

**Prof. Dr.-Ing. R.-G. Schmidt,
Dipl.-Ing. J. Backhaus, cand.-ing. A. Reinking, Dipl.-Ing. (FH) D. Fockers,
Dipl.-Ing. (FH) K. Höpfner**

Regelstufendüsen mit profilierten Seitenwänden

(1999, 2004-2007)

Kooperationspartner: **Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg (Prof. Joos)
MAN TURBO AG, Hamburg**

Finanzierung: **AGIP**

Industriedampfturbinen (Bild 1) werden in der industriellen Eigenstromerzeugung, in Heizkraftwerken (Kraft-Wärme-Kopplung), in der chemischen und petrochemischen Industrie, in Müllverbrennungsanlagen und in der Abwärmenutzung eingesetzt. Der zunehmende Einsatz biogener Rest- und Abfallstoffe hat besonders bei den kleineren Leistungsklassen zu einer steigenden Nachfrage geführt.

Zur besseren Leistungsregelung sind Industriedampfturbinen durchweg mit einer Düsengruppenregelung ausgestattet. Diese ermöglicht auch bei Teillast einen optimalen Turbinenwirkungsgrad. Die hohen Frischdampfdichten verbunden mit relativ kleinen Massenströmen bedingen in den Düsen (Leitschaufelgitter) der Regelstufen sehr kurze Schaufeln. Der sich daraus ergebende hohe Wandanteil in den Düsenkanälen führt zu hohen Reibungsverlusten.

In Schaufelgittern von Turbomaschinen treten neben dem Profilverlust, der durch die Reibung der Strömung an der Schaufeloberfläche, die Hinterkantenumströmung und eventuelle Strömungsablösungen entsteht, noch Randverluste auf. Diese werden durch die Umlenkung der Strömung und durch die Gasreibung an den Seitenwänden des Düsenkanals im Bereich der Nabe und des Gehäuses hervorgerufen. Das dadurch gestörte Gleichgewicht zwischen den Zentrifugal- und Druckkräften verursacht eine Strömung quer zur eigentlichen Strömungsrichtung, d. h. die Strömung wird von der Druckseite einer Schaufel über die Seitenwand zur Saugseite der benachbarten Schaufel abgedrängt. Somit entsteht in einem Schaufelkanal ein Doppelwirbel, je einer am Schaufelfuß und an der Schaufelspitze.

Auf der Basis von Vorschlägen aus der Literatur und eigenen CFD-Studien, die im Rahmen von Diplomarbeiten durchgeführt worden waren, wurden mehrere asymmetrisch profilierte Meridiandüsen (Bild 2) entworfen und diese zusammen mit der konstant hohen Düse mittels Computational Fluid Dynamics bei unter- und überkritischen Druckverhältnissen näher untersucht. Anschließend wurden zwei Düsenringe, einer mit konstanter und einer mit konturierter Schaufelhöhe, vom Projektpartner MAN TURBO gefertigt und im Ringgitterwindkanal des Projektpartners HSU bei unter- und überkritischen Druckverhältnissen mittels Particle Image Velocimetry vermessen. Der Vergleich von gemessenen und berechneten Geschwindigkeiten diente zur Verifizierung der Berechnungen.

Mit einer Meridiandüse konnten bei unterkritischen Druckverhältnissen, was einem Vollastbetrieb der Regelstufe entspricht, Wirkungsgradverbesserungen von bis zu 2 %-Punkten erzielt werden, wobei diese Verbesserungen mit abnehmendem Druckverhältnis zunahmten. Bis zu einer isentropen Abströmmachzahl von 1,15 erwies sich diese Meridiandüse im Wirkungsgrad besser als die konstant hohe Düse. Bei höheren Machzahlen (Teillastbetrieb der Regelstufe) verschlechterte sich die Meridiandüse. Alle untersuchten Meridiandüsen zeigten einen teilweise deutlich höheren Massendurchsatz als die konstant hohe Düse. Dementsprechend größer war der Abströmwinkel der Meridiandüsen. Der

Abströmwinkel nahm nach außen hin zu, weil nur die äußere Seitenwand des Düsenkanals profiliert wurde.

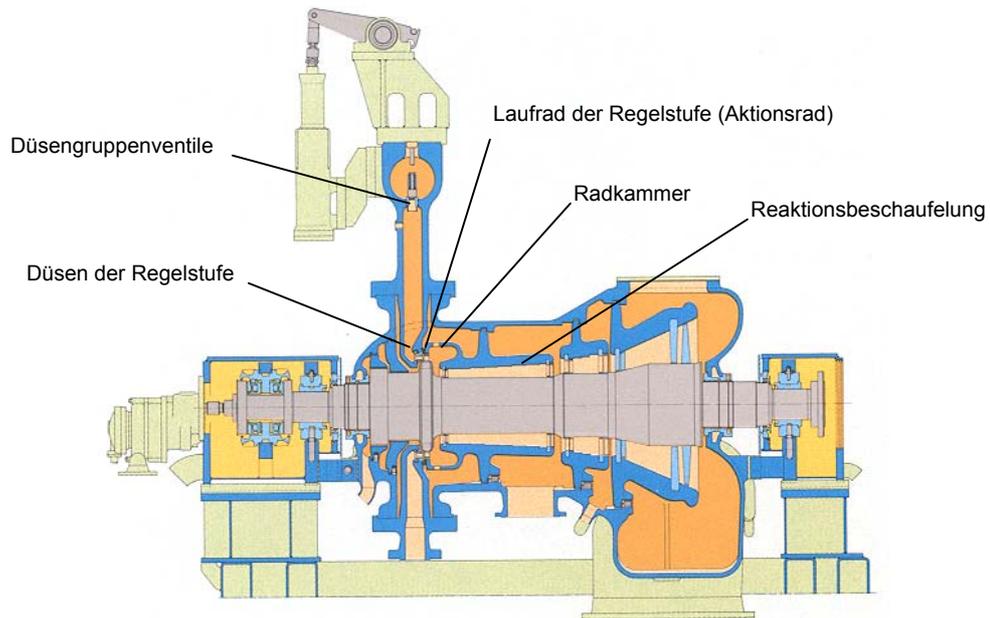


Bild 1: Industriedampfturbine mit Düsengruppenregelung

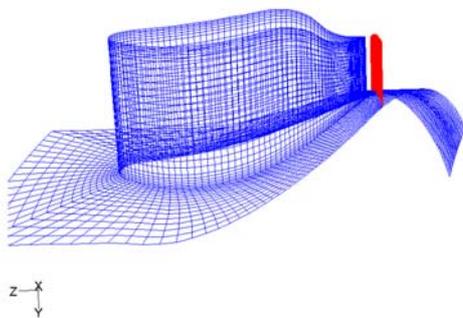


Bild 2: Leitschaufel mit profilierter äußerer Seitenwand