Hydrostatik

KLAUSUR EINFÜHRUNG IN DIE FLUID- UND THERMODYNAMIK 19.12.2009

Aufgabe 1:

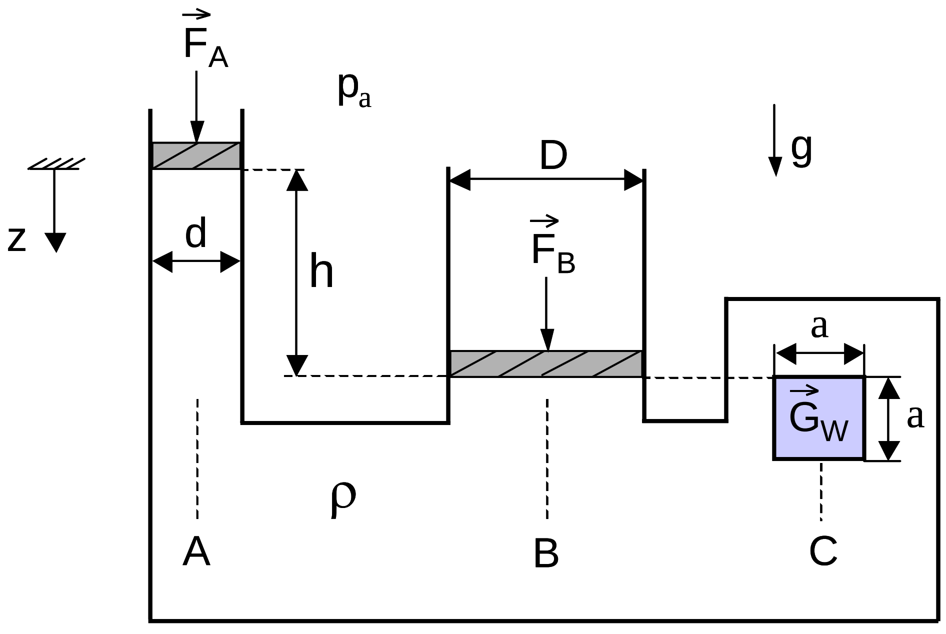
Ein großer Behälter ist mit Öl gefüllt, dessen Dichte wegen der Temperaturverteilung im Behälter gemäß

$$\rho = \rho_0 (1 + 2bz)$$

von der Höhenkoordinate z abhängt.
An den Behälter sind drei Rohre A, B und C angeschlossen, siehe Abbildung. Das rechte Rohr C ist oben geschlossen und vollständig mit Öl gefüllt. In dem Rohr C schwimmt ein Würfel mit Kantenlänge a und dem Gewicht $\vec{G}_W$. Die Oberseite des Würfels befindet sich auf derselben Höhe, wie die Unterseite des Kolbens, der sich im mittleren Rohr B (Durchmesser D) reibungsfrei in vertikaler Richtung bewegen kann und das Öl von der umgebenden Luft trennt. Durch Aufbringen der konstanten Kraft $\vec{F}_B$ wird der Kolben im Gleichgewicht gehalten.
Im linken Rohr (Durchmesser d) trennt ein ebenfalls in vertikaler Richtung reibungsfrei beweglicher Kolben Öl und Luft. Auf diesen Kolben wirkt die konstante Kraft $\vec{F}_A$.
Unter der Voraussetzung, dass die Luft unter konstantem Atmosphärendruck p_a steht und das Eigengewicht der beiden Kolben vernachlässigt werden kann, bestimme man in Abhängigkeit gegebener Größen

a) die Höhe h zwischen den Unterseiten der Kolben in Rohr A und B, und
b) die Kraft $\vec{F}_B$. Hierbei kann die Höhe h als gegeben angesehen werden, d.h. das Ergebnis von Teil a) muss nicht für h eingesetzt werden.

Gegeben sind: $\vec{F}_A$, D, d, ρ_0, g, b, a, $\vec{G}_W$.

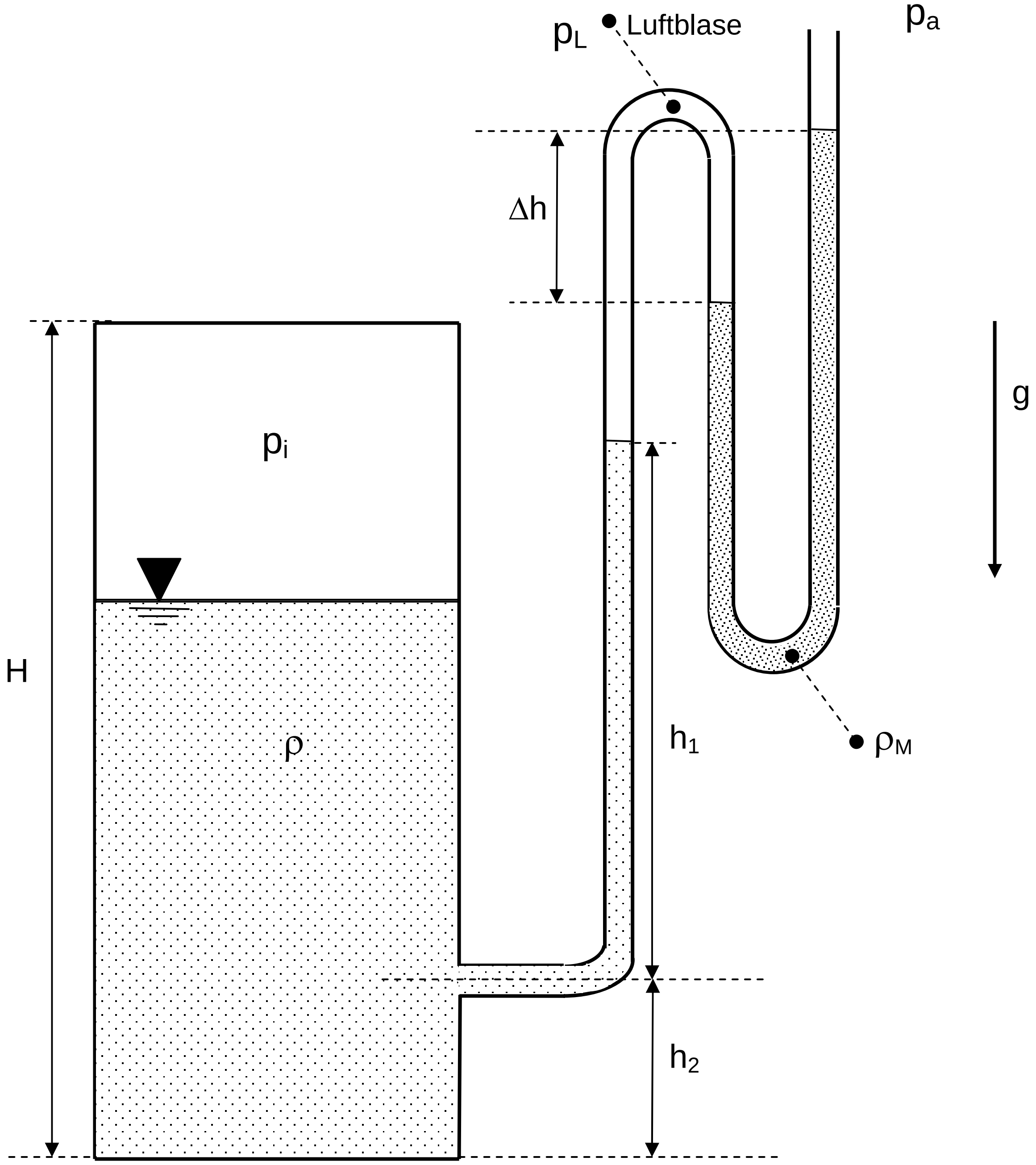


KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 27.03.2008

Aufgabe 1:

Ein zylindrischer Kessel der Höhe H ist zu 2/3 mit Wasser (Dichte ρ) gefüllt. Über der Wasseroberfläche im Kessel befindet sich Luft, die unter dem konstanten Innendruck p_i steht. Durch diesen Druck p_i wird Wasser aus dem Kessel in die Verbindungsleitung (die in der Höhe h_2 an den Kessel angeflanscht ist) zwischen Kessel und dem angeschlossenen U-Rohr-Manometer (Dichte der Manometerflüssigkeit = ρ_M) bis zur Steighöhe h_1 gedrückt. Außerdem hat sich in dieser Verbindungsleitung eine Luftblase gebildet, die die Meniskenverschiebung Δh im U-Rohr-Manometer beeinflusst. Außerhalb des Kessels und des Manometers herrscht der konstante Außendruck p_a.
Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen:
a) welcher Druck p_L in der Luftblase in der Verbindungsleitung herrscht, und
b) den Innendruck p_i der im Kessel eingeschlossenen Luft.

