Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfram Frank
Lehrstuhl für
Fluiddynamik und Strömungstechnik

13.03.2000

Name:.. Vorname:..

Matr.-Nr.:.. HS I / HS II / IP / WI

Beurteilung:..................................... Platz-Nr.: ....

Aufgabe
(Punkte)
1)................
2)................
3)................
4)................
5)................
6)................

KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE

Studium Maschinenbau

und

Wirtschaftsingenieurwesen
(neue Diplomprüfungsordnung vom 03.09.1996)

Prüfungsfach: Fluid- und Thermodynamik

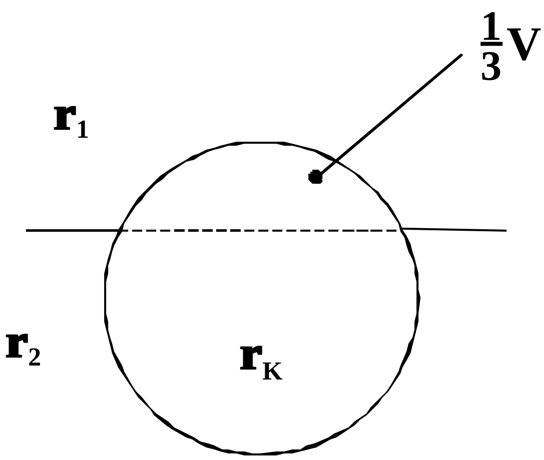
Aufgabe 1: **(10 Punkte)**

Eine homogene Kugel mit dem gegebenen Volumen V schwimmt so zwischen zwei nicht mischbaren, übereinander liegenden Flüssigkeiten, dass 1/3 ihres Volumens von der oberen Flüssigkeit (Dichte ρ_1) und das restliche Volumen von der unteren Flüssigkeit (Dichte ρ_2) umgeben ist (s. Abb.).

Unter Vernachlässigung des Einflusses von Oberflächenspannungen (Grenzflächenspannungen) bestimme man in Abhängigkeit gegebener Größen die Dichte ρ_K der Kugel.

Gegeben sind:

ρ_1, ρ_2.



Aufgabe 2: **(17 Punkte)**

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;

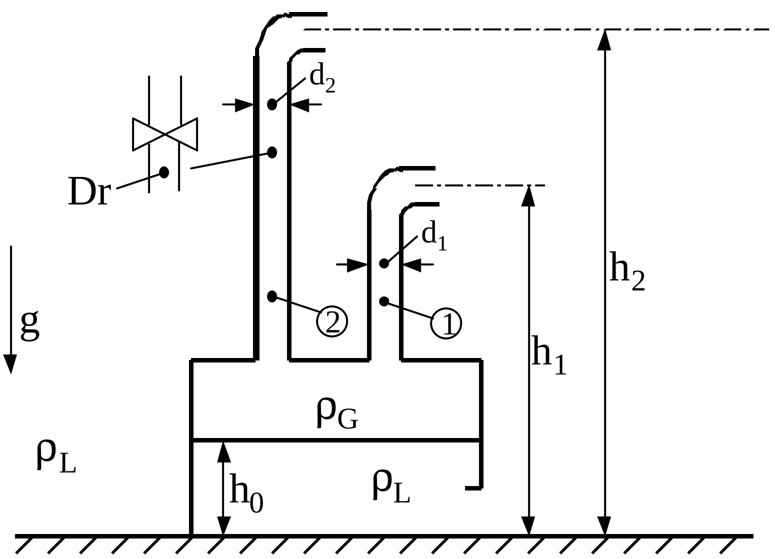
b) unter der Voraussetzung gleich großer Durchmesser ($d_1=d_2$) jenen Druckverlustbeiwert ζ_{Dr} eines im Rohr eingebauten Drosselorganes (s. Abb.), der zu gleich großen Volumenströmen in den Rohren und führt.

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.



Aufgabe 3: **(17 Punkte)**

Ein inkompressibles Medium (Dichte ρ) strömt stationär mit den Geschwindigkeiten c_1 bzw. c_2 durch die Querschnitte A_1 bzw. A_2 in einen kreiszylindrischen Kessel (vertikale Achse senkrecht zur Zeichenebene) ein und tritt durch den Querschnitt A_3 wieder aus (siehe Abb.). Die drei Querschnitte seien gleich groß (A_1=A_2=A_3=A) und die Drücke p_1, p_2 und p_3 in den drei Querschnitten seien jeweils größer als der Außendruck p_a in der Umgebung des Kessels.

