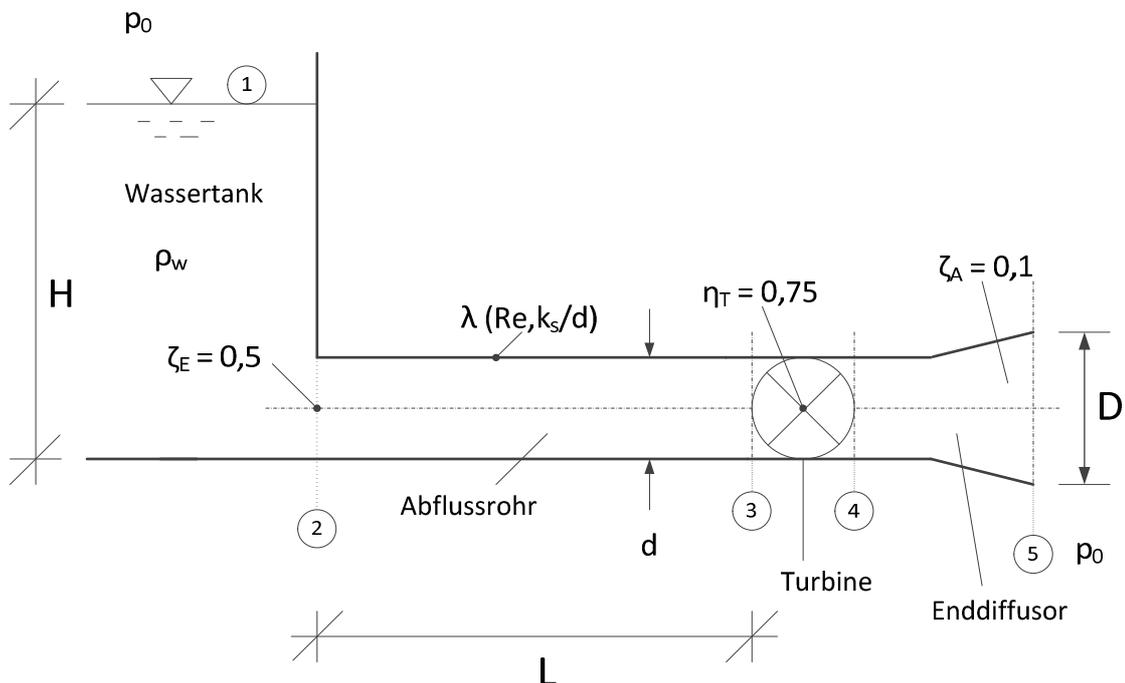


## WASSERTANK MIT TURBINE

(inkompressibel, stationär, mit Reibung und mechanischer Arbeit)

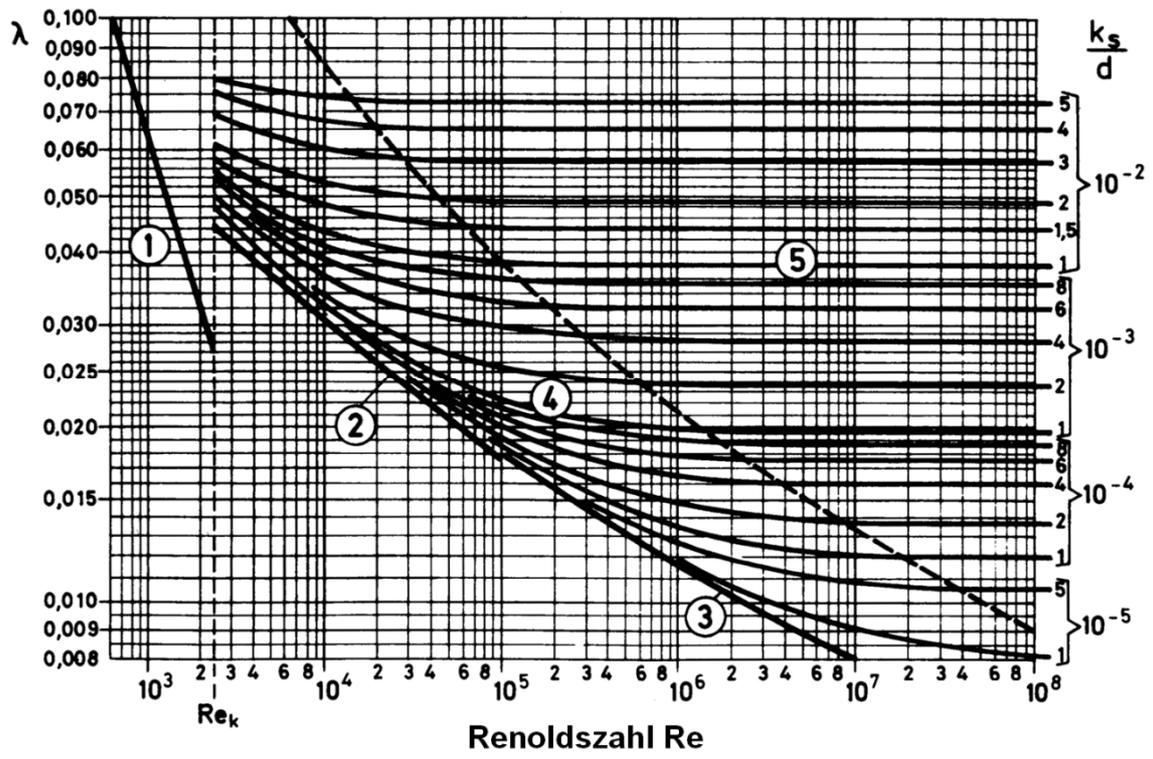
Aus einem sehr großen Tank strömt Wasser in ein kreisförmiges Abflussrohr mit dem Durchmesser  $d = 100 \text{ cm}$ . Der Widerstand beim Einströmen in das Abflussrohr beträgt  $\zeta_E (w_3) = 0,5$ . Die Wandrauigkeit des Abflussrohres beträgt  $k_s = 4 \text{ mm}$ . Die Turbine hat einen Wirkungsgrad von 75% und wird mit einer Druckdifferenz von  $\Delta p_{3-4} = 0,5 \text{ bar}$  betrieben. Das Wasser wird nach der Turbine durch einen Enddiffusor mit der Widerstandszahl  $\zeta_A (w_4) = 0,1$  geleitet und verlässt das System als Freistrahlin in die Umgebung.