Gegeben sind: $g, H, h_1, h_2, \Delta h, \rho, \rho_M, p_a$.



KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 10.10.2007

Aufgabe 1:

Die Dichte ρ von Flüssigkeiten kann mit Hilfe eines sogn. Aräometers (Spindel) bestimmt werden. Dieses Aräometer besteht aus einem luftgefüllten, kreiszylindrischen Glaskolben, an dessen Boden ein Ballastgewicht angebracht ist, und aus einem koaxialen kreiszylindrischen Glasrohr (Durchmesser d, Länge h_1), das auf den Glaskolben aufgesetzt ist und das eine Messskala von der Länge L trägt (s.Abb.a)). Wird ein solches Aräometer in eine Flüssigkeit eingetaucht, so kann deren Dichte ρ direkt an der Messskala abgelesen werden.
Die Gesamtmasse des Aräometers sei m, das Volumen des Aräometerkolbens (<u>ohne</u> das Glasrohr mit der Messskala) sei V.

a) Man bestimme, für welchen Bereich $\rho_{max} \geq \rho \geq \rho_{min}$ das Aräometer verwendet werden kann, wenn folgende Daten gegeben sind:

Gesamtmasse m = 9 g , Kolbenvolumen V = 9 cm³ , d = 0,5 cm , h_1 = 5,1 cm ,
L = 2,5 cm.

b) Der Schwerpunkt S des Aräometers liege bei $h_3 = \frac{1}{3} h_2$ (s.Abb.b)). Ist dann die Schwimmlage des Aräometers stabil, wenn für $\rho > \rho_{max}$ gerade das Glasrohr mit der Messskala ganz aus der Flüssigkeit herausragt (s.Abb.b))?
Man begründe die Antwort!

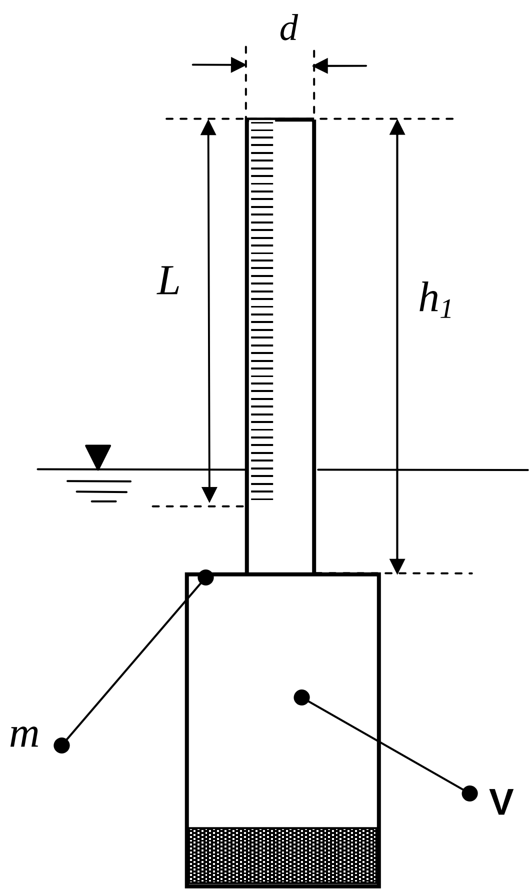


Abb. a)

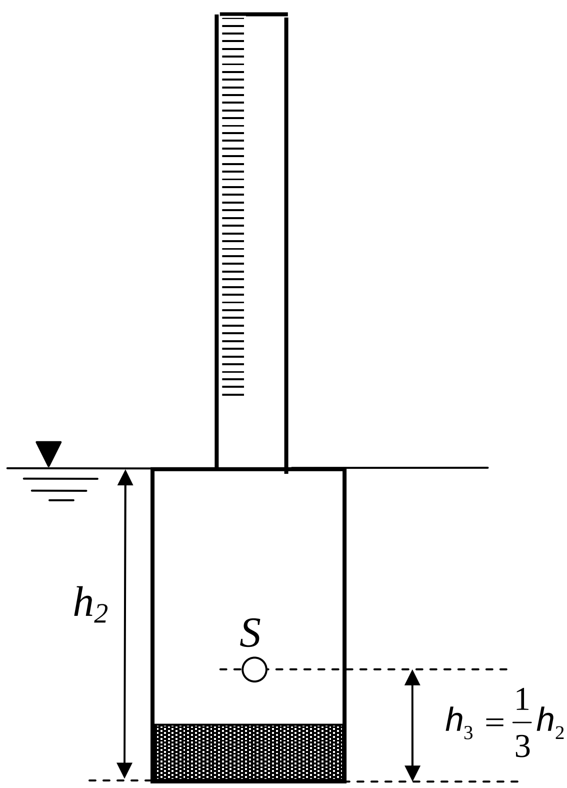


Abb. b)

KLAUSUR EINFÜHRUNG IN DIE FLUID- UND THERMODYNAMIK 19.12.2009

Aufgabe 2: **(20 Punkte)**

Durch die in der Abbildung dargestellte Rohrleitung strömt Luft stationär und reibungsfrei. In der Leitung wird an drei Positionen der Druck gemessen:

- Bei Position 1 im Rohr mit dem Durchmesser D_1 durch Wandanbohrung.
- Bei Position 2 (und 2*) im Rohr mit dem Durchmesser D_2 mit einer PRANDTL-Sonde.
- Bei Position 3 im Rohr mit dem Durchmesser D_3 mit einer PITOT-Sonde.

