

# Teilprojekt 1: Hybride Parallelisierung von Strömungssimulationen NUSIM Projektbericht – April 2012



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

# Ziel: Hybride Parallelisierung von Fastest

- Hybride Parallelisierung: Kombination mehrerer Parallelisierungstechniken, z.B. MPI + Multithreading (OpenMP)
- FASTEST: Programmpaket zur Simulation turbulenter Strömungen mit vorhandener MPI Parallelisierung

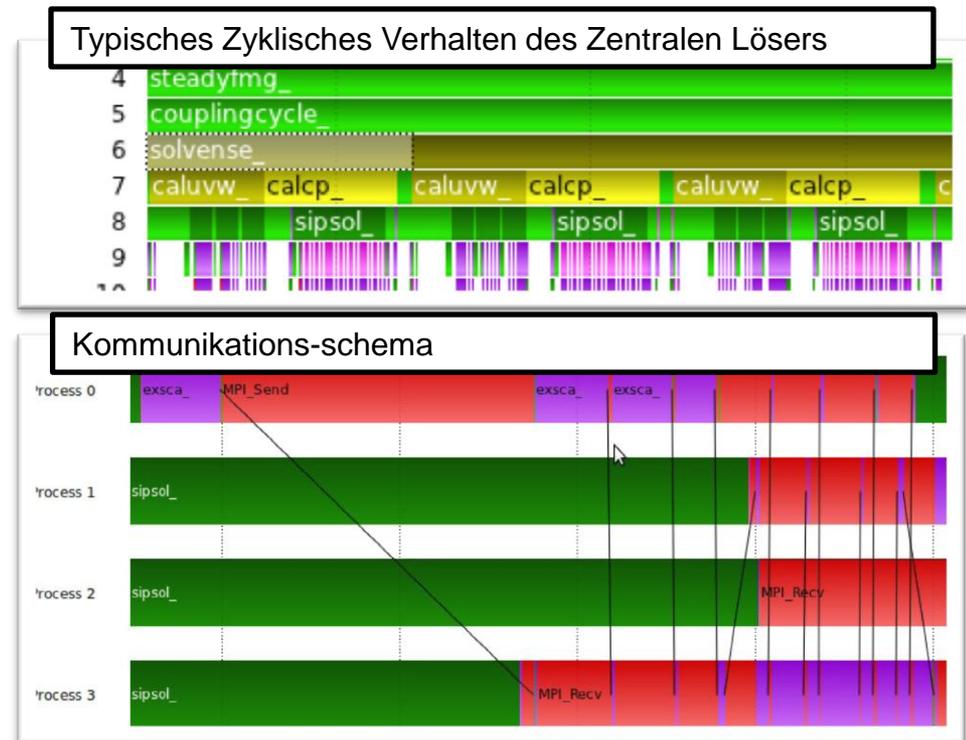
## Voraussichtliche Vorteile:

- Geringerer Speicherverbrauch aufgrund Reduzierter Daten-duplikate im Hauptspeicher
- Verbesserte Ausnutzung vorhandenen Rechenleistung

1. Initiale MPI Effizienz-Untersuchung
2. Identifizierung von rechenintensiven Rechen-“Kernen“
3. Entwicklung, Implementierung und Evaluation von Ansätzen zur Hybriden Parallelisierung mittels OpenMP
4. Korrektheitsüberprüfung
5. Tuning:
  1. Expansion von OpenMP Regionen zur Reduktion von Overhead
  2. NUMA-Bewusste Speicher-Verteilung und Thread-Verwaltung
  3. Entwicklung von Scheduling-Schemen für Mehr-Sockel und Mehrkern-Systemen

# Performance Analyse als Vorbereitung für Erweiterung mit OpenMP

- Stark Zyklisches Arbeits-Kommunikations-verhalten
- Keine Asynchrone-MPI-Kommunikation
- Anteil an der „wall-time“  
ca. 50%: der äußere Löser  
ca. 45%: der innere Löser
- Lastbalancierung Notwendig:  
Lastabhängige OpenMP Threads  
Asynchrone Kommunikation



# Untersuchung und Anpassung der Konvergenzkriterien

## Linearer Gleichungslöser

- Derzeit: keine Steuerung - konstante Anzahl Iterationen (Festlegung aus Erfahrung)
- Wechsel zu performanterem Kriterium mit automatisierter Steuerung der Genauigkeit (*in Kooperation mit FNB*)

## Nicht-linearer Gleichungslöser

- Äußerer (nicht-linearer) Löser mit leicht veränderter Konvergenzsteuerung (*in Kooperation mit FNB*)
- Gleichgewichtsverschiebung des Rechenaufwands von dem nicht-linearen hin zu dem linearen Löser

# Ansätze zur Skalierbarkeits-Verbesserung der hybriden Parallelisierung

Erfahrung zeigen: linearer Löser potentiell erhöhten Rechenanteil

- Tuning und Skalierungs-Arbeiten an dem linearen Gleichungslöser wichtiger
- Synchronisationsanteil des nicht-linearen Löser nimmt an Bedeutung ab
  - Bei starker hybrider Parallelisierung (hoher OpenMP-Anteil) soll die **globale** Skalierbarkeit durch die reduzierte Anzahl von MPI-Task verbessert werden

## Tuning des linearen Gleichungslösers

- Variablen-Initialisierung unter Berücksichtigung von ccNUMA-Architekturen
  - Parallele Initialisierung und statische Thread ↔ Daten Zuweisung
- Zerlegung von großen Rechen-Schleifen
  - Verbesserung der Cache- und Register-Nutzung
  - Verbessertes Datenzugriffsmuster für erhöhtes Prefetching der Daten

# Kombinierte MPI + OpenMP Optimierung

Weitere Tuning-Ansätze:

- Blockung der Vorbereitung des Datenaustauschs
- Reduktion der MPI-Wartezeit durch gleichzeitige Kommunikation
  - Asynchronem MPI Kommunikation
  - Kommunikation in OpenMP Tasks
- Nutzung der Wartezeit von MPI\_Send zur Überlappung von Rechenaufgaben
- Loadbalancing (Hybrid)