



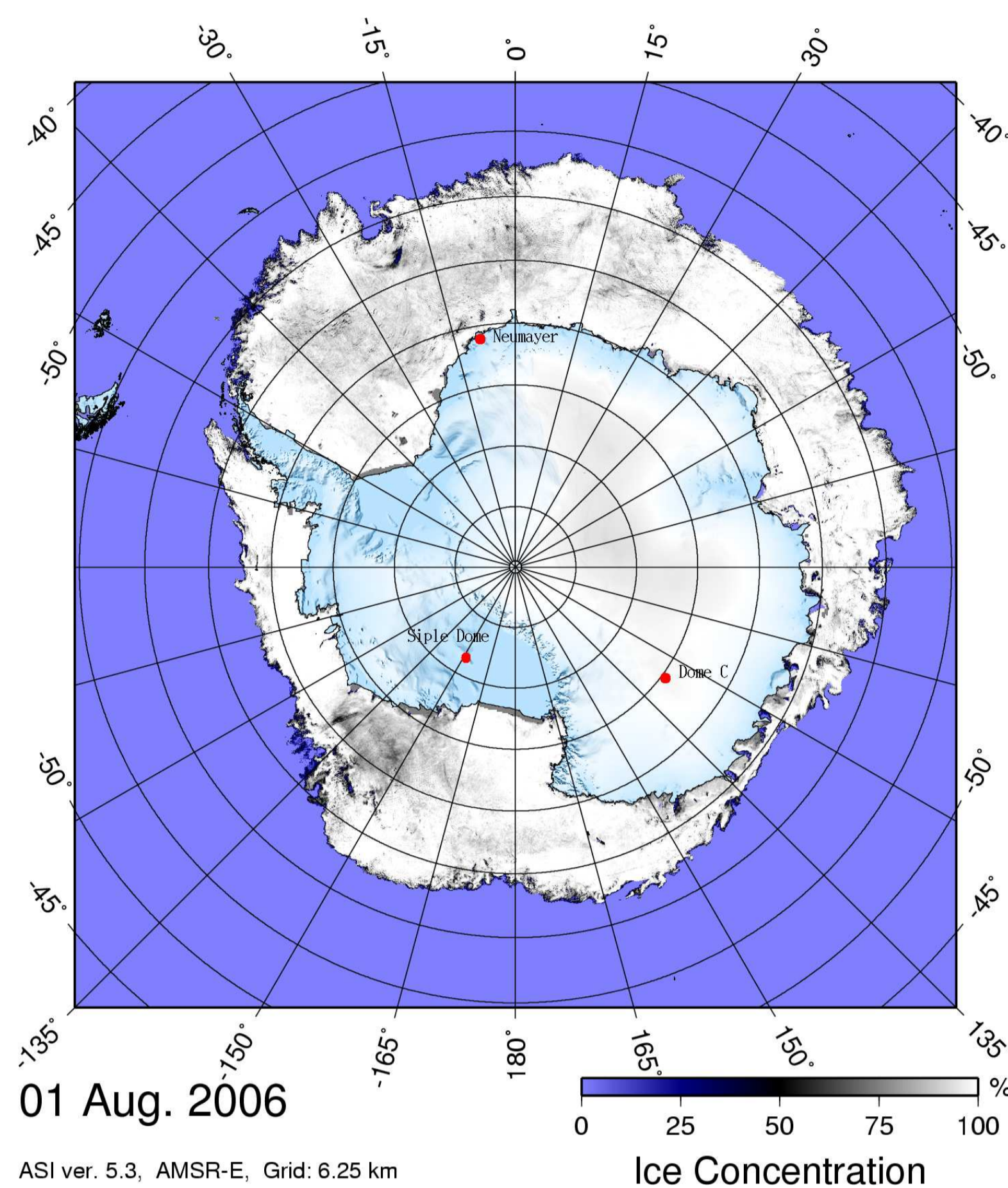
# Die Rolle des Meereises als Quelle von Salzaerosol

L. Kaleschke<sup>1</sup>, A. Richter<sup>2</sup>, J.P. Burrows<sup>2</sup>, R. Sander<sup>3</sup>, R. Weller<sup>4</sup>, G. König-Langlo<sup>4</sup>, H.-W. Jacobi<sup>4</sup>, D. Wagenbach<sup>5</sup>, X. Tian-Kunze

(1) Institut für Meereskunde, Universität Hamburg (2) Institut für Umweltp Physik, Universität Bremen (3) Max-Planck Institut für Chemie, Mainz (4) Alfred-Wegener Institut für Polar und Meeresforschung, Bremerhaven (5) Institut für Umweltp Physik, Universität Heidelberg



## Das Meereis in der Antarktis



ASI ver. 5.3, AMSR-E, Grid: 6.25 km

Ice Concentration

01 Aug. 2006

Abbildung 1: Eiskonzentration aus AQUA/AMSR-E Daten, berechnet mit dem ASI-Algorithmus (siehe auch Poster 77+13).

