

Frostblumen: Salzige Kristalle auf dünnem Eis

Hans-Werner Jacobi, Sandra Lehmann

Frostblumen entstehen auf neuem Meereis. Glitzernd strecken sie ihre salzigen Blätter und Halme in die Luft. Für die Wissenschaft ist das Interessante an den Frostblumen allerdings ihr hoher Salzgehalt: Frostblumen können dreimal so viel Meersalz wie das Meerwasser enthalten. Aus dem Meersalz können reaktive Halogenverbindungen entstehen, die in jedem Frühjahr die bodennahen Ozonkonzentrationen in weiten Polarregionen auf Null fallen lassen. Satellitenmessungen weisen einen engen räumlichen Zusammenhang zwischen dem Auftauchen der Frostblumen und dem Auftreten erhöhter Halogenkonzentrationen nach. Der eigentliche Prozess der Halogenaktivierung kann von den Satelliten aus jedoch nicht beobachtet werden.

Uns ist es gelungen, die Bedingungen, die zur Entstehung von Frostblumen nötig sind, im Labor zu erzeugen: hohe relative Luftfeuchtigkeit und extrem niedrige Lufttemperaturen. Unter optimalen Bedingungen wachsen die Frostblumen im Kühlraum über Nacht und formen wunderbare Kristalle, die wir mit Hilfe einer Infrarot-(IR)-Kamera auch aus der Nähe betrachten können (Abb. 17). Frostblumen werden aufgrund ihrer geringen Masse durch die kalte Umgebungsluft sehr stark abgekühlt. Das Meereis wird hingegen von dem darunter liegenden, flüssigen Wasser gewärmt. In den Bildern der IR-Kamera heben sich die kalten Frostblumen daher kontrastreich vom warmen Meereis ab. Aneinandergereiht ergeben die IR-

Frost flowers: salty crystals on thin ice

Hans-Werner Jacobi, Sandra Lehmann

Frost flowers grow on new sea ice. They stretch their salty leaves and blades glittering and glistening into the air. What makes them so interesting for scientists is their salt content: frost flowers can contain three times as much salt as standard seawater. From the salt reactive halogen compounds can be produced, which let the atmospheric ozone concentration at the Earth's surface drop to zero in large parts of both polar regions. Remote sensing data indicate a strong spatial correlation between the occurrence of frost flowers and elevated halogen concentrations. The specific process of the halogen activation, however, cannot be observed from satellites.

We succeeded in generating the ambient conditions necessary for the growth of frost flowers in the laboratory: high relative humidity and extremely low air temperatures. Optimized conditions let the frost flowers form over night generating extraordinary crystals, which we observe at close range using an infrared (IR) camera (Figure 17). Due to their small mass frost flowers assume the low ambient temperatures of the surrounding air. In contrast, the underlying liquid seawater keeps the sea ice warm. In the pictures of the IR camera the cold frost flowers can be identified in a stark contrast against the warm sea ice. In a sequence of IR pictures the growth of the frost flowers can easily be observed in detail.

Frost flowers rise due to the condensation of water molecules from the atmosphere onto the sea ice. Even at temperatures well below the freezing point a quasi-liquid surface layer covers the ice, which forms the frost flowers. Since the sea ice is also covered

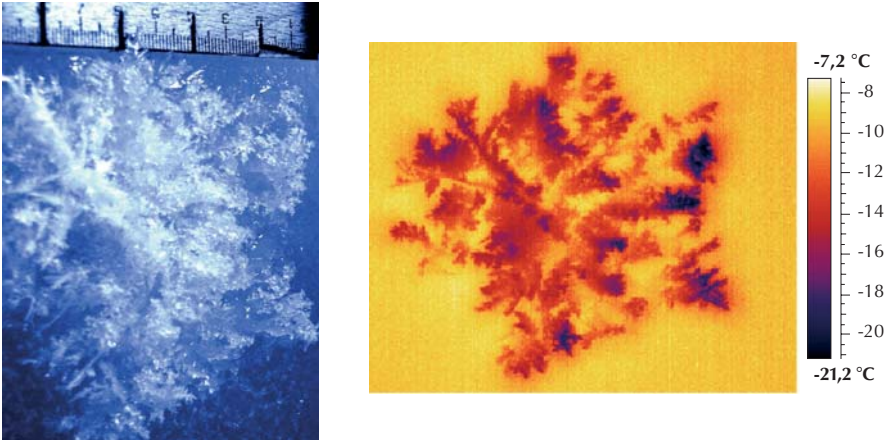


Abb. 17: Aufnahmen einer künstlichen Frostblume (links mit einer Digitalkamera, rechts mit einer IR-Kamera). In der IR-Aufnahme lassen sich die einzelnen Strukturen gut wiedererkennen. Die horizontale Ausdehnung der Frostblume beträgt ca. 10 cm. Die IR-Aufnahme demonstriert die starken Temperaturunterschiede zwischen der Frostblume (Temperaturen an den Spitzen zwischen –14 und –20 °C) und der relativ warmen Eisoberfläche (-9 °C). Die Daten können zur Berechnung von Temperaturunterschieden oder des Bedeckungsgrads verwendet werden.

Fig. 17: Pictures of an artificial frost flower (left with a digital, right with an IR camera). Separate structures in the visible picture can easily be recognized in the IR picture. The horizontal dimension of the frost flower was around 10 cm. The IR picture demonstrates the stark temperature differences between the frost flower (temperatures around –14 and –20 °C at the tips of the branches) and the relatively warm sea ice surface (-9 °C). The data can be analyzed regarding the temperature gradients and degrees of surface coverage.

with a thin film of salty, but liquid brine, the sea salt ions can migrate from the brine into the frost flowers. Our first laboratory experiments indicate that the salt content of the frost flowers increases with the age of the frost flowers, which is in good agreement with the described mechanism.

This young research topic concerning frost flowers will be continued from August until October 2006 during the Polarstern cruise ANT XXIII/7, which will bring us into the ice-covered Weddell Sea. At that time of the year the Weddell Sea offers ideal conditions for the observation of frost flowers. We expect that the then available data will help to resolve the relationship between the occurrence of frost flowers and the depletion of ozone at the earth's surface.

Aufnahmen ganze Filme, die das Wachstum der Frostblumen im Detail wiedergeben können.

Die Frostblumen wachsen durch die Kondensation von Wassermolekülen aus der Atmosphäre auf dem Meereis. Das Eis, aus dem die Frostblumen bestehen, ist auch bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt von einer quasi-flüssigen Oberflächenschicht überzogen. Da das Meereis ebenfalls mit einem dünnen Film einer hochkonzentrierten Salzlösung bedeckt ist, können die Ionen aus dieser Meersalzlösung in die Frostblumen hineinwandern. Unsere ersten Laboruntersuchungen deuten darauf hin, dass der Salzgehalt der Frostblumen mit dem Alter zunimmt. Dieser Befund steht im Einklang mit dem oben beschriebenen Mechanismus.

Die noch junge Forschung an Frostblumen soll von August bis Oktober 2006 während der Polarsternfahrt ANT XXIII/7 im eisbedeckten Weddellmeer fortgesetzt werden. Zu dieser Jahreszeit erwarten wir dort ideale Bedingungen, um die Entstehung der Frostblumen zu beobachten. Wir erwarten mit Hilfe der dann zur Verfügung stehenden Daten, die Beziehung zwischen dem Auftreten von Frostblumen und dem Auftreten des Ozonabbaus am Boden präziser beschreiben zu können.