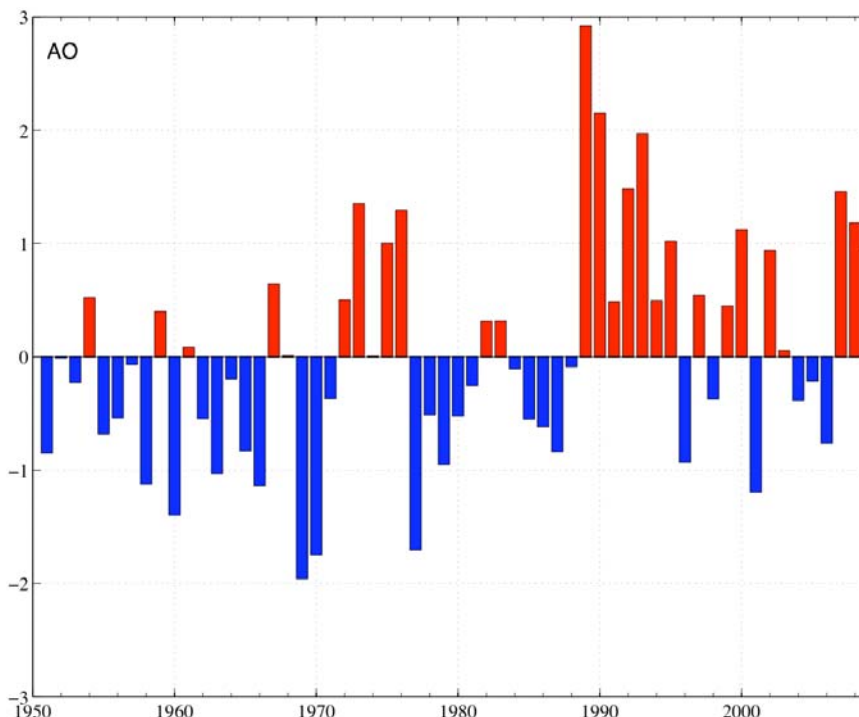


Die arktische Eisschmelze und wodurch diese ausgelöst wird Von Raimund Leistenschneider EIKE 13.8.09

Jedes Jahr im sog. Sommerloch grassieren Meldungen über eine vermeintlich gefährliche Eisschmelze in der Arktis, so auch wieder in diesem Jahr. Darum möchte ich Ihnen ein paar Hintergrundinformationen liefern, die arktische Eisschmelze besser einschätzen zu können.

Dass im Sommer das arktische Eis deutlich zurückgeht, ist in etwa so ungewöhnlich, wie im Herbst die Blätter von den Bäumen fallen. Einen Überblick über die arktische (und antarktische) Eisbedeckung liefert der folgende Link: (<http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/>). Aber was moderiert die Eisentwicklung? CO₂ oder andere Faktoren.

