

Der grönländische Eisschild im Klimawandel



Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Greenland_42.74746W_71.57394N.jpg

Kim Buchholz, Nicole Wostmann
Gesamtschule Walddörfer

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Basisinformationen.....	3
2.1	Allgemeine Informationen über Grönland	3
2.2	Aufbau eines Gletschers	3
3	Derzeitige beobachtete Phänomene	5
3.1	Abschmelzfläche.....	5
3.2	Anzahl der Schmelztage	6
3.3	Fließgeschwindigkeit des Gletschereises	7
3.4	Schmelzwassertümpel auf dem Grönländischen Eisschild	8
4	Klimafaktoren	9
4.1	Durchschnittliche Temperaturen	9
4.2	Durchschnittliche Niederschläge	10
4.3	Ozeantemperaturen.....	12
5	Prognosen und Fazit	12
8	Quellenverzeichnis	14

1 Einleitung

Seit mehreren Jahren ist sichtbar, dass eine Veränderung des Klimas stattfindet. Forscher fanden heraus, dass dies große Auswirkungen auf den Grönländischen Inlandsgletscher und somit auch auf den Rest der Welt haben wird. Im Zusammenhang mit einem möglichen Abschmelzen des Grönländischen Inlandsgletschers werden immer wieder Katastrophenszenarien heraufbeschworen. Dabei wird insbesondere auf die Gefahr eines starken Anstiegs des Meeresspiegels verwiesen. In unserer Arbeit bringen wir die klimatischen Faktoren, die den Grönländischen Inlandsgletscher beeinflussen können, mit den derzeitigen beobachteten Phänomenen und Entwicklungen Grönlands in Zusammenhang.

Unsere Leitfrage ist: Welchen Einfluss hat der Klimawandel auf den grönländischen Gletscher?

2 Basisinformationen

2.1 Allgemeine Informationen über Grönland

Grönland ist die größte Insel der Erde und gehört politisch zu Dänemark und geologisch zum arktischen Nordamerika. Die Hauptstadt ist Nuuk. Grönland hat eine Gesamtfläche von 2,1 Mio. km².¹ Davon sind ca. 1,74 Mio. km² (81%)² von Eis bedeckt und ca. 410.000 km² (19%)³ eisfrei. Das Eisvolumen beträgt ca. 3 Mio. km³. Somit hat Grönland das zweitgrößte Eisvorkommen der Erde, wobei das grönländische Eis nur 10% vom antarktischen Eis entspricht.⁴ Die grönländische Eismasse enthält ca. 7% des gesamten Süßwasservorrats der Erde.⁵

2.2 Aufbau eines Gletschers

Gegenwärtig gibt es auf der Erde nur zwei Eisschilde oder Inlandsgletscher, zu denen neben dem Grönländischen Eisschild noch der Antarktische Eisschild gehört. Im Gegensatz zu den Talgletschern begraben die Inlandsgletscher das unter ihnen befindliche Relief fast vollständig. Der Grönländische Eisschild ist rund 3000 Meter hoch. Aufgrund seiner Höhe werden die Eismassen bei

¹ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%B6nland>

² Vgl. Lozán, José L. (2006): Warnsignal aus den Polarregionen, 1. Auflage, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, S. 94-95.

³ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%B6nland>

⁴ Vgl. Lozán, José L. (2006): Warnsignal aus den Polarregionen, 1. Auflage, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, S. 94-95.

⁵ Vgl. <http://www.g-o.de/galerie-247-9.html>

ihrer Bewegung nur unwesentlich von dem unter ihnen liegenden Relief beeinflusst.

Mit einer Fläche von rund 1,7 Millionen km² deckt der Grönländische Eisschild rund 82% der gesamten Landfläche Grönlands⁶. Das Volumen des Grönländischen Eisschildes beträgt derzeit etwa 2,85 Millionen km³. Würde dieses Eisvolumen vollständig abtauen, so müsste man mit einem Meeresspiegelanstieg von rund 7,2 Metern rechnen.

Gletscher bestehen aus einem Akkumulationsgebiet (Nährgebiet) und einem Ablationsgebiet

(Zehrgebiet). Dieses gilt auch für die Inlandgletscher. Das Akkumulationsgebiet liegt in höheren Lagen, in denen mehr Schnee fällt als abtaut. Hier trifft der Schnee auf den Gletscher. Je mehr Schnee fällt, desto mehr Druck entsteht, der Schnee verdichtet sich und wandelt sich in Eis um.