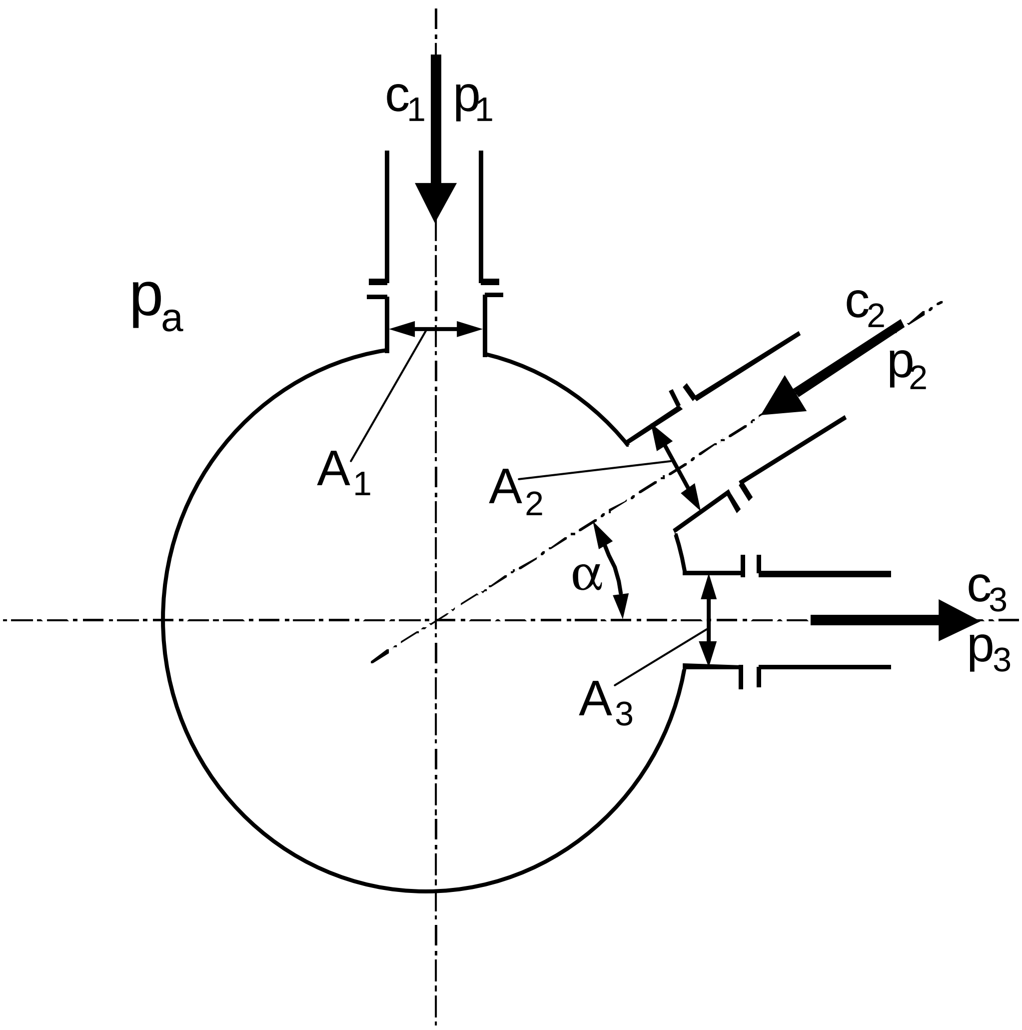
Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen die Kraft $\vec{F}_H$ nach Größe und Richtung, die am Kessel angreifen muss, damit dieser im Gleichgewicht ist.

Voraussetzungen:

Die Geschwindigkeiten und die Drücke in A_1, A_2 und A_3 seien jeweils konstant über den Querschnitt. Über die Verbindungen zwischen den drei Kesselstutzen und den anschließenden Rohrleitungen können keinerlei Kräfte übertragen werden.

Gegeben sind:

A_1=A_2=A_3=A, c_1, c_2, p_1, p_2, p_3, p_a, ρ, α.

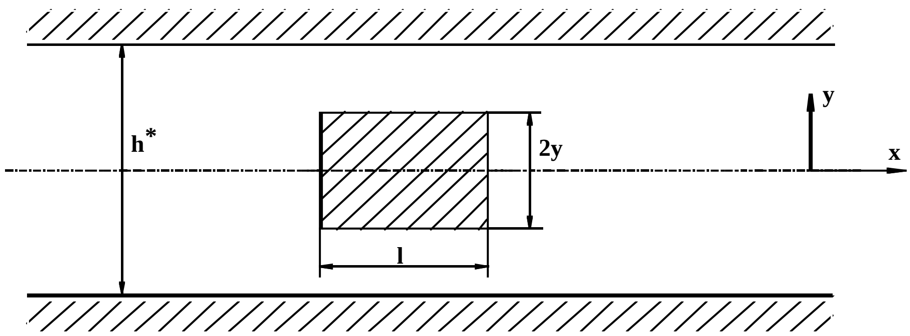


Aufgabe 4: **(22 Punkte)**

Ein ebener Spalt von der Breite b (senkrecht zur Zeichenebene) und der Höhe h* wird von einem inkompressiblen Newtonschen Medium (Dichte ρ, kinematische Zähigkeit ν) stationär durchströmt. Die Strömung sei laminar und über die ganze Spaltlänge ausgebildet.

