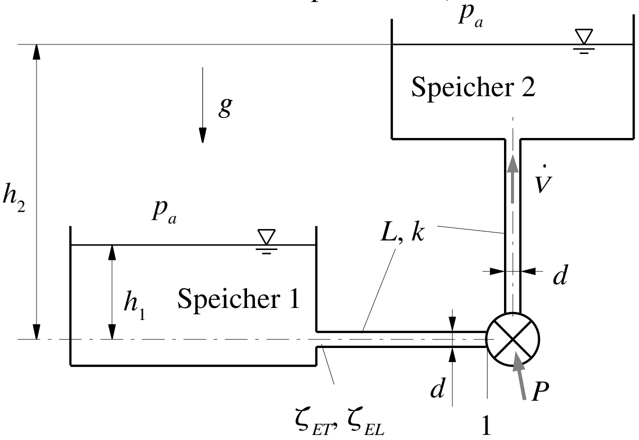
Übungsblatt 10

1. Aufgabe:

Eine Pumpe fördert Wasser (Dichte ρ) durch 2 Rohre (jeweils gleiche Länge L, Rohrrauigkeit k und gleicher Durchmesser d) aus dem Speicher 1 in den höher gelegenen Speicher 2. Der verlangte Volumenstrom der Anlage beträgt $\dot{V}$.

Beide Speicher haben einen großen Querschnitt und sind oben offen. Die Strömung sei stationär, inkompressibel und reibungsbehaftet (Verlustbeiwerte ζ_{ET} und ζ_{EL} für den Strömungseintritt und -einlauf). Beachten Sie, dass beim Austritt in Speicher 2 ein Verlust erfolgt, der durch den Carnotverlust $\zeta_C = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$ mit $\frac{A_1}{A_2} \to 0$ approximiert werden kann (hier Querschnittsfläche des Rohrs A_1, des Speichers A_2). Verluste beim Ein- und Austritt der Pumpe sind zu vernachlässigen.

Gegeben:
$\dot{V} = 0.1\ \text{m}^3/\text{s}$
$h_1 = 5$ m
$h_2 = 15$ m
$L = 10$ m
$d = 0.25$ m
$p_a = 1$ bar
$\rho = 1000\ \text{kg/m}^3$
$\nu = 10^{-6}\ \text{m}^2/\text{s}$
$\zeta_{ET} = 0.5$
$\zeta_{EL} = 0.07$ (turb.) od. 1.4 (lam.)
$k = 5$ mm
$g = 9.81\ \text{ms}^{-2}$



Berechnen Sie

a) die mittlere Geschwindigkeit $\bar{u}$ im Rohr. Ist die Strömung laminar oder turbulent? [2.x m/s]

b) den Druck p_1 unmittelbar vor der Pumpe, [1.x bar]

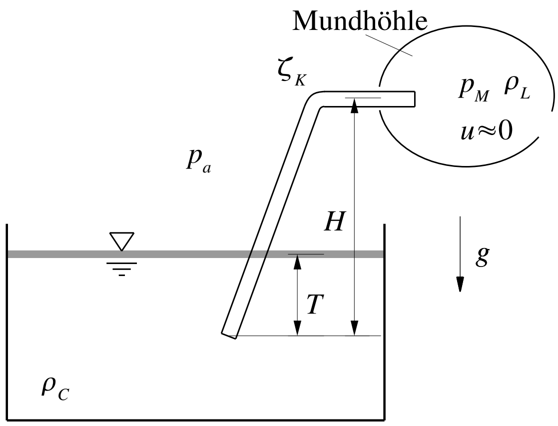
c) die Leistung P der Pumpe, die der Strömung zugeführt werden muss. [1x kW]

2. Aufgabe:

Sie trinken aus einem großen Glas einen Cocktail mit Hilfe eines glatten, geknickten Trinkhalms, der bis zur Tiefe T in die Flüssigkeit eintaucht. In der Umgebung herrscht der Druck p_a.

Die Strömung im Trinkhalm erfolgt inkompressibel und stationär mit der Geschwindigkeit u (bzw. $\bar{u}$, Mittelwert über Halmquerschnitt), der Flüssigkeitspiegel im Glas sei konstant, im Mund sei die Geschwindigkeit bei der Strömung mit Reibung *in einiger Entfernung* vom Trinkhalm vernachlässigbar klein. Effekte der Oberflächenspannung sind zu vernachlässigen.

Cocktail: kinematische Viskosität ν_C, Dichte ρ_C.
Luft: kinematische Viskosität ν_L, Dichte ρ_L.
Trinkhalm: Durchmesser d, Länge L.



