

Aerosol I

Hinweise zu den Kärtchen

Wieso Land-Atmosphäre

Interaktionen studieren

Verhältnis der Land- zur

Ozeanoberfläche

Bedeutung der Ozeane

2

Antwort

Relevant für...

- Klimavariabilität und extreme Ereignisse (Dürren, Hitzewellen, extreme Niederschläge, Hochwasser)
- Computergestützte Wettervorhersagen, Saisonale Prognosen, Klimaveränderung,...
- Wichtige Quelle von Unsicherheiten bei Verständnis des Klimasystems auf Grund von Mangel an Beobachtungen und der Komplexität (Rückkopplungen, Heterogenität)

0

Antwort

Aerosol I

Die Kärtchen beziehen sich auf die Vorlesung von:

- Christoph Schär
- Sonia Seneviratne

welche im WS 2006/2007 gehalten wurde. Die Bilder stammen aus den Vorlesungsunterlagen.

Erstellt von: Thomas Kuster (MSc Env. 1. Semester)

Verfügbar via: <http://fam-kuster.ch>

6

Antwort

- Wärmespeicher
- Wärmetransport (Golfstrom, El Niño)
- „Erinnerung“: Einfluss auf mittlere und lanzeit Klimavariabilität (saisonale Vorhersagen)

Speicherung von Wasser auf dem Land spielt eine ähnliche Rolle:

- Kann sowohl dämpfen als auch verstärkend auf die Klimavariabilität wirken.
- „Speicherung“: vorallem wichtig für saisonal Vorhersagen in den mittleren Breiten.

4

Antwort

$\frac{2}{3}$ der Erde ist mit Ozeanen bedeckt.

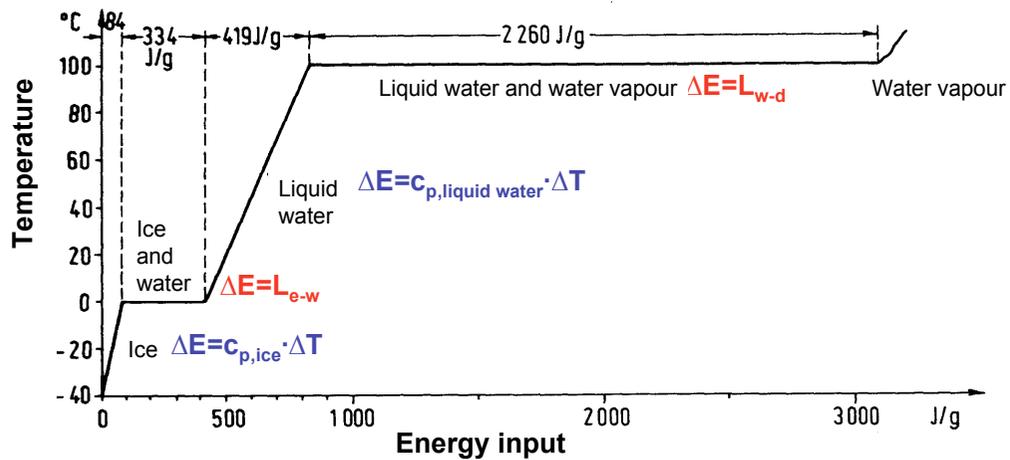
Land vs. Ozean

Benötigte Energien für das Aufwärmen und den Phasenwechsel von Wasser

Land als Speicherkomponente für Energie und Wasser

Veränderung der gespeicherten Energienmenge im Boden

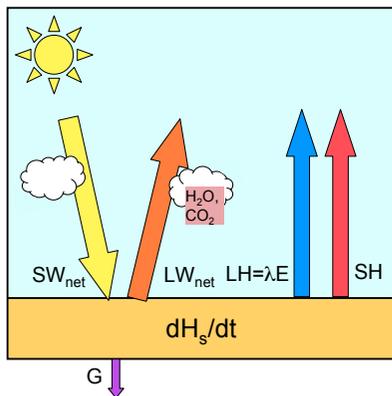
Formel



Für das Aufwärmen von Eis (0 °C) zu Dampf (100 °C) wird 86% der Energie für die Phasenwechsel benötigt!

