

## Laborklausur-Minimalfragen

1. *Geben Sie die Bestimmungsformel der Luftdichte anhand der Luftdruckes und der Lufttemperatur bekannt! Geben Sie die Bedeutungen und die Maßeinheiten den Größen, die in der Formel vorkommen!*

*Bei der Bestimmung der Luftdichte wird von dem idealen Gasgesetz ausgegangen. Wenn man die Dichte aus der Gleichung ausdrückt, wird die allgemein benutzte Beziehung bekommen:*

$$\rho = \frac{p_0}{RT}, \text{ wo:}$$

*$\rho$ : die Luftdichte [ $\rho$ ] = kg / m<sup>3</sup>;*

*$p_0$ : der Luftdruck [ $p_0$ ] = Pa;*

*$R$ : die spezifische Gaskonstante der Luft [ $R$ ] = J / kg / K;*

*$T$ : die Lufttemperatur [ $T$ ] = K.*

2. Erläutern Sie die Funktionsweise des U-Rohrmanometers! Geben Sie den Zusammenhang an, mit dem man von der Ausweichung der Flüssigkeitsoberflächen den Druckunterschied bestimmen kann, wenn die Dichte des Messmittels  $\rho_m$  und die Dichte des strömenden Mittels  $\rho_s$  ist! Geben Sie die Erklärung der Glieder in der Gleichung!

Das U-förmige Glasrohr des Manometers wird mit Messmittel (die Dichte der Flüssigkeit ist  $\rho_m$ ) gefüllt, die mit dem strömenden Mittel ( $\rho_{ny}$ ) nicht mischt. Der Messmittel ist am meisten Quecksilber, Wasser, oder Alkohol.

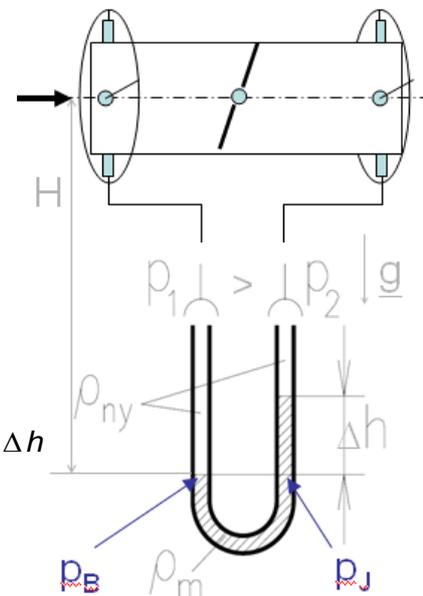
Die Bilanzgleichung des Manometers soll man auf die untere Flüssigkeitsoberfläche ( $p_B, p_J$ ) aufschreiben, wo diese Drucken sind gleich:

$$p_B = p_J$$

$$p_1 + \rho_{ny} g H = p_2 + \rho_{ny} g (H - \Delta h) + \rho_m g \Delta h$$

$$p_1 - p_2 = (\rho_m - \rho_{ny}) g \Delta h$$

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



3. Für welchen Zweck wird ein umgedrehtes (auf Kopf gestellter) U-Rohrmanometer benutzt? Wie kann der gemessene Druckunterschied bestimmt werden?

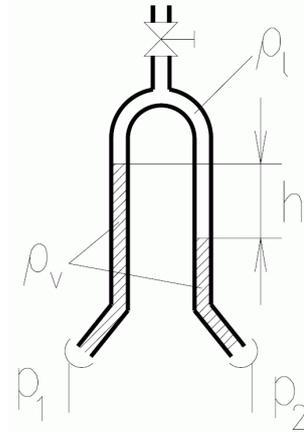
**Benutzung:**

Im allgemein werden die umgedrehte U-Rohrmanometern bei gefüllten Rohren benutzt, so kann die Messmittel auch Luft sein. Eine große Vorteil dieses Manometers, dass die kleine Druckabweichungen kann man damit viel genauer messen, wie zu Beispiel mit einem normalen mit Quecksilber gefüllten U-Rohrmanometer, deswegen senkt der relative Fehler.

**Funktion:**

Das Manometer entsteht aus zwei (Glas)rohren, die sich unten zu den Druckauslassöffnungen anschließen, und oben zusammengebunden sind.

