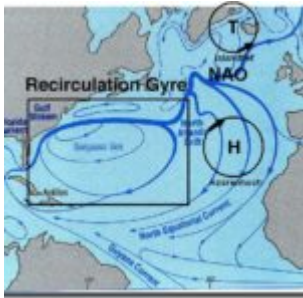


Das Golfstromsystem. Rahmstorf vs. Krüger. Und er versiegt doch!



Im Jahr 1999 hat der deutsche Klima-Forscher am PIK, Stefan Rahmstorf, den mit einer Million Dollar dotierten "Jahrhundertpreis" der amerikanischen James-S-McDonnell-Stiftung für seine Arbeit zur Berechnung des Klimawandels durch die Veränderungen des Golfstroms erhalten. Rahmstorf hatte postuliert, dass schon eine recht kleine Erwärmung der globalen Temperaturen zwangsläufig zu einem geänderten Fluss oder gar zum Umkippen der "Klimamaschine Golfstrom" führt.

Stefan Rahmstorf, Süddeutsche Zeitung, 3./4. Juli 1999

Stefan Rahmstorf, 52. Deutscher Geographentag Hamburg 1999 (Lokal verankert – weltweit vernetzt. Seite 70):

"Wahrscheinlich wird sich die Atlantikströmung in den kommenden Jahrzehnten spürbar abschwächen – darin stimmen die Simulationen der verschiedenen Institute weitestgehend überein."

In seinem aktuellen Artikel schreibt Herr Rahmstorf:

„In einem weiteren Experiment zeigten Böning et al., dass eine kumulierte Süßwassermenge von **~20.000 Kubikkilometern (an Grönlandeis)** in ihrem Modell innerhalb weniger Jahre zu einem **Abbruch der Tiefenkonvektion und einer Abschwächung der AMOC um 5 Sv** führt.“

„Ist die Kälteblase vom Menschen verursacht?“

Eine wichtige Frage ist natürlich, inwieweit die Veränderungen im subpolaren Atlantik vom Menschen verursacht wurden oder Teil natürlicher Schwankungen sind. Nach meiner Überzeugung ist das eine Frage der betrachteten Zeitskala: die Schwankungen von Jahr zu Jahr sind offensichtlich vom Wettergeschehen dominiert, und auch dekadische Variationen – etwa die Erwärmung (wahrscheinlich: Zunahme der Strömung) von 1990 bis Mitte der 2000er und die dann folgende Abkühlung (Abschwächung der Strömung) – dürften überwiegend natürliche Schwankungen sein. **Den von Dima und Lohmann**

festgestellten Langzeittrend seit 1930 dagegen halte ich für überwiegend anthropogen.,,

„Droht ein komplettes Abreißen der Strömung?

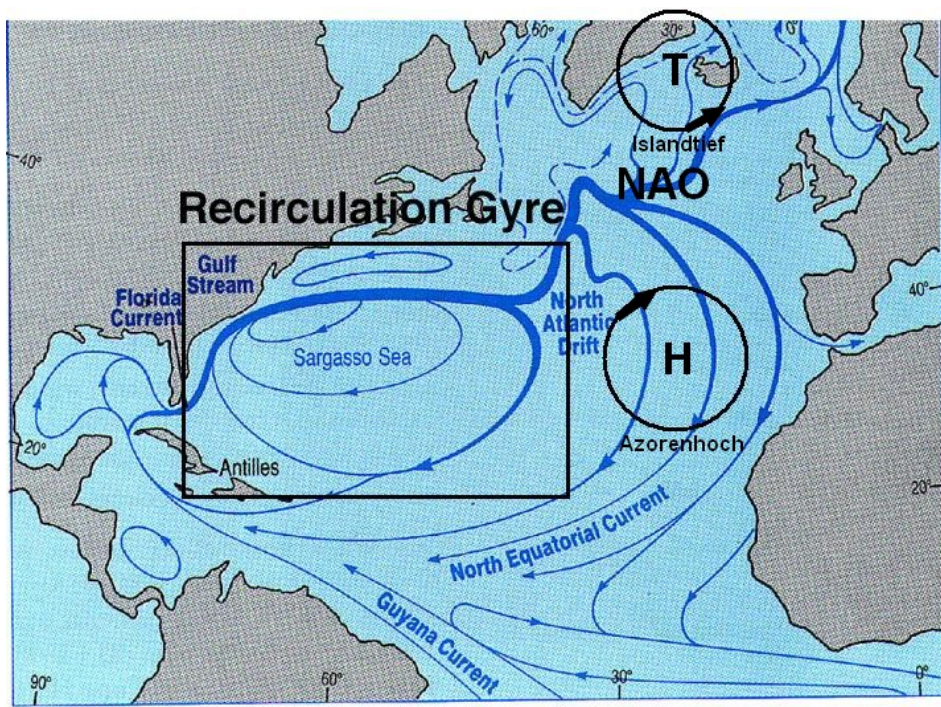
Dieses Risiko wird seit den 1980ern diskutiert, ursprünglich aufgrund von Paläodaten über abrupte Strömungsänderungen in der Erdgeschichte. Gut verstanden ist inzwischen, dass es einen kritischen Kipppunkt im System gibt. Wie weit wir davon entfernt sind, weiß man allerdings nicht. Frühere Modellvergleiche legen nahe, dass ein Süßwasserzustrom in der Größenordnung von ab 0,1 Sv (das entspricht rund 3.000 Kubikkilometern pro Jahr) kritisch werden könnte.,,

Ich dachte mir, dass kann man nicht so stehen lassen. Daraufhin ist diese interessante Diskussion zwischen Herrn Prof. Rahmstorf und mir entstanden.

