

Energiebilanzmessung im Dauerbetrieb in einem märkischen Kiefernforst

Bernd Stiller, Jens-Peter Leps, Frank Beyrich

Deutscher Wetterdienst

Meteorologisches Observatorium Lindenberg

Einleitung

Wälder sind global die dominierende Landnutzung, auch im Südosten Brandenburgs nehmen sie eine Spitzenstellung ein, wobei hier Kiefernforsten vorherrschen. Aus den Anforderungen des Wetterdienstes heraus wurde auch für einen Waldstandort eine Energiebilanzstation eingerichtet. Der 30 m-Messmast ist u.a. mit "Turbulenzmesstechnik" (Ultraschallanemometer und Infrarothygrometer), Strahlungssensoren oberhalb des Bestandes, teilweise doublierter Sensorik für Temperatur, Feuchte und Wind im Profil zwischen 2 und 30 m Höhe ausgestattet. Komplettiert wird der Standort durch ein "Bodenmessfeld" bis 1.50 m Tiefe. Die im Dauerbetrieb erhobenen Messdaten dienen vorrangig der quantitativen und qualitativen Beschreibung der Energieaustauschprozesse des Waldes als Teil eines typisch heterogenen mitteleuropäischen Landschaftsausschnittes, können aber auch für forstmeteorologische Fragestellungen ausgewertet werden.

Aufgabe

Die Einrichtung und Inbetriebnahme eines "Energiebilanzmessnetzes" (EBMN) im Umfeld des Meteorologischen Observatoriums Lindenberg (Deutscher Wetterdienst) als Dauermessprogramm wurde Mitte der 90er Jahre initiiert, mit Experimenten (u.a. **LITFASS-98**) wissenschaftlich vorbereitet und im Winter 1999/2000 abgeschlossen. Wesentliche Impulse für den Betrieb dieses kleinmaßstäblichen Messnetzes gingen von den Anforderungen der numerischen Wettervorhersage (NWV) aus. Mit der in den letzten Jahren erfolgten und zukünftig weiter zu erwartenden Reduktion der Modellauflösung auf eine Größenordnung von 10^0 .. 10^1 km werden mesoskalige Prozesse z. T. explizit simuliert, so dass entsprechende Modifikationen und Neuentwicklungen der Parametrisierungen von Landoberflächenprozessen in einem angepassten Maßstab erforderlich werden.

Dabei ist weiterhin zu beachten, dass Parametrisierungen, die in numerischen Wettervorhersage- und Klimamodellen verwendet werden, auf ein breites Spektrum meteorologischer Bedingungen einschließlich Wetterextreme zu allen Jahreszeiten anwendbar sein müssen. Ein in diesem Sinne projektiertes Dauermessprogramm mit Energiebilanzstationen über typischen Landoberflächenformen erfordert erheblichen Aufwand in der Qualitätssicherung.

Ziel des Projektes LITFASS war und ist es, mittels lokal ermittelter Flüsse von Impuls, fühlbarer Wärme und Wasserdampf flächenrepräsentative (Größenordnung einer NWV-Gitterzelle) Flussgrößen abzuleiten. Ein Mittelungs- und Aggregationsproblem besteht auch in Hinblick auf Strahlungsbilanzkomponenten bzw. bezüglich der Validierung von Retrieval-Algorithmen für Landoberflächenparameter aus Satellitendaten (Bezug: Satellitenbild-Pixel).

Messnetzarchitektur

Der notwendige Bezug zu einem Modellgitterelement der NWV (Stand 1998) im Umfeld des Observatoriums unter Beachtung der Landnutzungsverteilung ergab folgende Standorte für Energiebilanzstationen (vgl. z. B. BEYRICH 2002):

- ⇒ Wiese (Sand über Lehm) 73 m über NN (um "fetch" einzuhalten, Betrieb von 2 Stationen für unterschiedliche Anströmungssektoren), Ganzjahresbetrieb, regelmäßige Grasmahd
- ⇒ Wald (Sand) 48 m über NN (Ganzjahresbetrieb)
- ⇒ See (jeweils Mitte/Ende April bis Ende November)
- ⇒ Agrarflächen (unregelmäßig an ein bis zwei Standorten)

Für die Aufgabenstellung ideal, für den forstmeteorologischen Vergleich etwas hinderlich, bleiben unterschiedliche Böden und topologische Gegebenheiten der jeweiligen Standorte. Die wenigen agrarisch nutzbaren lehmhaltigen Böden der Endmoränen haben andere Höhenlagen als die ärmeren Böden der Sander und Urstromtäler, die meist den Kiefernforsten vorbehalten sind.

