

SCHIFFSMESSUNGEN VON OBERFLÄCHENFLÜSSEN ÜBER EISRINNEN IN DER WINTERLICHEN ARKTIS

A.B. HEIDE, C. LÜPKES, J. HARTMANN

*Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung,
Bremerhaven, Deutschland*

1 EINLEITUNG

In polaren Regionen mit hoher Meereisbedeckung existieren auch im Winterhalbjahr Rinnen, die entweder eisfrei oder mit dünnem Neueis bedeckt sind. Zu dieser Jahreszeit ist der Temperaturunterschied zwischen der Wasseroberfläche in den Rinnen und der darüber strömenden Luft besonders hoch. Dadurch kann sich dort starke Konvektion entwickeln, welche die Struktur der atmosphärischen Grenzschicht wesentlich beeinflusst und sich in die über dem Meereis leicht stabil geschichtete Grenzschicht ausbreitet. Bisher wurden nur sehr wenige Messungen im Bereich von Eisrinnen vorgenommen.

2 DAS EXPERIMENT

Die Expedition ARKTIS XIX/1 des Forschungsschiffes *Polarstern* im Frühjahr 2003 in den Arktischen Ozean (Schauer und Kattner, 2004) hatte zum Ziel, die Auswirkung von Konvektion im Bereich von Polynen auf die Atmosphäre und den Ozean zu untersuchen. Dabei wurden turbulente Impuls- und Wärmeflüsse über Eisrinnen mit Hilfe einer Turbulenzmessanlage (TMS) gemessen (Lüpkes *et al.*, 2004). Die TMS bestand aus einem Mast am Bugkran des Schiffes, der mit METEK Ultraschallanemometern (Sonic) und Temperatursensoren in fünf verschiedenen Höhen zwischen 3 m und 20 m über der Oberfläche bestückt war. Diese TMS machte es möglich, konvektive Prozesse direkt über der Rinnenoberfläche zu messen. Die Sonics messen 3-D Windgeschwindigkeiten und Temperaturfluktuationen und mit einer Frequenz von 17 Hz. Zusätzlich wurden Temperaturen mit pt-100 Temperaturfühlern mit einer Frequenz von 1 Hz bestimmt. Ausserdem wurde mit zwei KT15 Strahlungsthermometern die Oberflächentemperatur nahe des Schiffes ermittelt. Aus diesen Messungen konnten turbulente Impulsflüsse sowie turbulente Flüsse sensibler Wärme abgeleitet werden. Aufgrund der niedrigen Temperaturen konnte der TMS-Mast nicht immer mit allen Sensoren betrieben werden.

Hier werden die Ergebnisse einer Driftstation vom 24. März 2003 in der Barentsee präsentiert. Abbildung 1 zeigt eine Skizze der Eisrinne. Die 200–300 m breite und etwa 1500 m lange Rinne wurde von *Polarstern* zweimal durchquert. Bei der ersten Durchquerung war die Rinne mit 7.5 cm dickem Neueis bedeckt (Abbildung 1a), und vor der zweiten Durchquerung wurde das Neueis durch *Polarstern* zerstört (Abbildung 1b). Dadurch konnte der Einfluß von dünnem Eis auf die turbulenten Flüsse sehr gut untersucht werden, da in beiden Fällen vergleichbare atmosphärische Bedingungen vorherrschten.

Während der ersten Messung, die am 24.03.2004 um 11:26 Uhr begann, konnten die Daten zwischen 5 m und 19 m über der Oberfläche verwertet werden. Die Anströmung erfolgte während der gesamten Messung direkt von vorn mit einer Windgeschwindigkeit von 4–5 m/s. Während der dreistündigen Drift stoppte das Schiff zu stationären Messungen an fünf Positionen (Positionen 1, 2, 3, 4 und 8) für jeweils etwa 20 Minuten. Weitere drei Positionen, an denen nachfolgend Messungen dargestellt sind (Positionen 5, 6 und 7), wurden aus langsamen Driften ermittelt. Die erste Messposition (Position 1 in Abbildung 1a) befand sich dabei über dem Meereis auf der Leeseite der Rinne, um zu untersuchen, inwieweit sich die von der Rinne ausgelöste Konvektion noch über dem Eis im Lee bemerkbar macht. An der letzten Position (Position 8 in Abbildung 1a) wurde die Strömung über dem Meereis auf der Luvseite, unbeeinflusst von der Rinne, gemessen.

