

EIN SCHNEEDECKENMODELL FUER GLOBALE ANWENDBARKEIT

Bettina Loth

Max - Planck - Institut für Meteorologie Hamburg

1 Einführung

Mitte der siebziger Jahre kristallisierte sich heraus, daß die Schneedecke neben den Gletschern ein guter Indikator für Klimaschwankungen ist (FLOHN, 1974). Desweiteren wurde gezeigt, daß Schneeanomalien klein- und großskalige Klimaveränderungen anregen sowie als Bindeglied in lokalen und globalen Rückkopplungsprozessen wirken können (WALSH et al., 1985; HEIM und DEWEY 1984; DEWEY, 1987; BARNETT et al., 1988; GRAF, 1989). Schneedecken weisen dabei die Spezifik auf, je nach der Dauer ihres Auftretens Integrator winterlicher oder länger andauernder Störungen zu sein.

Angesichts der hohen Empfindlichkeit des Klimasystems auf Schnee, ist es notwendig, in numerischen Langzeitstudien ein Schneemodell zu verwenden, das die Wechselwirkung des Schnees mit der Atmosphäre und dem Boden sowie die schneeeinternen Prozesse relativ exakt widerspiegelt. Existierende Schneemodelle beschreiben die Schneedecke entweder in stark vereinfachter Form (Vernachlässigung der Alterungsprozesse, keine Betrachtung der Flüssigwasserretention und der Wasserdampfdiffusion, unrealistische Simulation der Albedoänderung) oder sind sehr rechenintensiv (explizite oder iterative Verfahren).

In diesem Artikel wird ein mehrschichtiges Schneemodell vorgestellt, das auf der Grundlage von Energie- und Massenbilanzen arbeitet und alle im Lebenszyklus einer Schneedecke wichtigen Prozesse berücksichtigt. Durch die Vermeidung eines Iterationsverfahrens wird der Rechenaufwand gering gehalten. Außer die auf der Physik der Prozesse beruhenden Parametrisierungen wurden keine weiteren in das Modell eingeführt. Dadurch wird eine globale Anwendbarkeit offengehalten.

2 Modellphysik

Im Modell wird Schnee als eindimensionales System mit der Vertikalkoordinate z betrachtet, das sich

aus den drei Phasen des Wassers (Eis, Flüssigwasser und Wasserdampf) und Luft zusammensetzt. Eingangsdaten sind die Luft- und Taupunkttemperatur, der bodennahe Luftdruck, die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe, der Gesamtbedeckungsgrad, die Wolkengattung der einzelnen Niveaus, die Niederschlagsmenge und die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe. Zusätzlich werden Globalstrahlungsdaten oder geographische Daten (geographische Breite und Länge, Höhe über NN, Hangneigungswinkel und -richtung, Horizontabschattung) benötigt. Als interne Prozesse werden die Temperatur- und Wasserdampfdiffusion, die Extinktion der kurzwelligen Strahlung innerhalb der Schneedecke, die Flüssigwassertransmission und die Alterung simuliert. Zu den Randbedingungen zählen der kurz- und langwellige Strahlungshaushalt an der Schneeoberfläche, die turbulenten Wärmeströme, der Bodenwärmestrom, der Niederschlag und der turbulente Wasserdampfstrom.

Die numerische Formulierung erfolgt in finiten Differenzen. Der Simulationszeitschritt beträgt 2 Stunden. Die Schneedecke wird schichtenweise analysiert, wobei sich die Anzahl der Schichten nach der Struktur der Schneedecke richtet. Die Mindestanzahl ist 2. Eine Schneedecke wird vernachlässigt, falls ihre Höhe unter 1 mm liegt. Die von der Oberflächentemperatur der Schneedecke abhängigen Energieflüsse sind implizit ins Modell eingebaut worden.

3 Simulationsergebnisse

An diesem Modell durchgeführte Sensitivitätsuntersuchungen dokumentieren ein physikalisch realistisches Verhalten des Modells in Niederschlagsperioden (sowohl bei positiven als auch bei negativen Lufttemperaturen), in Zeitintervallen mit relativ tiefen Lufttemperaturen und während der Schmelze.

