

STRÖMUNGS MECHANIK

Stand: 05.11.2026



Watch



Practice



Master

Hinweise

So nutzt du diese Aufgabensammlung

Diese Aufgabensammlung enthält Aufgaben zur Strömungsmechanik und wird fortlaufend erweitert. Der aktuelle Stand ist auf dem Deckblatt angegeben.

Die Aufgaben sind nach Themen geordnet. Eine Formelsammlung unterstützt dich bei der Bearbeitung.

Einige Aufgaben enthalten alternative Zahlenwerte in Klammern. Verwende bei der erneuten Bearbeitung durchgängig diese Werte. So festigst du dein Verständnis der zugrunde liegenden Zusammenhänge.

Videos zu den Aufgaben

Alle bereits veröffentlichten Lösungsvideos findest du in der Playlist „Strömungsmechanik“ auf dem YouTube-Kanal „Engineering With Erwin“.

Das Wiedergabesymbol  zeigt dir, zu welchen Aufgaben bereits ein Video verfügbar ist. Ein Klick auf das Symbol führt direkt zum entsprechenden Video.

Du kannst das Video auch über die feste ID der Aufgabe finden, zum Beispiel **SM-IS-AB-004**. Die ID steht ebenfalls im Videotitel. Gib sie einfach in die YouTube-Suche ein.

Zur Playlist auf YouTube



Engineering with.erwin

Dieses Lehrmaterial wurde unabhängig erstellt und steht in keiner Verbindung zu Hochschulen, Prüfungsorganisationen oder anderen offiziellen Institutionen.

Trotz sorgfältiger Erstellung wird keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte übernommen.

Inhalt

Hinweise	I
So nutzt du diese Aufgabensammlung	I
Videos zu den Aufgaben	I
Formelzeichen	III
Lateinische Formelzeichen	III
Griechische Formelzeichen	III
Indizes	IV
Formelsammlung	V
Konstanten	V
Stoffdaten	V
Formeln	V
Trigonometrische Beziehungen	V
Unbestimmte Integrale	VI
1 Hydrostatik	1
1.1 Auftrieb und Schwimmen	1
Aräometer in Ethanol (SM-HS-AU-013)	1
2 Inkompressible Strömungen	2
2.1 Grundgleichungen	2
Rohrströmung mit variablem Querschnitt (SM-IS-GG-015)	2
2.2 Ausfluss aus Behältern	3
Stationärer Ausfluss (SM-IS-AB-002)	3
Instationärer Ausfluss bei konstanter Behälterquerschnittsfläche (SM-IS-AB-004)	4
Instationärer Ausfluss bis zu einer vorgegebenen Wasserhöhe (SM-IS-AB-006)	5
Instationärer Ausfluss mit Wasserzufluss (SM-IS-AB-008)	6
Instationärer Ausfluss aus einem Kegelbehälter (SM-IS-AB-010)	7
Instationärer Ausfluss aus einem waagerechten Zylinderbehälter (SM-IS-AB-012)	8
Instationärer Ausfluss aus einem Kugelbehälter (SM-IS-AB-014)	9
Instationärer Pegelausgleich bei großem Ober- bzw. Unterwasser (SM-IS-AB-016)	10
Instationärer Pegelausgleich zwischen zwei Behältern (SM-IS-AB-018)	11
3 Ergebnisse	12

Formelzeichen

Lateinische Formelzeichen

Symbol	Einheit	Bedeutung
A	m^2	Fläche, Querschnittsfläche
b	m	Breite
c	m s^{-1}	Geschwindigkeit, mittlere Strömungsgeschwindigkeit
d, D	m	Durchmesser
F	N	Kraft
g	m s^{-2}	Fallbeschleunigung
h, H	m	Höhe
l, L	m	Länge
m	kg	Masse
$\dot{m}$	kg s^{-1}	Massenstrom
p	Pa, bar	Druck
r, R	m	Radius
t	s	Zeit
V	m^3	Volumen
$\dot{V}$	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Volumenstrom
x, y, z	m	Raumkoordinaten

Griechische Formelzeichen

Symbol	Einheit	Bedeutung
α	—	Winkel
Δ	—	Differenz
μ	—	Ausflusszahl
π	—	Kreiszahl
ρ	kg m^{-3}	Dichte

Indizes

Symbol	Bedeutung
∞	Umgebung
0, 1, 2, 3, ...	Zustand
A	Auftrieb, Auftriebskraft
auf	auftreffend
aus	austretend, am Auslass
e	Ethanol
ein	eintretend, am Einlass
fluid	Fluid
ideal	idealisiert, verlustfrei
real	real, verlustbehaftet
verdrängt	verdrängt
w	Wasser