Michael Krüger

13. Oktober 2016 @ 12:30

Herr Rahmstorf, wann genau in der Erdgeschichte gab es schon mal ein Abreißen des Nordatlantikstroms und Golfstroms durch einen schnellen CO₂-Anstieg und damit verbundenen Temperaturanstieg? Ich kann mich nicht erinnern. Zudem ist der Golfstrom, wie Sie als Ozeanograph wissen sollten, windgetrieben.



Das warme Oberflächenwasser wird von Golf von Mexiko in den Nordatlantik transportiert. Ein Teil rezirkuliert vor Afrika nach Süden, der andere Teil kühlt sich im Nordatlantik und Nordpolarmeer ab, wird dadurch dichter und schwerer und sinkt ab und rezirkuliert dann in der Tiefe nach Süden. Das Wasser bleibt also nicht stehen.

MfG

Michael Krüger

Antwort

Stefan Rahmstorf

14. Oktober 2016 @ 18:33

Es ist doch immer wieder erfrischend, wenn Laien einen so forsch belehren („wie Sie als Ozeanograph wissen sollten“)! (Dass ich's schon weiß, hätten Sie aber daran erkennen können, dass ich es selbst oben im Artikel geschrieben habe...)

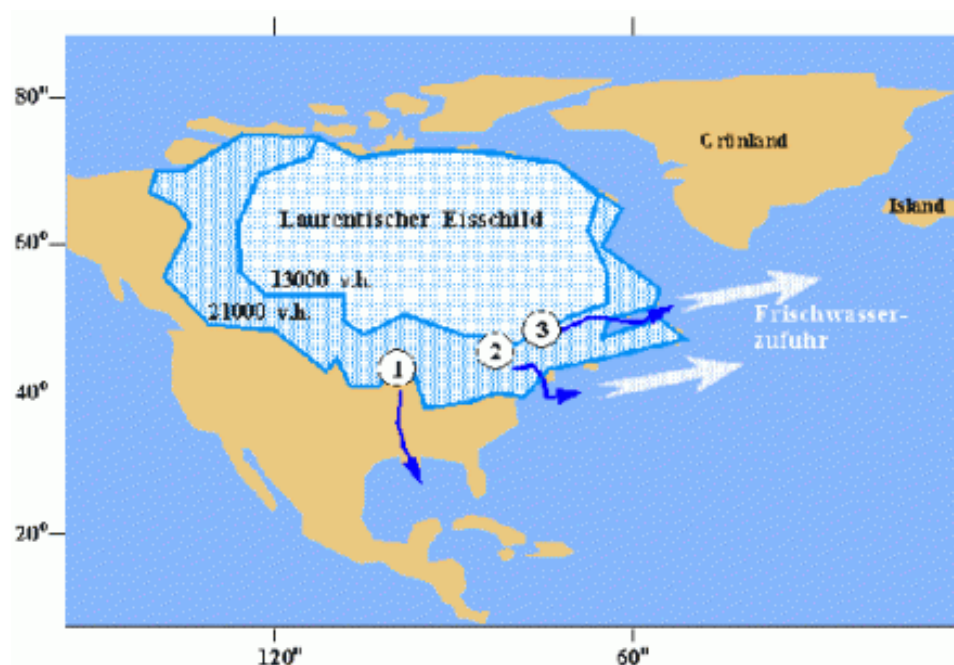
Aber zu Ihrer Frage: der letzte Zusammenbruch der atlantischen Umwälzzirkulation fand bei der letzten vergleichbar starken Erwärmung wie in diesem Jahrhundert erwartet statt, nämlich beim Übergang von der letzten Eiszeit ins Holozän. (Jetzt sagen Sie bestimmt: diese Erwärmung war aber nicht CO₂-getrieben. Stimmt, Antrieb waren die Erdbahnzyklen, der gleichzeitige CO₂-Anstieg war nur eine verstärkende Rückkopplung. Aber der Ozeanzirkulation ist die Ursache der Erwärmung egal, es ist der Temperaturanstieg und der damit verbundene Schmelzwassereinstrom der die Strömung in die Knie zwingt.

Antwort

Michael Krüger

15. Oktober 2016 @ 10:46

Herr Rahmstorf, stellen Sie sich vor, ich habe ein Diplom im Ozeanographie. Das Jüngere Dryas-Ereignis, auf das Sie anspielen, fand am Ende der letzten Eiszeit statt.



