

Blackadar Grenzschichtmodell

Seminar der Planetarische
Grenzschicht FU Berlin 2006/07

Philipp Griewank

Gliederung

1. **Einleitung**
2. Konvektion und Turbulenz
3. Diskretisierung
4. Ein- und Ausgabe
5. Vorführung
6. Abschluss

Einleitung

Allgemein:

- von Alfred K. Blackadar konzipiert als Lehr- und Übungsprogramm
- ursprünglich in BASIC geschrieben
- entstanden circa 75-90 an der Pen State University
- Quellcode in FORTRAN beträgt rund 2000 Zeilen

Enthält:

- Vegetation & Biophysik
- Bodeneigenschaften
- Strahlungsmodell
- Konvektion und Turbulenz
- einfache Astronomie

Gitter und Auflösung:

- 1-Dimensional mit einer Höhe von 3010 Metern
- 34 Schichten
 - 30 Luftschichten ($dz = 100\text{ m}$)
 - 1 Oberflächenschicht (Höhe=10 m)
 - 1 Vegetationsschicht
 - 2 Bodenschichten
- Zeitschritt = 2 min

Gliederung

1. Einleitung
2. **Konvektion und Turbulenz**
3. Diskretisierung
4. Ein- und Ausgabe
5. Vorführung
6. Abschluss

Turbulenz und Konvektion

K-Ansatz für vertikal turbulenten Impulsfluss und Wärmestrom:

$$\tau_{zh} = -\rho \overline{\vec{v}_h' \omega'}$$

$$H = \rho \overline{h' \omega'}$$

$$\frac{\tau_{zh}}{\rho} = K_m \frac{\partial \vec{v}_h}{\partial z}$$

$$H = -K_h \frac{\partial \vec{v}_h}{\partial z}$$

K-Ansatz und geostrophischer Wind in die Bewegungsgleichung eingesetzt ergibt:

$$\vec{v}_g = \frac{\vec{k}}{f\rho} \times \vec{\nabla} p \quad \frac{d\vec{v}_h}{dt} = -\frac{\vec{\nabla} p}{\rho} + f \cdot \vec{k} \times \vec{v}_h + \vec{\nabla} \cdot \vec{\mathbf{T}}$$

$$\Rightarrow \frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + \omega \frac{\partial u}{\partial z} = f(v - v_g) + \frac{\partial}{\partial z} K_m \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$\Rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + \omega \frac{\partial v}{\partial z} = -f(u - u_g) + \frac{\partial}{\partial z} K_m \frac{\partial v}{\partial z}$$

- ergibt für die potentielle Temperatur und die spezifische Feuchte:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\partial}{\partial z} K_h \frac{\partial \theta}{\partial z} \qquad \frac{dq}{dt} = \frac{\partial}{\partial z} K_m \frac{\partial q}{\partial z}$$

- K wird selbst auch parametrisiert:

$$K = K \left(\frac{\partial \theta}{\partial z}, z, f, |\vec{v}_g| \right)$$

- **Konvektion** benötigt eine andere Herangehensweise, da der K-Ansatz nur für ungeordnete Bewegungen gilt.
- Stattdessen werden die Flüsse aus Funktionen der Differenz zwischen dem Wert in der Höhe und dem am Boden gebildet:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \overline{mW} (\theta_a - \theta) \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \overline{mW} (u_a - u)$$

$$\frac{1}{c_p \rho} \frac{\partial H}{\partial z} = -\overline{mW} (\theta_a - \theta) \quad \frac{H}{c_p \rho} = \overline{m} \int W (\theta_a - \theta) dz$$

- Die Konvektion findet in einer **Mischungsschicht** statt, die eingefügt wird, wenn die vorläufige Mischungshöhe durch die negative Monin-Obukov-Länge größer 1/3 ist.

