

Vorbereitung zum Versuch „Aerodynamik (2)“

Armin Burgmeier (1347488)

Gruppe 15

20. Januar 2008

0 Demonstrationsversuche

0.1 Scheibensonde bei konstanter Spannung

Man hält eine Scheibensonde zur Messung des Luftdrucks in ein von einem Motor erzeugtes Strömungsfeld. Steht die Scheibe parallel zur Strömungsrichtung, so wird nur der statische Druck gemessen, da der dynamische, durch die Bewegung der Luft erzeugte, Druck nicht erfasst wird. Steht sie jedoch senkrecht zur Strömungsrichtung, so wird zusätzlich der dynamische Druck und somit der Gesamtdruck gemessen.

0.2 Scheiben- und Rohrsonde bei variabler Spannung

Ändert man die am Motor angelegte Spannung, so ändert sich damit die Windgeschwindigkeit. Bei paralleler Sonde sollte sich dabei der angezeigte Wert nicht ändern, da nur der statische Druck gemessen wird, welcher unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit ist. Da der dynamische Druck aber quadratisch von der Geschwindigkeit abhängt wird man bei senkrecht stehender Sonde einen Unterschied bemerken.

Bei der (senkrecht gehaltenen) Rohrsonde erwarten wir Abweichungen wegen Wirbeleffekten. Die Rohrsonde, im Gegensatz zur Scheibensonde, misst bei paralleler Ausrichtung den Gesamtdruck und bei senkrechter den statischen Druck.

0.3 Venturirohr

Wir halten ein Venturirohr in der Strömung und messen den Druck in dessen Längsrichtung. Da das Produkt aus Fläche und Strömungsgeschwindigkeit konstant ist, erwarten wir an Stellen mit kleinerem Durchmesser höhere Geschwindigkeit und daher höheren (dynamischen) Druck.

0.4 Aerodynamisches Paradoxon

Wenn man Luft zwischen zwei Kreisscheiben nach außen strömen lässt, so ziehen sich die beiden Scheiben an, da zwischen ihnen ein Unterdruck hervorgerufen wird.

1 Abhängigkeiten von der Windgeschwindigkeit

1.1 Ortsabhängigkeit der Windgeschwindigkeit

Für die nachfolgenden Versuche wollen wir eine möglichst ortsunabhängige Windgeschwindigkeit. Dazu messen wir in mehreren Abständen vom Düsenrand den dynamischen Druck und überprüfen in welchem Bereich dieser konstant ist. Die Windgeschwindigkeit ergibt sich daraus zu

$$v = \sqrt{\frac{2p_{dyn}}{\rho}} \quad (1)$$

mit der Luftdichte ρ .

1.2 Spannungsabhängigkeit der Windgeschwindigkeit

Die Windgeschwindigkeit ist natürlich auch abhängig von der Leistung des Motors. Es gilt

$$v = c \cdot U^m \quad (2)$$

mit den Konstanten c und m . m soll dazu im Experiment bestimmt werden. Geht man davon aus, dass die Strömungsleistung $P = Fv$ gleich der elektrischen Leistung des Motors $P = UI = \frac{U^2}{R}$ sein muss, so ergibt sich nach Gleichsetzen und mit

$$F = c_w \frac{\rho}{2} v^2 A \quad (3)$$

durch umstellen nach v

$$v = \sqrt[3]{\frac{2U^2}{c_w \rho A R}} = U^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt[3]{\frac{2}{c_w \rho A R}} \quad (4)$$

Hieraus sieht man, dass der gesuchte Exponent etwa $\frac{2}{3}$ sein muss. Die Konstante c hängt also von der Querschnittsfläche des umströmten Körpers, dem Widerstandswert c_w , der Luftdichte ρ und dem elektrischen Widerstand des Motors R ab.

Durch Logarithmieren ergibt sich aus dieser Form auch eine „geeignete Darstellung der Messwerte“, da dann der Logarithmus der Geschwindigkeit linear vom Logarithmus der Spannung abhängt.

2 Rücktrieb

2.1 Stirnfläche

Es werden verschiedene Kreisscheiben mit Hilfe eines Haltestils in den Luftstrom gehalten. Es gilt

$$F = c_w \frac{\rho}{2} v^2 A = c_w p_{dyn} A \quad (5)$$

Es gilt den Widerstandswert c_w zu ermitteln. Dazu wird die Kraft F gemessen. p_{dyn} ist bekannt, da wir in einem Gebiet messen, dessen dynamischer Druck wir bereits in Aufgabe 1.1 ermittelt haben. A ist abhängig vom jeweiligen Körper, aber auch bekannt.

Zu beachten ist, dass der Luftstrom auch auf den Haltestil selbst wirkt. Deshalb messen wir auch den Rücktrieb von dem Haltestil allein, sodass wir die für die Körper ermittelten Kräfte korrigieren können.

2.2 Strömungsgeschwindigkeit

Bei einer der Scheiben messen wir den Strömungswiderstand c_w wie oben beschrieben in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit. Beide Größen werden in einem Diagramm übereinander aufgetragen um auf die Art der Abhängigkeit zu schließen.

Wegen den beiden bekannten Formeln

$$F = c_w \frac{\rho}{2} v^2 A \quad v = \sqrt{\frac{2p_{dyn}}{\rho}} \quad (6)$$

ergibt sich, dass wir einen linearen Zusammenhang vermuten.

2.3 Körperform und Oberflächenbeschaffenheit

Wie in den vorigen Aufgaben messen wir den Strömungswiderstand. Diesmal interessieren wir uns für verschieden geformte Körper. Wir untersuchen eine Kugel, eine Halbkugel, einen Halbkörper mit Spitze, einen Kalbkörper mit Rundung, sowie einen glatten und einen rauhen Stromlinienkörper. Die Messungen werden nach einer 180°-Drehung wiederholt.

3 Untersuchung eines Tragflügels

3.1 Polarendiagramm und Gleitzahl

Wir messen den Auftrieb und den Strömungswiderstand in Abhängigkeit vom Anstellwinkel α des Flügels bei konstanter Strömungsgeschwindigkeit, und tragen dann beide über dem Anstellwinkel auf. Trägt man zusätzlich den Auftrieb über dem Widerstand auf, so ergibt sich das sogenannte Polarendiagramm. Der Quotient $\epsilon = \frac{F_w}{F_a}$ aus Widerstand und Auftrieb wird Gleitwert genannt. Er gibt an, wieviel Strecke der Körper in der Zeit zurücklegt, in der er einen Meter Höhe verliert. Für gute Flugeigenschaften ist er also möglichst zu minimieren.

3.2 Druck

Wir messen nun den Druck an dafür vorgesehenen Messstellen am Tragflügel, wieder bei unterschiedlichem Anstellwinkel. Allgemein gilt

$$P = \frac{|\vec{F}|}{A} \quad (7)$$

Da die Kraft senkrecht auf die Fläche wirkt steht der „Druckvektor“ also auch senkrecht auf der Oberfläche.

3.2.1 Wirkungsweise eines Tragflügels

Der Weg über den Flügel ist länger als der Weg unter ihm hindurch. Über dem Flügel fließt die Luft daher schneller. Aus der Bernoulligleichung folgt somit, dass der statische Druck unter dem Flügel größer ist als oben, da der Gesamtdruck konstant bleibt. Der Flügel wird so nach oben gesogen.