

# Wissenschaftliche Mitteilungen

aus dem  
Institut für Meteorologie der Universität Leipzig  
und dem  
Institut für Troposphärenforschung e. V. Leipzig

ISBN 3-9806117-1-X

---

**Meteorologische Arbeiten aus Leipzig (IV)**

Hrsg.: A. Raabe, K. Arnold, J. Heintzenberg

Leipzig 1999

**Band 12**



## Inhaltsverzeichnis

### Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig, Band 12

	Seite
Betrachtungen zur Heterogenität N. Mölders und G. Tetzlaff	1
On the enhancement or counteraction of the responses to local-scale accumulated land-use changes on the short time-scale N. Mölders	10
A Numerical Case Study on the Sensitivity of Latent Heat-Flux and Cloudiness to the Distribution of Land-Use K. Friedrich und N. Mölders	27
A Mesoscale Atmospheric Model Combining Meteorology, Chemistry, Biology and Heterogeneity D. Hinneburg und N. Mölders	44
Evaluation of cloudiness and snowfall simulated by a semi-spectral and a bulk-parameterization scheme of cloud microphysics for the passage of a Baltic heat cyclone- First results A. Raabe und N. Mölders	59
Weiterentwicklung eines Wolkenmoduls (LECLOUD) für mesoskalige Atmosphärenmodelle F. Jagusch	71
Akustische Tomographie und optische Scintillometertechnik zur Sondierung der atmosphärischen Grenzschicht U. Teichmann, A. Ziemann, K. Arnold und A. Raabe	82
Zur räumlichen Niederschlagsverteilung in der Region Leipzig U. Müller	91
Ergebnisse neuerer Klimabeobachtungen in Leipzig U. Müller und Ch. Junge	98
Die Wetteraufzeichnungen des Abtes Mauritius Knauer M. Börngen und G. Tetzlaff	106
Zur Entwicklung des Forschungsgebietes Dynamik der Hochatmosphäre R. Schminder	120
Planetary wave-mean flow interaction seen in midlatitude mesopause region wind measurements at Collm Ch. Jacobi	130

Correlation between stratosphere and upper mesosphere: A comparison of Collm mesopause winds and Berlin stratospheric analyses Ch. Jacobi und P. Braesicke	142
Der Zirkumpolarstrom als Wellenleiter für Rossby-Wellen H.-J. Schönfeldt	156
Asymptotic and numerical solutions of trapped Rossby waves in high-latitude shear flows with boundaries U. Harlander	170
Interne Moden der atmosphärischen Komponente interdekadischer Klimavariabilität M. Klingspohn	177
On the errors of spectral shallow-water limited-area model simulations using an extension technique M. Simmel und U. Harlander	200
Parallele Strategien für ein spektrales Wolkenmodul in einem 3-dimensionalen Mesoskalenmodell M. Simmel, R. Reilein, G. Rürger und G. Tetzlaff	217

# Betrachtungen zur Heterogenität

Nicole Mölders und Gerd Tetzlaff

## Zusammenfassung

Es wird aufgezeigt, wie durch die Notwendigkeit, in (Chemie-Transport-)Modellen diskretisieren zu müssen, die natürliche Heterogenität einer Landschaft bei der Modellierung reduziert wird. Es wird ein Maß definiert, mit dessen Hilfe die Heterogenität eines Gebiets, z.B. einer Gitterzelle erfaßt werden kann. Das Maß erlaubt auch, unterschiedliche Gebiete bezüglich ihrer Heterogenität zu vergleichen. Es bezieht sowohl den Wechsel von Flächen unterschiedlicher Landnutzung als auch die Anzahl der Ökosysteme ein.

## Summary

The loss of information due to discretization is illustrated. A measure is defined that allows to characterize the degree of heterogeneity of an area, for instance a grid cell, with respect to the boundaries between areas of different landuse as well as the amount of ecosystems. It also allows to compare different landscapes with respect to their heterogeneity.