Das Meereis rund um die Antarktis ist von großer Bedeutung für das Klimasystem der Erde. Es beeinflusst den Austausch zwischen Ozean und Atmosphäre und den Strahlungshaushalt. Der Meereisbedeckungsgrad wird mit passiven Mikrowellensensoren seit Anfang der 70er Jahre gemessen. Seit 2002 ist mit dem Sensor AMSR-E auf dem NASA-Satelliten AQUA eine räumliche Auflösung von 4x6 km<sup>2</sup> erreichbar. Eine hohe räumliche Auflösung ist wichtig, insbesondere um die Eisbildung in Polynyen in Küstennähe zu untersuchen (siehe auch Poster 38+40). Um die Klimazeitserie der antarktischen Meereisbedeckung in die Vergangenheit auszudehnen, werden Sediment- und Eisbohrkerne interpretiert<sup>14</sup>.

## Der rätselhafte Jahresgang des Salzaerosols in der Antarktis

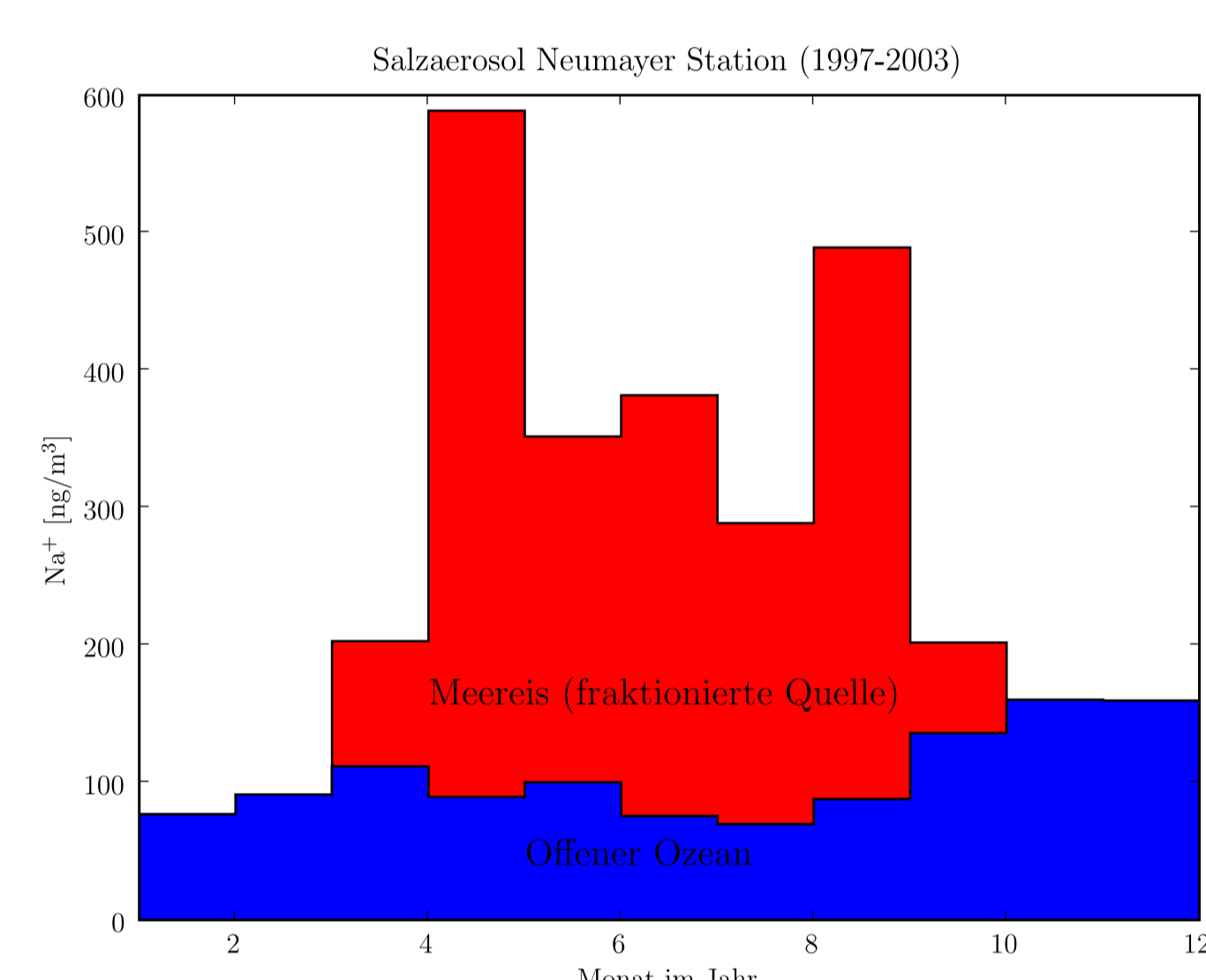


Abbildung 2: Monatsmittelwerte der atmosphärischen Natriumkonzentration gemessen mittels Aerosolfilter an der Neumayer-Station (Position siehe Abb. 1).

Die Salzaerosolkonzentration an der küstennahen Neumayer-Station zeigt ein Minimum im Antarktischen Sommer. Im Sommer ist die Distanz zwischen dem offenen Ozean und der Station am geringsten. Die Annahme des offenen Ozeans als alleinige Salzaerosolquelle durch brechende Wellen und Gischt kann dieses Phänomen nicht erklären. Das Verhältnis von Sulfat zu Natrium weicht vom normalen Meerwasser ab. Dies ist ein Hinweis auf eine fraktionierte Quelle.

