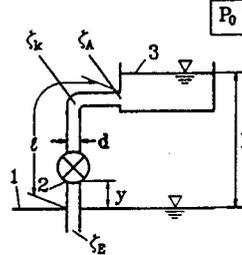


**22. Aufgabe** Erweiterte Bernoulligleichung

Eine Pumpe fördert aus einem See den Volumenstrom Wasser  $\dot{Q}$  je Zeiteinheit durch ein Rohr des Durchmessers  $D$  und der Länge  $L$  in einen um die Höhendifferenz  $H$  höher liegenden Hochbehälter. Dabei treten folgende Verluste auf:



- Rohrreibungsverluste mit  $\lambda=0.03$ ,
- Eintrittsverluste mit  $\zeta_E=0.3$ ,
- Verluste im Krümmer mit  $\zeta_K=0.4$ , und
- Verluste am Austritt mit  $\zeta_A=0.8$ .

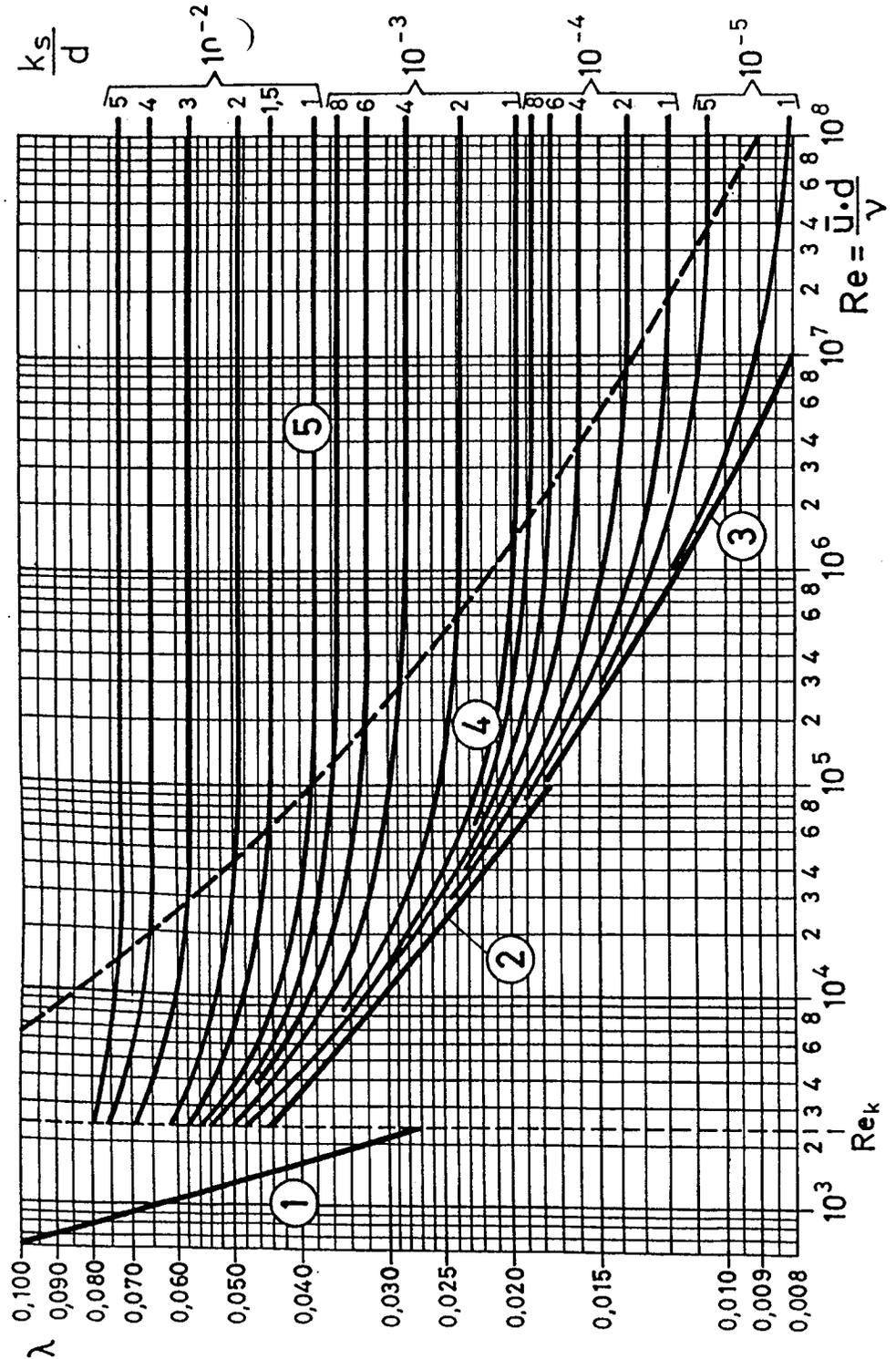
- In welcher Höhe  $y$  über dem Wasserspiegel darf die Pumpe höchstens angeordnet sein, damit im Rohr der Dampfdruck des Wassers nicht unterschritten wird?
- Welche Pumpenleistung  $\dot{W}_p$  ist erforderlich? Hinweis: für diese Berechnung führen Sie die dem Fluid durch die Pumpe je Volumeneinheit zugeführte Arbeit auf der Seite der Bernoulligleichung ein, auf der die Größen des Zustandes 1 stehen.

Gegeben:      Volumenstrom Wasser                       $\dot{Q}=0.06\text{m}^3/\text{s}$   
                   Dichte und Dampfdruck des Wassers       $\rho_w=1000\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $p_D=40\text{hPa}$   
                   Rohrdurchmesser und -länge                       $d=0.1\text{m}$ ,  $l=18\text{m}$   
                   Höhendifferenz, Umgebungsdruck                       $H=15\text{m}$ ,  $p_0=1\text{bar}$

**23. Aufgabe** Modifikation eines Behälterauslaufs

Durch eine Öffnung am unteren Ende eines Wasserbehälters (Füllstand  $H=3\text{m}$ ) kann der flüssige Inhalt des Behälters ( $v=10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ ) abgelassen werden. Untersuchen Sie, ob durch Anbringen eines hydraulisch glatten Rohres mit gleichem Durchmesser  $D=0.05\text{m}$  wie die Öffnung an den Behälterauslauf das Leerlaufen des Behälters beschleunigt werden kann. Zur Lösung dient Ihnen das beiliegende Diagramm der Rohrreibungsbeiwerte  $\lambda=\lambda(\text{Re}, k_s/D)$ .

- Berechnen Sie die Auslaufgeschwindigkeit aus dem Behälter ohne angeschlossenes Rohr mit den angegebenen Zahlenwerten.
- Leiten Sie die Gleichung für die Auslaufgeschwindigkeit her, die sich mit Einfluss des Rohres einstellt, und berechnen Sie den Zahlenwert für ein  $L=1\text{m}$  langes Rohr.
- Die unter b) berechnete Geschwindigkeit ist größer als der unter a) erhaltene Torricellische (verlustfreie) Wert? Für welchen Wert des Bodenloch- bzw. Rohrdurchmessers  $D$  würden die beiden Geschwindigkeiten gleich groß?



Moody-Diagramm der Rohrreibungszahl  $\lambda=\lambda(\text{Re}, k_s/d)$  für gerade Kreisrohre