

NuSim

TP1: Hybride Parallelisierung von Strömungssimulationen

Bischof, Schäfer



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Tobias Tolle
(Johannes Siegmann)
Nima Aghajari, Stefan Kneißl
Dörte Carla Sternel
Michael Schäfer

Fachgebiet
Numerische Berechnungsverfahren
im Maschinenbau

TU Darmstadt

- Strömungslöser FASTEST
 - Allgemein
 - Blockstruktur
 - Kommunikation/Kopplung
- Hybride Parallelisierung
 - Abgeschlossene Arbeiten
 - Aktuelle Arbeiten
 - Gepante Arbeiten

- FASTEST (inhouse Code)
 - Finite Volumen
 - Blockstrukturierte Gitter | randangepasst | 3D
 - Implizite Zeitdiskretisierung (2nd order)
 - Turbulenz Modelle (RANS, LES)
 - Effiziente Algorithmen (Geometrisches Mehrgitter)
 - Arbitrary-Lagrangian-Eulerian Diskretisierung (ALE)
 - Kopplungsinterface zum Austausch von Wandkräften/
Randverschiebung

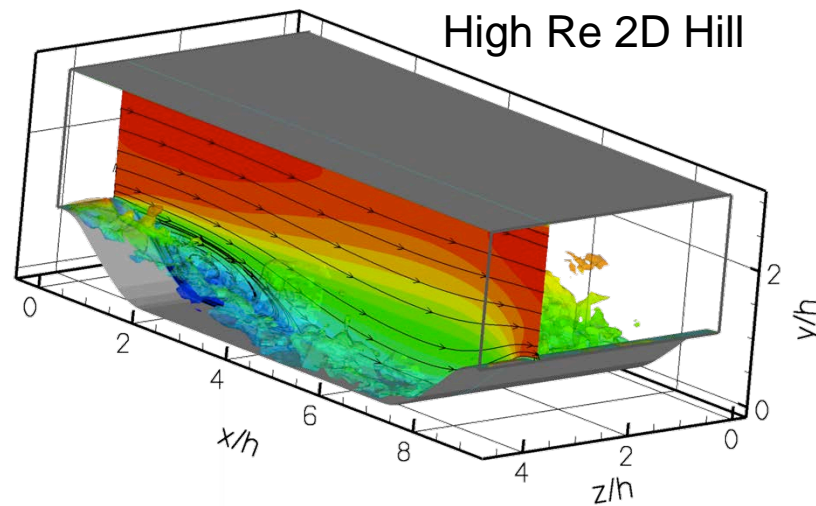
FASTEST | Simulation turbulenter Strömungen



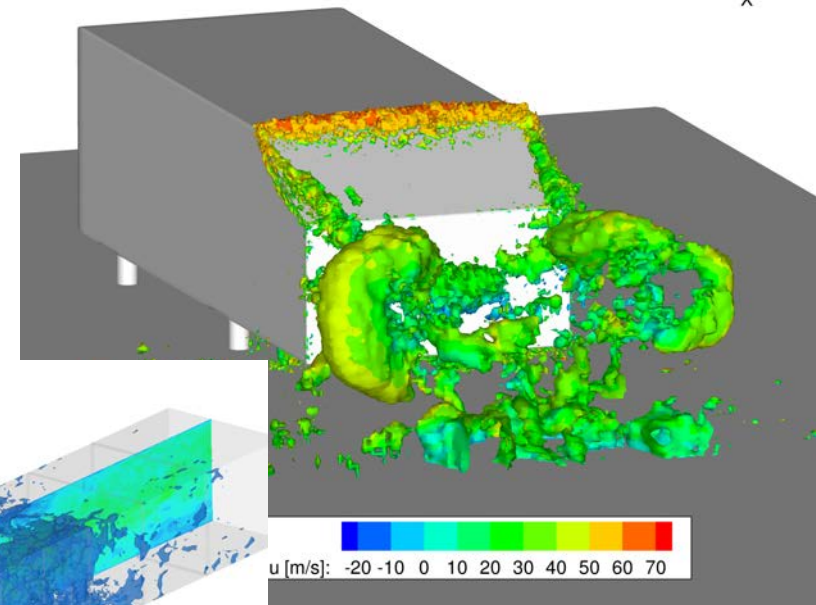
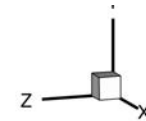
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Beitrag: C. Baur, M. Kornhaas

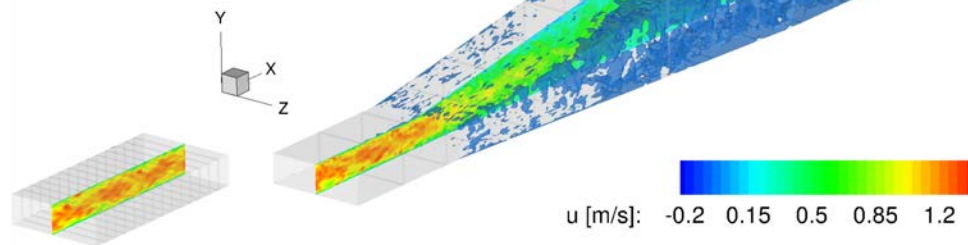
Ausgewählte Beispiele



Ahmed Body



3D Diffusors 1+2



FASTEST | Fluid – Structure – Interaction | Framework



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Flow Solver:

