

Statischer Druck bei Querschnittsreduktion – Messung mit Drucksensor und CASSY

Versuchsziele

- Messung des statischen Relativdrucks in einem Venturi-Rohr.
- Erkennen, dass der statische Druck eines Venturi-Rohrs von seinem Querschnitt abhängt.

Grundlagen

Der Gesamtdruck p_{tot} setzt sich aus dem statischen Druck p_s und dem dynamischen Druck p_d zusammen:

$$p_{\text{tot}} = p_s + p_d = \text{const.} \quad (\text{I})$$

p : Statischer Druck

Aus der Bernoulli-Gleichung reibungsfreier, inkompressibler Fluide folgt damit für laminare Strömungen:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} v_1^2 = p_2 + \frac{\rho}{2} v_2^2 \quad (\text{II})$$

ρ : Dichte des strömenden Mediums

Zusammen mit der Kontinuitätsgleichung

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad (\text{III})$$

v : Strömungsgeschwindigkeit

kann der Luftstrom in einem Rohr mit veränderlicher Querschnittsfläche A gut angenähert werden.

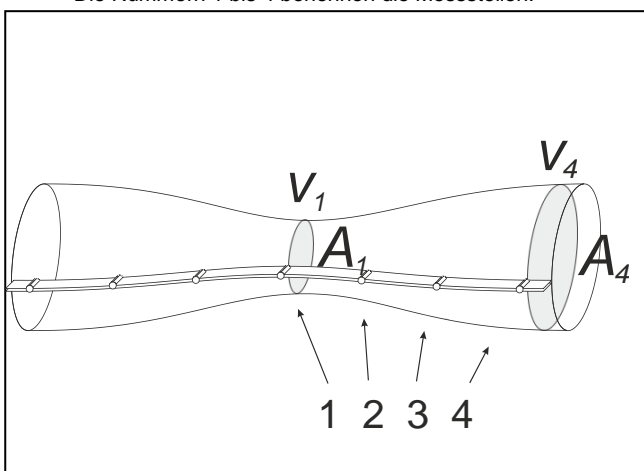
In diesem Versuch wird der statische Relativdruck Δp in einem Venturi-Rohr bei unterschiedlichen Querschnittsflächen A_1 bis A_4 (vgl. Fig. 1) gemessen.

$$\Delta p = p_s - p_{\text{tot}} \quad (\text{IV})$$

Δp : statischer Relativdruck

Hinweis: Der Versuch ist eng verwandt mit P1.8.5.5, in dem der Volumenstrom in einem Venturi-Rohr bestimmt wird.

Fig. 1: Venturi-Rohr: Querschnittsflächen A_0 und A_1 ,
Strömungsgeschwindigkeiten v_0 und v_1 .
Die Nummern 1 bis 4 benennen die Messstellen.



Geräte

1 Saug- und Druckgebläse.....	373 041
1 Venturi-Rohr mit Multimanoskop.....	373 091
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
1 Drucksensor S, ± 70 hPa	524 066
1 Stativfuß V-förmig, klein	300 02
1 Stativstange 25 cm, 12 mm \emptyset	300 41
1 Leybold-Muffe	301 01
Zusätzlich benötigt: 1 PC mit Windows XP oder höher	

Aufbau

- Saug- und Druckgebläse mit enger Düse (100 mm) und Venturi-Rohr bestücken.
- Gebläse horizontal auf den Sockel stellen (vgl. Fig. 2).
- Venturi-Rohr zusätzlich mit Stativfuß, Stativstange und Leybold-Muffe fixieren. Schrauben der Leybold-Muffe nicht zu fest anziehen.
- Drucksensor S, ± 70 hPa in Eingang A von Sensor-CASSY 2 (Fig. 2) oder in Mobile-CASSY (Fig. 4) stecken.
- 3mm-Schlauch aus Druckanschluss p_1 des Drucksensors S mit 5mm-Schlauch des Venturi-Rohrs verbinden.
- Anderes Ende des 5mm-Schlauchs mit Messpunkt 1 (mittlere, vgl. Fig. 1) am Venturi-Rohr verbinden.
- Druckanschluss p_2 von Drucksensors S offen lassen, damit der Unterschied zum Luftdruck p_0 gemessen werden kann.

Hinweis: Die Messpunkte auf der Einströmseite wurden aus didaktischen Gründen weggelassen. Da Luft kein ideales Gas ist, ergibt sich hier durch die Reibung ein positiver Staudruck.