Formelsammlung

Konstanten

Fallbeschleunigung	$g = 9,81$	m s^{-2}
Kreiszahl	$\pi \approx 3,1416$	–

Stoffdaten

Dichte von Wasser	$\rho_w = 10^3$	kg m^{-3}
-------------------	-----------------	--------------------

Hinweis: Die angegebenen Konstanten und Stoffdaten stellen vereinfachte Näherungen dar. Sofern nicht anders angegeben, sind die aufgeführten Werte für alle Aufgaben zu verwenden. Für π ist der im Taschenrechner hinterlegte Wert zu verwenden.

Formeln

Bernoulli-Gleichung (Druckform)	$p + \rho \cdot \frac{c^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h = \text{konst.}$
Auftriebskraft	$F_A = \rho_{\text{fluid}} \cdot V_{\text{verdrängt}} \cdot g$
Ausflusszahl	$\mu = \frac{\dot{V}_{\text{real}}}{\dot{V}_{\text{ideal}}}$
Massenbilanz	$\frac{dm}{dt} = \sum \dot{m}_{\text{ein}} - \sum \dot{m}_{\text{aus}}$
Masse	$m = \rho \cdot V$
Massenstrom	$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}$
Volumenstrom	$\dot{V} = A \cdot c$
Durchmesser	$d = 2 \cdot r$
Kreisfläche	$A_{\text{kreis}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
Kegelvolumen	$V_{\text{kegel}} = A_{\text{kreis}} \cdot \frac{h}{3}$
Zylindervolumen	$V_{\text{zylinder}} = A_{\text{kreis}} \cdot b$
Kugelvolumen	$V_{\text{kugel}} = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$

Trigonometrische Beziehungen

$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$	$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$
$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$	$c^2 = a^2 + b^2$

Unbestimmte Integrale

Integral	Stammfunktion
$\int x^n dx$	$\frac{x^{n+1}}{n+1} + C$ $[n \neq -1]$
$\int \frac{x}{ax+b} dx$	$\frac{x}{a} - \frac{b}{a^2} \ln ax+b + C$
$\int \sqrt{ax+b} dx$	$\frac{2}{3a} \sqrt{(ax+b)^3} + C$

1 Hydrostatik

1.1 Auftrieb und Schwimmen

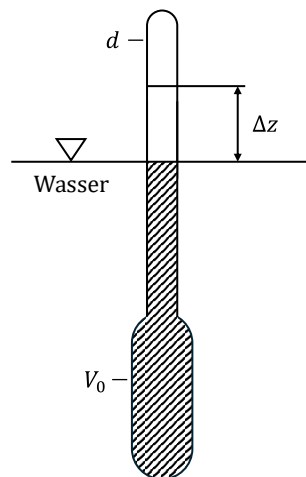
Aräometer in Ethanol (SM-HS-AU-013)

Die Abbildung zeigt ein in Wasser schwimmendes Aräometer mit einem zylindrischen Schaft des Durchmessers d . Das schraffierte Volumen V_0 entspricht dem im Wasser eingetauchten Volumen des Aräometers.

Berechnen Sie die Änderung der Eintauchtiefe Δz , wenn das Aräometer statt in Wasser in Ethanol schwimmt.

Gegeben:

- $\rho_w = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- $\rho_e = 790 \text{ kg/m}^3$
- $V_0 = 12 \text{ cm}^3$ (10 cm^3)
- $d = 0,7 \text{ cm}$ ($0,85 \text{ cm}$)



2 Inkompressible Strömungen

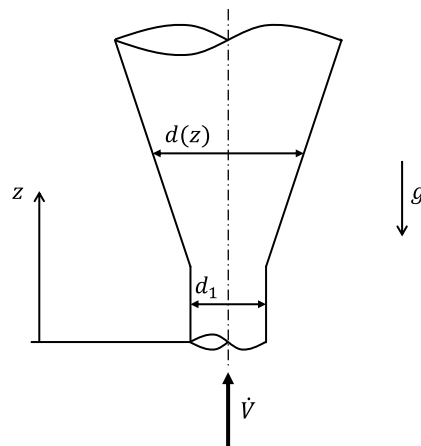
2.1 Grundgleichungen

Rohrströmung mit variablem Querschnitt (SM-IS-GG-015)

Ein inkompressibles Fluid strömt mit dem Volumenstrom $\dot{V}$ stationär und reibungsfrei von unten nach oben durch ein vertikales Rohr mit veränderlichem Querschnitt. Bei $z = 0$ beträgt der Rohrdurchmesser d_1 .

