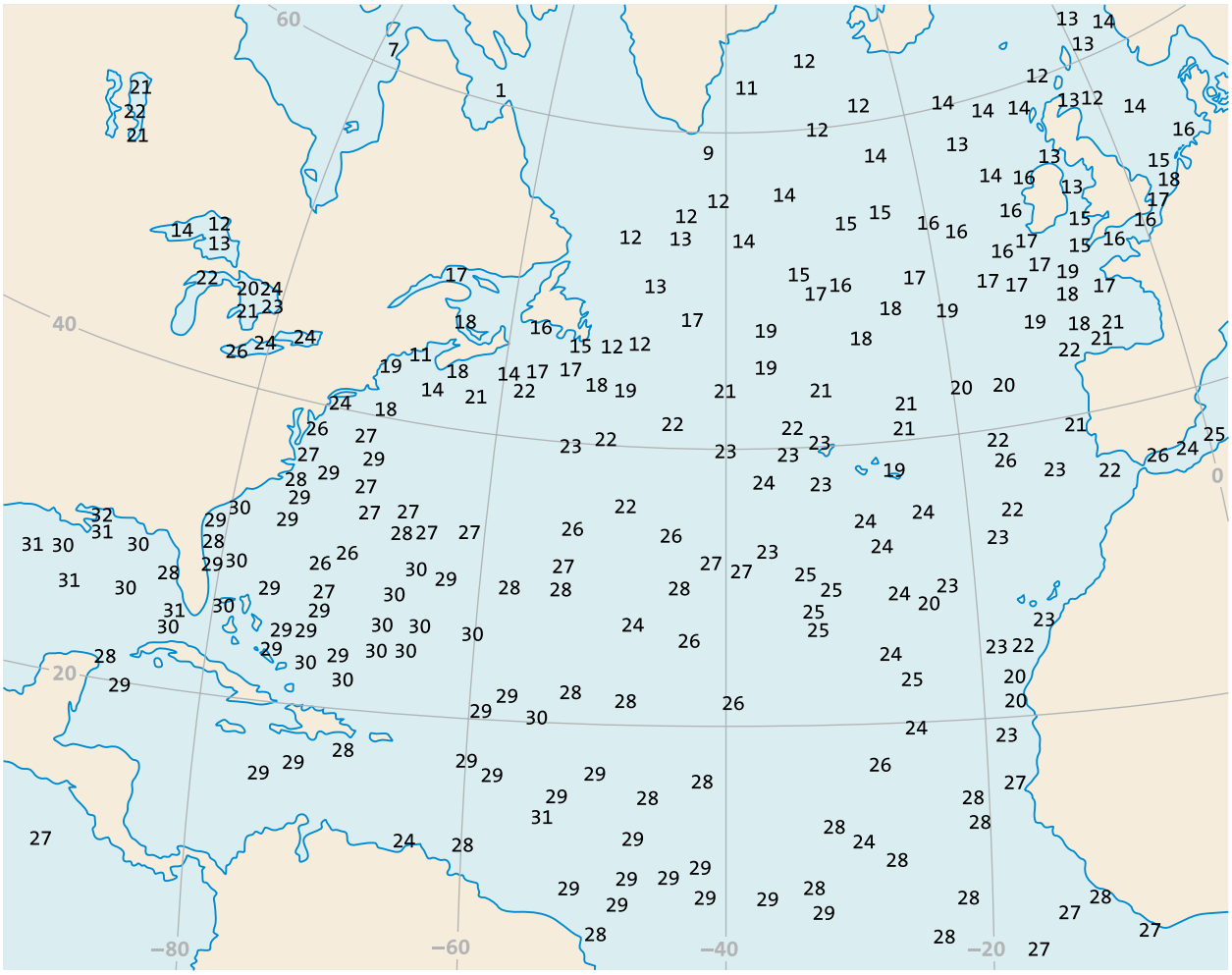
Quelle: 978-3-623-29555-8 TERRA global Klima im Wandel, Oberstufe, S. 29 - 31

M 3 ***Die Oberflächentemperatur des Wasser im Nordatlantik am 25. 7. 2005***



Nach DLR_School_LAB, Münchener Straße 20, 82234 Weßling (Dr. D. Hausamann/dieter.hausamann@dlr.de)

