Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 107/108 (1936)
Heft: 16

Inhaltsverzeichnis

Band 108 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 16

Zur Bemessung einstufiger Axialgebläse

Dank der vereinfachten Theorie der Axialgebläse, wie sie in der Dissertation von Curt Keller[1]) dargelegt ist, lässt sich an dem Beispiel dieser Maschine besonders gut erläutern, wie man bei solchen der Rechnung zugänglichen Konstruktionsaufgaben dann vorgehen kann, wenn es sich — etwa beim Entwurf einer neuen Maschinenserie — lohnt, das im Einzelfall vielleicht raschere, auf die Dauer aber mehr Zeit raubende Probieren durch eine Methode zu ersetzen. Zur Fixierung der Vorstellung diene die den Aufbau und den Druckverlauf im Gebläse darstellende Abb. 1[2]). An dem Flügelschnitt Abb. 2[2]) zeigt sich schon die Hauptvereinfachung der Theorie: Die koaxialen Zylinderflächen, längs denen das Gas im Leit- und Laufrad strömt, werden aufgewickelt, und statt der wirklichen Bewegung des Gases das rektifizierte Strömungsbild betrachtet.

1. *Der Druckanstieg.* In Abb. 2 ist ε der Gleitwinkel, β_∞ der Winkel zwischen der mittleren relativen Anströmgeschwindigkeit w_∞ und der Umfangsrichtung. Das Verhältnis $\cot(\beta_\infty + \varepsilon)$ der Vertikalkomponente dS zur Horizontalkomponente dT der vom Gas auf ein Flügelelement von der Breite dr ausgeübten Kraft dR ist, wie der Impulssatz für die in dem Volumen $ABCD$ von der Breite dr eingeschlossene Gasmasse lehrt, gleich dem Verhältnis des Druckanstiegs Δp_l im Laufrad zur horizontalen Impulsänderung $\varrho\, c_m\, \Delta c_u$ (ϱ = Gasdichte, Δc_u = Geschwindigkeitsumlenkung, c_m = axiale Durchtrittsgeschwindigkeit):

$$\Delta p_{lr} = \varrho\, c_m\, \Delta c_{ur} \cot(\beta_{\infty r} + \varepsilon).$$

Der Index r deutet an, dass die betreffenden Grössen sich mit dem Abstand r von der Radaxe ändern[3]). Eine erste Approximation erhält man bei Vernachlässigung der Radreibung: $\varepsilon = 0$, $\cot\beta_{\infty r} = (u_r + \Delta c_{ur}/2)/c_m$ (Abb. 2, u_r = Umfangsgeschwindigkeit im Radius r);

$$\Delta p_{lr}^* = \varrho\, \Delta c_{ur}\,(u_r + \Delta c_{ur}/2).$$

[1]) „Axialgebläse vom Standpunkt der Tragflügeltheorie", Zürich 1934. Mitteilung des Instituts für Aerodynamik an der E. T. H.

[2]) Diese Abbildungen entstammen (mit geringfügigen Abänderungen) der erwähnten Dissertation, ebenso Abb. 7.

[3]) Für das in Wirklichkeit gleichfalls variable ε wird der Einfachheit halber ein fester Mittelwert angenommen.

Von diesem Wert unterscheidet sich der Stufendruckanstieg Δp_{st}^* im reibungslosen Idealfall um den Druckverlust im Leitrad $\varrho\, \Delta c_{ur}^2/2$:

$$\Delta p_{st}^* = \varrho\, u_r\, \Delta c_{ur} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Soll der Stufendruckanstieg über dem ganzen Rad der selbe sein, so muss somit die Geschwindigkeitsumlenkung Δc_{ur} umgekehrt proportional mit dem Abstand von der Radaxe variieren. Diese von *Leonhard Euler* stammende Bedingung wird mit Einführung der Zirkulation Γ der Relativströmung um einen Flügel, z. B. längs des Weges *CDAB* —

$$\Gamma = t_r\,(w_{1u} - w_{2u})_r = t_r\, \Delta c_{ur} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

($t = 2\pi r/z$ = Gitterteilung, z = Flügelzahl):

$$\Delta p_{st}^* = \varrho\, u_r \frac{\Gamma}{t_r} = \varrho\, n\, \Gamma z \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

