

# Übungsaufgabenblatt M-XIII

## Experimentalphysik I, WS 2019/20

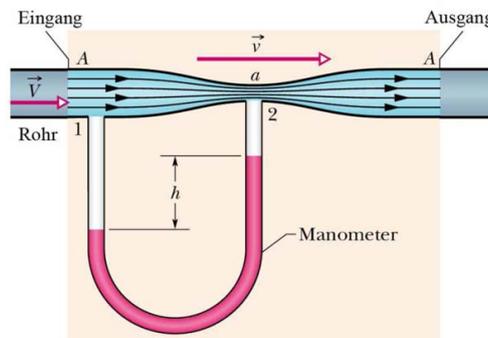
PD Dr. habil. H. von Wenckstern

Ausgabe: 21. Januar 2020

Abgabe: **28. Januar 2020, 12:00 Uhr**

Dies ist das letzte Aufgabenblatt des Semesters.

- M57.** Ein Zeppelin besitzt Gaskammern mit einem konstantem Volumen  $V = 25\,000\text{ m}^3$ , die mit Helium der Dichte  $\rho_{\text{He}} = 0,179\text{ kg/m}^3$  gefüllt sind. Die festen Teile des Zeppelin haben die Masse  $m = 1,65 \cdot 10^4\text{ kg}$ ; ihr Volumen kann für die Rechnung vernachlässigt werden. Die Luft hat am Startort den Druck  $p_0 = 100\text{ kPa}$  und die Dichte  $\rho_0 = 1,29\text{ kg/m}^3$ . Welche Steighöhe erreicht der Zeppelin unter der Bedingung konstanter Temperatur ( $p/\rho = \text{const}$ )? **[5 Punkte]**
- M58.** Die Venturi-Düse wird oft zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit von Fluiden in einem Rohr verwendet (siehe Abbildung). Das Rohr habe am Eingang und Ausgang den Querschnitt  $A$ . Am Eingang und Ausgang fließt das Fluid mit derselben Geschwindigkeit  $V$  wie im Rohr. Dazwischen strömt es mit der Geschwindigkeit  $v$  durch eine Verengung mit der Querschnittsfläche  $a$ . Das Manometer verbindet den breiteren Teil der Düse mit dem engeren Teil.



- (a) Betrachten Sie die Druckdifferenz  $\Delta p = p_1 - p_2$  zwischen Punkt 1 und Punkt 2 und zeigen Sie, dass für die Geschwindigkeit  $V$  gilt:

$$V = \sqrt{\frac{2a^2\Delta p}{\rho(A^2 - a^2)}}, \quad (\text{M58.1})$$

wobei  $\rho$  die Dichte der strömenden Flüssigkeit ist.**[4 Punkte]**

- (b) Nehmen Sie nun an, es handle sich um Leipziger Luft mit der Dichte  $\rho_L = 1,0\text{ kgm}^{-3}$ . Die Querschnittsflächen seien  $5,0\text{ cm}^2$  im Rohr und  $4,0\text{ cm}^2$  in der Düsenverengung. Der Druck im Rohr sei  $p_1 = 5,3\text{ kPa}$  und der Druck in der Verengung  $3,3\text{ kPa}$ . Welche Luftmasse wird pro Sekunde durch den Rohreingang transportiert? **[2 Punkte]**

**M59.** Durch eine Rohrleitung der Länge  $L = 100$  m und des Durchmessers  $D = 20$  mm soll Erdöl ( $\rho = 900 \text{ kgm}^{-3}$ ,  $\eta = 0,01 \text{ Pa s}$ ) gepumpt werden. Die Strömungsgeschwindigkeit soll maximal sein. Jedoch ist gefordert, dass die Strömung noch laminar und nicht schon turbulent ist. Welche Leistung  $P$  muss eine die Strömung treibende Pumpe mindestens haben? (Ideale Pumpe mit Wirkungsgrad 1; kritische Reynoldszahl 2320.)