Sehr sensibel reagiert das Modell auf das Grenzkriterium Schnee-Regen. Gegeneinander getestet

wurden eine Feuchttemperatur von 1°C , eine Lufttemperatur von 0°C und eine Häufigkeitsverteilung der Phasenzustände in Abhängigkeit der bodennahen Lufttemperatur nach WILHELM (1975). Unter alleiniger Angabe von Bodenwerten kann eine richtige Bestimmung des Phasenzustandes des Niederschlages jedoch nicht garantiert werden.

Für die Albedo wurden verschiedene Ansätze geprüft. Ins Modell wird die Berechnung nach GRAY und LANDINE (1987) über eine Zeitfunktion übernommen. Die Abhängigkeit der Albedo von der Sonnenhöhe wird berücksichtigt, falls diese kleiner als 30° ist. Schneefall führt zu einer Erhöhung der Albedo, falls die Neuschneehöhe größer als 0.5 cm ist. Diese Annahme verhindert das unrealistische sprunghafte Anwachsen der Albedo auf die Neuschneecalbedo bei geringen Niederschlagsmengen.

Die turbulenten Wärmeströme werden im Modell über einen Bulkansatz berechnet. Der Vergleich der Simulationsergebnisse mit denen, die mit der Monin-Obukhovschen Ähnlichkeitstheorie gewonnen wurden, zeigt unwesentliche Abweichungen in der Schneedeckenentwicklung.

Langzeitintegrationen mit Daten der Säkularstation Potsdam für 6 Winter (1975-1980) ergaben ohne lokale Anpassung der Parametrisierungen eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den simulierten und gemessenen Werten der Schneehöhe und des Wasseräquivalents. Schwierigkeiten traten in Zusammenhang mit der Bestimmung des Phasenzustandes des Niederschlages auf. Weiterhin wird das Retentionsvermögen des Schnees etwas überschätzt, so daß das Wasseräquivalent zu große Werte annimmt.

4 Zusammenfassung

Die Sensitivität des Klimasystems bezüglich einer Schneedecke erfordert für klimatologische Untersuchungen ein Schneemodell, das die physikalischen Vorgänge innerhalb des Schnees und die Randbedingungen sehr genau beschreibt. Das entwickelte Schneedeckenmodell simuliert alle auftretenden internen Prozesse, wobei in Langzeitintegrationen mit Potsdamer Daten eine gute Übereinstimmung zwischen den Beobachtungswerten und den Modellergebnissen erzielt worden ist. Iterative Lösungsverfahren und lokale Parametrisierungen wurden vermieden. Damit erweist sich das Modell als günstig für globale und langzeitige Analysen. Zu prüfen

ist die Anwendbarkeit in verschiedenen Klimaregionen. Außerdem wird die Wahl eines nicht nur von Bodenwerten abhängigen Schnee-Regen-Kriteriums empfohlen.

5 Referenzliteratur

- BARNETT,T.P.;DÜMENIL,L.;SCHLESE,U.;ROECKNER,E.,LATIF,M.: The Effect of Eurasian Snow Cover on Regional and Global Climate, Large Scale Modelling Report N° 5, Meteorologisches Institut der Universität Hamburg, 1988.
- DEWEY,K.F.: Satellite-Derived Maps of Snow Cover Frequency for the Northern Hemisphere, J. Clim. Appl.Met.26(1987), S.1210-1229
- FLOHN,H.: Background of a geophysical model of the initiation of the next glaciation, Quat. Res. 4(1974), S.385-404
- GRAF,H.F.: Response of the T21-Atmosphäre to a North-Polar global Radiation Deficit, in: Climate Simulations with the ECMWF T21 model in Hamburg, Part III : Diagnosis of response Experiments, Large Scale Atmospheric Modelling Report N° 7, Meteorologisches Institut der Universität Hamburg, 211-232, 1989.
- GRAY,D.M.;LANDINE,P.G.: Albedo model for shallow prairie snow covers, Can. J. Earth Sci. 24(1987), S.1760-1768
- HEIM,R.;DEWEY,K.F.: Circulation patterns and temperature fields associated with extensive snow cover on the North American continent, Physical Geography, 4(1984),S.66-85
- WALSH,J.E.;JASPERSON,W.H.;ROSS,B.: Influences of Snow Cover and Soil Moisture on Monthly Air Temperature, Mon. Wea. Rev. 113(1985), 756-768.
- WILHELM,F.: Schnee- und Gletscherkunde, Berlin * New York, 1975.