



## **Bestimmung von Konzentrations- und Flussfootprints mit einem durch LES-Daten angetriebenen Lagrangeschen stochastischen Partikeldispersionsmodell**

**G. Steinfeld** (1), S. Raasch (1), T. Markkanen (2), T. Foken (2)

(1) Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover, Deutschland,

(2) Abteilung Mikrometeorologie, Universität Bayreuth, Deutschland

(steinfeld@muk.uni-hannover.de/Tel.:+49-511-7623232)

In Übersichtsartikeln zur Footprintmodellierung (Foken und Leclerc, 2004; Schmid, 2002) wird die Methode der Large-Eddy-Simulation (LES) oder Grobstruktursimulation als ein potentiell wertvolles Werkzeug für die Validierung und Weiterentwicklung von konventionellen Footprintmodellen genannt. Insbesondere unter komplexen Bedingungen, wie z.B. an Waldkanten oder über heterogenen Landoberflächen, für die die in den konventionellen Modellen verwendeten Parametrisierungen ungeeignet erscheinen, sind aus Grobstruktursimulationen abgeleitete Turbulenzstatistiken für die Footprintberechnung sehr wertvoll. Die Anzahl von experimentell erhaltenen Datensätzen für komplexe Bedingungen ist beschränkt, so dass zunächst nur die Verwendung von LES-Datensätzen für eine Validierung konventioneller Footprintmodelle realistisch erscheint. Der Vorteil eines Grobstruktursimulationsmodells gegenüber konventionellen Footprintmodellen ist, dass es sowohl die turbulente Strömung als auch die letztlich aus ihr resultierenden Konzentrationen und Flüsse eines Skalars und damit ihre Quellgebiete berechnet. Hingegen müssen konventionelle Footprintmodelle immer von außen mit Turbulenzstatistiken versorgt werden. Trotz großer Erwartungen, die an LES-Modelle geknüpft werden, gibt es nur wenige Veröffentlichungen, in denen über die Footprintbestimmung unter Verwendung eines LES-Modells berichtet wird. In der Mehrzahl der Veröffentlichungen wird ein Eulerscher Ansatz für die Footprintbestimmung benutzt, d.h. es wird eine zusätzliche prognostische

Gleichung für die Konzentration eines passiven Skalars gelöst. Aus den prognostizierten Feldern der Konzentration und des Flusses des Skalars lassen sich dann Fluss- und Konzentrationsfootprint ableiten. In den letzten Jahren haben verschiedene Forschergruppen Vorschläge dazu unterbreitet, wie ein Lagrangesches stochastisches Partikeldispersionsmodell durch Daten eines LES-Modells angetrieben werden kann. In diesem Konferenzbeitrag soll gezeigt werden, wie, basierend auf den Vorschlägen von Weil et al. (2004), eine Kopplung zwischen dem parallelisierten LES-Modell PALM und einem im Vorwärtsmodus betriebenen Lagrangeschen stochastischen Partikeldispersionsmodell realisiert ist. Anders als bei Weil et al. (2004) sind LES-Modell und Lagrangesches Modell online miteinander gekoppelt, d.h. LES-Modell und Lagrangesches Modell werden gleichzeitig betrieben, so dass jeder Zeitschritt des LES-Modells Eingang in das Lagrangesche Modell findet. Die grundsätzliche Eignung unseres Ansatzes für die Ausbreitungsrechnung wird durch einen Vergleich mit den Ergebnissen der numerischen Studie von Weil et al. (2004) und eines Konvektionstankexperimentes gezeigt. Die Verwendbarkeit unseres Ansatzes für die Footprintbestimmung zeigt ein Vergleich mit den Footprints, die von Leclerc et al. (1997) mit einem LES-Modell unter Verwendung einer Eulerschen Methode, mit konventionellen analytischen und Lagrangeschen Footprintmodellen sowie mit Hilfe im Experiment gemessener Daten erhalten wurden. Ein wesentlicher von Leclerc et al. (1997) nicht näher diskutierter Unterschied zwischen den Ergebnissen des LES-Modells und konventioneller Modelle ist die Existenz weiter Gebiete mit negativem Beitrag zum Gesamtfluss. Dass das hier vorgestellte Modellsystem für einen weiten Bereich von atmosphärischen Schichtungen für die Footprintbestimmung eingesetzt werden kann, wird anhand von Beispielrechnungen für stabil und nahe neutral geschichtete Grenzschichten verdeutlicht. Die Quellflächen für verschiedene Messniveaus weisen hier eine deutliche Beeinflussung durch die Richtungsänderung des mittleren Windes mit der Höhe auf. So zeigen sich die Quellflächen in größeren Höhen gegenüber denen in geringeren Höhen nicht nur in ihrer Ausdehnung erweitert, sondern die Quellflächen, die deutlich anders als der Grenzschichtmittelwind ausgerichtet sind, zeigen sich auch verdreht zueinander. Abschließend sollen Footprints für Messungen an verschiedenen Orten über einem idealisiert heterogenen Untergrund gezeigt werden. Die Heterogenität wird hierbei über die Vorgabe eines sinusförmigen bodennahen Wärmestroms realisiert. Die erhaltenen Quellgebiete zeigen sich durch die Inhomogenität deutlich beeinflusst. So ist die relative Lage des Messpunktes zum Maximum des bodennahen Wärmestroms entscheidend für die Ausdehnung der Quellfläche entlang der Hauptwindrichtung bzw. quer dazu. Dies lässt sich auf die durch die Inhomogenität verursachte mesoskalige Zirkulation zurückführen.

Foken, T. und Leclerc, M.Y., 2004: Methods and limitations in validation of footprint models. *Agric. Forest Meteorol.*, 127, 223-234

Leclerc, M.Y., Shen, S.H. und Lamb, B., 1997: Observations and large-eddy simulation modeling of footprints in the lower convective boundary layer. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 102, 9323-9334

Schmid, H.P., 1997: Experimental design for flux measurements: matching scales of observations and fluxes. *Agric. For. Meteorol.*, 87, 179-200

Weil, J.C., Sullivan, P.P. und Moeng, C.H., 2004: The use of large-eddy simulations in Lagrangian particle dispersion models. *J. Atmos. Sci.*, 61, 2877-2887