

Vorbericht:

Standschubverbesserung durch Düsenring bei einer
Modellluftschraube kleiner Steigung.

Uebersicht: Bei einer auf kleine Winkel eingestellten Verstell-schraube ergaben sich nach einer Untersuchung von Regenscheit durch Ummantelung der Schraube erwartungsgemäss beträchtliche Verbesserungen des Standschubs.

Um auch für Luftschauben, die den Verhältnissen kleiner Steigung besser angepasst sind, den Einfluss eines Düsenringes zu klären, wurde eine Messung an einer vorhandenen geeigneten Modellluftschraube durchgeführt.

Der Bericht umfasst:

10 Seiten mit
5 Bildern.

Aerodynamische Versuchsanstalt Göttingen E.V.

Institut Windkanäle

Der Institutsleiter:

Weizsäcker

R. Seiferth

Der Bearbeiter:

M. Hansen

M. Hansen

Göttingen, den 19.10.43

B 43/W/48
UM 3043

Standschubverbesserung durch Düsenring bei einer Modellluftschraube kleiner Steigung.

Ueber die Verbesserung des Standschubs bei verstellbaren Modellluftschrauben für eine Reihe von Einstellwinkeln wurde bereits von Regenscheit [1] eine Untersuchung angestellt. Bei kleinen Einstellwinkeln konnte für solche Schrauben eine Verbesserung bis zu 50% des Schubs ohne Mantel erzielt werden, wobei der Mantel nur eine Tiefe von nicht ganz 0,3 D besass und die Schraubenebene sich etwa 0,05 D vom Ende des Mantels entfernt befand. Da bei den Verstellschrauben für kleine Einstellwinkel mit schlechtem Arbeiten bei der Standschuberzeugung von vornehmerein zu rechnen ist, konnte infolge der mittels Ring hervorgerufenen Zusatzgeschwindigkeit in der Schraubenebene eine erhebliche Verbesserung gerade beim Standschub ohne weiteres erwartet werden. Aus den gefundenen Ergebnissen liess sich jedoch kein Schluss ziehen auf die Verbesserung, die ein Düsenring bei einer im Stand bereits gut arbeitenden Schraube erzielen würde. Es wurde deshalb eine Untersuchung an einer Schraube kleiner Steigung mit Düsenring vorgenommen, für welche bereits eine Messung ohne Ring vorlag. Die Ergebnisse lassen sich bei allen durch Luftschaube angetriebenen Fahrzeugen anwenden, welche sich im Vergleich zum Flugzeug langsam fortbewegen, also z.B. bei Bodenfahrzeugen wie Propellerschlitten oder bei Wasserfahrzeugen, für die aus irgend einem Grunde Schiffsschrauben- oder Radantrieb nicht in Frage kommt.

Für die Messung wurde eine vorhandene Schraube mit einem Durchmesser $D = 290 \text{ Ø}$ ausgewählt. Sie besass zwei feste Blätter, über deren Gestaltung in Form von Dicke d/l , Blattbreite l/D und Steigungswinkel β Bild 1 Auskunft gibt. Die Schraube ist entworfen für den niedrigen Fortschrittsgrad $\lambda = 0,12$. Günstiges Verhalten beim Standlauf ist deshalb zu erwarten. Der Standschubgütegrad

$$\zeta = \frac{k_s}{(2 k_l)^{2/3}},$$

welcher die Annäherung der Schraubenbeiwerte an das theoretisch erreichbare Höchstmass angibt, beträgt nach der Messung ohne Ring 0,765 und erreicht damit einen bei einer derartig kleinen Modellschraube verhältnismässig günstigen Wert.