- FASTEST, (FV, inhouse, ALE) calculates flow field and resulting wall forces

Structural Solver:

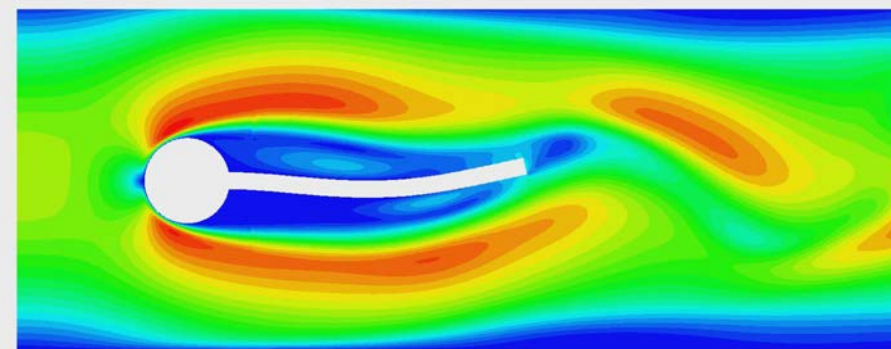
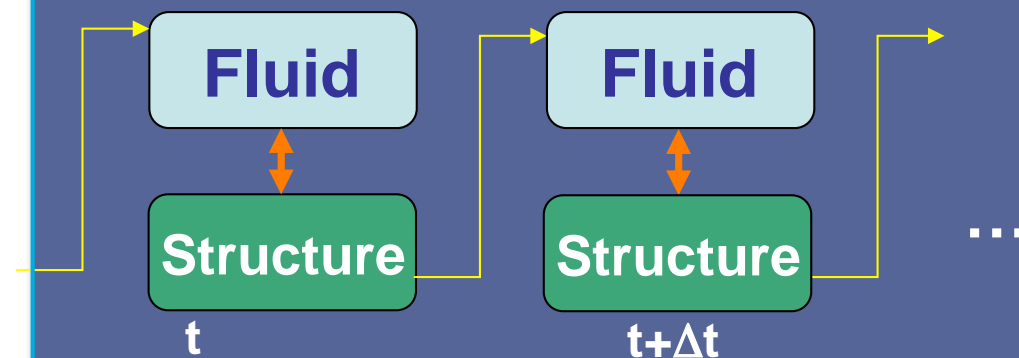
- FEAP, calculates displacements (FEM, Taylor)

Coupling Interface:

- MpCCI (SCAI), send and receive Forces and Displacements

- Validated for 3-D applications

Implicit partitioned Approach



$|\mathbf{u}|$ / [m/s]: 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2 2.2 2.4 2.6 2.8 3 3.2 3.4 3.6 3.8 4 4.2