Als Grund für das Aufhören der Tiefenkonvektion (Tiefenumwälzung) wird eine plötzliche und gewaltige Schmelzwasserzufuhr vom Laurentischen Eisschild über die Labradorsee in das Absinkgebiet der thermohalinen Zirkulation angenommen. Gigantische Massen an süßen Schmelzwasser ergossen sich dabei in den Nordatlantik. Heute gibt es keinen Eisschild über Nordamerika, der

abschmelzen könnte.

Nun, es gab also bisher kein Ereignis in der Erdgeschichte bei dem Infolge eines CO₂-Anstieges das Golfstromsystem, oder ein ähnliches System zum Erliegen gebracht wurde.

MfG

Michael Krüger

Antwort

Stefan Rahmstorf

18. Oktober 2016 @ 13:32

Wie gesagt gab es auch noch nie einen so raschen und starken CO₂-Anstieg, wie wir ihn durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe verursachen – pro Jahr verbrennen wir soviel, wie sich in rund einer Million Jahr gebildet hat. Wir kennen in der Erdgeschichte auch keine so rasche globale Erwärmung wie die, die wir derzeit verursachen. Bei der Erwärmung aus der letzten Eiszeit stieg die globale Temperatur um ca. 5 °C innerhalb von 5.000 Jahren, das sind 0,1 °C pro Jahrhundert. Wir reden jetzt von 2, 3 oder 4 °C im 21. Jahrhundert, je nach Erfolg der Klimapolitik. Der Grönländische Eisschild ist zwar viel kleiner als der Laurentische Eisschild während der letzten Eiszeit gewesen ist – die mindestens zwanzig mal raschere Erwärmung als damals könnte aber dennoch solche Schmelzwasserströme freisetzen, dass dadurch (gemeinsam mit dem Effekt der Erwärmung selbst und den zunehmenden Niederschlägen) die thermohaline Zirkulation abreißen könnte. Dieses Risiko können wir nach heutigem Forschungsstand leider nicht ausschließen.

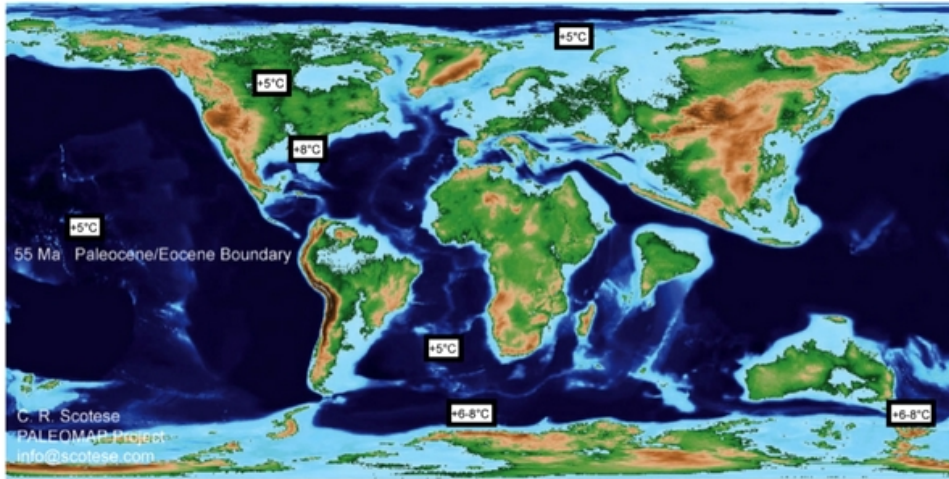
Antwort

Michael Krüger

18. Oktober 2016 @ 17:34

„Wir kennen in der Erdgeschichte auch keine so rasche globale Erwärmung wie die, die wir derzeit verursachen.“

Herr Rahmstorf, dann nenn ich mal das PETM. Einen schnellen CO₂-Anstieg gab es z.B. auch vor ungefähr 50 bis 55 Millionen Jahren im Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum (PETM). Bis zu 4500 Gigatonnen Kohlenstoff wurden dort in relativ kurzer Zeit freigesetzt gemäß James Zachos der Bohrkerne vom Bohrschiff "Joides Resolution" nahe Namibia ausgewertet hat. Eine andere Studie kommt auf 3000 Gigatonnen Kohlenstoff in 13 Jahren für diese Zeit (PETM) und 5°C Temperaturanstieg. Schaller et. al Paper.