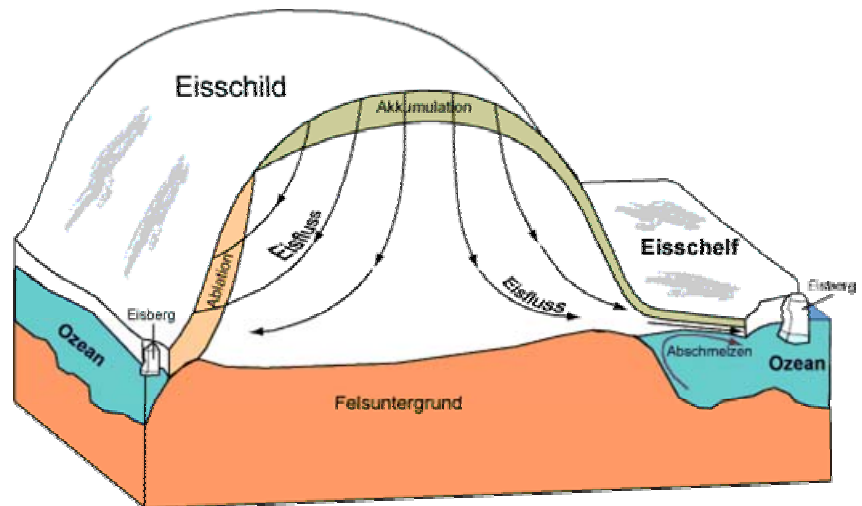


Abb. 1 Prozesse auf einem Eisschild ⁷

Durch gravitative Kräfte kommt es zu einem Abgleiten der sich in den höheren Lagen stetig ansammelnden Eismassen in Richtung der Ränder. Diese Fließbewegungen werden im hohen Maße durch Wasser im und vor allem unter dem Gletscher verstärkt. Gelangen die Eismassen in tiefere Bereiche des Gletschers, so kommen sie auch in Bereiche wärmerer Luftmassen. Hier kann es in den Sommermonaten zur Bildung von Gletscherseen auf dem Gletscher kommen. Das Wasser aus den Gletscherseen fließt in die Gletscherspalten und frisst sich regelrecht bis zum Gesteinsuntergrund durch. Unter dem Gletscher fließt das Wasser in Richtung Meer und bildet dadurch eine Art „Schmierfilm“. Auch durch die Regeneration und die Erdwärme verflüssigt sich das Eis. Durch das Schmelzwasser beginnt der Gletscher in den Randbereichen verstärkt zu gleiten. Daher bewegt sich das Eis in den Randbereichen generell schneller, was unter anderem zu einer zunehmenden Ausdünnung der Eisdecke führt.

⁶ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Eisschild>

⁷ Quelle : <http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Eisschilde>

3 Derzeitige beobachtete Phänomene

In den letzten Jahrzehnten wurden die Forschungen zur Untersuchung der Veränderungen des Grönländischen Eisschildes zunehmend intensiviert. Neben direkten Beobachtungen vor Ort sind in den letzten beiden Jahrzehnten stetig mehr Daten aus Satellitenbeobachtungen hinzugekommen, die eine deutlich präzisere Erfassung von Veränderungen des Eisschildes ermöglichen.

3.1 Abschmelzfläche

Seit 1988 begannen Forscher die Eisentwicklung in Grönland zu beobachten⁹. Zu diesem Zeitpunkt waren Schneefall und Eisverlust noch annähernd im Gleichgewicht, doch innerhalb des letzten Jahrzehnts hat sich diese verschoben. In den letzten 10 Jahren hat sich der Eismassenverlust fast verdreifacht¹⁰. So betrug die Abschmelzrate zwischen 1997 und 2003 rund 80 km³ pro Jahr. Sie erhöhte sich zwischen 2003 und 2005 auf etwa 240 km³ pro Jahr.

2007 verlor Grönland eine Eismasse von ca. 270 Milliarden Tonnen. Mengengmäßig entspricht dieses etwa einem Fünfzehntausendstel der gesamten Eismasse Grönlands. Diese Eisverluste ergeben sich einerseits aus einem direkten Abschmelzen von Gletschereis und andererseits aus dem Abbrechen von Gletschereis an den Eiszungen.

Abschmelzprozesse lassen sich in allen Randbereichen des Grönländischen Eisschildes beobachten. Dieses entspricht den Vorstellungen, dass das Abschmelzen eines Inlandsgletschers an seinen flacheren Randbereichen beginnt. Allerdings kann man in Grönland beobachten, dass die Abschmelzfläche sich auch in Höhen von bis zu über 2000 Meter erstreckt. Solche hochgelegenen Abschmelzflächen findet man insbesondere im Südwesten, in einem geringen Umfang aber auch im Nordosten Grönlands.

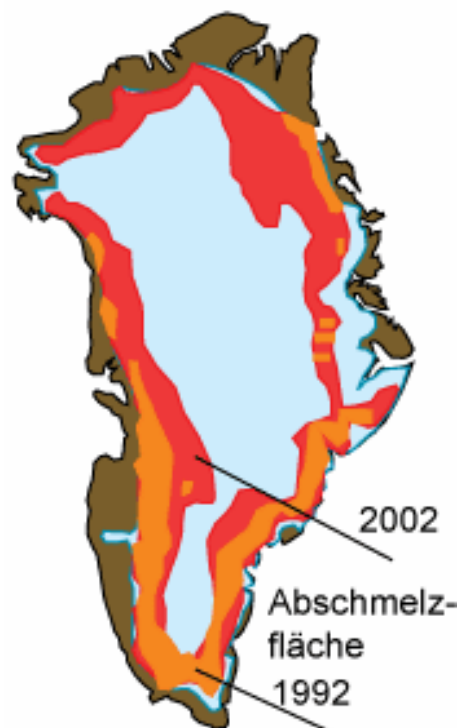


Abb. 2 Schmelzbereiche des grönländischen Eisschildes im Jahre 2002⁸

⁸ Quelle : <http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimafolgen/eis/groenland.html>

⁹ Vgl. <http://www.g-o.de/galerie-247-9.html>

¹⁰ Vgl. <http://proclim4f.scnat.ch/ressources/33697.pdf>

Die Zunahme der Abschmelzfläche wird generell als Folge der zunehmenden Erwärmung der arktischen Gebiete im Sommer gesehen. Eine weiter steigende Temperaturerhöhung dürfte daher zu einer Ausweitung der Abschmelzfläche führen.

