

Formoptimierung von Verdichter- und Turbinenschaufeln

Projektleitung: Prof. Dr. H. G. Bock
 Bearbeitung: Dr. Wolfgang Egartner
 Beratung: Dr. V. H. Schulz
 Web-Adresse: www.iwr.uni-heidelberg.de/~Wolfgang.Egartner/turbo.html

Kooperationspartner:
ABB, MTU

Projektziel

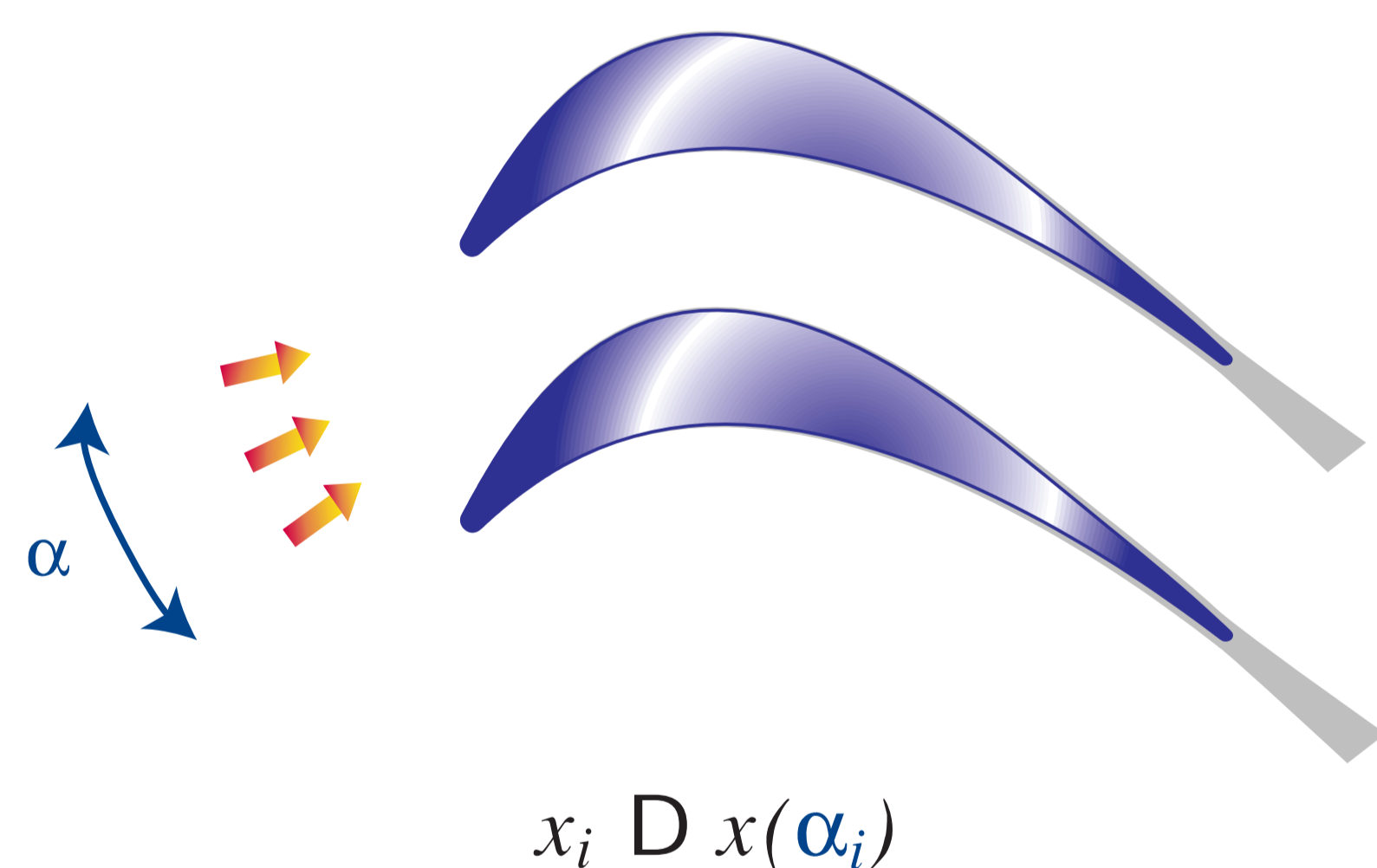
Entwicklung einer stabilen und schnellen Software zur optimalen Schaufelauslegung durch vorteilhafte Kombination der am IWR entwickelten Simultanoptimierungsverfahren (PRSQP-Methoden) mit speziellen Eigenschaften der (Quasi-3D) S1-Stromflächensimulation MISES.

