

Diss. Nr. 4291

Experimentelle Bestimmung der Einzelverluste einer einstufigen Versuchsturbine

ABHANDLUNG

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

ANTON ROEDER

dipl. Masch.-Ing. ETH

geboren am 22. August 1935
deutscher Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. W. Traupel, Referent
Prof. Dr. H. Thomann, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich
1969

1. Kapitel

Einleitung

1.1 Versuchsprogramm

Am Institut für thermische Turbomaschinen der ETH Zürich steht seit einigen Jahren eine Versuchsturbine, vgl. [1], in Betrieb, mit welcher ein- und mehrstufig mit deckbandloser Beschauflung Rand- und Spielverluste experimentell bestimmt werden. Da diese Versuchsanlage wegen ihrer Grösse für Umbauten wie beispielsweise Veränderung des Radialspiels an den Schaufelkränzen relativ viel Arbeitsaufwand beansprucht, war erwünscht, sie durch eine zweite, einfachere Anlage zu ergänzen. Am Institut steht ein dampfturbinengetriebenes, mehrstufiges Radialgebläse, welches zwar nicht für die jetzige Verwendung konzipiert wurde, dessen Fördermenge aber bei dem gewünschten Druckverhältnis gerade noch ausreicht, um eine zwar wesentlich kleinere Versuchsturbine zu betreiben, deren Abmessungen aber immer noch auf eine genügende Reynoldszahl führen. Diese wurde konstruktiv derart entworfen, dass Umbauten aller Art in kurzer Zeit durchgeführt werden können.

In der vorliegenden Arbeit wird im wesentlichen über zwei Versuchsserien berichtet. Bei beiden Serien wird das bereits in der grossen Versuchsturbine verwendete Schaufelprofil benützt. Zudem sind in der ersten Serie, welche Versuche mit einer Reaktionsstufe (der Reaktionsgrad ist im Mittelkreis 50 %) umfasst, auch die Gitterdaten wie das Erstreckungsverhältnis, das Teilungsverhältnis und der Stafflungswinkel etwa die gleichen wie bei den Versuchen mit der grossen Versuchsturbine. Das Versuchsprogramm der ersten Serie ist das folgende. Es handelt sich um eine einstufige Reaktionsturbine, deren zwei Schaufelkränze mit Deckbändern versehen sind. Ausgemessen werden

- a) die Spielverluste durch Variation des Radialspiels zwischen Deckbändern und Labyrinthstreifen;
- b) die Zusatzverluste, welche beim Ueberströmen des axialen Spaltes am Deckband zwischen Leit- und Laufrad entstehen, durch Variation dieses Spaltes bei sonst konstanten Verhältnissen;
- c) die Zusatzverluste, welche durch positive oder negative Ueberdeckung, also

durch einen positiven oder negativen Absatz zwischen Leit- und Laufrad entstehen, durch Variation desselben.

Die Versuche unter a) und b) liefern die Stufencharakteristik, d.h. die dimensionslosen Kennzahlen der Stufe in Funktion von der Drehzahl, sowie sämtliche Einzelverluste. Die Versuche unter c) liefern Unterlagen über jene Effekte, über welche La Roche nach Versuchen an einer Aktionsstufe in [18] berichtet hatte, nun für eine Reaktionsstufe.

Nach Abschluss dieses Versuchsprogramms interessierte das Verhalten der verwendeten Beschauflung nach einer Oeffnung des Laufradgitters um 13° . Diese Vergrößerung des Stafflungswinkels wurde derart festgelegt, dass etwa bei halber bisheriger Nenndrehzahl der Reaktionsgrad im Mittelkreis von 50 % auf 15 % gesenkt wurde, wir es nun also mit einer Stufe von kleinem Reaktionsgrad, einer quasi-Gleichdruckstufe zu tun hatten. Mit der neuen Turbinenstufe wird das Versuchsprogramm unter c) durchgeführt.

Wesentliche Ergebnisse unserer Versuche sind unter anderen etwa die folgenden: die Berechnungsunterlagen in [1] werden im allgemeinen sehr gut bestätigt. Ausnahmen hiervon sind die Durchflussmengenbestimmung nach Jones [2] für Halblabyrinth. Die Angaben von Jones liefern wesentlich zu grosse Leckmengen dann, wenn die Druckverhältnisse an den einzelnen Turbinenrädern sehr kleine Werte annehmen, wie es bei uns der Fall ist. Weiter konnte die Berechnung der Zusatzverluste nach La Roche nicht bestätigt werden, denn weder für die Reaktionsstufe noch für die quasi-Gleichdruckstufe konnten ähnlich grosse Effekte, wie sie von La Roche [18] gemessen wurden, durch unsere Turbinenversuche nachgewiesen werden. Hierzu werden in Zukunft noch weitere Versuche durchgeführt, über die später berichtet wird.

1.2 Symbole und Definitionen

A		Konstante in Gl. 2 (85)
a	m	Axialabstand der Labyrinthstreifen
b	m	Ringbreite
c	m/s	absolute Strömungsgeschwindigkeit
C		dimensionslose absolute Strömungsgeschwindigkeit
c_M		Reibungskoeffizient in Gl. 2 (71)