

Martin Claußen
 Forschungszentrum Geesthacht
 Postfach 1160
 D-2054 Geesthacht

In einem Modell atmosphärischer Strömungen werden die unteren Randwerte der Temperatur und spezifischen Feuchte (Bodentemperatur und Bodenfeuchte) mit Hilfe der sogenannten Bodenenergiebilanz- und Bodenwasserbilanzgleichung berechnet. Die Bodenenergiebilanzgleichung wird abgeleitet aus der Forderung, daß keine Energie an der Erdoberfläche gespeichert werden kann, daß also die Summe der Energieflußdichten durch Strahlungstransport und durch Transporte latenter und fühlbarer Wärme genauso groß sein muß wie die Energieflußdichte aufgrund eines Wärmetransportes ins Erdreich hinein oder aus dem Erdreich heraus. Ebenso gilt für die Wasserbilanz am Boden, daß der Nettowasserdampftransport zum Boden hin und der Niederschlag den Wasser- und Wasserdampftransport ins Erdreich hinein oder aus dem Erdreich heraus kompensieren müssen. Die Bodenenergiebilanz- und die Bodenwasserbilanzgleichung sind miteinander gekoppelt dadurch, daß der Transport latenter Wärme proportional zur Verdunstung ist und dadurch, daß der Wärmetransport im Erdboden vom Wassertransport abhängt. Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit der Frage, wie komplex ein Modell des Wärme- und Wassertransportes im Erdreich sein muß, um die Bodentemperatur und -feuchte geeignet vorhersagen zu können.

SIEVERS ET AL. (1983) leiten prognostische Gleichungen für die Temperatur, den Wasserdampf und das flüssige Wasser im Erdboden aus dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik und den Massenerhaltungssätzen ab. Die Massen- und Energieflüsse, die in den prognostischen

Gleichungen auftreten, werden mit Hilfe der linearen Onsagertheorie parametrisiert. Die Ergebnisse der Berechnungen, die SIEVERS ET AL. (1983) durchführen, werden nicht an empirischen Daten überprüft, jedoch weisen die Berechnungen darauf hin, daß dieses Modell das Auftreten der sogenannten Verdunstungsbarriere zu beschreiben gestattet. SIEVERS ET AL. (1983) beobachten in ihren Rechnungen, daß nach wenigen Tagen nahezu gleichbleibend starker Verdunstung die oberste Erdschicht soweit austrocknet, daß auch die hydraulische Leitfähigkeit drastisch zurückgeht und die oberste Erdschicht plötzlich wie eine Sperre für den Wassertransport aus dem tieferen Erdreich an die Oberfläche wirkt. Das Auftreten eines abrupten Verdunstungsrückganges wird durch empirische Befunde bestätigt. Das Modell von SIEVERS ET AL. (1983) kann wegen seiner Vollständigkeit als Referenzmodell für einfachere Modelle betrachtet werden.

McCUMBER and PIELKE (1981) benutzen in ihrem mesoskaligen Modell ein parametrisches Modell des Wasser- und Wärmetransportes im Erdboden. Sie vernachlässigen die Abhängigkeit des Wassertransportes von der Temperaturverteilung im Erdboden und den mit einem Wassertransport einhergehenden Wärmetransport im Erdreich. Eine einfache Abschätzung zeigt, daß zumindest die erste der beiden Annahmen nicht immer erfüllt sein muß. In der vorliegenden Untersuchung durchgeführte Modellrechnungen weisen darauf hin, daß das Modell von McCUMBER und PIELKE (1981) nicht in der Lage ist, das abrupte Auftreten der Verdunstungsbarriere zu be-

schreiben. Das Modell von McCUMBER und PIELKE (1981) sagt eine gleichmäßige, etwa exponentielle Abnahme der Verdunstung und eine damit verbundene gleichmäßige Zunahme der Erdbodentemperatur voraus. Zumindest während nahezu konstanter, trockener Wetterlagen scheint das Modell von McCUMBER und PIELKE (1981) zur Vorhersage der Bodentemperatur und -feuchte über einen Zeitraum, in dem eine Verdunstungsbarriere auftreten kann - also etwa über zwei oder drei Tage - nicht geeignet zu sein.

Sehr einfache Modelle der Bodentemperatur und -feuchte (siehe z.B. in DEARDORFF, 1973) verzichten auf die Vorhersage des Wassertransportes im Erdreich und vernachlässigen konsequenterweise die Abhängigkeit des Wärmetransportes im Erdboden von der räumlichen Verteilung des Bodenwassergehaltes. Die spezifische Feuchte an der Erdoberfläche wird als gewogener Mittelwert der maximal möglichen Bodenfeuchte und der Feuchte weniger Meter über dem Erdboden vorgeschrieben. Die zeitliche Änderung des Wichtungsfaktors wird in der vorliegenden Studie im wesentli-

DEARDORFF, J.W.:

McCUMBER, M.C., and PIELKE, R.A.:

SIEVERS, U., FORKEL, R., and ZDUNKOWSKI, W.:

chen aus der Differenz zwischen Verdunstung und Niederschlag berechnet. Ein solches einfaches Modell kann die Ergebnisse von McCUMBER und PIELKE (1981) reproduzieren. Dies legt den Schluß nahe, daß sehr einfache Modelle der Bodentemperatur und -feuchte zur Vorhersage über kurze Zeiträume bei trockenem und über längere Zeiträume bei niederschlagsreichem Wetter auszureichen scheinen.

Die Verwendung komplexer Modelle der Bodentemperatur und -feuchte in operationellen Modellen der Atmosphäre bereitet nicht nur wegen der Rechenzeit und Rechnerkapazität Schwierigkeiten, sondern vor allem auch wegen der unzureichenden Kenntnis der empirischen Daten zur Verifizierung der benötigten Parameter, zur Initialisierung der Modelle und zur Verifikation der Modellergebnisse. Dieser Nachteil komplexer Modelle gegenüber sehr einfachen Modellen bei der operationellen Anwendung wird sich noch vergrößern, wenn die Energiebilanz bepflanzter Böden berechnet werden soll.

Efficient prediction of ground surface temperature and moisture with inclusion of a layer of vegetation.
 Jour. Geophys. Res. 83 (1978), 1899-1903.

Simulation of the effects of surface fluxes of heat and moisture in a mesoscale model, I. soil layer.
 Jour. Geophys. Res. 86 (1981), 9929-9938.

Transport equations for heat and moisture in the soil and their application to boundary-layer problems.
 Beitr. Phys. Atmosph. 56 (1983), 58-83.