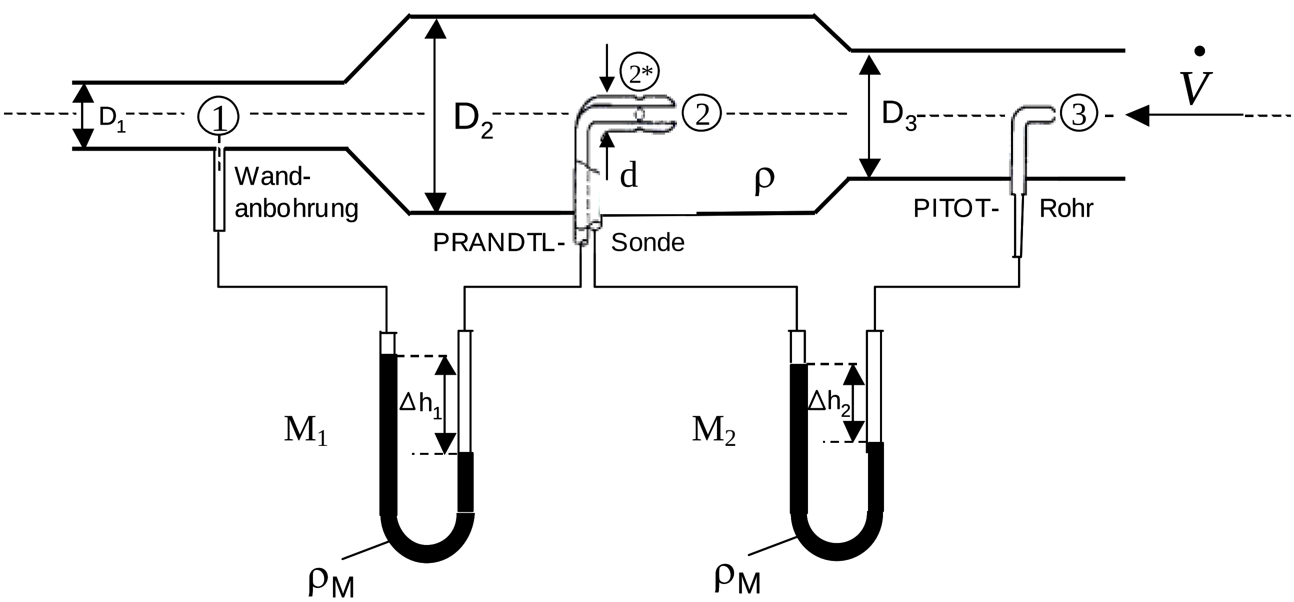
Die Druckunterschiede werden mit den U-Rohr Manometern M_1 und M_2 gemessen. Bei M_1 liegen der Druck der Wandanbohrung und der Druck am PRANDTL-Rohr bei Position 2 an. Die Höhendifferenz der Messflüssigkeit mit Dichte ρ_M ist Δh_1. Bei M_2 liegen der Druck am PRANDTL-Rohr bei Position 2* und der Druck am PITOT-Rohr an. Die Höhendifferenz der Messflüssigkeit mit Dichte ρ_M ist Δh_2.

Wegen der kleinen Geschwindigkeiten kann die Luft als inkompressibel betrachtet werden.

In Abhängigkeit gegebener Größen bestimme man das Verhältnis der Höhendifferenzen $\Delta h_1 / \Delta h_2$.

Hinweis: Wegen der kleinen Abmessungen der PRANDTL-Sonde ($d/D_2 << 1$) kann ihr Einfluss auf die Strömung im Rohr mit Durchmesser D_2 vernachlässigt werden.

Gegeben sind: D_1, D_2.

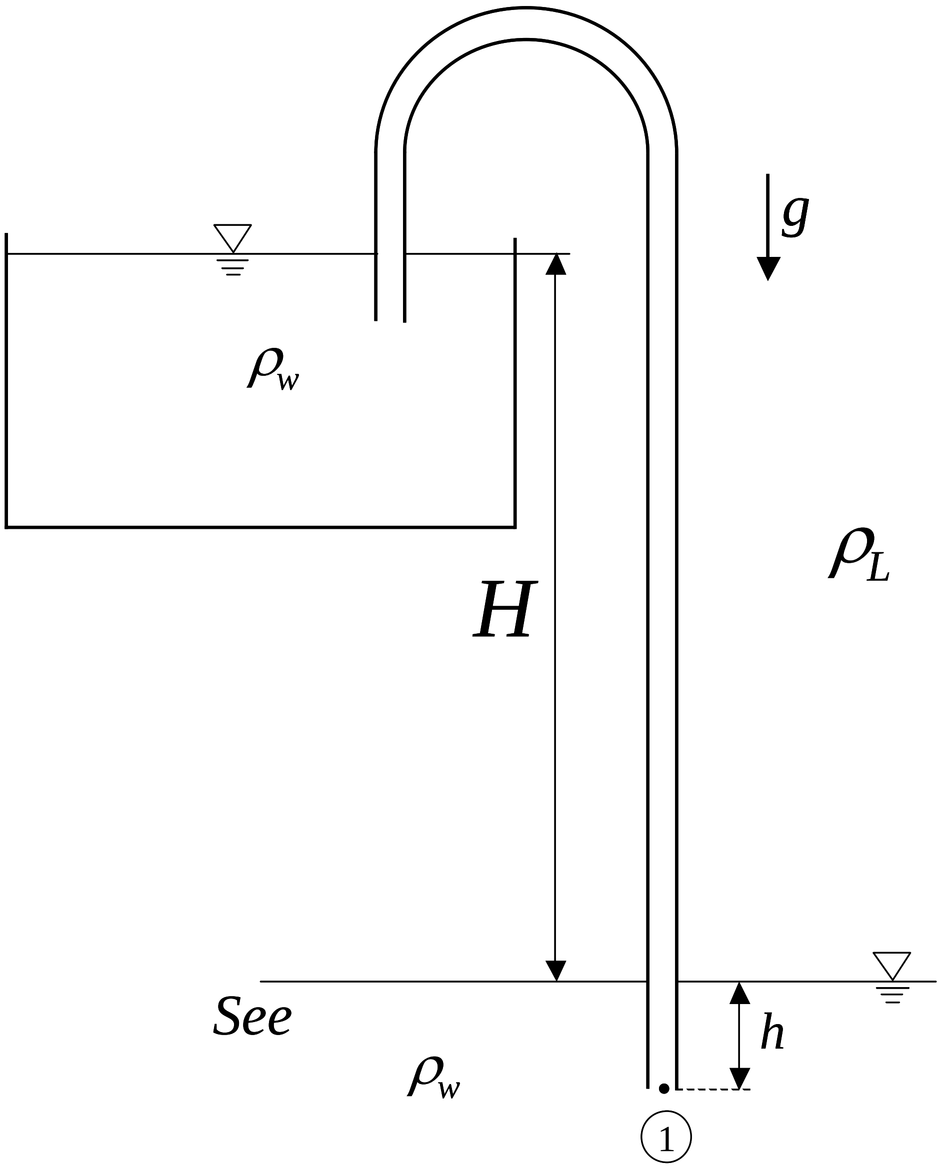


Aufgabe 2:

Wasser (Dichte ρ_W) wird aus einem großen Behälter reibungsfrei durch eine Rohrleitung über eine sehr große Höhe H in einen darunter liegenden See gefördert. Das Wasser tritt im Abstand h unterhalb der freien Oberfläche des Sees aus (Stelle 1). Die umgebende Luft kann als inkompressibel mit der konstanten Dichte ρ_L betrachtet werden.

In Abhängigkeit gegebener Größen bestimme man die Geschwindigkeit c_1 bei Stelle 1.

Gegeben sind: H, g, ρ_L, ρ_W.