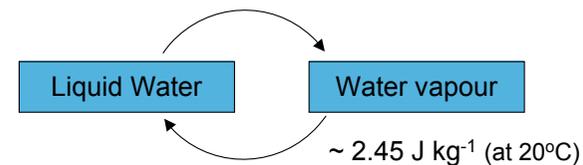
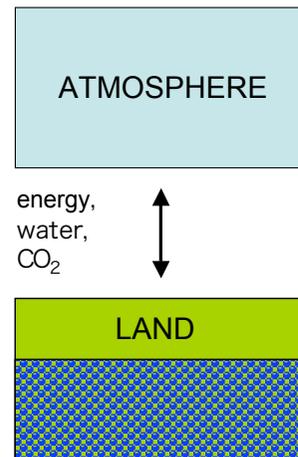
Veränderung der gespeicherten Energie (Bodentemperatur, Schneeschmelze,...):

$$\frac{\partial H_s}{\partial t} = \underbrace{R^*}_{\text{Nettostrahlung} = SW - LW} - \underbrace{SH}_{\text{fühlbare Waerme}} - \underbrace{LH}_{\text{Latentwaerme}} - \underbrace{G}_{\text{Wärmeffluss in den Boden}}$$



Land Flächen wirken vorallem als Wasserspeicher

Ozean wirkt vorallen als Wärmespeicher



NB: Water storage is also an indirect heat storage!

"negative heat" storage

Schnee und Eis Ablagerungen sind auch relevant für das Klima.

Veränderung der gespeicherten Wassermenge im Boden

Formel

Aufteilung zwischen fühlbare und latente Wärme

Wasserkreislauf

Beeinflussung von Niederschlag und Evapotranspiration

Energiekreislauf

Beeinflussung der Strahlung

18

Antwort

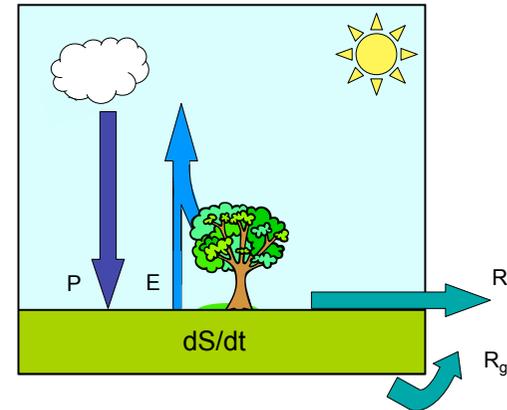
Die Aufteilung der Netto Strahlung in fühlbare und latente Wärme wird ist von der der zur Verfügung stehender Bodenfeuchte abhängig.

16

Antwort

Veränderung der gespeicherten Wassermenge (Bodenfeuchte, Schnee, Oberflächenwasser, Grundwasser):

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \left(\underbrace{P}_{\text{Niederschlag}} - \underbrace{E}_{\text{Evapotranspiration}} \right) - \underbrace{R_s}_{\text{Oberflächenabfluss}} - \underbrace{R_g}_{\text{Grundwasserabfluss}}$$



22

Antwort

- Wolken und Wasserdampf beeinflussen sowohl die einfallende kurzwellige Strahlung wie auch die abgestrahlte langwellige Strahlung.
- Albedo (α) hängt von der Schnee- und Vegetationsbedeckung ab ($SW_{net} = SW_{in}(1 - \alpha)$)

20

Antwort

- Wichtiger Einfluss der Vegetation auf die Evapotranspiration z. B. hängt ab von der Pflanzenart, Atmosphärischem CO_2 -Konzentration,...
- Komplexe Interaktionen zwischen Evapotranspiration und Niederschlag (Grenzschicht Prozesse).