- Die Höhe der Mischungsschicht wird durch $H=0$ bestimmt.
- Blackadar verwendet drei verschiedene Gewichtsfunktionen $W(z)$
 1. Keine Berücksichtigung der Höhe
 2. Stärkere Berücksichtigung der unteren Schichten
 3. Stärkere Berücksichtigung der oberen Schichten

$$W_1(z) = 1 \quad W_3(z) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{z}{z_m} \right)$$

z_m =Höhe der Mischungsschicht

- So entstehen viel stärkere Transporte als mit dem K-Ansatz

- Die unterste Luftschicht wird immer getrennt berechnet.
- Hier wird zuerst die Mischungsweglänge als linear angenommen.

$$l = k \cdot z$$

- Dann wird die Richardson'sche „Bulk-Zahl“ berechnet, um eine von drei verschiedene Parametrisierungen zu bestimmen:

1. $Rb < 0 \quad \Rightarrow$ instabile Schichtung
2. $0 \leq Rb \leq 0.2 \Rightarrow$ stabile Schichtung
3. $Rb > 0.2 \quad \Rightarrow$ laminare Schichtung

$$Rb = \frac{g}{\theta} \frac{z_1 (\theta_1 - \theta_{sfc})}{|v_1|^2}$$

Gliederung

1. Einleitung
2. Konvektion und Turbulenz
3. **Diskretisierung**
4. Ein- und Ausgabe
5. Vorführung
6. Abschluss

Diskretisierung

- Differentialquotienten müssen zu Differenzquotienten diskretisiert werden
- Als Beispiel den U-wind in der i-ten Luftschicht für den j-ten Zeitschritt:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \omega \frac{\partial u}{\partial z} = f(v - v_g) + \frac{\partial}{\partial z} K_m \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$\frac{u_i^{j+1} - u_i^j}{\delta t} + \omega \frac{u_{i+1}^j - u_i^j}{\delta z} = f(v_i^j - v_{gi}^j) + \frac{1}{\Delta z} \left(K_{i+1} \frac{u_{i+1}^j - u_i^j}{\delta z} - K_i \frac{u_i^j - u_{i-1}^j}{\delta z} \right)$$

Gliederung

1. Einleitung
2. Konvektion und Turbulenz
3. Diskretisierung
4. **Ein- und Ausgabe**
5. Vorführung
6. Abschluss

Eingabe

- Startwerte werden aus einer Initialisierungsdatei geladen, hier ein Beispiel:

Schleswig, West Germany, May 5, 1989 -- 1300 Local Time

TA= 14.00	UA = 5.35	VA = -3.09	QA = 0.0046
UGA = 4.37	VGA = 10.46	GLATD = 54.6	DECLD = 16.1
Z0 = 0.1000	CLDS = 0.000	TM = 14.0	PRH2O = 0.8
TX = 40.	TN = -5.	GOTIME = 60.00	TRANSM = 0.8958
TG = 17.00	RHOGX = 300.00	RHOWLT = 90.00	RHOM = 250.00
RHOG = 250.00	CSD = 1130000.	CSW =4190000	LAI= 2.0
SIGMAF = 1.00			

POTENTIAL TEMPERATURES T(I)

12.176 11.600 11.783 11.839 11.894 11.947 11.993 12.038 12.600 13.233
13.980 14.727 15.915 17.547 17.908 18.471 19.254 20.036 20.819 21.601
22.068 22.529 22.991 23.454 23.916 22.510 18.653 21.261 23.869 25.600

WIND COMPONENTS U(I)

6.153 7.340 6.977 6.387 5.798 5.399 5.630 5.860 5.877 7.039
7.795 8.549 9.358 10.222 11.078 11.574 11.822 12.070 12.318 12.567
17.349 16.514 17.988 19.462 20.936 22.343 23.570 22.323 21.075 19.834

WIND COMPONENTS V(I)

-4.123 -6.013 -5.521 -4.641 -3.761 -3.421 -4.857 -6.293 -7.818 -8.388
-9.290 -10.188 -10.482 -10.164 -9.758 -8.944 -7.853 -6.762 -5.671 -4.580
-6.314 -7.167 -8.387 -9.607 -10.827 -12.167 -13.608 -12.888 -12.168 -11.451

MIXING RATIOS Q(I) X 1000

4.135 4.063 4.123 4.127 4.131 4.134 4.138 4.141 2.399 2.791
2.406 1.893 1.838 2.244 1.971 1.719 1.523 1.327 1.131 0.936
0.946 0.959 0.971 0.983 0.995 1.287 1.964 2.127 2.291 2.454

GEOSTROPHIC WIND COMPONENTS UG(I)