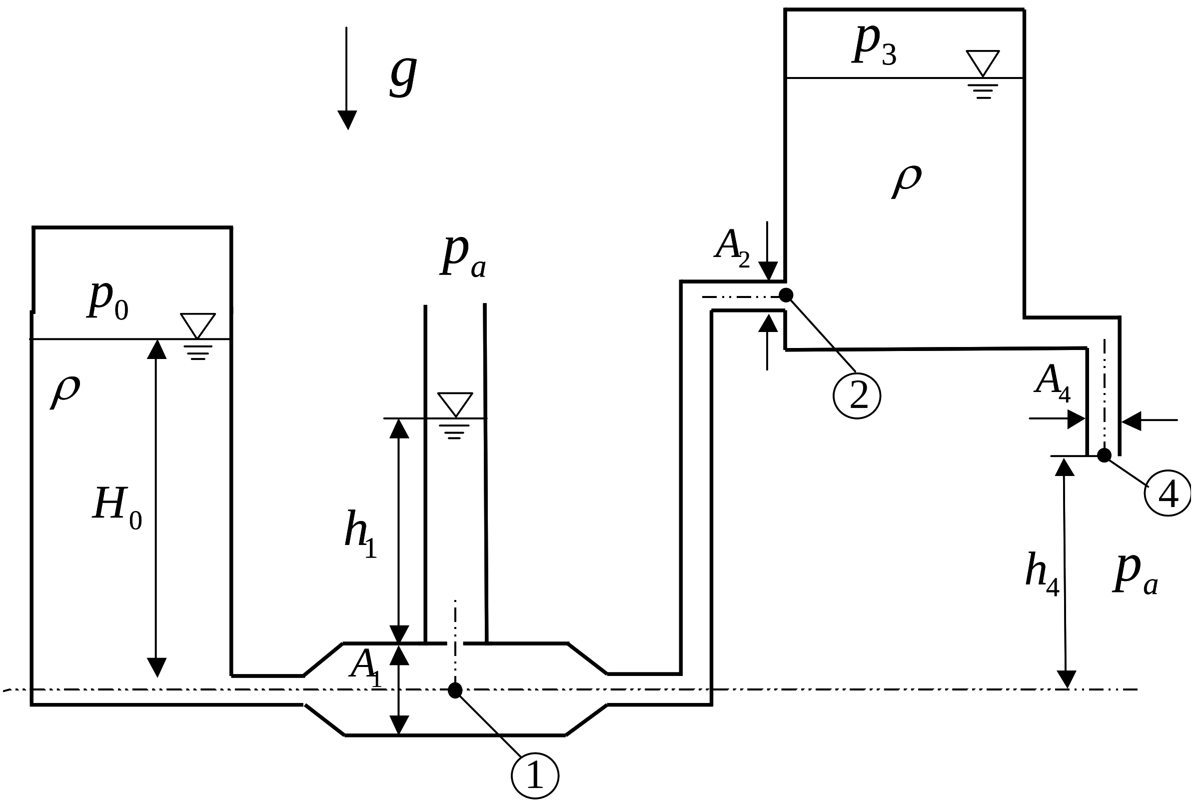


Aufgabe 2:

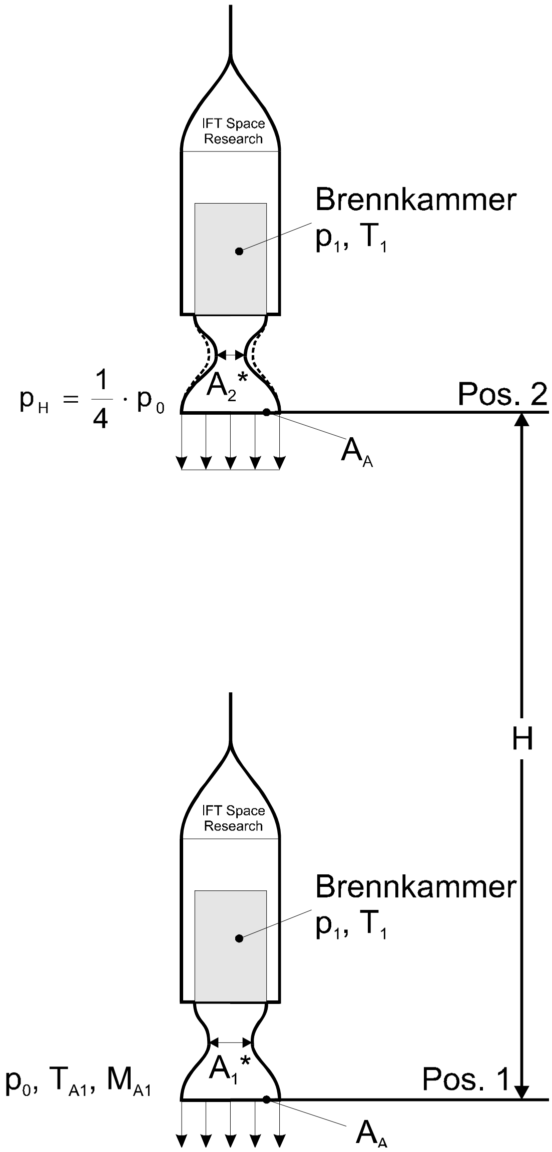
Eine Flüssigkeit mit der Dichte ρ strömt stationär aus einem großen Behälter in einen zweiten großen Behälter. Aus dem zweiten Behälter strömt die gleiche Menge Flüssigkeit durch die Leitung mit Querschnittsfläche A_4 bei Stelle 4 in die Umgebung mit konstantem Druck p_a aus. Im ersten Behälter wirkt über der Flüssigkeit der konstante Druck p_0 und im zweiten Behälter der konstante Druck p_3. In der Strecke mit Querschnittsfläche A_1 ist bei Stelle 1 ein Steigrohr (Manometer) an eine Wandanbohrung angeschlossen. Die Strömung in den Leitungen ist reibungsfrei und Druck sowie Geschwindigkeit können als konstant über den jeweiligen Querschnitt betrachtet werden.

In Abhängigkeit gegebener Größen bestimme man den Druck p_0.

Gegeben sind: p_a, ρ, g, H_0, h_1, h_4, A_1, A_2, A_4.



Aufgabe 5



Eine Rakete ist mit einem Triebwerk mit verstellbarer LAVALdüse ausgestattet. Unmittelbar nach dem Start am Boden (Pos. 1) tritt der Düsenstrahl durch den Austrittsquerschnitt A_A mit konstanter Machzahl $M_{A1} = 2$ und konstanter Temperatur $T_{A1} = 2000°C$ parallel in die Umgebung mit dem Druck p_o aus. Nachdem die Rakete die Höhe H erreicht hat (Pos. 2), ist der Umgebungsdruck p_H auf 1/4 des ursprünglichen Umgebungsdruckes p_0 abgesunken ($p_H = 1/4 \bullet p_0$). Die Zustandsgrößen im Inneren der Brennkammer p_1 und T_1 sind indes konstant geblieben. Um weiterhin eine parallele Abströmung zu gewährleisten, muß jedoch der engste Querschnitt von A_1^* auf A_2^* nachgestellt werden

Bestimmen Sie:

a) die Zustandsgrößen (Ruhegrößen) T_1 und p_1 in der Brennkammer des Raketentriebwerks,
b) für die Pos. 1 im Austrittsquerschnitt A_A die Schallgeschwindigkeit a_{A1} und die Austrittsgeschwindigkeit v_{A1}'
c) für die Pos. 2 in der Höhe H die Strahltemperatur T_{A2} sowie die Machzahl M_{A2}'
d) das Verhältnis der engsten Querschnitte A_1^*/A_2^*.

geg: $\kappa = 1.4$, $IR = 286.9\ m^2/(s^2K)$, $T_{A1} = 2000°C$, $p_O = 1$ bar, $M_{A1}=2$, $p_H = 1/4 \bullet p_0$

