

## Beschreibung

Die numerische Simulation von atmosphärischen Strömungen in 3D-Rechengebieten mit künstlichen Rändern und unter Berücksichtigung der physikalischen und chemischen Phänomene auf den unterschiedlichsten Skalen ist eine besondere Herausforderung für die mathematische Modellierung, die numerische Algorithmenentwicklung und den effektiven Einsatz von Parallelrechnern. Die Ziele in diesem Projekt sind daher die Entwicklung von konservativen Verfahren höherer Ordnung (Discontinuous Galerkin) auf unstrukturierten, adaptiven Gittern zur effektiven Berücksichtigung von

- der Orographie,
- der Mehrskaligkeit,
- offenen Rändern und
- skalenabhängigen Schließungsmodellen.

Die Implementierung soll im Rahmen des Dune Projektes realisiert werden, welche die schnittstellenbasierte Implementierung auf Parallelrechnern ermöglicht.

## Mathematisches Modell

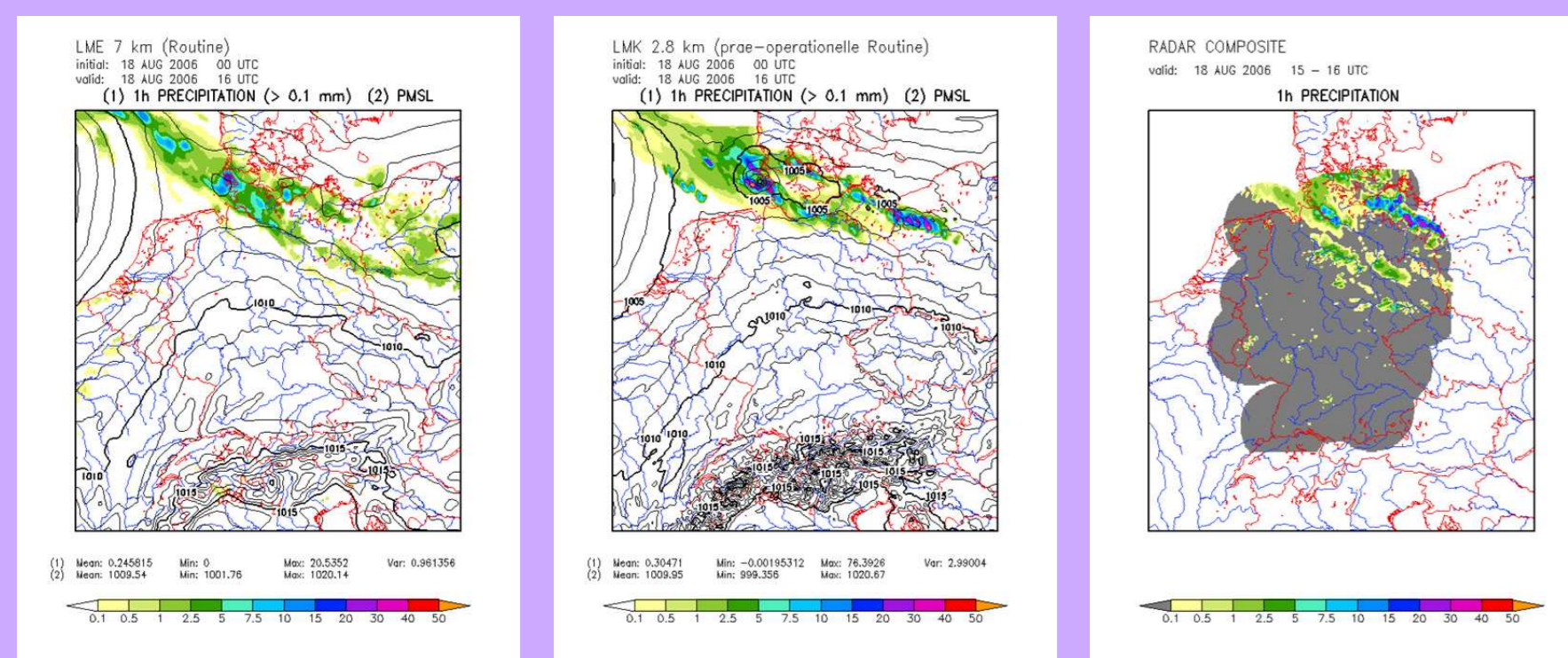
$$\begin{aligned} \partial_t \rho + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) &= 0 \\ \partial_t(\rho q^v) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} q^v) &= -\nabla \cdot \mathbf{J}^v + I^v \\ \partial_t(\rho q^l) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} q^l) &= -\nabla \cdot \mathbf{J}^l + I^l \\ \partial_t(\rho q^f) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} q^f) &= -\nabla \cdot \mathbf{J}^f + I^f \\ \partial_t(\rho \mathbf{v}) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} \otimes \mathbf{v} + p \mathbf{I}) &= \rho \mathbf{g} - 2\rho \Omega \times \mathbf{v} - \nabla \cdot \sigma \\ \partial_t(\rho \Theta) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} \Theta) &= 0 \\ \rho &= \frac{p}{R_d(1 + \alpha)T} \end{aligned}$$

