



Doctoral Thesis

Verfeinerte numerische Erfassung von Diskontinuitäten i.e. Diskontinuitäten in transsonischen Strömungen

Author(s):

Pätzold, Hermann

Publication Date:

1992

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000643403> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 9702

**Verfeinerte numerische Erfassung
von Diskontinuitäten
in transsonischen Strömungen**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels
Doktor der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
HERMANN PÄTZOLD
Dipl. Masch.-Ing. ETH
geboren am 25. Mai 1953
von Altlünen (BRD)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. G. Gyarmathy, Referent
Prof. Dr. H. H. Thomann, Korreferent

Zürich 1992

Kurzfassung

Zur Berechnung von rotationssymmetrischen Innenströmungen auf Stromflächen mit variablem Radius und variabler Schichtdicke, die um die Rotationsachse rotieren können (quasi 3D) wird ein Verfahren zur verfeinerten Erfassung von Diskontinuitäten in transsonischen Strömungen bei niedrigen supersonischen Machzahlen (< 2) vorgestellt.

Die Herleitung der Eulergleichung für beliebige 2dim. Stromflächen liefert die Beschreibung einer rotationssymmetrischen Stromfläche mit variabler Schichtdicke und einem Stromflächenverlauf, der durch die Funktion $r = f(z)$ gegeben ist. Die Diskretisierung der Eulergleichung in einem Finite Volumina Verfahren hat die Berechnung einer transsonischen Strömung mit möglichst feiner Auflösung von Verdichtungsstößen zum Ziel. Es werden räumliche Diskretisierungen durch Rückwärtsdifferenzen und eine Diskretisierung durch zentrale Differenzen vorgestellt und die für Strömungen in thermischen Turbomaschinen spezifischen Randbedingungen hergeleitet. Die zeitliche Diskretisierung der Eulergleichung erfolgt durch explizite und implizite Verfahren. Bei der Suche nach der stationären Strömung führt die Multigridtechnik zu einer Beschleunigung des Iterationsverfahrens.

Die feinere Auflösung von Verdichtungsstößen wird erreicht durch adaptive strukturierte, vor allem jedoch durch adaptive unstrukturierte Rechennetze. Bei den adaptiv strukturierten Rechennetzen wird die Netzadaption durch Verschiebung der Netzknoten erreicht. Das Rechennetz wird als eine Haut aufgefasst, die an den Rechennetzrändern aufgehängt ist. Ihr Dehnungsverhalten kann durch ortsabhängige Materialeigenschaften beschrieben werden, die abhängig sind von dem lokalen Druckgradienten. Ein mit diesem Verfahren berechnetes Strömungsfeld weist feiner aufgelöste Verdichtungsstöße auf. Wegen numerischer Instabilitäten bei der Knotenverschiebung ist dieses Verfahren jedoch beschränkt auf "einfache" Rechennetze. Im adaptiv unstrukturierten Rechennetz wird neben der Verschiebung der Knoten des Rechennetzes die Netzadaption durch Hinzufügen und Löschen von Knoten erreicht. Die Verdichtungsstöße lassen sich mit diesem Verfahren sehr fein auflösen. Es gibt keine Beschränkungen in Bezug auf die Netzkonfiguration. Die Fluktuationen in der Totaldruckverteilung in subsonischer Strömung bei Rechennetzen mit Dreieckselementen liesse sich durch die Verwendung von Dreiecks- und Viereckselementen im unstrukturierten adaptiven Rechennetz aufheben.

Abstract

A method which better accounts for discontinuities in transonic flow at low supersonic mach numbers (< 2) is presented. It is aimed at the analysis of rotatory symmetrical internal flow on stream surfaces with variable layer thickness and variable radius, whereby a rotation about the axis of rotation is allowed.

The derivation of the Euler equations for arbitrary two dimensional stream surfaces yields the description of a rotatory symmetrical stream surface characterized by a variable layer thickness and a slope given by the relation $r = f(z)$. The Euler equations are discretized according a finite volume approach thus making possible the analysis of a transonic flow with the finest possible resolution of shocks. Spatial discretization by means of either upwind or central differences is shown. The specific boundary conditions for flow in turbomachinery are derived. The time discretization of the Euler equations is performed both with explicit and implicit methods. Multigrid techniques lead to an acceleration of the iteration process in finding the stationary flow conditions.

The improved resolution of shocks is based on the use of adaptive structured and unstructured meshes, the latter being however of greatest significance. In the case of structured meshes, the adaptation is achieved by moving the nodes. The mesh is treated as a skin suspended at its boundary. Its strain behaviour can be described by material properties subjected to local pressure gradients. The flow field calculated with this method features a higher resolution of shocks. However it is limited to "simple" meshes due to numerical instabilities arising in nodal displacements. In the case of unstructured meshes, the adaptation of the mesh is achieved not only by moving nodes, but also by adding and deleting grid elements. Shocks can be scattered to a high degree. There are no limitations concerning the mesh configuration. Fluctuations in the total pressure distribution in subsonic flow that occur by using triangle elements, may be compensated by applying triangular and quadrilateral elements in unstructured adaptive meshes.