## Eine Zeitreihe über 700000 Jahre

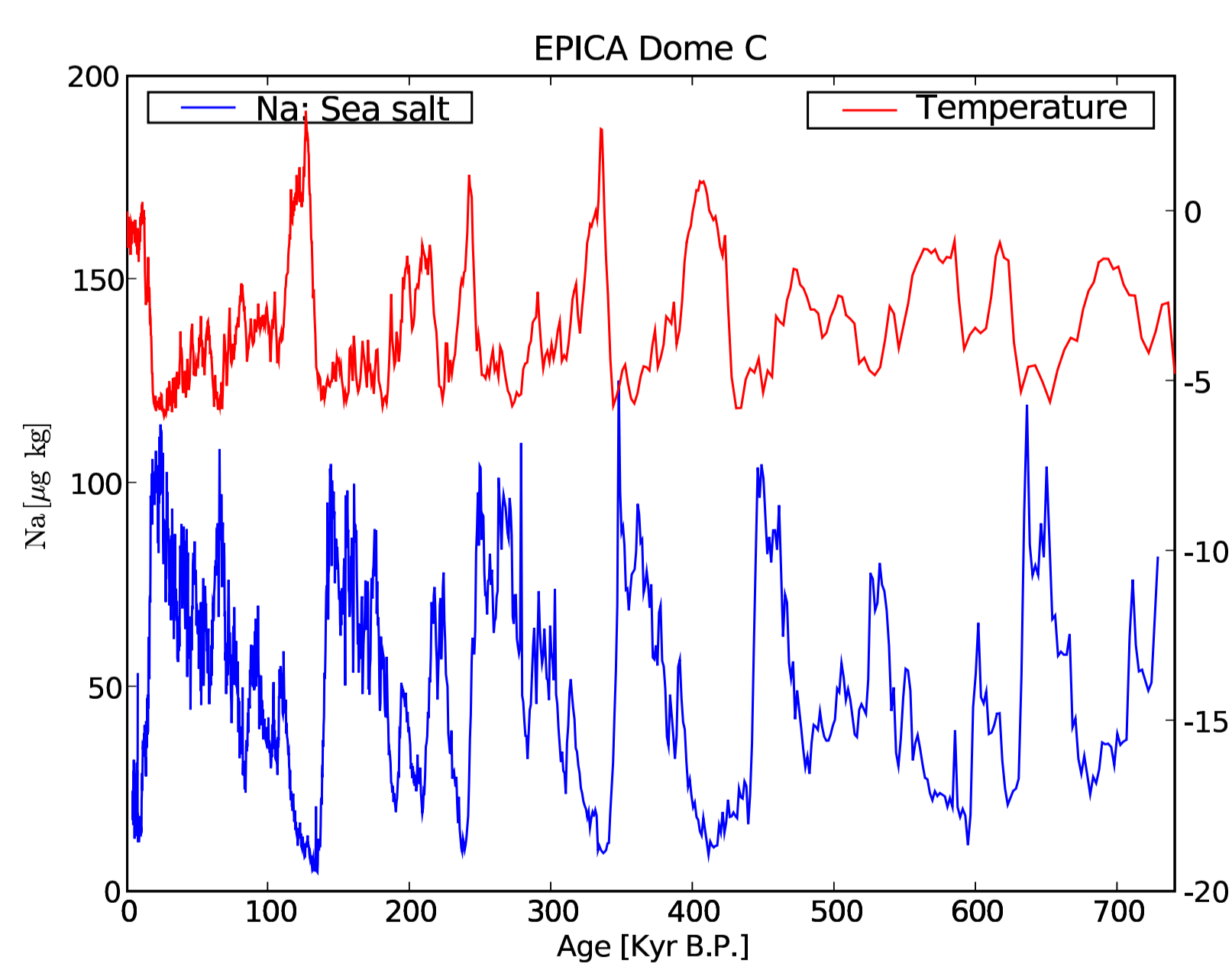


Abbildung 3: Natriumkonzentration und Temperatur abgeleitet aus dem EPICA Eisbohrkern (Position Dome-C siehe Abb. 1)

Das Eis auf dem antarktischen Kontinent dient als Klimaarchiv. Die Konzentration der Natriumionen in Eisbohrkernen ist ein Indikator für die Aerosolkonzentration. Die Temperatur und Natriumkonzentration sind stark antikorreliert. Bislang wurde dies als zu Eiszeiten vorherrschende stärkere Winde und stärkeren meridionalen Transport interpretiert. Doch die Distanz vom offenen Wasser zum antarktischen Kontinent ist größer als