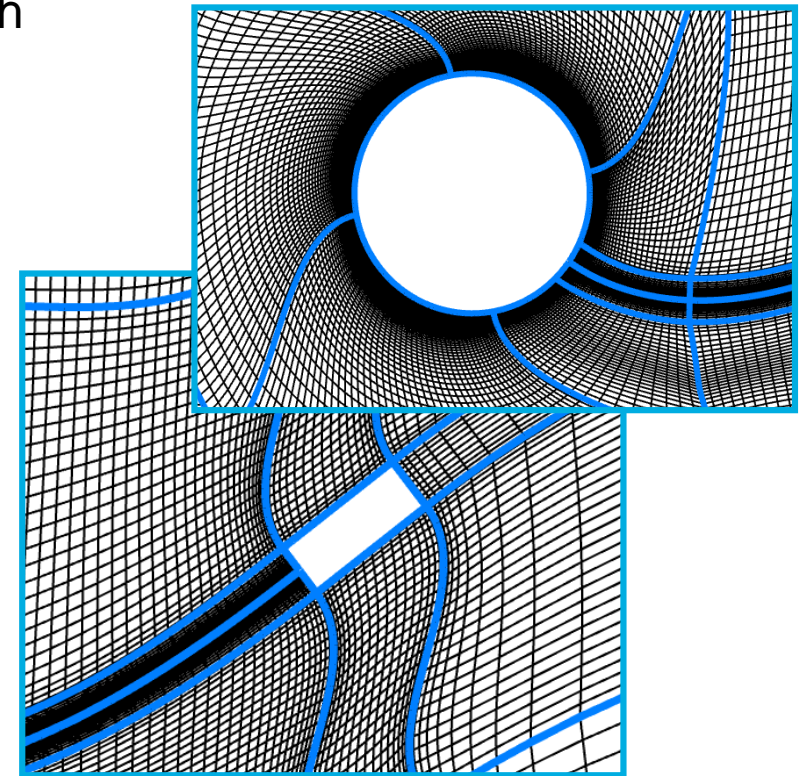
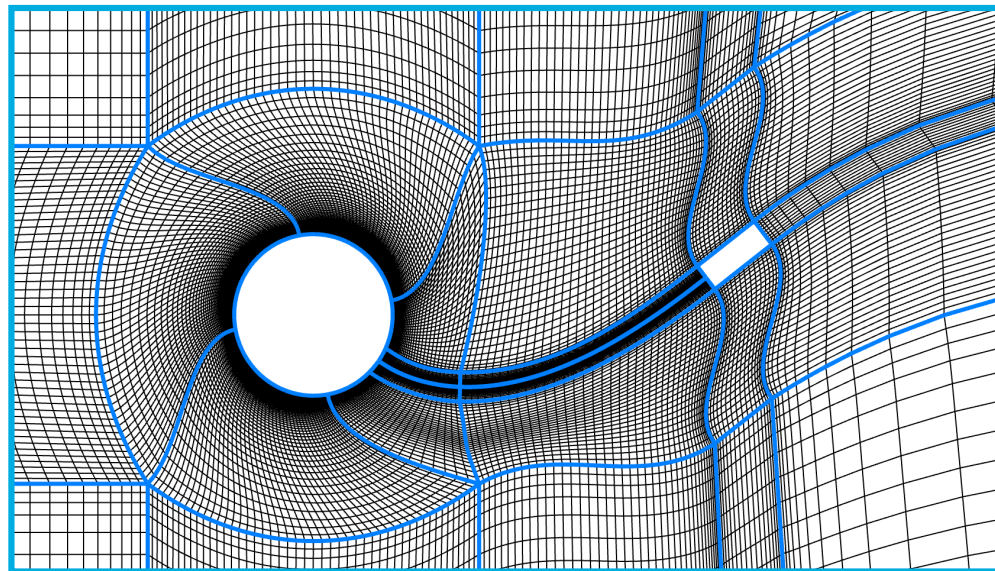


FASTEST | Gitterverschiebung

Konzept

- Unterscheidung von Primär- und Sekundärblöcken ohne Kopplungs-/Optimierungsfläche
- Edges – Linear/kubische Splines mit konstanten Winkeln
- Faces – Gittergenerierung mit TFI oder elliptisch
- Gitter im Blockinnern – TFI oder elliptisch
- Gitterbewegung ist parallelisiert

(mit/



Motivation zur Kopplung Fluid-Struktur-Akustik



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Lärmreduktion – Problem in vielen Anwendungen
- Fluid-Struktur-Akustik Interaktion
- Nahfeld
- Komplexe Geometrien (Innenraum)
- Gekoppeltes multi-physikalisches Problem
- Simulation hilfreich für Verständnis der Vorgänge



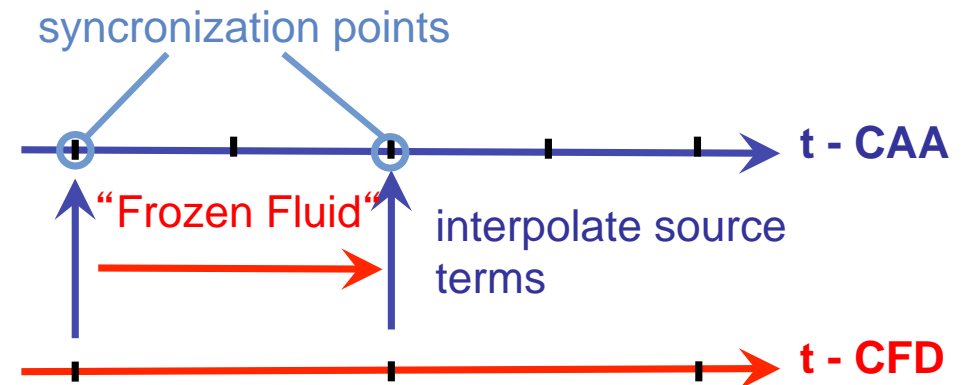
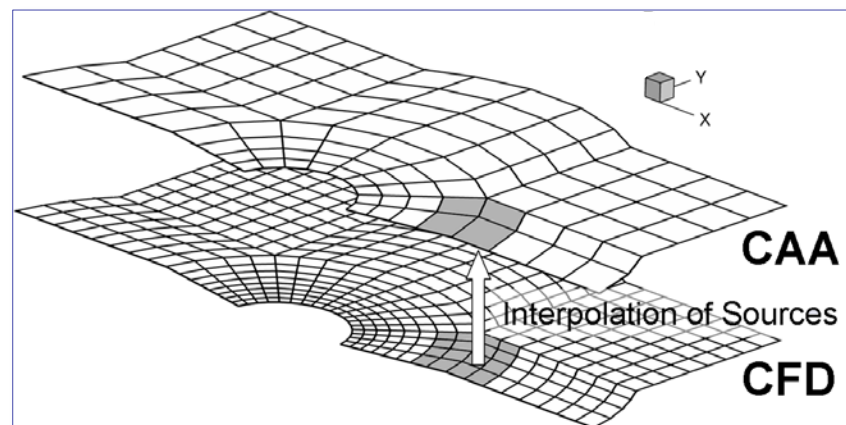
Akustik-Strömungs Löser | Numerische Methode | Kopplung