3.2 Anzahl der Schmelztage

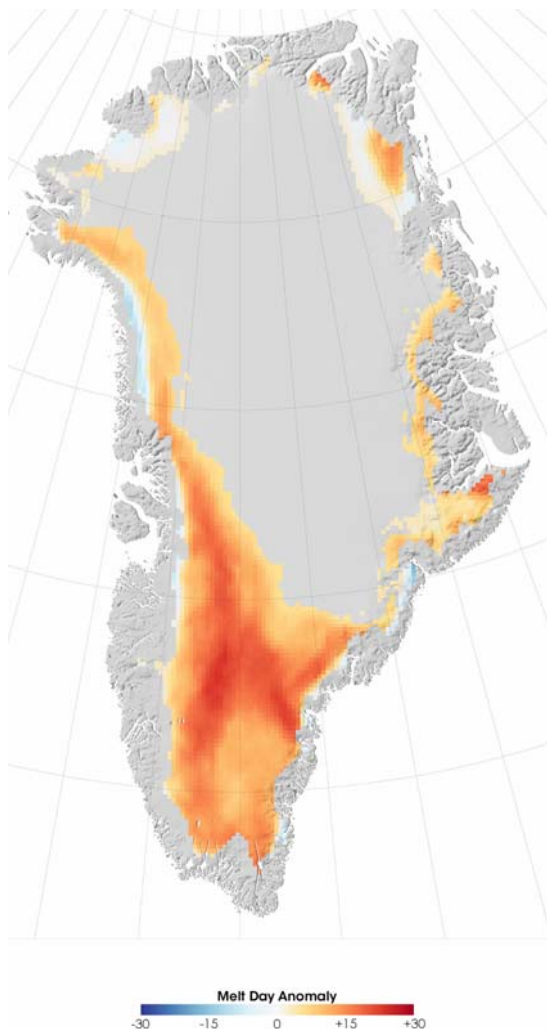


Abb. 3 Abweichungen der Schmelztage 2007 im Vergleich mit den Durchschnittswerten von 1988 - 2006¹¹

Eine Zunahme der Schmelztage kann dabei entlang der gesamten Küste Grönlands beobachtet werden. Besonders deutlich sind diese Veränderungen jedoch im Süden Grönlands. Hier konnte M. Tedesco nachweisen, dass es bis in Höhen von rund 2000 m über dem Meeresspiegel zu einer signifikanten Zunahme der Anzahl der Schmelztage gekommen ist.¹² Dabei zeigte sich, dass 2007 insbesondere im Süden Grönlands die Anzahl der Schmelztage um bis zu 25 - 30 Tagen gegenüber dem Durchschnittswert von 1988 - 2006 zugenommen hat. Gleichzeitig zeigt die Untersuchung von Tedesco, dass die beobachteten Werte von 2007 keine Ausnahmeerscheinung sind, sondern einem längerfristigen Trend folgen. Generell konnte seit der Nutzung von Satellitendaten im Jahre 1988 eine stetige Zunahme der Schmelztage beobachtet werden.

Ebenso wie die Veränderung der Abschmelzfläche ist auch die Veränderung der Anzahl der Schmelztage eine direkte Folge der

Zunahme der Temperatur. Auch hier gilt, dass eine weitere Zunahme der Temperaturen den beobachteten Prozess verstärken wird.

¹¹ Quelle : <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=8264>

¹² Tedesco, Marco (2007) : NASA finds Greenland snow melting hit record high in high places; http://www.nasa.gov/vision/earth/environment/greenland_recordhigh.html

3.3 Fließgeschwindigkeit des Gletschereises

Die Veränderungen der Größe des Grönländischen Eisschildes werden nicht nur vom Abschmelzen und der Anzahl der Schmelztage beeinflusst, sondern auch von der Geschwindigkeit, mit der sich die Eismassen bewegen. Um diese Fließgeschwindigkeit zu ermitteln, wurde insbesondere die Geschwindigkeit der Gletscherzungen beobachtet.

Die Fließgeschwindigkeit vieler Ausflussgletscher wie z.B. des Jakobshavn Isbrae hat sich in den letzten 10 Jahren verdoppelt. Diese Gletscherzunge wird seit 1893 regelmäßig untersucht. Dabei blieb die Geschwindigkeit der Gletscherzunge für rund 100 Jahre nahezu konstant bei etwa 20 Meter pro Tag. Der Jakobshavn Isbrae beschleunigte sich in den letzten Jahren jedoch von 7 km pro Jahr auf 13 km pro Jahr¹³. Dadurch nimmt der Abfluss vom Eis aus dem Eisschild zu.

Hohe Eisverluste entstehen insbesondere durch die schnell fließenden Gletscherzungen. Vaughan untersuchte auf Grönland Gletscherzungen, die schneller als 100 Meter pro Jahr fließen und konnte dabei nachweisen, dass diese zwischen 2003 und 2007 um durchschnittlich 84 Zentimeter dünner geworden sind.¹⁵ Dabei konnte er nachweisen, dass von 111 schnell fließenden Gletscherzungen 81 doppelt so schnell an Dicke verloren wie das sie umgebende, außerhalb der Gletscherzunge liegende Eis. Auch hier zeigte sich, dass die scheinbar am Rande des Eisschildes beobachtbaren Prozesse einen erheblichen Einfluss auf das gesamte Eisschild haben. Vauhman konnte zeigen, dass die erhöhte Abflussgeschwindigkeit sich bis in 100 km entfernte und bis zu 2000 Meter über dem Meeresspiegel liegende Bereiche des Eisschildes auswirkt.

