

Deutscher Wetterdienst



Annalen der Meteorologie

39



**4. Fachtagung BIOMET**  
**(19.-20. April 1999 in München)**  
**des Fachausschusses BIOMET der DMG**  
**gemeinsam mit der Gesellschaft**  
**zur Förderung Medizin-Meteorologischer Forschung e.V.**

# TURBULENTER LUFTMASSENAUSTAUSCH ÜBER EINEM KIEFERNWALD

M. Kohler, A. Matzarakis und H. Mayer  
Meteorologisches Institut der Universität Freiburg,  
Werderring 10, 79085 Freiburg

## ZUSAMMENFASSUNG

In der Arbeitsgruppe C des Leitthemas 2 innerhalb des Troposphärenforschungsprogrammes wird u.a. der turbulente Luftmassenaustausch über dem Kiefernwald an der Forstmeteorologischen Meßstelle Hartheim des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg untersucht. Als exemplarische Ergebnisse werden hier die Flüsse von Ozon und Kohlendioxid an zwei Strahlungstagen im Juni 1998 analysiert, die über die Eddy-Correlation-Methode ermittelt wurden.

## 1 EINLEITUNG

Die Untersuchung der Interaktionen zwischen Atmosphäre und Vegetation, speziell Wäldern, ist in den letzten Jahren zunehmend in den Blickpunkt des wissenschaftlichen Interesses getreten (u.a. Kelliher et al., 1999). Zum einen wurde die Bedeutung einiger Stoffkreisläufe, bezogen z.B. auf biogene Kohlenwasserstoffe und Ozon, neu bewertet; zum anderen bieten erst technische Weiterentwicklungen im Bereich der Sensor- und Analysetechnik die Möglichkeit, Komponenten dieser Stoffkreisläufe genauer zu messen.

Die Arbeitsgruppe C des Leitthemas 2 innerhalb des Troposphärenforschungsprogrammes beschäftigt sich mit der Bestimmung von Quellstärken flüchtiger organischer Verbindungen für Waldökosysteme. Darin ist das Forschungsvorhaben des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg über den turbulenten Luftmassenaustausch zur Flußbestimmung von Spurenstoffen über einem Kiefernwald eingebunden.

Beim Kiefernwald handelt es sich um den Hartheimer Gemeindewald, in dessen Mitte sich die Forstmeteorologische Meßstelle des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg befindet. Die Meßstelle, an der seit ca. 25 Jahren kontinuierliche Messungen aller meteorologischen und hydrologischen Größen des Energie- und Wasserhaushaltes des Kiefernwaldes durchgeführt werden (Kessler und Jaeger, 1999) und die dafür zwei Meßtürme mit Bestandeshöhe bzw. doppelter Bestandeshöhe aufweist, liegt in einer Höhe von 202 m ü. NN ca. 23 km südwestlich von Freiburg im Oberrheingraben. Der Bestand besteht aus 35-jährigen Kiefern (*Pinus sylvestris*) mit einer Bestandesdichte von ca. 4000 Bäumen/ha und einer Bestandeshöhe von ca. 15 m. Der Überschirmungsgrad beträgt 0.65, der mittlere Brusthöhendurchmesser streut zwischen 7.3 und 27.3 cm. Der Hartheimer Kiefernwald kann als relativ homogen betrachtet werden, der 'Fetch' in Hauptwindrichtung beträgt ca. 700 m.

## 2 ZIELSETZUNG

Dieses Forschungsvorhaben hat neben der Unterstützung der im Hartheimer Kiefernwald arbeitenden auswärtigen Forschergruppen folgende Ziele:

- a) retrospektive Bestimmung der Kenngrößen des Luftmassenaustausches (Rauhigkeitslänge, Verdrängungshöhe, Schubspannungsgeschwindigkeit und vertikaler Austauschkoeffizient für Impuls), um ihre Abhängigkeit von Höhenwachstum des Kiefernwaldes und durchgeführten Durchforschungsmaßnahmen zu untersuchen,
- b) aktuelle Bestimmung dieser Kenngrößen sowie der turbulenten Flüsse fühlbarer und latenter Wärme, von Kohlendioxid und Ozon über dem Hartheimer Kiefernwald mit Hilfe der Eddy-Correlation-Methode; hierzu stehen geeignete Daten seit Mai 1998 zur Verfügung.

Im folgenden werden exemplarische Ergebnisse aus dem Teil b) präsentiert.

