13. Modelle zur Simulation der planetarischen Grenzschicht und der Ausbreitung von Rauchfahnen in der Atmosphäre

Die Modelle „PBL“ und „SMOKE“, entwickelt von Alfred K. Blackadar, wurden auf Disketten seiner Monographie „Turbulence and Diffusion in the Atmosphere“, erschienen im gleichen Verlag, als lauffähige WINDOWS-Versionen beigelegt und dort ausführlich beschrieben.

Wichtiger Hinweis zur Installation:

Beide Programme wurden in den USA entwickelt und unverändert übernommen. Deshalb ist vor dem Programmstart im Betriebssystem des PC die Ländereinstellung auf Englisch/USA zu ändern, um einen korrekten Programmlauf zu sichern.

Das Modell „PBL“ ermöglicht eine anschauliche Präsentation der tagesperiodischen Veränderungen der meteorologischen Zustandsgrößen in der atmosphärischen Grenzschicht, während das Modell „SMOKE“ die Ausbreitung einer Rauchfahne von einer Punktquelle mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode unter wählbaren (atmosphärischen) Umweltbedingungen simuliert. Beide Modelle ergänzen so nachvollziehbar sowohl die im Buch zusammengefaßten empirischen Befunde als auch den theoretischen Abriß über die Modellierung. Das war der Anlaß, diese Modelle mit freundlicher Genehmigung des Autors auch auf dieser CD dem Leser zur Verfügung zu stellen. Die nachfolgenden Ausführungen wurden der oben zitierten Monographie entnommen.

13.1 Modell PBL (Planetary Boundary Layer)

Bei laufender Simulation zeigt der Bildschirm eine dynamisch sich verändernde Darstellung der Lufttemperatur, des Taupunktes und der Windgeschwindigkeit als Funktion der Höhe vom Boden bis zu zwei Kilometern über Grund. Die Darstellung wird alle zwei Minuten bezüglich der Simulation aktualisiert und die ständig angezeigte Ortszeit ermöglicht die zeitliche Orientierung. Die Anfangsverteilung der meteorologischen Elemente und die Startzeit werden einem der Datensätze entnommen, die vor dem Start ausgewählt werden müssen. Diese Datensätze entstammen Feldexperimenten und in einigen Fällen auch den Beoachtungen aus Routine-Radiosonden-Aufstiegen.

Die übrigen Elemente der Darstellung umfassen ein dynamisches Diagramm von Komponenten der Energiebilanzgleichung der Erdoberfläche als Funktion der Zeit. Symbole markieren die relative Höhe der Sonne über dem Horizont, das Auftreten von freier Konvektion, die Obergrenze der Konvektionsschicht, das Auftreten von Nebel am Boden und die Höhe und die Art von Wolken, falls sie sich bilden.

Der Nutzer hat verschiedene Optionen. Sie schließen die Aufzeichnung sowohl der Lufttemperatur in der Grenzschicht, am Boden und im Bestand als auch der Mächtigkeit der freien Konvektion ein. Die Ablaufgeschwindigkeit der Modellsimulation hängt von der Gerätekonfiguration des PCs ab. Ist diese zu hoch, so kann der Nutzer entweder die Darstellung zu jedem Zeitschritt erneuern oder die Simulation so oft wie gewünscht unterbrechen.

Die Evolution der Grenzschicht im Tagesgang wird durch eine Fülle von Umweltvariablen und Parametern bestimmt wie Bodenfeuchte und -typ, die Windverteilung in der freien Atmosphäre und die Lufttrübung, um nur einige zu nennen. Einer der bedeutenden Gründe für das wissenschaftliche Studium der Turbulenz ist die Schaffung einer Möglichkeit zur Analyse des Stellenwertes von Umweltfaktoren und ihrer Wechselwirkungen in einem ausgesprochen nichtlinearen atmosphärischen System. Weil kontrollierte Experimente im realen System nicht möglich sind, ist man auf ein realistisches Modell angewiesen. Das Experimentieren setzt dabei die Eigenschaft des Modells voraus, daß man „an Knöpfen drehen“ und die Resultate verfolgen kann und daß man das System auf verschiedene Weise stören und sehen kann, wie es reagiert. Deshalb gibt es in dem vorliegenden Modell eine Liste von 20 wichtigen Parametern, die wunschgemäß ge-

ändert werden können, bevor ein Simulationslauf beginnt. Die Beschreibung eines jeden Parameter kann über die Hilfe-Funktion erreicht werden.