4.4 Der Golfstrom – ein Beispiel für eine thermohaline Zirkulation

„Der Golfstrom ist eine Meeresströmung im Atlantik, die vorrangig durch die Passatwinde über den Atlantik in Richtung höhere Breiten bewegt wird. Dort hat sie als verhältnismäßig warmer Meeresstrom Auswirkungen auf das Klima.
(...)
Verlauf des Golfstromes: Der Golf von Mexiko wird von Wassermassen durchströmt, diese treten durch die Yucatanstraße ein und durch die Floridastraße wieder aus. Beim Austreten des Stromes durch die Floridastraße in den Atlantik entstehen Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 170 cm/s bei einer Oberflächentemperatur von ca. 25 °C. Durch regelmäßig wehende Passatwinde kommt es zu einer Versetzung der Wassermassen, so dass sich im nördlichen Atlantik eine Abflussströmung entwickelt. Der Strom verläuft nahe der US-Amerikanischen Ostküste von Florida bis North Carolina. Bei Kap Hatteras kommt es zur Ablösung von der Küste, danach dringt er als gebündelter Strahlstrom in den offenen Atlantik vor. Jenseits des 40. Grades nördlicher Breite (nach ca. 1 500 km) verzweigt sich der Strom in mehrere Äste. Die Verzweigungen werden als Golfstromausläufer bezeichnet, der nach Norwegen reichende Ast als Nordatlantikstrom. Mit einer Wassermenge von nur 10 Mio. m³/s erreicht die Strömung die Küsten Westeuropas. Die Geschwindigkeiten des Stromes unterliegen Schwankungen zwischen 140 cm/s in den Monaten Juli/August und 105 cm/s im Spätherbst, was in engem Zusammenhang mit Schwankungen der Windgeschwindigkeit der Passatzone steht. Das an der Oberfläche überwiegend nach Norden strömende Wasser kehrt nach Abkühlung in tiefere Schichten und in den südlichen Ozean zurück.“

Klett/Alexander-Datenbank: Infoblatt Golfstromhttp://www.klett-verlag.de/index_tadb.html

1 *Erstellen Sie mithilfe der Tabelle M 2 am Beispiel des Golfstroms ein Wirkungsgefüge, welches die Folgen einer Schwellenüberschreitung zeigt.*

2 *Stellen Sie mithilfe der Karte M 3 die Wirkung des Golfsstroms auf die Wassertemperaturen im Nordatlantik dar.*

Quelle: 978-3-623-29555-8 TERRA global Klima im Wandel, Oberstufe, S. 29 - 31

4.5 Wird sich die globale Ozeanzirkulation durch den Menschen verändern?

Wie realistisch ist das Krisenszenario des Films „The day after tomorrow?“ Die Klimaforscher haben folgendes Szenario entwickelt (M 1 und M 3).

Eiszeit in USA und Europa abgesagt

„Neue Computersimulationen mit elf der weltweit besten Klimarechenmodellen haben jetzt ergeben, dass es bis Mitte des 22. Jahrhunderts keinen Flecken rund um den Nordatlantik geben wird, der sich abkühlt. Im Gegenteil: Überall dominiere der Erwärmungseffekt durch zunehmende Mengen von Treibhausgasen in der Erdatmosphäre, schreiben 18 Forscher aus Japan, Kanada, Belgien, Großbritannien, Spanien, Deutschland und den USA im Fachblatt ‚Geophysical Research Letters‘ … Unter den verwendeten Klimamodellen waren auch zwei des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) und eines aus dem Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. Die nächsten sechs bis sieben Generationen müssen sich den Simulationen zufolge keine Sorgen über ein frostigeres Klima in Nordamerika und Mitteleuropa machen. Und erst recht nicht darüber, dass sie einen Wetterhorror à la Hollywood erleben könnten. ‚In keinem unserer Modelle ist es zum Kollaps der Meereszirkulation gekommen‘, resümiert Projektleiter Jonathan Gregory. Der britische Physiker forscht sowohl an der University of Reading als auch am Hadley Centre for Climate Prediction and Research in Exeter. Die einzelnen Projektteams ließen ihre Rechner jeweils 140 Jahre in die Zukunft blicken. Vorgegeben wurde nur, wie stark der Gehalt des Treibhausgases Kohlendioxid in der Außenluft in dieser Phase wächst. Die Forscher entschieden sich für eine üppige Zuwachsrate von einem Prozent jährlich. Am Ende der Simulation, Mitte des 22. Jahrhunderts, enthielt die

Nr. 29555_ 30_2
Nr. 29555_ 30_2

Modellatmosphäre auf diese Weise viermal so viel CO_2 wie zu Beginn des Industriezeitalters."