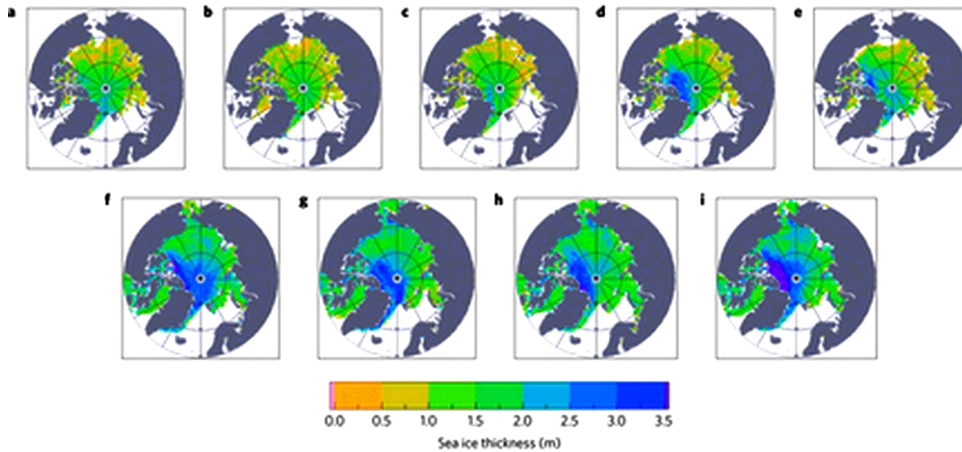


Was war passiert? Das meiste CO₂ ist nicht in den fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl und Erdgas gebunden, sondern im Karbonatgestein (durch Verwitterung). Durch das auseinanderbrechen des Kontinents Laurasiens (Nordamerika und Europa/Asien) vor ca. 55 Millionen Jahren, wodurch sich der Nord-Atlantik gebildet hat (die Landbrücke zwischen Nordamerika und Nord-Europa verschwand), wurden wahrscheinlich gigantische Mengen an CO₂ aus der Erdkruste aus Karbonatgesteinen freigesetzt und Methan aus Gashydraten. 3.000 Gigatonnen Kohlenstoff in 13 Jahren. Das führte zu einem globalen Temperaturanstieg um 5°C.

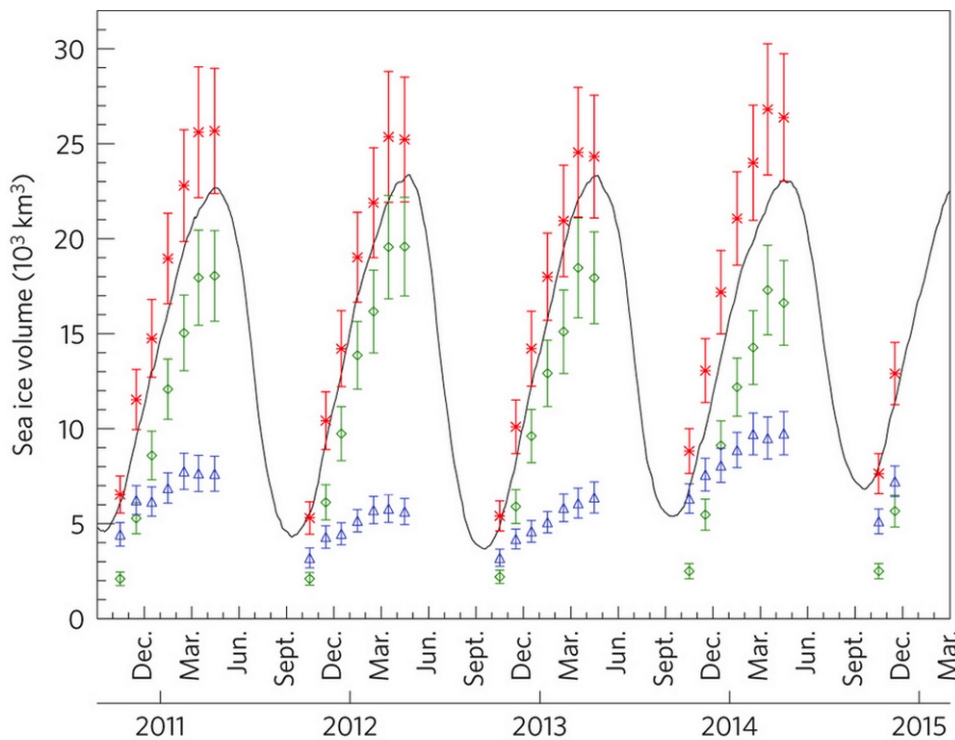
Zum Vergleich: Durch die Verfeuerung fossiler Energieträger seit Beginn der industriellen Revolution sind erst 500 Gigatonnen (Milliarden Tonnen) Kohlenstoff zusätzlich in die Atmosphäre eingebracht worden. Also Peanuts.

Die Kontinente lagen vor 50 Mio. Jahren nicht weit weg von ihrer heutigen Position. Den Golf von Mexiko gab es damals auch schon, der Nordatlantik war gerade entstanden und vermutlich auch ein Proto-Golfstromsystem. Dieses ist während des PETMs nicht versiegt, z.B. durch mehr Niederschläge, denn große Eismassen gab es damals ja nicht. Es schloss sich keine Eiszeit an, sondern das Eozän-Klimaoptimum.

Heute schwankt das Meereisvolumen in der Arktis um bis zu 20.000 km³ pro Jahr. Im Frühjahr und Sommer schmelzen in der Arktis bis zu 20.000 km³ Meereis, also Süßwasser. Selbst das bringt das Golfstromsystem nicht zum Erliegen.



