

Exemplarische Analyse des turbulenten Windfelds in einem Stadtbereich von Münster – Vergleich von Ergebnissen turbulenzauflösender Beobachtungen und Simulationen mit dem LES Modell PALM

Bastian Paas, Timo Zimmermann, and Otto Klemm

University of Münster, Institute of Landscape Ecology, Climatology, Münster, Germany (bastian.paas@uni-muenster.de)

In Europa leben mehr als 70% aller Menschen in Städten. Die städtische Atmosphäre ist durch dreidimensionale Strukturen, hohe Versiegelung und verschiedene anthropogene Emissionen gegenüber der Atmosphäre des ruralen Umlands erheblich modifiziert. Das urbane Windfeld ist stark heterogen und beeinflusst durch zahlreiche Hindernisse. Kenntnis über einen zeitlich und räumlich bis in Turbulenzskalen aufgelösten Windvektor ist insbesondere im städtischen Raum von großer Bedeutung, da das Strömungsfeld maßgeblich bestimmt, wie Luft lokal ausgetauscht wird. Luftaustauschprozesse steuern unter anderem die für Städte wichtige Transmission von Luftschadstoffen sowie die Kaltluftzufuhr bei Hitzewetterlagen. Der Transport von Frischluft wird aus stadtplanerischer Sicht auch im Zuge von nötigen Anpassungsstrategien an die prognostizierte Erwärmung des globalen Klimas in Zukunft immer wichtiger.

Im Bereich der Stadtplanung und Begutachtung werden seit Jahrzehnten Modelle mit Reynolds-gemittelten Gleichungssystemen (engl. Reynolds-averaged Navier-Stokes equations, RANS) zur Bewertung von Strömungsverhältnissen oder der Luftqualität in städtischen Gebieten eingesetzt. Es ist jedoch bekannt, dass RANS-Modelle im Nahbereich von Hindernissen, wie Gebäuden oder großen Vegetationselementen, die mittlere Strömung nicht hinreichend genau erfassen können. Grobstruktursimulationen (engl. Large-Eddy Simulation, LES) liefern gegenüber RANS-Modellen neben einer präziseren Berechnung der mittleren Windfelder in komplexem Gelände in Hindernisnähe darüber hinaus Informationen über statistische Eigenschaften des Windes wie z.B. Böen. So können mit LES bei der Schadstoffausbreitungssimulation auch Spitzenkonzentrationen berechnet werden.

Im Stadtgebiet von Münster wurden zur Erfassung des turbulenten lokalen Windfelds hochfrequente mobile Messungen mit einem Ultraschallanemometer auf einem Lastenfahrrad durchgeführt. Während der Fahrt mit dem Lastenfahrrad wurden weiterhin GPS Koordinaten sowie die Ausrichtung des Anemometers miterfasst und der Windvektor im Nachhinein richtungs- und geschwindigkeits-korrigiert. Des Weiteren kam ein zusätzliches Anemometer als Referenz in einer Straßenschlucht zum Einsatz. Dasselbe Teilgebiet der Stadt Münster, welches in der Feldkampagne Berücksichtigung fand, wurde nachmodelliert und eine Strömungssimulation mit 1-m-Gitterauflösung des Rechengebiets durchgeführt. Hierfür kam das LES-Modell PALM zum Einsatz.

Die Analyse beleuchtet die Unterschiede zwischen Beobachtungen und LES-Simulationen des komplexen Windfelds in einem kleinen Ausschnitt einer realen Stadt. Der Simulation sind zusätzlich Informationen über die turbulenten Eigenschaften der Strömung entnommen worden, welche in Hinsicht auf turbulente Schwankungen der Windrichtung und -Geschwindigkeit untersucht wurden. Die Ergebnisse beider Methoden konnten räumliche Strömungsmuster eindeutig identifizieren. Bereiche, in denen Böen bevorzugt auftreten, konnten spezifiziert werden. Turbulente Schwankungen des Geschwindigkeitsbetrags und der Windrichtung wurden quantitativ bestimmt.