Zusätzlich zur erhöhten Fließgeschwindigkeit kann man an verschiedenen Gletscherzungen Grönlands einen zunehmenden Rückgang der Länge dieser Gletscherzungen beobachten, der auf einen steigenden

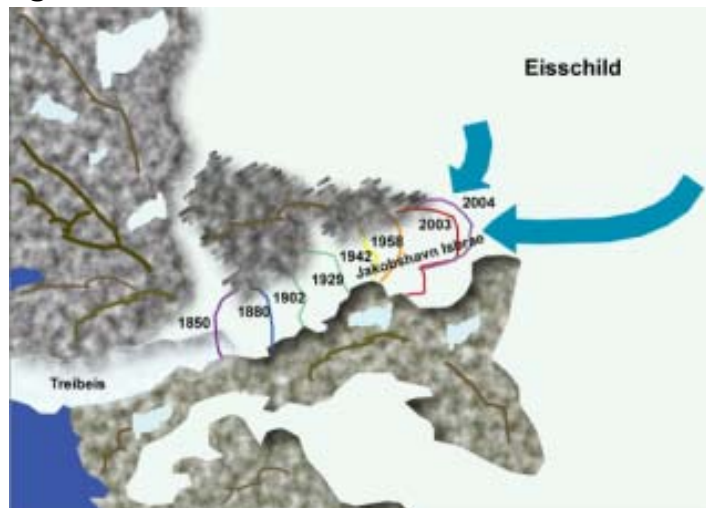


Abb. 4 Rückgang des Jakobshavn Isbrae seit 1850 bis 2003 ¹⁴

¹³Vgl. <http://proclim4f.scnat.ch/ressources/33697.pdf>

¹⁴ Quelle: <http://www.hamburger-bildungserver.de/klima/klimafolgen/eis/groenland.html>

¹⁵ Spiegel : Warmwasser lässt polare Eisschilde schrumpfen, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,650887,00.html>

Massenverlust hinweist.

Vauhau geht davon aus, dass die Zunahme der Geschwindigkeit der Gletscherzungen nicht von der steigenden Lufttemperatur in der Arktis beeinflusst wird, sondern eine Folge der zunehmenden Wassertemperatur ist. Dieser Prozess wird sich folglich verstärken, wenn es zu einer zunehmenden Erwärmung des Ozeans kommt.

3.4 Schmelzwassertümpel auf dem Grönländischen Eisschild

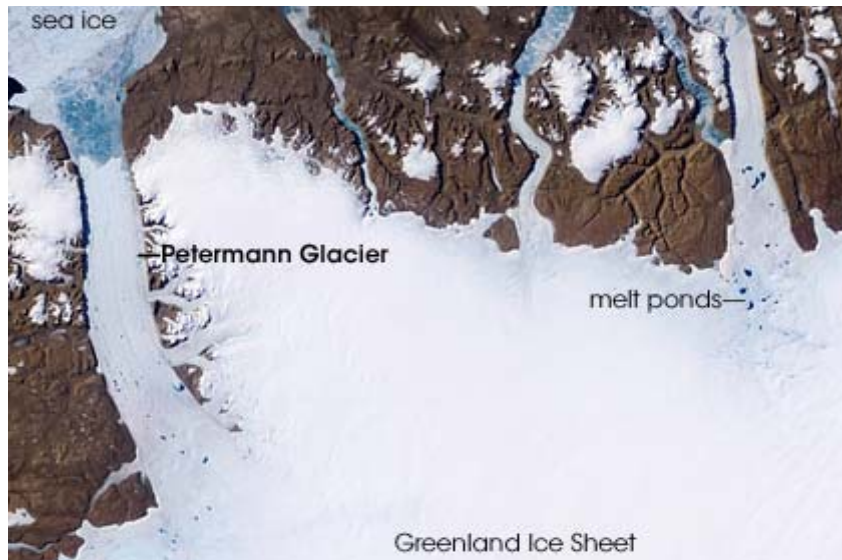


Abb. 5 Schmelzwassertümpel im Bereich des Petermann Gletschers¹⁶

Die Tümpel- und Seebildung gehört zu der natürlichen jahreszeitlichen Schwankung im grönländischen Eis. Doch durch die steigenden Sommertemperaturen werden immer mehr Tümpel- und Seebildung beobachtet. Die Zunahme von Schmelzwasser auf der Oberfläche des

Grönländischen Eisschildes kann einerseits zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit des Eises führen, sofern das Schmelzwasser durch das Eis hindurchfließen kann und sich zwischen dem Eis und dem Untergrund sammelt. Andererseits kann Schmelzwasser zu einem verstärkten Abtauchen führen, sofern das Schmelzwasser in das Meer abfließen kann. Bisher fehlt noch eine eindeutige Bilanzierung der Abflussmengen des Schmelzwassers aus den Tümpeln. Dennoch kann festgehalten werden, dass die Anzahl der Schmelzwassertümpel in den letzten Jahren zugenommen hat.

