

Wie kalt ist der Erdboden in der Arktis? Bayreuther Forscher optimieren Mess- und Berechnungsverfahren

Wettervorhersagen und Klimaprognosen sind das Resultat einer Vielzahl empirischer Daten. Diese werden insbesondere dadurch gewonnen, dass Luftströmungen und Wärmetransporte sowie Austauschprozesse von Wasser, Kohlendioxid und anderen Stoffen mit hochmodernen Messtechniken erfasst werden. Für die Auswertung dieser Daten haben die Meteorologie und die Klimaforschung komplexe Modelle entwickelt. Diese Modelle zielen darauf ab, künftige Entwicklungen von Wetter und Klima möglichst präzise einschätzen zu können. Ein Faktor, der bei diesen Berechnungen eine zentrale Rolle spielt, ist die Temperatur unmittelbar an der Erdoberfläche. Sie lässt sich prinzipiell nicht durch Temperaturmessungen ermitteln, sondern sie kann immer nur „parametrisiert“, d.h. auf der Grundlage anderweitig gewonnener Daten eingeschätzt werden. Methodische Sorgfalt bei der Berechnung der Bodenoberflächentemperatur ist daher unabdingbar, wenn man Wetter- und Klimaprozesse möglichst fehlerfrei beschreiben und prognostizieren will.

Dies gilt auch für Untersuchungen zum Klimawandel in der Arktis. Forscher der Abteilung Mikrometeorologie der Universität Bayreuth haben - im Rahmen des Forschungsprojekts ARCTEX 2006 - in Spitzbergen umfangreiche Messungen vorgenommen. Dabei sind sie auf ein Phänomen gestoßen, das selbst erfahrene Klimaforscher zu Fehleinschätzungen der Bodenoberflächentemperatur verleiten kann.

Über dieses Phänomen und seine Konsequenzen für die Wetter- und Klimaforschung berichten Dr. Johannes Lüers, der Bayreuther Leiter des Forscherteams, und sein Kollege Dr. Jörg Bareiss von der Universität Trier in der jüngsten Ausgabe der Zeitschrift „Atmospheric Chemistry and Physics“. Wie Lüers hervorhebt, nimmt die sorgfältige Auswertung von Klimadaten, die in mehrwöchigen Forschungsexpeditionen gewonnen wurden, oftmals längere Zeiträume in Anspruch: „Es ist daher keineswegs ungewöhnlich, dass unsere Publikation erst dreieinhalb Jahre nach den Messungen in der Arktis erscheint.“

Inselgruppe Spitzbergen
(norwegisch: Svalbard)





Blick kurz vor Mitternacht über den Kongsfjord zum Kronebreen-Gletscher

Ungewöhnliche Temperaturprofile im Arktischen Frühling

Normalerweise nimmt die Temperatur der Luft stetig ab, je weiter man sich von der Erdoberfläche entfernt. Dieser vertikale Temperaturverlauf ist jedoch über kalten Oberflächen, wie z.B. über einer Schnee- oder Eisfläche im Arktischen Frühling, oftmals gestört – und zwar in dem Abschnitt zwischen Boden und 3 Metern über dem Boden. Dabei steigt die Temperatur über der Erd- oder Schneeoberfläche zunächst stark an, bis eine Höhe zwischen 1 und 3 Metern erreicht ist. Erst dann fällt die Temperatur mit wachsender Entfernung vom Erdboden im normalen Verlauf ab. Dieses Phänomen wird in der Forschung als schmale Inversionsschicht („narrow inversion layer“) bezeichnet.

Das Forscherteam aus Bayreuth hat herausgefunden, dass dieser gestörte vertikale Temperaturverlauf in der Arktis unter zwei verschiedenen Konstellationen entsteht. Einerseits kann sich die Oberfläche des Dauerfrostbodens in den Morgen- und in den Abendstunden extrem abkühlen; und zwar deutlich schneller als die unmittelbar darüber liegende Luftschicht. In diesen Fällen ist dann bis zu einer Höhe von 1 bis 3 Meter über dem Boden ein starker Temperaturanstieg zu beobachten. Andererseits kommt es vor, dass die Temperatur an der Bodenoberfläche während der Mittagsstunden rasch ansteigt. Dann geschieht es, dass die darüber liegende Luft bis zu einer Höhe von 1 Meter kälter wird, sich danach aber bis zu einer Höhe von 3 Metern wieder erwärmt; und erst darüber kühlt sie sich wieder stetig ab.

Berechnungen der Bodenoberflächentemperatur: Inversionsschichten als mögliche Fehlerquelle

Weshalb kann die schmale Inversionsschicht sich irreführend auf die Berechnung der Oberflächentemperatur auswirken? Ein Faktor, der normalerweise die Temperatur in der Nähe des Erdbodens wesentlich mit beeinflusst, sind vertikale turbulente Luftbewegungen in den darüber liegenden Luftschichten. Es handelt sich um Wirbel unterschiedlicher Größe, die von oben kommend in die unteren Luftschichten eingreifen. Sie transportieren dabei warme oder kalte Luft, Wasser sowie Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen. Die Größe und die Geschwindigkeit dieser Wirbel sowie der damit einhergehende Energie- und Stoffaustausch werden mit der sog. Eddy-Kovarianz-Methode gemessen; einem Verfahren, bei dem sowohl Ultraschall als auch Infrarotstrahlen zum Einsatz kommen. Die dabei gewonnenen Daten erlauben wesentliche Rückschlüsse auf die Richtung, die Geschwindigkeit und den Umfang der vertikalen Stoff- und Energieflüsse, die sich in den Luftschichten abspielen. Infolgedessen bieten diese Daten wertvolle Hinweise, wenn es darum geht, die Temperatur am Erdboden einzuschätzen. Sie ermöglichen umso genauere Berechnungen, je weiter die mit der Eddy-Kovarianz-Methode gemessenen Turbulenzen nach unten reichen; das heißt je näher sie der Bodenoberfläche kommen.