CryoSat-2 Meereisdicke
2010-2014 a-e Herbst (Oktober-November)
2011-2014 f-i Frühling (März-April)



CryoSat-2 Meereisvolumen 2010-2014
rote Sterne: Gesamtvolumen
grüne Diamanten: Volumen 1jähriges Eis
blaue Triangeln: Volumen mehrjähriges Eis

Herr Rahmstorf, für Ihre Theorie zum Versiegen des Golfstromsystems infolge von CO₂, Temperaturerhöhung und Schmelzwassereintrag/ mehr Niederschläge, gibt es nicht einen Präzedenzfall in der Erdgeschichte. Reine Erfindung. Das Schlimme ist, wie ich finde, dass diese Erfindung unbedarfte Klimaschützer glauben und auch einige unbedarfte Fachkollegen.

MfG

Michael Krüger

Antwort

Stefan Rahmstorf

19. Oktober 2016 @ 18:39

Lieber Herr Krüger, in der Tat wird das PETM seit etlichen Jahren in der Fachliteratur diskutiert als das praktisch einzige Paradebeispiel einer raschen Kohlenstofffreisetzung in ähnlicher Größe wie die Menschheit sie derzeit betreibt – in unserem Buch Der Klimawandel von 2006 ist das PETM auf den Seiten 18-20 behandelt. Die These von Wright und Schaller (2013), auf die Sie sich beziehen, dass der Kohlenstoff innert 13 Jahren freigesetzt worden sein soll, ist aber (gelinde gesagt) höchst umstritten und wird von kaum einem Experten geteilt. Das Paper hat sofort drei Kommentare in PNAS nach sich gezogen – was sehr ungewöhnlich ist, einer davon mit dem Titel „Onset of carbon isotope excursion at the Paleocene-Eocene thermal maximum took millennia, not 13 years“. Dass die Freisetzung Jahrtausende dauerte ist der tatsächliche weitgehende Konsens in der Paläocommunity, die 13 Jahre sind eine extreme Außenseiterthese. Wenn Sie das Paper von Wright und Schaller lesen werden Sie feststellen, dass die Autoren als „Uhr“ in der von ihnen betrachteten Sedimentschicht eine rythmische Variation benutzen, von der sie lediglich vermuten, dass es sich um Jahresschichten handelt – sie diskutieren u.a. auch die Möglichkeit, es könnte sich um Orbitalzyklen mit einer Periode von 20.000 Jahren statt um einzelne Jahre handeln. Man weiß es nicht. Es ist sicher eine sensationelle und provokante These, die noch weiter diskutiert werden wird – gesichertes Wissen ist das definitiv nicht. Und wie soll durch einen extrem langsamen plattentektonischen Prozess (Bildung des Nordatlantiks) innert 13 Jahren soviel Kohlenstoff freigesetzt worden sein? Der von Ihnen genannte Mechanismus passt nicht zu dieser Zeitskala. Meine Kritik an „Klimaskeptiker“-Autoren wie Ihnen ist die selektive Wahrnehmung: was Ihnen ins Konzept passt, wird wie ein definitives Faktum präsentiert, egal wie wenig wissenschaftlich gesichert es ist; anderes lehnen sie einfach rundheraus ab, obwohl es von der breiten Fachcommunity allgemein akzeptiert wird, weil die Belege dafür solide und vielfältig sind.

Und woher wissen Sie denn, dass infolge der Erwärmung im PETM die Atlantikströmung nicht abgerissen ist? In der Fachliteratur wird just ein solches Abreißen der Strömung als Erklärung dafür diskutiert, dass es zu Sauerstoffmangel (Anoxia) in der Tiefsee und zu einem Massenaussterben mariner Arten im PETM gekommen ist. (Das erfahren Sie schon im Wikipedia-Artikel zum PETM.)

Die Gefahr eines Versiegens des Golfstromsystems infolge der globalen Erwärmung ist übrigens nicht meine Erfindung sondern wurde schon in der Fachwelt diskutiert, als ich noch Physikstudent war, siehe etwa Wally Broecker, Unpleasant Surprises in the Greenhouse, Nature 1987. Der IPCC hat das Risiko mit bis zu 10% eingestuft (was ich ähnlich sehe). Dass Sie dieses Risiko als „Erfindung“ abtun und die Mehrzahl der Fachkollegen als „unbedarft“, das disqualifiziert Sie höchstens selbst.

Fazit

Wäre im PETM die Atlantikströmung abgerissen, wie Herr Rahmtorf schreibt, dann hätte sich dem PETM wohl kaum das Eozän-Klimaoptimum angeschlossen, dass ca. 10 Millionen Jahre andauerte. Während des Eozän-Optimums waren die Pole zum letzten Mal langfristig eisfrei. Arktis und Antarktis waren belebt und blühten auf. Der Großteil des freigesetzten Kohlenstoffes kam durch das Auseinanderbrechen des Kontinentes Laurasien aus Gashydraten und Vulkanismus.