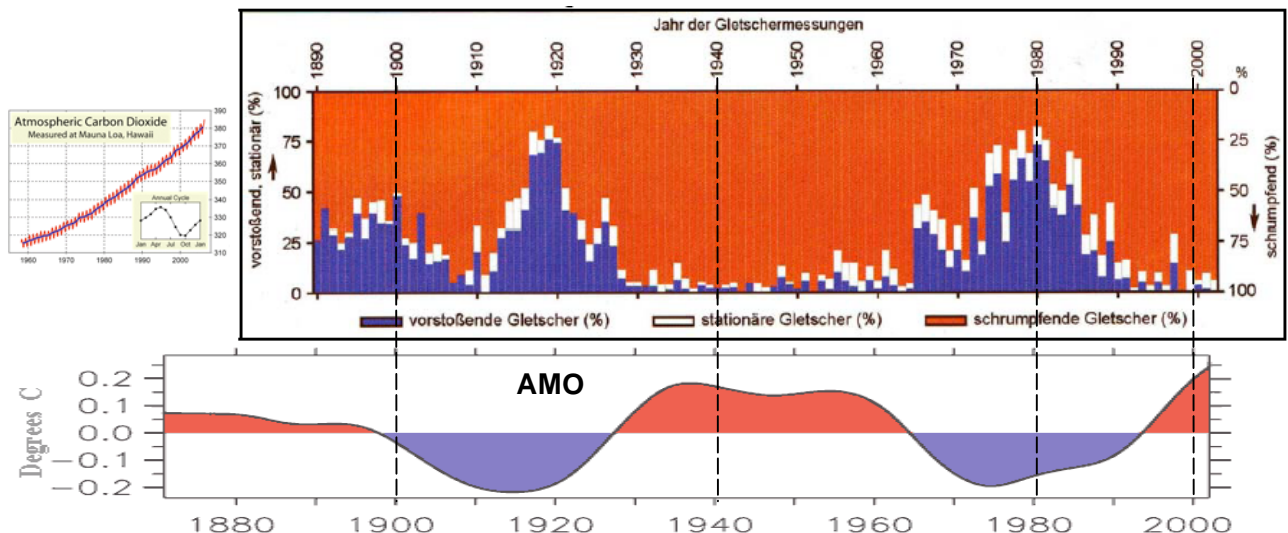
Der Wissenschaftler Prof. Dr. Morison (Polar Science Center - PSC) und sein Team stellten fest, dass es einen unmittelbaren Zusammenhang der arktischen Seeisbedeckung mit der Arktischen Oszillation (AO) gibt: "The winter of 2006-2007 was another high Arctic Oscillation year and summer sea ice extent reached a new minimum." Betrachten wir nun explizit die Winter-AO, um eine Prognose erstellen zu können, wie sich die Sommereisschmelze in 2009 entwickeln wird.



Die Abbildung (Quelle: NOAA) zeigt den Winter AO-Index für die Jahre 1950 - 2008 (letzter roter Balken). Es ist deutlich erkennbar, dass die AO sich in einer ausgeprägten Warmphase befindet. Der 2007-Wert (vorletzter Balken) veranlasste Prof. Dr. Morison zu seiner o.a. Aussage. Da der 2008-Wert nicht signifikant anders aussieht, ist auch in 2009 von einem deutlichen Rückgang der arktischen Sommermeereisbedeckung auszugehen, zumal auch die AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation) noch positiv ist, wodurch die Wassertemperaturen vergleichsweise hoch bleiben. Die AMO ist ein Maß für die

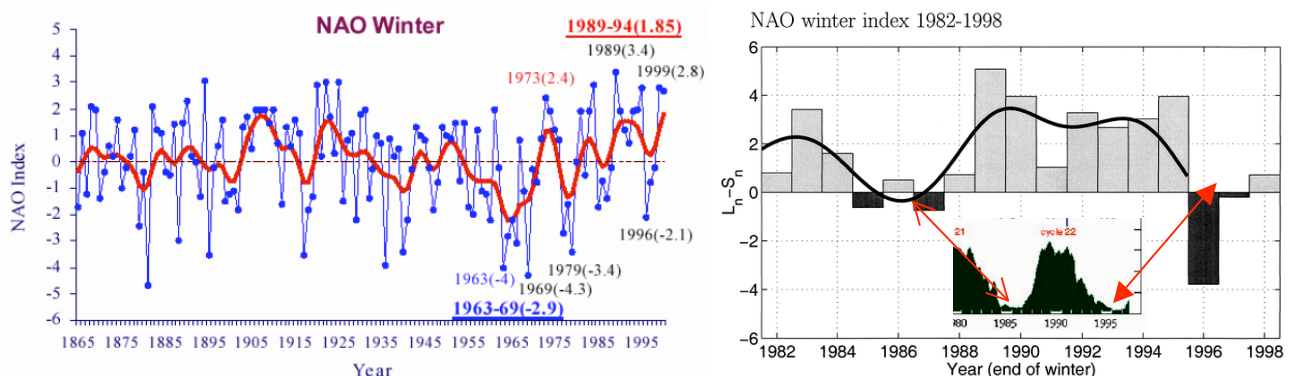
Wasseroberflächentemperatur im Atlantik. Da es sich bei der arktischen Seeisbedeckung um schwimmendes Eis handelt, ist klar, dass vergleichsweise hohe Wassertemperaturen eine Sommereisschmelze begünstigen.