Kopplung Strömung-Akustik: Volumenkopplung

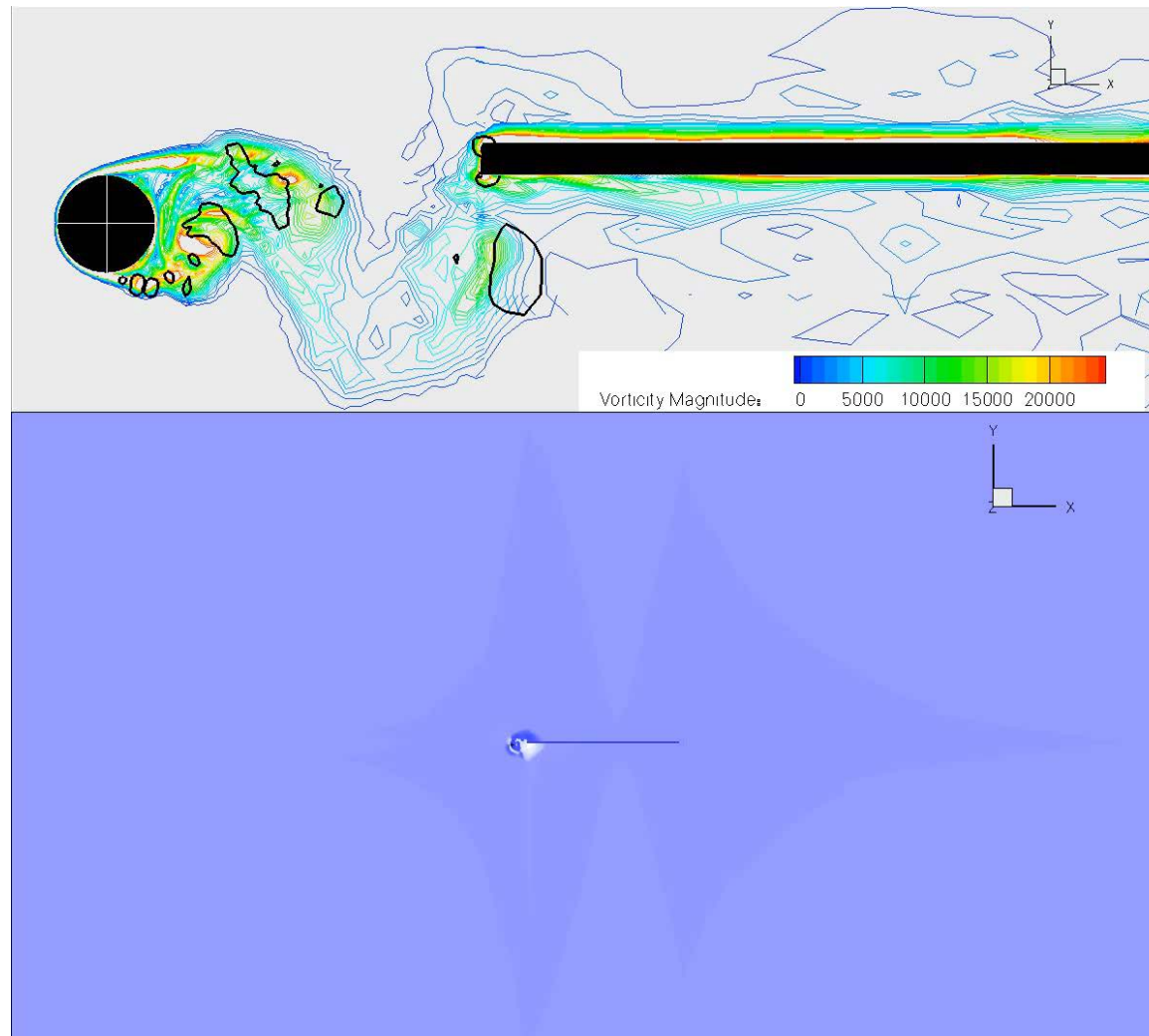
- Kopplung über Schnittstelle ineffizient
- CAA integrieren in CFD-Code FASTEST
- Nutzung der Mehrgitter Infrastruktur zur Interpolation

Mehrskalen Problem:

Akustik: ↑ Längenskalen, ↓ Zeitskalen: grobe Ortsdiskretisierung, feine Zeitdiskretisierung
Strömung: ↓ Längenskalen, ↑ Zeitskalen: feine Ortsdiskretisierung, grobe Zeitdiskretisierung



