

## VERGLEICHSMESSUNGEN AN PROPELLERN

### 1. Einleitung und Versuchsbeschreibung

Bei den Vergleichsmessungen handelt es sich um Schub- und Drehmomentmessungen an Luftschrauben der Größen 20 X 8" bzw. 20 X 10" im Windkanalversuchsstand der FH Trier.

Als Versuchsobjekte wurden Luftschrauben der Fabrikate **MENZ-S PROP** und **GLASNER PROPELLER** herangezogen.

Die Messungen wurden im 'Betriebszustand' durchgeführt, dh. die mittlere Windgeschwindigkeit in Kanal betrug etwa  $36 \frac{m}{s}$  (129 km/h) und der Drehzahlbereich lag zwischen etwa 5500 und  $8200 \text{ min}^{-1}$ .

Dieser Betriebsbereich stellt für Benzinmotoren von 30 bis 40 ccm, für die die og. Propellergrößen Verwendung finden, den oberen Teillast- bzw. Vollastbereich dar.

Durch Simulieren des Betriebszustandes im Windkanal ist es möglich, das tatsächliche Leistungsvermögen einer Luftschraube zu beschreiben.

Standschubmessungen, die ohne 'Anblasen' der Luftschraube durchgeführt werden, sind völlig nichtssagend in bezug auf den Betriebswirkungsgrad  $\eta_B$  und somit auf das tatsächliche Leistungsvermögen eines Propellers.

## 2. Beschreibung des aufgenommenen Meßdiagrammes

Es wurden insgesamt acht Messungen durchgeführt.

Zu jeder Luftschraube wurde die Schubkraft und das Drehmoment über der Drehzahl aufgenommen.

Die Abszisse (waagerechte Achse) des Diagramms bezeichnet die Drehzahl  $n$  in Umdrehungen pro Minute ( $\text{min}^{-1}$ ).

Die Ordinate (senkrechte Achse) ist in zwei Achsen aufgeteilt; die Schubkraft  $F_s$  in Newton (N) und das Drehmoment  $M_D$  in Newtonmeter (Nm) .

Die Schubkraft wird durch schwarze, das Drehmoment wird durch blaue Graphen dargestellt.

Auffallend ist, daß Schubkraft und Drehmoment erst ab bestimmten Drehzahlen positive Werte annehmen.

Bei näherer Überlegung leuchtet dies jedoch unmittelbar ein:

Man muß beachten, daß die Messungen nicht im Stand, sondern wie bereits erwähnt im 'Flugzustand' durchgeführt wurden.

Positive Schubkraft- bzw. Drehmomentwerte kann die Luftschraube bei einer gegebenen Anblasgeschwindigkeit erst liefern, wenn die von der sich drehenden Luftschraube erzeugte Windgeschwindigkeit größer ist, als die Anblasgeschwindigkeit.

Negative Werte konnten mit dem Versuchsstand nicht gemessen werden und sind auch nicht von Bedeutung.

Zum besseren Verständnis sind die zugehörigen Graphen eines jeden Propeller-types direkt benannt und zusätzlich mit Nummern versehen.

- 1a : Schubkraft **MENZ-S PROP 20 X 10"**
- 1b : Drehmoment **MENZ-S PROP 20 X 10"**
- 2a : Schubkraft **GLASNER PROPELLER 20 X 10"**
- 2b : Drehmoment **GLASNER PROPELLER 20 X 10"**
- 3a : Schubkraft **MENZ-S PROP 20 X 8"**
- 3b : Drehmoment **MENZ-S PROP 20 X 8"**
- 4a : Schubkraft **GLASNER PROPELLER 20 X 8"**
- 4b : Drehmoment **GLASNER PROPELLER 20 X 8"**

### 3. Berechnungen

Bekanntlich lautet die Formel zur Berechnung eines Wirkungsgrades  $\eta$  :