Wie sehr die AMO in Relation zur Eisbedeckung auf der Nordhalbkugel steht, geht überdeutlich aus der folgenden Abbildung hervor.



Die Abbildung (Quelle: Slupetzky, 2005, Uni Salzburg) zeigt die zyklische Entwicklung der österreichischen Gletscher von 1890 - 2005. Es ist gut erkennbar, dass der derzeitige Rückzug auf einen längeren Eisvorstoß folgt und, dass es in den Jahren von 1930 bis in die 1960-Jahre, ähnlich geringe Eisbedeckungen gab, wie heute. Der Gletscherzyklus zeigt weiter sehr starke Ähnlichkeiten mit der AMO und keine mit einem CO₂-Atmosphärenpegel (kleines Bild).

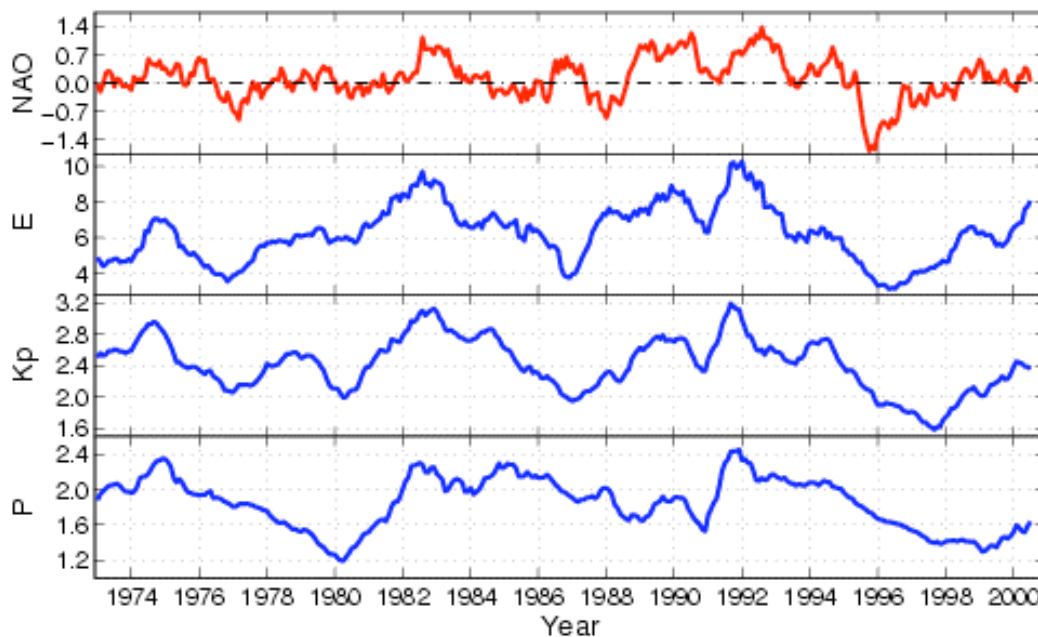
Die AMO befindet sich derzeit in einer ausgeprägten zyklischen Warmphase, was zusammen mit der Warmphase der AO, die Sommereisschmelze in 2009 weiter begünstigen wird. Da die AMO keinerlei Korrelation mit dem CO₂-Atmosphärenpegel aufweist, muss nach einem anderen Zusammenhang gesucht werden. Ihr zyklisches Verhalten deutet auf natürliche Ursachen hin. Hier bietet sich geradewegs die zyklische solare Aktivität an.