Der Menge der Luft, die der obere Teil des Manometers ausfüllt (und damit die Höhe der Flüssigkeitsoberfläche) wird mithilfe eines Ventils geregelt, das im oberen Teil des Manometers ist.



4. Zählen Sie Methoden auf, mithilfe deren der relative Fehler von Flüssigkeitsmanometer gesenkt werden kann!

1.) Messen mit einem Auslesen

Ein Nachteil des U-Rohrmanometers, dass man die Höhe den Flüssigkeitssäulen zweimal auslesen soll. Man kann es vermeiden, wenn anstatt des anderen Glasrohrs ein großer Tank benutzt wird, wo die Senkung der Flüssigkeitsoberfläche vernachlässigbar ist.

2.) Mit optischen Methoden

Mithilfe eines Optik wird die Position der Wasseroberfläche (Messmittel) genauer bestimmt, zum Beispiel mit Betz Manometer kann man 0,1 WSmm (Wassersäulenmillimeter) 0,981 Pa Genauigkeit erreichen, die im Vergleich mit dem U-Rohrmanometer den Fehler vom Auslesen zum 1/10 Teil reduziert. (???)

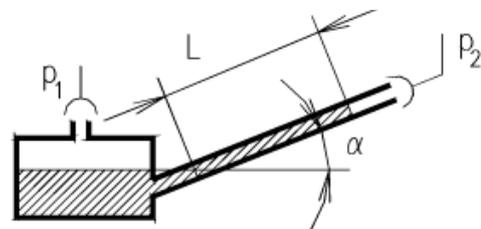
3.) Mit Vergrößerung der zu dem gegebenen Druck gehörten Flüssigkeitssäule-Ausweichung

- Reduzieren die Dichte des Messmittels

Alkohol gefüllter Manometer – anstatt Wasser wird Alkohol benutzt. Wegen der kleineren Dichte vergrößert die Ausweichung mit 40%. Der Nachteil der Methode ist das, dass wegen der Luftfeuchtigkeit löst Wasser im Alkohol ein, und so verändert sich die Dichte des Messmittels mit der Zeit.

Umgedrehter U-Rohrmanometer – falls die strömende Flüssigkeit Wasser ist, und die gemessenen Druckwerte klein sind, anstatt des klassischen Quecksilber-Manometers soll man der benutzen, damit der Fehler reduzierbar wird.

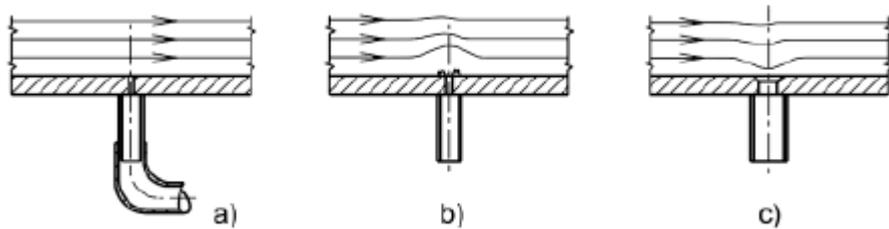
- Der Winkel der Mikrometerskala wird gestellt - Bei Schrägrohr-Manometer ist die Ausweichung der Flüssigkeitssäule  $L=H/\sin(\alpha)$ , und so im Vergleich mit dem klassischen Manometer wird der relative Fehler senken.



5. Wie kann der statische Druck in einer Strömung gemessen werden? Was sind die wichtigen Bedingungen für die Ausstattung? Wie wird der statische Druck zum Manometer geführt?

Bei statischer Druckmessung ist es grundsätzlich gefordert, dass die Druckmessbohrung die Strömung nicht beeinflusst: die Stromlinien sollen nicht gekrümmt werden: deswegen soll man den Grat von der Bohrung entfernen, und soll man Fase nicht verwenden.

Messen: in die Wand wurde eine Druckauslassöffnung mit 0,2-0,5 mm Durchmessergröße gebohrt, zu der von außen ein kleines Rohr luftdicht befestigt wurde. Dem kleinen Rohr wird ein flexibles Silikonrohr angeschlossen, das die Druckauslassöffnung und den Mikromanometer zusammenbindet. Das Rohr soll mit dem Strömungsmittel vollständig gefüllt sein, zum Beispiel beim Wasser sollen keine Luftblasen im Silikonrohr bleiben.



