

## **Forschungsthema des Monats April 2013**

### **REKLIM Forschungsthema 9: Klimawandel und Luftqualität**

#### **Modellierung der städtischen Wärmeinsel mit WRF: Bewertung von Anpassungs- und Vermeidungsstrategien**

Das lokalklimatische Phänomen der städtischen Wärmeinsel (engl. Urban Heat Island - UHI), beschreibt die relative Erwärmung einer urbanen Fläche gegenüber deren Umland. Erhöhte Temperatur, verminderte Luftfeuchte und veränderte Zirkulationsmuster zwischen Stadt und Umland führen zu einer Modifikation von meteorologischen, lokalklimatischen und lufthygienischen Bedingungen. Hitzestress, vermehrte Ozonbildung und erhöhte Aerosolbelastung aufgrund von veränderten chemischen Reaktionsabläufen können direkte negative Folgen für die Einwohner sein. Bevölkerungswachstum und Klimawandel verstärken dieses Phänomen, was Anpassungs- und Vermeidungsstrategien unabdingbar für die Stadtplanung der Zukunft macht.

Da es sich bei der städtischen Wärmeinsel um ein hoch-komplexes Phänomen handelt, ist der Einsatz von meso- und mikroskaligen numerischen Simulationsmodellen notwendig. Mit Hilfe des numerischen Wettervorhersagemodells WRF (Weather Research and Forecasting Model) ist es möglich, verschiedene stadtplanerische Maßnahmen und deren stadtklimatische Auswirkungen auf regionaler Skala (~1km) zu diskutieren. Um die Eigenschaften der städtischen Strukturen in geeigneter Form im Modell abzubilden, bedient man sich verschiedener Parametrisierungsansätze unterschiedlicher Komplexität, die mit WRF gekoppelt werden können, entweder durch direkte Veränderung der Landnutzungsinformation mittels geographischer Informationssysteme (ArcGIS) oder über Veränderungen von Gleichungen und Parametern im Urbanisierungs-Modul von WRF. Beides bewirkt veränderte Eingangsbedingungen für die meteorologische Modellierung. So können beispielsweise Veränderung von innerstädtischer Landnutzung wie Begrünung oder Veränderung der Reflexionscharakteristiken urbaner Oberflächen anhand von Szenarienrechnungen simuliert werden.

Derzeitiges Untersuchungsgebiet ist der städtische Raum Stuttgart mit dessen ländlicher Umgebung (Abb. 1). Hintergrund für die Zusammenarbeit mit der Stadt Stuttgart ist die Beteiligung des IMK-IFU am EU-Projekt: „UHI - Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon“ (3CE292P3) – CENTRAL Europe, (2011-2014). In diesem Rahmen werden mit lokalen Entscheidungsträgern Ergebnisse und Strategien diskutiert, Validierungsmessungen vor Ort durchgeführt und konkrete Maßnahmen umgesetzt.

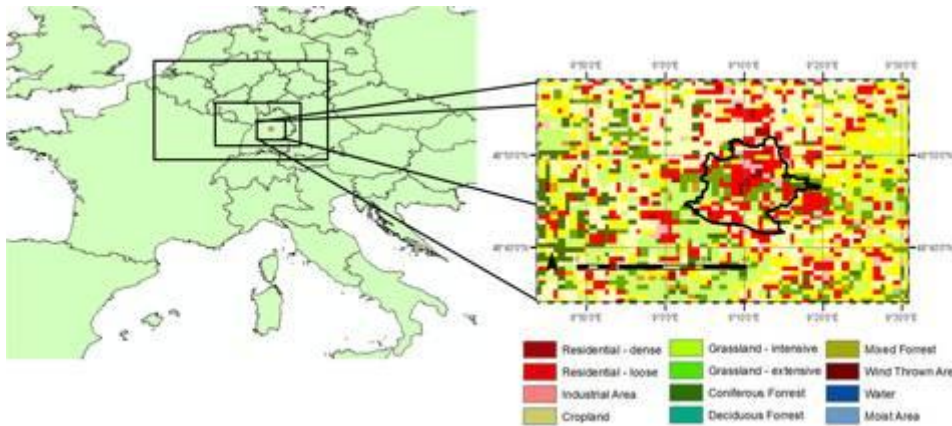
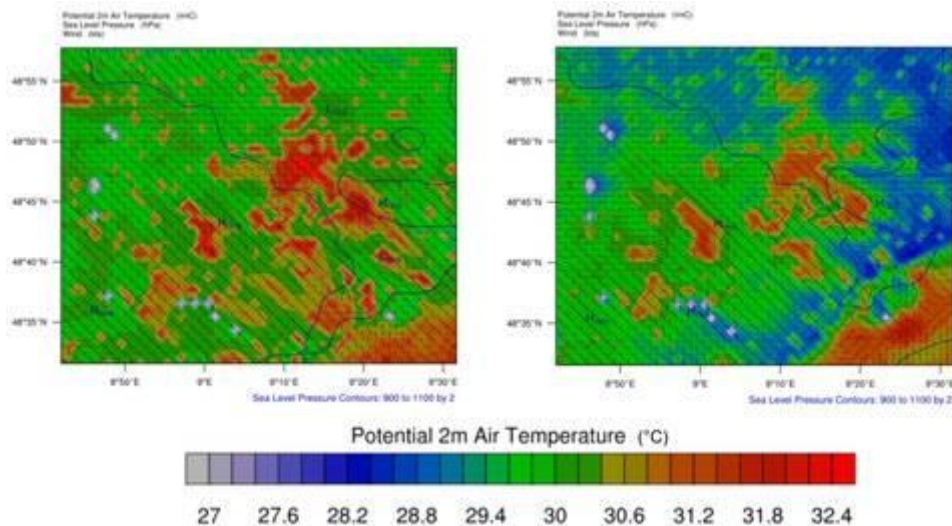


