

Versuch P1-24

Aeromechanik

Vorbereitung

Gruppe Mo-19
Yannick Augenstein

Inhaltsverzeichnis

Einführung	2
Demonstrationsversuche	2
D.1 Druckmessung parallel und senkrecht	2
D.2 Druckabhängigkeit der Windgeschwindigkeit	2
D.3 Venturirohr	3
D.4 Aerodynamisches Paradoxon	3
Aufgabe 1	3
1.1 Homogenität des Luftstroms	3
1.2 Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Motorstrom	3
Aufgabe 2	3
2.1 Rücktrieb und Stirnfläche	3
2.2 Rücktrieb und Strömungsgeschwindigkeit	4
2.3 Rücktrieb und Körperform sowie Oberflächenbeschaffenheit	4
Aufgabe 3	4
3.1 Auftrieb	4
3.2 Druck an den Tragflächen	4

Einführung

In der Versuchsreihe zur Aeromechanik geht es darum zu untersuchen, wie Körper, die schwerer als Luft sind, fliegen können. Es sollen zunächst einige aeromechanische Gesetzmäßigkeiten untersucht und verifiziert werden. In abgeschlossenen Systemen gilt die Bernoulli-Gleichung:

$$p + p_d = p_0 = k \quad \text{mit} \quad p_d = \frac{\rho}{2} \cdot u^2 \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet ρ die Dichte und u die Geschwindigkeit des Mediums, p_d bezeichnet den dynamischen bzw. den Staudruck. k bezeichnet eine Konstante. Diese Gleichung sagt aus, dass der statische Druck sinkt, wenn die Strömungsgeschwindigkeit des Medium erhöht wird. In offenen Systemen kann sich der Gesamtdruck zwischen Luftstrahl und unbewegter Luft unterscheiden, normalerweise ist hier jedoch der statische Druck konstant. Zur Berechnung der Strömungsgeschwindigkeit kann man oft die Kontinuitätsgleichung verwenden:

$$A_1 \cdot u_1 \cdot \rho = A_2 \cdot u_2 \cdot \rho \quad (2)$$

Wobei $A_{1/2}$ die Querschnittsfläche (z.B. eines Rohres, durch das die Luft strömt) ist. Da der Druck bei einem inkompressiblen Medium konstant ist, kann man diesen aus obiger Gleichung herauskürzen. Die Gesamtkraft, die auf einen Körper wirkt, lässt sich mit Hilfe des formabhängigen Widerstandbeiwerts c_w berechnen:

$$F = c_w \cdot p_d \cdot A \quad (3)$$

Demonstrationsversuche

D.1 Druckmessung parallel und senkrecht

Wir stellen den Motorstrom der Windmaschine auf $I = 1 \text{ A}$ und beobachten die Manometeranzeige der Scheibensonde. Es ist zu erwarten, dass der Druck auf der Scheibe bei senkrechter Ausrichtung höher ist.

D.2 Druckabhängigkeit der Windgeschwindigkeit

Wir wiederholen die Messung aus Unterabschnitt D.1 mit einer Rohrsonde und variieren nun die Windgeschwindigkeit. Es ist zu erwarten, dass der statische Druck konstant bleibt, da dieser sich mit dem Umgebungsdruck ausgleicht. Allerdings müsste der Gesamtdruck zunehmen, da der dynamische Druck von der Windgeschwindigkeit abhängt. Hält man die Rohrsonde senkrecht zum Luftstrom, sollte man den statischen Druck messen können, parallel dazu den Gesamtdruck.

D.3 Venturirohr

Wir messen den Verlauf des statischen Drucks innerhalb eines Venturirohrs. Ein Venturirohr ist ein Rohr mit einer Verengung in der Mitte. Zu erwarten ist ein Überdruck am Anfang des Venturirohrs, Unterdruck in der Verengung und ein mit dem Umgebungsdruck ausgeglichener Druck am Ende des Rohrs.

D.4 Aerodynamisches Paradoxon

Wir beobachten den Druckverlauf zwischen zwei eng aneinander liegenden Platten, zwischen denen die Luft vom Mittelpunkt aus radial nach außen strömt. Wir erwarten in der Mitte der Scheibe einen Unterdruck wegen der dort schnell strömenden Luft. Durch diesen werden die Platten aneinandergezogen statt abgestoßen.