zu Warmzeiten. Bei einer neuen Interpretation hat ein Paradigmenwechsel stattgefunden: Nun wird das Meereis als primäre Salzaerosolquelle angenommen<sup>14</sup>.

## Das Negative Nicht-Seesalz-Sulfat

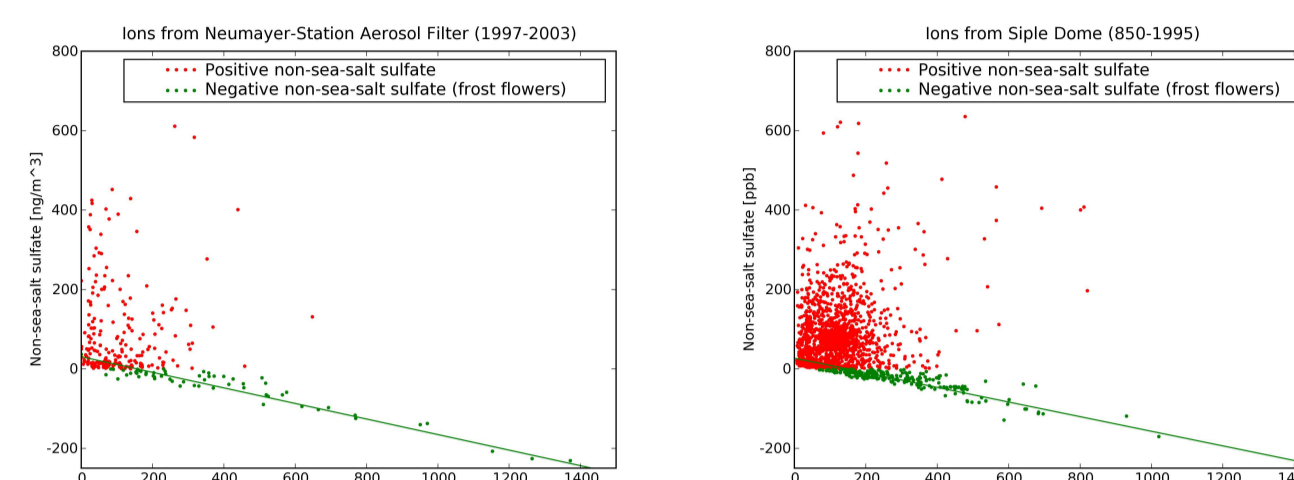


Abbildung 4: Nicht-Seesalz-Sulfat (NSS) als Funktion der Natriumkonzentration für Neumayer-Aerosol-Filter und den Eisbohrkern vom Siple Dome (Position siehe Abb. 1). Die Ionen im Eisbohrkern weisen eine sehr ähnliche Charakteristik wie die Aerosol-Filter Daten auf, der Datensatz des Siple-Dome umfasst hier allerdings einen weitaus längeren Zeitraum über mehr als tausend Jahre.