$p$	Druck
$\rho^x$	Partialdichte ( $x = d, v, l, f$ )
$q^x = \rho^x / \rho$	Massenbruch
$I^x, J^x$	Quelle, Diffusionsfluss der Substanz $x$
$\sigma$	Spannungstensor
$\mathbf{g}$	Erdbeschleunigung
$\Omega$	Winkelgeschwindigkeit
$\Theta$	potenzielle Temperatur

## Diskretisierungsansatz

- 1 Erhaltungssform
- 2 Kartesisches Koordinatensystem
- 3 Discontinuous Galerkin Verfahren
- 4 Lokale Erhaltung
- 5 Lokale Gitteradaption
- 6 Parallelisierung und Lastverteilung
- 7 Flexible Modelladaption
- 8 Anpassbare Turbulenzmodellierung

## Validierung



LM-E

LM-K

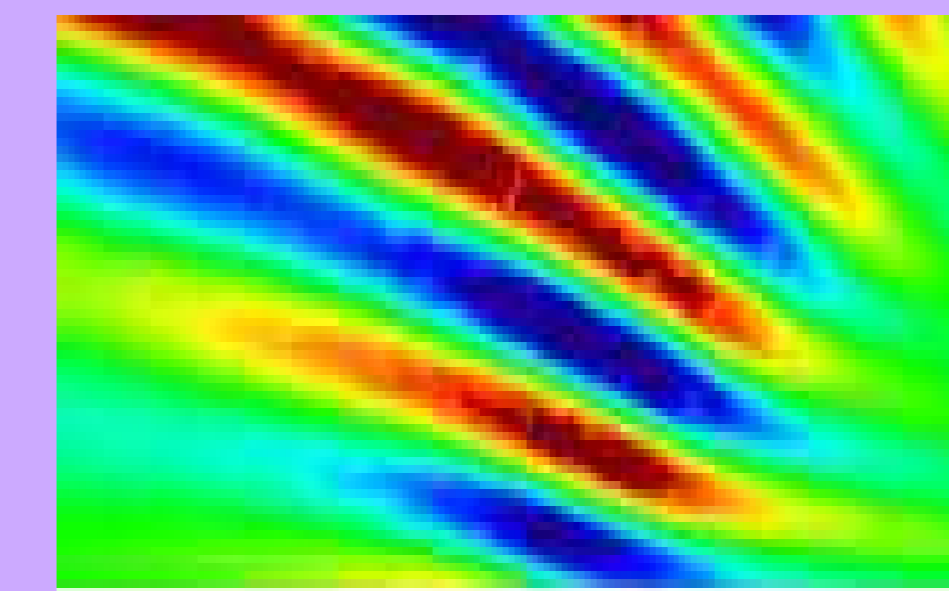
Radar

Gewitterlinie über NO-Deutschland am 18.08.2006: LM-K zeigt im Vgl. zu Radarbeobachtungen eine realistischere Niederschlagsverteilung als LM-E (für eine 16h Vorhersage). Jedoch produzierte LM-K in diesem Fall eine unrealistische Mesozyklone.

