

MITTEILUNG ZU FORSCHUNGSPROJEKT S6801

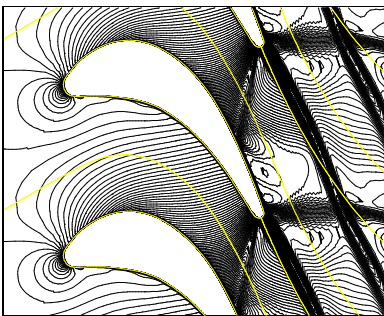
Thema: ENTWICKLUNG EINES PROGRAMMES ZUR BERECHNUNG DER TURBOMASCHINENSTRÖMUNG, INKLUSIVE ÜBERSCHALL, REIBUNG UND TURBULENZ

Mitarbeiter/Ansprechpartner: Dipl. Ing. Arno Gehrer

Zielsetzung/Aufgabenstellung: Ziel dieser Arbeit ist ein allgemeiner, instationärer 2d-Navier-Stokes-Solver, der in der Lage ist, kompressible, reibungsbehaftete, turbulente Strömungen mit hoher Reynoldszahl in Schaufelgittern von Turbomaschinen zu berechnen.

Lösungsweg/bisherige Arbeiten:

1. Genereller Ansatzpunkt ist ein *implizites, zeitabhängiges Verfahren*, wobei die instationären Gleichungen verwendet werden, obwohl man meistens nur an der stationären Lösung interessiert ist. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß der hyperbolische Charakter der Erhaltungsgleichungen gewahrt bleibt.
 - Derselbe Algorithmus kann für die Lösung aller Strömungsbereiche verwendet werden, egal ob sub- oder hypersonisch.
 - Die Erhaltungsgleichungen bilden ein partielles Differentialgleichungssystem, das gemeinsam gelöst wird. Die Algorithmen eignen sich daher gut für die Vektorisierung in Supercomputern.
 - Die Methode und daher das darauf basierende Computerprogramm sind sehr flexibel und können für eine Vielzahl von Anwendungsfällen eingesetzt werden (von 2D-Schaufelreihen bis zu 3D-Wechselwirkungen zwischen Leit- und Laufrad).
2. In *zeitlicher Richtung* wurden folgende Integrationsverfahren gewählt
 - *Voll-Implizites „Euler-Backward“ Verfahren* (große Stabilität, gut geeignet für möglichst rasches Erreichen des stationären Zustandes)
 - *4-Schritt-Runge-Kutta-Verfahren*: hohe Genauigkeit für instationäre Berechnungen aber geringere Stabilität
3. Zwei Varianten zur *Diskretisierung der Konvektions-Glieder* wurden implementiert:
 - *Zentrale Diskretisierung*: Aus Stabilitätsgründen werden "künstliche Viskositätsterme" ("numerische Dissipation") zweiter und vierter Ordnung eingefügt [4]
 - *TVD-"Upwind"-Verfahren*: Die Diskretisierung der konvektiven Glieder der Grundgleichungen erfolgt im Einklang mit der Störungsausbreitung und erzwingt dadurch numerische Stabilität und hohe Genauigkeit. [1]
4. Die *Diskretisierung der viskosen Glieder* erfolgte mit zentralen Differenzen, wobei aus Stabilitätsgründen auf die Diagonaldominanz des resultierenden Gleichungssystems geachtet wurde.
5. Die *Turbulenzmodellierung* erfolgte mit einem algebraischen Turbulenzmodell nach [5] welches sich im Turbomaschinenbereich auch für komplexe Strömungen als zweckmäßig erwiesen hat.



Nebstehendes Beispiel zeigt die reibungsbehaftete, turbulente Lösung der transsonischen Durchströmung des Turbinengitters VKI-LS 59 [1], [2], [3].

Auffällig sind die schrägen Verdichtungsstöße an der Hinterkante, sowie die, aufgrund der relativ dicken Hinterkante stark ausgeprägte Nachlaufdele. Weiters ist zu bemerken, daß der druckseitige Schwanzstoß auf der Saugseite der Nachbarschaufel auftritt, was dort wiederum lokal ein kurzes Ablösen der Grenzschicht zur Folge hat.

Insgesamt illustriert also diese Rechnung somit die Notwendigkeit oben genannter Schritte zur Entwicklung eines geeigneten Programmes zur Simulation transsonischer Turbomaschinenströmungen.

Literatur

- [1] Gehrer A. 1994 „Numerische Berechnung der Turbomaschinenströmung mit Hilfe eines TVD-Upwind-Verfahrens“, *Diplomarbeit, ITTM, TU-Graz*
- [2] Sanz, W., Gehrer, A., Paßbrucker, H. 1995 "An Implicit TVD Upwind Relaxation Scheme for the Unsteady 2D-Euler-Equations" *ASME Paper 95 - CTP - 71*
- [3] Sanz W., Gehrer A., Paßbrucker H., Jericha H. 1995 „Entwicklung von Turbomaschinenbeschaufelungen höchsten Wirkungsgrades mit Computational Fluid Dynamics (CFD)“ *ÖIAZ 11/95 (Sondernummer)*
- [4] Sanz, W., 1993, "Numerische Berechnung der Transschall- und Überschallströmung in thermischen Turbomaschinen", Diss. TU Graz
- [5] Arnone, A., Swanson, R.C. 1993 "A Navier Stokes Solver for Turbomachinery Applications" *Journal of Turbomachinery, April 1993, Vol. 115/305*