Die Schraube wurde mit zwei besonders für den Betriebszustand $\lambda = 0$ bestimmten Düsenmänteln untersucht. Gegenüber den von Regenscheit benutzten Mänteln ist das verwendete Profil dicker ($0,1 D$ gegen rd. $0,05 D$ bei Regenscheit), um den Einlauf besonders gut abrunden zu können und damit die bei der Schraube ohne Ring beobachtete schlechte Zuströmung am Rande des Schraubenkreises zu verbessern. Außerdem ist der Mantel im Bereich hinter der Schraubenebene beträchtlich länger ausgeführt, um die ohne oder bei kurzem Mantel entstehende starke Einschnürung des Abstroms zu vermeiden. Auf diese Weise entstand die Form der Um-Mantelung nach Bild 2. Die Gesamtlänge des Mantels beträgt $0,5 D$. Die Schraubenebene liegt vorne $0,15 D$ vom vordersten Düsenpunkt entfernt. Die beiden untersuchten Mantel unterscheiden sich nur durch die Erweiterung im Auslaufteil des Mantels hinter der Schraubenebene. Mantel I erweitert sich nur wenig gegenüber dem Schraubenkreis, Mantel II stärker. Das Verhältnis der Austrittfläche zur Schraubenfläche beträgt 1,12 bzw. 1,47. Zwischen Schraube und Mantel war dabei ein Spalt von 1mm vorhanden. Die Flächenerweiterung am Mantel selbst beträgt also 1,10 bzw. 1,44.

Die Versuchsanordnung wurde so getroffen, dass der an der Düse wirkende Schub getrennt vom eigentlichen Schraubenschub ermittelt werden konnte. Zu diesem Zwecke war die Schraube mit einer Wellenverlängerung an der Propellerwaage des Kanals IV (1,25 m Düsendurchmesser) angebaut. Mit dieser wurde gemessen das Drehmoment M und der Schraubenschub S_{Schr} . Der Düsenring wurde an der vorhandenen Windkanalwaage mittels zweier seitlich herausragenden Stummel aufgehängt und auf diese Weise der Mantelschub S_M ermittelt. Der Gesamtsehub S beträgt $S_M + S_{\text{Schr}}$. Die Drehzahl wurde durch einen am Antriebsmotor angebrachten elektrischen Geber gemessen. Bei der Messung wurde nicht nur der Standschub, sondern der gesamte Bereich des Fortschrittgrades bis zum Nullschub in der üblichen Weise durch Änderung der Windgeschwindigkeit bei fest eingestellter Drehzahl erfasst. Eine Berücksichtigung des Drahtwiderstandes war nur beim Mantelschub und hierfür auch nur für die Betriebszustände $\lambda \geq 0$ erforderlich.

Die folgenden Schaubilder zeigen die Beiwerte

$$k_S = \frac{S}{\rho/2 \cdot U^2 F} \quad \text{und} \quad k_l = \frac{L}{\rho/2 \cdot U^3 F} \quad \text{mit} \quad F = \frac{\pi D^2}{4}$$

und $U = R\omega$ = Umfangsgeschwindigkeit, sowie den Wirkungsgrad $\eta = \lambda \frac{k_s}{k_l}$ mit λ = Fortschrittsgrad $\frac{v}{U}$. Zum Vergleich sind die Ergebnisse der früheren Messung ohne Mantel und bei k_s noch der Mantelschub getrennt dazu gezeichnet. Für $\lambda = 0$ wurde der Standschubgütegrad ausgewertet und in der folgenden Tabelle unter Angabe der Steigerung gegenüber der Schraube ohne Mantel zusammengestellt. Es ist zu beachten, dass ζ für die ummantelte Schraube nicht ohne weiteres als Gütegrad angesehen werden kann und nur für den Vergleich mit der Normalschraube gedacht ist. Eine Steigerung von ζ bei der Mantelschraube über eins hinaus braucht deshalb nicht zu stören.

Tabelle

Versuchsanordnung	ζ	Verhältnismässige Steigerung
ohne Mantel	0,765	1,00
mit " I	1,086	1,42
" " II	0,890	1,16

Bei der gewählten Form der Manteldüse ergibt sich also bei geringer Erweiterung eine recht beträchtliche Steigerung des Standschubs bei gleicher Leistung. Auch bei dem Mantel mit grosser Erweiterung im Diffusorteil ist die Verbesserung noch erheblich. Wie der Vergleich der Wirkungsgrade für Fortschrittsgrade $\lambda > 0$ auf Bild 5 zeigt, ist ausserdem η bei kleinem Fortschrittsgrad nicht schlechter als bei der Schraube ohne Mantel.