■ Akustik-Strömung | Validierung – Turbulent | Ergebnisse



Blockstruktur

Aufbau

- Lokal strukturiert
- Global unstrukturiert

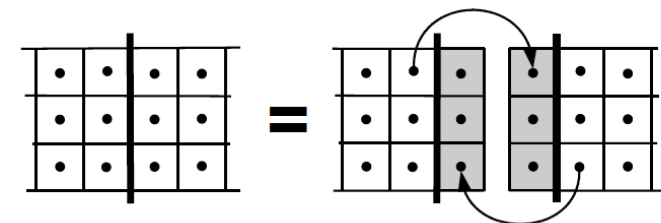
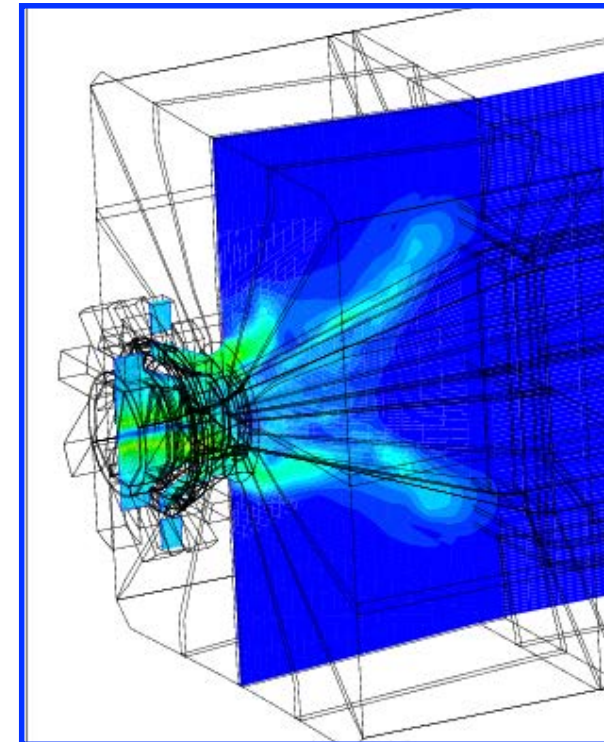
Lokal strukturiert innerhalb eines Blockes:

- Matrixaufbau immer gleich (Diagonale + Nebendiagonalen (6))

