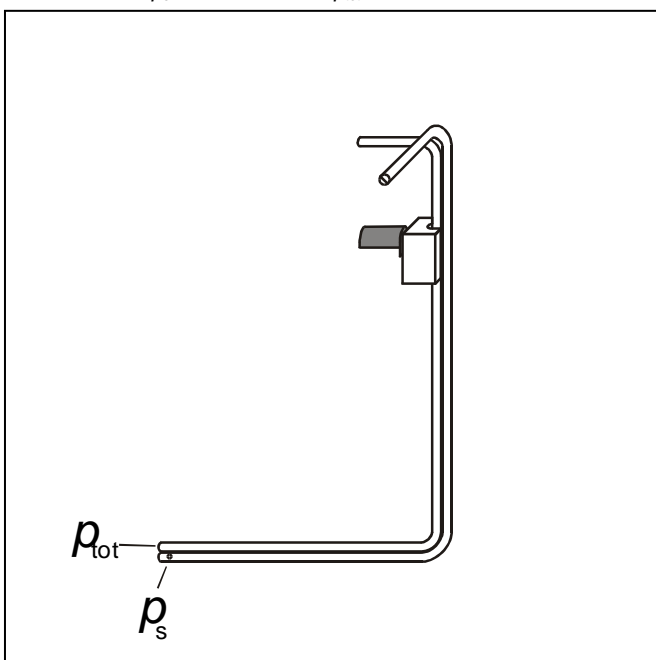


Bestimmung der Windgeschwindigkeit mit einer Drucksonde nach Prandtl
– Druckmessung mit Drucksensor und CASSY

Versuchsziele

- Messen des dynamischen Drucks.
- Bestimmung der Windgeschwindigkeit.
- Aufnahmen von Druckprofilen in unterschiedlichen Entfernungen.

Fig. 1: Drucksonde nach Prandtl zum Messen des statischen Drucks p_s und Totaldrucks p_{tot} .



Grundlagen

In diesem Versuch wird mit der Drucksonde nach Prandtl der Totaldruck p_{tot} (Öffnung zeigt gegen Strömungsrichtung) und der statische Druck p_s (Öffnung quer zur Strömungsrichtung) gemessen.

Die Windgeschwindigkeit v wird durch Messen der Druckdifferenz Δp bestimmt, wenn die Drucksonde nach Prandtl gegen die Strömungsrichtung zeigt. Bei dieser Anordnung ist die Druckdifferenz Δp mit dem dynamischen Druck p_d identisch:

$$\Delta p = p_d = p_{tot} - p_s \quad (I)$$

Die Windgeschwindigkeit kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot p_d} \quad (II)$$

Dichte der Luft: $\rho = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Hinweis: In diesem Versuch wird die Drucksonde nach Prandtl mit CASSY und Drucksensor S, ± 70 hPa kombiniert (Fig. 2). In P1.8.5.3. wird ein Feinmanometer benutzt.

Geräte

1 Saug- und Druckgebläse.....	373 041
1 Drucksonde nach Prandtl.....	373 13
1 Drucksensor S, ± 70 hPa.....	524 066
1 Sensor-CASSY 2.....	524 013
oder	
1 Mobile-CASSY.....	524 009A
oder	
1 Pocket-CASSY 2 Bluetooth.....	524 018
1 CASSY Lab 2.....	524 220

Zusätzlich benötigt: 1 PC mit Windows XP oder höher

Optional:

1 Stativfuß V-förmig, klein.....	300 02
1 Stativstange 25 cm, 12 mm \varnothing	300 41
1 Leybold-Muffe.....	301 01

Aufbau

- Saug- und Druckgebläse mit enger Düse (\varnothing 100 mm) bestücken.
- Druckgebläse horizontal auf den Sockel stellen wie in Fig. 2.
- Optional: Drucksonde nach Prandtl zusätzlich mit Standfuß, Stativstange und Leyboldmuffe fixieren. Schrauben der Leyboldmuffe nicht zu fest anziehen.
- Drucksensor S, ± 70 hPa mit Eingang A von Sensor-CASSY 2 (Fig. 2) oder Mobile-CASSY (Fig. 4) verbinden.
- 3-mm-Schlauch aus Druckanschluss p_1 (oben) des Drucksensors S mit 5-mm-Schlauch der Drucksonde nach Prandtl verbinden.
- Das andere Ende des 5-mm-Schlauchs mit Messausgang für p_{tot} der Drucksonde nach Prandtl verbinden.
- In gleicher Weise Druckanschluss p_2 (unten) des Drucksensors S mit Messausgang für p_s verbinden (vgl. Fig. 1).