Abschliessend sei kurz erwähnt, was bisher theoretisch zu der Anordnung einer Schraube in einem Düsenmantel beim Standlauf bekannt ist. Weinig geht in dem Abschnitt Düenschraube seines Buches auf den Standlauf ein [2]. Nach Aufstellung der Formeln für den Mantelschub, Schraubenschub und Leistung errechnet er formal einen theoretischen Standschubgütegrad nach der für die Schraube im Stand ohne Mantel aufgestellten Beziehung

$$\zeta = \frac{k_s}{(2 k_l)^{2/3}} = 2^{1/3} \cdot \left[\frac{F_\infty}{F} \right]^{1/3} = 1,26 \left[\frac{F_\infty}{F} \right]^{1/3}$$

Als Bezugsfläche ist hierbei die Schraubenfläche F benutzt. F_∞ ist der Querschnitt des abströmenden Strahls weit hinter dem Ring.

Nach der Betrachtungsweise von Küchemann - Weber [3] ergibt sich für den Standschubgütegrad die Beziehung

$$\zeta = (1 + \delta')^{1/3}, \text{ worin } \delta' = \frac{w_{aR}}{0,5 w_{ap}} \text{ die zusätzlich durch}$$

den Ring erzeugte Geschwindigkeit w_{aR} bezogen auf die ohne Ring in der Schraubenebene herrschende Geschwindigkeit $0,5 w_{ap}$ ist.

Setzt man die Formeln für ζ nach Weinig und Küchemann - Weber einander gleich, so ergibt sich $1 + \delta' = 2 \frac{F_\infty}{F}$.

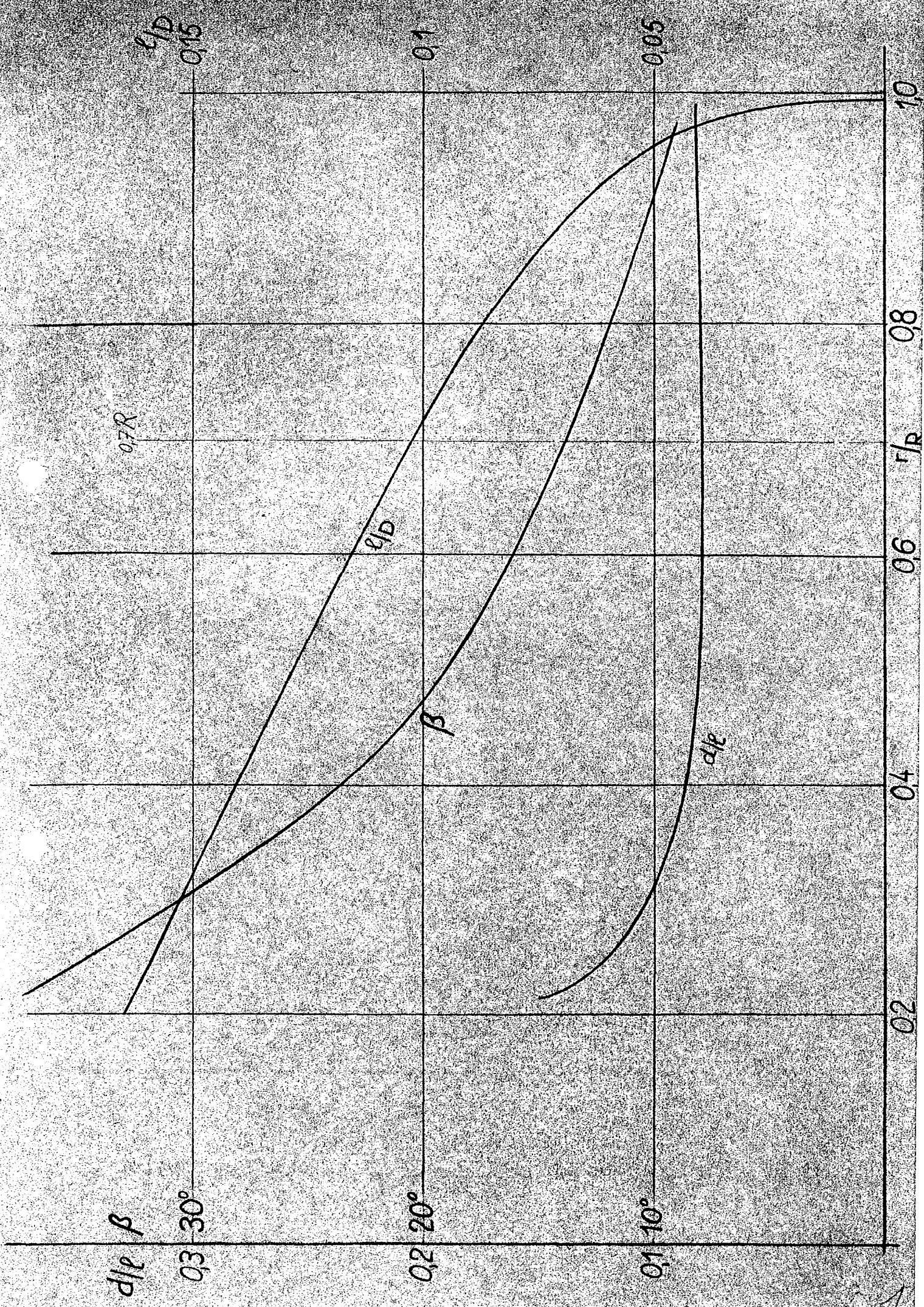
In [3] ist nun für den Standlauf eine Beziehung angegeben