Gigantische Mengen an CO₂ wurden in den Ozeanen gelöst, was einher ging mit einer „Versauerung“ der Meere. Gut zu sehen in den Sedimentschichten von Bohrkernen. Das PETM setzte, wie man im Übergang in den Sedimentkernen gut sehen kann, abrupt ein.



Herr Prof. Rahmstorf hat, wie er schreibt, als „Student“ u.a. den Nature-Artikel von Wally Broecker aus dem Jahr 1987 als Anleihe für das mögliche Versiegen des Golfstromsystems genommen. Das finde ich als Grundlage doch sehr selektiv und spekulativ. Gerade ein solches Verhalten wirft er aber den „Skeptikern“ vor.

Der IPCC hat das Risiko für das Versiegen des Golfstromsystems mit bis zu 10% eingestuft, was Herr Rahmstorf ähnlich sieht. Eine höchst spekulative Abschätzung, für die es keinen Präzedenzfall in der Erdgeschichte gibt. Die Abschätzung beruht alleine auf Szenarien von Computermodellen.

Auf meinen Einwand – „Im Frühjahr und Sommer schmelzen in der Arktis bis zu 20.000 km³ Meereis, also Süßwasser. Selbst das bringt das Golfstromsystem nicht zum Erliegen.“ – geht Herr Rahmstorf erst gar nicht ein. Denn schon das passt so gar nicht zu seinen vorgestellten Abschätzungen von schmelzenden Grönlandeis, die das Golfstromsystem zum Erliegen bringen sollen. Zudem nimmt mit der Abnahme des arktischen Meereises auch der dadurch bedingte Süßwassereintrag ins Nordpolarmeer und den Nordatlantik in jeden Sommer ab.

UPDATE 26-28.10.2016: Weiterer Diskussionsverlauf

@Rahmstorf

Lieber Herr Krüger, das Meereis, das im Frühjahr schmilzt, bildet sich doch im Herbst wieder. Das ergibt übers Jahr betrachtet keinen Netto-Süßwassereintrag.

Herr Rahmstorf, Schelfeis, Festlandeis und Schnee bilden sich auch in Grönland im Herbst und Winter wieder neu. Das ergibt dann auch nur Netto -200 km³ Eisverlust. Zudem zweifele ich an, dass der Ozean/ der Nordatlantik Netto-Süßwasser-Jahres-Bilanzen kennt. Schmelzwasser vom Laurentischen Eisschild ergoss sich auch zum Ende der letzten Eiszeit spontan in den Nordatlantik und das zeigte sofort Wirkung auf das Golfstromsystem.

Nur der Nettoverlust von Meereis im Zuge der globalen Erwärmung trägt zur nachhaltigen Abnahme des Salzgehaltes im Nordatlantik bei. Dieser beträgt von 1980-2016 insgesamt rund 10.000 km³. Das ist natürlich auch ein wichtiger Beitrag, der mit zur Abschwächung der Atlantikzirkulation beiträgt.

Herr Rahmstorf, im jeden Frühjahr und Sommer schmelzen aber rund 20.000 km³ Meereis/ Süßwasser pro Jahr ab, die sich ins Nordpolarmeer und in den Nordatlantik ergießen.

<http://www.science-skeptical.de/wp-content/uploads/2016/10/CryoSat-2-Meereisvolumen2-665x1024.jpg>

Die sollten dann eigentlich das Wasser im Nordatlantik soweit versüßen (die Dichte verringern), dass es dort nicht mehr absinken kann. Jedenfalls, wenn man an ein solches Versiegen des Golfstromsystems glaubt.

MfG

Michael Krüger

@Rahmstorf

Lieber Herr Krüger, wann schmilzt das Eis? Im Frühjahr/Sommer. Wann bildet sich neues Tiefenwasser? Nur im Winter, wenn die Dichte des Wassers am höchsten ist (und übrigens auch nicht unbedingt jeden Winter).

Im Sommer bildet sich eine flache, warme und relativ salzarme Wasserschicht an der Meeresoberfläche, die aufgrund ihrer geringen Dichte die Tiefenkonvektion verhindert.

Herr Rahmstorf, Tiefenwasser bildet sich, in der Grönland-, Island-, Nowegischen-See und Labrador-See wenn die Temperatur des Oberflächenwassers unter die des darunter befindlichen Wassers absinkt. Also unter ca. 5 bis -1°C. Und das ist im Frühjahr, Herbst und Winter der Fall, also auch während der Meereisschmelze.