Ausgewählte Ergebnisse des Landnutzungsvergleichs

Aufgrund der unterschiedlichen topographischen Ausgangssituation und unterschiedlicher Böden sind Vergleiche von Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit des Waldstandortes mit denen anderer Standorte problematisch, es handelt sich keinesfalls um "forstliche Doppelstationen" (vgl. FLEMMING 1994, S.62). Der "Wald des Sandbodens" ist bei Flächen-Aggregation auch nicht auf kleinere Misch- oder Laubwaldgebiete der Moränenzüge übertragbar. In Abb. 1 zeigt sich dieses Problem im Temperaturprofil (Jahresmittelwert). Zwar ist erwartungsgemäß Stamm- und Kronenraum kühler als ein (höherliegender) freier

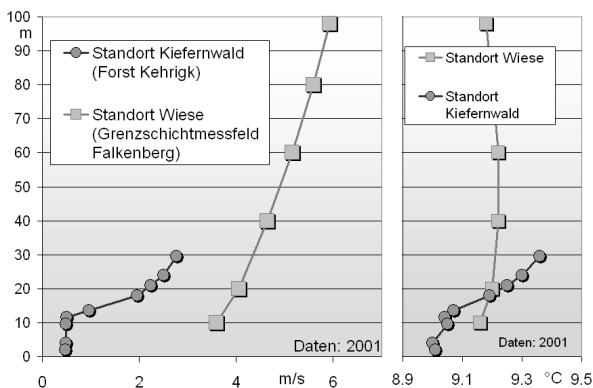


Abb. 1 Mittlere Profile (Jahresmittelwerte 2001) über Wald und Wiese (99-m-Mast) für Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur

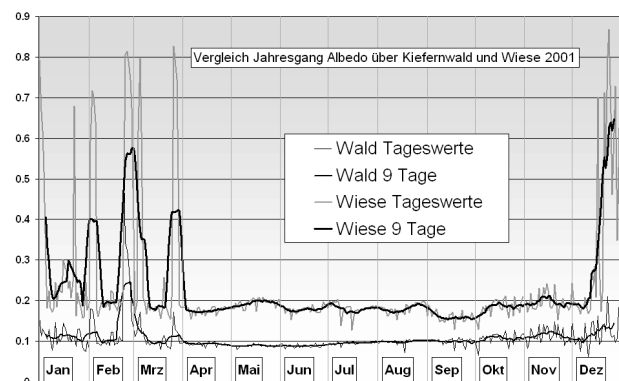


Abb. 2 Albedo (Mittelwerte) über Kiefernwald und Wiese im Zeitraum Jan - Dez 2001

Standort, die höheren Temperaturen in 30 m über (Wald-) Grund sind aber nur durch Einbeziehung unterschiedlicher Höhenlagen über NN erklärbar.

In den Komponenten der Strahlungsbilanz sind solche Höheneinflüsse unwahrscheinlich, es dominieren die "Unterlageneigenschaften". Die Albedo einer Wiese ist (erwartungsgemäß) höher als die eines Kiefernforstes (Abb. 2). Besonders markante Unterschiede gibt es nach Ausbildung einer Schneedecke. Während die schneebedeckte Wiese Albedowerte bis nahe 1 erreichen kann, absorbiert der Kiefernwald weiterhin einen beträchtlichen Anteil der (allerdings winterlich kleinen) Globalstrahlung.

Die unterschiedlichen Reflexionseigenschaften der Unterlage bedingen zwangsläufig je nach Landnutzung differierende Strahlungsbilanzen. Für den Zeitraum Mai bis Mitte August 2003

wurde beispielweise folgende mittlere Nettostrahlung R_n (Werte gerundet) ermittelt: 115 W/m^2 (Wiese), 140 W/m^2 (Wald) und 145 W/m^2 (See). Die Unterschiede betragen also nur ca. 30 W/m^2 .

Stärker variieren dagegen die (turbulenten) Flüsse. So ist im sehr trockenen Sommer 2003 der fühlbare Wärmefluss über Kiefernwald (Sandboden) insgesamt deutlich höher als über Wiese (Sand über Lehm). Der latente Wärmefluss über Wald ist im Sommer 2003 nicht höher als der über Wiese, beide sind deutlich geringer als über Wasser ("Flacher See"). Dieses bis in den August 2003 häufig anzutreffende "Verteilungsmuster" lässt sich auch für einzelne Tage veranschaulichen (Abb. 3 mit Werten für den 15.06.2003).

