

Effiziente Untersuchung motorischer Komponenten mittels CFD am Beispiel eines Abgasturboladers

Albert Jeckel, Ludwig Berger, Amir Moghaddam

CFD Schuck Ingenieurgesellschaft mbH, D-89518 Heidenheim

Summary

Within the framework of the study, CFD simulations of a turbocharger turbine were carried out. Based on results from the mesh refinement study; a common meshing methodology suitable for the different cases of optimizations was ascertained which was used to mesh the optimization variants of the base model. The simulated results of the optimized geometries show significant improvements in the turbine characteristic values. The modelling time required for each optimization variant was reduced significantly using the new meshing method.

Keywords

Abgasturbolader, Kennlinie, Vernetzung, Optimierung

1. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten hat sich die CFD-Simulation zu einem unverzichtbaren Bestandteil in der Fahrzeugentwicklung entwickelt. Neue Motor- und Fahrzeugkonzepte werden mittels CFD-Simulationen ausgelegt und optimiert. Anwendungen der CFD finden sich im Bereich Innenraumklimatisierung, Motorenentwicklung, Motorraum- und Aussenumströmung. Berechnungsdienstleister wie CFD Schuck bieten ihren Kunden die Möglichkeit der externen Bearbeitung von Themen. Dies können sowohl zeitaufwendige methodische Themen wie auch zeitkritische Standardthemen sein. Gerade letzteres gewinnt heutzutage aufgrund der immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten und der steigenden Modellvielfalt zunehmend an Bedeutung. Im Vortrag wird vorgestellt, wie motorische Komponenten wie z.B. Abgasturbolader mittels CFD effizient im Entwicklungsprozess untersucht werden können. Unter Verwendung einer für Demonstrationszwecke verfügbaren Turbinen-Geometrie wurde ein mögliches Vorgehen bei Untersuchungen und Optimierung einer ATL-Turbine untersucht und dargestellt. Von besonderem Interesse waren die für die einzelnen Projektabschnitte erforderlichen Zeitaufwendungen im Hinblick auf die Gesamtbearbeitungszeit.

2. CFD-Methode

Die Berechnungen erfolgen für einen typischen Lastfall einer ATL-Turbine. Unter Variation des Turbinendruckverhältnis zwischen Outlet und Inlet für eine Drehzahl wurden als Ergebnisgrößen u.a. der Turbinenwirkungsgrad und der normierte Massenstrom in Abhängigkeit von Druckverhältnis bestimmt [1,2,3,4]. Die Berechnung erfolgte turbulent, thermisch und kompressibel mit adiabaten Wänden.

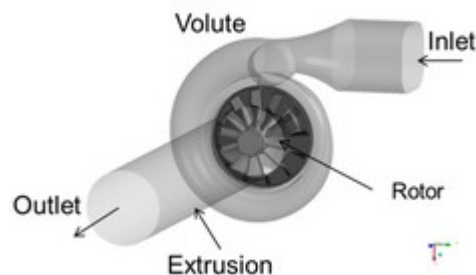


Fig. 1: CFD-Modell zur Untersuchung von ATL-Turbinen

In einem ersten Schritt wurde zunächst unter Verwendung von unterschiedlich feinen Netzen untersucht, welchen Einfluss die Netzfeinheit auf die Rechenzeit und die Ergebnisse hat. Die Netzgrößen lagen dabei zwischen 3 Mio. Zellen für das grobe Netz und 14 Mio. Zellen für das feine Netz. Auf der Basis dieser Erkenntnisse erfolgte die Entscheidung über die für die Optimierungsschritte zu verwendende Netzfeinheit.

Anhand der Analyse der Simulationsergebnisse wurden in einem zweiten Schritt Vorschläge zur Optimierung der Turbinengeometrie erarbeitet und umgesetzt. Von besonderem Interesse hierbei war, welcher Zeitaufwand im Vergleich zu der Basisvariante für die Umsetzung einzelner Optimierungsschritte erforderlich war.

3. Ergebnisse

Fig. 2 zeigt den normierten Massenstrom als Funktion des Turbinendruckverhältnis. Man erkennt gute Übereinstimmung zwischen Netz 1 und Netz 2, bei Netz 3 zeigen sich ersten Abweichungen in Richtung niedrigerer Massenströme.