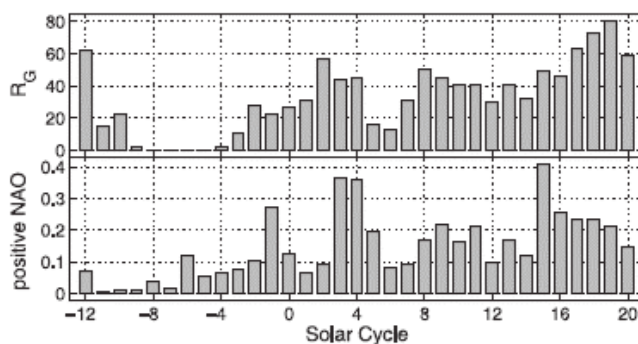
Die Abbildung links zeigt den NAO-Winterindex von 1865 - 2000 (Quelle: Deutscher Wetterdienst). Deutlich ist in der Wellenform ein 10-Jahres-Zyklus abgebildet, der zeitlich exakt mit dem Schwabezyklus der Sonne korreliert. Hohe Indexwerte sind mit einer intensiven nordatlantischen Westdrift und damit milderen Temperaturen verbunden. Rechts ist der NAO-Winterindex von 1982 - 1998 abgebildet (ergänzt nach Quelle: American Mete-

orological Society Journal Online, Volume 13, Issue 5, März 2000). Die kleine Abbildung ist hineinkopiert und zeigt den Schwabezyklus der Sonne im selben Zeitraum. Er stimmt exakt mit dem NAO-Winterindex überein.

Ich möchte Ihnen noch weitere Abbildungen zeigen, die die Abhängigkeit der AMO von der Sonnenaktivität belegen. Die folgende Abbildung zeigt oben die NAO im Zeitraum von 1973 bis 2002. Darunter das elektrische Feld (E) des Sonnenwinds. Als dritten Graph den planetary magnetospheric Kp-Index und den dynamischen Druck (P) des Sonnenwindes, Quelle: Lund-University, Schweden (<http://sunspot.lund.irf.se/nao1.html>). Der Kp-Index ist eine Maßgröße für die geomagnetische Sonnenaktivität, die aus den Daten von 13 weltweiten Observatorien bestimmt wird. Der Kp-Index geht zurück auf Prof. Julius Bartels, der ihn 1949 entwickelte.



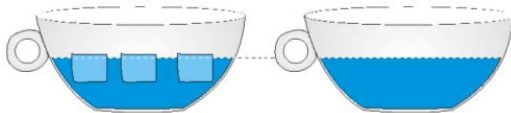
Es ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem NAO-Verlauf und den verschiedenen Sonnenaktivitätsparametern festzustellen. Dies zeigt auch die folgende Abbildung. Sie stammt aus der Arbeit "Solar Wind Variations Related to Fluctuations of the North Atlantic Oscillation" von **Fredrik Boberg** (Lund Observatorium, Schweden), **Henrik Lundstedt** (Swedish Institute of Space Physics).