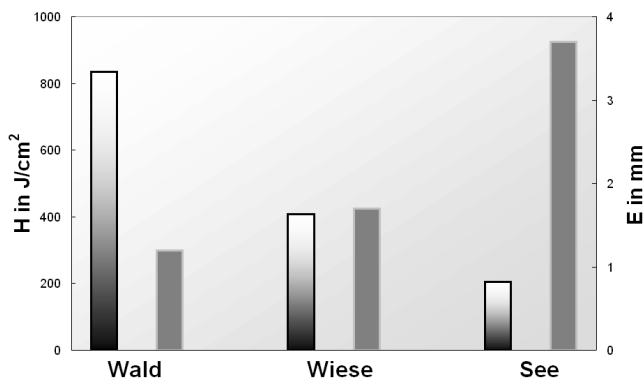


Abb. 3 Tagessummen von fühlbarem Wärmetransport (linker Balken) und Verdunstung (grau) am 15.06.2003 (LITFASS-2003)

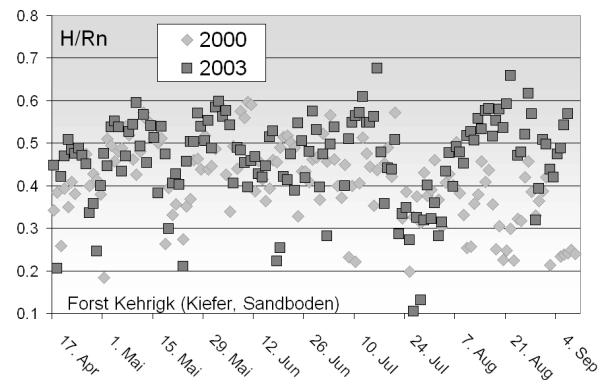


Abb. 4 Das Verhältnis von fühlbarem Wärmefluss H zur Nettostrahlung R_n für den Waldstandort in zwei unterschiedlichen Jahren (mittlere Tageswerte bei $R_n > 300 W/m^2$)

Ursache ist die bei hohem Niederschlagsdefizit außergewöhnlich starke Austrocknung der Sand- und sandigen Böden. Bei hoher Bodenfeuchte wie im August 2000 oder um den 28. Juli 2003 herum wird der (turbulente) Energieabtransport vom latenten Fluss dominiert und der fühlbare Wärmefluss relativ klein. So zeigt die Abb. 4 deutliche Unterschiede im Verhältnis des fühlbaren Wärmeflusses zur Nettostrahlung (das Verhältnis H/R_n wird hier verwendet, da 2000 noch keine LE-Messungen vorliegen) zwischen den Jahren 2000 (Juli und August niederschlagsreich) und dem jetzigen Jahr 2003 einerseits, aber auch im Jahresverlauf selbst. Mit der Abbildung 5 wird die meist geringe Bodenfeuchte im Frühjahr/Sommer 2003 belegt.

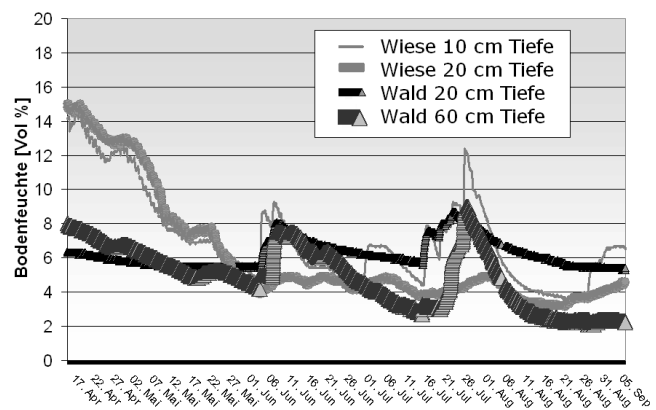


Abb. 5 Bodenfeuchte (TDR-Verfahren) für die Standorte Wald - Wiese im Vergleich (April bis September 2003)

Literatur

BEYRICH, F., H.-J. HERZOG, J. NEISSER: The LITFASS project of DWD and the LITFASS-98 experiment: The project strategy and the experimental setup. - *Theor. Appl. Climatol.* **73**, 3-18.
 FLEMMING; G.: Wald - Wetter - Klima, Einführung in die Forstmeteorologie, 3. Auflage, Berlin 1994