

## Multiskalen-Visualisierung von Superstrukturen / Multi-Scale Visualization of Superstructures

Rüdiger Westermann [westermann@tum.de](mailto:westermann@tum.de) , Behdad Ghaffari [behdad.ghaffari@tum.de](mailto:behdad.ghaffari@tum.de)

Das übergreifende Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung von interaktiven visuellen Analysetechniken für die Untersuchung von Superstrukturen in turbulenten Strömungen auf unterschiedlichen Skalen. Diese sind räumliche Skalen, zeitliche Skalen, und Skalen von Ensembles, die durch Simulationsläufe mit unterschiedlichen Modellparametern und stochastisch variierten Initial- und Grenz-Bedingungen berechnet werden. Zur Erreichung des Ziels werden Techniken des Hochleistungsrechnens mit vergleichenden Visualisierungstechniken für mehrere physikalische Felder eng verzahnt. Unsere Entwicklungen sind in Bezug auf geometrische und physikalische Maße zur Detektion und Analyse von charakteristischen Strömungsmustern und Strukturgrenzen in turbulenten Strömungen, statistische Visualisierungstechniken zur Beobachtung der Streuung von Partikeln und des Austauschs von Impulsen, vergleichende Visualisierungstechniken zur Untersuchung von Beziehungen zwischen fein- und grob-skaligen Strukturen in entwickelten und reduzierten Turbulenzfeldern sowie visuelle Analysetechniken für Ensembles von turbulenten Strömungen. Das Projekt dient als Schnittstelle zur den turbulenten Daten, die im Rahmen des SPP simuliert und gemessen werden. Es wird in enger Kollaboration mit anderen Teilprojekten durchgeführt, um möglichst früh mit realen Daten zu arbeiten und spezifisches Domänenwissen der Kollaborationspartner zu integrieren. Die Visualisierungstechniken werden in unser Open-Source Software Flow.3D integriert, um unsere Ergebnisse schnell in die Anwendung zu bringen und anhand realer Daten zu validieren.

The overarching goal of this research project is to develop interactive visual analysis techniques to investigate the multi-scale nature of superstructures in turbulent flows. By scale we mean spatial scales, temporal scales, and ensemble scales relating to simulation runs using different model parameters or stochastic perturbations of initial and boundary conditions. This shall be achieved by tightly intertwining high-performance computational techniques and comparative visualization techniques for multiple physical fields. We will develop combinations of geometric and physical measures to detect and analyze characteristic flow patterns and structure interfaces in turbulent flows, statistical visualization techniques to monitor the distribution of particle dispersions and the momentum exchange between high and low momentum structures, comparative visualization techniques to investigate the relationships between small- and large-scale structures in fully resolved and reduced turbulence fields, and visual analysis techniques for ensembles of turbulent flows. Our project will serve as an interface to the turbulence data that is simulated and measured in the scope of the SPP. It will be coupled to some of the research projects, to make use of real-world data sets as well as domain-specific knowledge and experience. The visualization techniques will be embedded into our open-source visualization software Flow.3D, to enable early access to our research results and validation using the data of our project partners.