Hinweis: Zusätzliche Informationen sind verfügbar in den Gebrauchsanweisungen 373 041, 373 13 und 524 066.

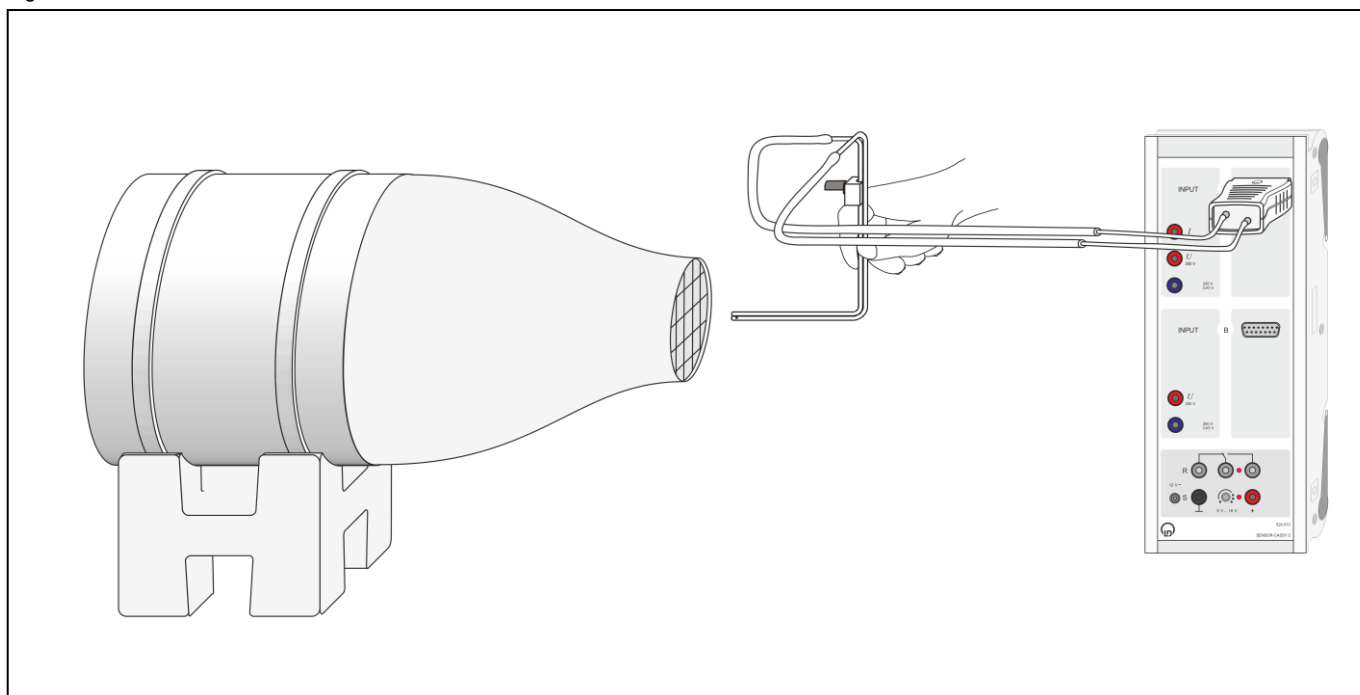
Sicherheitshinweise

Beachten Sie die Sicherheitshinweise in der Gebrauchsanweisung des Saug- und Druckgebläses.

Vor dem Abnehmen des Schutzgitters oder der Düse:

- Netzstecker ziehen und
- Mindestens 30 Sekunden warten bis das Saug- und Druckgebläse absolut still steht.

Fig. 2: Versuchsaufbau mit Sensor-CASSY 2.