- a) Berechnen Sie die Strömungsgeschwindigkeit an der Position ③ unmittelbar vor der Turbine. Nehmen Sie hierfür an, dass eine Reynoldszahl  $Re > 10^6$  vorliegt.
- b) Überprüfen Sie mit der unter a) berechneten Strömungsgeschwindigkeit den angesetzten Rohreibungsverlust  $\lambda$  und zeichnen Sie die genaue Lage in das beliebige Moody-Diagramm
- c) Berechnen Sie die Leistung  $P_{el}$  der Turbine für die angegebenen Werte.

Gegeben:     $H = 10 \text{ m}$                        $L = 30 \text{ m}$                        $d = 100 \text{ cm}$                        $D = 120 \text{ cm}$   
                    $\zeta_E (w_3) = 0,5$                        $\zeta_A (w_4) = 0,1$                        $k_s = 4 \text{ mm}$                        $\Delta p_{3-4} = 0,5 \text{ bar}$   
                    $\eta_T = 0,85$                        $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$                        $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$                        $g = 9,81 \text{ m/s}^2$   
                    $\nu_w = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

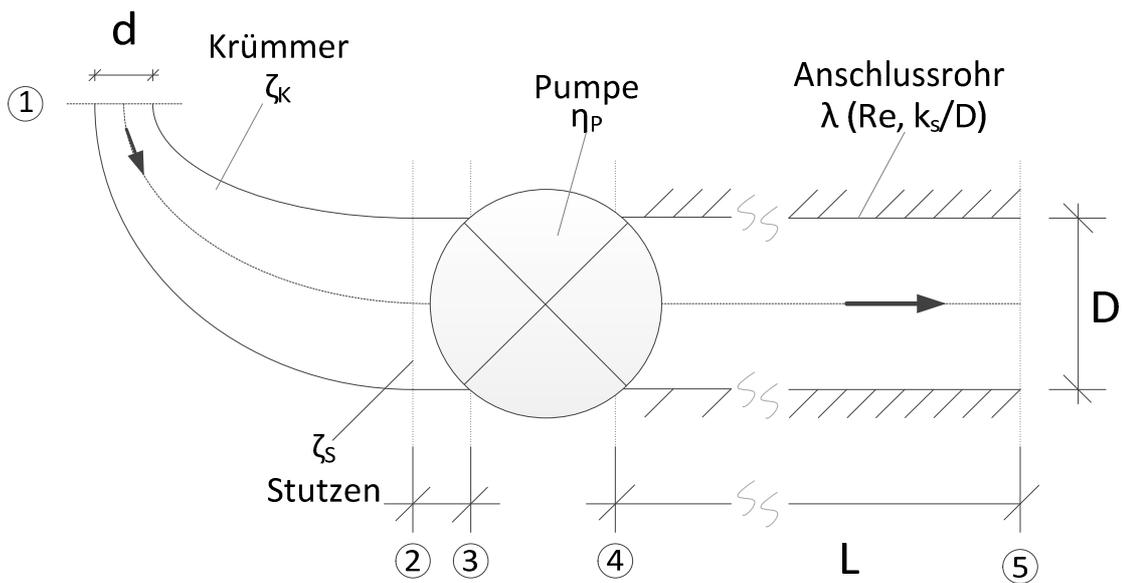
# ROHRWIDERSTANDSDIAGRAMM



## EBENE ROHRLEITUNG MIT PUMPE

(inkompressibel, stationär, mit Reibung und mechanischer Arbeit)