Nach dem Zurückfahren zur Ausgangsposition, begann die zweite Messung um 15:35 Uhr und dauerte ebenfalls 3 Stunden. Für die zweite Messung stehen Daten zwischen 5 m und 12 m über der Oberfläche zur Verfügung. Auch hier erfolgte die Anströmung direkt von vorn mit einer Geschwindigkeit von ca. 4 m/s. Die Rinne ist bei dieser Durchquerung 550 m länger als bei der ersten Durchquerung, was möglicherweise durch driftendes Meereis aufgrund von Gezeiten verursacht wurde. Es wurde an 5 Positionen gemessen,

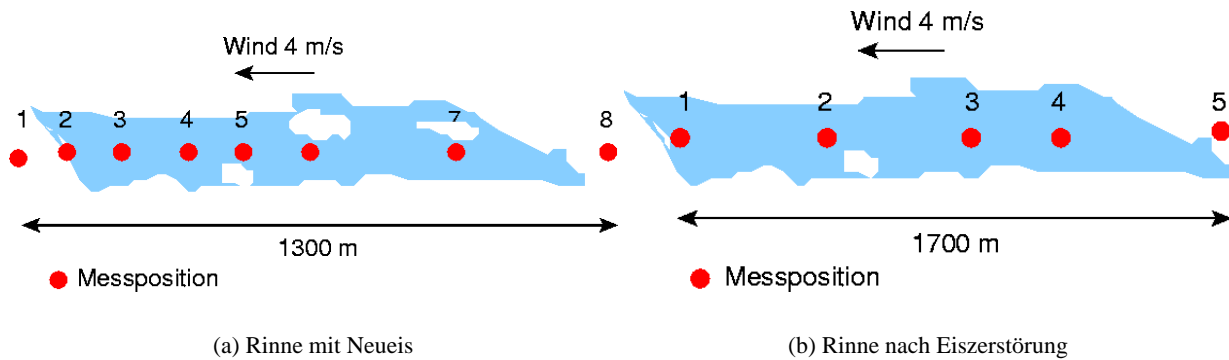


Abbildung 1: Skizze der Rinne vom 24.03.2003 mit Messpositionen.

wobei die letzte Position (Position 5 in Abbildung 1b) auch hier über dem Meereis luvseitig der Rinne liegt.

3 ERGEBNISSE

In Abbildung 2 sind im oberen Teil die vom KT15-Sensor gemessenen Oberflächentemperaturen (T_S) und im unteren Teil die ermittelten fühlbaren Wärmeflüsse (H_ν) jeweils für beide Durchquerungen dargestellt. In Abbildung 2a sind drei verschiedene Level der Oberflächentemperatur zu erkennen. Der Wert -3°C deutet darauf hin, dass über offenem Wasser gemessen wurde. Da der Strahlungstemperatursensor nicht die Temperatur der Wasseroberfläche, sondern der laminaren Luftschicht darüber misst, ist T_S hier kleiner als -1.8°C (Gefrierpunkt von Meerwasser). Eine Oberflächentemperatur von -10°C kann mit dünnem Neueis in Verbindung gebracht werden und bei $T_S < -15^\circ\text{C}$ fand die Messung über Packeis statt. Während der Driften (z.B. Position 5 und 7 in Abbildung 2a) ist T_S und damit die Eisbedeckung und Eisdicke sehr variabel. T_S ist über dünnem Eis noch deutlich höher (ca. 10°C) als über dem umgebenden Packeis. Es wird also Wärme aus dem relativ warmen Ozean durch die Eisschicht in die Atmosphäre transportiert.

Im unteren Teil der Abbildung 2 sollen die grau unterlegten Flächen die Rinne und weiße Flächen das umgebende Meereis verdeutlichen. Über dem Meereis im Luv der Rinne ist H_ν negativ und damit nach unten gerichtet (Position 8 in Abbildung 2c, Position 5 in Abbildung 2d). Das bedeutet, dass wegen der stabilen Schichtung Wärme aus der Atmosphäre zum Meereis transportiert wird. Mit zunehmender Entfernung von der luvseitigen Eiskante wird H_ν in beiden Experimenten positiv und größer. Bei der ersten Rinnenüberquerung gibt es eine Messposition über dem Meereis im Lee der Rinne (Position 1, Abbildung 2c). Auch dort wird ein nach oben gerichteter Wärmefluss beobachtet. Über der Rinne nimmt H_ν mit der Höhe ab. Im eisfreien Fall kann an einigen Positionen ein Unterschied von etwa 30 W/m^2 zwischen 5 m und 15 m Höhe ermittelt werden. Durch die isolierende Wirkung des Neueises ist H_ν im ersten Fall allgemein geringer.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Messungen erlauben es, die Wirkung von dünnem Eis auf einer Meereisrinne auf die turbulenten Flüsse fühlbarer Wärme und damit auf den Wärmeaustausch zwischen Atmosphäre und Ozean zu bestimmen. Es konnte gezeigt werden, dass trotz der Bedeckung mit Neueis über der Rinne hohe Wärmeflüsse auftreten können. Allerdings sind die Flüsse über der offenen Rinne um bis zu 30% größer. Dies zeigt, wie wichtig es ist, auch dünneres Eis bei der Berechnung des Energiehaushaltes über dem Arktischen Ozean zu berücksichtigen.

Die Messungen zeigen deutlich die Ausbildung einer internen Grenzschicht über der Rinne, die sich im Lee fortsetzt. Offenbar wird das Konvektionsgebiet mit der Strömung über das umgebende Packeis transportiert. Um die Strömung über Rinnen in einem Modell realistisch zu erfassen, sollte beachtet werden, dass die turbulenten Flüsse über Rinnen auch in den unteren 20 m nicht als höhenkonstant angenommen werden können.