Bestimmen Sie den Rohrdurchmesser $d(z)$ in Abhängigkeit von der Höhenkoordinate z , sodass der statische Druck entlang des Rohrs konstant bleibt.

Gegeben: d_1 , g , $\dot{V}$

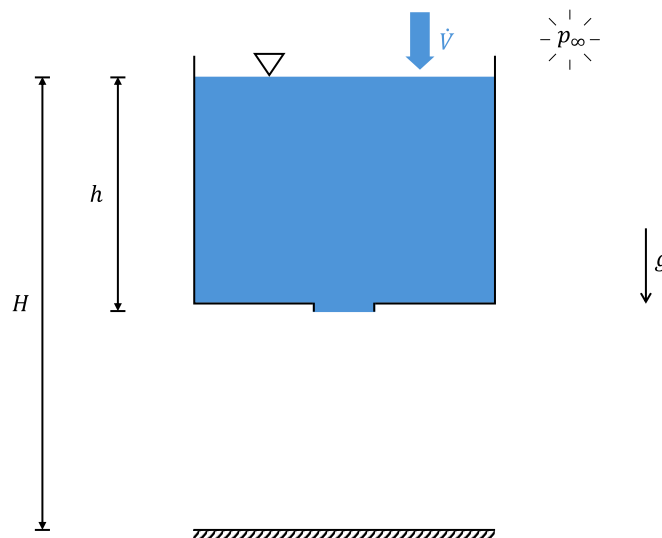


2.2 Ausfluss aus Behältern

Stationärer Ausfluss (SM-IS-AB-002)

Ein großer, offener Wasserbehälter besitzt am Boden eine kreisförmige Austrittsöffnung mit dem Durchmesser $d_a = 10 \text{ cm}$ (12 cm). Durch einen Zufluss bleibt der Wasserstand konstant. Der Höhenunterschied zwischen Wasserspiegel und Austrittsöffnung beträgt $h = 4 \text{ m}$ (3 m), der Abstand zwischen Wasserspiegel und Aufprallfläche $H = 9 \text{ m}$ (12 m).

Der Strömungsvorgang kann zunächst idealisiert betrachtet werden.



- Berechnen Sie durch Anwendung der Bernoulli-Gleichung die ideale Austrittsgeschwindigkeit aus dem Behälter.
- Unter Berücksichtigung der Ausflusszahl μ ergibt sich die tatsächliche Austrittsgeschwindigkeit aus dem Behälter. Berechnen Sie diese für $\mu = 0,8$ ($0,9$).
- Berechnen Sie den Volumenstrom $\dot{V}$, der erforderlich ist, damit der Wasserstand konstant bleibt.
- Berechnen Sie die Auftreffgeschwindigkeit des Wasserstrahls auf der Aufprallfläche unterhalb des Behälters. Der Luftwiderstand kann vernachlässigt werden.
- Skizzieren Sie den Wasserstrahl qualitativ und physikalisch konsistent in die Abbildung.

Instationärer Ausfluss bei konstanter Behälterquerschnittsfläche (SM-IS-AB-004)

Ein großer, offener Wasserbehälter besitzt die konstante Querschnittsfläche $A = 9 \text{ m}^2$ (12 m^2). Am Boden befindet sich ein Auslass mit der Fläche $A_a = 0,2 \text{ m}^2$ ($0,15 \text{ m}^2$). Zu Beginn ist der Auslass geschlossen. Der Höhenunterschied zwischen Wasserspiegel und Auslass beträgt zunächst $h_1 = 5 \text{ m}$ (7 m). Nach dem Öffnen des Auslasses sinkt der Wasserstand instationär ab.

Gegeben: $\mu = 0,8$ ($0,83$)



- Berechnen Sie die Ausflussgeschwindigkeit $c(h)$ in Abhängigkeit von der Wasserhöhe h .
- Stellen Sie unter Anwendung des Massenerhaltungssatzes die Differentialgleichung für den zeitlichen Verlauf der Wasserhöhe $h(t)$ auf und formen Sie diese mittels Trennung der Variablen in die Form $dt = f(h) dh$ um.
- Berechnen Sie die Zeit, die benötigt wird, bis der Behälter vollständig entleert ist.
- Stellen Sie den Verlauf der Ausflussgeschwindigkeit $c(t)$ qualitativ über der Zeit dar.