Zukünftige Sommerhitzewellen

Veränderung der charakteristischen (JJA) Temperatur

Energiebilanz

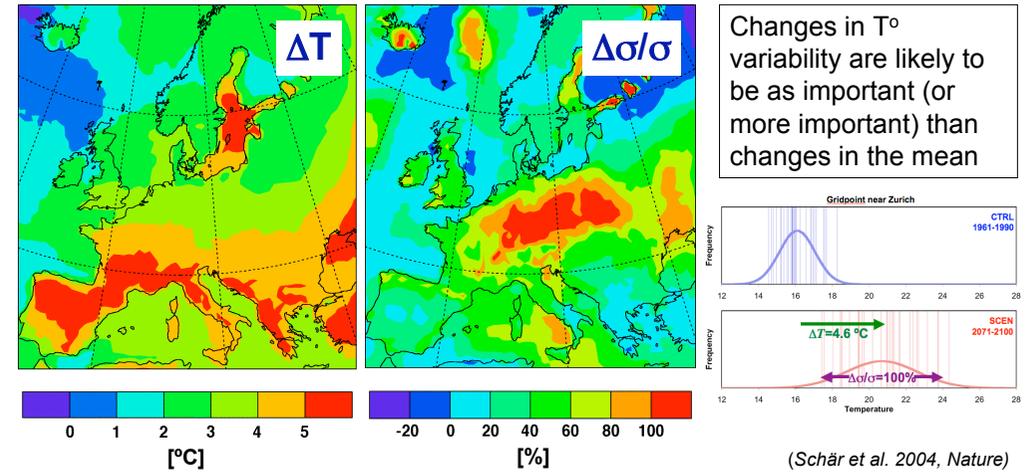
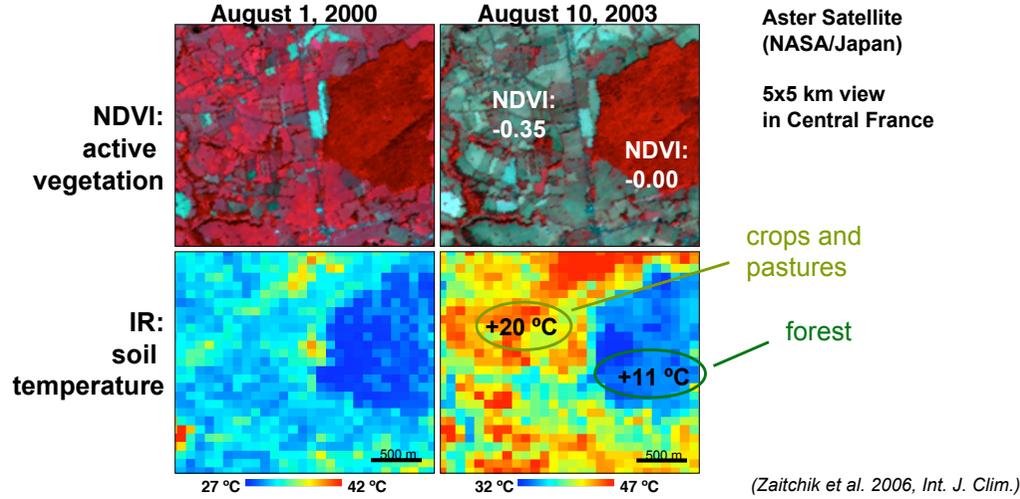
Wald vs. Weide

Globale Energiebilanz und Energieeintrag

Albedo

Einige Oberflächen und ihre Werte sowie der globale Durchschnittswert

Sommer 2003: Vegetationsbedeckung ist relevant für die Energiebilanz



Oberfläche	Albedo α
Wolken (100 m dick)	0.4
Wolken (500 m dick)	0.7
Ozean (Zenithwinkel 30°)	0.05
Ozean (Zenithwinkel 60°)	0.10
Ozean (Zenithwinkel 85°)	0.6
Eis	0.25–0.35
Schnee (alt–neu)	0.45–0.85
Grassfläche	0.2–0.3
Wald	0.1–0.2
globaler Durchschnitt	0.3

Die eingestrahelte Energie (aufgenommene) entspricht der abgestrahlten Energie (abgegebene).
Die einstrahlte Energie kommt von der Sonne. Die mittlere eingestrahelte Energie ist:

$$S = \frac{1}{4} S_0$$

$S_0 = 1367 \text{ Wm}^{-2}$ Extraterrestrische Solarkonstante, ist am höchsten wenn die Sonne am nächsten bei der Erde ist (im Januar).

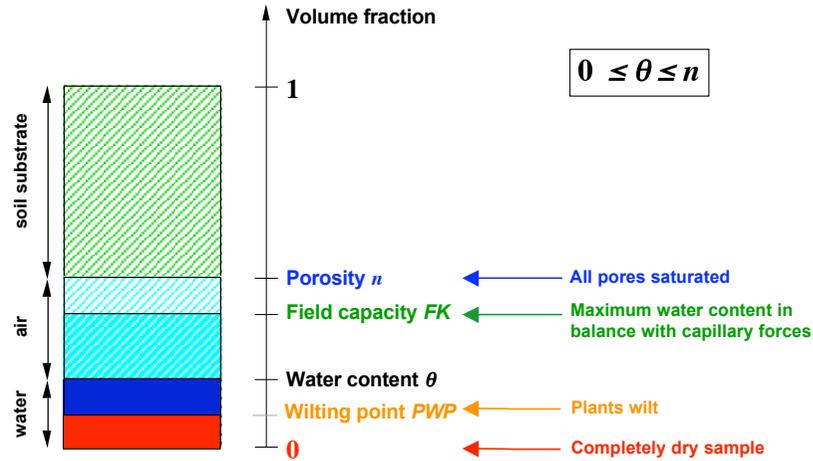
Globale Energiebilanz

Bodenfeuchte

Wichtige Variablen und typische Werte

CTL, SCEN, gekoppelt und ungekoppelt

Grenzschicht Theorie



Typische Volumenanteile (grobe (z. B. Sand) – feine Textur (z. B. Clay)):
 Porosität (n): 0.3–0.55
 Feldkapazität (FC): 0.1–0.35
 permanente Welkepunkt (PWP): 0.05–0.25
 Trocken: 0