Gegeben: $p_a = 1$ bar	$L = 20$ cm
$u = \bar{u} = 0.5$ m/s	$d = 1$ cm
$\nu_C = 1.25 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^2/\text{s}$	$\zeta_{ET} = 1.1$
$\rho_C = 1200\ \text{kg/m}^3$	$\zeta_{EL,\,laminar} = 0.3$ mit $\alpha = 2$
$\nu_L = 1.5 \cdot 10^{-5}\ \text{m}^2/\text{s}$	$\zeta_{EL,\,turbulent} = 0.07$
$\rho_L = 1.2\ \text{kg/m}^3$	$\zeta_K = 0.1$
$T = 4$ cm	$g = 9.81\ \text{m/s}^2$
$H = 11$ cm	

a) Welcher Druck $p_{M,\,id}$ muss im Mund herrschen, um den Cocktail verlustfrei aus dem Glas in den Mund zu fördern? [0.9x bar]

b) Welcher Druck p_M muss im Mund herrschen, um den Cocktail trotz Reibungsverlusten aus dem Glas in den Mund zu fördern? Wie groß ist die Reynoldszahl Re der Strömung? [p_M = 0.9x bar, Re = 4xxx]

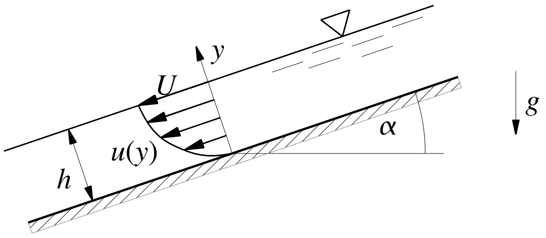
c) Wenn Luft bei gleicher Geschwindigkeit $\bar{u}$ vom Mund über den Trinkhalm <u>in</u> das Glas geblasen wird, wie groß ist der erforderliche Druck $p_{M,\,Luft}$ im Mund bei Berücksichtigung der Verluste? Wie groß ist die Reynoldszahl Re der Strömung? [$p_{M,\,Luft}$ = 1.x bar, Re = 3xx]

3. Aufgabe:

Eine Glyzerin-Schicht (dynamische Viskosität η, Dichte ρ) der Dicke h fließt stationär über eine um den Winkel α geneigte, sehr weite Platte mit dem Geschwindigkeitsprofil

$$\frac{u(y)}{U}=2\frac{y}{h}-\frac{y^2}{h^2}$$

Gegeben: $\eta = 1.50\ \mathrm{Ns/m^2}$
$\rho = 1260\ \mathrm{kg/m^3}$
$h = 8\ \mathrm{mm}$
$\alpha = 20°$
$g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}$



Bestimmen Sie

a) die Geschwindigkeit U an der Glyzerin-Oberfläche
(Hinweis: es besteht Kräftegleichgewicht), [U = 9x.x mm/s]

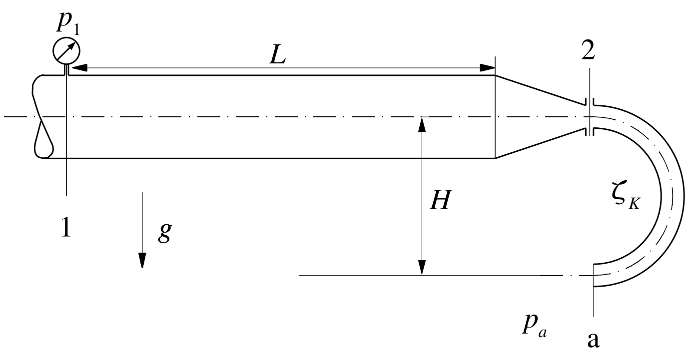
b) den Betrag und die Richtung der Schubspannung $\tau_{F\to P}$, die das Fluid *auf* die Platte ausübt.
[$\tau_{F\to P}$ = 3x.x N/m^2]

Schlüsselbeispiel 10

Wasser (Dichte ρ, kinematische Viskosität ν) strömt stationär durch ein glattes Rohr (Querschnitt A_1, Länge L), an dessen Ende nach einem kurzen düsenförmigen Übergangsteil ein 180°-Umlenkrohr (Querschnitt A_2, Druckverlustkoeffizient ζ_K) angebracht ist. Die Ausströmung erfolgt stationär und inkompressibel ins Freie (Druck p_a).

Die Strömung durch den kurzen Übergangsteil kann als verlustfrei angenommen werden. Im Druckverlustkoeffizienten ζ_K des Umlenkrohres sind bereits sämtliche Verluste inkludiert.

Gegeben: $H = 1.2\ \mathrm{m}$
$L = 10\ \mathrm{m}$
$A_1 = 4\cdot A_2$
$A_2 = 0.012\ \mathrm{m^2}$
$p_a = 1\ \mathrm{bar}$
$p_1 = 142700\ \mathrm{Pa}$
$\rho = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$
$\nu = 1.1\cdot10^{-6}\ \mathrm{m^2/s}$
$\zeta_K = 0.4$
$g = 9.81\ \mathrm{ms^{-2}}$



Berechnen Sie

a) die Geschwindigkeit u_1 im geraden Rohr ohne Verluste,

b) die mittlere Geschwindigkeit $\bar{u}_1$ im geraden Rohr unter Berücksichtigung der Verluste,

c) den Druck p_2 im Querschnitt2.