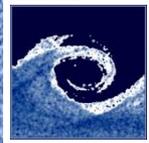


Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest

Lehrstuhl für Strömungslehre

I. Labormessung

2018.



Allgemeine Informationen

- Webseite des Lehrstuhls:

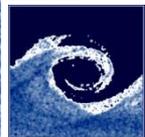
www.ara.bme.hu

- Kommunikation mit dem Lehrstuhl:

www.ara.bme.hu/poseidon

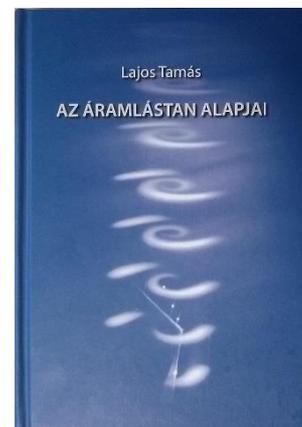
(Klausurergebnisse, Messprotokoll, Präsentation, ...)

- Messgruppen – 4 Personen -
- I. Klausur über die Messungen - 5.Woche, Wiederholklausur – 6.Woche
(positives Ergebnis ist nötig zum Anfang der Messungen)

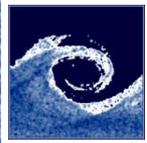


Allgemeine Informationen

- **Kalender:**
 - 1. Labor: Instrumenten, Methoden,
 - 2. Labor: Fehlerabschätzung, Messstände
 - 3. Labor: Laborklausur
 - 4. Labor: Messung A
 - 5. Labor: Abgabe Messung A, Messung B
 - 6. Labor: Abgabe Messung B, Konsultation zur Präsentation.
 - 7. Labor: Präsentation
- Messprotokoll bis Ende der Woche nach der Messungswoche
(bis Sonntag, 24h).
- Konsultation vor und nach der Abgabe.
- einmalige Korrektur möglich
nach der Abgabe

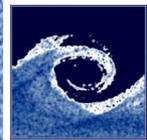


2015



Druckdifferenzmessung (Δp)

- Bildet den Grund der Messung weiterer strömungsmechanische Variablen
- Messung des Druckunterschiedes von 2 Punkten in der Strömung
- Oft wird zu einen Referenzdruck verglichen
(Referenz : atmosphärischer Druck, statischer Druck des Kanals)
- Instrumente
 - U-Rohrmanometer
 - "umgekehrtes" U-Rohrmanometer
 - Betz-Manometer
 - Schrägrohrmanometer
 - Mikromanometer mit gekrümmten Rohr
 - EMB-001 Digitalmanometer



Δp Messung/ U-Rohrmanometer I.

- Rohrströmung
- Absperrklappe
- Ringleitung

Gleichgewichtsgleichung des Manometers:

$$p_L = p_R$$

$$p_1 + \rho_D \cdot g \cdot H = p_2 + \rho_D \cdot g \cdot (H - \Delta h) + \rho_M \cdot g \cdot \Delta h$$

$$p_1 - p_2 = (\rho_M - \rho_D) \cdot g \cdot \Delta h$$

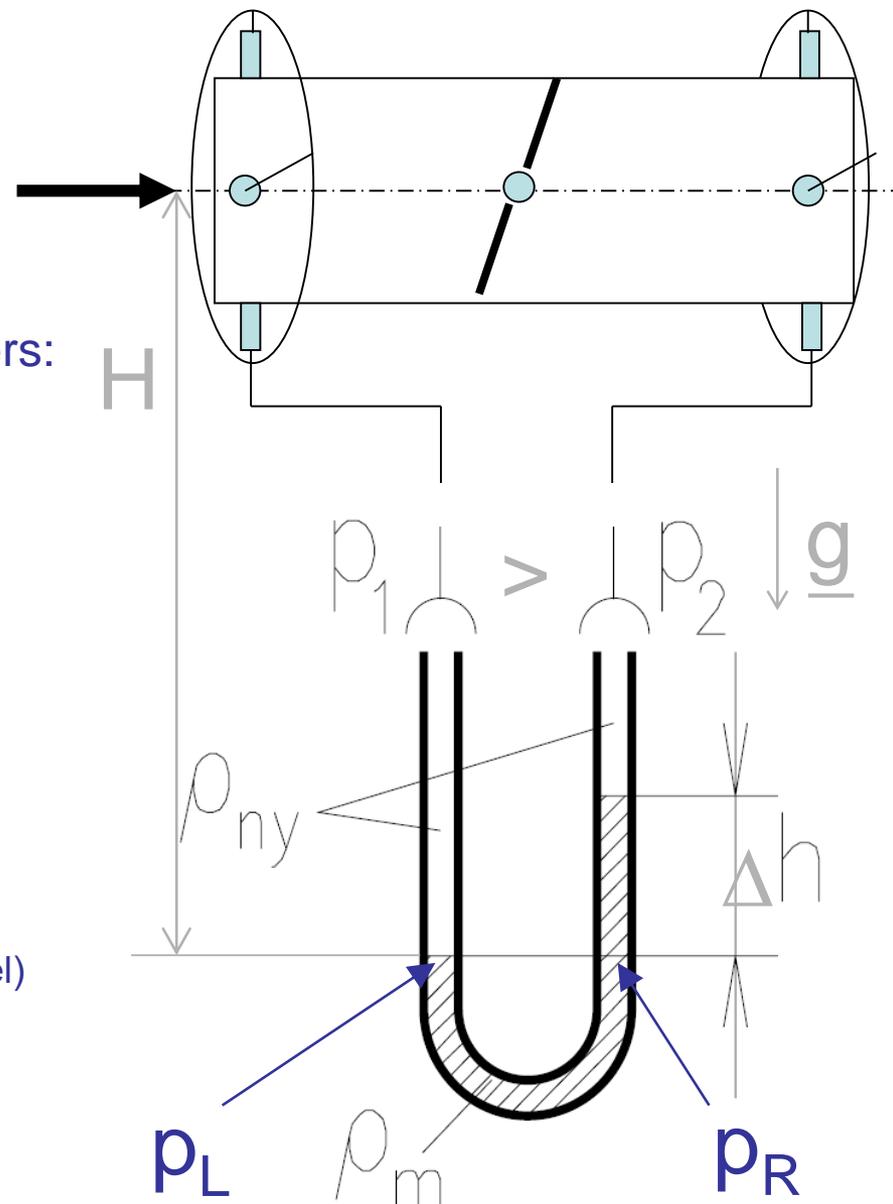
Kann vereinfacht werden, wenn

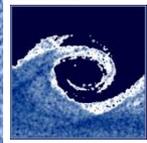
$$\rho_D \ll \rho_M$$

(z.B. Luft strömt, Wasser Messmittel)

$$p_1 - p_2 = \rho_M \cdot g \cdot \Delta h$$

Wichtig $\Delta p \neq f(H)$





Δp Messung/ U-Rohrmanometer II.

Gleichung des Manometers

$$\Delta p = (\rho_m - \rho_{ny}) \cdot g \cdot \Delta h$$

Dichte des Messmittels ρ_m (Größenordnung)

$$\rho_{Hg} \approx 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_{\text{víz}} \approx 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{Alcohol}} = 830 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

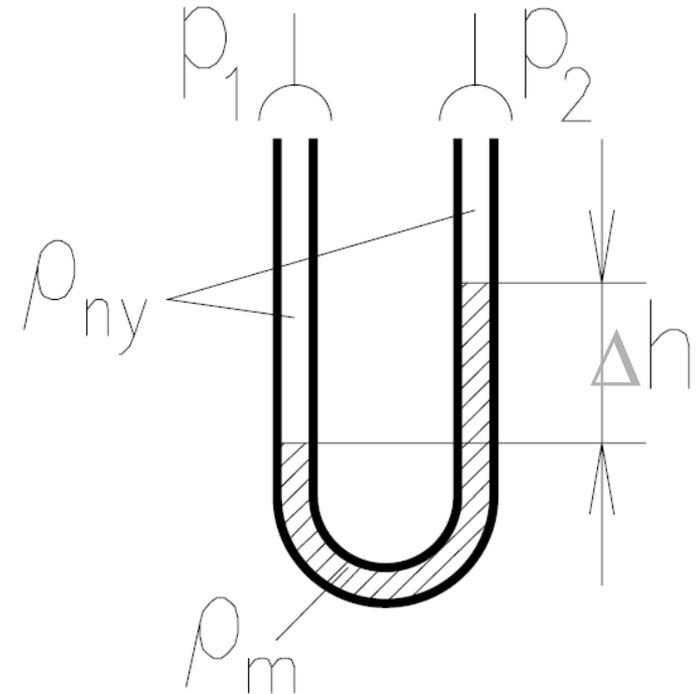
Dichte des Gases: ρ_{ny} (z.B. Luft)

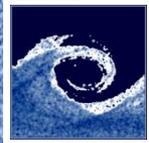
$$\rho_{\text{Luft}} = \frac{p_0}{R \cdot T} = 1,19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

p_0 - nahe zum atmosphärischen Druck [Pa] $\sim 10^5 \text{Pa}$

R - spezifischen Gaskonstante der Luft 287[J/kg/K]

T - Lufttemperatur [K] $\sim 293\text{K} = 20^\circ\text{C}$





Δp Messung/ U-Rohrmanometer, Messfehler III.

Messwert: $\Delta h = 10\text{mm}$

Ablesegenauigkeit = 1mm: Absoluter Fehler:

$$\delta(\Delta h) = \pm 1\text{mm}$$

Richtige Schreibweise mit dem Fehler(!)

$$\Delta h = 10\text{mm} \pm 1\text{mm}$$

Relativer Fehler:

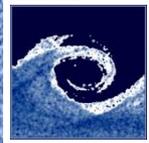
$$\frac{\delta(\Delta h)}{\Delta h} = \frac{1\text{mm}}{10\text{mm}} = 0,1 = 10\%$$

Nachteile:

- Ablesefehler geht zweimal in die Rechnung ein
- Genauigkeit ~1mm

Vorteile:

- Einfach, robust
- zuverlässig

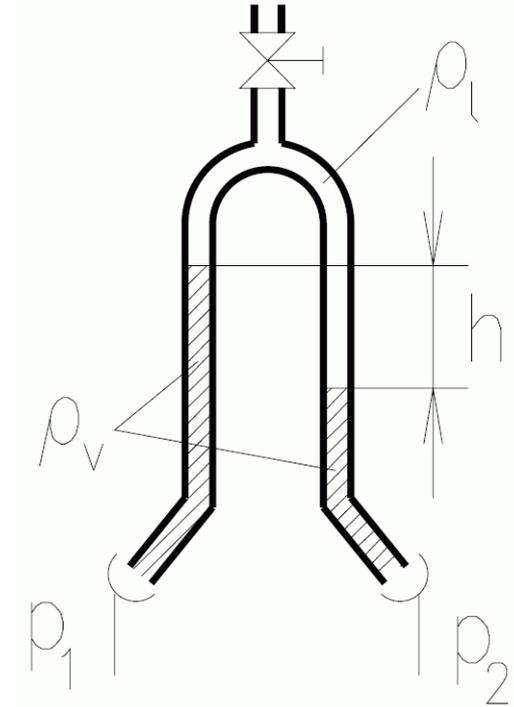


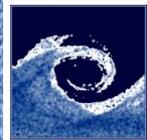
Δp Messung/ "umgekehrtes" U-Rohrmanometer