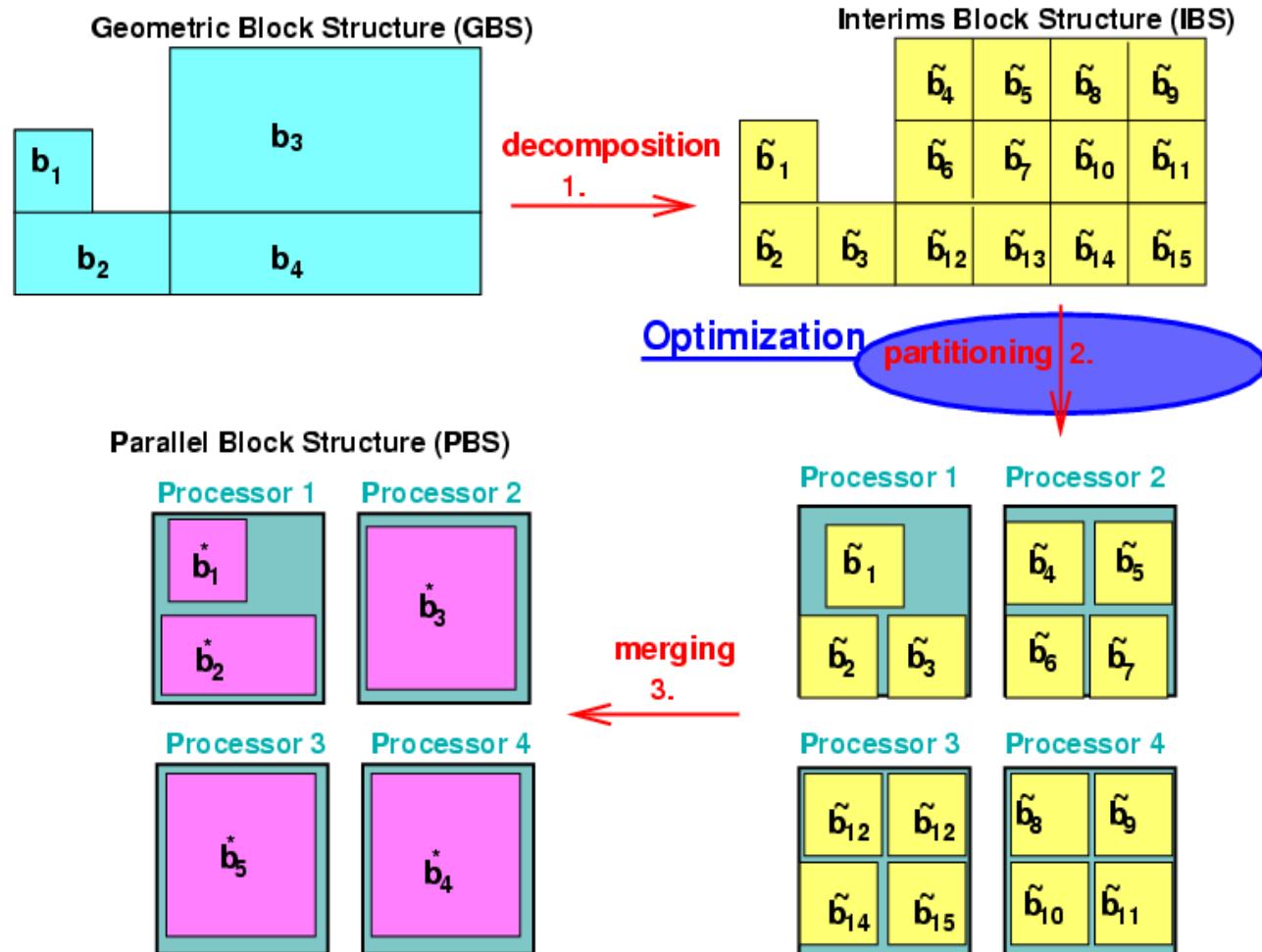
→ Effiziente Algorithmen möglich

Globale Kommunikation (auch auf 1 Proc)

- Über Seitenflächen der Blöcke werden „Ghostcell“-Werte ausgetauscht



FASTEST | Kommunikation intern | Partitionierung/Verteilung - MPI



FASTEST | Kommunikation extern | Multiphysik



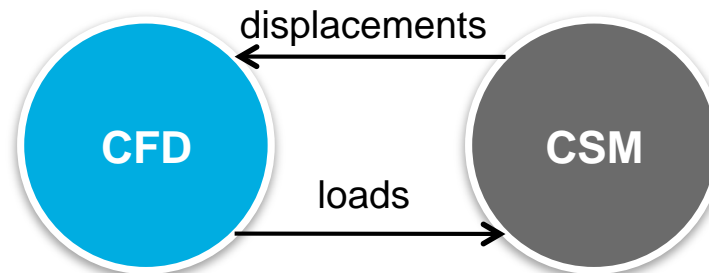
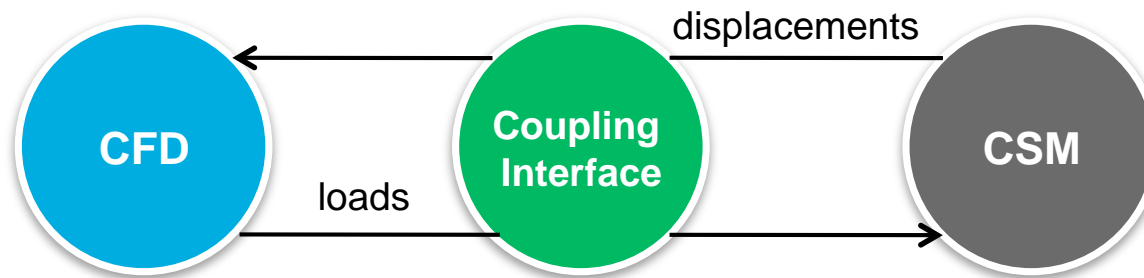
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

FASTEST | Kommunikation extern | Multiphysik

Direct Coupling (Nima Aghajari)

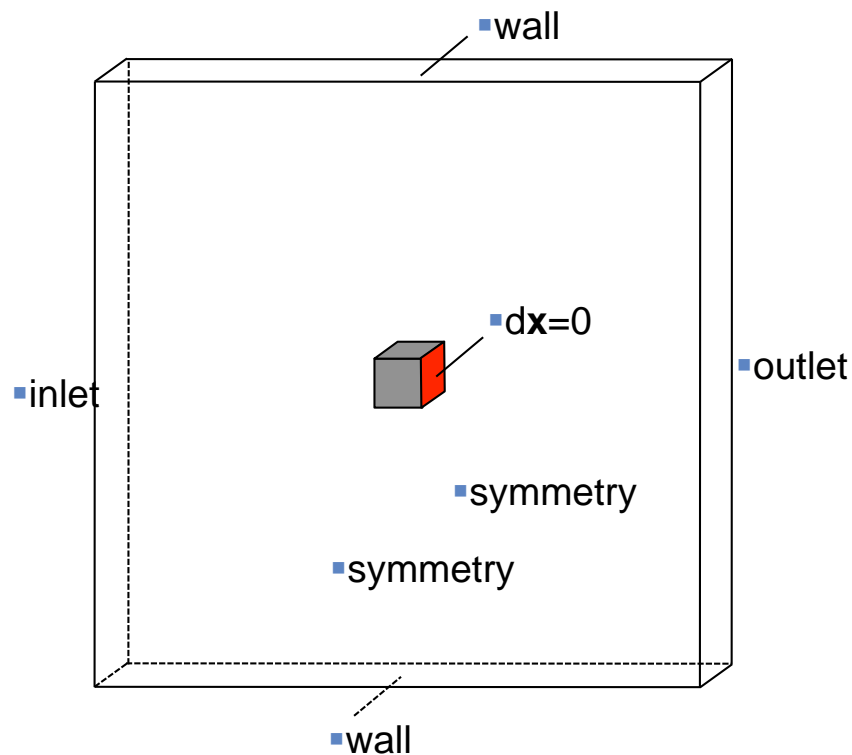


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



- Dissolve coupling interface by direct coupling via MPI using matching grids

Testcase setup (Nima Aghajari)



