

# MASTERPROJEKT: KONFIGURATION UND EVALUATION SIMULATION URBAN CLIMATE MODEL PALM/PALM4U FÜR DIE SIMULATION EINER GROSSEN VIELFALT VON PLANUNGSENTWÜRFEN

**Fachrichtung(en):** Maschinenbau und Informatik

**Kontakt:** Dr. Alexander Hagg – alexander.hagg@h-brs.de

Prof. Dr. Holger Foysi – holger.foysi@uni-siegen.de

Der Klimawandel ist da, und es reicht nicht mehr, nur seine Ursachen zu bekämpfen, sondern wir müssen uns auch an neue Gegebenheiten, wie Starkregen und Überhitzung unserer Lebensräume, anpassen. Um Städte klimaresistenter zu machen, müssen unter anderem die Flurwinde, oder Kaltluftströmungen (siehe Abbildung 1), und der Effekt der Erhitzung, durch unter anderem Versiegelung, in Betracht gezogen werden bei der Stadtplanung. Es muss dafür Sorge getragen werden, dass sogenannte Urban Heat Islands, in denen die Lufttemperatur bis zu 8 °C höher sein kann als im Umland, nicht entstehen oder deren Effekt verringert wird.

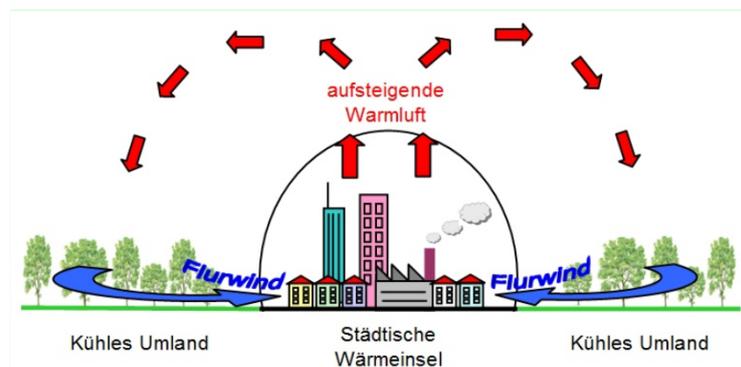


Abbildung 1: Abkühlungseffekte einer Stadt durch Flurwind aus dem Umland

## Übergeordnetes Projekt

Wenn wir unsere Städte adaptieren wollen, müssen wir solche Effekte bei der Stadtplanung und in der Architektur berücksichtigen. Es ist dafür unbedingt erforderlich, dass bereits in einem frühen Stadium des Entwurfsprozesses klar ist, welche Entwürfe diese Effekte unterstützen und welche Probleme verursachen werden. Das hilft auch dabei zu verstehen, wie Kriterien, Begleitprozesse und Knowhow ausgestaltet werden kann.

Im Projekt „Full Domain Analysis for Fluid Dynamics“ beschäftigen wir uns mit der Fragestellung, wie wir eine Vielfalt an möglichen Entwürfen erzeugen können, zur

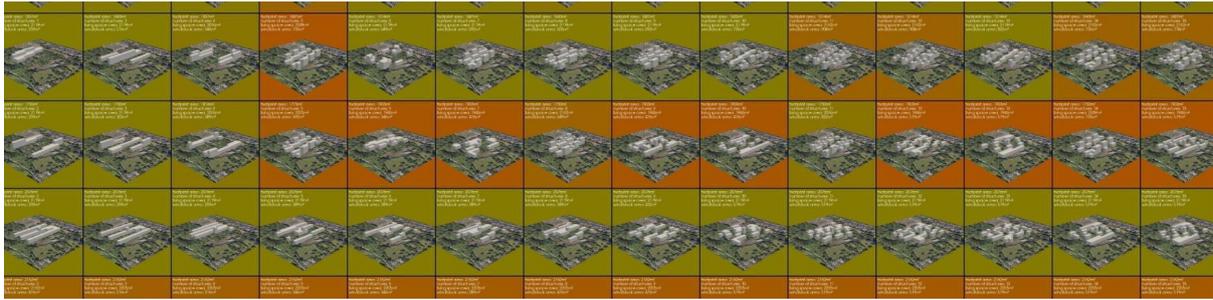


Abbildung 2: Designvorschläge, die möglichst wenig Flurwind blockieren

Unterstützung von Stadtplanern, Architekten und weiteren Stakeholdern (siehe Abbildung 2). Entwurfsentscheidungen sollten möglichst früh zeigen, wie sich die Luftströmung verhalten könnte bei unterschiedlichsten Planungslösungen. Das Projekt wird im Rahmen einer Kooperation mit der Montagstiftung Urbane Räume gAG und der Neuen Stadtgärtnerei e.V. in Bonn an einem realen Vorhaben durchgeführt.