(n = sekundliche Drehzahl). Die Euler'sche Vorschrift besagt also, dass längs des Flügels die Zirkulation konstant sein soll. Der Stufendruckanstieg ist ausser der Drehzahl dem Produkt aus Zirkulation und Flügelzahl proportional. Nach der Tragflügeltheorie von *Kutta-Jukowski* hängt die Zirkulation mit der mittleren Anströmgeschwindigkeit w_∞, der Flügeltiefe l und dem Auftriebskoeffizienten c_a so zusammen:

$$\Gamma = \frac{c_{ar}}{2}\, l_r\, w_{\infty r}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

womit die Euler'sche Bedingung folgende Form erhält:

$$(c_a\, l)_r = \frac{2\, \Delta p_{st}^*}{\varrho\, n\, z}\, \frac{1}{w_{\infty r}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Mit besserer Genauigkeit ist $\cot(\beta_\infty + \varepsilon) = \cot\beta_\infty - \frac{\varepsilon}{\sin^2\beta_\infty}$. Vernachlässigt man $\Delta c_{ur}/2$ neben u_r und ersetzt $\sin\beta_\infty$ wegen der Kleinheit von β_∞ durch $\operatorname{tg}\beta_\infty$, so erhält man mit der Abkürzung $\varphi_r = c_m/u_r$ und bei Einführung des *Liefergrades* $\varphi = \overline{c_m}/u$ (u = Umfangsgeschwindigkeit) wegen $r\varphi_r = r_s \cdot \varphi$ (r_s = Laufradradius):

$$\cot(\beta_{\infty r} + \varepsilon) \cong \frac{1}{\varphi_r}\left(1 - \frac{\varepsilon}{\varphi_r}\right),$$

und

$$\Delta p_{st\,r} \cong \Delta p_{lr} = \varrho\, c_m\, \Delta c_{ur}\, \frac{1 - \varepsilon/\varphi_r}{\varphi_r} = \Delta p_{st}^*\left(1 - \frac{\varepsilon}{r_s\,\varphi}\, r\right). \quad (6)$$

Die Radreibung hat also zur Folge, dass der Stufendruckanstieg bei Beachtung der Euler'schen Vorschrift Δp_{st}^* = const angenähert linear mit der Entfernung von der Radaxe abfällt.[4])

Der Unterschied zwischen dem mittleren Stufendruckanstieg $\overline{\Delta p_{st}}$ und dem totalen Druckanstieg Δp_{tot} (Abb. 1) ist durch den „Saugrohr-Wirkungsgrad" η_s bestimmt. Er gibt an, welcher Bruchteil des im Einlauf theoretisch erlittenen Druckverlustes $\frac{\varrho}{2}\, \overline{c_m}^2$ im Saugrohr zurückgewonnen wird[5]):

$$\overline{\Delta p_{st}} - \Delta p_{tot} = (1 - \eta_s)\, \frac{\varrho}{2}\, \varphi^2 u^2 \quad . \quad . \quad (7)$$

2. *Die Verluste.* Der für eine vorgeschriebene Leistungsabgabe N des Gebläses erforderliche Leistungsaufwand N' (= von den Flügeln an das Gas abgegebene Leistung) wächst mit den Verlusten, worunter im Folgenden der Quotient $V = (N' - N) : N$ verstanden werden soll. Man kann die Verluste in zwei Bestandteile, die „kinetischen" und

[4]) Vergl. die Messungen von Keller, l. c. S. 155, 159, 160.

[5]) Zur Vereinfachung setzen wir die Geschwindigkeit am Anfang und am Ende des Gebläses gleich null.

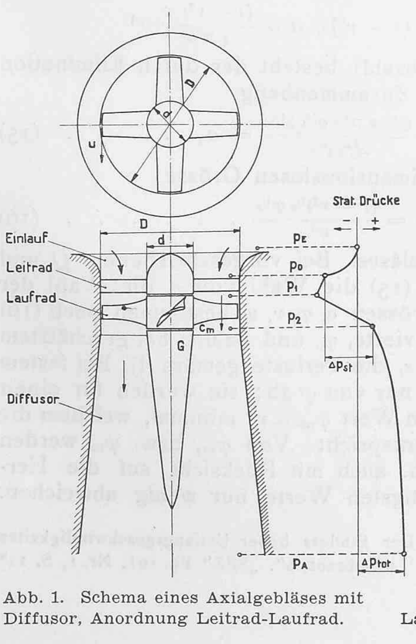

Abb. 1. Schema eines Axialgebläses mit Diffusor, Anordnung Leitrad-Laufrad.

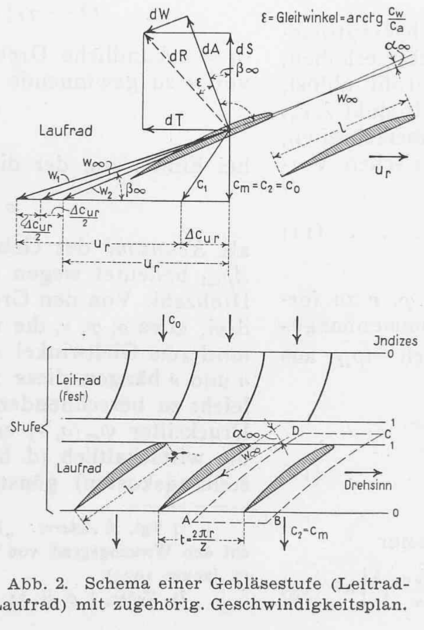

Abb. 2. Schema einer Gebläsestufe (Leitrad-Laufrad) mit zugehörig. Geschwindigkeitsplan.