50°N

Tiefenwasserbildung in der Arktis



40°N

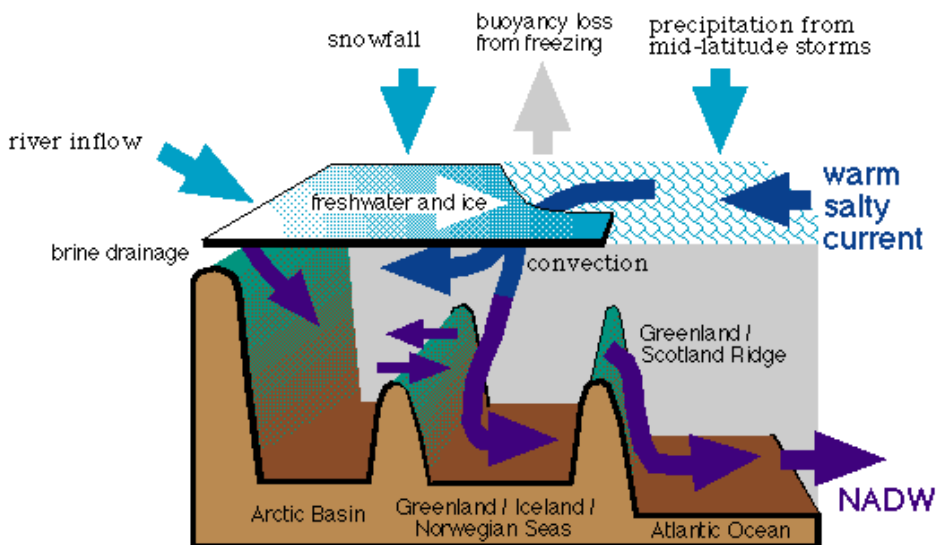
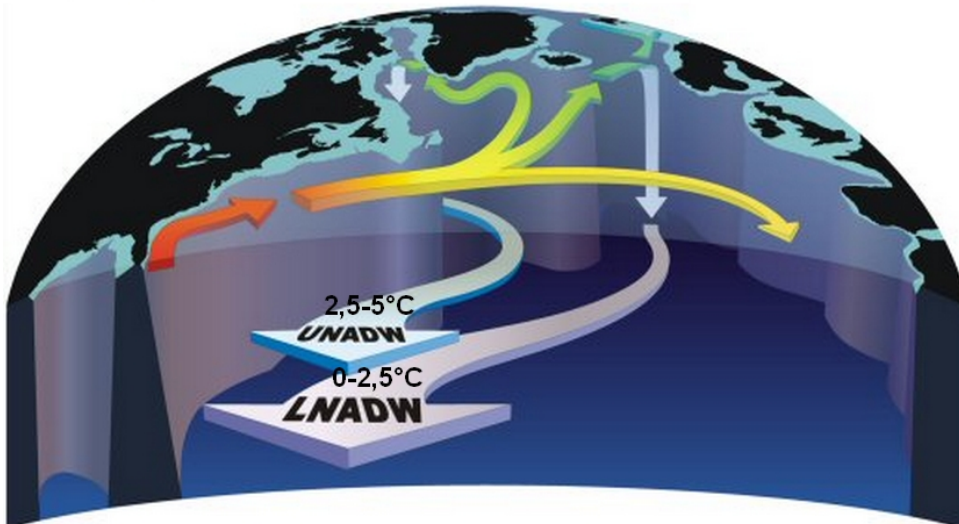
30°W

W 0° E

Arctic Bottom Water Overflow and the formation of North Atlantic Deep Water

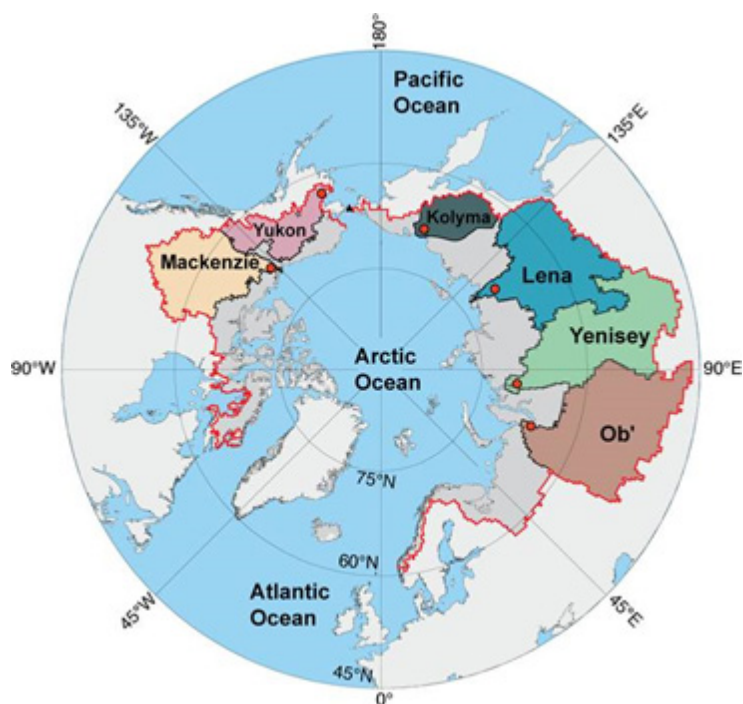


after B. A. Warren (1981)



Das offene Polarmeer durchmischt sich übrigens unter der Windeinwirkung bis ca. 100-200 Meter Tiefe. Die salzarme Oberflächenschicht, bei 30 Promille

anstatt 35, kommt vor allem durch Süßwasserzuflusssysteme der Flüsse Ob, Lena, Yenisey und Mackenzie, etc., aus weiten Teilen von Nordamerika und Asien. Auch das bringt das Golfstromsystem übrigens nicht zum Erliegen.