## 1. Einleitung

Trockene Deposition und biogene Emission von Spurengasen werden mitentscheidend durch den Energieumsatz an der Grenzfläche Erde-Atmosphäre sowie den hydrologischen Zyklus (Mölders 1993) und somit von der Landnutzung beeinflusst. Die Stoffabgabe (z.B. Wasserdampf) und Stoffaufnahme (z.B.  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ) via Stomata hängt nämlich nicht nur von der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR), sondern auch vom Wasserdampfdefizit, vom Wasserpotential, von der Temperatur des Blattwerks und von der  $CO_2$ -Konzentration der Umgebung ab (Kramm et al. 1994).

Die einzelnen Stickstoffkomponenten zeigen bei der Deposition für verschiedene Unterlagen ein unterschiedliches Verhalten (z.B. Walcek et al. 1986, Wesely 1989, Padro 1996). So können Böden und Gewässer z.B. viel  $HNO_3$  aufnehmen. Dennoch sind die Depositionsgeschwindigkeiten über Gewässern und baren Böden wegen deren kleineren Oberflächenrauigkeit gering (Ganzeveld und Lelieveld 1995). Die trockene Deposition von  $NO_2$  auf Blattpflanzen kann die auf Nadelbäumen um das 3-10-fache übersteigen, was einerseits auf die höhere wirksame Blattoberfläche pro Flächeneinheit des Erdbodens, charakterisiert durch den Blattflächenindex, zurückzuführen ist und andererseits auf unterschiedliche Mesophyll-Widerstände sowie die Fähigkeit,  $NO_2$  zu emittieren, was sich in der Existenz einer Kompensationspunktkonzentration widerspiegelt (Thoene et al. 1991, Ganzeveld und Lelieveld 1995).

Dabei laufen viele Prozesse, die zur Emission von primären und zur Entstehung von sekundären Spurenstoffen sowie zu deren Entfernung aus der Atmosphäre durch (trockene und nasse) Deposition beitragen, auf räumlichen Skalen ab, die durch die derzeitigen Chemie-Transport-Modelle nicht aufgelöst werden können (Tetzlaff und Mölders 1997). Man bezeichnet diese Prozesse deshalb als subskalig. Da sie in den Modellgleichungen erscheinen und nicht zu vernachlässigen sind, müssen sie in der Weise parametrisiert werden, daß ihre Effekte zumindest an Hand der vom Rechengitter aufgelösten skaligen Feldgrößen (Windvektor, Temperatur, Feuchte, Konzentrationen usw.) erfaßt werden. Das bedeutet, daß die (subskaligen) Depositionsprozesse sehr stark von der Art der Parametrisierung und der Auflösung des Modellgitters abhängen.