Wir verwenden effiziente, divergente Optimierungsmethoden, um einen möglichst breiten Überblick über Planungs- und Entwurfslösungen zu finden. Computersimulationen von Strömungen spielen hier eine entscheidende Rolle. Bisher haben wir mit OpenFOAM gerechnet, aber das Ziel ist es, ein gutes, validiertes und dediziertes Stadtklimamodell zu verwenden.

Das Stadtklimamodell PALM/PALM-4U ermöglicht es, für Städte atmosphärische Prozesse gebäudeauflösend zu simulieren. Das Modell wurde im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“ entwickelt. PALM/PALM-4U basiert auf dem hoch-parallelierten Large-Eddy-Simulation (LES)-Modell der Universität Hannover. Das Modell ist in FORTRAN geschrieben und nutzt NetCDF als I/O-Datenstandard. Durch die Implementierung von skalenabhängigen Parametrisierungen und Gebäudeparametrisierungen kann das Modell mit unterschiedlichen Gitterweiten (Gitterweiten von 10 m und feiner) betrieben werden.

PALM/PALM-4U ist gut dokumentiert und es werden außerdem Tutorials und Support angeboten.

- <https://www.dwd.de/DE/leistungen/palm4u/palm4u.html>
- <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>
- [https://docs.palm-model.org/23.04/Get\\_Started/](https://docs.palm-model.org/23.04/Get_Started/)

## Beschreibung Masterprojekt

Zielgruppe des hier ausgeschriebenen Masterprojekts sind Studentinnen und Studenten, die Interesse an der numerischen Simulation des urbanen Klimas haben. Im Rahmen dieses Projekts geht es darum, geeignete Strömungssimulationen zu konfigurieren und zu evaluieren, die auf eine große Vielfalt an Gebäudeentwürfen anwendbar sein müssen. Die Gebäudeentwürfe bestehen aktuell in einer Voxelrepräsentation und werden von der Projektgruppe in Sankt Augustin geliefert. Auch wird die Topographie der Landschaft als 3D-Modell zur Verfügung stehen.

## Ziele

1. Eigenständige Einarbeitung in PALM/PALM-4U (Literatur, Tutorials, Dokumentation, Supportteam).
2. Konfiguration von PALM/PALM-4U für einen realen Use Case in Bonn unter Bezugnahme auf aktuelle lokale Daten wie Strömungsrichtung und Temperatur<sup>1</sup>.
3. Analyse der Simulationsergebnisse, Vergleich mit dem ZURES-Modell, Visualisierung (mit Hilfe der PALM-Visualisierung).
4. Programmierung einer Pythonschnittstelle für Pre- und Postprocessing. Am Ende sollte ein Entwurf angenommen, simuliert und die Ergebnisse zurückgeliefert werden.

Wichtig ist, dass Sie sich selbstständig in die Materie einarbeiten, aber auch bereit sind, regelmäßig Ihre Arbeiten an die Gruppe zu präsentieren. Eine regelmäßige Berichterstattung an den Projektleiter per Videokonferenz ist Teil der Aufgabe.

Die Arbeit erfordert, sich einerseits in ein komplexes Themengebiet einzuarbeiten und gleichzeitig mit Studierenden und Projektmitarbeitern und -partnern aus anderen Fachgebieten zu kommunizieren, wenn das erforderlich ist. Die Arbeiten sollten in ein gemeinsames Code-Repository einfließen, wodurch sich die Studentinnen und Studenten an aktuellen wissenschaftlichen Entwicklungen beteiligen.

---

<sup>1</sup>Auf Basis des ZURES-Modells für Bonn

## English Version

Climate change is here, and it's no longer enough just to combat its causes; we must also adapt to new conditions, such as heavy rainfall and overheating of our living spaces. To make cities more climate-resistant, factors such as corridor winds, or cold air flows (see Figure 3), and the effect of heating, due to, among other things, surface sealing, must be considered in urban planning. It must be ensured that so-called Urban Heat Islands, where the air temperature can be up to 8°C higher than in the surrounding areas, are not formed or their effect is reduced.