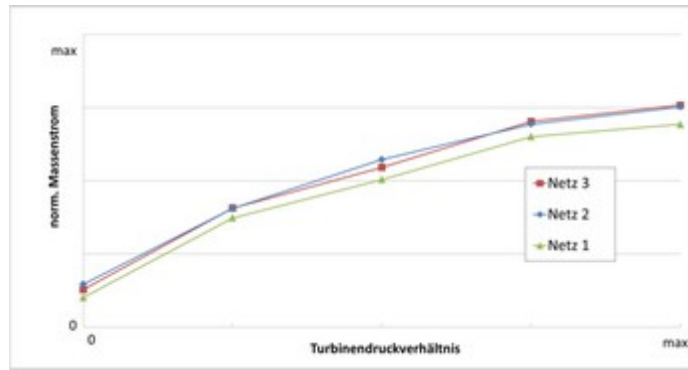


Fig. 2: Normierter Massenstrom in Abhängigkeit des Druckverhältnis

Der Vergleich der Rechenzeiten zeigt, das die Berechnung bei Netz 2 ca. 50% längere Rechenzeiten erfordert als bei Netz 3. Die Optimierungsschritte wurden daher mit Netzfeinheiten entsprechend Netz 3 umgesetzt.

| | Netz 1 | Netz 2 | Netz 3 |
|-------------------|--------|---------|--------|
| Zellanzahl | 3 Mio | 8,5 Mio | 14 Mio |
| CPU-H | 80 | 170 | 440 |

Fig. 3: Rechenzeiten in Abhängigkeit der Netzgröße

Bei den Optimierungen wurden folgende Massnahmen untersucht:

- Modifikation Übergang Volute / Rotor
- Modifikation Schaufelprofil
- Modifikation Spaltweite zwischen Rotor und Stator

Aufgrund der Optimierungsschritte wurden sowohl beim Wirkungsgrad wie auch beim Durchsatzkennwert (Netz 2=> Var. 4, Netz 2) deutliche Verbesserungen erreicht.

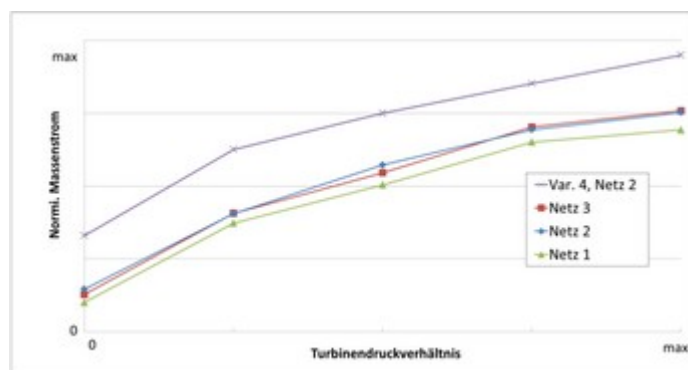


Fig. 5: Normierter Massenstrom in Abhängigkeit des Druckverhältnis

Bei den Bearbeitungszeiten der einzelnen Projektabschitte zeigt sich, das bei der untersuchten Geometrie ausgehend von einer Basisvariante Aufwandsreduzierungen von bis zu 80% bei den Optimierungsvarianten realisierbar sind. Dabei werden die Zeitaufwendungen von den Arbeiten im Bereich Vernetzung dominiert. Zur Verbesserung der Gesamtdurchlaufzeit bietet sich eine Erhöhung der CPU-Anzahl an.

4. Zusammenfassung

Im Rahmen der Untersuchung wurden Berechnungen an einer Beispielgeometrie einer ATL-Turbine durchgeführt. Auf der Basis von Netzfeinheitsstudien wurde ein Netz mit einer für eine Optimierung geeigneten Netzfeinheit ermittelt, es wurden prinzipiell mögliche Verbesserungsmassnahmen an der Beispielgeometrie umgesetzt. Die optimierte Geometrie zeigt deutliche Verbesserungen bei den typischen Turbinenkennwerten. Der für die Optimierungsvarianten erforderliche Bearbeitungsaufwand konnte im Vergleich zur Basisvariante deutlich unterschritten werden.

5. Referenzen

- [1] Reuter, S., Koch, A., und Kaufmann, A.: Messverfahren für Abgasturbolader mit pulsierendem Heißgas. MTZ Motortechnische Zeitschrift 4 (2011), 290.
- [2] Mayer, M. Abgasturbolader. Sinnvolle Nutzung der Abgasenergie, 5 Auflage, Moderne Industrie, 2003.
- [3] <http://www.motorlexikon.de>
- [4] <http://www.3k-warner.de>