¹⁶ Quelle : <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=7999>

4 Klimafaktoren

4.1 Durchschnittliche Temperaturen

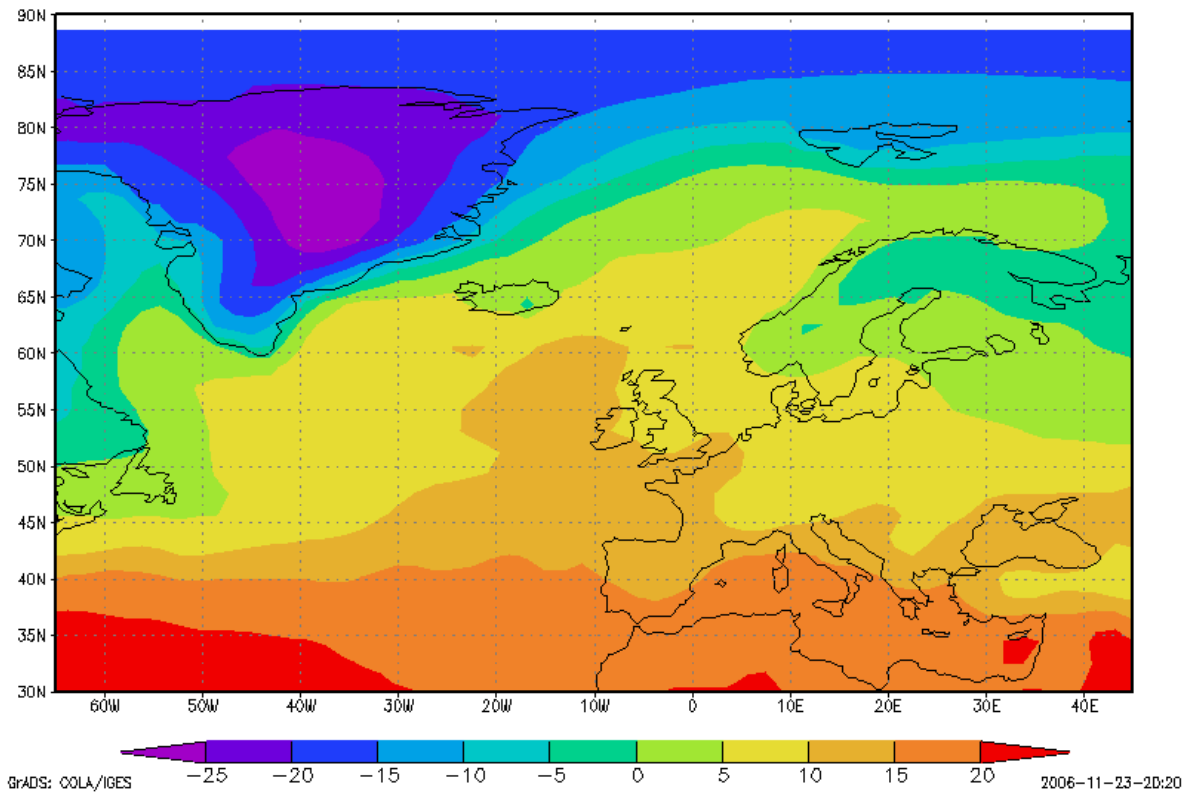


Abb. 6 Durchschnittliche Temperaturen 1951 bis 1980 in °Celsius

In Abb. 5 ist die durchschnittliche Temperatur im Zeitraum von 1951 bis 1980 zu erkennen. Im Zentrum Grönlands betrug die Temperatur unter $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