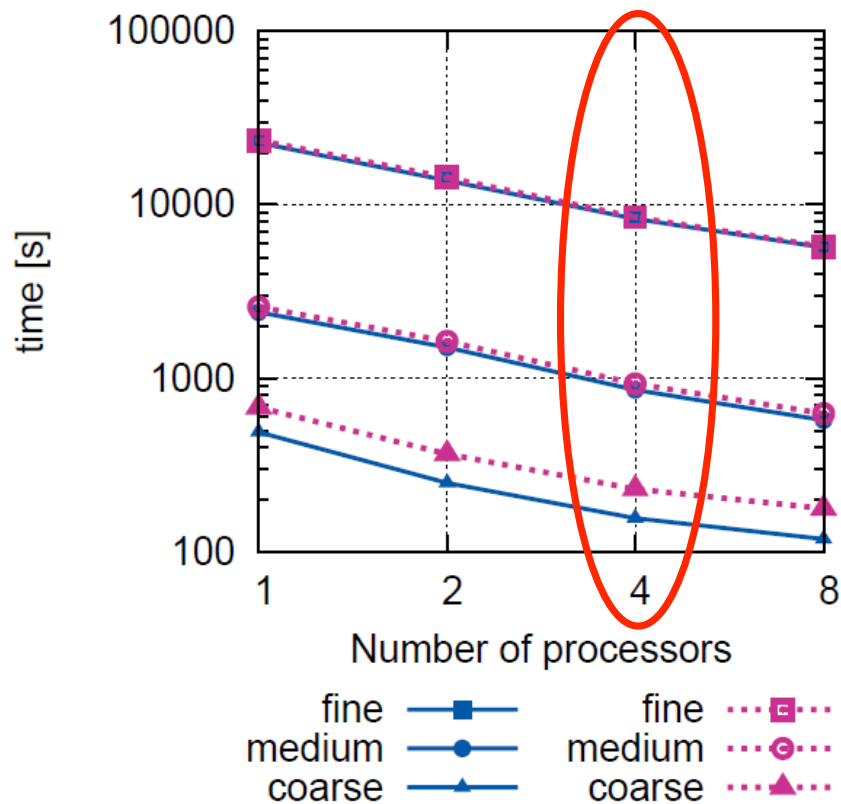
■ **Figure 12.1:** Problem definition of FSI domain

- **Flow Domain**
- FASTEST (inhouse code)
- Finite volume discretization
- Block structured hexahedral grid
- Laminar flow ($Re=1$)

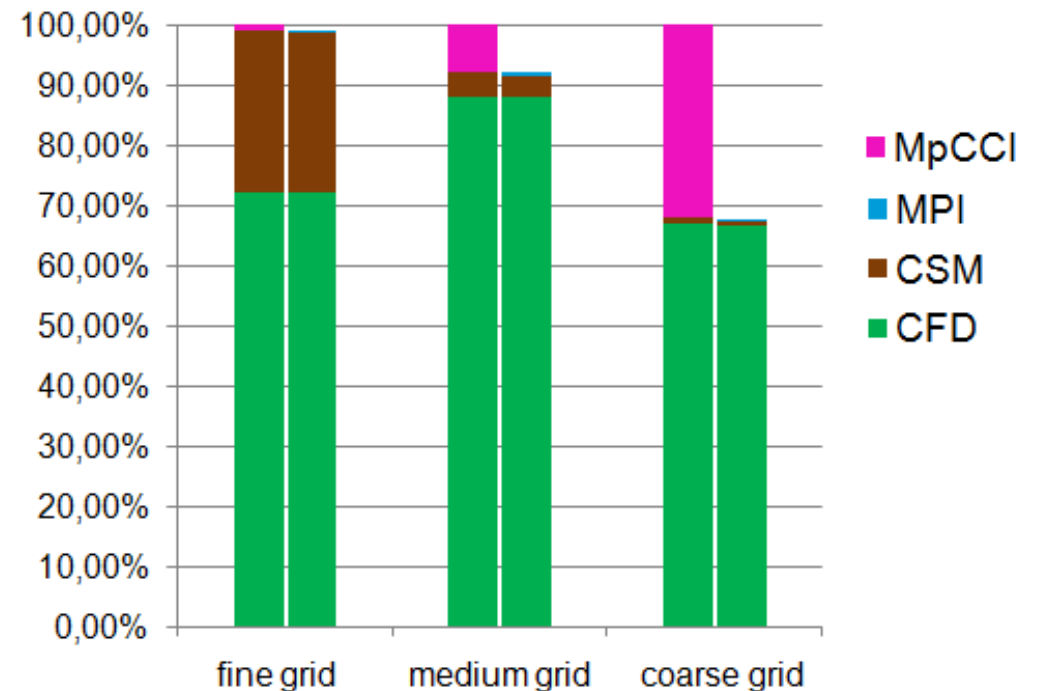
- **Structural Domain**
- FEAP (UC Berkeley)
- Finite element discretization
- 8-node brick elements
- St. Venant-Kirchhoff material law