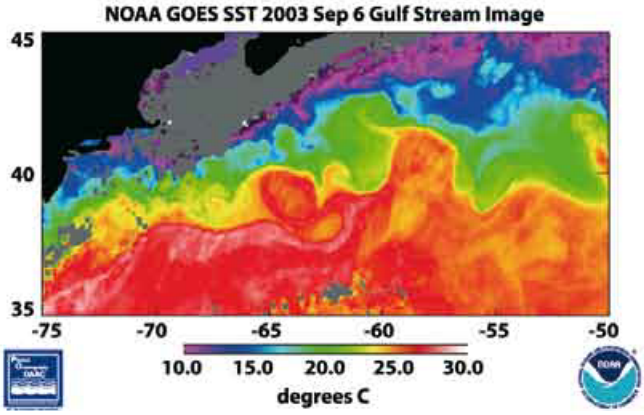
Erwärmung könnte lediglich gebremst werden
„Doch auch ein derart forcierter Treibhauseffekt schaffte es nicht, die temperaturempfindliche Meereszirkulation im Nordatlantik und mit ihr den Golfstrom ad hoc versiegen zu lassen. Die Warmwasserheizung geriet lediglich ins Stocken. Je nach Modell schwächte sich der Wärmetransport von den Tropen in höhere nördliche Breiten um 10 bis 50 Prozent ab.
Für eine spürbare Abkühlung reicht das aber nicht, meint der am Projekt beteiligte PIK-Physiker Anders Levermann. Der Effekt sei ‚höchstens eine Verringerung der Erwärmung', die ja ihrerseits durch immer mehr Treibhausgase in der Atmosphäre zunehme.
Kann die Wärmepumpe, die unaufhörlich riesige Wassermengen umwälzt, also am Ende gar nicht komplett ausfallen? Levermanns Potsdamer Kollege Stephan Rahmstorf sieht trotz der Multi-Modellstudie ‚keinen Anlass, das Problem zu verharmlosen'. Es sei ‚ein Fehler, bloß auf die Temperaturen zu schauen'. Schon wenn sich die nordatlantische Zirkulation abschwäche, könne das ‚andere einschneidende Folgen' haben, mahnt Rahmstorf, ‚zum Beispiel die Verschiebung von Niederschlagsgürteln'."

Grönland sorgt für Unsicherheit
„Und dann gibt es da noch eine große Unbekannte im nordhemisphärischen Klima-Puzzle: Grönland. Sollte der Eispanzer der weltgrößten Insel vollständig abschmelzen, käme die Meereszirkulation im Nordatlantik mit einiger Sicherheit zum Erliegen. Experten nennen sie nicht umsonst ‚thermohalin': Die große Umwälzpumpe läuft überhaupt nur, weil es Unterschiede in der Temperatur und im Salzgehalt des Meerwassers zwischen den Tropen und höheren Breiten gibt. Große Süßwassereinträge würden diese feine Balance durcheinander bringen.
Die grönländische Gletscherschmelze wäre solch ein Extremfall. Und sie ist auch nicht ausgeschlossen. Dazu müsste die Klimaerwärmung vor Ort das Thermometer nach heutiger Kenntnis um drei Grad Celsius steigen lassen, verglichen mit der vorindustriellen Zeit. Niemand weiß im Moment, wann diese kritische Temperaturschwelle erreicht werden könnte. Aber die Klimaforscher glauben, dass es bei ihrem Überschreiten kein Halten mehr für Grönlands Gletscher gäbe: Sie würden unaufhaltsam abtauen."

Volker Mrasek: GOLFSTROM-SIMULATION: Eiszeit in USA und Europa abgesagt. In: SPIEGEL ONLINE – 30. Juni 2005, 13:30
http://www.spiegel.de/wissenschaft/erde/0,1518,362979,00.html

1 *Stellen Sie die Auswirkungen des Golfstroms auf Mittel- und Nordeuropa dar.*
2 *Erörtern Sie mögliche klimatische Veränderungen, die sich aus der Ausschwächung des Golfsstroms für Mittel- und Nordeuropa ergäben.*
3 *Nennen Sie mögliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Konsequenzen eines Ausbleibens des Golfstroms für Mitteleuropa.*
4 *Erklären Sie, weshalb die Wissenschaftler ein Ausbleiben des Golfsstroms für unwahrscheinlich halten, aber nicht völlig ausschließen.*