$$\overline{k}'_S / k'_S = 1 + \delta',$$

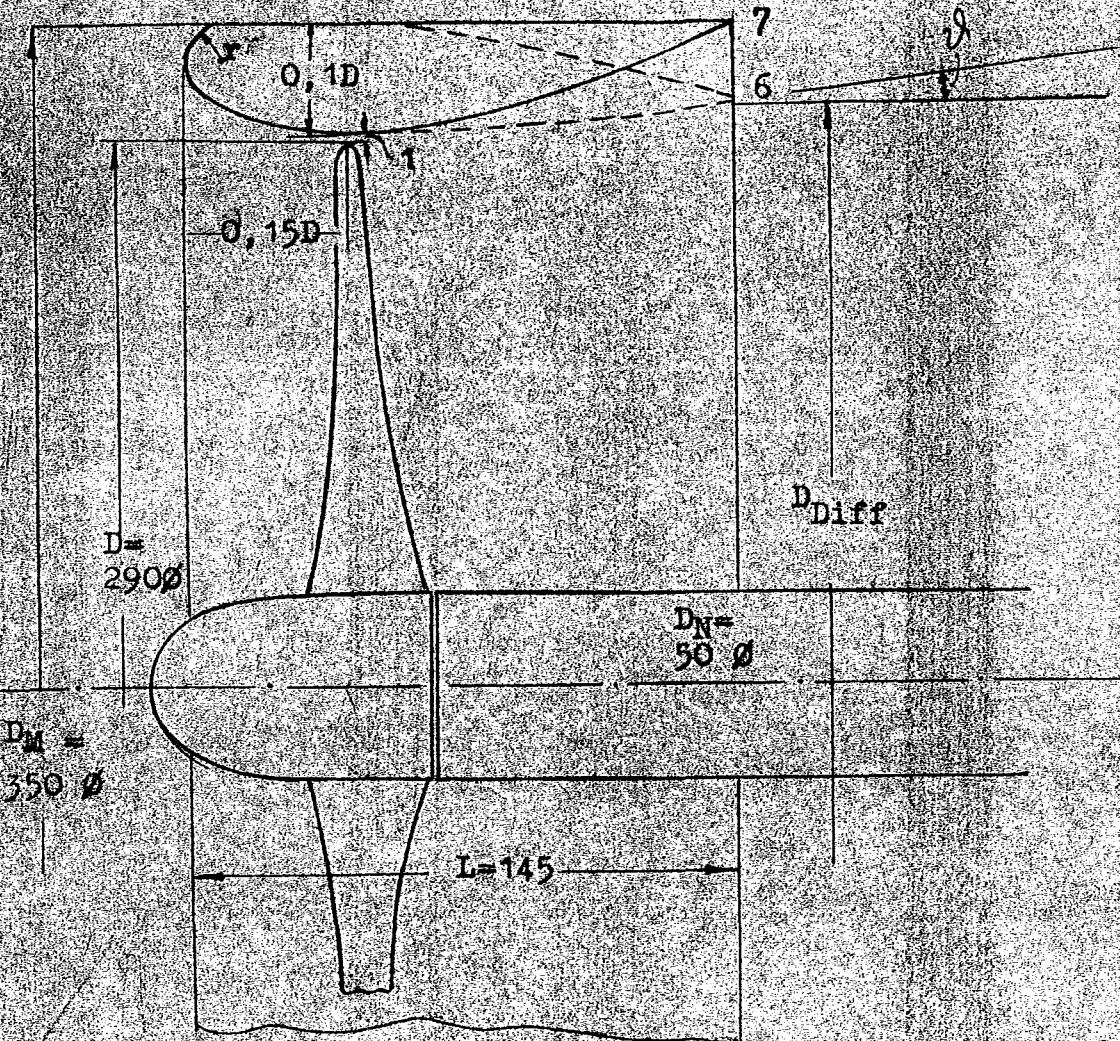
worin \overline{k}'_S = Gesamtschubbeiwert der Anordnung Schraube und Ring und k'_S = Schubbeiwert der Schraube allein bei Anordnung im Ring. Da im vorliegenden Falle die getrennte Messung erfolgte, so kann δ' berechnet werden. Es ergibt sich $1 + \delta' = 1,83$ und damit $F_\infty/F = 0,915$, was also noch auf eine Kontraktion des Schraubenstrahls auf 0,96 D schliessen lässt.

Schrifttum.

- [1] Regenscheit, Standschubmessung an zwei ummantelten Luftschauben, UM 681, 1942.
- [2] Weinig, Aerodynamik der Luftschaube, S323-331 Berlin, Verlag Springer 1940.
- [3] Küchemann-Weber, Die Mantelschraube, VII. Mittgl. über die Strömung an ringförmigen Verkleidungen, FB Nr. 1236/7, 1942.



Nasenradius $r = 0,04 D$



Zweiflügelige Luftschaube mit Mantel

Schraubendurchmesser $D = 290 \text{ } \varnothing$

$$\frac{D_N}{D} = 0,17$$

Naben- " $D_N = 50 \text{ } \varnothing$

$$\frac{D_M}{D} = 1,20$$

Mantel- " $D_M = 350 \text{ } \varnothing$

Mantel	L	L/D	D_{Diff}	D_{Diff}/D	Diffusor- erweiterung
6	145	0,5	307	1,06	1,12
7	"	"	350	1,21	1,47

Zweite Stufe - T-Schall

mit festen Blättern

1000ks

U = 195

180

Ohne Mantel

170

Mit

160

$\lambda = 0$

$$\zeta = \frac{k_s}{(2\lambda)^{1/3}} = 0,765^\circ$$

1,086

0,89

k_{SM}

0,04 0,08

0,12

0,16

0,20

0,24

Zweiflügelige Luftschaube

mit festen Blättern

$$D = 200 \varphi$$

Ohne Mantel $U = 165 \text{ m/s}$
Mit " $I - II$ $U = 182 \text{ m/s}$
" $II - III$ $U = 190 \text{ m/s}$