Manometersgleichung

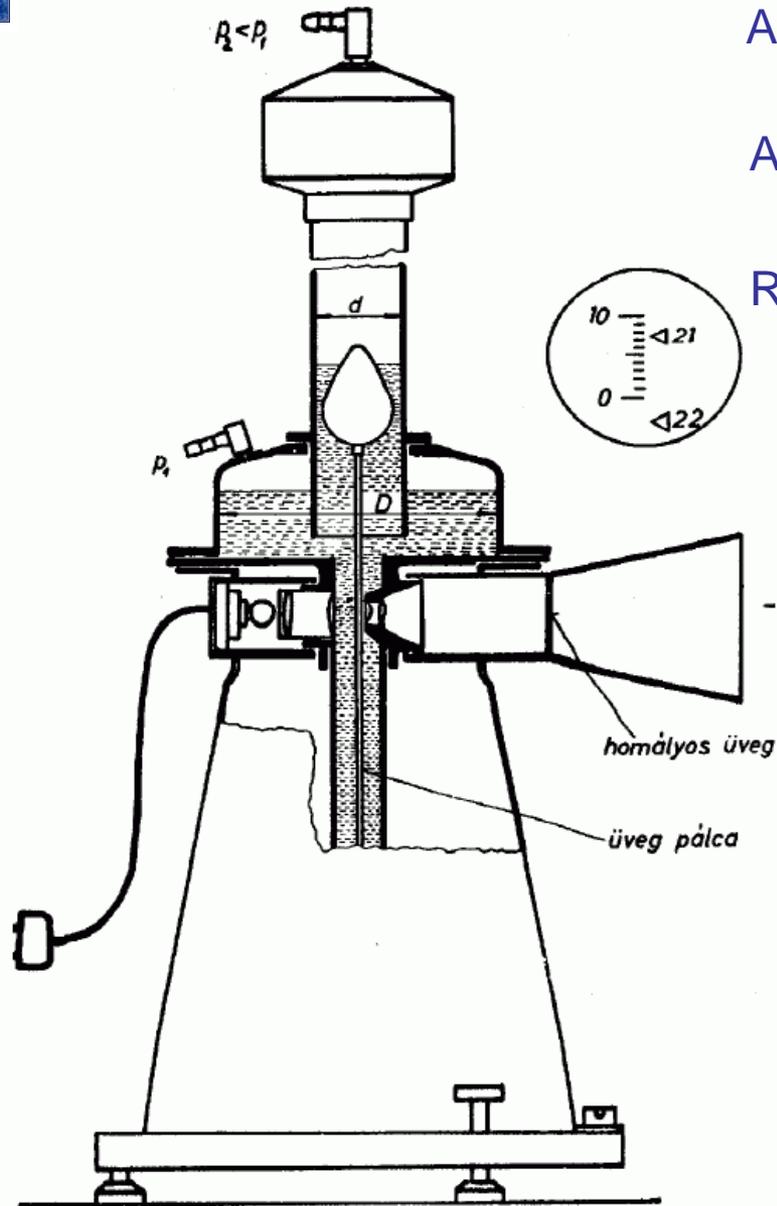
$$p_1 - p_2 = (\rho_W - \rho_L) \cdot g \cdot h$$

Meistens wird bei Wasserleitungen gebraucht
Statt Quecksilber das Messmittel ist Luft
Dasselbe Druckunterschied erzeugt 12,6mal
grössere Auslenkung!





Δp Messung/ Betz Mikromanometer

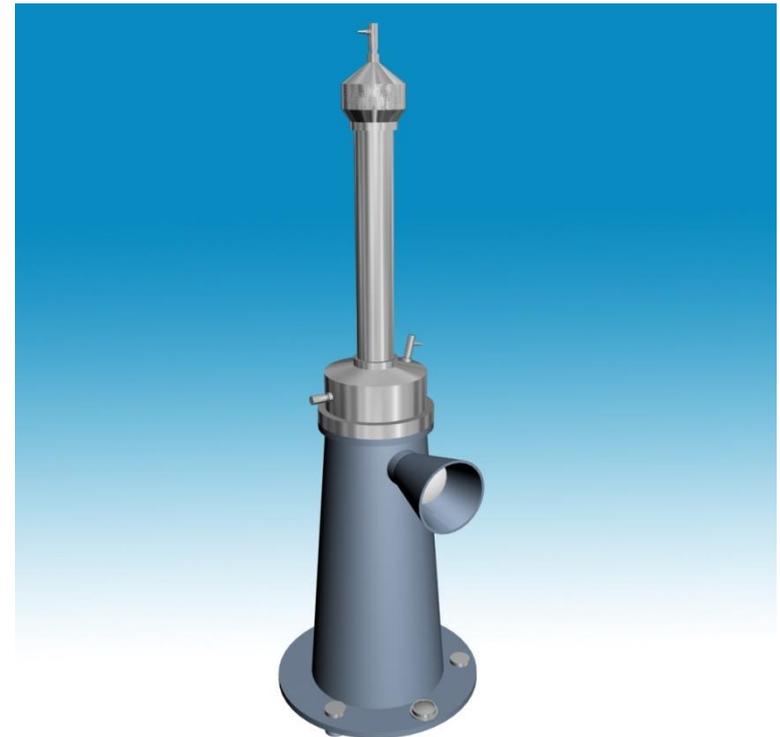


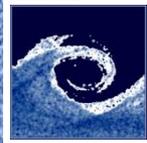
Absoluter Fehler wird mit optisch vergrößerten Ablesung erniedrigt!

Ablesefehler $\sim 0,1\text{mm}$: Messwert mit a. Fehler:

$$\Delta h = 10\text{mm} \pm 0,1\text{mm}$$

$$\text{Relativer Fehler: } \frac{\delta(\Delta h)}{\Delta h} = \frac{0,1\text{mm}}{10\text{mm}} = 0,01 = 1\%$$





Δp Messung/ Schrägrohrmikromanometer

Manometergleichgewichtsgleichung

$$\Delta p = (\rho_m - \rho_{ny}) \cdot g \cdot \Delta h$$

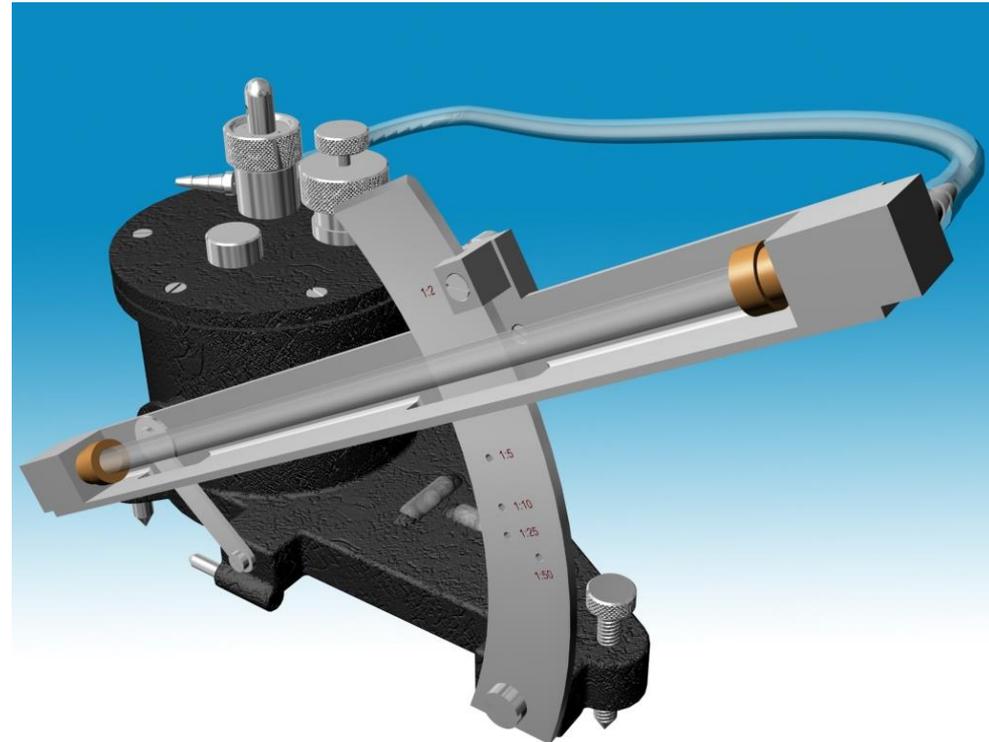
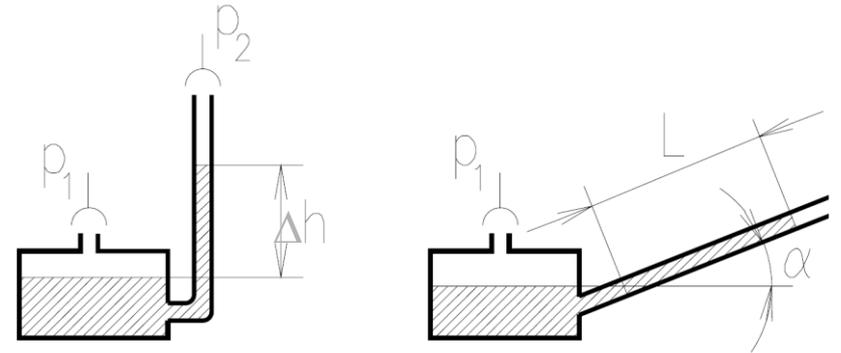
$$\Delta h = L \cdot \sin \alpha$$

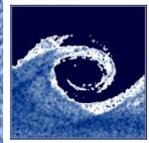
Ablesefehler: $\delta L \sim \pm 1 \text{ mm}$,

Relativer Fehler mit $\alpha = 30^\circ$:

$$\frac{\delta L}{L} = \frac{\delta L}{\frac{\Delta h}{\sin \alpha}} = \frac{1 \text{ mm}}{\frac{10 \text{ mm}}{\sin 30^\circ}} = 0,05 = 5\%$$

Relativer Fehler hängt von dem Winkel ab- $f(\alpha)$

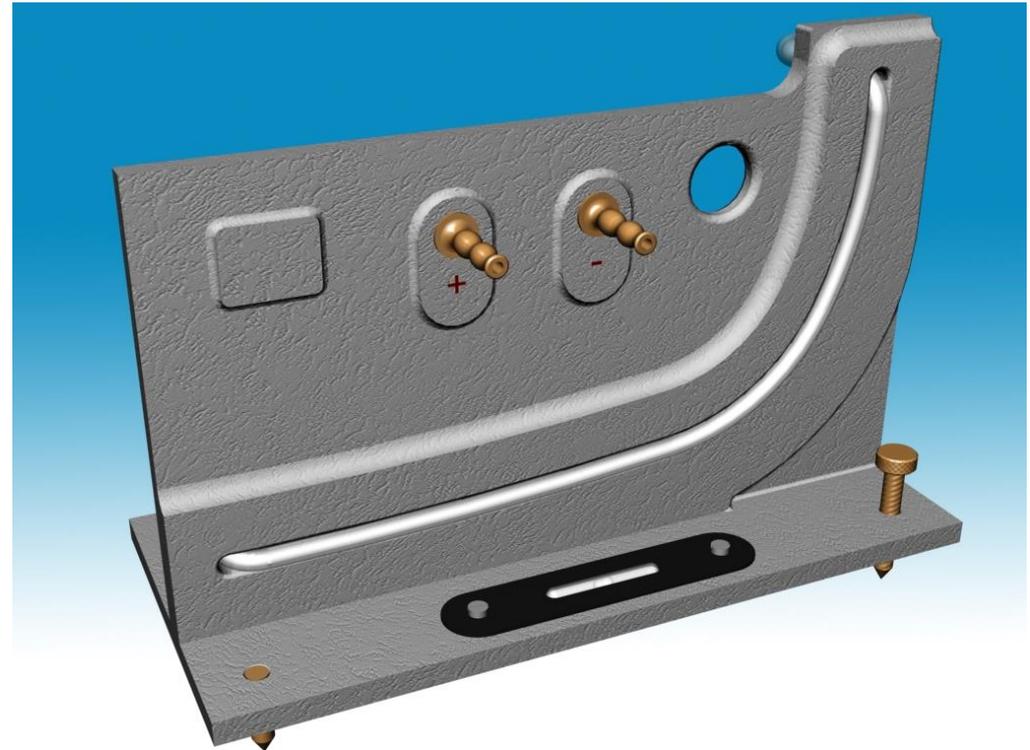
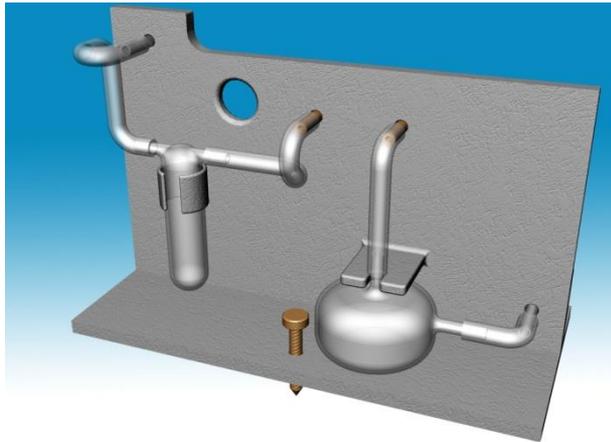


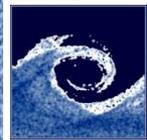


Δp Messung / Mikromanometer mit gekrümmten Rohr

Wurde an der Lehrstuhl für Strömungslehre entwickelt.