Instationärer Ausfluss bis zu einer vorgegebenen Wasserhöhe (SM-IS-AB-006)

Ein großer, offener Wasserbehälter besitzt die konstante Querschnittsfläche $A = 6 \text{ m}^2$ (8 m^2). Am Boden befindet sich ein Auslass mit der Fläche $A_a = 0,12 \text{ m}^2$ ($0,1 \text{ m}^2$). Zu Beginn beträgt der Höhenunterschied zwischen Wasserspiegel und Auslass $h_1 = 8 \text{ m}$ (9 m). Nach dem Öffnen des Auslasses sinkt der Wasserstand instationär ab.

Gegeben: $\mu = 0,82$ ($0,87$)



- Berechnen Sie die Zeit, die benötigt wird, bis der Wasserstand die Höhe $h_2 = 2 \text{ m}$ (4 m) erreicht.
- Berechnen Sie die Wasserhöhe nach 20 (30) Sekunden.

Instationärer Ausfluss mit Wasserzufluss (SM-IS-AB-008)

Ein großer, offener Wasserbehälter besitzt die konstante Querschnittsfläche $A = 12 \text{ m}^2$ (15 m^2). Am Boden befindet sich ein Auslass mit der Fläche $A_a = 0,2 \text{ m}^2$ ($0,3 \text{ m}^2$). Zu Beginn beträgt der Höhenunterschied zwischen Wasserspiegel und Auslass $h_1 = 12 \text{ m}$ (10 m). Nach dem Öffnen des Auslasses sinkt der Wasserstand instationär ab. Gleichzeitig strömt Wasser mit dem konstanten Volumenstrom $\dot{V} = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2 \text{ m}^3/\text{s}$) in den Behälter.

Gegeben: $\mu = 0,9$ ($0,87$)

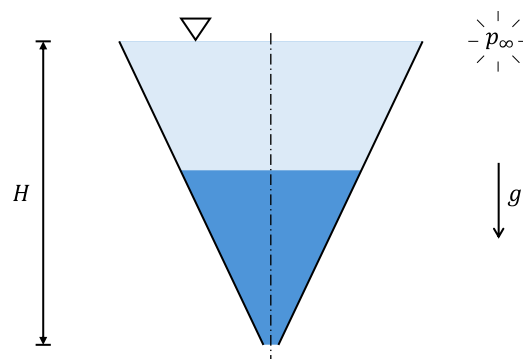


- Berechnen Sie die Wasserhöhe h , bei der sich ein stationärer Zustand einstellt.
- Berechnen Sie die Zeit, die benötigt wird, bis der Wasserstand die Höhe $h_2 = 6 \text{ m}$ (5 m) erreicht.

Instationärer Ausfluss aus einem Kegelbehälter (SM-IS-AB-010)

Ein großer, offener Wasserbehälter besitzt die Form eines achsensymmetrischen geraden Kreiskegels. Am tiefsten Punkt des Behälters befindet sich eine kreisförmige Austrittsöffnung mit dem Durchmesser $d_a = 5 \text{ cm}$ (6 cm). Zu Beginn ist der Behälter bis zur Höhe $h_1 = H = 2 \text{ m}$ (3 m) vollständig mit Wasser gefüllt. Der obere Behälterdurchmesser beträgt $D = 1 \text{ m}$ (2 m). Nach dem Öffnen des Auslasses sinkt der Wasserstand instationär ab. Für den Durchmesser des Wasserspiegels gilt $d(t) = D \cdot \frac{h(t)}{H}$.

Gegeben: $\mu = 0,84$ ($0,79$)

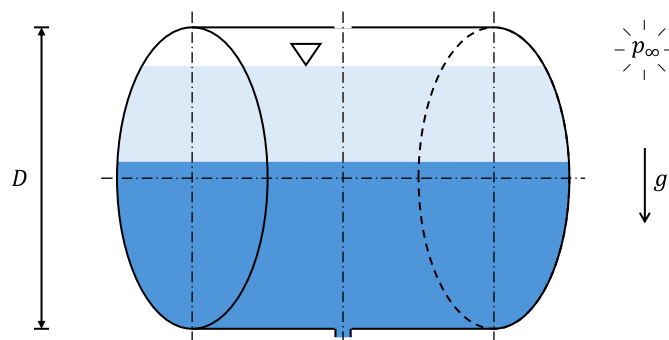


- Berechnen Sie die Zeit, die benötigt wird, bis der Wasserbehälter vollständig entleert ist.
- Berechnen Sie die Austrittsgeschwindigkeit des Wassers nach 30 s (20 s).
- Im Rahmen der Modellbildung wurde die Behältergeometrie vereinfacht. Erläutern Sie diese Vereinfachung und beurteilen Sie deren Einfluss auf das Ergebnis aus a).