Das Nicht-Seesalz-Sulfat (NSS) ist definiert als

$$NSS = [SO_4^{2-}] - k_1[Na^+]$$

mit dem Verhältnis von normalen Meerwasser  $k_1 = 0,25$ .

Das Abgabeprodukt Dimethylsulfid (DMS) des marinen Phytoplanktons ist die dominierende biologische Schwefelverbindung in der atmosphärischen Grenzschicht. Das in den Aerosolproben an der Neumayer-Station gemessene  $SO_4^{2-}$  setzt sich zusammen aus dem Oxidationsprodukt des DMS und aus einem Meersalzanteil. Das Auftreten von negativem NSS in den Aerosolproben an der Neumayer-Station galt lange Zeit als Rätsel. Die Annahme, dass das Salz aus einer fraktionierten Quelle, dem Meereis, stammt, ist des Rätsels Lösung und bietet zudem eine Erklärung für den Jahresgang<sup>12</sup>.

## Das Phasendiagramm des Meereises

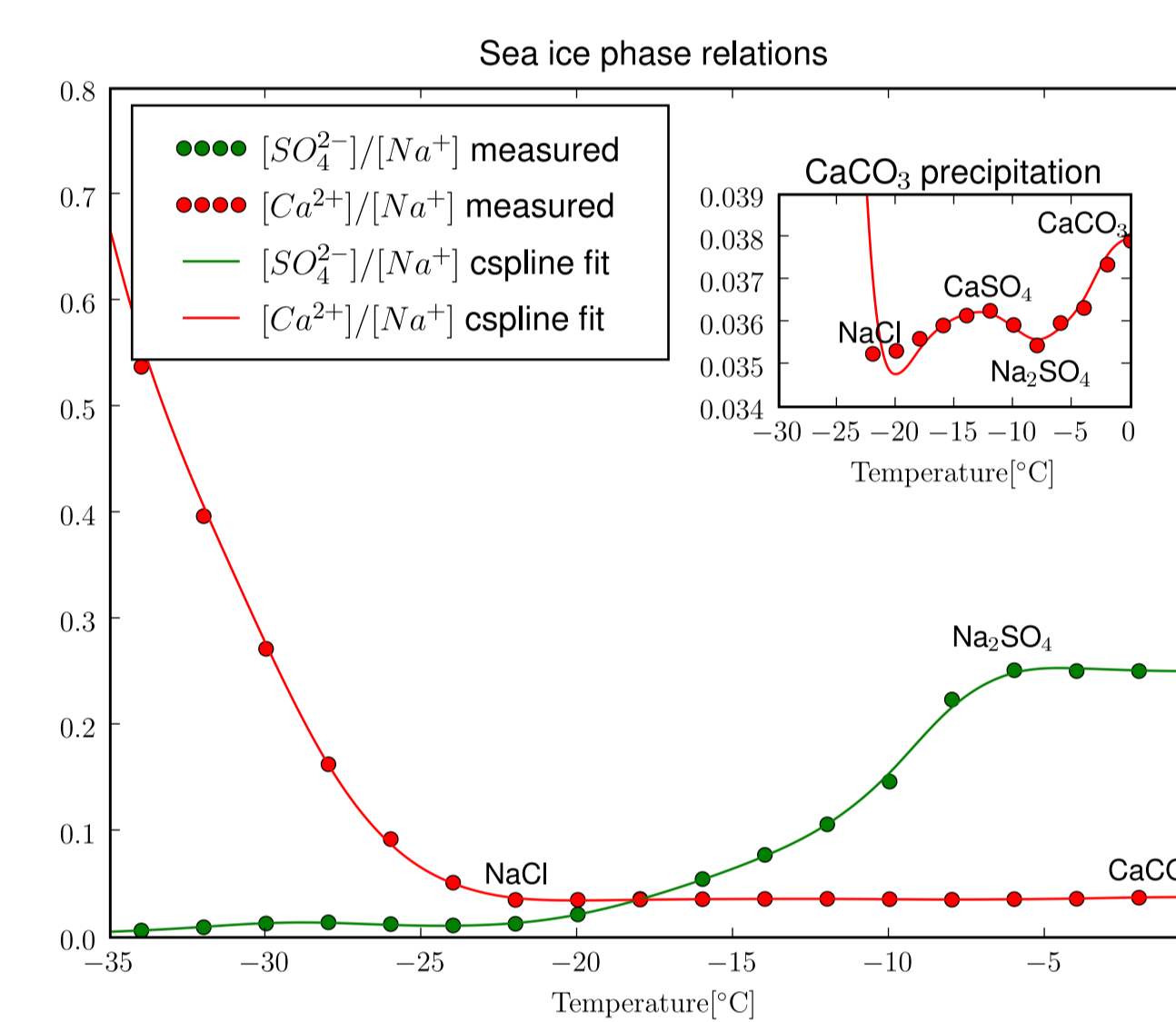


Abbildung 5: Phasendiagramm des Meereises, basierend auf den Messungen von Richardson<sup>10</sup>.

