft*. Duden - online. [01.03.2022].

Dudenredaktion. (o. D.). *Thermo-*. Duden - online. [01.03.2022].

Dudenredaktion. (o. D.). *Thermohalin*. Duden - online. [01.03.2022].

Neukirchen, F. (Hrsg.). (2019). *Die Folgen des Klimawandels*. Berlin: Springer.

Podbregar, N., & Lohmann, D. (2013). *Im Fokus: Geowissen: Wie funktioniert unser Planet?* Berlin: Springer.

Schacht, R. (2013). *Wann bekommen die Küstenbewohner denn nun nasse Füße?* Wiesbaden: Springer.

Potsdam-Institut für Klimaforschung. (2021, 05. August). *Meeresströmung im Atlantik nähert sich möglicherweise kritischer Schwelle*. Potsdam-Institut für Klimaforschung.
<https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/meeresstroemung-im-atlantik-naehert-sich-moeglicherweise-kritischer-schwelle> [22.01.23].

Umweltbundesamt. (Hrsg.). (2022, 21. Juni). *Beobachtete und künftig zu erwartende globale Klimaänderungen*. Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/beobachtete-kuenftig-zu-erwartende-globale#aktueller-stand-der-klimaforschung> [26.01.23].