## 3 MESSANORDNUNG

Die Eddy-Correlation-Messungen erfolgen auf dem kleinen Meßturm, der temporär auf 21 m erhöht worden ist, in einer Höhe von 6 m über dem Bestand. Verwendet werden ein Ultraschallanemometer USAT3 der Firma METEK, ein „schneller„ Ozonsensor OS-G-2 (Firma GFAS) zur Bestimmung der Ozonflüsse auf Chemilumineszenz-Basis und ein „langsamer„ Ozonsensor O341M (Firma Environne-

ment) zur Bestimmung des Absolutwertes von Ozon (UV-Absorption). Die Wasserdampf- und Kohlendioxidflüsse werden über ein LICOR 6262 System nach der Infrarot-Absorptionsmethode bestimmt.

#### 4 ERGEBNISSE

Die hier diskutierten Ergebnisse beziehen sich auf den 5. und 6. Juni 1998, die als Strahlungstage einzustufen sind. Mai und Juni 1998 waren durch niedrige Niederschlagswerte in Hartheim gekennzeichnet. So fielen im Mai 1998 nur 39 % der mittleren Niederschlagsmenge im Mai an dieser Meßstelle, so daß der Kiefernwald an der Forstmeteorologischen Meßstelle Hartheim am 5. und 6. Juni 1998 Trockenstreßbedingungen ausgesetzt war.

Die Globalstrahlung erreichte an beiden Untersuchungstagen maximale Stundenmittelwerte von  $870 \text{ W m}^{-2}$ . In 6 m Höhe über dem Kiefernwald lagen die stündlichen Maxima der Lufttemperatur bei  $31^\circ\text{C}$ , des Dampfdrucks bei 20 hPa und des Sättigungsdefizits bei 31 hPa (Abb. 1). Am 6. Juni 1998 zog um die Mittagszeit Haufenbewölkung auf und in der Region kam es vereinzelt zu Gewittern. Insgesamt war es an beiden Tagen schwachwindig mit Windgeschwindigkeiten unter  $1.5 \text{ m s}^{-1}$ .

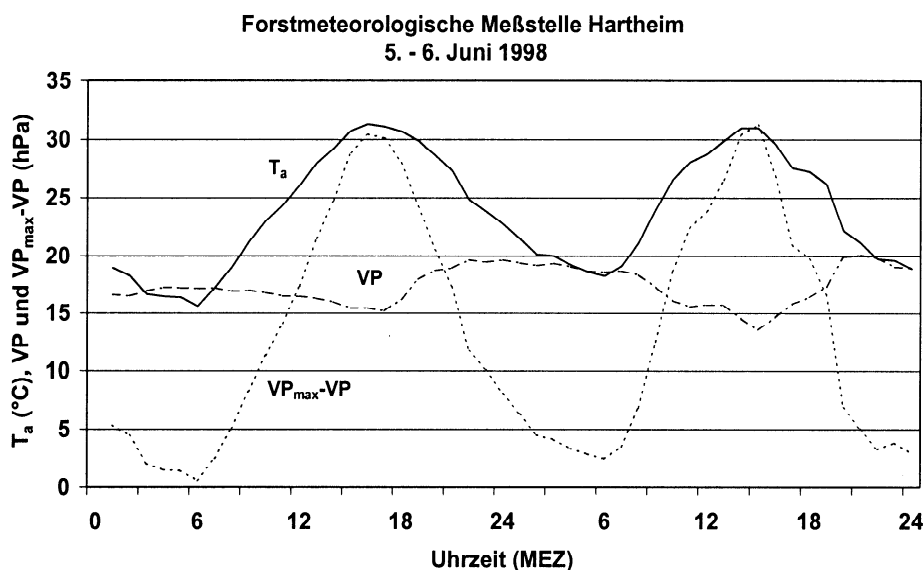


Abb. 1: Lufttemperatur  $T_a$ , Dampfdruck VP und Sättigungsdefizit  $VP_{\max}-VP$  am 5. und 6. Juni 1998 in 21 m Höhe über Grund, d.h. 6 m über dem Kiefernwald (*Pinus sylvestris*), an der Forstmeteorologischen Meßstelle Hartheim des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg

Der maximale Stundenmittelwert der Ozonkonzentration betrug am 5. Juni ca.  $200 \mu\text{g m}^{-3}$ . Die aufziehende Bewölkung verhinderte am 6. Juni eine ähnlich hohe Ozon-Konzentration in den Nachmittagsstunden. Die  $\text{CO}_2$ -Konzentration zeigte den typischen Verlauf mit tagsüber reduzierten Werten infolge der Photosynthese und höheren Werten nachts, bedingt durch die Respiration des Kiefernwaldes. In der nächtlichen stabilen Schichtung über dem Wald war eine beträchtliche Zunahme der  $\text{CO}_2$ -Konzentration bis nahe 500 ppm (Stundenmittelwert) zu finden.