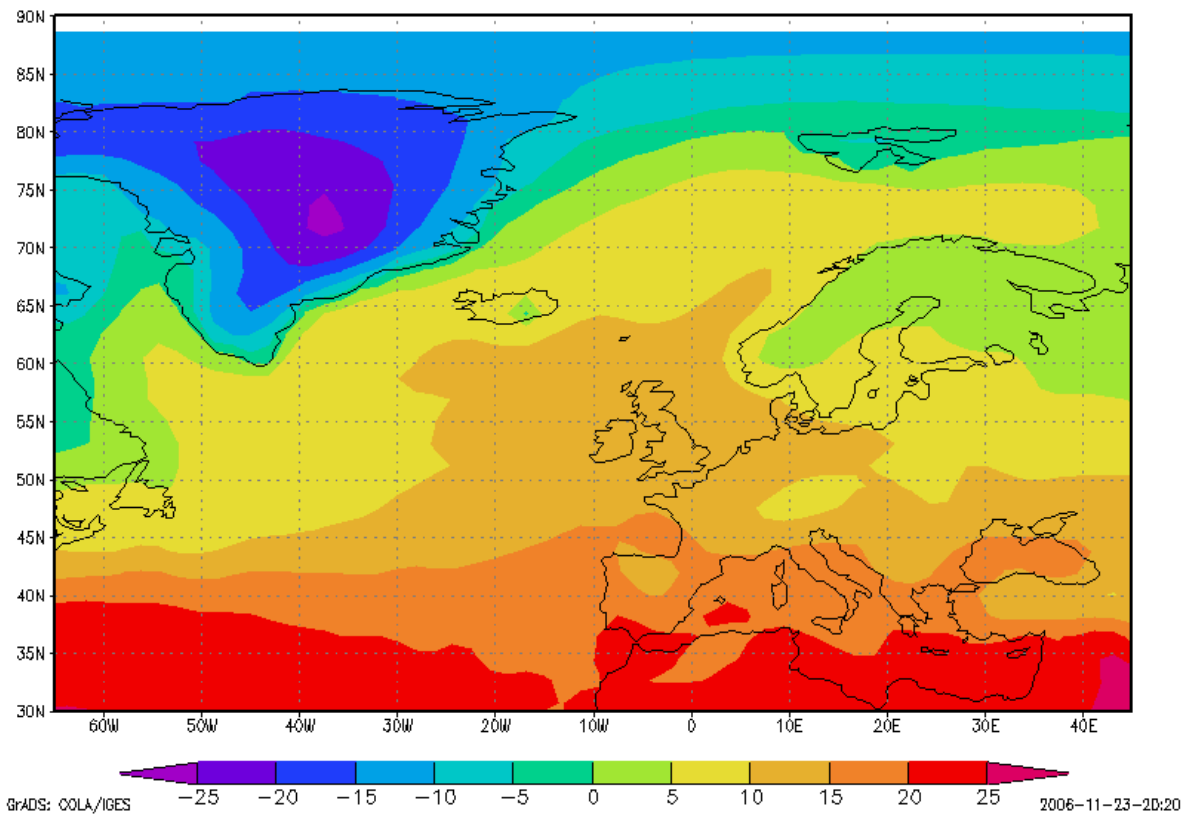


Abb. 7 Prognostizierte durchschnittliche Temperaturen 2051 bis 2080 in °Celsius

Dagegen betrug die Temperatur in südlicher Küstennähe um 0 °C. In Nordgrönland betrug die Temperatur um die -20 °C.

In der Abb. 6 ist deutlich zu erkennen, dass die durchschnittliche Temperatur deutlich ansteigen wird. Besonders Grönland wird davon betroffen sein. Bis zum Jahre 2080 wird wahrscheinlich die durchschnittliche Temperatur in Grönland um ca. 5 °C ansteigen.

Das Sommerklima in Grönland wird von dem Golfstrom beeinflusst. Der Westgrönlandstrom, der von Süden her warmes Golfstromwasser die Küste entlangführt, erwärmt Grönland. Schon heute kann man beobachten, dass sich in den Fjorden im Sommer zunehmend wärmeres Wasser sammelt. Dieser Trend wird sich verstärken.