### Strategie dominanter Landnutzung

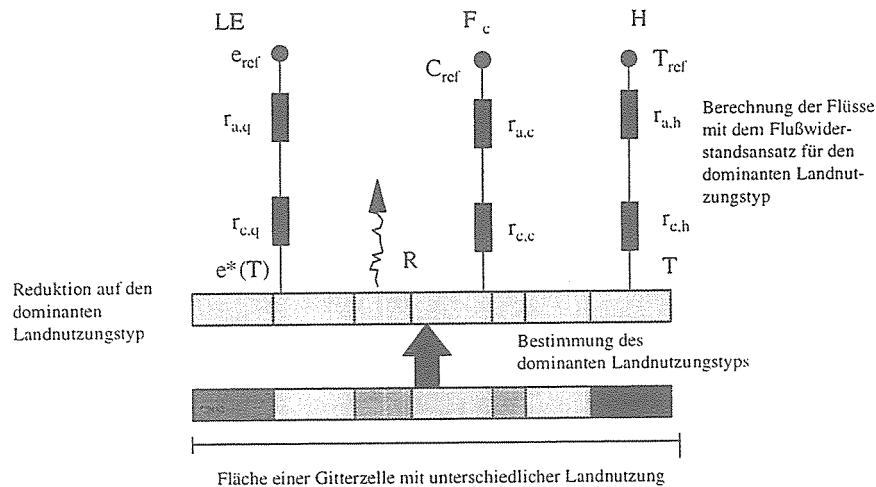


Abb. 1 Vereinfachte schematische Darstellung zur Berechnung der Flüsse bei der Strategie dominanter Landnutzung. Hier stehen  $e$ ,  $T$ ,  $C$  und  $e_{ref}$ ,  $T_{ref}$  und  $C_{ref}$  für die spezifische Feuchte, die Temperatur und die Konzentrationen am Boden und im Referenzniveau.  $R$  ist die thermische Ausstrahlung. Ferner sind  $r_a = r_i + r_m$  und  $r_c$  die Widerstände der Atmosphäre bzw. der Oberfläche (aus Tezlaff und Mölders 1997).

### Lage der Testgebiete

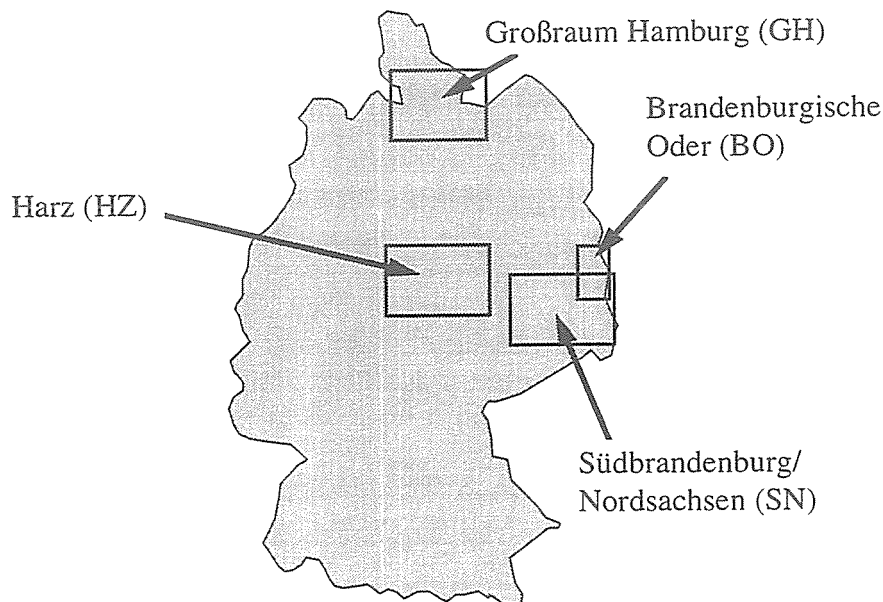


Abb. 2. Schematische Darstellung der Lage der untersuchten Testgebiete.

In vielen Chemie-Transport-Modellen (z.B. Chang et al. 1987, Ebel et al. 1989, Hass 1991, Padro et al. 1991) werden die Energie-, Wasser- und Stoffflüsse in der Weise behandelt, daß in den Zellen des Rechengitters der jeweilige dominante Landnutzungstyp zur Berechnung dieser Flüsse herangezogen wird (Abb. 1). Dabei wird eine bulk-Parametrisierung basierend auf dem *big-leaf/big-stoma*-Ansatz verwendet, der für die Fläche der Gitterzelle horizontale Homogenität annimmt. Die gesamte Gitterzelle wird also als mit einem Landnutzungs-

und/oder Bodentyp behaftet angesehen (Abb. 1). Die für eine Gitterzelle als subskalig zu bezeichnende Heterogenität der Oberflächenbeschaffenheit der Unterlage, nämlich die verschiedenen Landnutzungs- und Bodentypen, die in der Natur in dem durch eine Gitterzelle repräsentierten Gebiet tatsächlich vorhanden sind, bleibt also unberücksichtigt. Deshalb gibt es Bestrebungen, die subskalige Heterogenität einer Landschaft (auf verschiedenen Skalen) bei der Bestimmung der Flüsse zu berücksichtigen (z.B. Kramm et al. 1994, Mölders et al. 1996, Hinneburg und Mölders 1999).

