

Versuchsvorbereitung P1-24: Aeromechanik

Kathrin Ender
Gruppe 10

11. November 2007

Inhaltsverzeichnis

0 Grundlagen	2
D Demonstrationsversuche	2
D.1 Druckabhängigkeit von der Windgeschwindigkeit	2
D.2 Venturirohr	3
D.3 Aerodynamisches Paradoxon	3
1 Aufgabe 1	3
1.1 Ortsunabhängige Windgeschwindigkeit	3
1.2 Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Motorstrom	3
2 Aufgabe 2	3
2.1 Rücktrieb und Strinfläche	3
2.2 Rücktrieb und Strömungsgeschwindigkeit	4
2.3 Rücktrieb und Körperform sowie Oberflächenbeschaffenheit	4
3 Aufgabe 3	4
3.1 Auftrieb und Strömungswiderstand bei unterschiedlichen Anstellwinkeln	4
3.2 Druck an den Tragflächen	4

0 Grundlagen

In diesem Versuch zur Aeromechanik geht es darum zu verstehen, warum Körper die schwerer als Luft sind (also zum Beispiel Flugzeuge) fliegen können.

Dazu muss man zunächst das Verhalten von strömender Luft verstehen. Stellt man sich zum Beispiel eine Engstelle vor die ein Luftstrom passieren muss, so ist ersichtlich, dass wenn die gleiche Menge Luft durch die Engstelle strömen soll wie überall sonst, die Luft dort schneller strömen muss. Dies sagt ausgehend von der Inkompressibilität des Mediums die Kontinuitätsgleichung aus:

$$A_1 u_1 = A_2 u_2$$

Nun stellt sich allerdings die Frage durch welche Kraft die Luft beschleunigt wurde. Die Antwort darauf liefert die Bernoullische Gleichung:

$$\underbrace{p}_{\text{statischer Druck}} + \underbrace{\frac{\rho}{2} u^2}_{\text{Staudruck}} = \underbrace{p_0}_{\text{Gesamtdruck}}$$

Der Staudruck ist geschwindigkeitsabhängig. Nimmt also die Windgeschwindigkeit zu und nimmt auch er zu, was zur Folge hat, dass der statische Druck sinken muss, da der Gesamtdruck überall gleich bleiben muss. Der statische Druck ist in Engstellen also geringer als sonst und erzeugt einen Sog. Der Luftstrom wird also durch das Druckgefälle beschleunigt. Der Staudruck, oder auch dynamische Druck wirkt allerdings nur in Strömungsrichtung, während der statische Druck in alle Richtungen wirkt.

Befindet sich ein Körper in einem Luftstrom so wirkt außerdem eine Rücktreibende Kraft auf ihn. Diese Kraft F_w ist proportional zur Stirnfläche des Körpers, gegen die der Luftstrom strömt, proportional zur Dichte des umströmenden Mediums und ist abhängig vom Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit.

$$F_w = c_w \cdot \underbrace{\frac{\rho}{2} u^2}_{p_d = \text{dynamischer Druck}} \cdot A$$

c_w ist der sogenannte Widerstandsbeiwert und ist abhängig von der Beschaffenheit des umströmten Körpers.

D Demonstrationsversuche

Druckmessung mit der Scheibensonde

Bei diesem Versuch soll einem klar werden welche der drei Druckarten man mit einer Scheibensonde wie messen kann. Bringt man die Scheibensonde parallel zur Strömungsrichtung an, so müsste der statische Druck gemessen werden, da dieser in alle Richtungen wirkt. Bei einem freien Strahl ist zu erwarten, dass kein Druckunterschied zwischen Umgebungsdruck und statischen Druck angezeigt wird, da sich diese ausgleichen können. Bringt man die Sonde senkrecht zur Strömungsrichtung an, so ist zu erwarten, dass ein Überdruck gemessen wird. Zum statischen Druck kommt nämlich noch der Staudruck (dynamischer Druck) hinzu, der nur in Strömungsrichtung wirkt. Mit der senkrechten Stellung wird also der Gesamtdruck gemessen.

D.1 Druckabhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

Änderet man nun in beiden Stellungen die Windgeschwindigkeit, so ist zu erwarten, dass der statische Druck konstant bleibt, da er sich immer mit dem Umgebungsdruck ausgleicht. Der

Gesamtdruck müsste allerdings zunehmen, da der dynamische Druck von der Windgeschwindigkeit abhängt. Hält man die Rohrsonde senkrecht zum Luftstrom so sollte der statische Druck gemessen werden, parallel dazu der Gesamtdruck.

D.2 Venturirohr

Nun soll der Verlauf des statischen Druckes in einem Venturirohr gemessen werden. Ein Venturirohr ist ein Rohr mit einer Verengung in der Mitte. Zu erwarten ist ein Überdruck am Anfang des Venturirohrs, ein Unterdruck in der Verengung und ein mit dem Umgebungsdruck ausgeglichener Druck am Ende des Rohrs. In der Verengung muss die Luft schneller strömen, damit dieselbe Menge durch sie fließt. Da der Gesamtdruck im ganzen Rohr gleich sein soll und der dynamische Druck sich aufgrund der erhöhten Flußgeschwindigkeit in der Mitte erhöht, muss der statische Druck absinken.