Hinweis: Man nehme eine isentrope Zustandsänderung an

Impulssatz

KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 04.02.2010

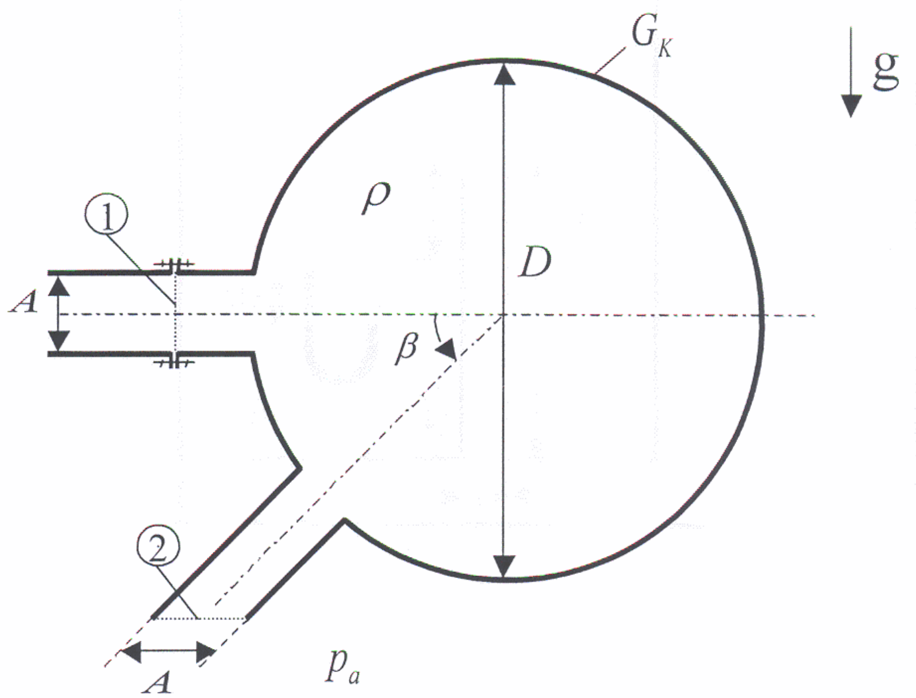
Aufgabe 3

Ein kugelförmiger Behälter mit dem Gewicht G_K und dem Innendurchmesser D wird von einer Flüssigkeit mit der Dichte ρ stationär durchströmt. Die Flüssigkeit tritt nach der Position 1 über einen kurzen Stutzen mit der Querschnittsfläche A in den Behälter ein und strömt durch einen zweiten Stutzen mit derselben Querschnittsfläche bei Position 2 in die ruhende Atmosphäre mit konstanten Luftruck p_a aus. Der zweite Stutzen ist um den Winkel β gegen die Horizontale geneigt, siehe Abbildung. Druck und Geschwindigkeit sind bei 1 und 2 jeweils konstant über den Querschnitt. Unter der Annahme, dass das Flüssigkeitsgewicht in den beiden Stutzen vernachlässigt werden kann, bestimme man in Abhängigkeit gegebener Größen

a) die Geschwindigkeit c_1, und

b) die Kraft $\vec{F}$, die in der Flanschverbindung bei Position 1 wirkt. Dabei kann c_1 als gegeben angesehen werden.

Gegeben sind: c_2, p_a, p_1, A, β, G_K, D, ρ.

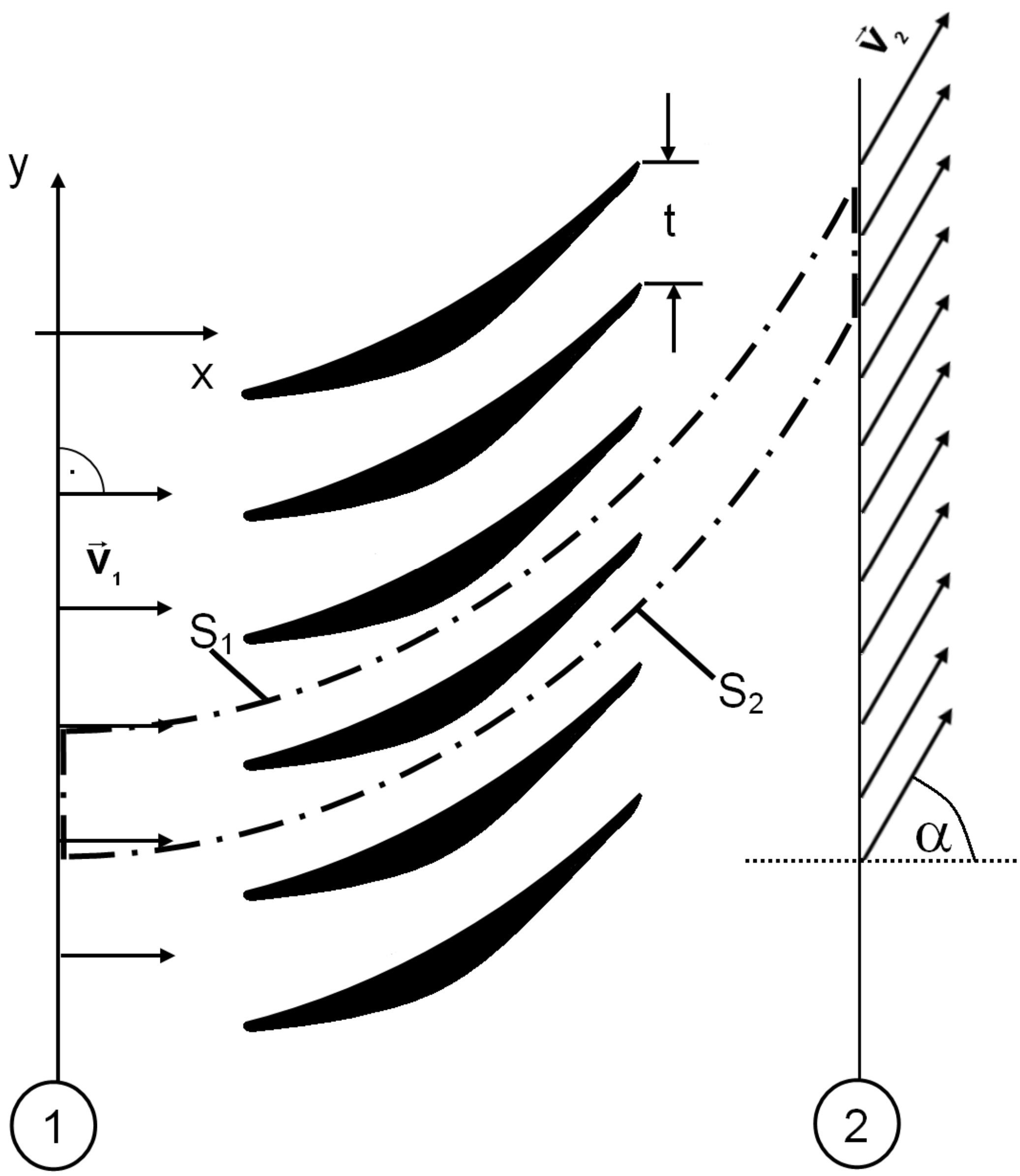


Aufgabe 4:

Die Umlenkung einer Strömung in einem Kanal erfolge über ein ebenes Schaufelgitter mit der Schaufelteilung t. Die Strömung durch das Gitter sei inkompressibel (Dichte ρ) und stationär. Es kann näherungsweise angenommen werden, dass die Geschwindigkeiten $\vec{\mathbf{v}}_1$ und $\vec{\mathbf{v}}_2$ (Winkel α) in der Ebene (1) bzw. Ebene (2) jeweils konstant seien. Die Drücke p_1 und p_2 in (1) bzw. (2) seien bekannt (s.Abb.).
Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen die Komponenten F_x und F_y der Kraft pro Tiefeneinheit, die die Strömung auf eine Schaufel ausübt. Man verwende hierzu den eingezeichneten Kontrollraum, dessen Ränder S_1 und S_2 mit Stromlinien zusammenfallen. Weiterhin beachte man, dass wegen der Periodizität*) des Stromfeldes die Summen der Oberflächenkräfte längs S_1 bzw. S_2 dem Betrage nach gleich sind. Der Einfluß der Schwerkraft kann im vorliegenden Fall vernachlässigt werden.

Gegeben sind: $t, \rho, v_1, \alpha, p_1, p_2$.

*) Das Strömungsfeld um jede Schaufel wiederholt sich in gleicher Weise in y-Richtung.