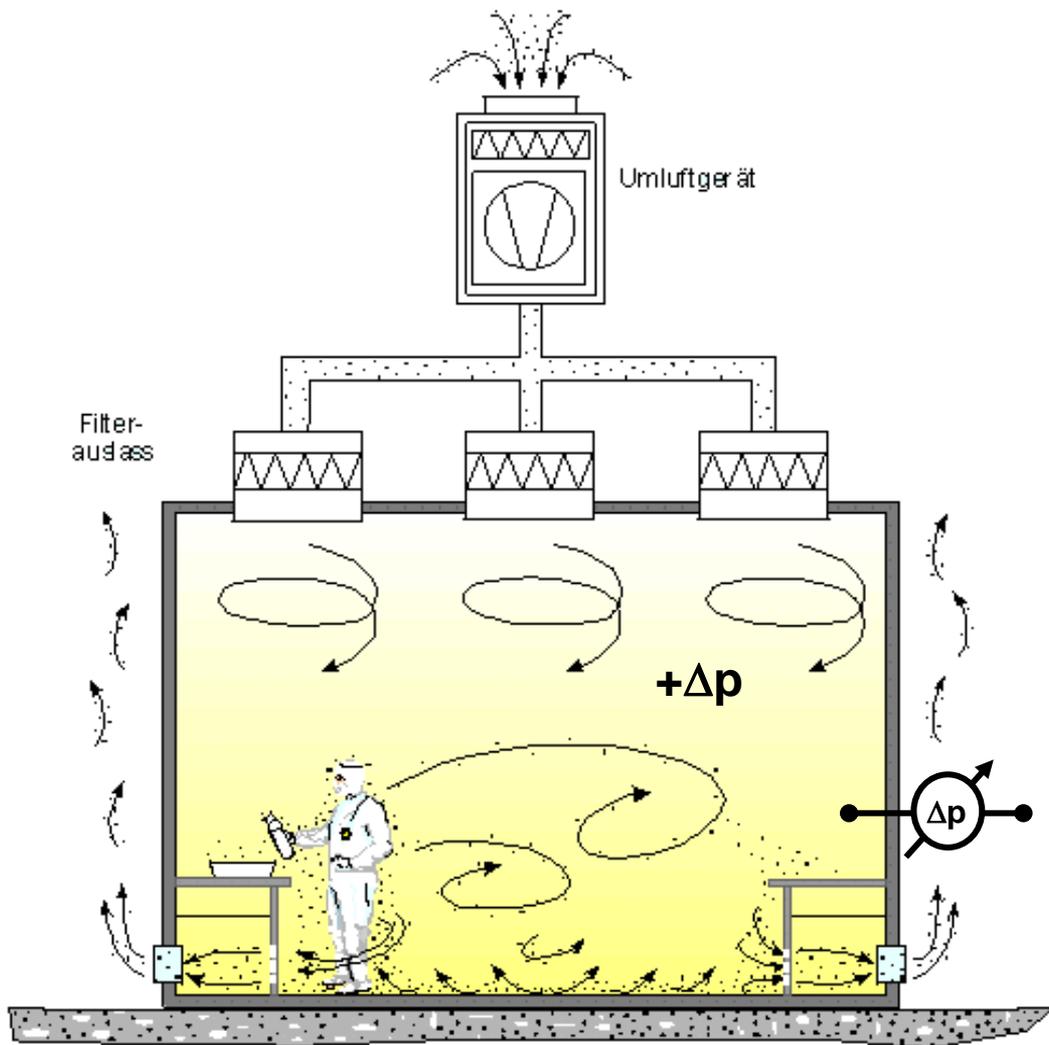
Relativer Fehler wird konstant gehalten im ganzen Messbereich.





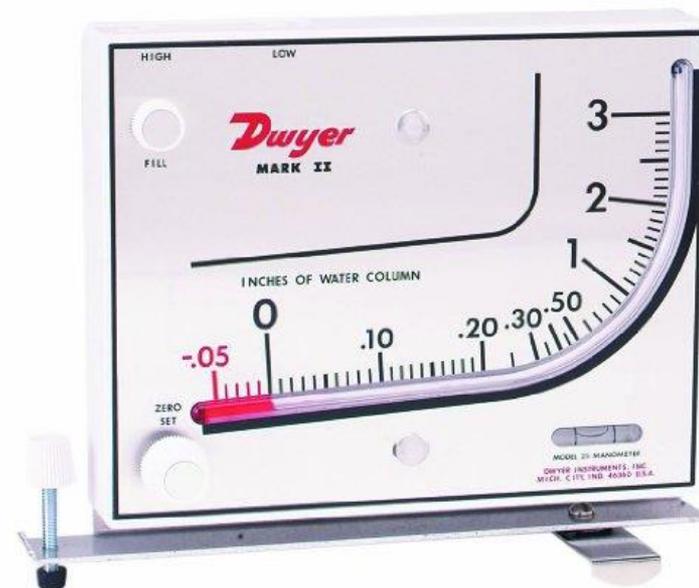
Δp Messung / Mikromanometer mit gekrümmten Rohr

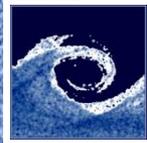
Wo werden heute Rohrmanometer benutzt?



Reinräume: um Einfluss von staubigen Außenluft im Falle eines Lecks zu verhindern es muss **5-50 Pa Überdruck im Reinraum** vorherrschen!

Am einfachsten kann das mit einem Rohrmanometer beim Eingang überprüft werden.





Δp Messung/ EMB-001 Digitalmanometer

Wichtigsten Tasten

Ein/Ausschalten

RECALL

Sensor I/II schalten

Druckdifferenz auf 0 Pa

Schalte Durchschnittszeit (1/3/15s) „Fast/Slow” (F/M/S)

Grüne Taste

„0” danach „STR Nr” (stark empfohlen)

„CH I/II”

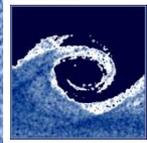
„0 Pa”

„Fast/Slow” (F/M/S)

Druckmessintervall: $\Delta p = \pm 1250 Pa$

Absoluter Fehler: $\delta \Delta p = 2 Pa$

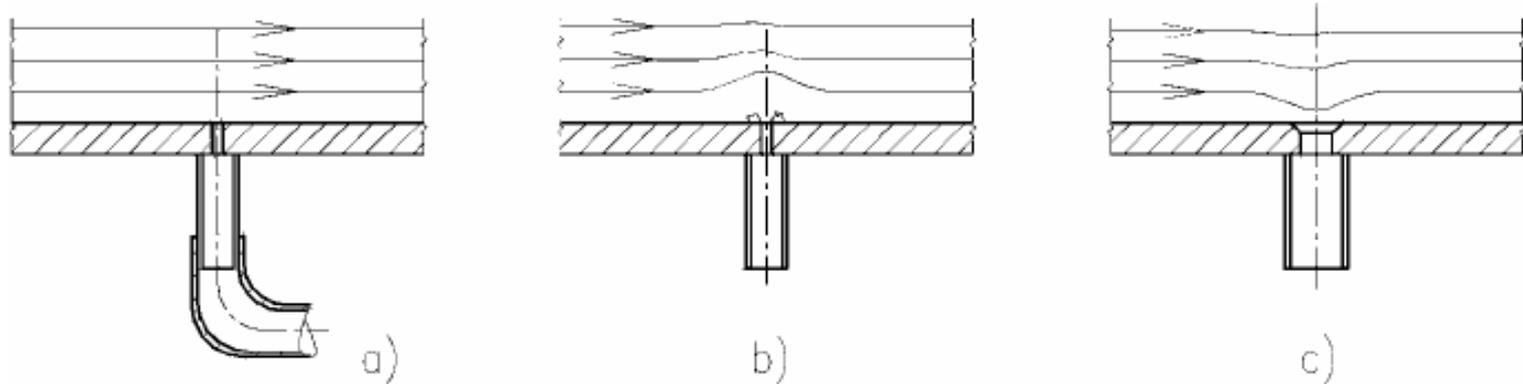




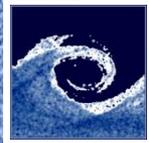
Δp Messung / Statischen Druckmessrohr

Eulersche Gleichung in natürlichen Koordinatensystem,
normale Komponente sagt aus

- Bei parallelen, geraden Stromlinien = Druck hängt nur von Kraftfeld ab
- Bei gekrümmten Stromlinien Druckgradient in Querrichtung

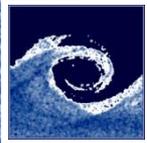


a) richtig b), c) falsch



Geschwindigkeitsmessung

- Pitot-Rohr (Staudrucksonde)
- Prandtl-Rohr (Prandtl'sche Stausonde)



Geschwindigkeitsmessung / Pitot-Rohr

Pitot, Henri (1695-1771), französischer Ingenieur

p_g Druck der angehaltenen Strömung
(Gesamtdruck)

p_{st} Druck auf einer, mit der Strömung parallel
stehenden Oberfläche (statischer Druck)

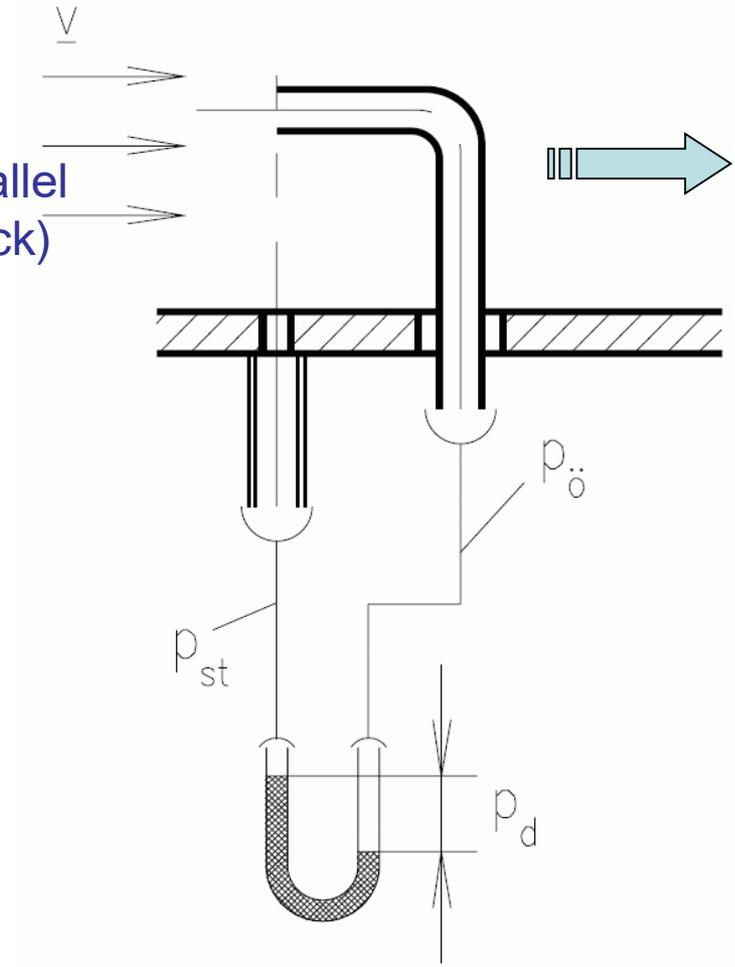
$$p_d = p_g - p_{st}$$

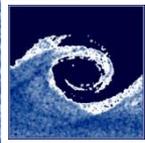
Differenzdruck ist der dynamische Druck:

$$p_d = \frac{\rho_{ny}}{2} \cdot v^2$$

Geschwindigkeit kann berechnet werden:

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho_{ny}} \cdot p_d}$$





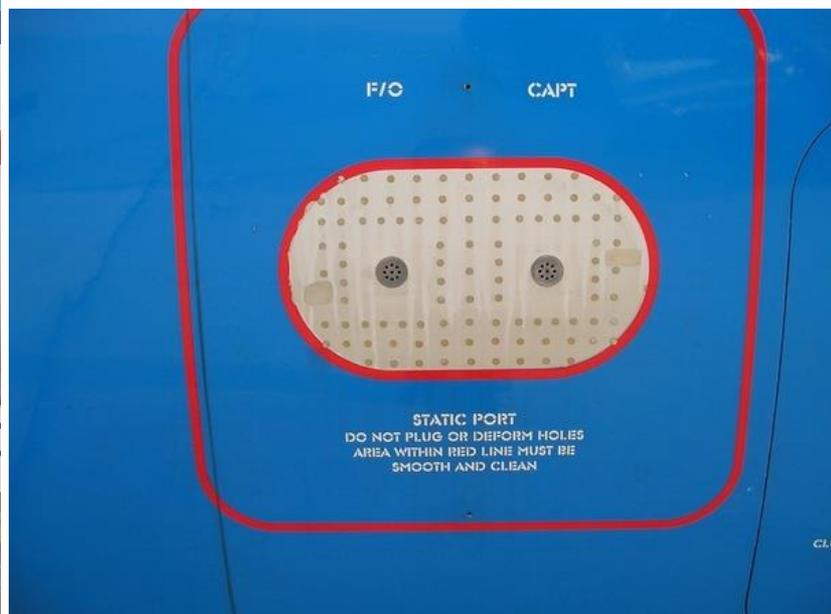
Geschwindigkeitsmessung / Pitot-Rohr

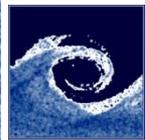
Der Pitot-Rohr ist auch heute der primäre Instrument zur Bestimmung der Fluggeschwindigkeit!

Separate statische Druckmesstellen an der Rumpfseite zur Bestimmung von p_{st}



Embraer E-190





Geschwindigkeitsmessung / Pitot-Rohr

Tragödie des Fluges Air France 447 (2011):
eine der Ursachen war die Vereisung einer der Pitot-Rohren!

Im freien Fall

Die letzten Minuten des Fluges AF 447 von Rio de Janeiro nach Paris



2.09 Uhr: (koordinierte Weltzeit)

Der Airbus A330 fliegt auf 10700 Meter Höhe seit über einer halben Stunde durch eine Unwetterfront mit starken Turbulenzen.

2.10 Uhr:

Eiskristalle aus den Wolken verstopfen die Pitot-Sonden unterhalb der Pilotenkanzel.
Die Geschwindigkeitsanzeige fällt daraufhin aus, und diverse Warnmeldungen erscheinen auf den Kontrollmonitoren im Cockpit.
Autopilot und automatische Schubsteuerung fallen aus.
Die Flugcomputer schalten auf Notsteuerung (Alternate Law 2) um.

2.11 Uhr:

Die Piloten verlieren die Kontrolle über das Flugzeug.
Möglicherweise kommt es zum Strömungsabriss (Deep Stall).

2.12 Uhr:

Die unkontrollierbare Maschine rast wahrscheinlich mit einer Sinkgeschwindigkeit von 2500 Metern in der Minute der Meeresoberfläche entgegen.

2.13 Uhr:

Die verzweifelten Piloten starten vermutlich die Flugcomputer neu, um die Kontrolle über das Flugzeug zurückzugewinnen.

2.14 Uhr:

Das Bodenabstandsradar schlägt bei 600 Metern über dem Meer an. Akustische Warnung im Cockpit: Terrain! Terrain! Pull up! Pull up!



DEB SPIEGEL

Funktionsweise des Pitot-Rohres

1 Abhängig von der Geschwindigkeit des Flugzeugs verändert sich die Luftströmung, die auf das Pitot-Rohr trifft. Ein Messgerät ermittelt den Gesamtdruck.

2 Zusätzlich wird der Luftdruck (statische Druck) gemessen, der das Pitot-Rohr umgibt.

3 Aus der Differenz von Gesamtdruck und statischem Druck wird die Fluggeschwindigkeit errechnet und den Piloten im Cockpit angezeigt.

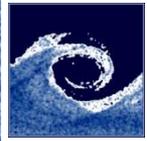
4 Wenn die Öffnung des Pitot-Rohres vereist, können weder Druck noch Differenz gemessen werden.



Aufprall:

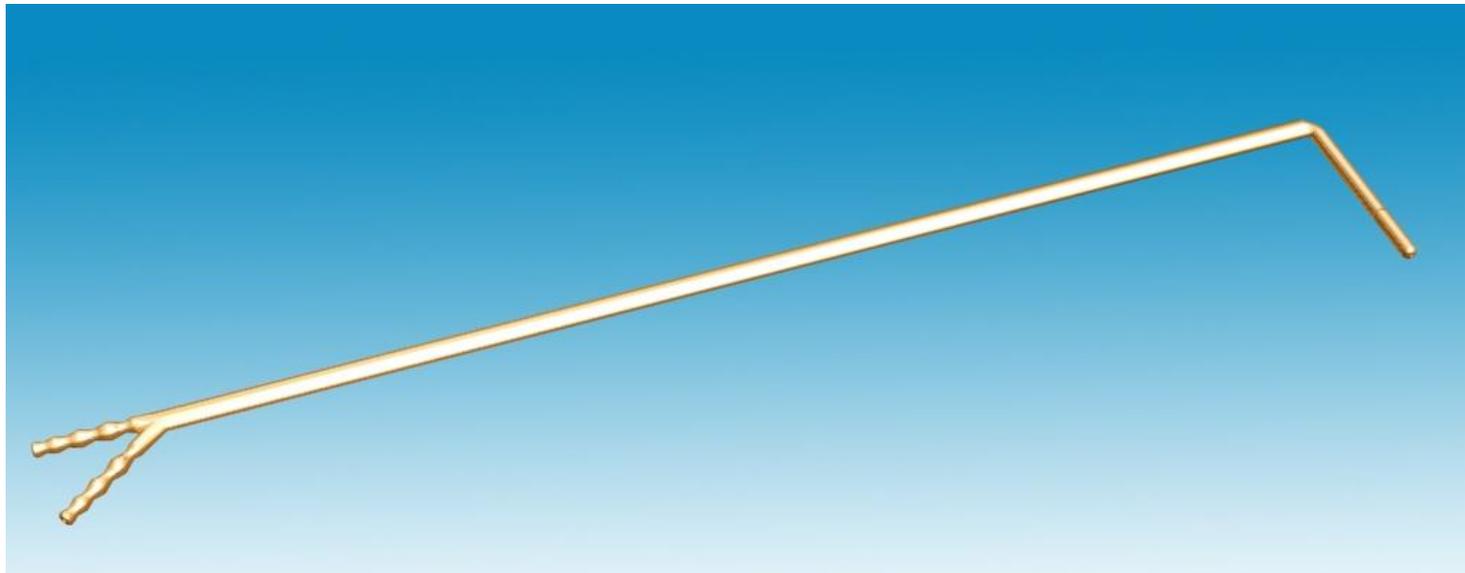
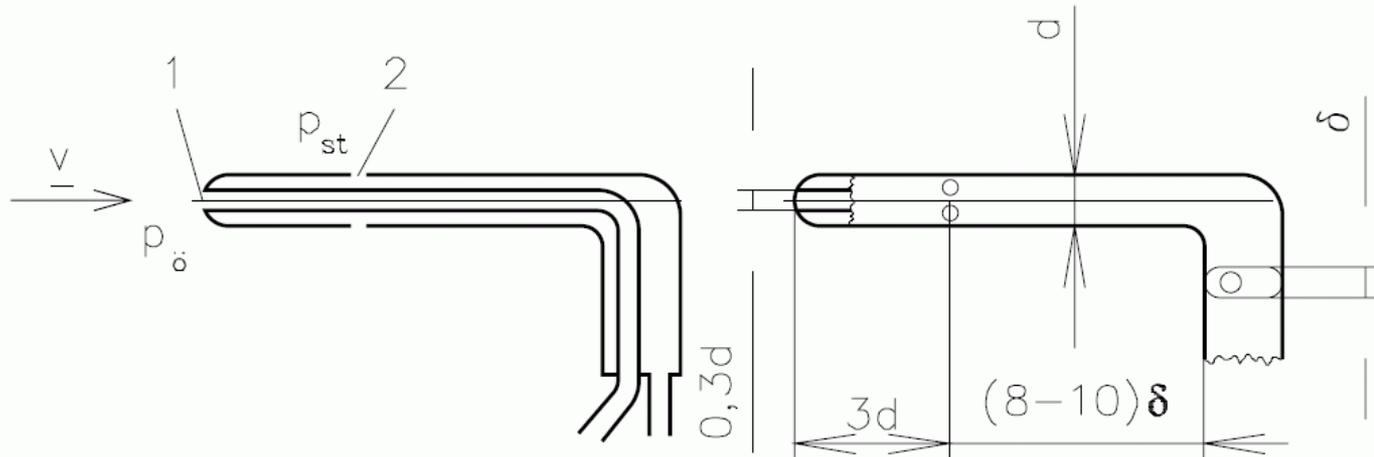
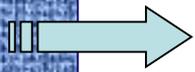
Das noch intakte Flugzeug schlägt mit der Wucht von mehr als der 36-fachen Erdbeschleunigung und einer nur um fünf Grad leicht angehobenen Spitze flach auf das Wasser. Das Seitenleitwerk trennt sich ab und fliegt nach vorn.

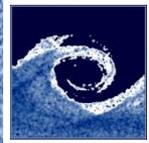




Geschwindigkeitsmessung / Prandtl -Rohr

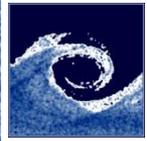
Prandtl, Ludwig von (1875-1953), deutscher Forscher der Strömungsmechanik





Volumenstrommessung

- Definition des Volumenstromes
- Auf Geschwindigkeitsmessung basierende Methoden
 - Für Nicht-Kreisquerschnitten auch möglich
 - Für Kreisquerschnitt in Normen festgelegt
 - 10-Punkt Methode
 - 6-Punkt Methode
- Differenzdruck-Verfahren (Querschnittsverengungen)
 - Venturi-Rohr
 - Durchflussmessblende
 - Saugmessblende
 - Messtrichter



Durchschnitts aus mehreren gemessenen v Werten

Durchschnitt aus den Wurzeln \neq Wurzel aus den Durchschnittswerte (!)

$$v_i = \sqrt{\frac{2}{\rho_{ny}} \cdot \Delta p_i}$$

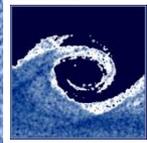
$$v_1 = \sqrt{\frac{2}{\rho_{ny}} \cdot \Delta p_1}$$

1.	2.
3.	4.

$$\bar{v} = \frac{\sqrt{\frac{2}{\rho_{ny}} \cdot \Delta p_1} + \sqrt{\frac{2}{\rho_{ny}} \cdot \Delta p_2} + \sqrt{\frac{2}{\rho_{ny}} \cdot \Delta p_3} + \sqrt{\frac{2}{\rho_{ny}} \cdot \Delta p_4}}{4} \neq \sqrt{\frac{2}{\rho_{ny}} \cdot \frac{\Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4}{4}}$$