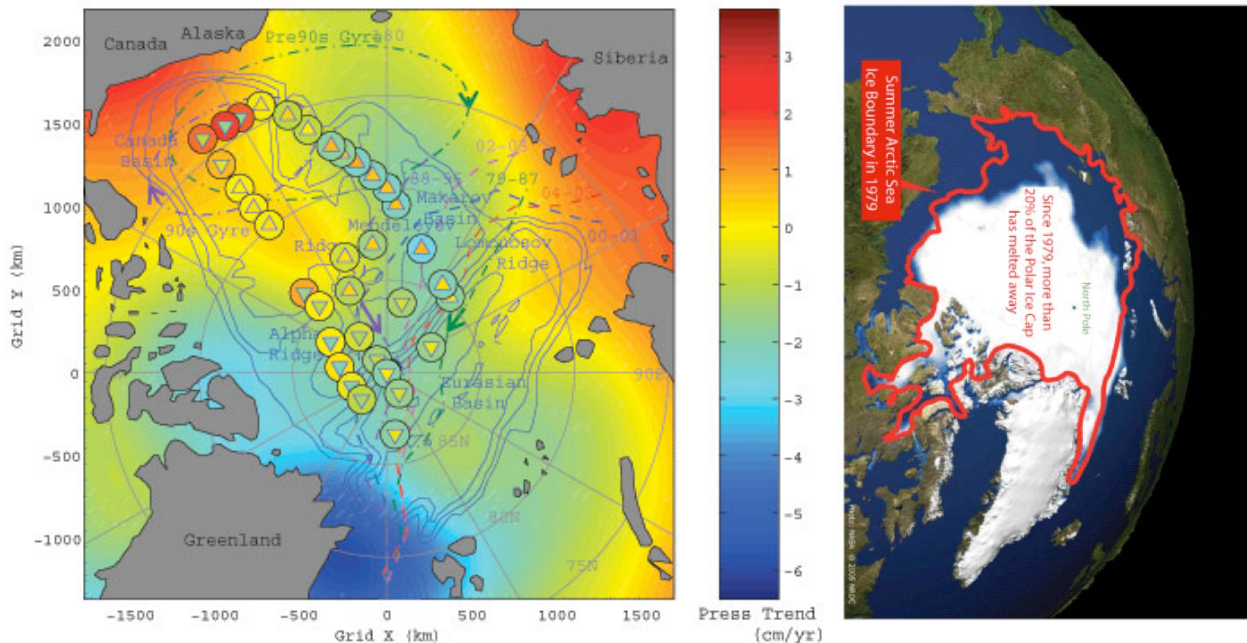
Die Abbildung zeigt oben die Gruppe der Sonnenflecken (RG) für 33 Sonnenzyklen, vom Zyklus -12 bis Zyklus 20 und darunter die Stärke der positiven NAO, Quelle: (http://sunspot.lund.irf.se/NAO_article1.pdf). Es ist unschwer in beiden Diagrammen das gleiche Muster erkennbar.

Es ist somit ersichtlich, dass die AMO von der Sonne moderiert wird und mit ihr die arktische Seeeisentwicklung. Da die AMO durch die starke Sonnenaktivität bis 2003 in ihre positive Warmphase gebracht wurde, in der sie, da Wasser bekanntlich eine hohe Wärmekapazität hat und damit träge reagiert, noch ein paar Jahre bleiben wird.

Dass die arktische Sommereisschmelze kein bedrohliches Ereignis sein kann, geht übrigens aus dem sog. archimedischen Prinzip hervor. Schmilzt schwimmendes Eis, so ändert sich dadurch der Wasserpegel um keinen Millimeter, wie die folgende Abbildung zeigt.



Nach diesem kleinen Exkurs, zurück zu den Arbeiten von Prof. Morison über die arktische Eisschmelze. Das Forscherteam um James Morison fand heraus, dass sich (durch die geänderten Meeresströmungen) der Salzgehalt der arktischen See seit 2002 deutlich geändert hat (folgende Abbildung links).



Die Abbildung links zeigt die Trendkonturen des Druckes der arktischen See im Zeitraum von 2002 - 2006, verglichen mit dem Referenzwert der 1990-Jahre. Der Druck steht im direkten Zusammenhang mit dem Salzgehalt, weil die Änderung des Wasserdruckes durch die im Wasser gelösten Stoffe – Salz – bestimmt wird. D.h. eine Erhöhung des Druckes ist gleichbedeutend mit einer äquivalenten Erhöhung des Salzgehaltes – je höher der Druck, desto höher der Salzgehalt. Die Messungen entstanden mit GRACE. GRACE ist ein Gemeinschaftsprojekt der NASA und des DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt).