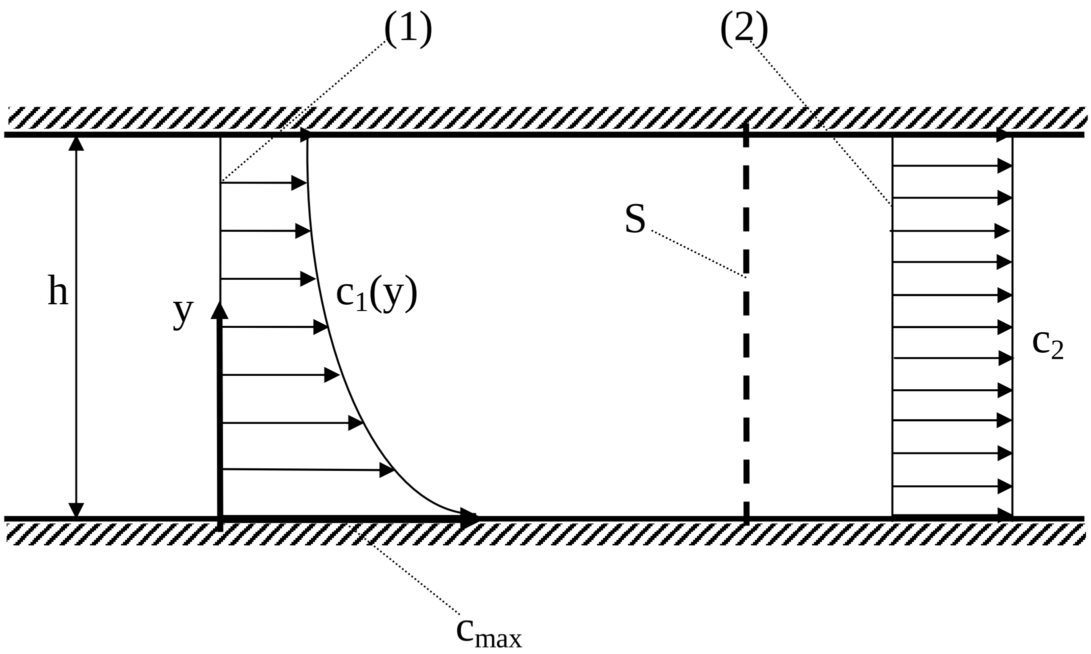
Aufgabe 3:

Ein inkompressibles Medium (Dichte ρ) strömt stationär durch einen Kanal mit rechteckigem Querschnitt (Höhe h, Tiefe t senkrecht zur Zeichenebene), in den ein Sieb S zur Vergleichmäßigung des Geschwindigkeitsprofiles eingebaut ist (s.Abb.). Im Querschnitt (1) ist das Geschwindigkeitsprofil gegeben durch die Formel $c_1(y) = \dfrac{c_{\max}}{(1+\frac{y}{h})}$. Im Querschnitt (2) sei die Geschwindigkeit (durch die Wirkung des Siebes) konstant über den Querschnitt und gleich $c_2 = konst.$. Die Drücke in den Querschnitten (1) und (2) seien p_1 und p_2 ; sie werden über Wandanbohrungen an diesen Stellen gemessen. Die Reibungskräfte zwischen dem strömendem Medium und den Kanalwänden seien vernachlässigbar klein.

Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen

a) die Geschwindigkeit c_2 im Querschnitt (2);
b) den Betrag der Kraft $\vec{F}_{SW}$, mit der das Sieb an der Kanalwand gehalten werden muß.

Gegeben sind: h, t, ρ, c_{max}, p_1, p_2.



Hinweis:
Nach *Bronstein-Semendjajew: „Taschenbuch der Mathematk", Verlag Harry Deutsch*, gilt:

Tabelle unbestimmter Integrale:
Integrale, die $ax+b$ enthalten:

Bezeichnung: $X = ax+b$

1. $\int X^n \cdot dx = \dfrac{1}{a(n+1)} \cdot X^{n+1}$ für $n \neq -1$; für $n = -1$ siehe Nr.2

2. $\int \dfrac{dx}{X} = \dfrac{1}{a} \ln X$

KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 04.09.2000

Aufgabe 5:

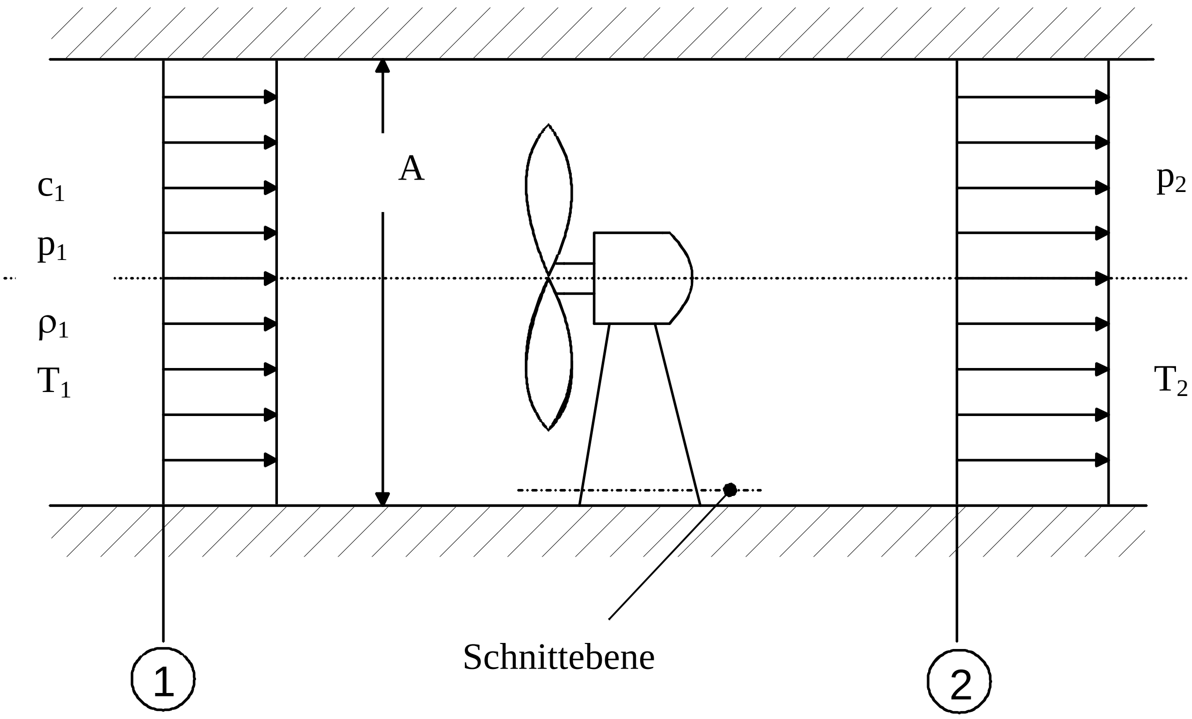
Ein Propeller fördert Luft durch ein Kreisrohr mit konstantem Querschnitt A. Bei ℵ vor dem Propeller seien der Druck p_1, die Dichte ρ_1, die Temperatur T_1 und die Geschwindigkeit c_1 bekannt. In einiger Entfernung hinter dem Propeller bei ℑ seien der Druck p_2 und die Temperatur T_2 bekannt.

Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen die zur Rohrachse parallele Komponente der Haltekraft, die in der skizzierten Schnittebene am oberen Teil des Sockels angreift (s. Abb.).

Gegeben sind: $A,\ p_1,\ \rho_1,\ T_1,\ c_1,\ p_2,\ T_2$.

Hinweis:

Die Luft ist als ideales Gas anzusehen; die Wandreibung im Rohr kann vernachlässigt werden. Bei ℵ und ℑ seien die Geschwindigkeiten jeweils konstant über den Querschnitt und stationär.