Fernwärme für Nord- und Westeuropa



M 3.25 *Oberflächentemperatur im westlichen Nordatlantik am 06.09.2003*

© NOAA GOES SST 2003 Sep 6 Gulf Stream Image

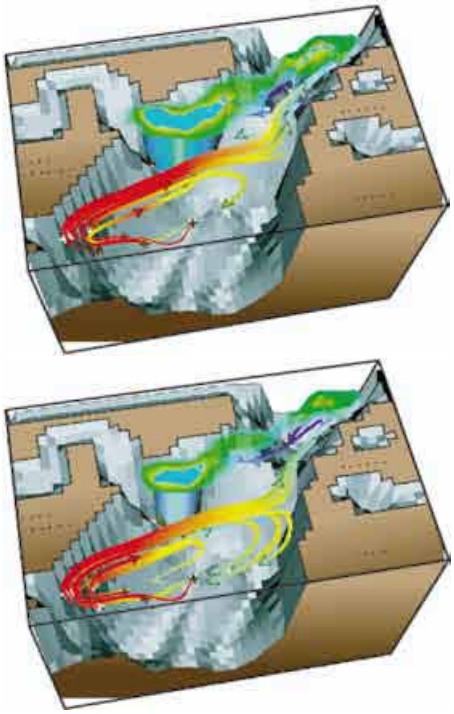
Palmen in Irland, Kornfelder in Südskandinavien und der Hafen von Murmansk eisfrei! Wie sind solch für die Breitenlage erstaunliche Erscheinungen möglich? Nach der eingestrahlten Sonnenenergie müsste das westliche und nördliche Europa eigentlich ähnliche Klimaverhältnisse aufweisen, wie sie auf der gegenüberliegenden Seite des Atlantiks in den Eis- und Tundrengebieten Labradors oder Südgrönlands anzutreffen sind.

Welche Faktoren das außergewöhnlich milde und ausgeglichene Klima im Norden Europas verursachen, bringen Satellitenaufnahmen im Infrarotbereich an den Tag (M 3.25). Meeresströmungen sind in der Lage das Klima des küstennahen Festlands nachhaltig zu beeinflussen, denn Wasser kann Wärme und Kälte über große Entfernungen und Zeiträume hinweg speichern. Die Oberflächenströmungen des Golfstromsystems lenken das tropisch warme Wasser aus dem Golf von Mexiko in Richtung Europa und führen hier zu einem Temperaturgewinn von bis zu 10 °C (Lofoten). Ohne die herangeführte Wärme wären in Nordeuropa die Winter länger und kälter.

Welche Kraft treibt den Golfstrom an?

Die stetig wehenden Passatwinde treiben große Mengen warmen Wassers aus dem offenen Atlantik nach Westen. Diese tropischen Wassermassen werden an der Küste Südamerikas in den nördlichen Atlantik gelenkt. Mit einer mächtigen Strömung wird das warme Wasser zwischen der Halbinsel Yucatán und Kuba in den Golf von Mexiko gepresst, weiter erhitzt und über die Floridastraße in den Atlantik gedrückt. Nördlich der Inselgruppe der Bahamas vereinigen sich Floridastrom und Antillenstrom zum Golfstrom. Bei Kap Hatteras ist der Golfstrom auf die dreifache Wassermenge angeschwollen und reicht nun bis in eine Tiefe von 1500 m. Beim Zusammentreffen mit dem kalten Labradorstrom löst sich der Golfstrom von der Küste, wird als gebündelter Strahlstrom in den offenen Atlantik gelenkt und mit der Westwinddrift nach Europa getrieben.

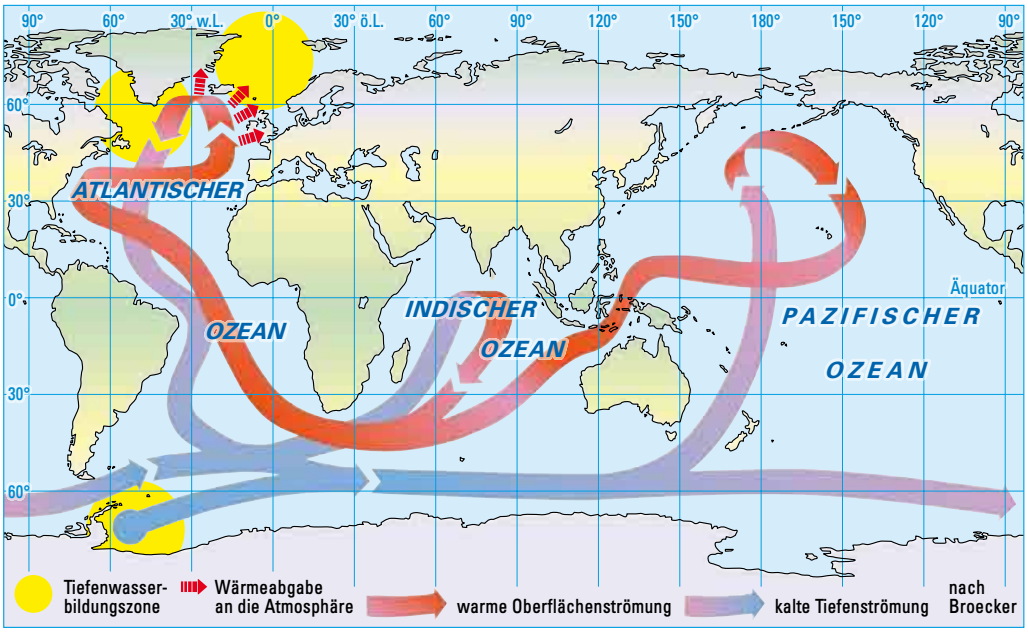
In Mäandern fließen die Warmwasser in Richtung Europa und beginnen sich zu verzweigen. Einer der Äste, der Nordatlantische Strom, reicht bis vor die norwegische Küste und lässt sich schließlich bis