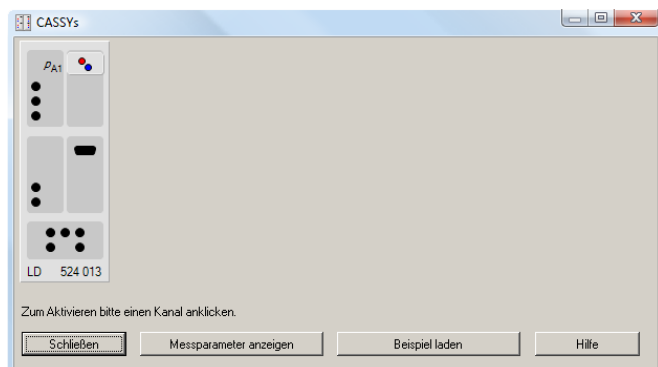


Durchführung


Hinweis: Eine Messung mehrmals wiederholen, um Messfehler abschätzen zu können.


a) Messung mit Sensor-CASSY 2

- Software CASSY Lab 2 öffnen oder installieren, wenn noch nicht vorhanden.
- [Einstellungen in CASSY Lab 2 laden](#).
- Verbundener Drucksensor S wird angezeigt, wenn das Sensor-CASSY 2 via USB-Port an den Computer angeschlossen ist.
- Verbundenen Drucksensor S im Eingang A mit Klick auf Drucksensor S aktivieren.












Hinweis: Zusätzliche Informationen zum Verbinden von Sensoren mit Sensor-CASSY 2 im Handbuch zu CASSY Lab 2 oder in der Onlinehilfe.

- Beide Schläuche von Drucksonde nach Prandtl trennen.
- Drucksensor S mit Klick auf $\rightarrow 0 \leftarrow$ eichen. Dazu im Fenster „Einstellungen“ das Untermenü „Relativdruck p_{A1} “ markieren.
- Schläuche wieder mit Drucksonde nach Prandtl verbinden.
- Saug- und Druckgebläse auf minimale Geschwindigkeit stellen (d.h.: linker Anschlag am Potentiometer-Stellknopf). Erst dann einschalten.
- Geschwindigkeit vom Saug- und Druckgebläse langsam erhöhen bis „Relativdruck p_{A1} “ in zentraler Position ($h = 0$ cm) vor der Düse (Entfernung $x = 10$ cm.) ca. 1,5 hPa erreicht.
- „Relativdruck p_{A1} “ (in diesem Versuch = $\Delta p = p_d = p_{\text{tot}} - p_s$) ablesen.
- Um die Druckwerte mit CASSY Lab 2 aufzunehmen, Schaltfläche  klicken oder Funktionstaste F9 drücken, wenn Tabellenblatt „ $p_d(h)$ [autom.]“ angezeigt wird.
- Dynamischen Druck $p_d (= \Delta p)$ bei verschiedenen Höhen h und Entfernungen x vor der Düse ablesen. Das Gitter der Düse kann als Orientierung für die vertikale Position h dienen.




Hinweis: Die Schaltfläche $\rightarrow 0 \leftarrow$ erscheint im Fenster „Einstellungen“ , wenn „Relativdruck p_{A1} “ im Untermenü von „CASSYs“ markiert ist. Empfehlung: Die $\rightarrow 0 \leftarrow$ -Schaltfläche vor jeder Messreihe betätigen.

b) Messung mit Mobile-CASSY

Hinweis: Um die Druckwerte automatisch aufzunehmen, Anleitung a) befolgen.

- Mobile-CASSY mit  einschalten.
- Hauptmenü durch erneutes Drücken von  öffnen.
- Untermenü „Messgrößen“ mit  oder  auswählen und mit rechtem -Knopf bestätigen.
- Untermenü „p“ mit rechtem -Knopf auswählen.
- „Offset korrigieren“ auswählen und den Druckwert durch Drücken des rechten -Knopfs auf null setzen.
- -Knopf und dann linken -Knopf drücken, um den aktuellen Druckwert anzuzeigen.
- Saug- und Druckgebläse auf minimale Geschwindigkeit stellen (d.h.: linker Anschlag am Potentiometer-Stellknopf). Erst dann einschalten.
- Geschwindigkeit vom Saug- und Druckgebläse langsam erhöhen bis Druckdifferenz $\Delta p (= p_{\text{tot}} - p_s)$ in zentraler Position ($h = 0$ cm) vor der Düse (Entfernung $x = 10$ cm.) ca. 1,5 hPa erreicht.
- [Einstellungen in CASSY Lab 2 laden](#) und Druckwerte in Tabelle „ $p_d(h)$ [manu.]“ eintippen.
- Dynamischen Druck $p_d (= \Delta p)$ bei verschiedenen Höhen h und Entfernungen x vor der Düse ablesen. Das Gitter der Düse kann als Orientierung für die vertikale Position h dienen.