Zu diesem Chart habe ich Ihnen, die sich veränderte Eisbedeckung im Zeitraum von 1979 - 2005, wobei die Eisschmelze in den 2000-Jahre vergleichsweise hoch ausfiel, Quelle: NASA, zum Vergleich herangezogen. Werden beide Abbildungen miteinander verglichen, wird sofort ersichtlich, dass die Regionen, die eine hohe Eisschmelze zu verzeichnen haben, überwiegend auch die Regionen sind, in denen sich der Salzgehalt des Meerwassers erhöht und damit der Schmelzpunkt des Eises herabgesetzt wurde, d.h., dass die Eisschmelze

bereits bei tieferen Temperaturen eintritt, bzw. bei höheren Temperaturen verstärkt stattfindet, mit einer großen Eisschmelze in der Fläche.

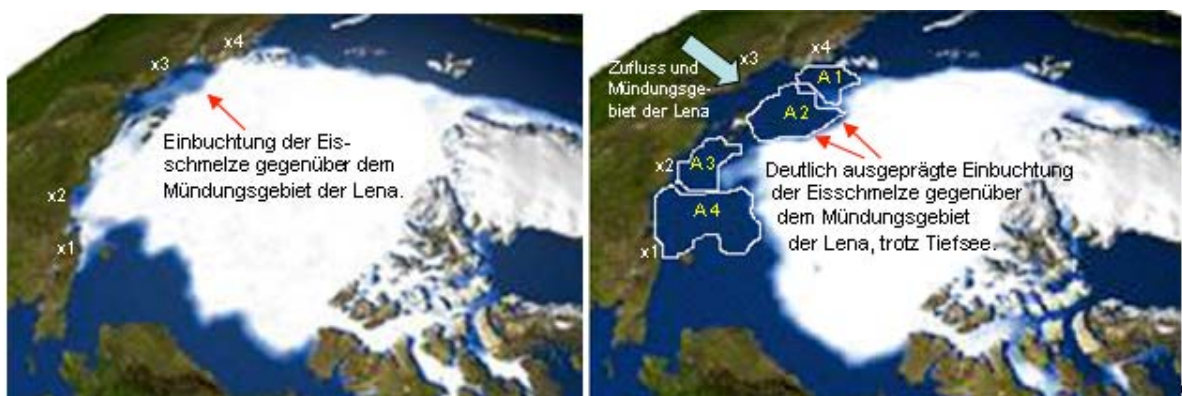
Wir alle kennen diesen Effekt in der Wintersaison, wenn der Gefrierpunkt von Schnee durch das Ausbringen von Salz auf die Straße herabgesetzt wird und dadurch der Schnee/das Eis auch bei Minustemperaturen bereits schmilzt. Noch etwas möchte ich Ihnen nicht vorenthalten.

Jeder Interessierte kennt wohl die beiden folgenden Abbildungen.