Instationärer Ausfluss aus einem waagerechten Zylinderbehälter (SM-IS-AB-012)

Ein großer, offener Wasserbehälter besitzt die Form eines waagerecht liegenden Kreiszylinders. Am tiefsten Punkt des Behälters befindet sich eine kreisförmige Austrittsöffnung mit dem Durchmesser $d_a = 12 \text{ cm}$ (10 cm). Der Behälterdurchmesser beträgt $D = 4 \text{ m}$ (5 m). Die Zylinderbreite beträgt $b = 6 \text{ m}$ (6 m). Zu Beginn beträgt die Wasserhöhe $h_1 = 3,25 \text{ m}$ (4 m). Nach dem Öffnen des Auslasses sinkt der Wasserstand instationär ab.

Gegeben: $\mu = 0,8$ ($0,88$)



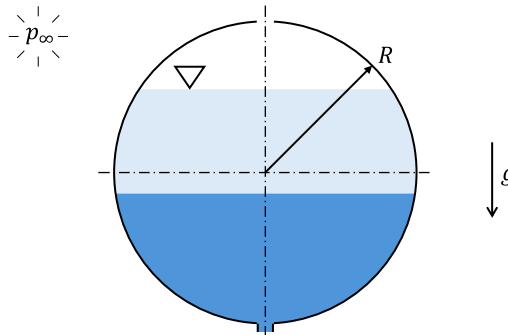
- Leiten Sie die Querschnittsfläche des Wasserspiegels $A(h)$ in Abhängigkeit von der Wasserhöhe h her.
- Berechnen Sie die Zeit t , die benötigt wird, bis der Wasserstand die Höhe $h_2 = 1 \text{ m}$ (2 m) erreicht.

Instationärer Ausfluss aus einem Kugelbehälter (SM-IS-AB-014)

Ein großer, kugelförmiger Wasserbehälter besitzt am tiefsten Punkt eine kreisförmige Austrittsöffnung mit dem Durchmesser $d_a = 14 \text{ cm}$ (12 cm). Der Kugelradius beträgt $R = 3 \text{ m}$ (4 m).

Zu Beginn beträgt die Wasserhöhe $h_1 = \frac{3}{2}R$ ($\frac{4}{3}R$). Nach dem Öffnen des Auslasses sinkt der Wasserstand instationär ab.

Gegeben: $\mu = 0,86$ ($0,9$)

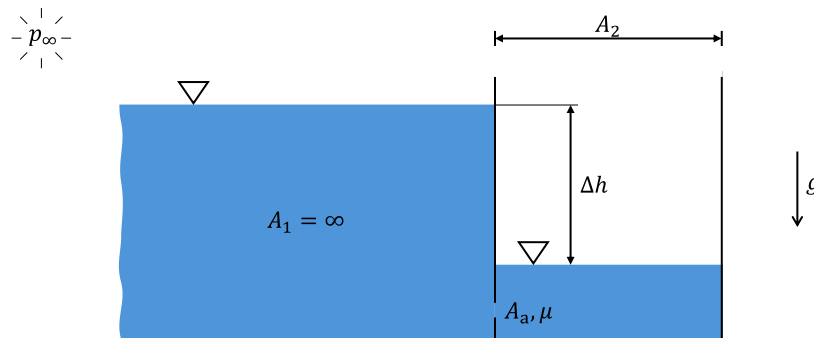


Berechnen Sie die Zeit t , die benötigt wird, bis der Wasserstand die Höhe $h_2 = \frac{1}{2}R$ ($\frac{1}{3}R$) erreicht.

Instationärer Pegelausgleich bei großem Ober- bzw. Unterwasser (SM-IS-AB-016)

Ein sehr großes Oberwasser speist über eine Verbindungsöffnung ein Becken. Die Querschnittsfläche des Beckens beträgt A_2 . Die Verbindungsöffnung besitzt die Querschnittsfläche A_a .

Zu Beginn beträgt der Höhenunterschied zwischen den beiden Wasserspiegeln H . Nach dem Öffnen der Verbindungsöffnung strömt Wasser vom Oberwasser in das Becken. Dabei stellt sich ein instationärer Pegelausgleich ein, bis beide Wasserspiegel dieselbe Höhe erreicht haben.