## Vorarbeiten

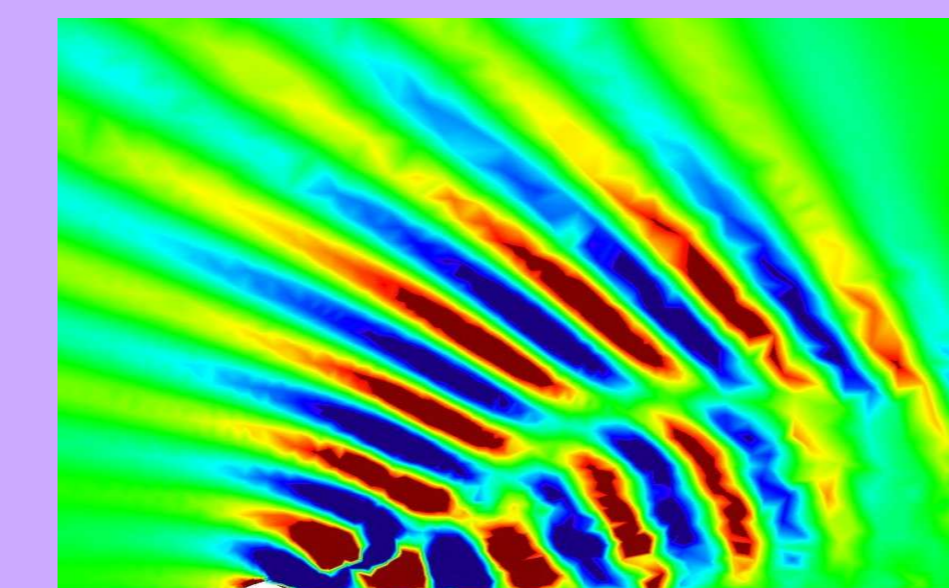
### Bergüberströmung

**hydrostatischer Fall:**  
vertikale Geschwindigkeit



$h=1\text{m}, a=16\text{km}, u=32\text{m/s}, t=66\text{min}$

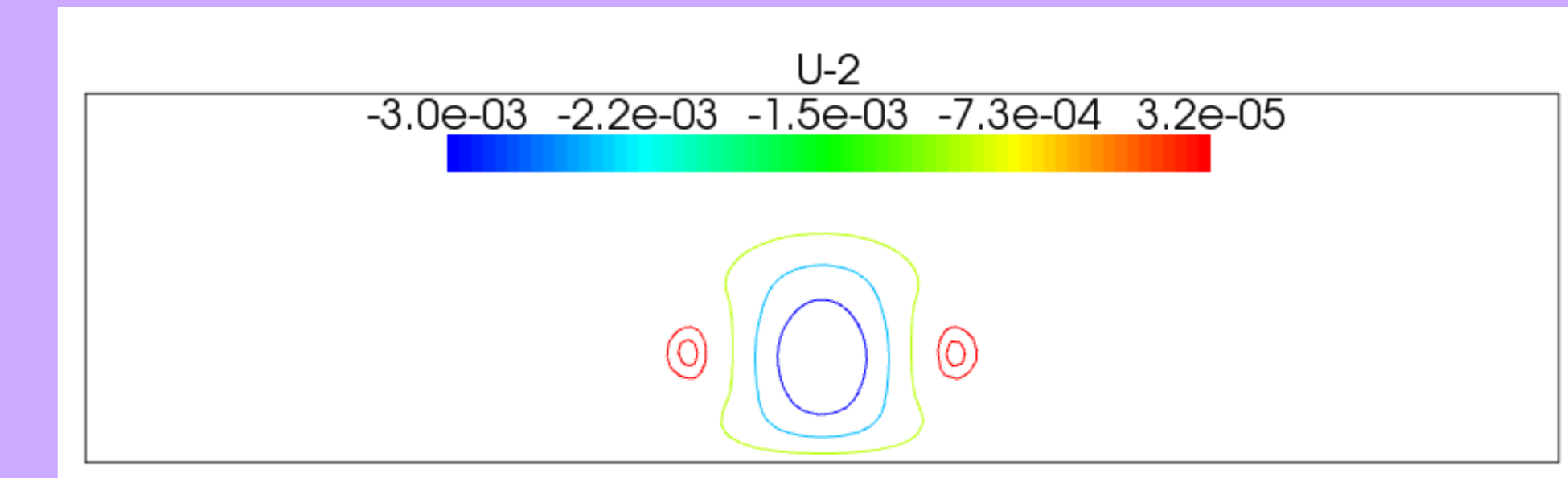
**nichthydrostatischer Fall:**  
vertikale Geschwindigkeit



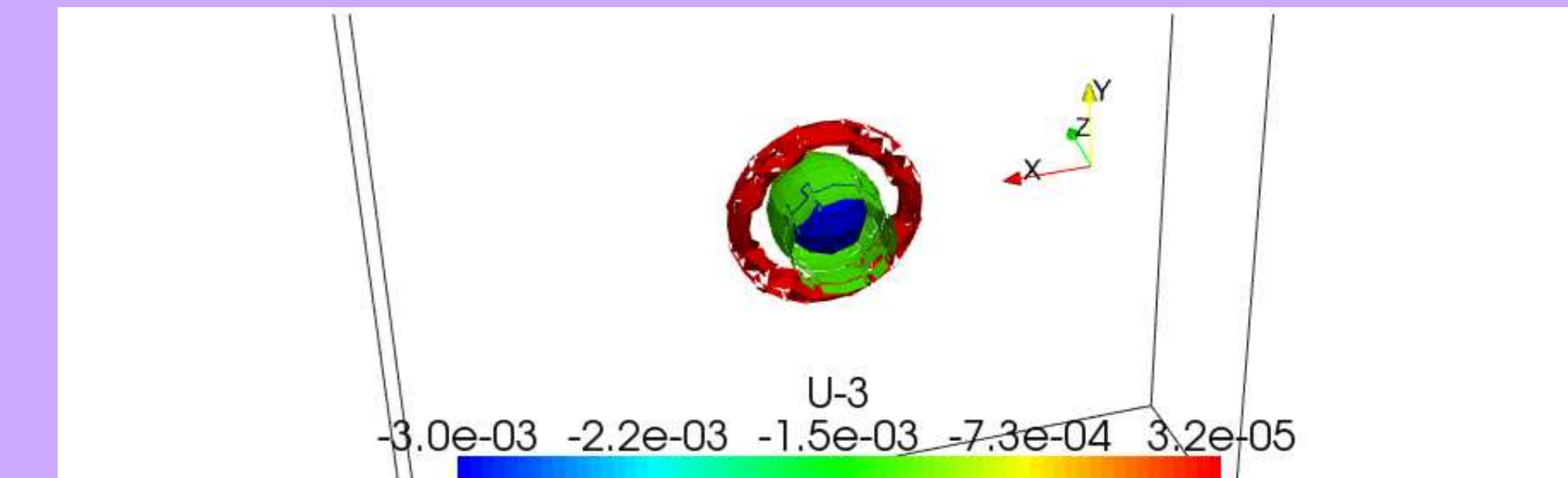
$h=0.9\text{km}, a=1\text{km}, u=13\text{m/s}, t=52\text{min}$