Eine eigenständige Version des Programms (unter DOS lauffähig) ist frei verfügbar (public domain) und befindet sich in Files, die im Menü angezeigt werden können. Die Files können miteinander verbunden und mittels eines QuickBasic Interpreters oder Compilers ausgeführt werden.

Die vorliegende Version des Programms realisiert ein eindimensionales instationäres Simulationsmodell der planetarischen Grenzschicht. Das Modell wurde an der Pennsylvania State University mit Unterstützung der U.S. Environmental Protection Agency entwickelt. Dreidimensionale Versionen des Modells werden gegenwärtig im Penn State - NCAR Mesoscale Model und im U.S. National Acid Deposition Model genutzt.

Um das Programm von dieser CD-ROM zu installieren, klicken Sie auf „Installation starten“.

13.2 Modell SMOKE

Das Modell „SMOKE“ simuliert die Ausbreitung einer Rauchfahne in der Atmosphäre mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode und ermöglicht in einer beispielhaften atmosphärischen Umgebung dem Nutzer, die Effekte verschiedener (atmosphärischer) Umweltparameter auf die Form und das Verhalten von Rauchfahnen oder individueller Rauchwolken aus einer Quelle entweder in der Höhe oder am Boden zu verfolgen. Unter Nutzung des Menüs für die Voreinstellungen kann der Nutzer das Modell seinen speziellen Wünschen anpassen. Obwohl das Modell auf dem derzeit verfügbaren Wissen über atmosphärische Prozesse aufbaut, wurde es nicht für einen operationellen Einsatz vorgesehen; daher kann nicht vorausgesetzt werden, daß die Modellresultate den einschlägigen gesetzlichen Vorschriften zur Ausbreitungsrechnung genügen.

Die Rauchpartikel verlassen sequentiell eine Quelle, deren Höhe über Grund vom Nutzer festgelegt werden kann. Die Position eines jeden Partikels ist jeweils in zwei Ebenen zu sehen: erstens in der Projektion auf die x-z-Ebene und zweitens in der Projektion auf die x-y-Ebene (die x-Achse ist in die Richtung orientiert, wohin der Wind weht). Jedes Partikel bewegt sich mit dem mittleren Windvektor (der eine Funktion der Höhe ist) und besitzt außerdem eine eigene Geschwindigkeit relativ zum mittleren Wind. Die letztere wird bestimmt durch einen Zufallsprozeß, der auch als „drunkards walk“ (torkelnde Bewegung eines Betrunkenen) bezeichnet wird. In dem Zufallsprozeß wird der individuelle Geschwindigkeitsanteil in jedem Zeitschritt neu bestimmt, wobei keine Korrelation zum vorhergehenden Zeitschritt besteht. Im Fall des „drunkard walk“ hat das Partikel einen Teilbetrag der vorhergehenden Geschwindigkeit noch „im Gedächtnis“ und es wird jeweils der zufällig erzeugte Geschwindigkeitsbetrag ersetzt, um den Gesamtbetrag zu bestimmen. Dieser ist so determiniert, daß die Varianz der Partikelgeschwindigkeiten den Forderungen aus der Monin- Obukhov-Theorie und aus dem Mischungswegansatz genügen.

Die Rate an „Gedächtnisverlust“ wird durch die Lagrangesche Korrelationszeit bestimmt, die eine Funktion der Stabilitätsklasse darstellt. Mit der Klasse der höchsten Instabilität sind die größten Korrelationszeiten und die Tendenz zum Erzeugen der größten und langandauerndsten Wirbel in der Rauchfahne verbunden. Das Modell verwendet die von *Hanna* angegebene Formel zur Bestimmung der Lagrangeschen Korrelationszeit.

Die Anfangswerte der Partikelgeschwindigkeit werden auf ähnliche Weise berechnet.

Im Modell ist eine Simulation der Auftriebseffekte auf die Aufstiegshöhe der Rauchfahne implementiert, die auf einer empirischen Beziehung nach *Briggs* basiert. Die entsprechenden Parameter können vom Nutzer eingestellt werden.

Weitere Optionen betreffen die Darstellung der Trajektorien der Rauchfahnen-Partikel und der Konzentrationsverteilung an der Erdoberfläche im Lee der Quelle.

Um das Programm von dieser CD-ROM zu installieren, klicken Sie auf „Installation des Programms“.