

# 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)

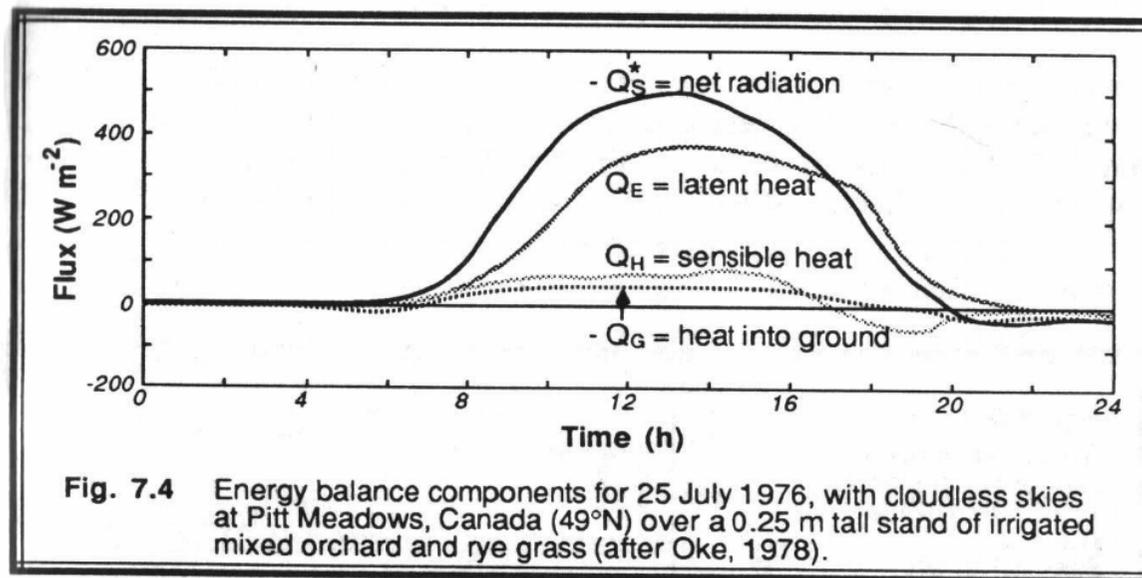
4.657 5.127 5.597 6.067 6.536 7.006 7.476 7.946 8.416 8.886  
9.356 9.826 10.296 10.766 11.235 11.705 12.175 12.645 13.115 13.585  
14.055 14.525 14.995 15.464 15.934 16.404 16.874 17.344 17.814 18.284

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  $2200\text{m}$  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