Wasser wird von einer Pumpe stationär und verlustbehaftet durch eine *ebene* Rohrleitung von Position ① zur Position ⑤ gefördert (siehe Skizze). Das System ist so dimensioniert, dass bei maximaler Pumpenleistung die statischen Drücke in der Strömung an der Position ① und an der Position ⑤ genau gleich sind.

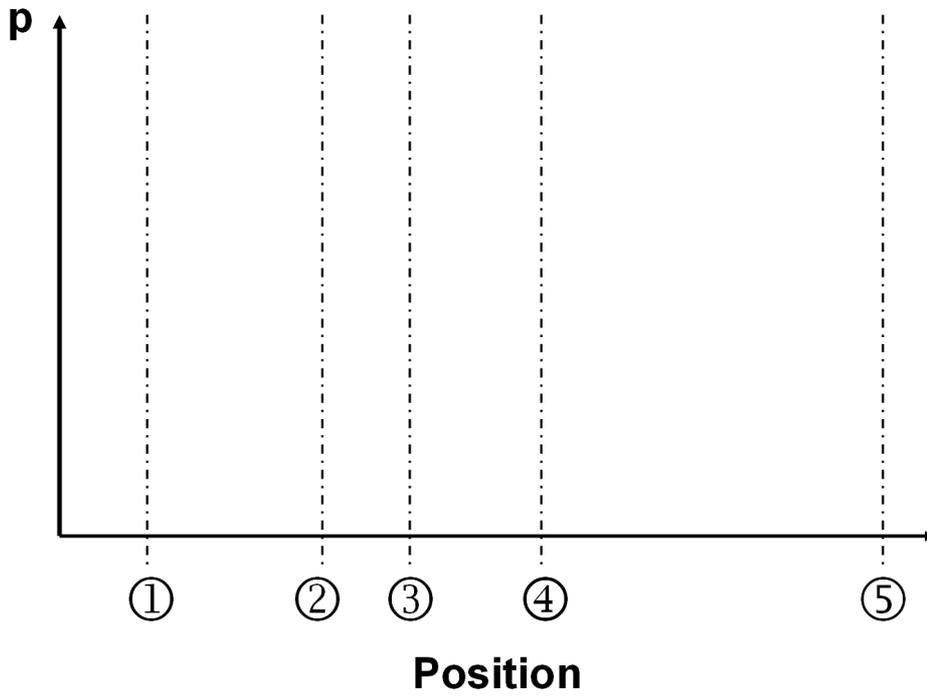


- Zeichnen Sie in das beiliegende Diagramm (Anlage1) qualitativ den Druckverlauf von Pos. ① nach Pos. ⑤ für den Betriebszustand „Pumpe unter Maximalbelastung“ ein. Vernachlässigen Sie hierbei die Verluste im Krümmer ( $\zeta_K = 0$ ).
- Wie groß ist die maximal benötigte elektrische Leistung  $P_{el,max}$  der Pumpe, wenn für das verwendete *Anschlussrohr* ein maximaler Rohrreibungskoeffizient  $\lambda_{max} = 0,017$  nicht überschritten werden soll und zusätzlich die Verluste im *Krümmer*, am *Stutzen* und in der *Pumpe* (Wirkungsgrad  $\eta_P$ ) für die Bilanzierung der Leistung mit zu berücksichtigen sind.
- Wie groß ist der durch das Anschlussrohr fließende Massenstrom?