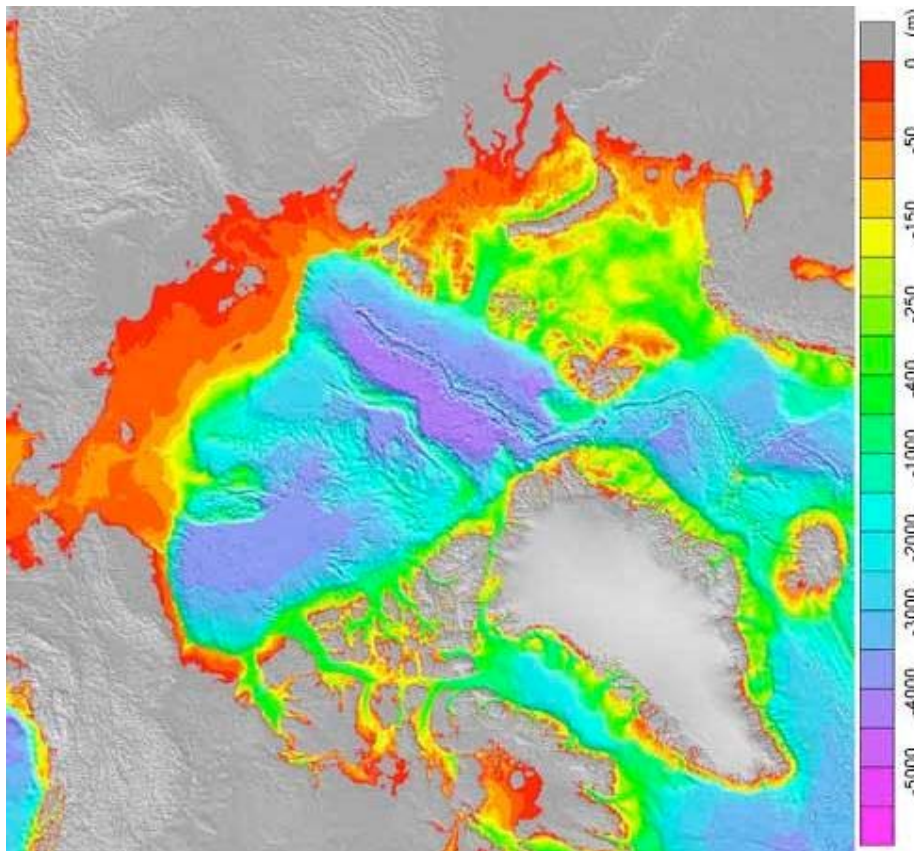
Die linke Abbildung zeigt die arktische Eisbedeckung im September 1979, unmittelbar nach der Kälteperiode der 1960- und 1970-Jahre, als alle Welt von der vermeintlich drohenden Eiszeit sprach (<http://scottthong.files.wordpress.com/2007/03/newsweek1975globalcooling.JPG>). Die rechte Abbildung dazu im Vergleich, die arktische Eisbedeckung im September 2005.

Wie bereits gezeigt, ist der Eisrückgang auf Veränderungen im Salzgehalt zurückzuführen und in der Fläche besonders in den Eismeerbereiche vor der russischen Küste zu sehen. Hier ist in der Tat ein deutlicher Rückgang in der Fläche zu sehen, was die beiden Aufnahmen zeigen. Ich habe daher die Aufnahmen näher betrachtet und als Orientierung zu den Küstenbereichen (zum Vergleichen) Flächen markiert.



Es ist erkennbar, dass bereits 1979 vor der Einmündung des sibirischen Flusses Lena, eine Ausbuchtung in der Eisbedeckung und damit eine verstärkte Eisschmelze zu beobachten ist. Diese hat sich bis zum Jahr 2005 noch weiter ausgeprägt (rechte Abbildung). Die Eisrückgangsflächen A1, A3, A4 liegen im Flachwasserbereich, was die These, eine Erwärmung hätte dies einzig verursacht, stützt. Wir alle wissen z.B., dass sich eine geringe Wassermenge schneller erhitzen lässt, als ein große. Die Eisrückgangsfläche A2, die wie eine Zunge in die Eisfläche ragt, liegt indes über einem Tiefseegraben von 4.000 m Wassertiefe (folgende Abbildung). Aufgrund der thermischen Trägheit und der physik.

Wärmekapazität müsste sich eigentlich die Wärme verteilen, was zu einer Abschwächung des Eisrückgangs führen müsste. Das Gegenteil ist jedoch der Fall. Es kann demnach mit dem alleinigen Postulat, eine Erwärmung wäre für den Eisrückgang verantwortlich, etwas nicht stimmen.



Prof. Morison hat zweifelsfrei festgestellt, dass sich durch zyklisch veränderte Meeresströmungen der Salzgehalt im arktischen Meer verändert hat. Die Gebiete, die eine Zunahme der Salzkonzentration zeigen, korrelieren stark mit den Eisrückzugsgebieten. Es kommt offensichtlich noch eine weitere Komponente, der Schadstoffeintrag über die sibirischen Flüsse hinzu. Schadstoffe verteilen sich vorrangig in der Oberfläche und verstärken dort die Eisschmelze. Wir alle wissen aus Tankerhavarien, dass sich Schadstoffe auf Grund der geringeren chemischen Reaktion in kaltem Wasser dort länger halten und es zu einer Akkumulation kommt. So gelangen über die sibirischen Flüsse jedes Jahr über 4.000 km^3 Wasser und mit diesem, gewaltige Schadstoffmengen ins Polarmeer. So senkt z.B. das natürliche Frostschutzmittel Ammoniak (Ammoniak ist eines der wichtigsten und häufigsten Produkte der chemischen Industrie. Es dient als Ausgangsstoff für Stickstoffdünger, aber auch zur Sprengstoffproduktion) den Gefrierpunkt von Wasser ganz erheblich.