[6 Punkte]

**M60.** Ein Fass (Durchmesser 1 m) ist mit Glycerin ( $\rho_{\text{Gl}} = 1,26 \cdot 10^3 \text{ kgm}^{-3}$ ) bis zum oberen Rand gefüllt. Auf der Höhe des Fassbodens ragt ein horizontales Rohr der Länge  $l = 70$  cm aus dem Fass. Der Innendurchmesser dieses Rohrs ist 1 cm.

- (a) Anfangs ist das Rohr verschlossen. Zur Bestimmung der Viskosität  $\eta$  des Glycerins wird die Gleichgewichts-Sinkgeschwindigkeit einer Stahlkugel (Durchmesser  $d_{\text{Kugel}} = 6$  mm, Dichte  $\rho_{\text{Stahl}} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kgm}^{-3}$ ) gemessen. Diese beträgt  $v = 9 \text{ cms}^{-1}$ . Berechnen Sie die Viskosität  $\eta$  des Glycerins! [3 Punkte]
- (b) Nach Öffnen des Rohres werde der Pegel des Glycerins durch ständiges Auffüllen konstant gehalten. Dafür ist ein konstanter Zufluss von  $I = 3,7 \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$  notwendig. Berechnen Sie unter der Annahme einer laminaren Strömung im Rohr die Höhe  $h$  des Fasses! [3 Punkte]
- (c) Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit des Glycerins im Rohr? [1 Punkte]
- (d) Als Zusatzaufgabe: Der Zufluss von Glycerin wird nun gestoppt. Nach welcher Zeit ist das Fass halbleer?

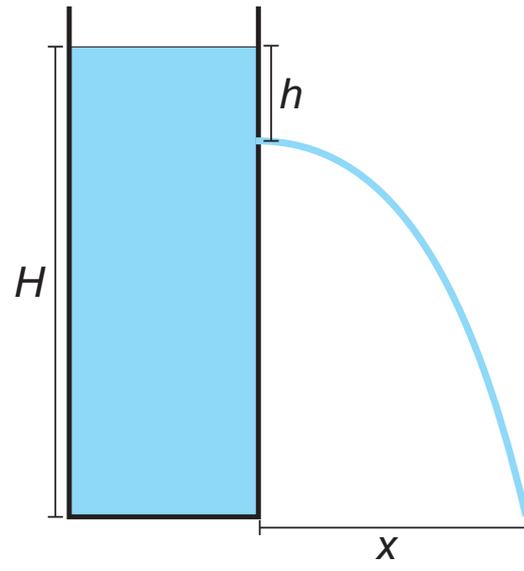
[5 Punkte]

**Gesamt:**

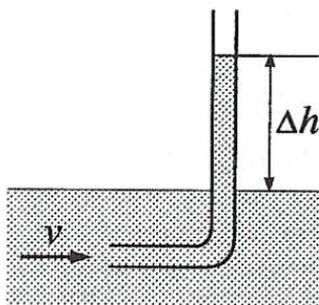
**24 Punkte**

**ZA04.** Im Bild ist ein Behälter dargestellt, aus dem Wasser aus einem Loch in der Tiefe  $h$  unter dem Wasserspiegel fließt. Die Wasserstandshöhe ist  $H = 40$  cm.

- (a) In welcher Entfernung  $x$  trifft der Wasserstrahl in Abhängigkeit von  $h$  auf den Boden? [3 Punkte]
- (b) In welcher Tiefe  $h$  sollte ein zweites Loch angebracht werden, damit der Wasserstrahl, der aus diesem Loch tritt, ebenfalls in der Entfernung  $x$  auf den Boden trifft? [5 Punkte]
- (c) In welcher Tiefe sollte ein Loch gebohrt werden, damit  $x$  maximal wird? [2 Punkte]



**ZA05.** In ein strömendes Gewässer wird senkrecht von oben ein Staurohr derart hineingehalten, daß der unter Wasser befindliche, im rechten Winkel gekrümmte Schenkel gegen die Strömung gerichtet ist. Das Wasser im Rohr steht um  $\Delta h = 10 \text{ cm}$  über der freien Wasseroberfläche. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit  $v$ ?



[4 Punkte]