6. Ismertesze az EMB-001 kézi digitális nyomásmérő műszer működési elvét és használatának módját!

*Das EMB-001 Druckmessgerät ist ein zweikanaliges, digitales Manometer mit piezoelektrischem Funktionsprinzip, das zwei Sensor enthält. Das Gerät misst im Intervall  $\Delta p = \pm 1250 \text{ Pa}$  mit 2 Pa Fehler. Es ist möglich, die mit dem Messgerät gemessenen Daten ständig im Computer mithilfe einer JAVA Applikation speichern.*

*Wichtigere Funktionenknöpfe:*

*I / O: Ein/Ausschalten*

*CH I / II: Kanalschalter*

*Fast / Slow: Wechseln der Integrationszeit*

*0 Pa: Nullen, bei Kalibration: 0 Pa geben*

*Messintervall:  $\Delta p = \pm 1250 \text{ Pa}$*

*Messfehler 2 Pa*

A mérési tartomány:  $\Delta p = \pm 1250 \text{ Pa}$

A mérési hiba:  $\delta \Delta p = 2 \text{ Pa}$



7. Erklären Sie den Begriff des statischen, dynamischen und Gesamtdruckes! Geben Sie die entsprechende Grundgleichung, Formel, und die Maßeinheit der vorkommenden Variablen an! Geben Sie auch die Messmethode der drei Drucktypen an!

Statischer Druck: im ungestörten Strömungsmittel beherrschender Druck, Zeichen:  $p_\infty$ ,  $[p_\infty] = \text{Pa}$

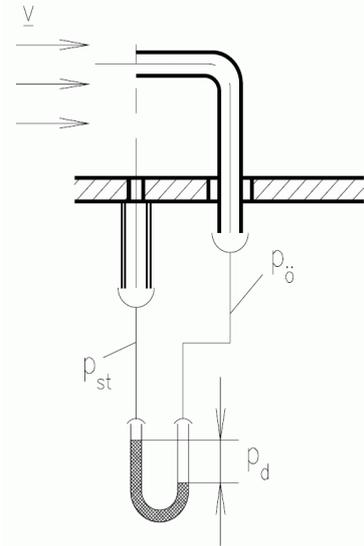
$$p_\infty + \frac{\rho}{2} v_\infty^2 = p_t = p_\delta$$

Gesamtdruck: der Druck des Staupunktes (der Druck von der gestoppten Strömungsmittel) Zeichen:  $p_\delta = p_t$ ,  $[p_\delta] = \text{Pa}$

Dynamischer Druck: die Differenz der zwei Vorigen.

Zeichen:  $p_d = \frac{\rho}{2} v_\infty^2$ , wo  $v_\infty$  ist die Geschwindigkeit des ungestörten Strömungsmittels,  $\rho$  ist die Dichte des Mittels,  $[p_d] = \text{Pa}$

Statischen Druck wird mithilfe einer Druckauslassöffnung gemessen, Gesamtdruck kann man mit Pitotrohr messen, und als die Differenz von denen wird der dynamische Druck bestimmen. In diesem Fall ist es grundsätzlich gefordert, dass der Druck senkrecht zur Strömung sich nicht verändert, die Stromlinien sollen nicht gekrümmt sein, sonst soll man Prandtl-Rohr benutzen.



8. Geben Sie die Formel zur Bestimmung des dynamischen Druckes mit Bedeutung und Maßeinheit der vorkommenden Zustandsgrößen an!

$$p_d = \frac{\rho}{2} v_\infty^2$$

$v_\infty$ : die Geschwindigkeit des ungestörten Strömungsmittels,  $[v_\infty] = \text{m/s}$