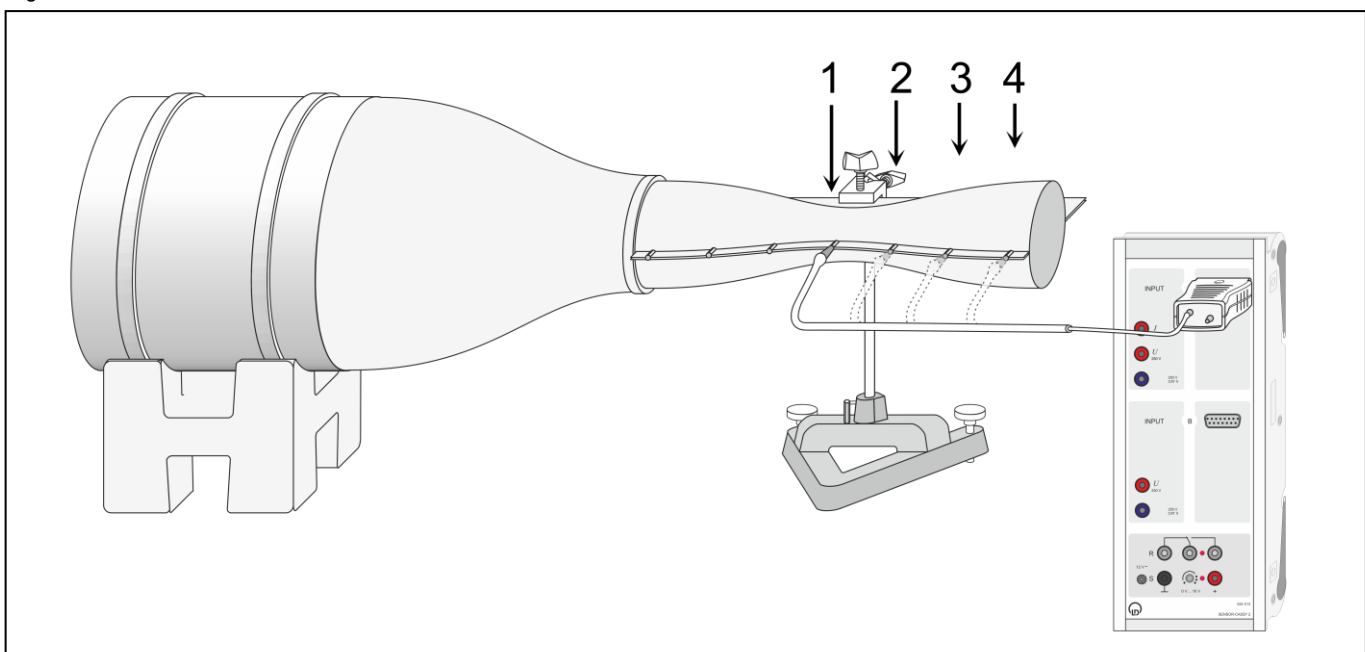
Sicherheitshinweise

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.

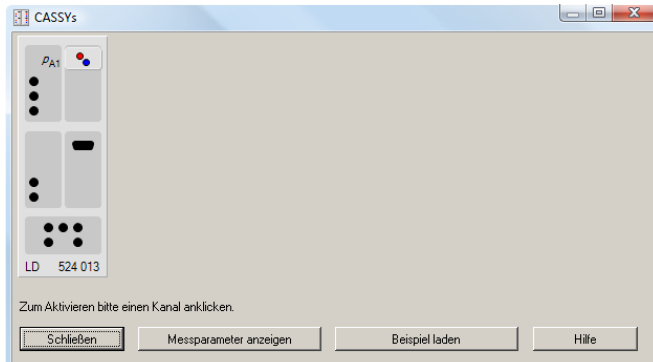


Durchführung

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.










- Schlauch vom Venturi-Rohr trennen.
- Drucksensor S mit Klick auf $\rightarrow 0 \leftarrow$ eichen. Dazu im Fenster „Einstellungen“ das Untermenü „Relativdruck p_1 “ markieren.
- Schlauch wieder mit Venturi-Rohr 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_1 “ an Messpunkt 1 (Mitte des Venturi-Rohrs) ca. -2 hPa erreicht.
- „Relativdruck p_1 “ (in diesem Versuch = Δp) ablesen.

Hinweis: Die Schaltfläche $\rightarrow 0 \leftarrow$ erscheint im Fenster „Einstellungen“ , wenn „Relativdruck p_1 “ im Untermenü von „CASSYs“ markiert ist. Empfehlung: Die $\rightarrow 0 \leftarrow$ -Schaltfläche vor jeder Messung betätigen.