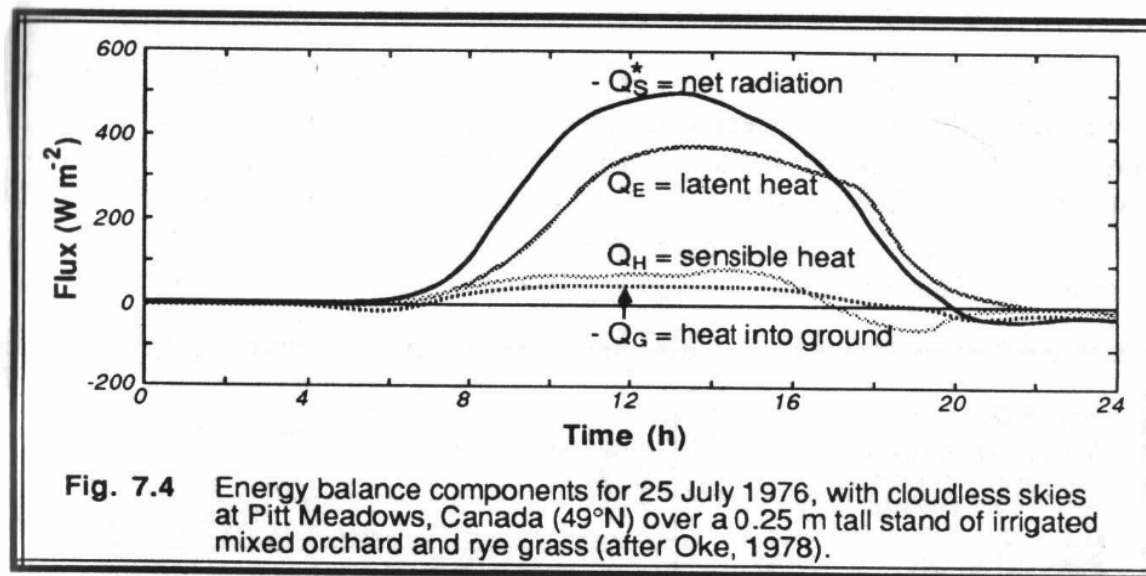
4.657 5.127 5.597 6.067 6.536 7.006 7.476 7.946 8.416 8.886
9.356 9.826 10.296 10.766 11.235 11.705 12.175 12.645 13.115 13.585
14.055 14.525 14.995 15.464 15.934 16.404 16.874 17.344 17.814 18.284

GEOSTROPHIC WIND COMPONENTS VG(I)

10.043 9.346 8.649 7.952 7.255 6.558 5.861 5.164 4.467 3.770
3.073 2.376 1.679 0.982 0.285 -0.412 -1.109 -1.806 -2.503 -3.200
-3.897 -4.594 -5.291 -5.988 -6.685 -7.382 -8.079 -8.776 -9.473 -10.170

Ausgabe

- Verschiedene Werte können für jeden Zeitschritt in einer Datei ausgelagert werden
- Temperatur, Taupunkt und Wind werden für $z=0\text{m}$ bis 2200m visualisiert
- Strahlungsfluss, Wärmestrom, latenter Wärmetransport (Feuchte) und der Energiefluss in den Boden hinein werden ebenfalls visualisiert, in etwa dieser Form



Gliederung

1. Einleitung
2. Konvektion und Turbulenz
3. Diskretisierung
4. Ein- und Ausgabe
5. **Vorführung**
6. Abschluss

Gliederung

1. Einleitung
2. Konvektion und Turbulenz
3. Diskretisierung
4. Ein- und Ausgabe
5. Vorführung
6. **Abschluss**

Abschluss

- Vorteile des Blackadar Modells
 - Enthält alle Elemente der Grenzschicht in der einfachsten möglichen Parametrisierung
 - Einfache und vielfältige Einstellungsmöglichkeiten
 - Hohe Auflösung
 - In der Lage reale Phänomene wie Low-Level-Jet und Inversionsbildung darzustellen
 - Frei zugänglich
- Nachteile
 - Veraltet und unhandlich
 - Eindimensional
 - Wird spätestens nach einem Tag instabil, oft viel früher
 - Code selbst recht umfangreich für Modellierungsanfänger

Ende

Quellen:

„Dokumentation und Diskussion eines Grenzschichtmodells“, Carl-Oltmann Hinrichs,
Diplomarbeit 1993 FU Berlin Inst. Meteorologie

„An Introduction to Boundary Layer Meteorology“, Roland B. Stull