4.2 Durchschnittliche Niederschläge

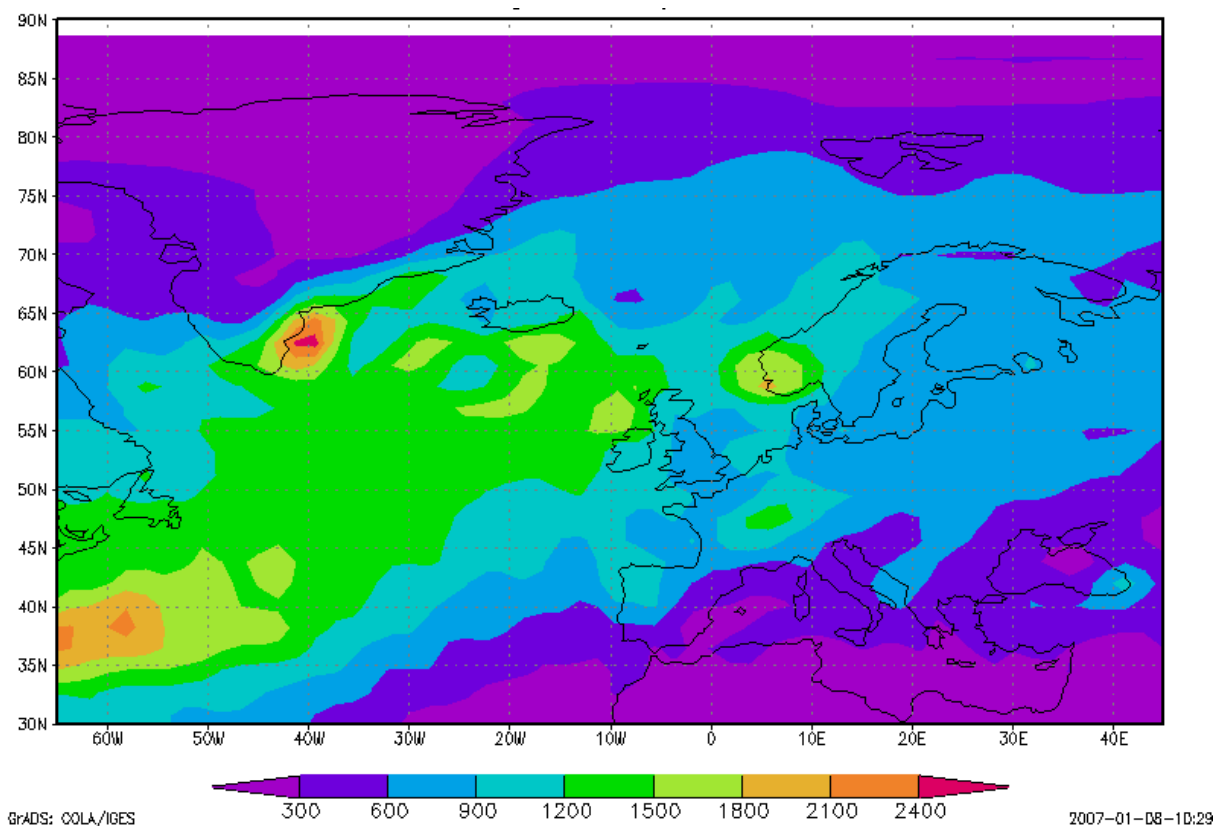


Abb. 8 Durchschnittlicher Niederschlag 1951 - 1981 in mm/Jahr

In Abbildung 5 sind die durchschnittlichen Niederschläge Global in mm/Jahr im Zeitraum von 1961 bis 1990 zu erkennen. In Nord- bzw. Zentral Grönland fiel durchschnittlich weniger Niederschlag als 300 mm/Jahr. Dagegen betrug der Niederschlag im Süden Grönlands durchschnittlich zwischen 600 mm/Jahr und 2100 mm/Jahr.

Im Frühling regnet es seltener in Westgrönland, als im Hochsommer.

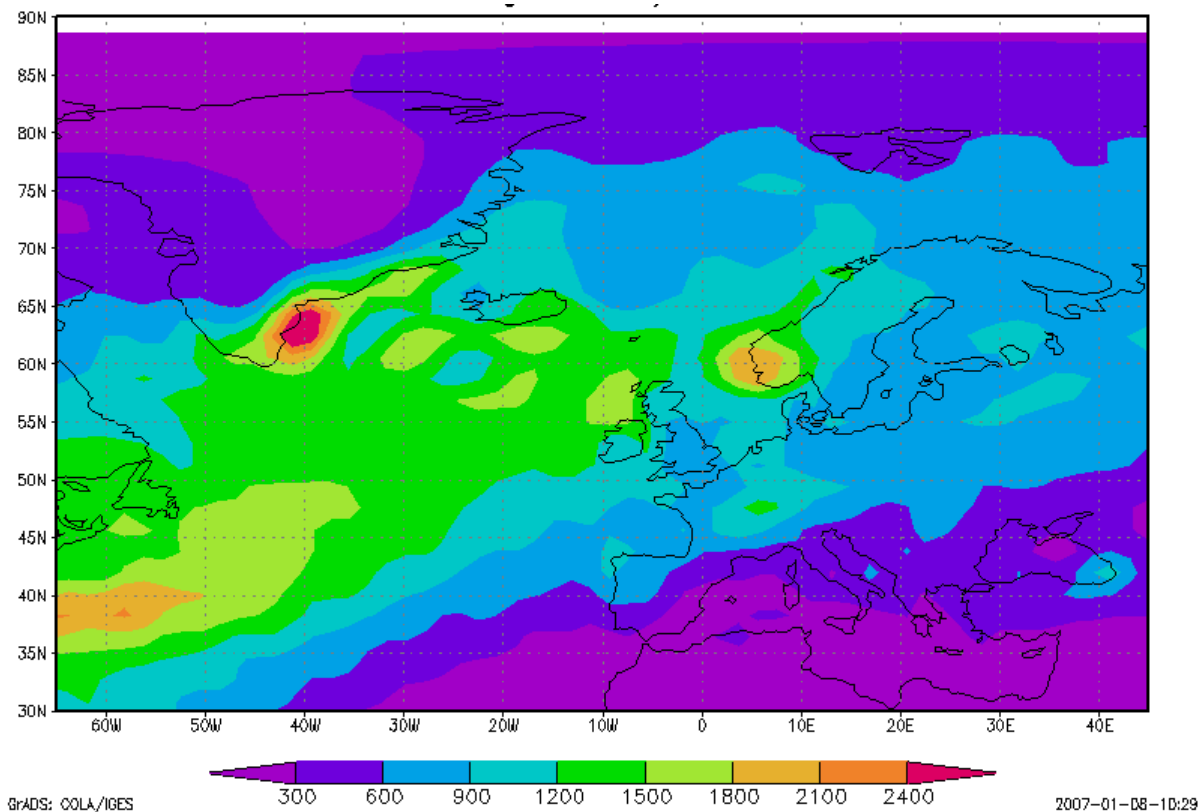


Abb. 9 Prognostizierter durchschnittlicher Niederschlag 2051 - 2080 in mm/Tag

In Abbildung 6 ist zu erkennen, dass die durchschnittlichen Niederschläge in Grönland steigen werden. In Nordost- sowie in Westgrönlands wird die Niederschlagsmenge auf etwa 600mm/Jahr ansteigen. Dies ist ein Unterschied von ca. 300mm/ Jahr. Außerdem ist zu erkennen, dass der Niederschlag bis 2400mm/Jahr im Süden Grönlands ansteigen wird.

Durch die davor erwähnte Temperaturerhöhung werden die Niederschläge zunehmen.

Da der grönländische Gletscher eine Höhe von 3000 Metern¹⁷ aufweist und in solcher Höhe kühle Temperaturen herrschen, fällt der Niederschlag als Schnee.

Wenn genau so viel Schnee im Zentrum des Eisschildes fällt wie Eismasse am Rand des Eisschildes schmilzt, gleichen die Schneefälle die Schmelze aus. Wenn die Schmelze am Rand überwiegt, kommt es zu einer Verringerung der Eisdicke. Durch das Abschmelzen am Rand wird die Oberfläche des Gletschers steiler, somit fließt Eis aus höheren Gebieten nach und der Eisfluss aus dem Inneren des Eisschildes nimmt zu. Dadurch kann sich die

¹⁷ Vgl. <http://www.wissenslogs.de/wblogs/blog/klimalounge/mechanismen/2009-02-25/wie-schnell-schmilzt-groenlands-eis/page/3>

Eisoberfläche in großen Gebieten absinken und das Schmelzgebiet wird somit größer. Dieser Vorgang beginnt langsam, verstärkt sich selbst und führt über kurz oder lang zu einem Verschwinden des Eisschildes.

