



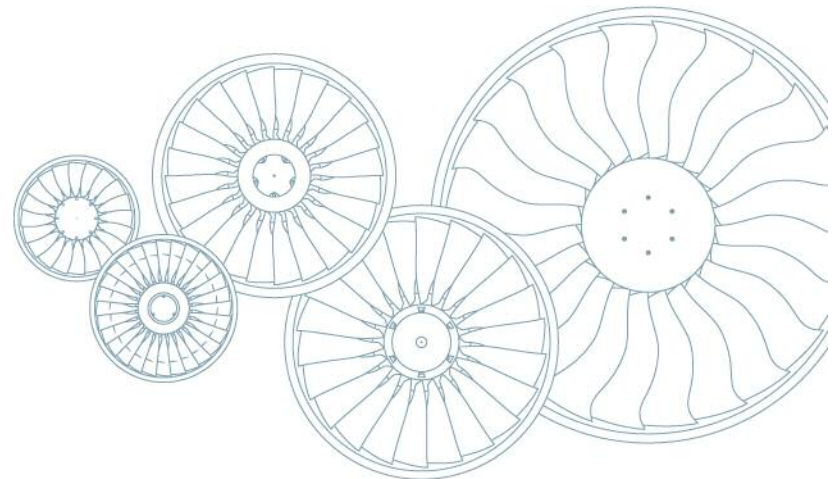
HI-CFD

Hocheffiziente Implementierung von CFD-Codes für
HPC-Many-Core-Architekturen

Jörg Hunger, MTU Aero Engines GmbH

Dr. Thomas Alrutz, T-Systems Solutions for Research GmbH

Zuse Institut, Berlin, 23. November 2010



HI-CFD - Hocheffiziente Implementierung von CFD-Codes für HPC-Many-Core-Architekturen

1. MTU Aero Engines
2. TRACE in der MTU
3. HI-CFD Erwartungen der MTU
4. Hybride OpenMP/MPI Implementierung TRACE
5. Many-Core fähiger Partitionierer für blockstrukturierte Netze
6. Prädiktionierer für linearTRACE
7. Generischer Präprozessor
8. Verwertungsplan MTU Aero Engines

MTU Aero Engines

Die MTU Aero Engines ist der führende deutsche Triebwerkshersteller und entwickelt, fertigt, vertreibt und betreut zivile und militärische Luftfahrtantriebe aller Schub- und Leistungsklassen.

Die MTU Aero Engines arbeitet in Kooperationen mit allen großen Triebwerksherstellern weltweit und übernimmt die Entwicklungsverantwortung für komplette Triebwerksmodule.

Die Aerodynamikabteilung der MTU nutzt numerische Methoden zur Strömungsberechnung für die Auslegung von Verdichter- und Turbinenmodulen (ca. 60 Anwender) .

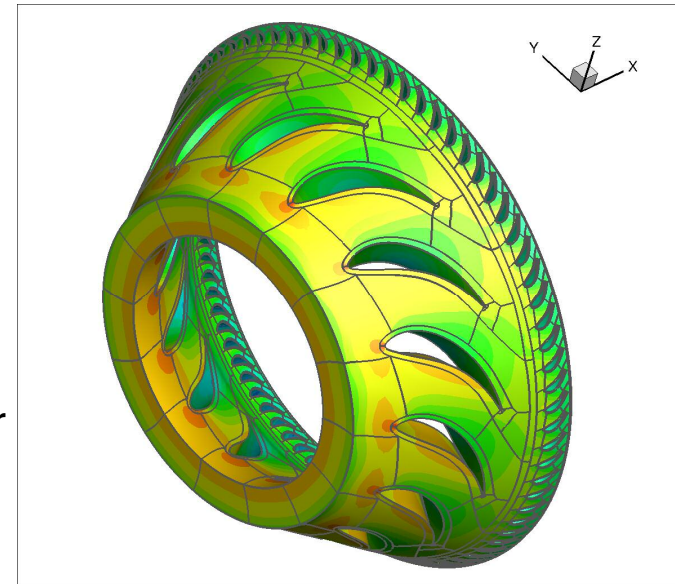
Treffsichere aerodynamische Auslegungen sind der Schlüssel für lärmreduzierte und verbrauchsärmere Triebwerke.