$\rho$ : die Dichte des ungestörten Strömungsmittels,  $[\rho] = \text{kg/m}^3$

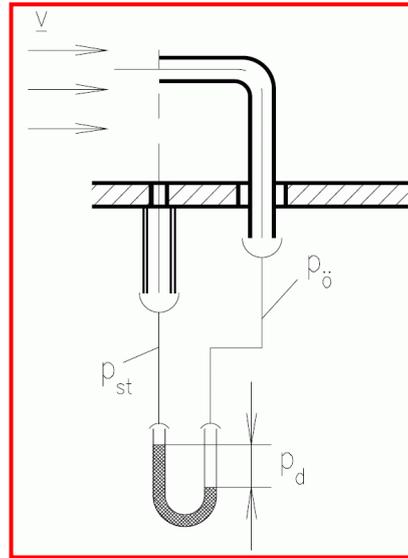
$p_d$ : der dynamische Druck,  $[p_d] = \text{Pa}$

9. Skizzieren Sie und erklären Sie eine Messung mit einem Pitot-Rohr!

Das Pitot-Rohr ist ein zu der Strömung entgegengesetztes Rohr, mit dem man den Druck des gestoppten Strömungsmittels (Gesamtdruck) messen kann. Falls die Stromlinien nicht gekrümmt sind, ist der statische Druck messbar, mithilfe einer Druckauslassöffnung. Als die Differenz von diesen zwei Drucken wird der dynamische Druck gegeben, von dem, wenn die Parameter des Strömungsmittels bekannt sind, die Geschwindigkeit berechenbar wird.

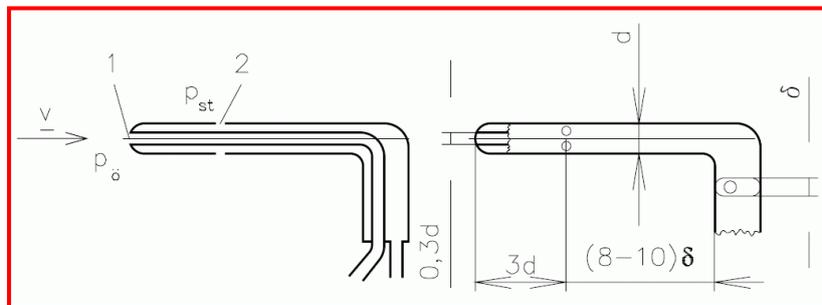
$$p_{\text{din}} = p_{\text{ö}} - p_{\text{st}};$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{\text{din}}}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$



10. Skizzieren Sie und erklären Sie eine Messung mit einem Prandtl-Rohr

Das Prandtl-Rohr besteht aus zwei, konzentrisch gesetzten Rohren. Mithilfe des inneren (Pitot)Rohrs ist der Gesamtdruck messbar, und in dem äußeren Roh, nach einem bestimmten Abstand von der Spitze des Prandtl-Rohrs sind statischen Druckmesserbohrungen. Die Auslässe den Rohren werden unten zu einem Manometer anschließen, und so kann man den Wert des dynamischen Druckes bekommen, von dem die Geschwindigkeit berechnet wird.



11. Erläutern Sie das Prinzip der Volumenstrommessung mithilfe von Geschwindigkeitsmessungen! Detaillieren Sie auch die Bestimmung des Volumenstromes in Röhren mit Kreis- und Rechteckquerschnitt!

Man kann nur bei stationärem Betriebszustand messen!!!

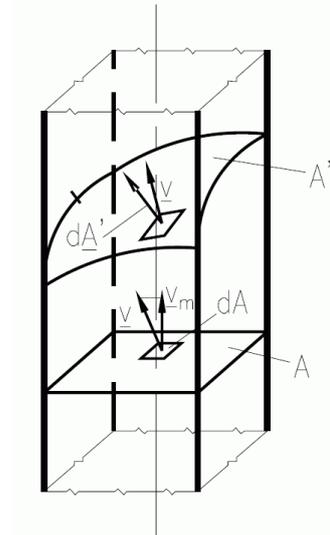
In beiden Fällen werden die Volumenströme als die Summe von elementaren Volumenströmen gegeben. Die lokale Strömungsgeschwindigkeit wird von dem dynamischen Druck bestimmt, den man mithilfe des Prandtl-Rohrs messen kann.