### Density Current Problem

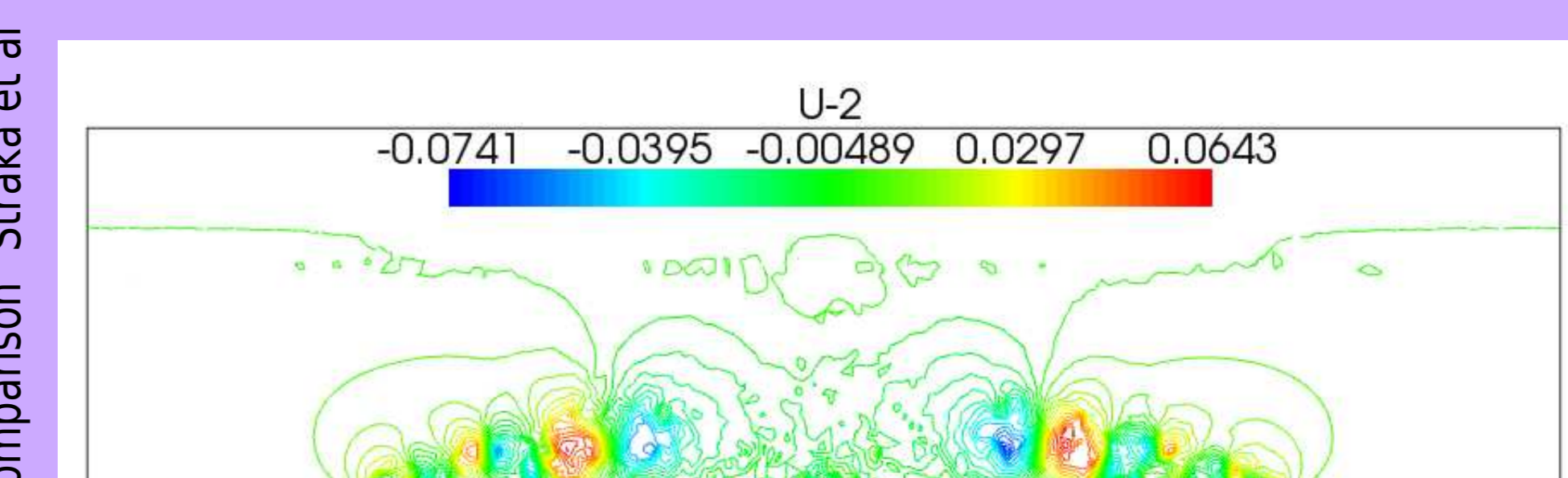
vert. Geschw.  
2D Beispiel  
 $t=30\text{s}$



vert. Geschw.  
3D Beispiel  
 $t=30\text{s}$



vert. Geschw.  
2D Beispiel  
 $t=900\text{s}$



"Numerical Solution of a Non-linear Density Current: A Benchmark Solution and Comparison" Straka et al

## Arbeitsprogramm

- 1 Entwicklung eines flexiblen, konservativen Verfahren höherer Ordnung
- 2 Einsatz auf lokal adaptiven, parallelen Gitterstrukturen in 3D
- 3 Anpassung des Verfahrens für die Meteorologie (insbesondere Auflösung von Orographie, Fronten, Wolkenbildung)
- 4 Herleitung und Implementierung von Randbedingungen
- 5 Adaptive Berücksichtigung einfacher Modelle
  - a hydrostatische und nichthydrostatische Ansätze
  - b hierarchie turbulenter Schließungsansätze
- 6 Validierung anhand von Benchmark-Problemen und Messdaten
- 7 Visualisierung und Postprocessing