TRACE in der MTU

TRACE (Turbo machinery Research Aerodynamic Computational Environment)

- TRACE ist das Standardprogramm für 3D Navier-Stokes Berechnungen in der MTU
- TRACE wird produktiv für die Auslegung und Bewertung von Turbinen- und Verdichtermotoren eingesetzt
- 3D Navier-Stokes Simulationen werden eingesetzt zur Optimierung von Ringraum- und Schaufelgeometrien unter Berücksichtigung von
 - Turbulenz und Transition auf Schaufeln
 - Nebenströmen und Kavitäten
 - Umfangsasymmetrien
- Konkurrenzfähige Entwicklungen eines Triebwerksmoduls erfordern Simulationen mit insgesamt über 1,5 Mio. CPU-Stunden pro Modul



HI-CFD

Erwartungen der MTU

Verkürzung der Rechenzeiten ermöglicht verbesserte Auslegungen

- kürzere Entwicklungszeiten
- optimierte Entwürfe durch Bewertung zusätzlicher Varianten
- genauere Simulationen
- Berücksichtigung instationärer Effekte: instationäre Rechnungen benötigen eine Größenordnung längere Rechenzeiten
- Rechnungen eines kompletten Rings anstatt einer Passage um aeroelastischen Einfluss zwischen Stufen zu bewerten
- Nutzung des zeitlinearisierten TRACE für schnelle aeroelastische Aussagen
- Investitionen in Software-Verbesserungen viel wirkungsvoller als Hardwareinvestitionen
- Rechenleistungszuwachs des HPC-Cluster aus Energie- und Platzgründen beschränkt
- Effizienzsteigerungen durch Software ermöglichen zusätzliche Steigerung

MTU steht im harten Wettbewerb um Entwicklungsanteile und benötigt modernste aerodynamische Analysemethoden um konkurrenzfähig zu sein

Hybride OpenMP/MPI Implementierung TRACE

Verfügbar ab TRACE 7.0, 1. Quartal 2010

Im produktiven Einsatz seit Mai 2010

Vorteile:

- Bearbeitung großer Blöcke auf mehreren Cores ohne Block-Splitting
- Nutzung einer größeren Anzahl von Cores

	Prozesse	Cores	Dauer
LPT, 18 Blöcke, 3,7Mio Zellen	8	8	68 min
	16	16	67min
	11	32	28min
LPT, 78 Blöcke, 5,2Mio Zellen	24	24	23min
	28	48	16min
	24	96	11min

Many-Core fähiger Partitionierer für blockstrukturierte Netze

Gegenwärtig genutzter Lastbalancierer:

- Verteilung der Blöcke auf die Rechenknoten nach der Zellenanzahl der Blöcke
- bei vielen Blöcken pro Knoten und ähnlichen Blockgrößen gute Lastverteilung
- bei stark unterschiedlichen Blockgrößen schlechte Lastverteilung

Neuer Lastbalancierer berücksichtigt zusätzliche Faktoren für die Verteilung

- Kommunikation zwischen Blöcken (Anzahl der Ghostzellen und Nachbarschaftsbeziehung)
- Aufwand für Berechnung pro Block (welche Modelle / Randbedingungen / Interface Algorithmen)

In zweiten Realisierungsschritt soll ein Partitionierer automatisch entsprechend dieser Kriterien ideale Blöcke erzeugen und auf die Knoten verteilen

Vorteil:

- Bessere Lastverteilung bedeutet höheren Rechendurchsatz und damit kürzere Rechenzeiten

Präkonditionierer für linearTRACE

- linearTRACE: Anwendung in der Aeroelastik und Aeroakustik
- Berechnung von kleinen harmonische Störungen einer zeitlich konstanten Strömung
- Lineares Gleichungssystem wird durch iterativen Gleichungslöser gelöst
- Präkonditionierung verbessert Konvergenz

Verbesserter Präkonditionierer ermöglicht schnellere Bewertung von aeroelastischen und aeroakustischen Phänomenen

Generischer Präprozessor

- Nutzung von SIMD Erweiterungen und Cache-Optimierung erfordert spezielles Wissen und Erfahrung des Programmierers
- Entwickler von neuen Modellierungen in CFD-Software (z.B. Turbulenzmodelle, Randbedingungen) konzentrieren sich primär auf die Richtigkeit der Ergebnisse und nur sekundär auf die Ausführungsgeschwindigkeit
- Generischer Präprozessor ermöglicht die Optimierung von Code ohne großen Entwicklungsaufwand
- Effiziente Algorithmen in TRACE auch für zukünftige Erweiterungen

Verwertungsplan MTU Aero Engines

- Verbesserungen durch HI-CFD fließen in Entwicklungsversionen von TRACE
- TRACE Entwicklung wird kontinuierlich in der MTU verfolgt
- neue TRACE Versionen werden mit eigenen Konfigurationen gegen bisherige Simulationsergebnisse und Messergebnisse validiert
- produktive TRACE Versionen werden halbjährlich freigegeben
- neue Projekte nutzen neueste produktive Version

Verbesserungen durch HI-CFD ermöglichen kürzere Entwicklungszeiten und verbesserte aerodynamische Auslegungen von Turbinen- und Verdichtermodulen