M 3.26 *oben: Golfstromzirkulation heute mit Absinkzonen (hellblau)*
unten: ihre mögliche Schwächung durch den anthropogenen Treibhauseffekt

Nach W. J. Schmitz: On the Interbasin-scale Thermohaline Circulation. In: Review of Geophysics, 33, 2 1995, S. 166, ergänzt, und MPI/DKRZ (Max-Planck-Institut für Meteorologie/Deutsches Klimarechenzentrum); aus U. Cubasch/D. Kasang: Anthropogener Klimawandel. Gotha: Perthes 2000, S. 76

Quelle: 978-3-623-29450-6 FUNDAMENTE Kursthemen Europa, Schülerbuch, Oberstufe, S. 52/53



M 3.27 *Globale thermohaline Zirkulation (marines Förderband)*

nach Spitzbergen verfolgen. Die vom Golfstromsystem nach Europa transportierte Wärme wird auf die unvorstellbare Größe von 300 Mio. kWh (1 080 000 GJ) pro Sekunde geschätzt.
Mindestens ebenso wichtig wie die Luftmassenbewegungen sind für den Antrieb der Strömung die Dichteunterschiede im Meerwasser. Salzhaltiges kaltes Wasser hat ein höheres spezifisches Gewicht und sinkt im nördlichen Atlantik zwischen Island und der Südspitze Grönlands in tiefe Ozeanschichten ab. Damit muss wärmeres, oft weniger salzhaltiges Wasser nachströmen. Da bei dieser Tiefenströmung sowohl die Temperatur als auch der Salzgehalt eine Rolle spielen, spricht man von der so genannten thermohalinen Zirkulation.

3.26 *Die Karte M 3.27 zeigt, dass die Strömung im Atlantik Teil eines weltumspannenden Zirkulationssystems ist. Erläutern Sie die Besonderheit der Wärmeströmung im Atlantischen Ozean sowie die Bedeutung der Tiefenwasserbildung.*
3.27 *Kann der Golfstrom zum Stillstand kommen und eine neue Eiszeit hervorrufen? Verschaffen Sie sich einen Überblick über den aktuellen Stand der Diskussion zu dieser Fragestellung im Internet.*
3.28 *Diskutieren Sie Maßnahmen, welche die globale Erwärmung bremsen könnten.*

M 3.28 *Kann die globale Erwärmung die ozeanische Wärmepumpe schwächen?*

„[Die Universität Bern verfügt] über Klimamodelle, mit denen die künftige Klimaerwärmung berechnet werden kann … In einem moderaten CO_2-Emissionsszenario wird eine Erwärmung von 2,5 °C bis … 2100 prognostiziert … Die globale Erwärmung beeinflusst auch die thermohaline Zirkulation des Atlantiks. Durch die Erwärmung der Oberfläche des Ozeans erfolgt eine Reduktion der Dichte des Wassers. Dazu kommt, dass in einem wärmeren Klima der Wasserkreislauf tendenziell verstärkt wird und somit mehr Niederschlag in Bereichen des Nordatlantiks fällt. Dies verringert ebenfalls die Dichte und verstärkt den temperaturbedingten Effekt. Somit wird es zunehmend schwieriger, Tiefenwasser in den hohen geographischen Breiten zu bilden. Simulationen zeigen, dass im Jahr 2100 mit einer Reduktion der Zirkulation von 15 bis 85 % gerechnet werden muss… Es ist zu beachten, dass die Unsicherheit sehr groß ist... [Allerdings kann die globale Erwärmung] längerfristig sogar zu einem vollständigen Abstellen der thermohalinen Zirkulation führen, ...“

Thomas Stocker: Das Meer und das Klima. In: Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 92, 2003, S. 35–45, auf http://www.climate.unibe.ch/~stocker/papers/stocker03fng.pdf