Latenter Wärmefluss

$$LH = L \cdot ET = L \rho \overline{q'w'}$$

Fühlbarer Wärmefluss

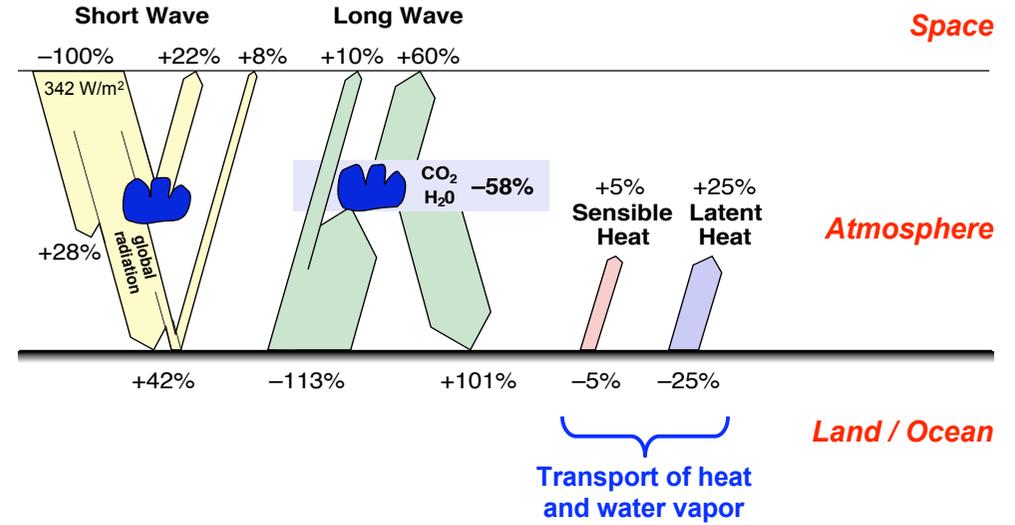
$$SH = c_p \rho \overline{T'w'}$$

Grenzschichttheorie

$$\overline{q'w'} \approx C_W u_a (q_a - q_s)$$

$$\overline{T'w'} \approx C_H u_a (T_s - T_a)$$

u_a : horizontaler Wind auf der Höhe z_a (z. B. $z_a = 10$ m)
 q_s, T_s : spezifische Feuchte und Tempertaur bei der Oberfläche
 q_a, T_a : spezifische Feuchte und Tempertaur auf der Höhe z_a
 C_W, C_H : Aerodynamischertransferkoeffizient für Feuchte und Wärme (Hängt ab von: der Stabilität, Struktur der Grenzschicht, Oberflächen Eigenschaften,..)



Space

CTL	HadAM3_CTL	1960–1989	1970–1989	Interactive
SCEN	HadAM3_A2	2070–2099	2080–2099	Interactive
CTL _{uncoupled}	HadAM3_CTL	1960–1989	1970–1989	CTL climatology
SCEN _{uncoupled}	HadAM3_A2	2070–2099	2080–2099	SCEN climatology

Bowen Ratio

Messen des turbulenten Flusses

Reynoldsmittelung

Reynolds averaging

„Bucket“ Model

Formel

$$SH = c_p \rho \overline{T'w'}$$

$$LH = L \rho \overline{q'w'}$$

Messung von w' (mit einem Sonic-Anemometer (Ultraschall)), T' und q' mit sehr hoher zeitlicher Auflösung (bis zu ≈ 100 Hz).

Die Messung von T' (SH) ist genauer als die von q' (LH).