In dieser Studie wird der Informationsverlust bei Vergrößerung der Landnutzung am Beispiel verschiedener Landschaften Nord- und Ostdeutschlands analysiert (Abb. 2) und ein Maß vorgestellt, mit dem unterschiedliche Landschaften bezüglich ihrer Heterogenität verglichen werden können. Diese Studien sollen als Basis dienen, den Effekt der Heterogenität parametrisch berücksichtigen zu können (s. auch Hinneburg und Mölders 1999).

## 2. Diskussion des Informationsverlustes bei Vergrößerung der Auflösung

In meteorologischen Modellen dienen Landnutzungs- und Orographiedaten dazu, den Austausch von Impuls, Wärme und Masse sowie die Temperatur und spezifische Feuchte als Randbedingungen an der Grenzfläche *Erde-Atmosphäre* in Abhängigkeit von den landschaftlichen Gegebenheiten beschreiben zu können. Je nach Landnutzungs- und Bodentyp sind dabei unterschiedliche (ggf. jahreszeitabhängige) physikalische und pflanzenphysiologische Eigenschaften zu berücksichtigen.

Die verwendeten Landnutzungsdaten stammen dabei entweder aus digitalisierten Karten oder werden aus Fernerkundungsdaten (z.B. Matthews 1983, Townshend et al. 1991, Mölders et al. 1997) abgeleitet. Dabei variiert je nach Landnutzungserkennungsalgorithmus oder Kartierungsamt die Anzahl der unterschiedenen Landnutzungsklassen. In den in dieser Arbeit analysierten digitalisierten Landnutzungsdaten werden insgesamt 16 Landnutzungstypen unterschieden, nämlich *Grasland, Ackerland, Heide/Buschland, Laubwald, Mischwald, Nadelwald, Sonderkulturen, Sumpf/Moor, Dorf/Stadtrandgebiet, Innenstadt* (einer Großstadt bzw. enge Bebauung), *See tiefer bzw. See seichter als 10 m, Binnengewässer, gefluteter Tagebau, Tagebau* und *Sand*. In dem in dieser Studie verwendeten, aus Satellitendaten abgeleiteten Landnutzungsdatensatz werden jedoch nur 5 Landnutzungstypen unterschieden, nämlich *Grasland, Ackerland, Laubwald, Nadelwald, Siedlung* (Strasser et al. 1996, Mölders et al. 1997).

Beide Verfahren zur Gewinnung von Landnutzungsdaten weisen mehrere Schwachpunkte auf:

- Aufgrund der Notwendigkeit, einer räumlich variierenden Landnutzung einen diskreten Landnutzungstyp zu weisen zu müssen, geht grundsätzlich Information verloren (z.B. De Fries et al. 1995, Mölders et al. 1997).
- Die Verfahren sind teilweise subjektiv. Im Fall des Digitalisierens gilt dies deshalb, weil in den topographischen Karten die Grenzen zwischen einigen Landnutzungstypen nicht sauber definiert sind. Im Falle der Satellitendaten müssen Schwellwerte festgelegt werden. Dadurch kann die Zuordnung zu einer Szene stark vom Erkennungsalgorithmus, z.B. durch die verwendeten Schwellwerte, beeinflusst sein (z.B. Mölders et al. 1995).
- Die Genauigkeit, die Details der Karten und die Definitionen der Ökosysteme hängen von dem Landesvermessungsamt ab, das die Karten herausgibt. Im Falle der aus Satellitendaten abgeleiteten Landnutzung spielt auch die Möglichkeit und die Anzahl der unterschiedenen Szenen eine Rolle. Es können Mißklassifizierungen auftreten.

Weitere Fehlerquellen bei den aus Satellitendaten abgeleiteten Landnutzungsinformationen sind die Richtungsabhängigkeit der solaren Reflektion und die terrestrische Emissivität, Kalibrationsfehler (z.B. Raschke et al. 1988), die durch die Erdkrümmung bedingte unter