a) Durch eine Kräftebilanz an dem eingezeichneten Volumenelement (s. Abb. I) bestimme man die Schubspannungsverteilung $\tau(y)$ und die Geschwindigkeitsverteilung c(y) im ebenen Spalt. Man skizziere qualitativ diese Verteilungen. Außerdem gebe man die Beziehungen für den volumetrischen Mittelwert der Geschwindigkeit c_m und für die Maximalgeschwindigkeit c_{max} an. Man verwende das eingezeichnete Koordinatensystem.

Abb. I:



b) Die unter a) abgeleiteten Beziehungen übertrage man nun auf die folgende Anordnung:

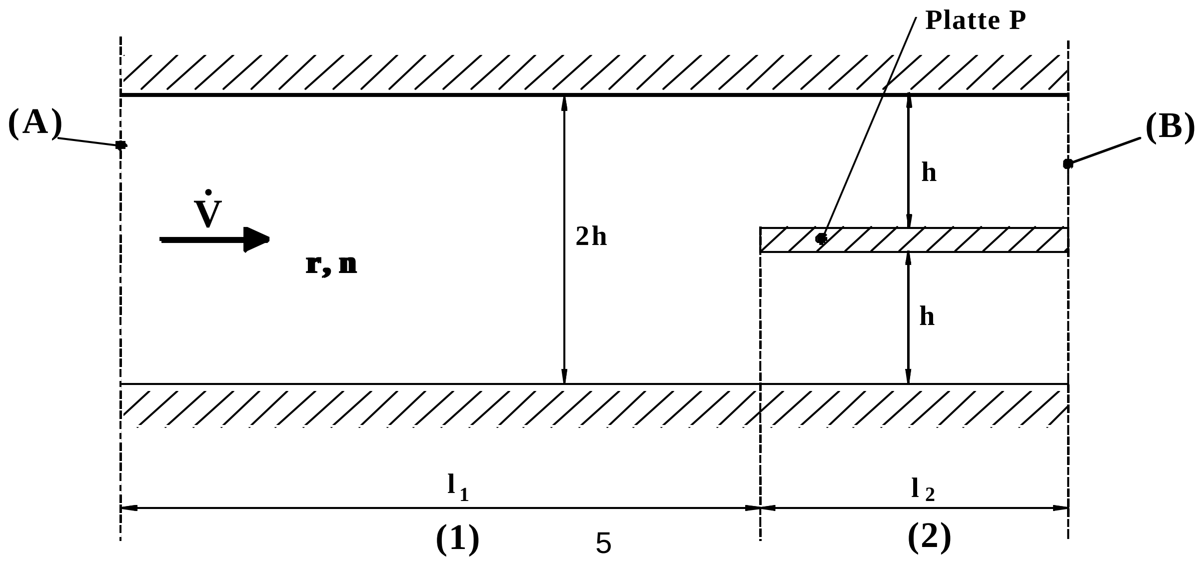
In den ebenen Spalt der Breite b (senkrecht zur Zeichenebene) und der neuen Höhe $2 \cdot h$ wird eine Platte P von der Länge l_2 und vernachlässigbarer Dicke so eingesetzt, dass zwei Spalte von der Höhe h entstehen (s. Abb. II). Auch diese Anordnung wird vom gleichen inkompressiblen Newtonschen Medium (Dichte ρ, kinematische Zähigkeit ν) stationär durchströmt, wobei vorausgesetzt sei, dass die Strömung sowohl über die Länge l_1 wie über die Länge l_2 jeweils laminar und ausgebildet ist.

Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen die Größe der Druckdifferenz $\Delta p = p_A - p_B$, die zwischen den Punkten (A) und (B) herrschen muss, damit sich ein vorgegebener Volumenstrom $\dot{V}$ einstellt;

Gegeben sind:

b, l_1, l_2, h, $\dot{V}$, ρ, ν.