RICHTIG

FALSCH



Volumenstrommessung / auf Geschw. basierend

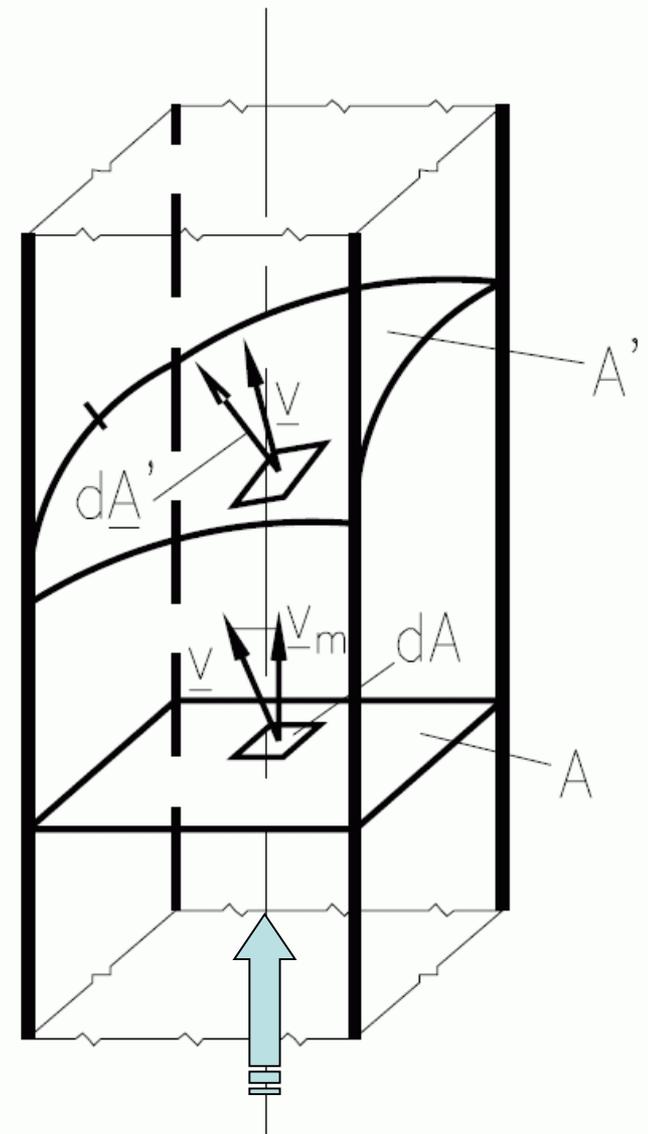
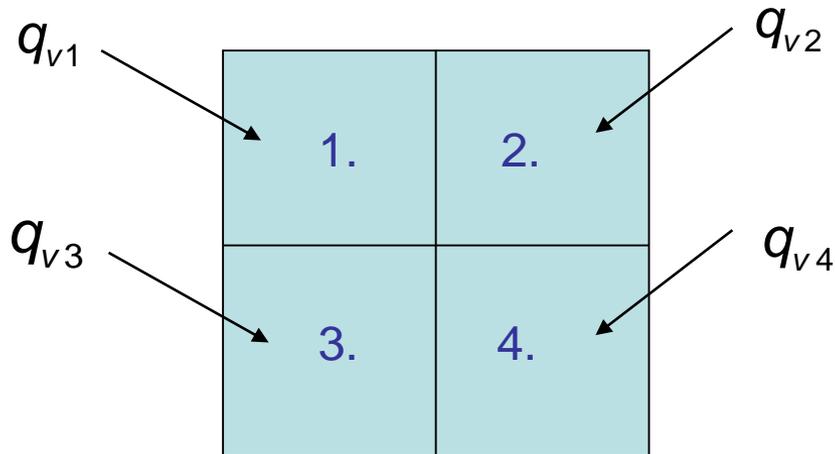
Nicht Kreisquerschnittsrohre

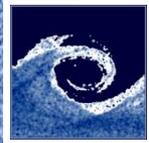
$$q_v = \int_A \underline{v} \cdot d\underline{A} \approx \sum_{i=1}^n v_{m,i} \cdot \Delta A_i$$

Wenn:

$$\Delta A_1 = \Delta A_2 = \Delta A_i = \frac{A}{n}$$

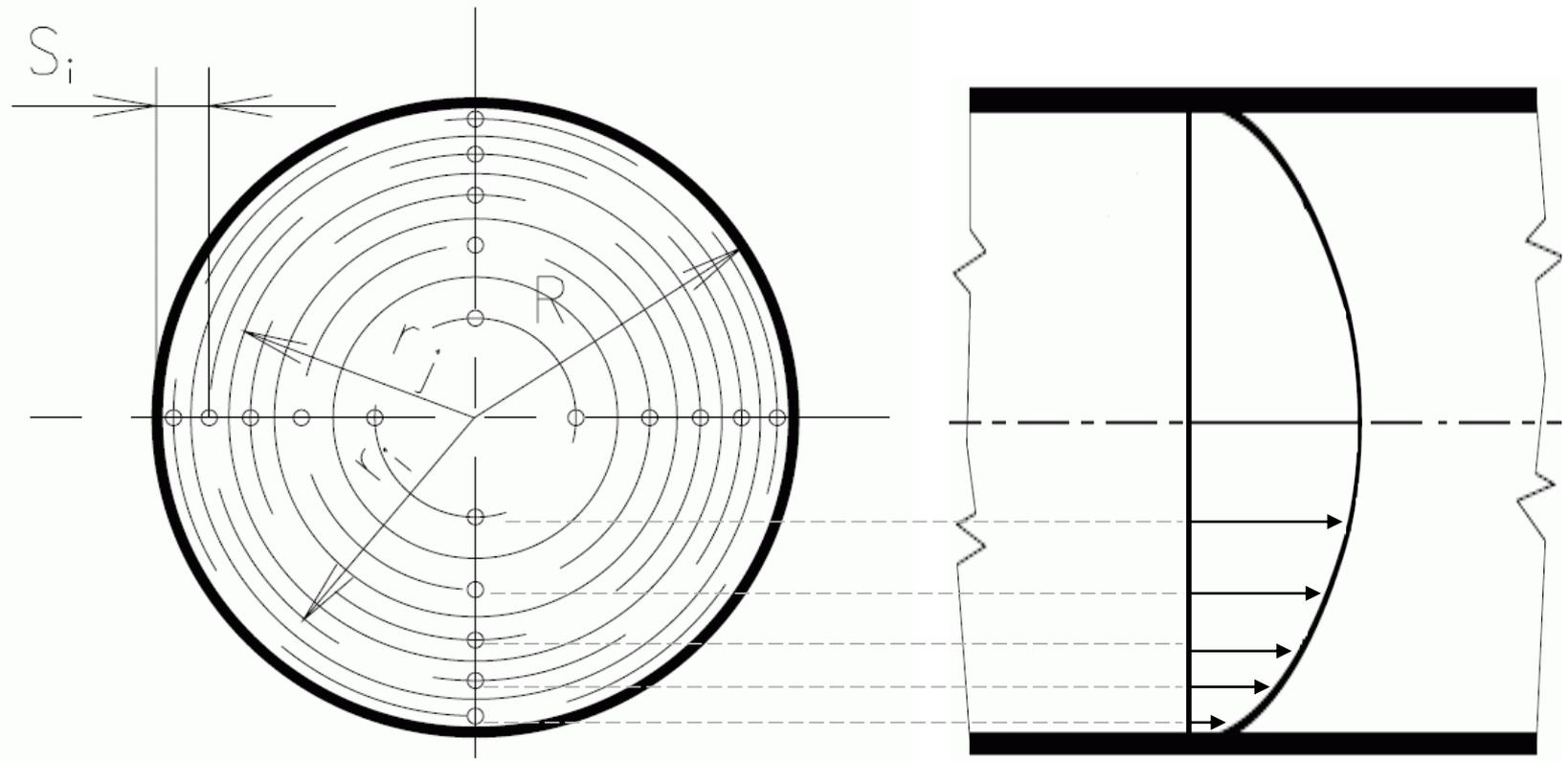
$$q_v = \Delta A_i \cdot \sum_{i=1}^n v_{m,i} = \frac{A}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_{m,i} = A \cdot \bar{v}$$





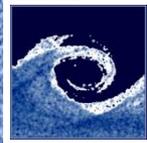
Volumenstrommessung / auf Geschw. Basierend I. **Kreisquerschnitt, 10 Punkt (6Punkt) Methode**

- Brauchbar für paraboloidförmigen (10P Methode) und für turbulente Geschwindigkeitsverteilung (6P Methode)
- Stationären Strömung



Methode in Norm festgelegt, Messpunkte aus dem Norm (**MSZ 21853/2**):

$S_i/D = 0.026, 0.082, 0.146, 0.226, 0.342, 0.658, 0.774, 0.854, 0.918, 0.974$



Volumenstrommessung / auf Geschw. Basierend II. Kreisquerschnitt, 10 Punkt (6 Punkt) Methode

$$q_v = A \cdot \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_{10}}{10}$$

Teilquerschnitte müssen die gleiche Grösse haben:

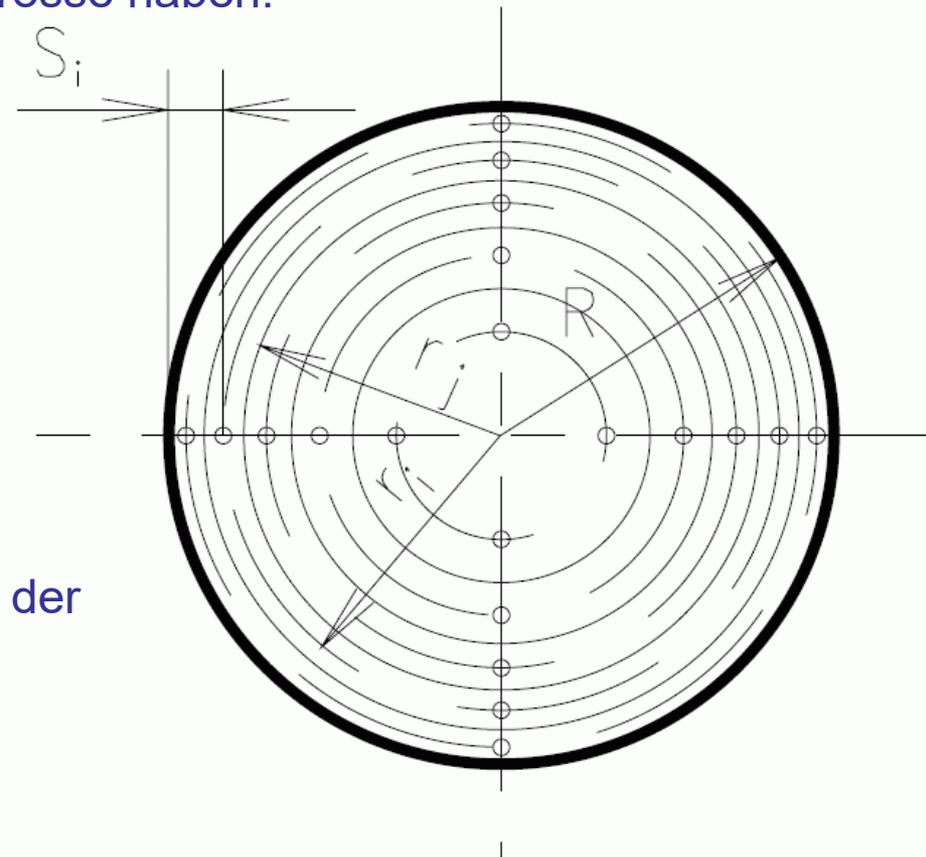
$$A_1 = A_2 = \dots = A_{10}$$

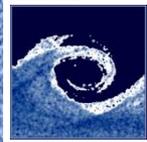
Vorteile:

Strömung wird nicht gestört
Optimal zur individuellen Messung
Einfach, leicht verwirklichtbar

Nachteil:

Stationären Strömung nötig während der
Messung
Messfehler kann grösser sein





Volumenstrom / Differenzdruck-Verfahren

Venturi-Rohr

Bei niedrigen Druckveränderung
($\rho = \text{konst.}$):