Doch durch die vermehrten Niederschläge im Zentrum des Eisschildes, müssten bei heutigen Verhältnissen die Eismasse eigentlich zunehmen. Doch dies ist nicht zu beobachten.

4.3 Ozeantemperaturen

Global ist die gesamte Ozeantemperatur seit 1955 nur um $0,04^{\circ}\text{C}$ ¹⁸ gestiegen. Die erhöhte Wassertemperatur beeinflusst die Dichte des Wasser dies hat zur Folge, dass sich das Meerwasser ausdehnt wodurch es zum Meeresspiegelanstieg kommt. Bei der erhöhten Wassertemperatur spielt auch die Verdunstung eine Rolle. Als Folge der erhöhten Verdunstung gibt es mehr Niederschläge.

Das Schmelzwasser hat einen niedrigen Salzgehalt und hat dadurch auch eine geringere Dichte als das Meerwasser. Dies führt dazu, dass sich das leichtere Schmelzwasser über das schwerere Meerwasser legt. Die Schmelzwasserschicht isoliert das darunter liegende Salzwasser von der kalten Polarluft. Dadurch kann das Meerwasser sich nicht abkühlen und in tiefere Wasserschichten absinken.

5 Prognosen und Fazit

Die Prognosen der Forscher und Experten sind meist sehr unterschiedlich.

Wie schnell der grönländische Gletscher schmelzen wird, hängt von dynamischen Vorgängen ab. Diese können den Eisabbau stark beschleunigen. Unter den heutigen Klimabedingungen in Grönland würde sich kein vergleichbar großer Eisschild bilden. Forscher gehen davon aus, dass dieses Verschwinden schon bei einem Temperaturanstieg von 1°C bis 2°C eintritt.¹⁹

Die Temperatur wird immer weiter ansteigen und der Niederschlag wird zunehmen. Dies ist auch zuerkennen auf den Abbildungen 1. und 2.

In zukünftiger Zeit hat das Abschmelzen des grönländischen Gletschers große Auswirkungen auf den Meeresspiegel. Forscher und Experten gehen davon,

¹⁸ Vgl. <http://www.weltretter.de/auswirkungen-klimawandel-meeresspiegel/>

¹⁹ Vgl. <http://proclim4f.scnat.ch/ressources/33697.pdf>

dass, wenn der gesamte grönländische Gletscher abschmelzen wird, es zu einem Meeresspiegel Anstieg von rund 7 Meter kommen wird.²⁰

Sogar in diesem Jahrhundert ist die Rede von einem Meeresspiegelanstieg von einem Meter.

Durch den Temperaturanstieg wird es mehr Niederschläge geben. Durch die erhöhte Temperatur werden die Fließgeschwindigkeiten, die Abschmelzflächen und die Tümpel- und Seebildung der Gletscher zunehmen. Die Temperatur ist so hoch, dass sich trotz der hohen Niederschläge die Eismasse nicht mehr regenerieren kann. Wenn all diese Phänomene eintreten, wird das daraus entstehende Schmelzwasser zum Einbruch des Nordatlantikstroms führen. Somit führt die Klimaerwärmung zu einem kälteren Klima in Nordeuropa.

²⁰ Vgl. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,536054,00.html>

8 Quellenverzeichnis

<http://www.wissenslogs.de/wblogs/blog/klimalounge/mechanismen/2009-02-25/wie-schnell-schmilzt-groenlands-eis/page/3>

<http://www.g-o.de/wissen-aktuell-2112-2004-12-21.html>

<http://www.hamburger-bildungserver.de/index.phtml?site=themen.klima>

<http://www.spiegel.de/thema/groenland/>

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,650887,00.html>

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,660693,00.html>

http://www.visitgreenland.de/content/deutsch/touristen/natur_klima/das_wetter_in_groenland/wind_schnee_und_anderer_niederschlag

<http://www.tu-dresden.de/biw/geotechnik/geologie/studium/download/grundlagen/abschnitt11.pdf>

<http://www.climate.unibe.ch/~stocker/papers/stocker03fng.pdf>

<http://proclim4f.scnat.ch/ressources/33697.pdf>

<http://www.g-o.de/galerie-247-9.html>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Humboldt-Gletscher>

http://de.wikipedia.org/wiki/Jakobshavn_Isbr%C3%A6

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kangerlussuaq-Gletscher>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Petermann-Gletscher>

<http://aqua-globe.net/content/klima/klimawissen/WarumIstDasSalzImMeerwasserSoWichtig.pdf>

<http://zeit-zum-handeln-online.com/%3Cfont-face%3DTahoma%3E%3Cfont-size%3D2%3E-Gletscherschmelze-in-Gr.oeland%3C-s-font%3E-%3C-s-font%3E.htm?PHPSESSID=c261cfe5a28cd8fe7a027746e863057c>

<http://www.groenlandinfo.de/index.php?id=3646>

<http://www.g-o.de/galerie-247-9.html>