Bei der Analyse des Einflusses der gemessenen meteorologischen Größen auf die Spurengasflüsse über dem Kiefernwald konnte für den Ozonfluß nur ein Zusammenhang mit der Globalstrahlung ermittelt werden (Abb. 2). Solch ein Zusammenhang ergab sich auch für den Kohlendioxidfluß, jedoch ließ sich zusätzlich ein Einfluß durch das Sättigungsdefizit nachweisen. Er ist in der Abb. 3 über die Größe der Kreise angegeben, die für Klassen von 5 hPa Intervallen des Sättigungsdefizits stehen (Klassenbezeichnung: jeweilige Intervallobergrenze). Die Abb. 3 zeigt, daß im Prinzip die Beträge der Kohlendioxidflüsse mit zunehmender Globalstrahlung ansteigen; bei größerem Sättigungsdefizit werden sie jedoch drastisch reduziert (bis zu 80 %).

Forstmeteorologische Meßstelle Hartheim  
5. - 6. Juni 1998

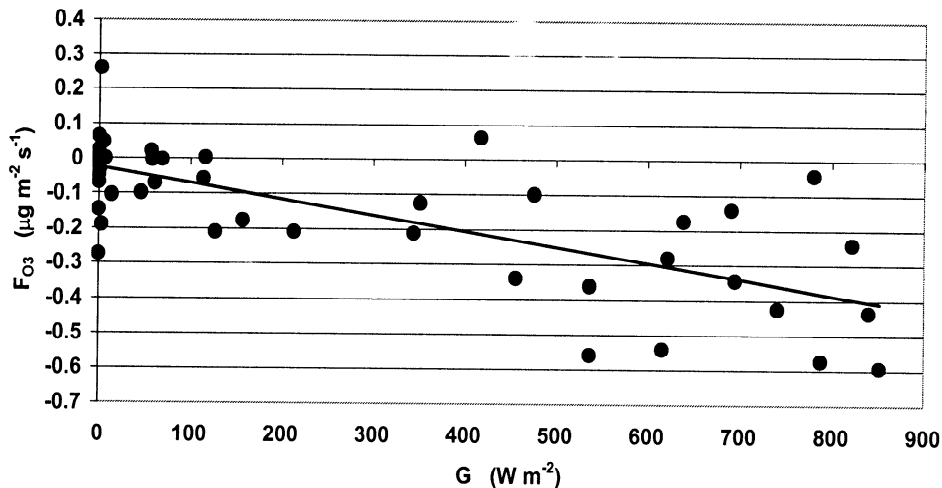


Abb. 2: Ozonfluß  $F_{O_3}$  in Abhängigkeit von der Globalstrahlung  $G$  in 6 m Höhe über dem Kiefernwald (*Pinus sylvestris*) an der Forstmeteorologischen Meßstelle Hartheim des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg

Forstmeteorologische Meßstelle Hartheim  
5. - 6. Juni 1998

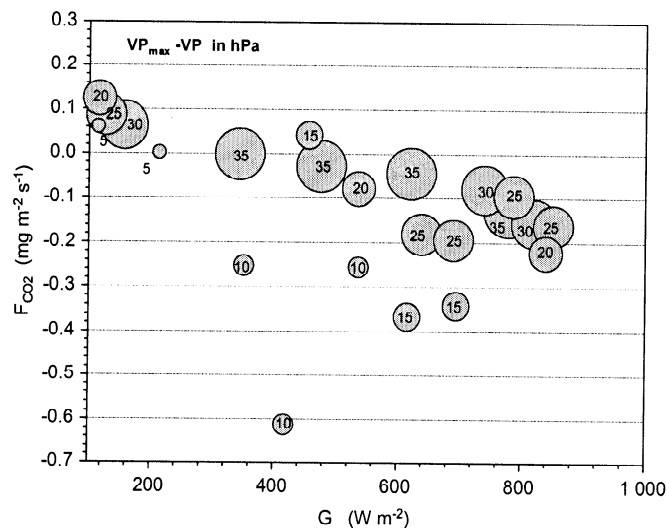


Abb. 3: Kohlendioxidfluß  $F_{CO_2}$  in Abhängigkeit von Globalstrahlung  $G$  und Sättigungsdefizit  $VP_{max}-VP$  in 6 m Höhe über dem Kiefernwald (*Pinus sylvestris*) an der Forstmeteorologischen Meßstelle Hartheim des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg

## LITERATUR

- Kelliher, F.M., Lloyd, J., Arneth, A., Lühker, A., Byers, J.N., McSeveny, T.M., Milukova, I., Grigoriev, S., Panfyorov, M., Sogatchev, A., Varlagin, A., Ziegler, W., Bauer, G., Wong, S.-C., Schulze, E.-D., 1999: Carbon dioxide efflux density from the floor of a central Siberian pine forest. *Agric. Forest Meteorol.*, 94, 217-232.
- Kessler, A., Jaeger, L., 1999: Long-term changes in net radiation and its components above a pine forest and a grass surface in Germany. *Int. J. Climatol.*, 19, 211-226.