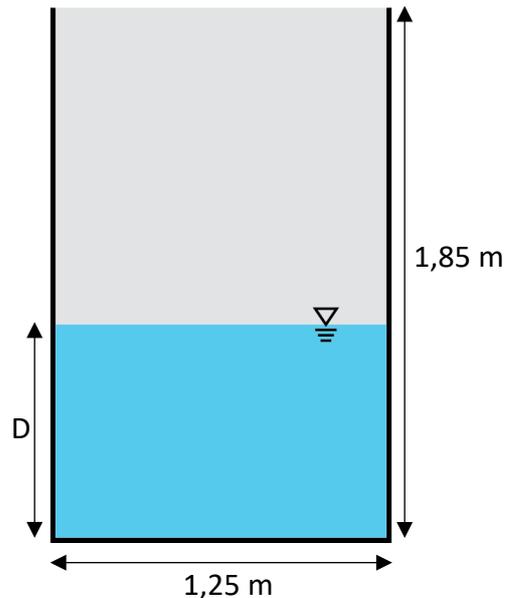


TECHNISCHE HYDRAULIK – Prüfung März 2019**Beispiel 1****(44/133 Punkte)**

Im alten Rom wurden Aquädukte zur Wasserversorgung von Städten gebaut. Nemausus, das spätere Nîmes im heutigen Frankreich, verfügte über ein Aquädukt mit einer Abflussleistung von $40.000 \text{ m}^3/\text{Tag}$. Unter Normalabflussverhältnissen brauchte das Wasser 27 Stunden, um die 50 km von der Quelle bis in die Stadt zurückzulegen. Der 1,25 m breite Fließquerschnitt war mit *opus caementicium* (Römischem Beton) ausgekleidet und hatte einen Stricklerbeiwert von $K_s = 60 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (siehe Skizze des Fließquerschnitts).



1. Berechnen Sie die Normalabflusstiefe. (8 Punkte)
2. Berechnen Sie das Gefälle J_f unter Normalabflussverhältnissen. (10 Punkte)
3. Berechnen Sie die kritische Wassertiefe. (8 Punkte)
4. Lagen schießende oder strömende Abflussverhältnisse vor? Begründen Sie Ihre Wahl! (8 Punkte)
5. Aufgrund von Ablagerungen von Sediment an der Sohle und Ausfällung von Mineralien an den Wänden nahm die Rauheit des Kanals mit der Zeit zu. Berechnen Sie, welcher Strickler-Beiwert gerade noch toleriert werden konnte, um ein Überborden zu verhindern. Die maximale Wassertiefe des Kanals war auf 1,85 m ausgelegt. Die Querschnittsfläche kann vereinfachend als unbeeinflusst von den Ablagerungen angenommen werden. (10 Punkte)

Beispiel 2**(61/133 Punkte)**

Wassertürme sind erhöht angeordnete Wasserbehälter. Sie werden mancherorts eingesetzt, um Gebäude kontinuierlich und bei gleichbleibend hohem Druck mit Wasser zu versorgen. Stellen Sie sich im Beispiel einen Wasserturm vor, der nur ein einziges Haus versorgt.

Der Wasserturm besteht aus zwei Teilen: einem zylindrischen Tank (Durchmesser 3,0 m und Höhe 3,0 m) und einer angeschlossenen, vertikalen Rohrleitung (Durchmesser 10,0 cm), die vom Tank bis zum Boden verläuft. Dort ist sie an eine horizontale Versorgungsleitung angeschlossen. Die Versorgungsrohrleitung liegt 0,5 m unter dem Geländeniveau, hat einen Durchmesser von 5,0 cm und verläuft gerade bis zum Haus in einer Entfernung von 30,0 m. Am Haus ist sie mit der häuslichen Wasserleitung verbunden, deren Rohre 25,0 mm Durchmesser haben.

Der am höchsten angeordnete Wasserhahn im Haus liegt bei 7,0 m über Geländeniveau. Die häusliche Wasserleitung bis zum Hahn ist 15,0 m lang. Die maximale Austrittsgeschwindigkeit des Wasserstrahls am Hahn soll 2,0 m/s betragen. Der Durchmesser des Hahns (Austrittsquerschnitt) ist identisch mit dem der häuslichen Wasserleitung.

Alle Rohrübergänge verursachen Energieverluste. Der Verlustbeiwert für den Einlauf vom Tank des Wasserturms in die vertikale Rohrleitung beträgt 0,2. Die Verlustbeiwerte beim Rohrübergang in die Versorgungsrohrleitung beträgt 0,2 sowie 0,5 beim Übergang in die häusliche Wasserleitung - jeweils bezogen auf den engeren Querschnitt. Die äquivalente Sandrauheit der Versorgungsrohrleitung und der häuslichen Leitung ist gleichermaßen $k_s = 1 \cdot 10^{-4}$ m. Wandreibungsverluste in der vertikalen Rohrleitung sind vernachlässigbar.