Aufgabe 1

1.1 Homogenität des Luftstroms

Wir sollen in diesem Versuch den Staudruck an mehrere Stellen im Luftstrom bestimmen. Das Ziel dieses Versuchs ist es, einen Bereich (im Luftstrom) zu finden, in dem die Luftgeschwindigkeit konstant ist. Alle Folgeversuche werden in diesem Bereich durchgeführt. Dabei ist darauf zu achten, dass dieser Bereich nicht zu nahe an der Düse liegen sollte (Verwirbelungen), andererseits sollte er auch nicht zu weit von dieser entfernt sein, da sonst der Geschwindigkeitsabfall zu groß wäre.

1.2 Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Motorstrom

Für die folgenden Versuche müssen wir die Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit vom Motorstrom kennen. Diese Abhängigkeit bestimmen wir, indem wir den Staudruck messen. Aus diesem kann dann die Winkelgeschwindigkeit berechnet werden. Wir erwarten, dass $\omega = k \cdot I^m$, also müssen wir nur den Exponenten m bestimmen. Die Beziehung lässt sich umformen zu $\ln(\omega) = \ln(k) + m \cdot \ln(I)$. Tragen wir nun $\ln(\omega)$ über $\ln(I)$ auf und bestimmen mittels linearer Regression eine passende Gerade aus unseren Messwerten, so ist m die Steigung dieser Geraden.

Aufgabe 2

2.1 Rücktrieb und Stirnfläche

Nun sollen wir den Strömungswiderstand von drei verschiedenen großen Kreisscheiben bei konstanter Strömungsgeschwindigkeit messen. Die Ergebnisse dieser Messung müssen wahrscheinlich noch um den Strömungswiderstand des Haltestiels korrigiert werden. Auf Grund

der in der Einführung besprochenen Zusammenhänge erwarten wir hier, dass sich die Kraft proportional zur Querschnittsfläche verhält.

2.2 Rücktrieb und Strömungsgeschwindigkeit

Nun messen wir die Abhängigkeit des Strömungswiderstands vom Staudruck bei der kleinen Scheibe. Aus dem Staudruck können wir die Strömungsgeschwindigkeit errechnen. Es ist ein linearer Zusammenhang zwischen Rücktrieb und Staudruck zu erwarten.

2.3 Rücktrieb und Körperform sowie Oberflächenbeschaffenheit

Nun soll der Strömungswiderstand von verschiedenen Körpern gemessen werden. Jede Messung wird nach einer 180° Drehung des Körpers wiederholt. Für die unterschiedlichen Körper können wir nun den Proportionalitätsfaktor c_w aus Gleichung 3 bestimmen.

Aufgabe 3

3.1 Auftrieb

In diesem Versuch soll der Auftrieb und der Strömungswiderstand einer ebenen und einer gebogenen Platte in Abhängigkeit vom Anstellwinkel gemessen werden. Die Messwerte sind jeweils über den Anstellwinkel und in ein Polardiagramm einzutragen. Aus dem Polardiagramm soll die günstigste Gleitzahl bestimmt werden. Die Gleitzahl ist das Verhältnis von Strömungswiderstand und Auftrieb. Aus dem Polardiagramm erhalten wir diesen Wert an dem Punkt, dessen Verbindung mit dem Ursprung den größten Winkel (im ersten Quadranten) zur x-Achse bildet. Es ist zu erwarten, dass die Tragfläche bessere Flugeigenschaften als die ebene Platte hat.

3.2 Druck an den Tragflächen

Wir sollen nun (bei konstanter Windgeschwindigkeit) den Druck an mehreren Stellen am Tragflächenmodell in Abhängigkeit vom Anstellwinkel messen. Durch den Verlauf der Druckvektoren sollten wir dann in der Lage sein zu erklären, warum ein Flugzeug, das doch wesentlich schwerer ist als Luft, fliegen kann. Die Druckvektoren stehen immer Senkrecht auf der Tragfläche und haben den Betrag des gemessenen Drucks. Zu erwarten ist, dass an der Oberseite der Tragfläche ein Unterdruck und an der Unterseite ein Überdruck herrscht.

Theoretisch kann man auch die Kraft bestimmen, mit der der Tragflügel nach oben gedrückt wird, in dem man über alle Druckvektoren \vec{p} integriert:

$$\vec{F} = \oint_A \vec{p} dA$$