Abb.II:



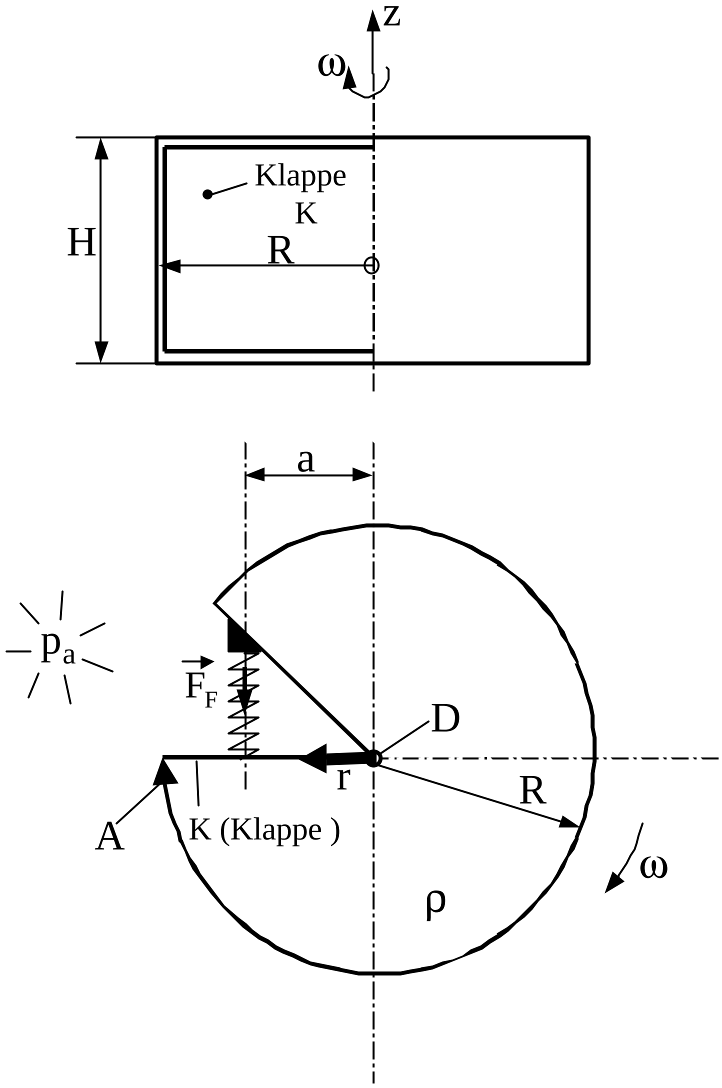
Aufgabe 5: **(16 Punkte)**

Der Innenraum eines kreiszylindrischen Behälters (Höhe H, Radius R) wird durch eine radial verlaufende Klappe K abgeschlossen, die um den Punkt D drehbar gelagert ist. Die Klappe wird von der Federkraft $\vec{F}_F$ über den Hebelarm a gegen den Anschlag A gedrückt (s. Abb.). Der Behälter dreht sich mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit ω um seine Achse. Er ist außerdem mit einer Flüssigkeit (konstante Dichte ρ) völlig gefüllt, die wie ein Starrkörper mitrotiert und gegen die Richtung der Federkraft $\vec{F}_F$ auf die Klappe drückt. Auf der nicht benetzten Seite der Klappe herrsche der konstante Außendruck p_a. Der Flüssigkeitsdruck an der Stelle der Drehachse $p(r=0) = p_{ax}$ sei gegeben.

Unter Vernachlässigung der Erdschwere bestimme man in Abhängigkeit gegebener Größen jene Winkelgeschwindigkeit ω_{krit}, bei der gerade keine Reaktionskraft vom Anschlag A auf die Klappe übertragen wird.

Gegeben sind:

H, R, ρ, $\vec{F}_F$, a, p_a, p_{ax}.



Aufgabe 6: **(17 Punkte)**

In einem kreiszylindrischen Behälter (Durchmesser D) befindet sich ein ideales Gas (spezifische Gaskonstante $I\!R$; κ=Verhältnis der konstanten spezifischen Wärmen), das durch das Gewicht G eines völlig abdichtenden Kolbens auf den Druck p_1 komprimiert ist. Die zugehörige Gastemperatur T_{i1} sei gegeben. Durch eine kleine Düse mit dem Austrittsquerschnitt A_2 im Boden des Behälters strömt das Gas stationär in die Umgebung mit dem Druck $p_a=0$ aus (s. Abb.).

a) Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen die Ausströmgeschwindigkeit c_2 bei A_2 sowie den Innendruck p_{i1}.

b) Durch Auflegen eines Zusatzgewichtes ΔG auf den Kolben wird das Gas isentrop auf den neuen Innendruck p_{i2} komprimiert. Wie groß muss das Zusatzgewicht ΔG sein, damit für die neue Austrittsgeschwindigkeit c^*_2 bei A_2 gilt $c^*_2=1{,}25 \cdot c_2$?

Voraussetzungen:

Alle Zustandsänderungen des Gases seien isentrop. Die Strömungsgeschwindigkeit im Innern des Kreiszylinders sei vernachlässigbar klein. Auf den Kolben sollen keinerlei Reibungskräfte wirken.

Gegeben sind:

G, D, $I\!R$, κ, T_{i1}, $p_a=0$.