MfG

Michael Krüger

(Ergänzung: Grönlandeis welches das Golfstromsystem zum Erliegen bringen soll schmilzt übrigens im Sommerhalbjahr, genau wie Meereis, welches angeblich keinen direkten Einfluss auf das Golfstromsystem haben soll).

@Rahmstorf

Die einströmenden Mengen an Süßwasser, die seit jeher da waren, können das Golfstromsystem natürlich nicht in die Knie zwingen, denn damit befindet es sich ja seit jeher im Gleichgewicht.

Herr Rahmstorf, da gibt es einige Probleme mit Ihrer Theorie:

1. Grönlandeis schmilzt wie Meereis und Festlandeis, welches die Flüsse zuführen im Sommerhalbjahr. Hat demgemäß dann auch keine Auswirkung auf die Tiefenwasserbildung, die ja nur im Winter stattfinden soll?
2. Über die sommerliche Meereis schmelze werden 20.000 km³ Süßwasser zugeführt und über die Flüsse ähnlich große Mengen. Der Verlust an Grönlandeis liegt bei nur 200 km³ pro Jahr, also nicht mal 1% vom Meereis und den Flüssen. Diese nicht mal 1% sollen eine relevante Größe sein und 3.000 km³ sollen das System möglicherweise zum Kippen bringen? Zumal ändern sich die Süßwasserzuflüsse jährlich.
3. Das salzreiche Oberflächenwasser, welches der Golf- und Nordatlantikstrom

antransportieren kühlt sich im Norden ab und sinkt dann, in 100-200 m Tiefe, unter das salzärmere Polare Oberflächenwasser (als Atlantic water layer). Siehe z.B. Matthias Tomczak. Pflichtlektüre bei uns. Oder Aagaard and Carmack. Das geschieht nicht nur im Winter (Dez, Jan, Feb), sondern auch bei kalten Temperaturen im Frühjahr und Herbst. Der Tiefenwasserbildung kommt nicht 9 Monate im Jahr zum Erliegen.

4. Das Ganze funktioniert schon das ganze Holozän (unserer heutigen Warmzeit) über, also seit ca. 10.000. Und vor allem im frühen Holozän, vor ca. 7.000-6.000 Jahren, hatten wir höhere Temperaturen und andere Süßwasserzuflüsse als heute. Auch in der Arktis. Von Gleichgewicht kann im Anbetracht der klimatischen Schwankungen alleine im Holozän auch nicht die Rede sein.

MfG

Michael Krüger

UPDATE 26.10.2016: Vom Treibhaus zum Eishaus. Das PETM & Azolla-Ereignis und die Entstehung des Proto-Golfstromsystems im Überblick

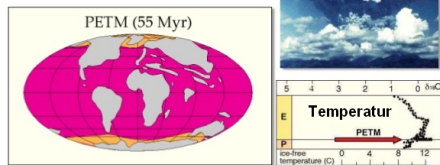
Vom Treibhaus zum Eishaus

because the PETM was triggered by greenhouse gases associated with extensive Greenland plume volcanism



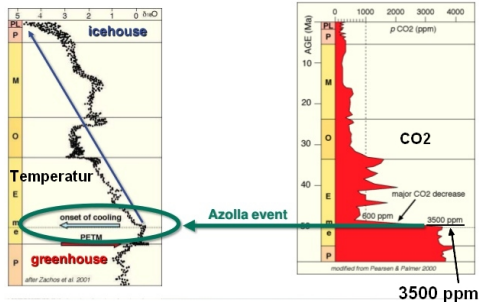
Entstehung des Nordatlantiks vor ca. 55 Mio. Jahren
PETM: Temperatursprung durch Vulkanismus und Gashydrate
the base middle Eocene Arctic Azolla event was the initial trigger

with greenhouse levels being amplified by methane expulsion from submarine gas hydrates (methane clathrates)

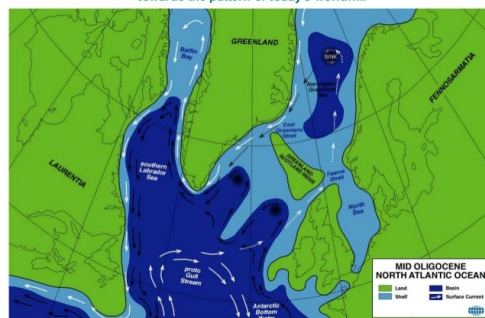


initiating the proto Gulf Stream and shifting circulation towards the pattern of today's world.....

for the greenhouse to icehouse shift



3500 ppm



Entstehung des Proto-Golfstromsystems vor ca. 30 Mio. Jahren

Der Beitrag erschien bereits am 20-Oktober bei Science Sceptical [hier](#)