Hinweis: Zusätzliche Informationen zur Benutzung von Mobile-CASSY in der Gebrauchsanweisung (524 009A).

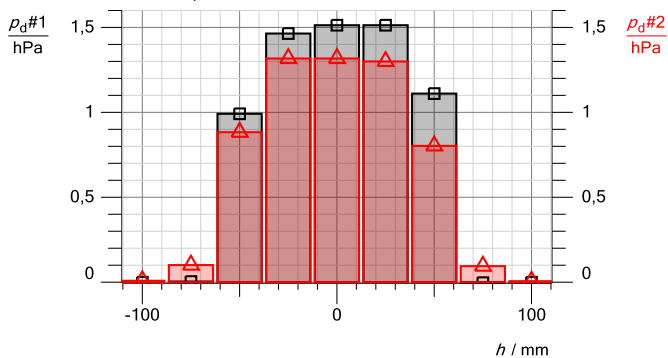
Hinweis: Um mehr als die vorbereiteten Messreihen aufzunehmen, „Messung“ in der Menüleiste öffnen und  „Neue Messreihe Anhängen“ auswählen. Tabelle „ $p_d(h)$ [manu.]“ wählen und einmalig  klicken. Fenster  „Einstellungen“ öffnen und „ $p_d(h)$ “ im Untermenü „Darstellungen“ markieren. Schaltfläche „Neue Kurve hinzufügen“ klicken und „ $p_d\#3$ “ im Drop-down-Menü für „y-Achse“ wählen.

Messbeispiel

Tab. 1: Druckprofil: Dynamischer Druck in Entfernung x vor der Düse. h entspricht der vertikalen Verschiebung.

$\frac{x}{\text{cm}}$	$\frac{h}{\text{mm}}$	-100	-75	-50	-25	0	25	50	75	100
10	$\frac{p_d}{\text{Pa}}$	0	0	99	146	151	151	111	0	0
40	$\frac{p_d}{\text{Pa}}$	1	10	88	132	132	130	80	9	1

Fig. 3: Druckprofile in zwei verschiedenen Entfernungen: $x_{\#1} = 10 \text{ cm}$, $x_{\#2} = 40 \text{ cm}$.



Ergebnisse und Auswertung

Die Windgeschwindigkeit v kann bestimmt werden mit den Messergebnissen aus Tab. 1, Gleichung (II) und der Dichte ρ des strömenden Mediums Luft:

$$\rho = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Hieraus folgt:

Tab. 2: Windgeschwindigkeit v mit den Werten aus Tab. 1 berechnet. h : vertikale Verschiebung, x : Entfernung vor der Düse

$\frac{x}{\text{cm}}$	$\frac{h}{\text{mm}}$	-100	-75	-50	-25	0	25	50	75	100
10	$\frac{v}{\frac{\text{m}}{\text{s}}}$	0,0	0,0	12,8	15,6	15,9	15,9	13,6	0,0	0,0
40	$\frac{v}{\frac{\text{m}}{\text{s}}}$	1,3	4,1	12,1	14,8	14,8	14,7	11,5	3,9	1,3

Innerhalb des Querschnittes der Düse variiert die Druckdifferenz, und damit die Windgeschwindigkeit, kaum. Das Vervielfachen der Entfernung x (von 10 cm auf 40 cm) bewirkt nur eine kleine Geschwindigkeitsverringern durch Luftreibung.

Die gemessenen Windgeschwindigkeiten steigen seitlich ($h = \pm 75 \text{ cm}$) mit größerer Entfernung ($x = 40 \text{ cm}$) vor der Düse. Der Windkegel fächert sich ein wenig aus.

Fig. 4: Versuchsaufbau mit Mobile-CASSY.