**Rechteckquerschnitt:**

In diesem Fall sind die elementaren Oberflächenteile gleich. Man soll die auf den Oberflächenteilen senkrechte Geschwindigkeitskomponenten summieren.

$$q_v = \int_A \underline{v} dA = \sum_{i=1}^4 q_{v,i} \approx \sum_{i=1}^n v_{m,i} \Delta A_i =$$

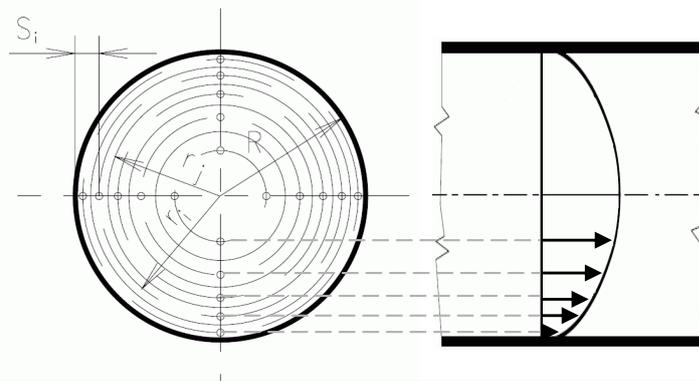
$$\frac{v_{m,1} A_1 + v_{m,2} A_2 + v_{m,3} A_3 + v_{m,4} A_4}{4} = A \bar{v}$$



**Kreisquerschnitt:**

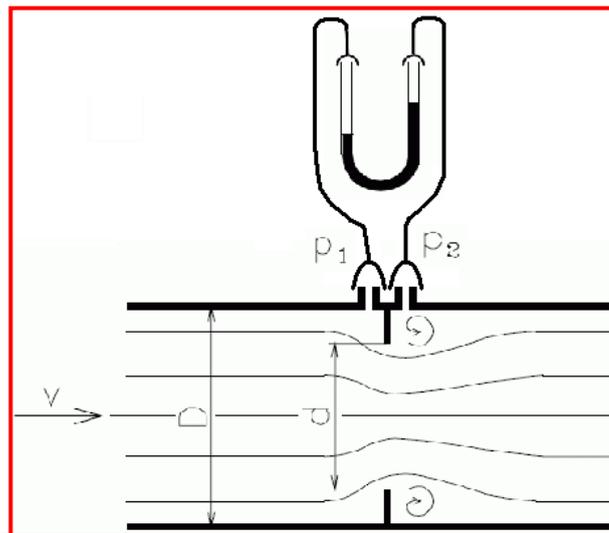
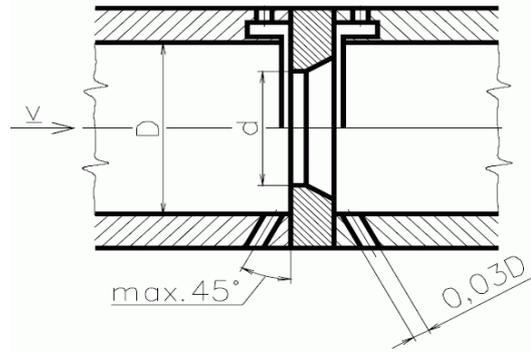
Bei der 10-Punkt-Methode ist vorausgesetzt, dass das Geschwindigkeitsprofil parabolisch ist, und die Messpunkte werden so aufgenommen, dass die Flächen den Kränzen gleich seien.

Die 6-Punkt-Methode vorschlägt 6 Messpunkte, mit denen das turbulente Profil besser genähert wird.



12. Mithilfe einer Skizze erklären Sie die Volumenstrommessung mit einer Messblende! Stellen Sie genau den Ort der Druckmessbohrungen dar! Zeichnen Sie auch das Vorzeichen des Druckunterschiedes ein.

Bei dieser Abbildung wird der Druck oben mithilfe einer „Ringkammer“, unten durch den Bohrungen ausgeführt.