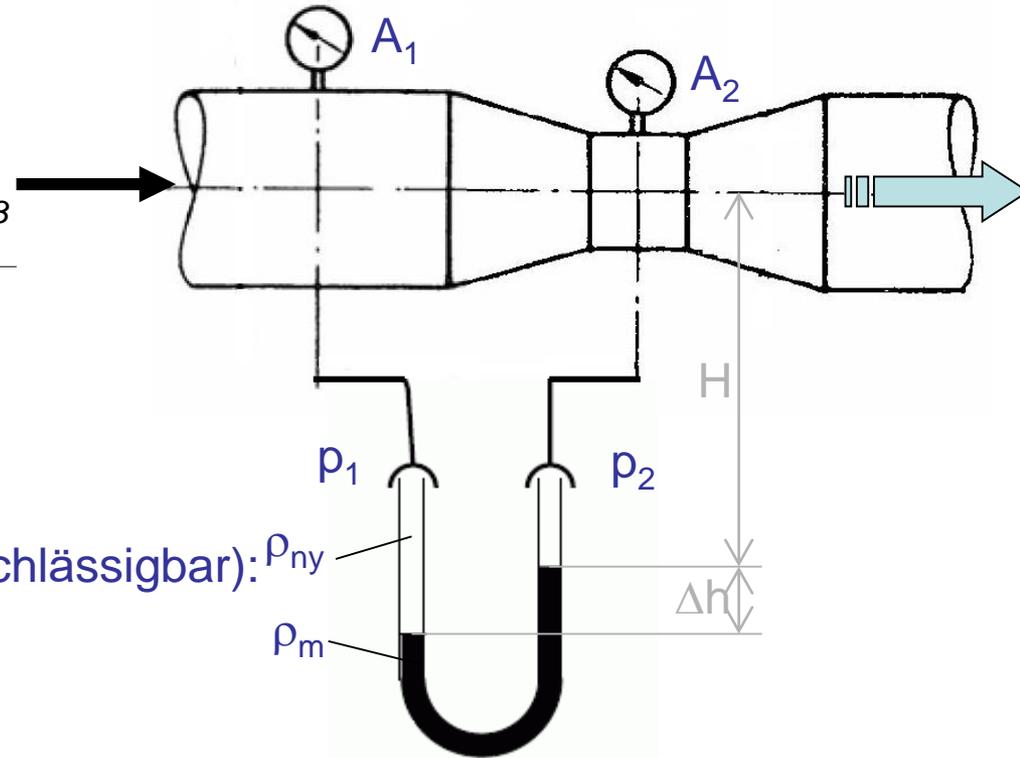
$$q_v = v \cdot A = \text{konst} \quad [q_v] = \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$q_v = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

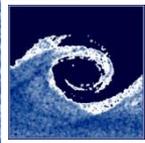
Bernoullische Gleichung

($\rho = \text{konst.}$, $U = \text{konst.}$, Verluste vernachlässigbar):

$$p_1 + v_1^2 \cdot \frac{\rho_{ny}}{2} = p_2 + v_2^2 \cdot \frac{\rho_{ny}}{2}$$



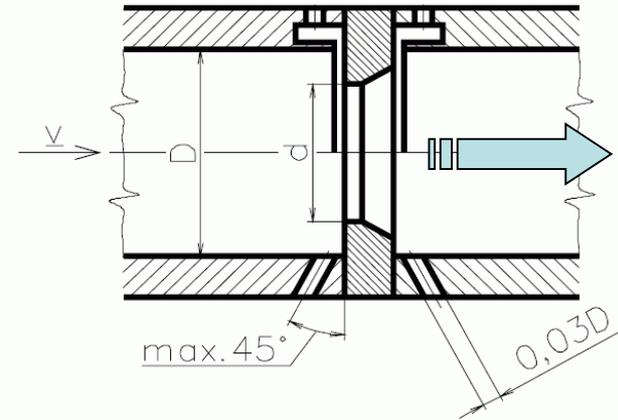
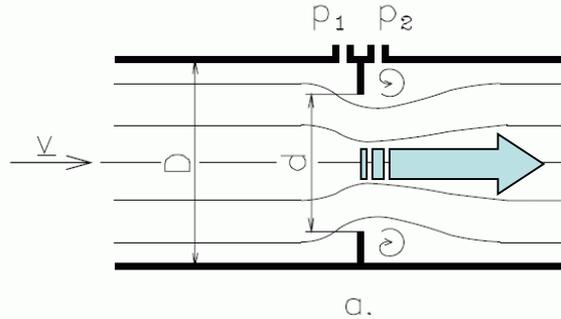
$$v_1 = \sqrt{\frac{(\rho_m - \rho_{ny}) \cdot g \cdot \Delta h}{\frac{\rho_{ny}}{2} \cdot \left[\left(\frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1 \right]}} = \sqrt{\frac{\Delta p}{\frac{\rho_{ny}}{2} \cdot \left[\left(\frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1 \right]}}$$



Volumenstrom / Differenzdruck-Verfahren

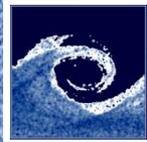
Durchflussmessblende

In Norm festgelegt => sehr genau



$$q_v = \alpha \cdot \varepsilon \cdot \frac{d_{mp}^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta p_{mp}}{\rho}}$$

- $\beta = d_{mp}/D$ Durchmesser Verhältnis,
- d_{mp} [m] Durchmesser der Bohrung
- D [m] Durchmesser der Rohrleitung
- $Re_D = vD/\nu$ **Reynolds-Zahl**
- v [m/s] Durchschnittsgeschwindigkeit in der Rohrleitung
- ν [m²/s] kinematische Viskosität
- Δp_{mp} [Pa] Druckunterschied gemessen an der Messblende
- ε Kompressibilitätsfaktor ($\varepsilon = \varepsilon(\beta, \tau, \kappa) \sim 1$ wenn $\Delta p_{mp} > 5000 \text{ Pa}$, und p_1 nahe atmosphärisch)
- α Durchflusszahl, $\alpha = (\beta, Re_D)$ (in Norm definiert!)
- κ Isentropische Exponente

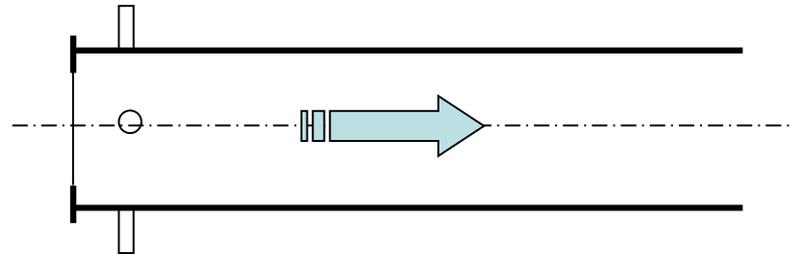


Volumenstrom / Differenzdruck-Verfahren Saugmessblende, nicht normiert

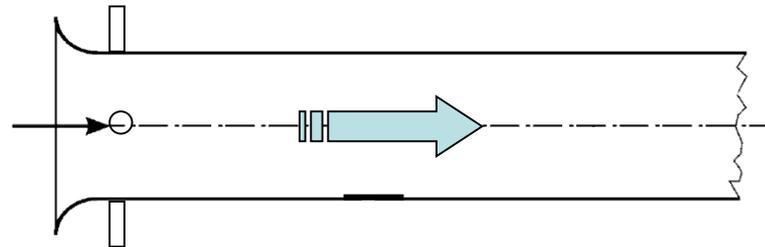
Nicht genormt

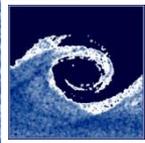
$$q_v = \alpha \cdot \varepsilon \cdot \frac{d_{mp}^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{mp}}{\rho}}$$

$$\alpha = 0,6$$



$$q_v = k \cdot \frac{d_{besz}^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{mp}}{\rho}}$$





Messfehlerabschätzung bei einem Messwert I.

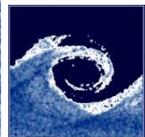
- Absoluter Fehler: (mérési bizonytalanság): az a tartomány, amin belül a mért adat 95% valószínűséggel található (2σ).
- **Angabe bei Messwert X :** δX
- Angabe des Messwertes mit Fehler als: $X \pm \delta X$
- Relativer Fehler: $\delta X / X$
- **Fortpflanzung des Messfehlers in das berechnete Wert (R) :**

$$R = R(X)$$

$$\delta R = \frac{\partial R(X)}{\partial X} \cdot \delta X$$



**Differential-
quotient**



Messfehlerabschätzung bei einem Messwertn II.

Beispiel: Schrägrohrmanometer

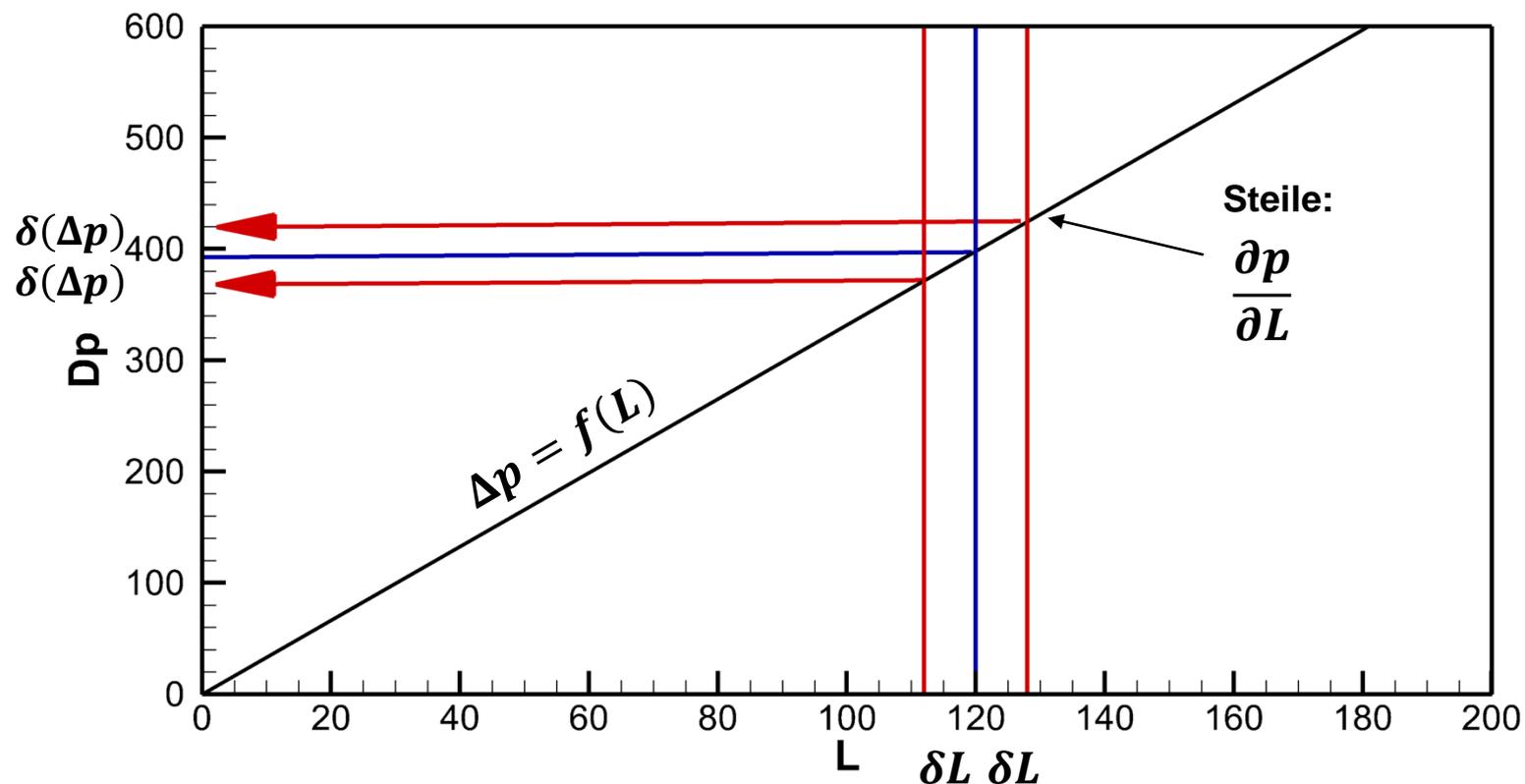
$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot L \cdot \sin(\alpha)$$

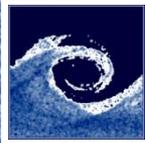
$$\delta L = \pm 8 \text{ mm}$$

$$\delta(\Delta p) = \frac{\partial p}{\partial L} \cdot \delta L$$

$$\delta(\Delta p) = ?$$

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3, \alpha = 25^\circ$$





Messfehlerabschätzung bei mehreren Messwerten I.