- Um die Druckwerte mit CASSY Lab 2 aufzunehmen, Schaltfläche  klicken oder Funktionstaste F9 drücken, wenn Tabellenblatt „ $\Delta p(A)$ [autom.]“ angezeigt wird.
- Messpunkte nacheinander wechseln und letzten Schritt wiederholen für Querschnittsflächen A_2 bis A_4 .

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 durch Drücken des rechten -Knopfs den Druckwert auf Null setzen.
- Zum Anzeigen des aktuellen Druckwertes -Knopf und anschließend linken -Knopf drücken.
- 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 der statische Relativdruck an Messpunkt 1 (Mitte des Venturi-Rohrs) ca. -2 hPa erreicht.
- Statischen Relativdruck ablesen.
- [Einstellungen in CASSY Lab 2 laden](#) und Druckwerte in Tabelle „ $\Delta p(A)$ [manu.]“ eintippen.
- Messpunkte nacheinander wechseln und statischen Relativdruck für Querschnittsflächen A_2 bis A_4 messen.

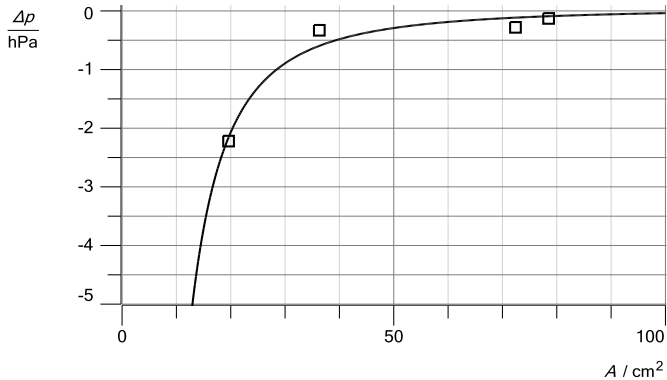
Hinweis: Zusätzliche Informationen zur Benutzung von Mobile-CASSY in der Gebrauchsanweisung (524 009A).

Messbeispiel

Tab. 1: Statischer Relativdruck Δp an Messpunkten 1 bis 4 und Querschnittsflächen A_1 bis A_4 im Venturi-Rohr (vgl. Fig. 1).

MP	1	2	3	4
$\frac{A}{\text{cm}^2}$	19,6	36,3	72,4	78,5
$\frac{\Delta p}{\text{hPa}}$	-2,22	-0,33	-0,28	-0,13

Fig. 3: Statischer Relativdruck Δp als Funktion der Querschnittsfläche A .



Auswertung und Ergebnis

Der statische Relativdruck nimmt mit kleinerer Querschnittsfläche des Venturi-Rohrs quadratisch ab:

$$\Delta p \propto -\frac{1}{A^2}$$

Hinweis: Messreihen bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten wiederholen, um eine Beziehung zwischen der Strömungsgeschwindigkeit v und dem statischen Relativdruck Δp zu bestimmen (s. Fig. 5). Zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit ein Windgeschwindigkeits-Messgerät am Ausgang des Venturi-Rohrs verwenden.

Mit größeren Strömungsgeschwindigkeiten vergrößert sich auch der Betrag des statischen Relativdrucks:

$$\Delta p \propto -v^2$$

Fig. 5: Statischer Relativdruck Δp an Messstelle 1 als Funktion der (abgeschätzten) Strömungsgeschwindigkeit v_1 .

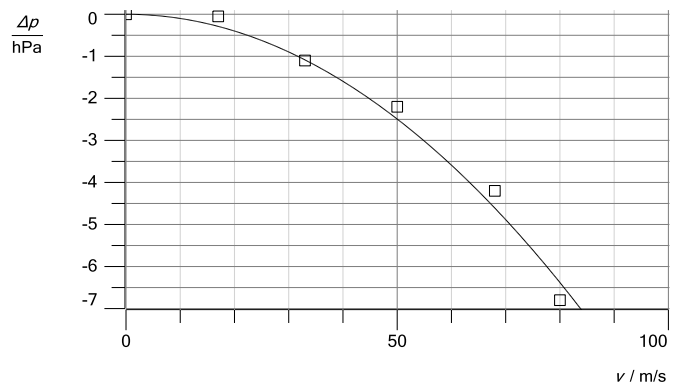


Fig. 4: Versuchsaufbau mit Mobile-CASSY.

