

Energiebilanzen zwischen Ökosystemen und Atmosphäre

Energiebilanz der Bodenoberfläche

$$G = \lambda_s \cdot \left. \frac{\partial T_g}{\partial z} \right|_{z=0} = R_{n,S} - H_S - \Lambda E_S$$

mit

G ... Bodenwärmestrom [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]

$R_{n,S}$... Nettostrahlungsbilanz der Bodenoberfläche
[$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]

H_S ... Sensibler Wärmefluß zwischen Bodenober-
fläche und Atmosphäre [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]

ΛE_S ... Latente Wärme der Evaporation [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]

Energiebilanz des Bestandes

$$R_n(T_c) - H(T_c) - \Lambda E(T_c) - c_w \frac{dT_c}{dt} - \Lambda E_{PP} - PP \cdot c_{H_2O} \cdot (T_c - T_a) = 0$$

mit

R_n ... Nettostrahlungsbilanz des Bestandes [$W \cdot m^{-2}$]

H ... Sensibler Wärmefluß zwischen Bestand und Atmosphäre [$W \cdot m^{-2}$]

ΛE ... Latente Wärme der Transpiration und Taubildung [$W \cdot m^{-2}$]

ΛE_{PP} ... Latente Wärme der Evaporation des Regens [$W \cdot m^{-2}$]

c_w ... Wärmekapazität des Bestandes [$kJ \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$]

T_c ... Bestandestemperatur [K]

T_a ... Lufttemperatur [K]

Λ ... Latente Verdunstungswärme [$J \cdot kg^{-1}$]

PP ... Interzeptierter Niederschlag [$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$]

c_{H_2O} ... Wärmekapazität des Wassers [$kg \cdot m^{-3} \cdot s^{-1}$]

Sensibler Wärmefluß

$$H = \rho_a \cdot c_p \cdot (T_c - T_a) / r_a$$

mit

r_a ... Aerodynamischer Widerstand [$s \cdot m^{-1}$]

ρ_a ... Luftdichte [$kg \cdot m^{-3}$]

c_p ... Spezifische Wärme der Luft [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

Latenter Wärmefluß

$$\Delta E = \rho_a \cdot c_p \cdot [e_s(T_c) - e_a] / [\gamma \cdot (r_a + r_c)]$$

mit

γ ... Psychrometerkonstante [$s \cdot m^{-1}$]

e_s ... Sättigungsdampfdruck bei Bestandestemperatur [Pa]

e_a ... Wasserdampfdruck an der Referenzhöhe [Pa]

r_c ... Stomatärer Widerstand [$s \cdot m^{-1}$]

Aerodynamischer Widerstand

$$r_a = \frac{1}{k^2 \cdot u} \left\{ \ln \left[\frac{(z - d + z_0)}{z_0} \right] \right\}^2 \cdot \phi$$

mit

- k ... von Karman Konstante
- u ... Windgeschwindigkeit an der Referenzhöhe
[m·s⁻¹]
- z ... Referenzhöhe [2m]
- d ... Verdrängungshöhe [m]
- z₀ ... Rauigkeitslänge [m]
- φ ... Stabilitätskorrektur

Stomatawiderstand

$$r_c = r_{c,\min} + (r_{c,\max} - r_{c,\min}) \cdot f(W_{\text{soil}})$$

$$r_{c,\min} = (r_{c,\text{CO}_2} - 1.4r_a) / 1.6$$

$$r_{c,\text{CO}_2} = (C_a - C_i) / A$$

mit

$r_{c,\min}$... Minimaler Stomatawiderstand [$\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$]

$r_{c,\max}$... Maximaler Stomatawiderstand [$\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$]

C_a ... Atmosphärische CO_2 Konzentration
[$\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$]

C_i ... Blattinterne CO_2 Konzentration [$\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$]

A ... Assimilationsrate [$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]

$f(W)$... Funktion des Bodenwassergehaltes

W ... Bodenwassergehalt [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

- Notwendig ist ein Modell, das sowohl das Bestandeswachstum in Abhängigkeit von der atmosphärischen CO₂ Konzentration und treibenden Wettervariablen, als auch die Zustandsänderungen der Blatt-temperatur, des Stomatawiderstandes und der Evapotranspiration beschreibt.
 - Signifikante Änderungen der betrachteten atmosphärischen und physiologischen Zustandsvariablen liegen im Stunden-bereich.
 - Über die Energiebilanz der Vegetation und des Bodens sind sie nichtlinear verknüpft.
- ⇒ Interaktive Kopplung eines Wachstums (Weizen)- und eines Soil-Vegetation-Atmosphäre-Transfer -Modells