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

mit:  $P_{ab}$  - abgeführte Leistung in (Watt)  
 $P_{zu}$  - zugeführte Leistung in (Watt)

Analog lautet die Gleichung zur Berechnung des Betriebs-Wirkungsgrades  $\eta_B$  eines Propellers in Abhängigkeit der Drehzahl:

$$\eta_B = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{F_S * c_W}{M_d * \omega}$$

mit:  $F_S$  - Schubkraft des Propellers in Newton (N)  
 $c_W$  - Anblasgeschwindigkeit im Windkanal in Meter pro Sekunde ( $m/s$ )  
 $M_d$  - Drehmoment in Newtonmeter (Nm)  
 $\omega$  - Winkelgeschwindigkeit des Propellers in ( $s^{-1}$ )

$$\omega = \frac{2 * \pi * n}{60}$$

mit:  $n$  - Drehzahl in ( $min^{-1}$ )

#### **Bemerkung:**

Die Verlustleistung des Motors  $P_v$  kann in dem Drehzahlbereich von 5000 bis 9000  $min^{-1}$  mit gutem Gewissen vernachlässigt werden. Sie wurde ermittelt und beträgt nur etwa 10 bis 15 Watt.

### 3.1 Beispiel

Als Beispiel betrachten wir den GLASNER PROPELLER 20 X 10" bei einer Drehzahl von  $7000 \text{ min}^{-1}$ :

Aus dem Diagramm ergibt sich bei der Drehzahl  $n = 7000 \text{ min}^{-1}$  :

- Schubkraft  $F_s = 26 \text{ N}$  (Mittelwert wegen stark streuender Kurve)
- Drehmoment  $M_d = 1,6 \text{ Nm}$

Die Anblasgeschwindigkeit  $C_W$  ist bekanntlich  $36 \text{ m/s}$ .

Wir rechnen zunächst den Wert der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  aus:

$$\omega = \frac{2 * \pi * 7000}{60} = \underline{\underline{733,038 \text{ s}^{-1}}}$$

Schließlich rechnen wir  $\eta_B$  aus:

$$\eta_B = \frac{26 * 36}{1,6 * 733,038} = \underline{\underline{0,798}}$$

**Einfluß der Verlustleistung auf den Betriebs-Wirkungsgrad  $\eta_B$ :**

Die Verlustleistung  $P_v$  muß zur zugeführten Leistung addiert werden.

Es ergibt sich also eine neue größere zugeführte Leistung von:

$$\begin{aligned} P_{zu} &= M_d * \omega + P_v \\ &= 1,6 * (2 * \pi * 7000 / 60) + 10 \text{ Watt} \\ &= 1172,86 \text{ Watt} + 10 \text{ Watt} \\ P_{zu} &= \underline{\underline{1182,86 \text{ Watt}}} \end{aligned}$$

Damit ergibt sich als neuer Wert für  $\eta_B$ :

$$\eta_B = \frac{26 * 36}{1182,86} = \underline{\underline{0,791}}$$

#### 4. Tabellen

##### **GLASNER PROPELLER 20 X 8"**

<b>n</b> (min <sup>-1</sup> )	<b>F<sub>s</sub></b> (N)	<b>M<sub>d</sub></b> (Nm)	<b>C<sub>w</sub></b> (m/s)	<b>ω</b> (s <sup>-1</sup> )	<b>η<sub>B</sub></b>
6000	-	0,175	36	628,318	0,000
6500	-	0,475	36	680,678	0,000
7000	2	0,825	36	733,038	0,119
7500	11,75	1,175	36	785,398	0,458
8000	23	1,525	36	837,758	0,648

##### **GLASNER PROPELLER 20 X 10"**

<b>n</b> (min <sup>-1</sup> )	<b>F<sub>s</sub></b> (N)	<b>M<sub>d</sub></b> (Nm)	<b>C<sub>w</sub></b> (m/s)	<b>ω</b> (s <sup>-1</sup> )	<b>η<sub>B</sub></b>
6000	1,0	0,6	36	628,318	0,095
6500	13	1,075	36	680,678	0,639
7000	26	1,6	36	733,038	0,798
7500	38,75	2,1	36	785,398	0,845
8000	52,25	2,6	36	837,758	0,863