Die Schnelligkeit der Verfahren, die flexible Implementierung von Nebenbedingungen und Zielfunktional in einem frei wählbaren Betriebsbereich soll dem Ausleger maximalen Raum zur Validierung verschiedener Szenarien geben.

Realisierung

Anstelle der üblichen Vorgehensweise, lediglich den output der auskonvergierten Simulation zur Berechnung von Zielfunktionalen und Ableitungen zu verwenden, werden vom PRSQP-Simultanoptimierungsalgorithmus auch Ableitungsinformationen, die in den inneren Iterationen der Simulation berechnet werden, für die Optimierung genutzt.

Dies wird ermöglicht, indem die diskretisierten und linearisierten Strömungsgleichungen als *Nebenbedingung* in das Optimierungsproblem eingebunden werden. Dieses Optimierungsproblem wird dann als Ganzes (simultan) iteriert:



$$\min_{x_i, p} \sum_{i=1}^N \omega_i f(x_i, p, \alpha_i)$$

Zielfunktion
(gewichtet über Betriebsbereich)

$$\left. \begin{aligned} c(x_1, p, \alpha_1) &= 0 \\ &\vdots \\ c(x_N, p, \alpha_N) &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Diskretisierte und linearisierte} \\ \text{Strömungsgleichungen} \\ \text{(MISES Newton-Matrix)} \\ \text{für jeden Betriebspunkt } \alpha_i \end{array}$$

Geometrie-Bedingungen

$$g(p) \leq 0$$

- Einbaubreite
- Fläche
- Vorder- und Hinterkantendicke
- Engfläche
- Metall- und Staffellungswinkel
- Krümmung

Stand der Arbeiten

Der multiple-setpoint PRSQP-Algorithmus für die Betriebsbereichsoptimierung ist implementiert. Damit erzielt das entwickelte Softwarepaket OptiMISES optimale Lösungen für vorgegebene Bereiche von Anströmwinkeln oder -Machzahlen.

Ferner wurde die Optimierungssoftware in Folge zahlreicher Tests weiter stabilisiert und erweitert. Unter anderem wurden weitere Nebenbedingungen implementiert und die Aussagekraft der Abbruchkriterien verbessert.

Die Tests zeigen auch, dass der Code sowohl in Hinblick auf Stabilität als auch in der Rechengeschwindigkeit die Erwartungen erfüllt.

Die Optimierung für den Auslegungspunkt alleine erfordert im Schnitt nur etwa 2-5mal die Rechenzeit eines einzigen Simulationslaufes. Bei den gerechneten Testbeispielen waren das durchschnittlich etwa 3 Minuten auf IBM RS6000/590 (SPECfp95 ≈ 10). Die Rechenzeiten für die Betriebsbereichsoptimierung liegt im Vergleich dazu bei etwa 30 Minuten.

