

Kennzahlereinfluss bei einer Modellluftschraubenmessung.
(Vorläufiger Bericht)

Übersicht: An einer Modellluftschraube grosser Steigung wurden Windkanalmessungen bei verschiedenen Reynoldsschen Zahlen vorgenommen, wobei sich ein beträchtlicher Einfluss dieser Kennzahl ergab.

Der Bericht umfasst:
5 Seiten Text und
8 Abbildungen.

AERODYNAMISCHE VERSUCHSANSTALT GÖTTINGEN E.V.

Institut für theoretische Aerodynamik.

Der Leiter:

Alb. Betz

Alb. Betz

Die Bearbeiter:

D. Kuchemann J. Weber

D. Kuchemann J. Weber

Bezeichnungen:

r	radiale Koordinate
R	Schraubenhalbmesser
l	Profiltiefe
d	Profildicke
ψ	Steigungswinkel, auf die Profilsehne bezogen
$H = 2\pi r \operatorname{tg} \psi$	Steigung
v	Anblasgeschwindigkeit
u	Umfangsgeschwindigkeit
$w = \sqrt{u^2 + v^2}$	resultierende Geschwindigkeit
$\lambda = v/u$	Fortschrittsgrad
S	Schub
L	Drehleistung
$k_s = \frac{S}{\frac{1}{2} u^2 \pi R^2}$	Schubbeiwert
$k_L = \frac{L}{\frac{1}{2} u^3 \pi R^2}$	Leistungsbeiwert
$\eta = \frac{k_s}{k_L} \cdot \lambda$	Wirkungsgrad
$Re = \frac{w^{0.7} l^{0.7}}{\nu}$	Reynoldssche Zahl

Bei einigen, in einem anderen Zusammenhang vorgenommenen Windkanalmessungen an Modellluftschrauben zeigte sich ein bemerkenswerter Kennzahlameinfluss, der im folgenden als Tatbestand im wesentlichen ohne Kommentar wiedergegeben werden soll, da die aufgetretenen Schwierigkeiten für Modellmessungen an Luftschrauben grosser Steigung kennzeichnend sind.

Die untersuchte Luftschraube besass drei Blätter und sollte bei dem Fortschrittsgrad 1 mit ihrem besten Wirkungsgrad arbeiten. Abb. 1 zeigt eine Uebersichtsskizze. Der Steigungswinkel ψ war dem Fortschrittsgrad entsprechend gross und betrug bei $r = 0,7 R$ etwa 60° ($H_{0,7} / 2R = 5,4$). Die Profile waren der NACA Serie 230 entnommen und verhältnismässig dünn gewählt. So war bei $r = 0,7 R$ das Profildickenverhältnis $d/l = 0,11$. Weiter war der Schraubendurchmesser $2R = 0,3$ m und die Blatttiefe $l_{0,7} = 0,027$ m. Die Messungen wurden im neuen Windkanal des KWI (0,7 m x 1 m Freistrah) durchgeführt, wo die maximale Anblasgeschwindigkeit auf etwa 42 m beschränkt war. Dadurch ergab sich von vornherein, dass wegen der notwendigen grossen Fortschrittsgrade der Bereich der Reynoldsschen Zahlen (auf die resultierende Geschwindigkeit und die Profiltiefe bei $r = 0,7 R$ bezogen) nicht über $1 \cdot 10^5$ hinaus erweitert werden konnte. Die Versuchsanordnung ist aus Abb. 2 zu ersehen. Die Messgenauigkeit der Waage betrug etwa ± 1 bis 2 g beim Schub und ± 20 bis 30 cmg beim Drehmoment.

Die Versuche wurden mit verschiedenen Schraubendrehzahlen durchgeführt, wobei bei jeder Messreihe die Drehzahl konstant gehalten und bei steigendem Fortschrittsgrad gemessen wurde. Abb. 3, 4 und 5 zeigen die Ergebnisse bei 6 verschiedenen Messreihen. Der Kennzahleinfluss ist bemerkenswert gross, was zum wesentlichen Teil auf die Aenderung der Schubbeiwerte zurückzuführen ist. Ueberraschend ist jedoch, dass der Wirkungsgrad mit wachsender Reynoldsscher Zahl beträchtlich abnimmt, im Gegensatz zu den wenigen bisher bekannten Messungen von F. G u t s c h e