- **Coupling Method**
- Implicit partitioned
- Arbitrary-Lagrange-Eulerian (ALE)

Results | Overall time on different grids (Nima Aghajari)



▪ **Figure 16.1:** Overall time for FSI on different grid levels



▪ **Figure 16.2:** Overall time for different grid levels normalized with overall time of MpCCI simulation



- Strömungslöser FASTEST
 - Allgemein
 - Blockstruktur
 - Kommunikation/Kopplung
- Hybride Parallelisierung - NuSIM
 - Abgeschlossene Arbeiten
 - Aktuelle Arbeiten
 - Gepante Arbeiten

NuSim | Abgeschlossen

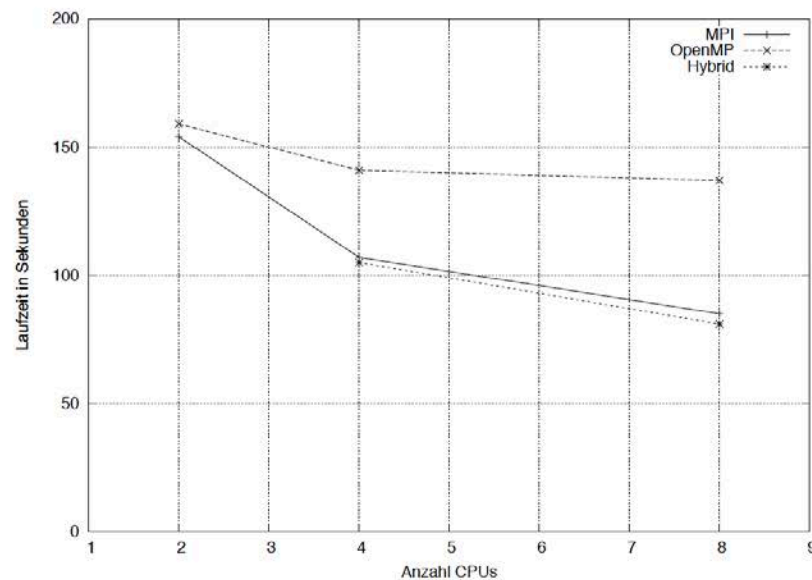


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

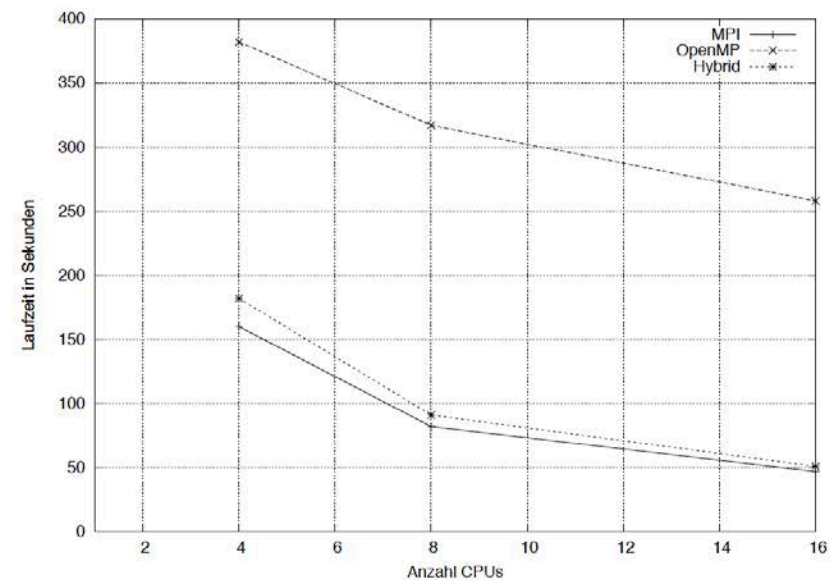
Abgeschlossen

- Hybride OpenMP/MPI Parallelisierung: Funktionalität realisiert

Zwischenergebnis:



(a) Core i7



(b) HHLR

NuSim | Aktuelle Arbeiten + Zukunft



- Vergleich mit Erlanger FASTEST Version (hybrid)
- Etablieren der Zusammenarbeit mit „Bischof-Gruppe“, Andreas Wolf & Christian Iwainsky
- Verbesserung der Implementierung u.a. auf Grundlage von Performance-Untersuchung

- Berücksichtigung externer Kopplung