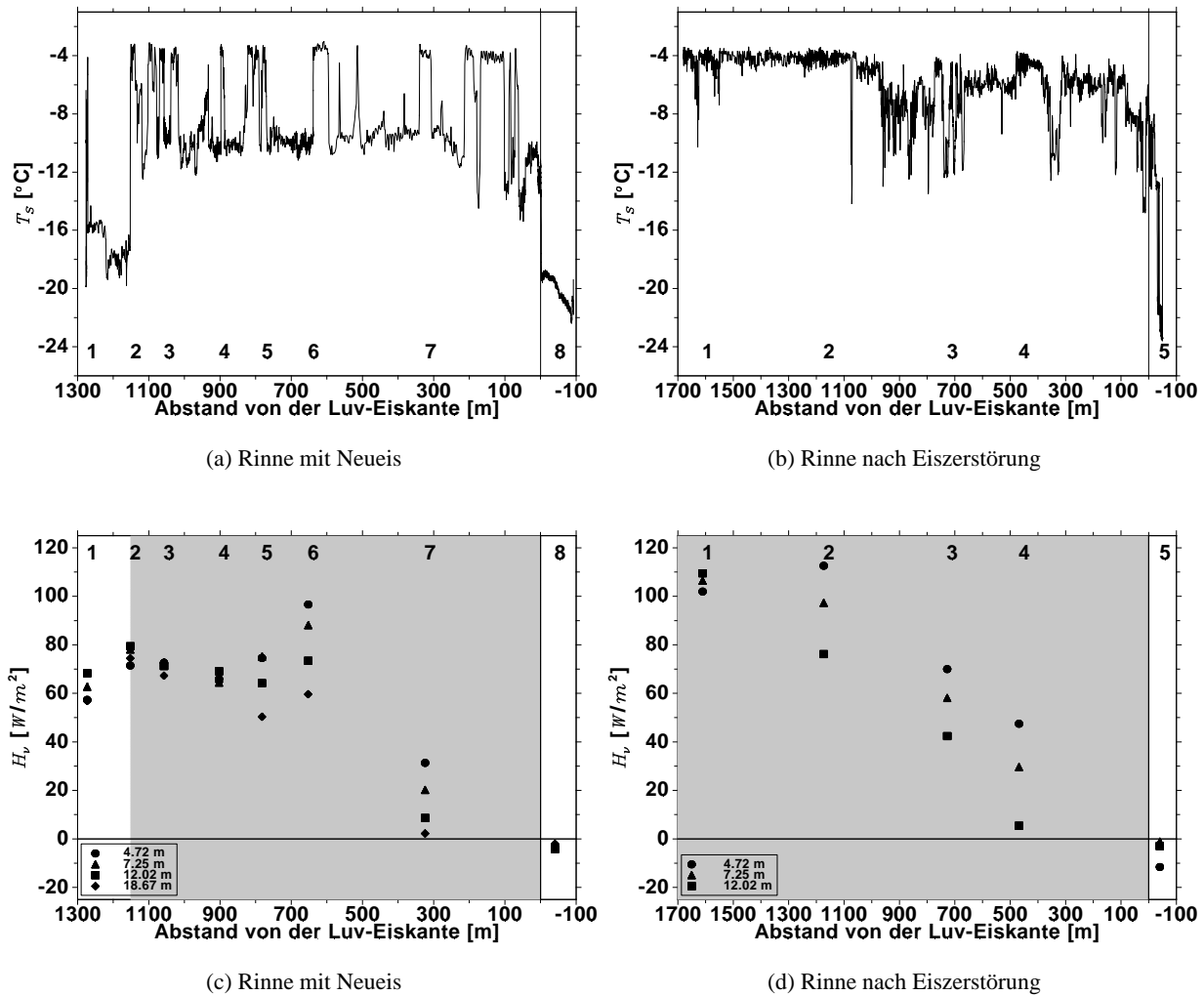


Abbildung 2: Oberflächenstrahlungstemperaturen T_S vom 24.03.2004 für (a) die Rinne mit Neueis und (b) nach der Zerstörung des Neueises. Fühlbarer Wärmefluß H_v für den Fall mit Neueis (c) und ohne Neueis (d). Die Position der Eisrinne ist in (c) und (d) grau unterlegt.

LITERATUR

- Lüpkes, C., Hartmann, J., Birnbaum, G., Yelland, M., Pascal, R., Spieß, T., Buschmann, M. (2004). Convection Over Arctic Leads (COAL), The Expedition ARKTIS XIX/1 a, b and XIX/2 of the Research Vessel 'POLARSTERN' in 2003, *Berichte zur Polar- und Meeresforschung*, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, 481, 47-62.
- Schauer, U. und Kattner, G. (2004). The Expedition ARKTIS XIX/1 a, b and XIX/2 of the Research Vessel 'POLARSTERN' in 2003. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung*, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, 481, 194.