- Bei mehreren, mit Fehler belasteten Messwerten :

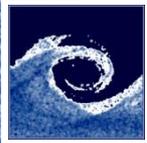
$$R = R(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

$$\delta R = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial R(X_i)}{\partial X_i} \cdot \delta X_i \right)^2}$$

Warum werden nicht die verursachte Fehler einfach summiert?

$$\left(\delta R = \sum_{i=1}^n \frac{\partial R(X_i)}{\partial X_i} \cdot \delta X_i \right) \text{ (falsch)}$$

Weil Fehler stochastisch auftreten, und beeinflussen das berechnete Wert manchmal nach oben, manchmal nach unten. Das heißt, der Fall, dass alle Fehler gleichzeitig das berechnete Wert in eine Richtung abweichen lassen, unwahrscheinlich ist.



Messfehlerabschätzung bei mehreren Messwerten II.

Beispiel: Schrägrohrmanometer

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot L \cdot \sin(\alpha)$$

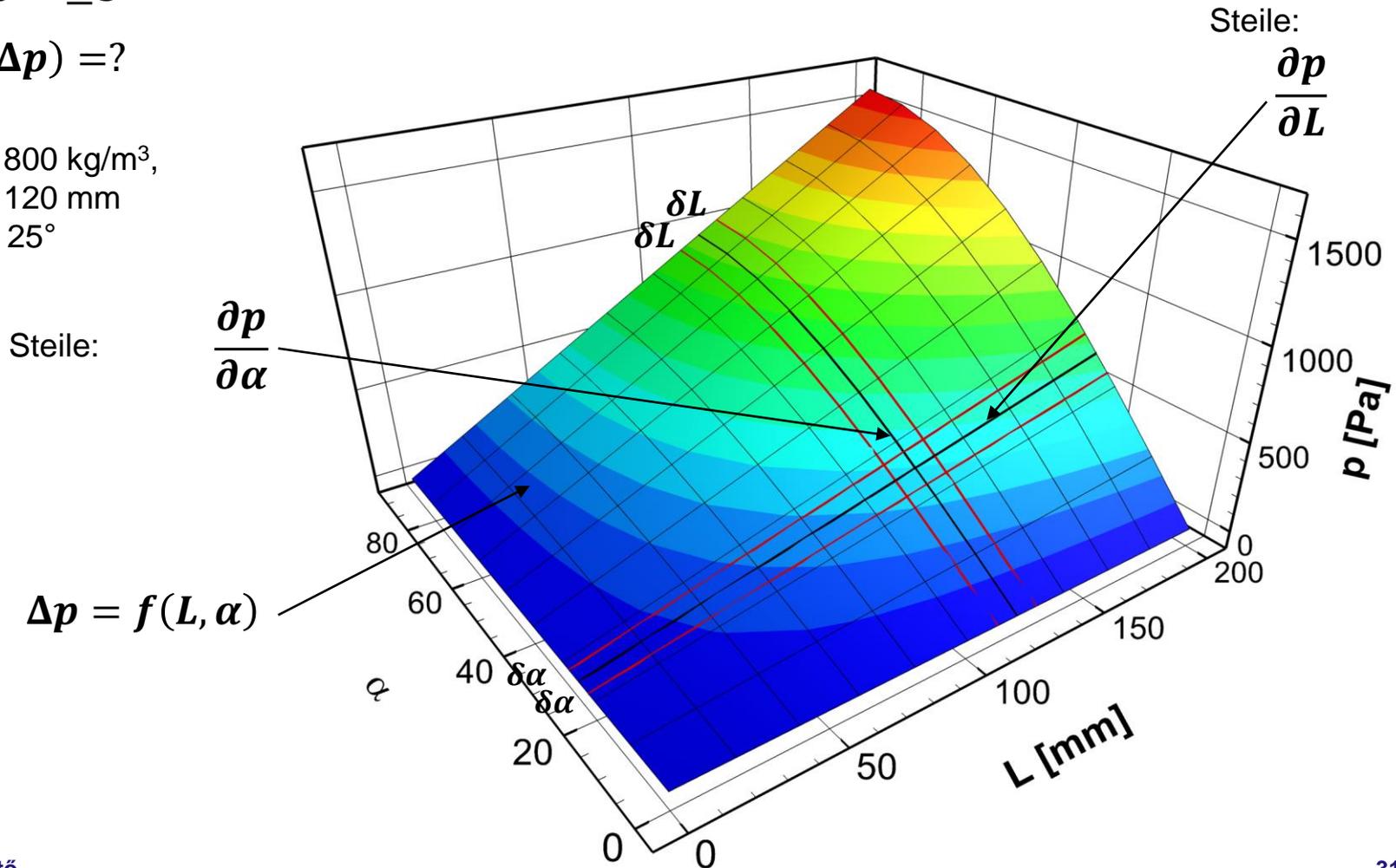
$$\delta L = \pm 8 \text{ mm}$$

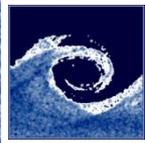
$$\delta \alpha = \pm 3^\circ$$

$$\delta(\Delta p) = ?$$

$$\delta(\Delta p) = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial L} \cdot \delta L\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial \alpha} \cdot \delta \alpha\right)^2}$$

$$\begin{aligned} \rho &= 800 \text{ kg/m}^3, \\ L &= 120 \text{ mm} \\ \alpha &= 25^\circ \end{aligned}$$





Messfehlerabschätzung bei mehreren Messwerten I. **Messfehler der Geschwindigkeitsmessung**

Dynamischer Druck gemessen mit Prandtl-Rohr:

$$p_d = 486,2 \text{ Pa}$$

Umweltparametern:

$$p_0 = 1010 \text{ hPa} \quad ; \quad T = 22^\circ \text{C} \quad (293 \text{ K});$$

Spez. Gaskonstante des Luftes

$$R = 287 \text{ J/kg/K}$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho_{lev}} \cdot \Delta p_d}$$

$$\rho_{lev} = \frac{p_0}{R \cdot T}$$

$$v = 28,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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

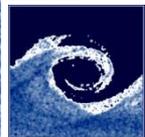
$$v = f(T, p_0, \Delta p_d, \text{Konstante})$$

Messvariablen mit Messfehler belastet (X_i):

Ablesefehler des atm. Druckes $\delta p_0 = 100 \text{ Pa}$

Messfehler der Temperaturmessung, $\delta T = 1 \text{ K}$

Messfehler der Druckmessung (EMB-001) $\delta(\Delta p_i) = 2 \text{ Pa}$



Messfehlerabschätzung bei mehreren Messwerten II. Messfehler der Geschwindigkeitsmessung

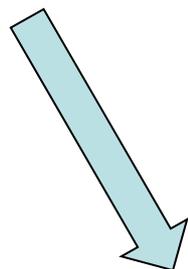
Absoluter Fehler allgemein

$$\delta R = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\delta X_i \cdot \frac{\partial R}{\partial X_i} \right)^2}$$

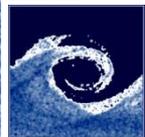
$$R = v$$

$$X_1 = T; X_2 = p_0; X_3 = \Delta p_d$$

(δp , δT , $\delta(\Delta p_d)$)



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial v}{\partial T} = \sqrt{2R} \cdot \frac{1}{2} \cdot T^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_0}} \cdot \sqrt{\Delta p_d} = 0,00366 \frac{m}{s \cdot K} \\ \frac{\partial v}{\partial p_0} = \sqrt{2R} \cdot \sqrt{T} \cdot \frac{-1}{2} \cdot p_0^{-\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\Delta p_d} = 1,4 \cdot 10^{-4} \frac{m}{s \cdot Pa} \\ \frac{\partial v}{\partial \Delta p_d} = \sqrt{2R} \cdot \sqrt{T} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_0}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta p_d^{-\frac{1}{2}} = 0,029 \frac{m}{s \cdot Pa} \end{array} \right.$$



Messfehlerabschätzung bei mehreren Messwerten III. Messfehler der Geschwindigkeitmessung

Absoluter Fehler der Geschw. Messung:

$$\delta v = \sqrt{\left(\delta T \cdot \sqrt{\frac{2R}{\rho_0}} \Delta p_d \cdot \frac{1}{2} \cdot T^{-\frac{1}{2}} \right)^2 + \left(\delta p_0 \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot T} \cdot \Delta p_d \cdot \frac{-1}{2} \cdot p_0^{-\frac{3}{2}} \right)^2 + \left(\delta(\Delta p_d) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot T}{\rho_0}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta p_d^{-\frac{1}{2}} \right)^2}$$

$$\delta v = 0,07739 \text{ m/s}$$

$$v = 28,5497 \text{ m/s}$$

Unsichere Ziffer!

**Max. 2 unsichere Ziffer
anzugeben!**

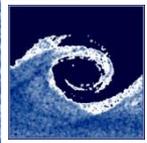
Relativer Fehler:

$$\frac{\delta v}{v} = 0,0027 \cong 0,27\%$$

Ergebnis mit dem Fehler:

$$v = 28,55 \pm 0,08 \text{ m/s}$$

Berechnete Werte im Protokoll in dieser Form angeben!



Infomaterialien

www.ara.bme.hu/poseidon

Sprache wählen (rechts oben)

login ->username: neptun-kennzeichen (kleine Buchstaben),

password: NEPTUN KENNZEICHEN (kapitale Buchstaben)

„Egyéb tantárgyinformációk” / „Course Informations”

BMEGEATAG11 -> deutsch

Oder www.ara.bme.hu

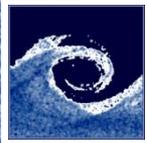
In ungarisch > „Letöltés” > „Tantárgyak” > BMEGEATAG11 ->deutsch

oder direkt:

www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATAG11/DEUTSCH

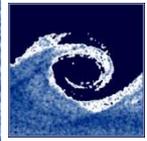
Selbstkontrolle von Laborprotokolle:

www.ara.bme.hu/lab



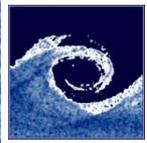
Vorbereitung für die Labormessungen

- In Vorbereitung auf die Labormessungen, müssen alle Mitglieder der Messgruppe die Messung kennenlernen.
- In dem Poseidon-System muss überprüft werden, welche Messung und welche Aufgabe zu der Gruppe zugeordnet ist (zB. M03 / c).
- Eine Hand geschriebener Messungsplan muss durch die Laborleiters vorbereitet werden. Diese Übersicht sollte folgende Angaben enthalten:
 - Informationen der Messgruppe (Namen, Neptun Kennzeichen)
 - Raum für die Unterschrift des Messungsvorgesetzten.
 - Eine Liste der Instrumente, die während der Messung verwendet werden, und Raum für die Seriennummern, die während der Messung dokumentiert werden sollen.
 - Eine Tabelle für die Dokumentation der gemessenen und berechneten Werte (zB. Atmosphärischer Druck, Temperatur, etc.)
 - Die Gleichungen, die notwendig sind, um die Messung und den damit zusammenhängenden Berechnungen abzuschließen, und Platz für die Überprüfung der Berechnungen.
- 1 Stück A4-Millimeterpapier muss mitgebracht werden



Während der Labormessung

- Zu Beginn des Labors der Hand geschriebene Messungsplan wird durch den leitenden Doktoranden/Assistenten überprüft, und Fragen werden gestellt, um zu prüfen, ob die Gruppe für die Messung vorbereitet ist.
 - Wenn die Gruppe nicht vorbereitet ist, werden sie zur Wiederholung zurückgerufen.
 - Während die Messung stellt der leitender Doktorand/Assistent Aufgaben um die Messwerte und die Kalkulationen zu prüfen

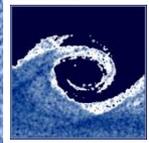


Nach der Messung

- Ein Protokoll muss über die Messung gefertigt werden.
- Für die Labormessungen, bei denen eine automatische Kontrolle der Berechnungen im Internet möglich sind, müssen die Berechnungen überprüft und vom System akzeptiert werden.