13. Geben Sie die Formel für die Bestimmung des Volumenstromes mit Messblende an! Erklären Sie alle vorkommenden Variablen und geben sie deren Maßeinheit an! Gehen Sie auch in die Erklärung der Korrekturfaktoren ein! Geben Sie typische Werte für die Kontraktionszahl an!

$$q_v = vA$$

$$q_v = \alpha \varepsilon \frac{d^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}$$

$q_v$ : Volumenstrom,  $[q_v] = \text{m}^3/\text{s}$

$\alpha$ : Kontraktionszahl  $[\alpha] = -$

$\varepsilon$ : Expansionszahl,  $[\varepsilon] = -$

$d$ : der Durchmesser des kleinsten Durchschnittes  $[d] = \text{m}$

$\Delta p$ : mit dem Manometer gemessene Druckdifferenz  $[\Delta p] = \text{Pa}$

$\rho$ : die Dichte des Strömungsmittels,  $[\rho] = \text{kg} / \text{m}^3$

Die Bestimmung der Kontraktionszahl wird nach der Formel von der Norm anhand der Reynolds-Zahl und des Verhältnisses von der Bohrung der Messblende und die Durchschnittsgröße des Rohres berechnet. Die Expansionszahl wird 1 genommen, wenn die Druckkänderung unter 5000 Pa bleibt.

14. Vergleichen Sie anhand deren Vor- und Nachteile die Volumenstrommessung auf dem Prinzip der Geschwindigkeitsmessung beziehungsweise mit Messblende!

<b>ASPEKTE</b>	<b>mit MESSBLENDE</b>	<b>auf dem Prinzip der v-MESSUNG</b>
1/ Eingriff im System	<p>“ - ”</p> <p>Verluste <math>\Rightarrow</math> der Betriebszustand kann sich verändern <math>\Leftrightarrow</math> es wird im System geplant</p>	<p>“ + ”</p> <p>vernachlässigbar (Wandbohrungen)</p>
2/ Nachfolge des instationären Betriebszustandes	<p>“ + ”</p> <p>ständige Nachfolge</p>	<p>“ - ”</p> <p>Folgt nicht (summieren in der Oberfläche) (<math>\Leftrightarrow</math>Korrektion?)</p>
3/ Vorschriften, Anforderungen	<p>“ - ”</p> <p>Streng (Produktion, Einbauen, abstellen des Systems...)</p>	<p>“ + ”</p> <p>Ermäßigt (keine Vorschriften, nur Empfehlungen; ständiger Betrieb ...)</p>
4/ Kosten	<p>“ - ”</p> <p>Hoch (Produktion, Einbauen, Betrieb, Deckung den Verlusten)</p>	<p>“ + ”</p> <p>Ermäßigt</p>
5/ Genauigkeit	<p>“ + ”</p> <p>Verstärkt (Unsicherheit ist ermäßigt, und im Norm garantiert) Rechtlich schützbar!</p>	<p>“ - ”</p> <p>Ermäßigt (die Größe der Unsicherheit ist nicht garantiert) Rechtlich angreifbar!</p>

15. Geben Sie die Methode für die Bestimmung von relativen und absoluten Fehler! Wie wird den relativen Fehler von einer aus mehreren gemessenen Mengen kalkulierten Wert gerechnet?

In der Ingenieurpraxis gemessene Daten sind immer mit Messfehlern belästigt. Für die zahlenmäßige Beschreibung der Messgenauigkeit und der Zuverlässigkeit den Daten soll man Fehlerrechnung fügen. Zeichne  $X$  die gemessene Größe, und  $\delta X$  der dazu gehörte Messfehler (Messungenauigkeit). Die richtige Form von den gemessenen Daten ist die folgende:

$$X \pm \delta X$$

wo  $\delta X$  ist der absolute Fehler von der Größe  $X$

$$\frac{\delta X}{X}$$

Verhältnis ist der relative Fehler (die wird am meisten im % gegeben)

Der Messfehler wird am meisten von dem ungenauen Auslesen des Messgerätes verursacht. Der Auslesefehler ist gut genähert gleich mit der Auflösung der Skala, z. B. beim Manometer wird die Abweichung der Flüssigkeitssäule von Millimeter-Skala abgelesen, hier ist der Fehler von dem Auslesen der Flüssigkeitssäule-Abweichung ist 1 mm. Der relative Fehler der Größe, die von mehreren gemessenen Daten gerechnet ist:

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

, wo:

$R$  von den gemessenen Daten bestimmte Größe,

$X_i$  gemessene Größen ( $n$  Stück)

$\delta X_i$  die relative Fehlern den gemessenen Größen

$\delta R$  die absolute Fehlern von den gemessenen Daten bestimmten Größen