¹⁾ F. Gutsche: Kennwerteeinflüsse bei Schiffsschrauben-Modellversuchen. Jahrb. d. Schiffbautechn. Ges. 37, 277, 1936.

und B. Dirksen²⁾, wo der Wirkungsgrad mit zunehmender Reynoldsscher Zahl besser wird. Man kann aus den Ergebnissen von Abb. 3 bis 5 herauslesen, dass der Wirkungsgrad mit der Reynoldsschen Zahl ein Minimum durchläuft. Eine Erklärung für dieses Verhalten könnte man möglicherweise finden, wenn man bedenkt, dass bei Schrauben mit einer derartig grossen Steigung der Profilwiderstand der Blätter zum grossen Teil in den Schub eingeht. Man müsste dazu weiter annehmen, dass bei den vorliegenden Profilen die Grenzschicht bei gewissen Reynoldsschen Zahlen über einen grossen Bereich der Oberfläche laminar ist, ohne wesentlich abzulösen, wodurch der Profilwiderstand infolge einer geringen Oberflächenreibung besonders klein wird und die aussergewöhnlich guten Wirkungsgrade bei den kleinen Reynoldsschen Zahlen ermöglicht.

Die Schraube war so entworfen, dass sie ihren maximalen Wirkungsgrad bei einem c_a der einzelnen Blattschnitte von etwa 0,4 hat. Es ist daher unwahrscheinlich, dass der Kennzahleinfluss auf verschiedenes Verhalten am Auftriebsmaximum zurückzuführen ist. Um diesen Punkt noch weiter zu klären, wurden bei ein und derselben Drehzahl Messreihen bei steigendem und bei fallendem Fortschrittsgrad vorgenommen. Die Ergebnisse, die in den Abb. 6 bis 8 aufgetragen sind, reproduzieren sich dann in dem Gebiet mit abgerissener Schraubenströmung nicht genau, zeigen andererseits aber keine systematischen Unterschiede in den verschiedenen Messverfahren^e.

²⁾ B. Dirksen: Systematische Windkanalmessungen an einer Modell-Luftschraubenserie. Jahrb. 1938 d. d. Luftfahrtforsch. I, 371.

Wenn auch eine ausreichende Erklärung der Strömungsverhältnisse auf Grund dieser einzelnen Messung nicht gegeben werden kann, so zeigen die Versuche doch, dass der Einfluss der Reynoldsschen Zahl bei Modellversuchen an Schnellflugschrauben keinesfalls übersehen werden darf, wenn die Uebertragbarkeit der Ergebnisse auf die Grossausführung einigermaßen gesichert sein soll. Bei der vorliegenden Modellschraube und Messeinrichtung ist jedenfalls wegen des Kennzahleinflusses eine solche Uebertragung ausgeschlossen.

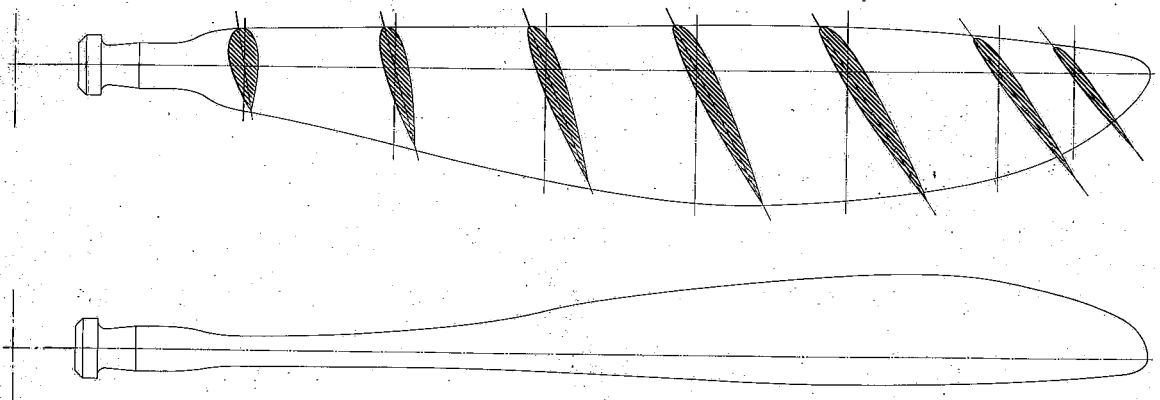


Abb. 1