1. Zeichnen Sie eine klare Skizze des Systems. Bezeichnen Sie den Höhenunterschied zwischen Geländeniveau und Unterkante des Wassertanks als Höhe "h". Der Tank ist voll gefüllt und belüftet. (10 Punkte)
2. Der Wasserhahn wird geöffnet und die maximale Austrittsgeschwindigkeit stellt sich ein. Der Wasserspiegel im Wassertank bleibt davon unbeeinflusst, es gibt keine Leckage und keine weiteren Anschlüsse werden geöffnet. Berechnen Sie für diesen Fall die Geschwindigkeiten in allen 3 Rohrleitungen. Markieren Sie in Ihrer Skizze, wo die berechneten Geschwindigkeiten auftreten. (5 Punkte)
3. Bestimmen Sie den Darcy-Weisbach Reibungskoeffizienten "f" für alle 3 Rohrleitungen. Markieren Sie in Ihrer Skizze, wo die Werte auftreten. (5 Punkte)
4. Lösen Sie die Berechnungsformeln nach der Höhe "h" auf und verwenden Sie die Austrittsgeschwindigkeit "v_a" als Variable ($h = f(v_a)$). (15 Punkte)
5. Berechnen Sie die Höhe "h" so, dass genau die maximale Austrittsgeschwindigkeit am Wasserhahn eintritt. (3 Punkte)

Name:

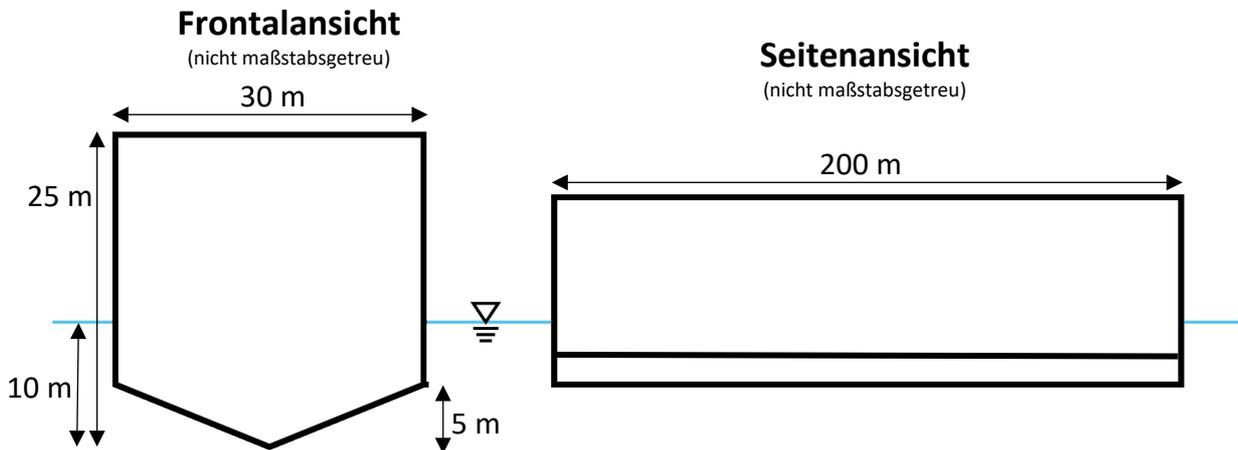
Matr.- Nr.:

Der Anschluss der vertikalen Rohrleitung an die horizontale Versorgungsleitung wird über einen 90°-Krümmer realisiert. Die Länge bzw. Höhe des Krümmers kann in der weiteren Berechnung gegenüber der Rohrleitung als vernachlässigbar klein angenommen werden.

6. Stellen Sie zwei Formeln auf, die den Druck unmittelbar vor und nach der Krümmung berechnen. Machen Sie eine klare Skizze, und markieren Sie, wo die berechneten Drücke auftreten. Wenden Sie die Formeln an und berechnen Sie die beiden Drücke. (10 Punkte)
7. Stellen Sie zwei Formeln auf, welche die horizontale und vertikale Kraftkomponente berechnen, die durch die Umlenkung der Strömung im Krümmer entstehen. (10 Punkte)
8. Berechnen Sie die beiden Kraftkomponenten. (3 Punkte)

Beispiel 3**(28/133 Punkte)**

Der Schiffsrumpf eines Öltankers ist vereinfachend in der Skizze unten dargestellt. Er ist 30 m breit, 200 m lang, 25 m hoch und hat einen prismatisch aufgebauten, 5 m hohen Kiel / Boden. Im gelöschten Zustand liegt der Kiel 10 m unter dem Ruhewasserspiegel. Der Tanker kann eine maximale Zuladung von $5 \cdot 10^7$ L Öl aufnehmen. Die Dichte des Öls ist 0.9 kg/L.



1. Berechnen Sie die Masse des leeren Tankers. (11 Punkte)
2. Wie viel Tiefgang hat der Tanker bei maximaler Zuladung? (11 Punkte)
3. Übertragen Sie den Rumpfquerschnitt in eine eigene Skizze und zeichnen Sie die äußere Druckverteilung auf den Bootsrumpf ein (keine Berechnung nötig). (6 Punkte)