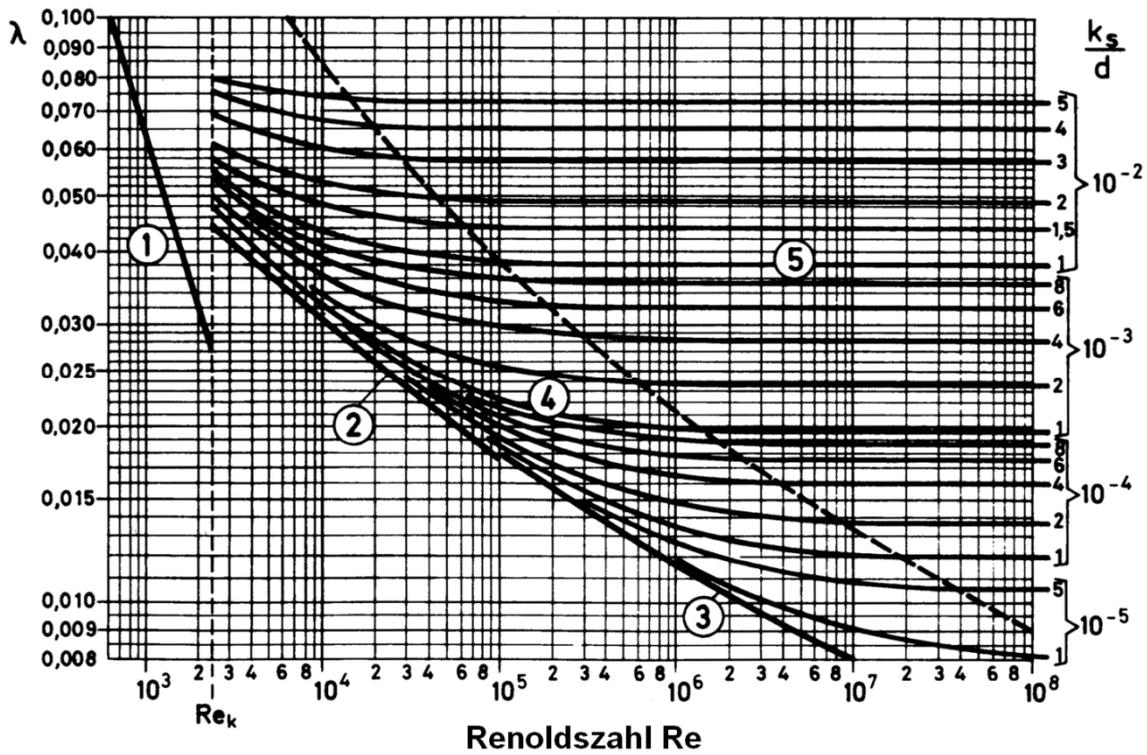
Gegeben:

$d = 015 \text{ m}$	$D = 0,4 \text{ m}$	$L = 2500 \text{ m}$	$\lambda_{max} = 0,017$
$k_s = 0,16 \text{ mm}$	$\zeta_K(w_1) = 0,5$	$\zeta_S(w_2) = 0,3$	$\eta_P = 0,85$
$\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$	$v_w = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	

**DIAGRAMM ZUM AUFGABENTEIL A): DRUCKVERLAUF VON POS. ①  
NACH POS. ⑤**



**ROHRWIDERSTANDSDIAGRAMM**



## TECHNISCHE RAUHIGKEIT $k_s$ VON ROHREN ( $k_s$ IN MM)

Werkstoff u. Rohrart	Zustand der Rohre	$k$ in mm
Neue gezogene u. gepreßte Rohre aus Cu, Ms, Bronze, Al, sonst. Leichtmet., Glas, Kunststoffen	technisch glatt	0,001 ... 0,0015
Neuer Gummidruckschlauch	technisch glatt	ca. 0,0016
Rohre aus Gußeisen	neu, handelsüblich	0,25 ... 0,5
	angerostet	1,0 ... 1,5
	verkrustet	1,5 ... 3,0
Neue nahtlose Stahlrohre, gewalzt oder gezogen	mit Walzhaut	0,02 ... 0,06
	gebeizt	0,03 ... 0,04
	bei engen Rohren	bis 0,1
Neue längsgeschweißte Stahlrohre	mit Walzhaut	0,04 ... 0,1
Neue Stahlrohre mit Überzug	Metallspritzüberzug	0,08 ... 0,09
	tauchverzinkt	0,07 ... 0,1
	handelsübl. verzinkt	0,1 ... 0,16
	bitumiert	ca. 0,05
	zementiert	ca. 0,18
	galvanisiert	ca. 0,008
Gebrauchte Stahlrohre	gleichm. Rostnarben	ca. 0,15
	leichte Verkrustung	0,15 ... 0,4
	mittlere Verkrustung	ca. 1,5
	starke Verkrustung	2,0 ... 4,0
Asbest-Zementrohre	neu, handelsübl.	0,03 ... 0,1
Betonrohre, neu	handelsübl. Glattstrich	0,3 ... 0,8
	handelsübl. mittelglatt	1,0 ... 2,0
	handelsübl. rauh	2,0 ... 3,0
Betonrohre nach mehrjährigem Betrieb mit Wasser		0,2 ... 0,3
Holzverkleidung, rauh		1,0 ... 2,5
Roher Stein		8 ... 15
Mittelwert für Rohrstrecken ohne Stöße		0,2
Mittelwert für Rohrstrecken mit Stößen		2,0

entnommen aus: *Technische Strömungslehre*,  
Kalide, W., 5. Auflage, 1980, Hanser-Verlag (ISBN 3-446-13092-6)