Druckverlust

KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 26.03.2009

Aufgabe 4:

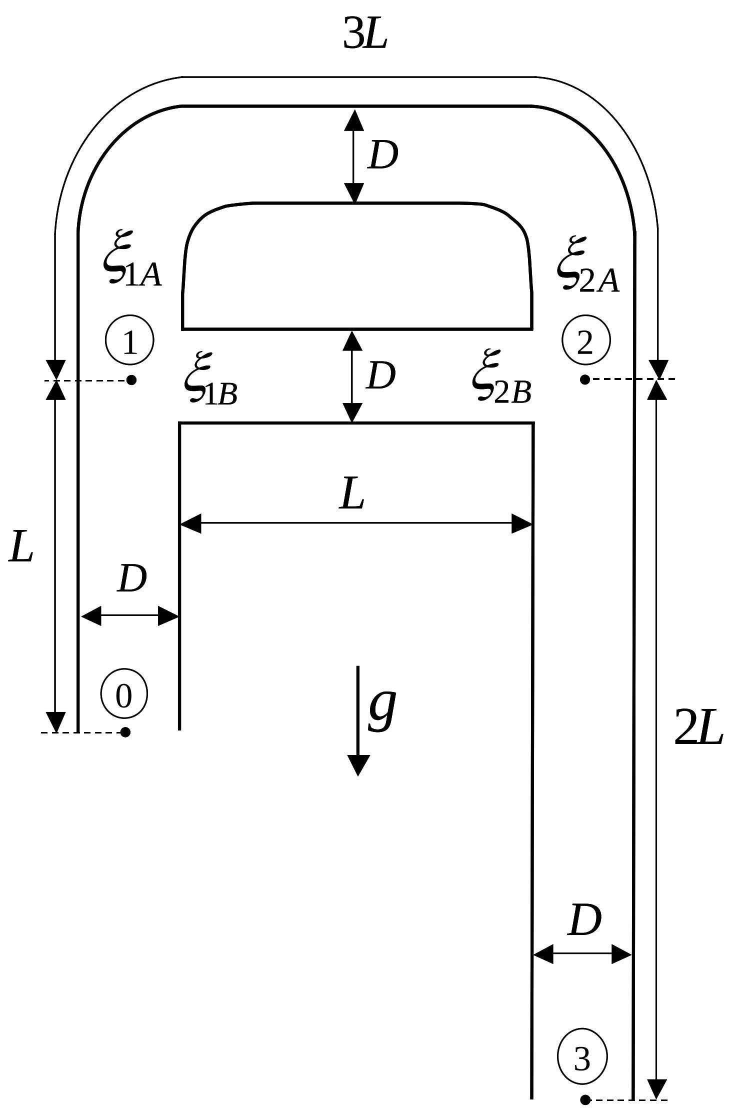
Ein inkompressibles, Newtonsches Medium (Dichte ρ, dynamische Viskosität μ) strömt stationär und laminar durch das abgebildete Rohrleitungssystem. Bei Stelle 1 teilt sich die Strömung in Rohrleitung A mit dem Durchmesser D und Rohrleitung B mit demselben Durchmesser D, wobei der Volumenstrom durch Leitung A gleich demjenigen durch Leitung B ist. Die Rohrverzweigung bei 1 verursacht einen Druckverlust, der für die Strömung durch Leitung A durch den Verlustkoeffizienten ξ_{1A} und für die Strömung durch Leitung B durch den Verlustkoeffizienten ξ_{1B} beschrieben wird. Leitung A enthält zwei 90° Rohrkrümmer (Verlustkoeffizient jeweils ξ_{Kr}), so dass sich die Leitungen bei Stelle 2 wieder vereinigen. Die dort auftretenden Druckverluste für die Strömung durch Leitung A und die Strömung durch Leitung B werden durch die Verlustkoeffizienten ξ_{2A} und ξ_{2B} beschrieben. In allen Leitungsteilen kann die Strömung als ausgebildet betrachtet werden.

In Abhängigkeit gegebener Größen berechne man:

a) den volumetrischen Mittelwert der Geschwindigkeit, c_m, bei Stelle 0.

b) den Druckverlust $p_0 - p_3$. Hierbei können c_m und $p_1 - p_2$ als gegeben vorausgesetzt werden.

Gegeben sind: L, D, μ, ρ, ξ_{1A}, ξ_{1B}, ξ_{2A}, ξ_{2B}, ξ_{Kr}, g.



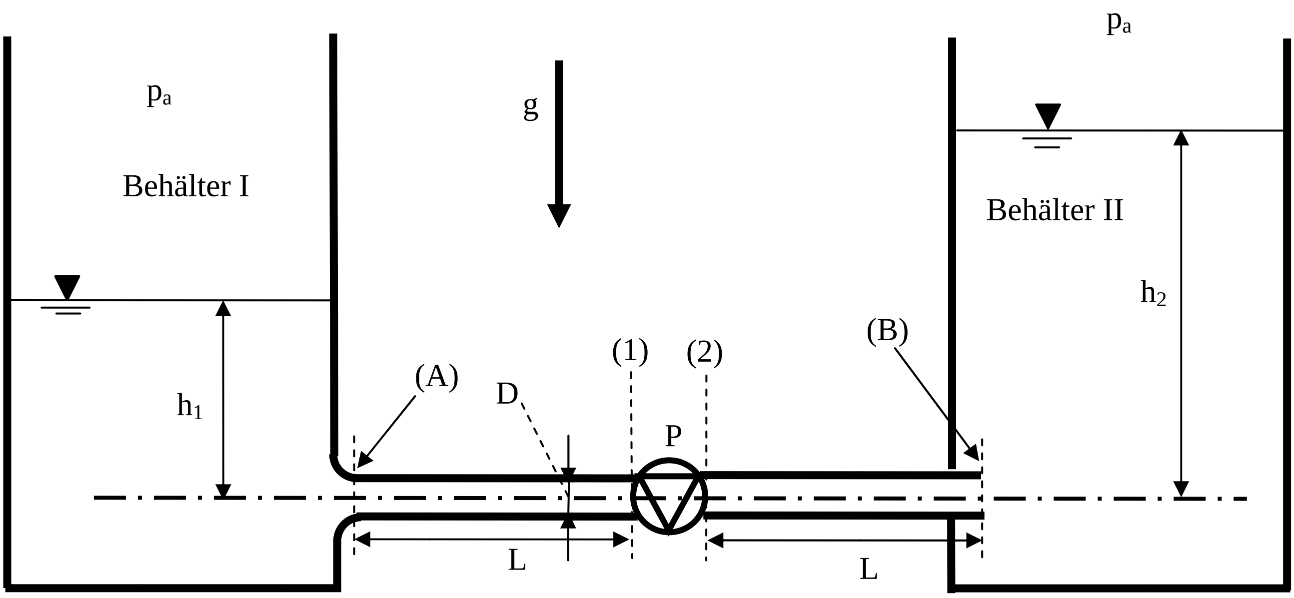
KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 19.07.2006

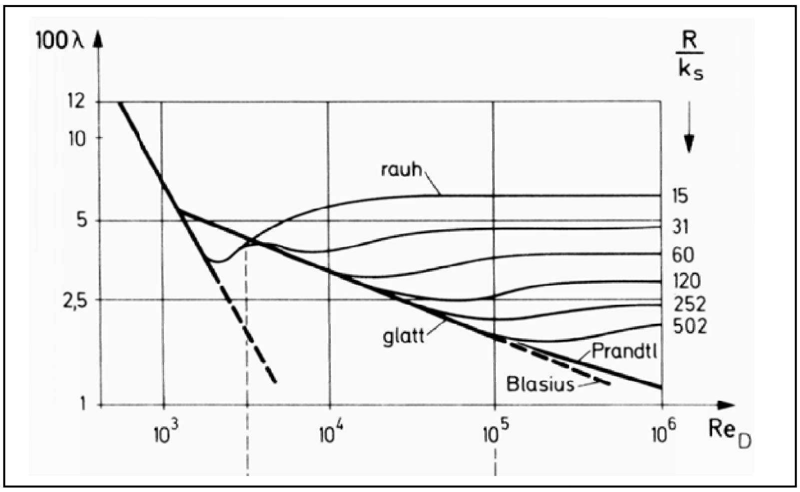
Aufgabe 4:

Eine Pumpe P (Nennvolumenstrom $\dot{V}$) fördert Wasser (Dichte ρ; kinematische Zähigkeit ν) durch ein innen rauhes Rohr (Rohrdurchmesser D = 1 m ; Sandkornrauhigkeit k_S = 2 mm) aus einem großen Behälter I mit der konstanten Spiegelhöhe h_1 in einen großen Behälter II mit der konstanten Spiegelhöhe h_2 , wobei $h_2 > h_1$ sein soll (s.Abb.). Die Strömung in den beiden Rohrteilen mit der Länge L sei jeweils über die Rohrlänge L voll ausgebildet. Die Strömung im Behälter I kann bis zur Rohreintrittsöffnung (A) als reibungsfrei angesehen werden. Am Rohrende bei (B) ströme das Wasser als Freistrahl in den Behälter II ein. Oberhalb der Spiegelhöhen im Behälter I und II herrsche jeweils der konstante Umgebungsdruck p_a.
Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen

a) den Druck p_1 am Pumpeneintritt (1)
b) den Druck p_2 am Pumpenaustritt (2)
c) Man skizziere qualitativ den Druckverlauf entlang der eingezeichneten Rohrmittel-achse vom Behälter I über die Rohrleitung und Pumpe bis in den Behälter II.

Gegeben sind: $\dot{V} = 0{,}63\dfrac{m^3}{s}$; $\nu = 10^{-6}\dfrac{m^2}{s}$; D = 1m; h_1; h_2; L; g; ρ; p_a; k_s = 2mm.





KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 13.03.2000

Aufgabe 2:

Aus einem großen Behälter strömt Gas (Dichte ρ_G) stationär durch zwei Kreisrohre mit den jeweils konstanten Durchmessern d_1 und d_2 in den Höhen h_1 und h_2 als Freistrahl in die umgebende Luft aus. In dem Behälter steht die durch den offenen Boden eintretende Luft (Dichte ρ_L, wobei $\rho_L > \rho_G$ gilt) bis zur konstanten Höhe h_0 (s. Abb.).

Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen:

a) jenes Verhältnis d_1/d_2 der Rohrdurchmesser, bei dem die Volumenströme in beiden Rohren gleich groß sind;

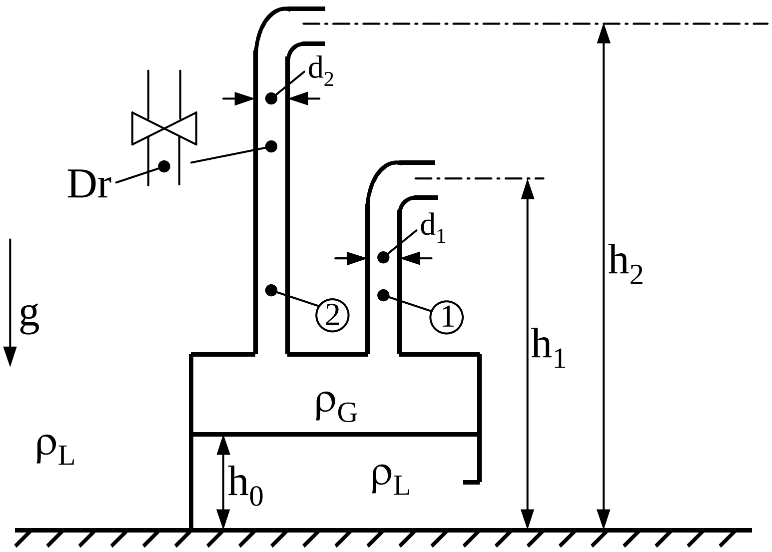
b) unter der Voraussetzung gleich großer Durchmesser ($d_1 = d_2$) jenen Druckverlustbeiwert ζ_{Dr} eines im Rohr ℑ eingebauten Drosselorganes (s. Abb.), der zu gleich großen Volumenströmen in den Rohren ℵ und ℑ führt.

Voraussetzungen:

Abgesehen von der Durchströmung des Drosselorganes ist die Strömung als reibungsfrei anzusehen. Die Dichten von Luft und Gas sind jeweils konstant.

Gegeben sind:

h_0, h_1, h_2.



KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 29.07.2005

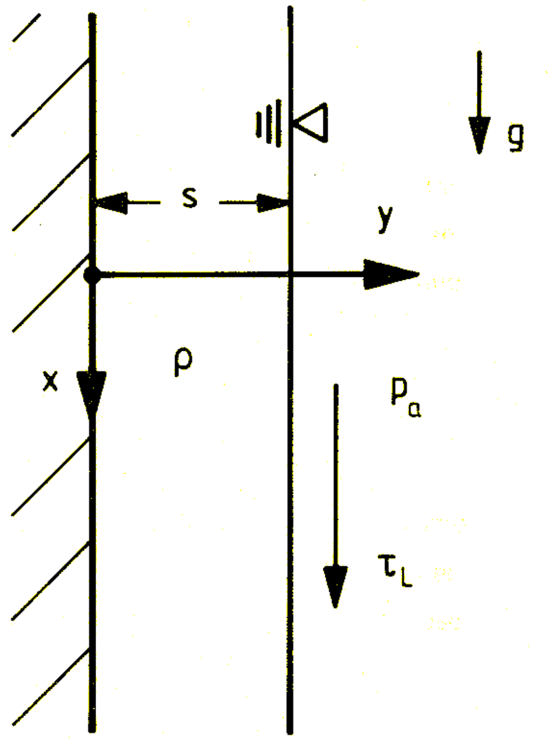
Aufgabe 3:

Ein inkompressibles NEWTONsches Medium (Dichte ρ) strömt unter dem Einfluß der Erdschwere g mit der konstanten Schichtdicke s an einer ebenen, vertikalen, ruhenden Wand herab. Die Strömung sei stationär und ausgebildet. Infolge von Temperatur-unterschieden innerhalb der Schicht hängt die dynamische Zähigkeit μ des Mediums vom Wandabstand y ab:

$$\mu(y) = \frac{\mu_0}{1 + \alpha \cdot \frac{y}{s}} \quad \text{, wobei } \alpha > 0 \text{ ist.}$$

Die freie Oberfläche der Schicht erfährt durch tangential vorbeistreichende Luft (konst. Druck p_a) eine abwärts gerichtete Schubspannung vom Betrag τ_L . Über eine Kräftebilanz am Massenelement bestimme man in Abhängigkeit gegebener Größen die Geschwindigkeit u(y) im Medium. Hierbei verwende man das vorgegebene Koordinatensystem!

Gegeben sind: ρ, μ_0, α, τ_L, s, g.



KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE 27.03.2008

Aufgabe 3:

Zwischen zwei vertikalen, ruhenden Wänden der Länge L befindet sich in der Kanalmitte eine weitere, ebenfalls ruhende Platte (s.Abb.). Dadurch entstehen zwei ebene Kanäle von der Breite s und der Länge L. Die Kanaltiefe (senkrecht zur Zeichenebene) sei t.
Die beiden Kanäle werden von einem inkompressiblen zähen Medium (Dichte ρ) stationär durchströmt. Bei (1) kann die Geschwindigkeit näherungsweise als u_1=*konst.* angenommen werden, bei (2) stellt sich infolge von Reibungseffekten eine parabolische Geschwindigkeitsverteilung $u_2(y)$ ein. Die Drücke p_1 und p_2 bei (1) und (2) seien bekannt und jeweils konstant über den Querschnitt.

Man berechne in Abhängigkeit gegebener Größen die Reibungskraft F_R, die die beiden Kanalströmungen über die Länge L auf die Platte übertragen. (Man verwende für die Spaltströmung das eingezeichnete Koordinatensystem).

Gegeben sind: $L, s, t, \rho, u_1, p_1, p_2, g.$