D.3 Aerodynamisches Paradoxon

Es ist der Druckverlauf in radialer Richtung zwischen zwei eng aneinander liegenden Platten, zwischen denen radial Luft nach außen strömt, zu bestimmen. Von der Alltagserfahrung her würde man im ersten Moment erwarten, dass durch den Luftstrom die Platten auseinandergedrückt würden. Tatsächlich ist zu erwarten dass, da der Luftstrom sich nach außen hin ausweiten kann, im Zentrum des Plattenzwischenraums ein Unterdruck entsteht, der radial nach außen hin abnimmt, bis ganz am Plattenrand der Umgebungsdruck erreicht ist. Dieser Unterdruck hätte zur Folge, dass die Platten sich anziehen.

1 Aufgabe 1

1.1 Ortsunabhängige Windgeschwindigkeit

Bei diesem Versuch sollen wir uns davon überzeugen, dass sich ein Bereich bestimmen lässt, in dem die Windgeschwindigkeit nur schwach ortsabhängig ist, damit wir diesen nachher als Messbereich benutzen können. Dafür messen wir den Staudruck an unterschiedlichen Positionen. Den Bereich in dem der Staudruck am konstantesten ist wählen wir als Messbereich. Der Staudruck kann mit einem Prandtl'schen Staurohr gemessen werden.

1.2 Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Motorstrom

Für die folgenden Versuche sollte man die Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit vom Motorstrom kennen. Diese soll bestimmt werden, indem man den Staudruck misst, aus dem die Windgeschwindigkeit berechnet werden kann. Da wir erwarten, dass $v = \text{const.} \cdot I^m$ müssen wir also nur den Exponenten m bestimmen. Dies ist durch eine lineare Regression möglich, wenn man die Beziehung umformt zu $\ln(v) = \ln(\text{const.}) + m \cdot \ln(I)$. Trägt man also $\ln(v)$ gegen $\ln(I)$, so ist der gesuchte Exponent m die Steigung der Geraden.

2 Aufgabe 2

2.1 Rücktrieb und Strinfläche

Es ist die Abhängigkeit des Rücktriebs von der Strinfläche zu bestimmen. Dazu misst man den Strömungswiderstand von drei Kreisscheiben mit unterschiedlichem Radius. Es ist zu

beachten, dass diese Ergebnisse noch um den Strömungswiderstand des Haltestils zu korrigieren sind. Auf Grund der in den Grundlagen erwähnten theoretischen Formel, erwarten wir einen linearen Zusammenhang.

2.2 Rücktrieb und Strömungsgeschwindigkeit

Es ist die Abhängigkeit des Rücktriebs von der Strömungsgeschwindigkeit zu bestimmen. Dazu misst man den Strömungswiderstand der kleinen Kreisscheibe bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten (bzw. bei unterschiedlichen Staudrücken, da dies die messbare Größe ist). Es ist laut Formel aus den Grundlagen ein linearer Zusammenhang zwischen Rücktrieb und Staudruck zu erwarten.

2.3 Rücktrieb und Körperform sowie Oberflächenbeschaffenheit

Nun soll der Strömungswiderstand von verschiedenen Körpern jeweils „normal“ und um 180° gedreht, gemessen werden: Kugel, Halbkugel, Halbkörper mit Spitze, Halbkörper mit Rundung, Stromlinienkörper glatt, Stromlinienkörper rau. Nun kann man für die unterschiedlichen Körper den fehlenden Proportionalitätsfaktor aus der Rücktriebsformel bestimmen. Dieser Proportionalitätsfaktor heißt c_w , Widerstandsbeiwert.

3 Aufgabe 3

3.1 Auftrieb und Strömungswiderstand bei unterschiedlichen Anstellwinkeln

Es soll der Auftrieb und der Strömungswiderstand einer ebenen und einer gebogenen Platte in Abhängigkeit vom Anstellwinkel gemessen werden. Die erhaltenen Messwerte sind jeweils gegen den Anstellwinkel und in ein Polarendiagramm ¹ einzutragen. Aus dem Polarendiagramm soll die günstigste Gleitzahl bestimmt werden. Die Gleitzahl ist das Verhältnis aus Strömungswiderstand und Auftrieb $\epsilon = \frac{F_w}{F_A}$. Für die Flugeigenschaften ist es günstig, wenn die kleinste Gleitzahl sich bei kleinen Anstellwinkeln ergibt.

3.2 Druck an den Tragflächen

Es ist der Druck an mehreren Messstellen auf dem Tragflächenmodell bei konstanter Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit zum Anstellwinkel zu messen. Durch den Verlauf der Druckvektoren (die immer senkrecht auf der Tragfläche stehen) am Tragflügelmodell kann erklärt werden warum ein Flugzeug, obwohl es schwerer als Luft ist fliegen kann. Zu erwarten ist, dass auf der Oberseite der Tragfläche ein Unterdruck und auf der Unterseite ein Überdruck herrscht.

¹Auftriebswerte über Widerstand