Nun verhält es sich jedoch so, dass die Inversionsschicht, die bis in eine Höhe von rund 3 Metern reichen kann und durch ein gestörtes Temperaturprofil gekennzeichnet ist, die darüber liegenden Turbulenzen abpuffert. Dadurch sind die Stoff- und Energieflüsse, die in dem Bereich zwischen dem Boden und 3 Metern Höhe stattfinden, entkoppelt von den Stoff- und Energieflüssen, die sich in den darüber liegenden Luftschichten abspielen. Diese Entkopplung muss bei den Messverfahren und bei den Berechnungsformeln berücksichtigt werden, die bei der Abschätzung der Bodenoberflächentemperatur zum Einsatz kommen. Andernfalls können hierbei erhebliche Fehler auftreten.



Turbulenzmesskomplex
in Ny-Ålesund, Spitzbergen

Auf dem Weg zu optimierten Mess- und Berechnungsverfahren

Die Bayreuther Klimaforscher haben deshalb bei ihren Messungen in der Arktis gezielt darauf hingearbeitet, die Bodenoberflächentemperatur durch vielfältige Messverfahren und -instrumente möglichst zuverlässig abzuschätzen. Für Messungen in den bodennahen Schichten haben sie Windmesser und Thermohygrometer, aber auch Laser-Szintillometer eingesetzt. Hierbei werden mit Hilfe von zwei parallelen Laserstrahlen, die in einer Höhe von 1,5 Metern die Luftschicht über dem schneebedeckten Boden durchqueren, Wärme-flüsse in Bodennähe gemessen. In der Arktis sollten zudem die Beschaffenheit der Böden, die dem Dauerfrost ausgesetzt sind, und auch die Schnee- und Eisschichten an der Bodenoberfläche genauer untersucht werden.

„Je genauer man den Einsatz von Messinstrumenten und Messverfahren den spezifischen klimatischen Verhältnissen anpasst, desto zuverlässiger lässt sich die Temperatur am Erdboden berechnen“, erklärt Lüers. „Und damit steigt auch die Zuverlässigkeit von Wetter- und Klimamodellen, in denen die Bodenoberflächentemperatur ein wesentlicher Parameter ist.“ Für die Bodenoberfläche in Spitzbergen haben die Forscher aus Bayreuth im Mai 2006 eine Temperatur von bis zu minus 15 Grad Celsius ermitteln können.



Laser-Szintillometer am Anfang einer rund 100 m langen Messstrecke in 1,5 Metern über dem Boden

Forschen in eindrucksvoller Landschaft

ARCTEX – der Name steht für Arctic Turbulence Experiments - ist ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördertes Klimaforschungsprojekt, das im Jahr 2006 mit einer Expedition zur Inselgruppe Spitzbergen begann. 2009 fand eine weitere Forschungsreise statt. Die Forscher aus Bayreuth und Trier erlebten dabei eine eindrucksvolle Landschaft im „ewigen Eis“.

Die Genehmigung für ihre Forschungsarbeiten in Spitzbergen erhielten sie von einem norwegischen Gouverneur, der in Longyearbyen – dem Zentrum der Hauptinsel – seinen Amtssitz hat. Die Inselgruppe (norwegisch: Svalbard) wird seit 1925 von Norwegen verwaltet, sie ist allerdings nicht Teil des norwegischen Staatsgebiets. Spitzbergen ist das nördlichste Gebiet der Erde, das in größerem Umfang bewohnt ist.

Titelaufnahme:

Lüers, J; Bareiss, J.: The effect of misleading surface temperature estimations on the sensible heat fluxes at a high Arctic site – the Arctic turbulence experiment 2006 on Svalbard (ARCTEX-2006),

In: Atmospheric Chemistry and Physics, 2010(1), p. 157-168

=> www.atmos-chem-phys.net/10/157/2010/acp-10-157-2010.html

Kontaktadresse für weitere Informationen:

Dr. Johannes Lüers
Universität Bayreuth
Abteilung Mikrometeorologie
Universitätsstrasse 30, GEO II
95440 Bayreuth

Telefon: +49 (0) 921 / 55-2362

Fax: +49 (0)921 / 55-2366

E-Mail: johannes.lueers@uni-bayreuth.de



Dr. Johannes Lüers

Text und Redaktion: Christian Wißler

Abbildungen:

Fotos aus der Arktis: Johannes Lüers, Grafik: Reinhold Stahlmann / Christian Göppner.

Bilder zur Veröffentlichung frei.

Bilder zum Download: www.uni-bayreuth.de/blick-in-die-forschung/05-2010-Bilder