**MENZ-S PROP 20 X 8"**

<b>n</b> (min <sup>-1</sup> )	<b>F<sub>s</sub></b> (N)	<b>M<sub>d</sub></b> (Nm)	<b>C<sub>w</sub></b> (m/s)	<b>ω</b> (s <sup>-1</sup> )	<b>η<sub>B</sub></b>
6000	-	-	36	628,318	-
6500	-	0,075	36	680,678	0,000
7000	-	0,375	36	733,038	0,000
7500	4,0	0,75	36	785,398	0,244
8000	15,25	1,1	36	837,758	0,595

**MENZ-S PROP 20 X 10"**

<b>n</b> (min <sup>-1</sup> )	<b>F<sub>s</sub></b> (N)	<b>M<sub>d</sub></b> (Nm)	<b>C<sub>w</sub></b> (m/s)	<b>ω</b> (s <sup>-1</sup> )	<b>η<sub>B</sub></b>
6000	-	0,35	36	628,318	0,000
6500	4,5	0,8	36	680,678	0,297
7000	18,0	1,225	36	733,038	0,721
7500	30,25	1,675	36	785,398	0,827
8000	44,25	2,15	36	837,758	0,884

## 5. Fazit, Schlußbetrachtung

Zunächst sei noch einmal darauf hingewiesen, daß die Messungen weder auf den gesamten Drehzahlbereich eines entsprechenden Benzinmotors, noch auf den gesamten Geschwindigkeitsbereich eines entsprechenden Modellflugzeuges einen Aussagewert über den Betriebs-Wirkungsgrad der Luftschrauben liefern.

Vielmehr beziehen sich die Messungen, wie bereits erwähnt, auf den Bereich der maximalen Motordrehzahl und maximalen Fluggeschwindigkeit eines entsprechend großen Flugmodells.

Dieser Vollastbereich ist jedoch für den Modellflieger von ausschlaggebender Bedeutung, da hier mit verhältnismäßig einfachen Mitteln Aussagen über den 'Stand Schub' einer Luftschraube gemacht werden können.

Leider ist dieser Stand Schub fälschlicherweise immer noch für viele Modellflieger die entscheidende Meßgröße zur Beurteilung der Güte einer Luftschraube.

Als grundlegendes Ergebnis dieses Versuches läßt sich sagen, daß die GLASNER PROPELLER fast über den gesamten gemessenen Drehzahlbereich eine höhere Schubleistung, und somit einen höheren Betriebs-Wirkungsgrad erbringen.

Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß der theoretische Steigungsverlauf über den Durchmesser einer Luftschraube bei dem GLASNER PROPELLER exakt eingehalten wurde. Desweiteren ist das Propellerblatt-Profil als tragendes Profil ausgelegt (vergleichbar mit einem Clark-Y Profil), während die MENZ-S PROP's ein halbrundes Profil an der Blattoberseite aufweisen.

Neben Schub- und Drehmomentmessungen stehen an dem Windkanal-Versuchsstand der FH Trier weitere Möglichkeiten zum Erfassen von Propeller-Kennwerten zur Verfügung. So können neben Schalleistungsmessungen auch Gleichförmigkeitsmessungen des Druckverlaufes über die Propellerblattlänge durchgeführt werden. Diese dienen zum Erkennen, ob beide Propellerblätter den gleichen Schub liefern, oder ob eines mehr Schubleistung erbringt als das andere.

Die interessanten Ergebnisse dieses Versuches geben dazu Anlaß, den GLASNER PROPELLER weiter meßtechnisch zu erfassen und es darf dem Hersteller Peter Glasner zu dieser gelungenen Konstruktion gratuliert werden.

*Peter Glasner*