Abbildung 1: Modellierungsebenen und Landnutzungskarte für das kleinste Modell-Domain

Um Aussagen über die Repräsentativität der Modellergebnisse treffen zu können, werden in erster Linie Modellläufe über Zeiträume in der Vergangenheit durchgeführt, anhand derer das Modell durch Vergleich mit realen Messdaten meteorologischer Stationen validiert werden kann. Mit den so angepassten Modellkonfigurationen werden in der Folge experimentelle Studien durchgeführt. Diese sollen zeigen, welche Oberflächeneigenschaften bzw. stadtplanerische Maßnahmen sich wie intensiv auf die Entwicklung der städtischen Wärmeinsel auswirken. Folgende Maßnahmen wurden in der Modellstudie bewertet:

- Erhöhung der Albedo von Dachflächen von 0.2 auf 0.7, vergleichbar mit einem weißen Anstrich („Albedo“)
- Auswirkung innerstädtischer Grünanlagen:
  - gleichmäßig verteilt („many parks“)
  - große, zentrale Grünanlage („central park“)
- Verringerung der Bebauungsdichte um ca. 20% mit 50% Grünanteil der bebauten Fläche („Density“)

Durch Veränderung der Albedo (Abb. 2) wird ein deutlicher flächenhafter Rückgang der bodennahen Temperatur beobachtet. Bei den gezeigten Graphiken handelt es sich um die frühen Abendstunden (18:00) des 11. August 2003. Erkennbar wird auch der deutliche Rückgang auf der Lee-Seite der Stadt, bei einer Windrichtung von West nach Ost.



**Abbildung 2:** Veränderung der potentiellen 2m Temperatur durch veränderte Albedo der Dachflächen (z.B. weiße Farbe)

Da sich ein Temperaturanstieg auch auf die Reaktionsgeschwindigkeit chemischer Prozesse auswirkt, betrifft die Problematik der Wärmeinsel auch Fragen der Luftqualität. Deshalb ist für die Zukunft geplant, durch Kopplung mit einem chemischen Modell (WRF/chem) Auswirkungen von Maßnahmen auf lufthygienische Aspekte zu untersuchen. Dabei wollen wir uns in erster Linie auf Aerosole (PM2.5 und PM10), NOx und Ozon konzentrieren. Die Studie soll mögliche Synergien zu anderen Projekten schaffen, um im Sinne von REKLIM Modelle zum Verständnis des regionalen Erdsystems zu verbessern.

Scenario	Albedo	Density	many Parks	Big Park	real case
<b>T mean urban [°C]</b>	32	32.4	32.46	32.34	32.6
<b>T max [°C]</b>	32.7	33	33.5	33.3	34.3
<b>Std dev. [°C]</b>	0.32	0.48	0.52	0.42	0.5
<b>UHI; ΔT [°C]</b>	0.28	0.74	1.47	1.25	2.52

**Tabelle 1:** Auswirkung verschiedener Maßnahmen auf Intensität der Wärmeinsel