- Verwendet Widerstand um das Evapotranspirationslimit zu representieren
- Aerodynamischerwiderstand (Turbulenterdiffusionsterm hindert Evapotranspiration)
- Limitiert durch Bodenfeuchtedefizit (β -Faktor: $0 \leq \beta \leq 1$)

$$SH = \rho c_p \frac{T_s - T_r}{r_a}$$

$$E = \frac{LH}{L} = \rho \beta \frac{q_{sat}(T_s) - q_r}{r_a} = \beta E_{POT}$$

T_r : Temperatur bei Referenzhöhe

q_{sat} : absolute Luftfeuchte bei Sättigung

q_r : spezifische Luftfeuchte bei Referenzhöhe

r_q : Aerodynamischerwiderstand

β : limitierender Faktor basierend auf Bodenfeuchtegehalt

E_{POT} : potentielle Evapotranspiration

$$B = \frac{SH}{LH}$$

$B \ll 1$ feuchte Oberfläche, LH dominiert über SH

$B \gg 1$ trockene Oberfläche, SH dominiert über LH

Aus der Grenzschicht Theorie:

$$LH = L \rho C_W u_a (q_s - q_a)$$

$$SH = c_p \rho C_H u_a (T_s - T_a)$$

X_s an der Oberfläche

X_a Messwert auf Höhe z_a

mit $C_W \approx C_H$ folgt:

$$B = \frac{c_p (T_s - T_a)}{L (q_s - q_a)}$$

Impulsgleichung ($f = 0$, 2D):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

$u = \bar{u} + u'$ $p = \bar{p} + p'$ vernachlässigen von ρ'

$$\underbrace{\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z}}_{\text{Impulsgleichung für den mittleren Fluss}} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} - \underbrace{\overline{u' \frac{\partial u'}{\partial x}} + \overline{w' \frac{\partial u'}{\partial z}}}_{\text{Turbulenzterm}}$$

„Bucket“ Model

Parametrisierung/Ergebnisse

Biophysikalisches Modell

Physiologisches Modell

Aerosol I Hinweise zu den Kärtchen

$$E_{TR(leaf)} = \rho \frac{q_{sat}(T_f) - q_{af}}{r_{la} + r_s} \quad r_s = r_{smin} f(PAR, T, W, \delta e)$$

- Viel detailliertere Wiedergabe der Land Oberflächen Prozesse als das „Bucket“-Modell
 - Hauptmängel des „Bucket“-Modell werden berücksichtigt
 - Explizite Repräsentation der Vegetation (Stomatwiderstand)
 - Geographische Variation der relevanten Parameter (Wurzeltiefe, Albedo, minimaler Stomatwiderstand, Bodenfeuchteparameter, . . .) abhängig von der Vegetation und des Bodenfeuchteparameter (look-up tables)
- Trotzdem:
- Keine explizite Repräsentation der Kohlenstoffassimilation/Photosynthese, z. B. kein Einfluss der CO₂-Konzentration auf die Evapotranspiration (evtl. relevant: Klimaveränderung)
 - Hochgradig abhängig von Evapotranspiration (r_{smin}) und Kalibrierungskurven welche die Abhängigkeit von r_s von $PAR, T, W, \delta e$ repräsentieren (nur wenige Beobachtungen stehen zur Verfügung).
- ⇒ Stat-of-the-art Repräsentation der Landoberflächenprozesse in aktuellen Klimamodellen.

Aerosol I

Aerosol I

Hinweise zu den Kärtchen

-1

Sehr einfache Parametrisierung

- Die Evapotranspiration von rohem Boden wird überschätzt in allen Systemen
- Keine Repräsentation des Vegetationseinfluss (Stomatwiderstand)
- Keine Repräsentation von anderen limitierenden Faktoren (gekoppelt zu Stomatwiderstand): Strahlungstemperatur, Wasserdruckdefizit, Vegetationsstatus
- Unter stressfreien Bedingungen: Immer noch Überschätzung von Evapotranspiration (potentielle Evaporation anstelle von potentieller Evapotranspiration (keine Null-Werte des Stomatwiderstands))

⇒ Allgemein: Überschätzung der Evapotranspiration in allen Systemen

52

Antwort

- Erlaubt die explizite Repräsentation von Kohlenstoff Assimilation/Photosynthese
- Wichtig im Kontext der Klimaveränderung (CO₂-Wasser Beziehung, Kohlenstoffkreislauf, . . .)

Trotzdem:

- Hängt auch von kalibrierten Beziehungen und einigen Beobachtungen ab
- Einige Unsicherheiten bleiben: z. B. CO₂-Düngung, erhöhte Wassereffizienz, . . . (einige laufende Feldexperimente)
- Phenology/Vegetations Aktivität wird durch Fernmessungsmethoden festgelegt.
- Immer noch Annahme eines grossen Blattes, keine Beachtung von subgrid-scale Heterogenität