Die Löslichkeit von Salzen ist abhängig von der Temperatur des Meerwassers und der jeweiligen Ionenkonzentration. Sinkt die Temperatur, gefriert ein Teil des Wassers und es steigt die Salinität. Bei -8°C beginnt das Ausfallen von Glaubersalz ( $Na_2SO_4$ ) und es ändert sich das Verhältnis von Sulfat zu Natrium.

## Meereisblumen



Abbildung 6: Meereisblumen auf dünnem Eis (S. Kern, 2003).

Meereisblumen (Frost Flowers) treten in der Arktis und Antarktis häufig auf dünnen Eisflächen bei kalten Temperaturen auf. Die Meereisblumen wachsen auf einer dünnen Schicht konzentrierter Salzlake, welche nicht selten die dreifache Salinität des Meerwassers aufweisen kann<sup>9</sup>. Die Salzlake wird durch Kapillarkräfte auf die Eiskristalle gezogen<sup>9,12</sup>. Messungen der Eisblumen Ionen-Zusammensetzung ist ähnlich wie des Salzaerosols in der Antarktis. Daher gelten die Meereisblumen als mögliche Quelle des antarktischen Salzaerosols.

## References:

- Jacobi, H.-W., Observation of a fast ozone loss over frost flowers in the marginal ice zone of the Arctic Ocean, *J. Geophys. Res.*, subm. 2005
- Gauchard, P. A., et al., Study of the origin of atmospheric mercury depletion events recorded in Ny-Ålesund, Svalbard, spring 2003, *Atmos. Environ.*, in press 2005
- Kaleschke, L. et al., Frost flowers on sea ice as a source of sea salt and their influence on tropospheric halogen chemistry, *Geophysical research letters*, 31, L16114. DOI: 10.1029/2004GL020655, 2004
- Kaleschke, L. and G. Heygster, Towards multisensor microwave remote sensing of frost flowers on sea ice, *Annals of Glaciology*, 39, 219-222, 2004.
- Kaleschke, L. et al., SSM/I Sea Ice Remote Sensing for Mesoscale Ocean-Atmosphere Interaction Analysis, *Can. J. Remote Sensing* 27, 526-537, 2001.
- Kaspari, S. et al., Sources and transport pathways of marine aerosol species into West Antarctica, *Annals of Glaciology*, 41, in press.
- Kreutz, K.J., et al., Sea level pressure variability in the Amundsen Sea region inferred from a West Antarctic glaciochemical record, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 105 (D3), 4047-4059, 2000b.
- Martin, S., Y. Yu, and R. Drucker, The temperature dependence of frost flower growth on laboratory sea ice and the effect of the flowers on infrared observations of the surface, *J. Geophys. Res.*, 101(C5), 12,111-12,125, 1996
- Rankin, A. M., E. W. Wolff, and S. Martin, Frost flowers: Implications for tropospheric chemistry and ice core interpretation, *J. Geophys. Res.*, 107(D23), 4683, doi:10.1029/2002JD002492, 2002.
- Richardson, R., Phase Relationships in Sea Ice as a Function of Temperature, *Journal of Glaciology*, 17(77), 507-519, 1976.
- Vogt, R., P. J. Crutzen, and R. Sander, A mechanism for halogen release from sea-salt aerosol in the remote marine boundary layer, *Nature*, 383, 327-330, 1996.
- von Glasow, R. et al., Impact of reactive bromine chemistry in the troposphere ACP, Vol. 4, 2481-2497, 2004.
- Wagenbach, et al., Sea-salt aerosol in coastal Antarctic regions, *J. Geophys. Res.*, 103(D9), 10,961-10,974, 1998.
- Wolf EW, et al. Southern Ocean sea-ice extent, productivity and iron flux over the past eight glacial cycles *Nature* 440 (7083): 491-496 Mar 23, 2006.

## Danksagung

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Finanzierung im Rahmen des Schwerpunktprogramms "Antarktisforschung" KA-2694/2-1