Anhand der geschilderten Zusammenhänge möchte ich eine Prognose zur Entwicklung der arktischen Eisbedeckung für die nächsten Jahre abgeben.

Fazit für 2009:

Sowohl der noch erhöhte Salzgehalt in den vorrangigen Schmelzregionen, die positive AMO und der hohe Winter-AO-Wert für 2008 werden auch in 2009 die Eisflächen im Sommer deutlich schmelzen lassen, wodurch auch (noch) 2009 eine deutliche Eisschmelze beobachtet wird.

Fazit bis 2015:

Der geschilderte Dekadenzyklus und der Rückgang in der Sonnenaktivität werden die Meeresströmungen im Polarmeer wieder ändern, dadurch den Salzgehalt verringern, sowie die AO in die Kaltphase überführen. Da die AMO weiter in einer (abgeschwächten) Warmphase bleibt, wird die Eisschmelze zwar rückläufig ausfallen, aber die Eisbedeckung nicht die Ausmaße von 1979 erreichen.

Fazit ab 2015:

Mit weiterer zurückgehender Sonnenaktivität (siehe S. 217 - S. 266) wird auch die AMO in ihre zyklische Kaltphase wechseln und die Eisbedeckung, vor allem im Sommer, weiter zunehmen. Die Werte von 1979 werden dabei deutlich überschritten werden, da mit dem fallenden 208-jährigen de Vries/Suess-Zyklus der Sonne (<http://wetterjournal.wordpress.com/2009/07/14/der-einfluss-des-im-mittel-208-jahrigen-de-vriessuess-zyklus-auf-das-klima-der-erde/>) und dem Minimum im Gleißberg-Zyklus, der den 11-jährigen Schwabe-Zyklus der Sonne moderiert, die Sonne vergleichsweise inaktiv bleibt und die Temperaturen weiter fallen lässt. Land- und Seetemperaturen werden dann, aufgrund der Wärmekapazität des Wassers, synchron zur Sonnenaktivität laufen. Derzeit ist noch von der Energie, die die Meere durch die aktive Sonne im ausgehenden 20.- und zu Beginn des 21. Jahrhunderts erhielten, in den Meeren gespeichert.

Zum arktischen Eisrückgang noch ein dramatischer Bericht der der **Royal Society**:

“In den Regionen um den Polarkreis hat ein bemerkenswerter Klimawechsel stattgefunden. [...] Mehr als 2.000 Quadratmeilen Eisfläche zwischen 74 und 80 Grad nördlicher Breite, die bislang die Grönlandsee bedeckten, sind in den letzten zwei Jahren vollkommen verschwunden [...]”

Die Kälte, die das Gebiet der Arktis über Jahrhunderte in einen undurchdringlichen Eispanzer verwandelt habe, sei offenbar in kürzester Zeit höheren Temperaturen gewichen. Auch in Zentraleuropa gibt es alarmierende Zeichen für eine rasche Klimaerwärmung:

“Alle Flüsse, die im Hochgebirge entspringen, haben aufgrund der abgetauten Schnee- und Gletscherwasser weite Regionen überschwemmt....”

Die britische Royal Society empfiehlt dringend die Entsendung von Schiffen, um den dramatischen Klimaumschwung im Nordmeer zu erforschen...

Obiger Bericht der Royal Society stammt vom 20. November 1817.