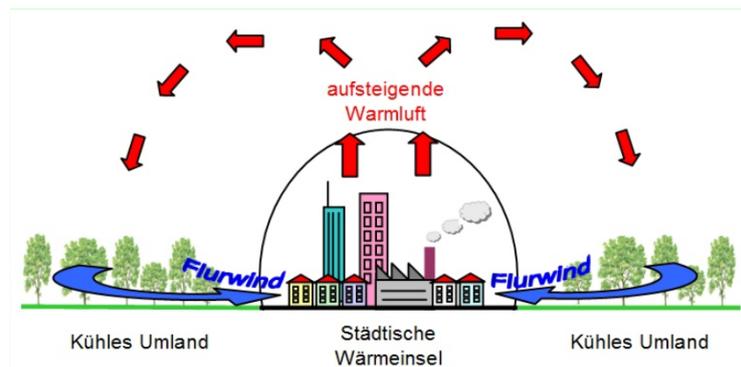


Abbildung 3: Cooling effects of a city through corridor winds from the surrounding area

## Overarching Project

If we want to adapt our cities, we must consider such effects in urban planning and architecture. It is absolutely necessary that, at an early stage of the design process, it is clear which designs will support these effects and which will cause problems. This also helps to understand how criteria, accompanying processes, and know-how can be designed.

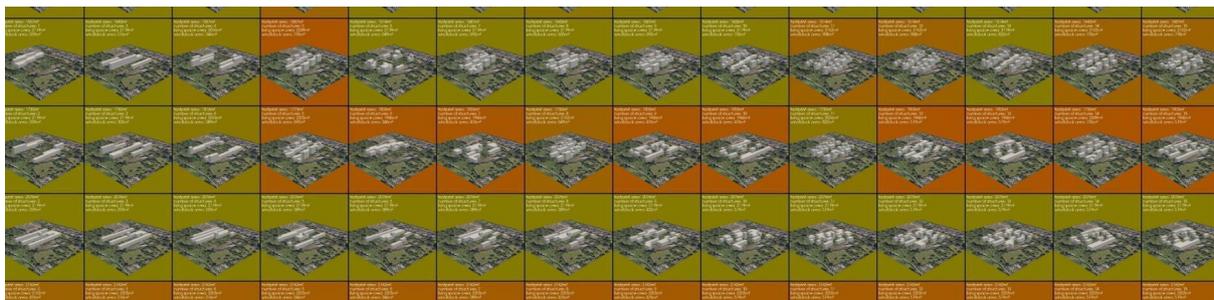


Abbildung 4: Design proposals that block as little corridor wind as possible

In the project "Full Domain Analysis for Fluid Dynamics", we deal with the question of how we can generate a variety of possible designs to support urban planners, architects, and other stakeholders (see Figure 4). Design decisions should show as early as possible how the air flow might behave with the most varied planning solutions. The project is carried out within the framework of a cooperation with the Montag Stiftung Urbane Räume gAG and the Neue Stadtgärtnerei e.V. in Bonn on a real project.

We use efficient, divergent optimization methods to find as broad an overview as possible of planning and design solutions. Computer simulations of flows play a decisive role here. So far, we have used OpenFOAM, but the goal is to use a good, validated, and dedicated urban climate model.

The urban climate model PALM/PALM-4U enables building-resolving simulation of atmospheric processes for cities. The model was developed as part of the BMBF funding measure “Urban Climate Change.” PALM/PALM-4U is based on the highly parallelized Large-Eddy Simulation (LES) model from the University of Hanover. The model is written in FORTRAN and uses NetCDF as the I/O data standard. With the implementation of scale-dependent parameterizations and building parameterizations, the model can be operated with different grid widths (grid widths of 10 m and finer).

PALM/PALM-4U is well documented, and tutorials and support are also offered.

- <https://www.dwd.de/DE/leistungen/palm4u/palm4u.html>
- <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>
- [https://docs.palm-model.org/23.04/Get\\_Started/](https://docs.palm-model.org/23.04/Get_Started/)

## Description of the Master’s Project

The target group for the advertised master’s project are students who are interested in the numerical simulation of urban climate. This project involves configuring and evaluating suitable flow simulations that must be applicable to a wide variety of building designs. The building designs currently exist in a voxel representation and are provided by the project group in Sankt Augustin. The topography of the landscape will also be available as a 3D model.

## Objectives

1. Independent familiarization with PALM/PALM-4U (literature, tutorials, documentation, support team).
2. Configuration of PALM/PALM-4U for a real use case in Bonn, referencing current local data such as flow direction and temperature<sup>2</sup>.
3. Analysis of simulation results, comparison with the ZURES model, visualization (using PALM visualization).
4. Programming of a Python interface for pre- and post-processing. In the end, a design should be accepted, simulated, and the results returned.

It is important that you work independently on the subject matter, but are also willing to regularly present your work and keep in touch with the principal investigator. Regular reporting to the principal investigator via video conference is part of the task.

The work requires immersing oneself in a complex subject area and simultaneously communicating findings with people from other disciplines. The work should flow into a common code repository, allowing the students to participate in current scientific developments.

---

<sup>2</sup>Based on the ZURES model for Bonn