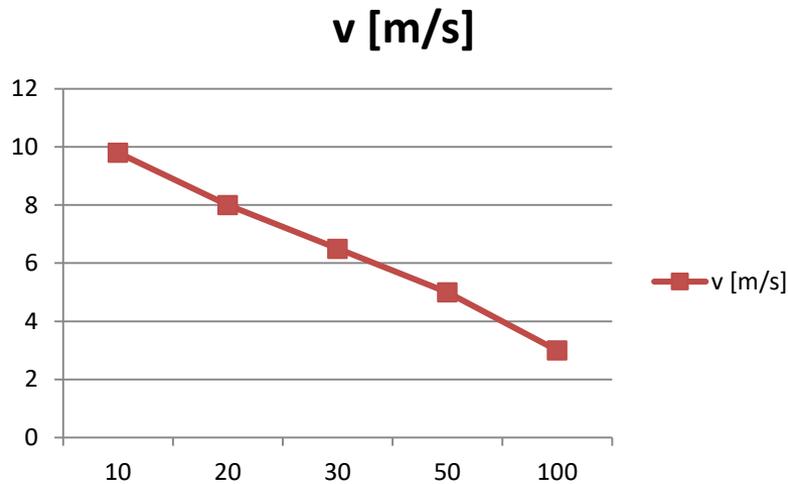
www.ara.bme.hu/lab

- Nachdem die Berechnungen akzeptiert sind, muss das Protokoll mit den Berechnungen (pdf+xls in einem Zip File) in das Poseidon-System aufgeladen werden.
- Die Protokolle sollen bis Ende der Woche nach der Messwoche aufgeladen werden.
- Die Messprotokolle werden innerhalb von 2 Tagen überprüft, und die Messgruppe wird durch Poseidon darüber informiert. Wenn das Protokoll nicht akzeptiert wurde, gibt es eine Möglichkeit, das Protokoll in einer Woche zu korrigieren.

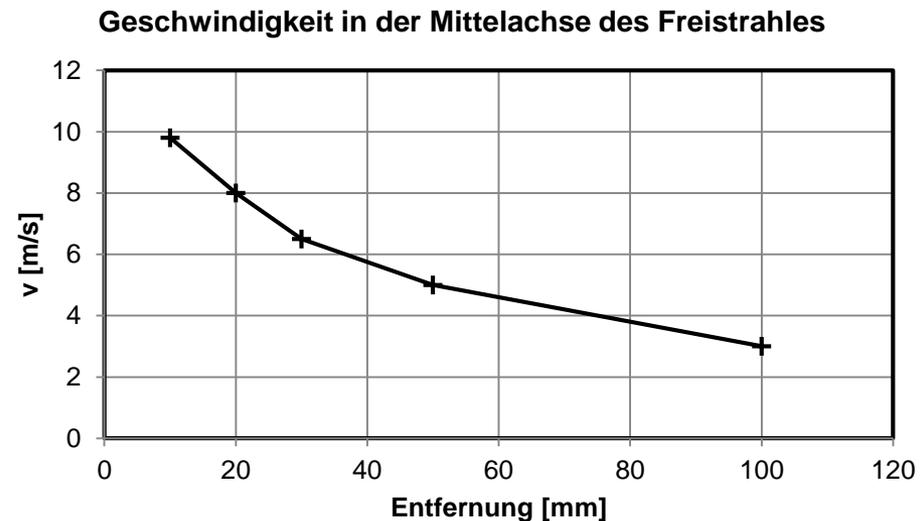


Wie ein Diagramm aussehen soll

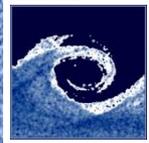
- Excel-Rechentabelle muss dem Protokoll beigelegt werden
- Diagrammtyp muss ‚XY plot‘ sein!



Falsch
(X Achse enthält nur Aufschriften)



Gut
(X Achse enthält Zahlen)



Wie ein Diagramm aussehen soll

Falsch und unschön

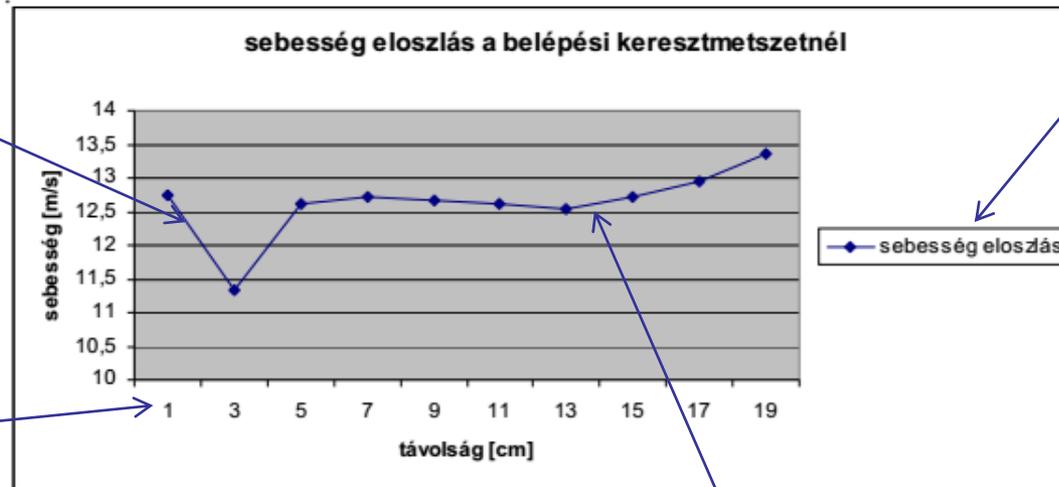
Überflüssige Farbe

Warum grauer Hintergrund?

Falscher Diagrammtyp

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Áramlástan Tanszék[®]

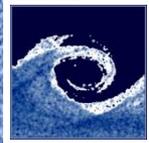


Zeichenerklärung überflüssig, sie nimmt Platz vom Diagramm weg

Außeres Rahmen überflüssig

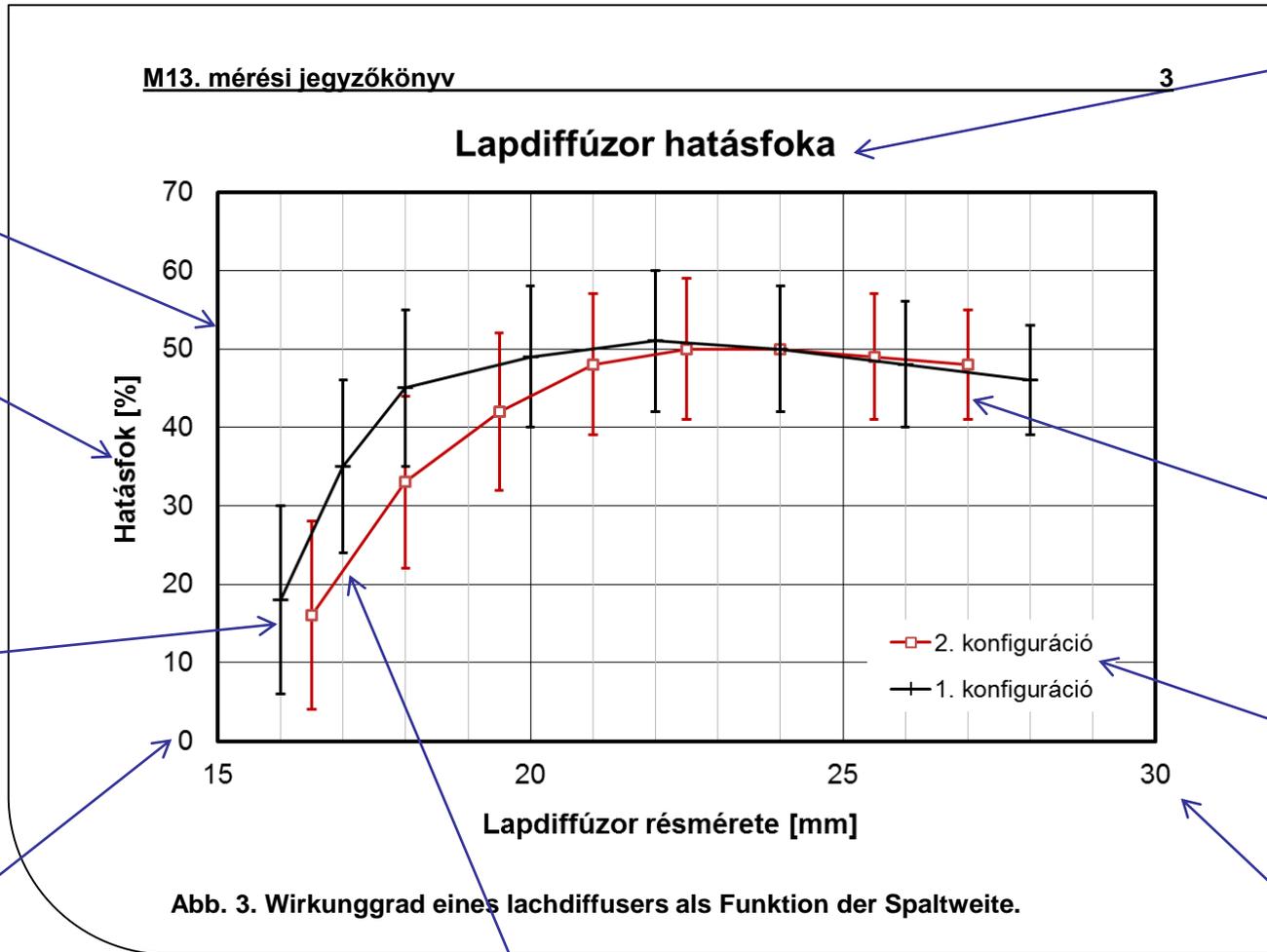
Mindkét helyen számoltunk átlagsebességet is a $v = \frac{\sum v_i}{n}$ képlet segítségével, ahol $n=10$. Ez alapján a kilépésnél 10,997 m/s, a belépésnél pedig 12,626 m/s az átlag sebesség.

Kein Fehlerbalken



Wie ein Diagramm aussehen soll

Ein schönes Diagramm



Diagrammtitel
(nicht unbedingt nötig)

Kontrastreiche Farben

Zeichenerklärung

Diagramm nutzt Seitenbreite aus

M13. mérési jegyzőkönyv

Lapdiffúzor hatásfoka

3

Rahmen: 1.5-2 pt, Gitter: 0.5 pt.

Achse bennant [Dimension]

Schriftgröße lesbar

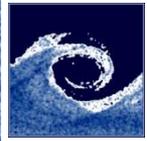
Fehlerbalken

Wertachse startet mit 0

(Keine Autoskaliierung!)

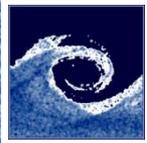
Punkte mit Geraden verbunden

(nur die Zusammengehörigkeit wird damit indiziert)



Nach der Labormessung

- Konsultation:
 - Bei Balázs Istók, nach E-mail-Vereinbarung
- Voraussetzungen für das Protokoll:
 - Das Protokoll kann maximal 6 Seiten lang + der gewünschten Protokolltitelseite + Anlagen sein.
 - Die Anlagen müssen die folgenden enthalten:
 - von Hand geschriebener und ausgefüllter Messplan in gescanntem Format
 - Kalibration des Digitaldruckmessers
- Alle Laborprotokolle müssen original und von der Messgruppe gefertigt sein! Jeder kopierter Teil, der nicht von der Gruppe gefertigt ist muss mit Literaturreferenz an stelle des Vorkommens gekennzeichnet und in der Literaturverzeichnis aufgezählt werden. Das Aufladen von kopierten Protokollen wird streng bestraft!



Präsentation

- Beispiel an der Webseite zu finden
- 8 Minuten-Vortrag
- Inhalt:
 - Ziel der Messung
 - Die eigene Messaufgabe vorstellen
 - Messstand und Instrumente /Messmethode vorstellen
 - Fehlerrechnung
 - Auswertung der Messergebnisse
 - Ergebnisse in Diagrammen zeigen
 - Zusammenfassung
- Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Messung nehmen wir gerne entgegen.