Weiteres Vorgehen

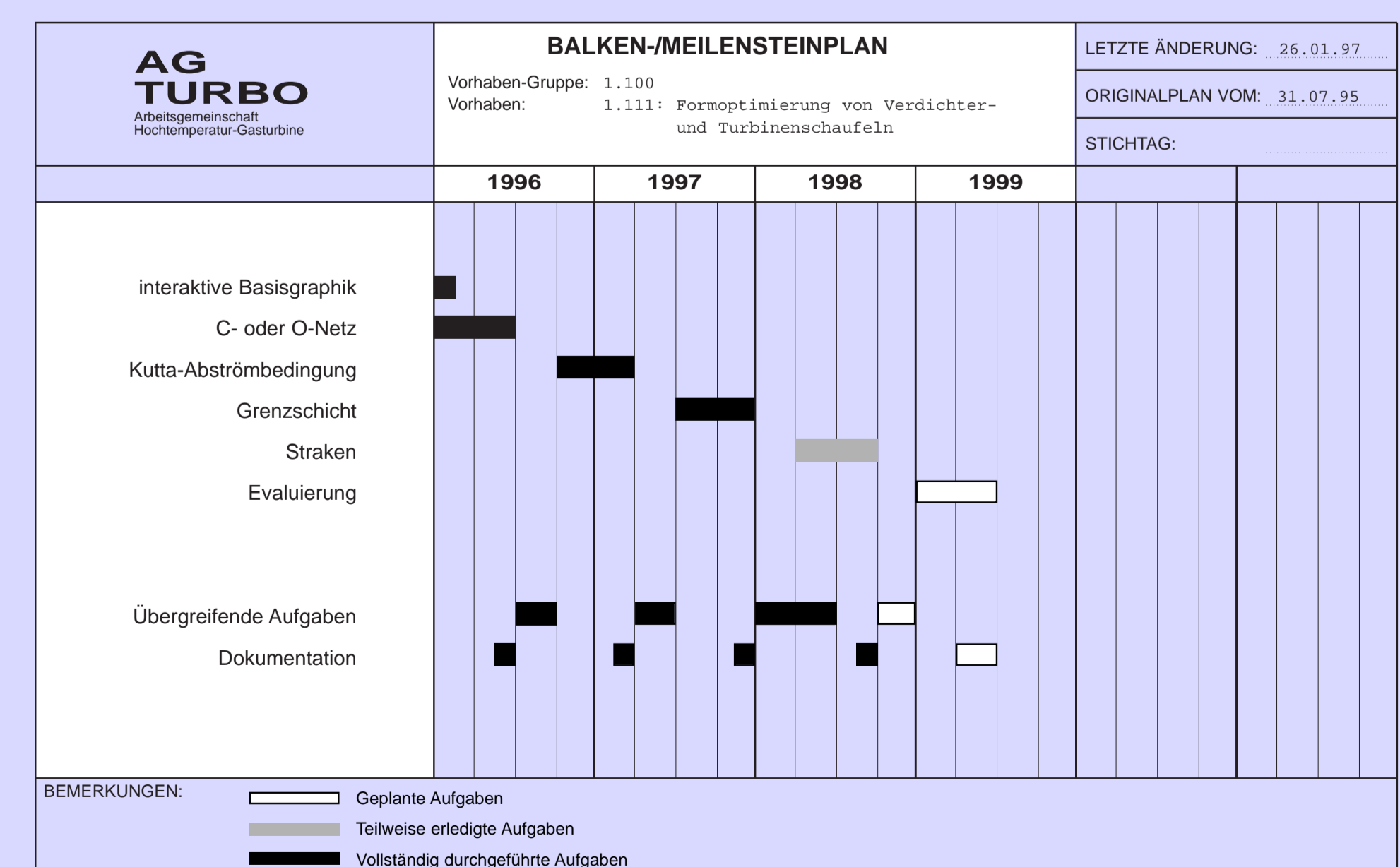
Im kommenden Halbjahr soll OptiMISES anhand von möglichst zahlreichen Beispielen ausführlich evaluiert werden. Unter anderem soll eine Grundsatzstudie entstehen darüber, inwieweit sich OptiMISES auch für die Optimierung transsonischer Gitter eignet.

Ebenfalls sollen die Implementierungsarbeiten des Quasi-3D-Algorithmus vorangetrieben werden, sodass am Projektende auch hierfür eine Software zur Verfügung stehen soll.

Zeitplan

Gesamtlaufzeit: Januar 1996 bis Juni 1999.

Das Projekt liegt im Zeitplan.



Teile der Implementierungsarbeiten am Quasi-3D-Algorithmus wurden zugunsten der oben erwähnten Stabilisierungsmaßnahmen etwas zurückgestellt. Dies ist von Vorteil, zumal damit die weiteren Arbeiten auf einem stabileren Fundament bauen.