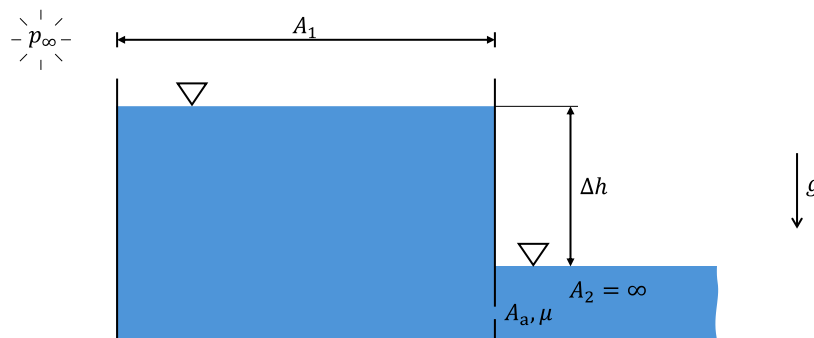
a) Leiten Sie eine allgemeine Funktion $t = f(H)$ für die Zeit bis zum vollständigen Pegelausgleich her.

b) Berechnen Sie die Zeit t bis zum vollständigen Pegelausgleich für:

$$A_1 = \infty (\infty), \quad A_2 = 1250 \text{ m}^2 (1500 \text{ m}^2), \quad A_a = 0,03 \text{ m}^2 (0,035 \text{ m}^2), \quad H = 3,5 \text{ m} (5 \text{ m}), \\ \mu = 0,87 (0,9)$$

c) Berechnen Sie für den umgekehrten Fall, bei dem das Becken bei ansonsten unveränderten Werten in ein sehr großes Unterwasser entleert wird, den Höhenunterschied Δh nach 3 (2) Stunden.

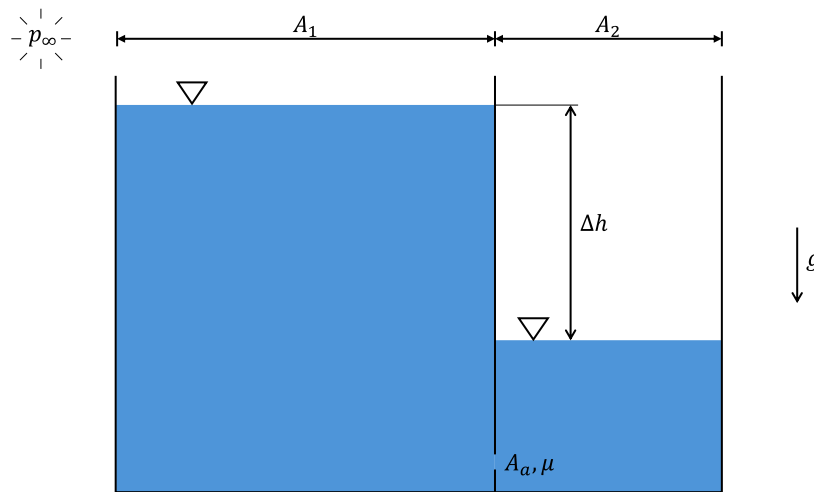
$$A_1 = 1250 \text{ m}^2 (1500 \text{ m}^2), \quad A_2 = \infty (\infty)$$



Instationärer Pegelausgleich zwischen zwei Behältern (SM-IS-AB-018)

Zwei große, nach oben offene Behälter sind durch eine gemeinsame Öffnung miteinander verbunden. Die Querschnittsflächen der Behälter betragen A_1 und A_2 . Die Verbindungsöffnung besitzt die Querschnittsfläche A_a .

Zu Beginn beträgt der Höhenunterschied zwischen den beiden Wasserspiegeln H . Nach dem Öffnen der Verbindungsöffnung strömt Wasser vom linken in den rechten Behälter. Dabei stellt sich ein instationärer Pegelausgleich ein, bis beide Wasserspiegel dieselbe Höhe erreicht haben.



- Leiten Sie eine allgemeine Funktion $t = f(H)$ für die Zeit bis zum vollständigen Pegelausgleich her.
- Berechnen Sie die Zeit t bis zum vollständigen Pegelausgleich für:
 $A_1 = 25 \text{ m}^2$ (45 m^2), $A_2 = 10 \text{ m}^2$ (15 m^2), $A_a = 0,01 \text{ m}^2$ ($0,02 \text{ m}^2$), $H = 6 \text{ m}$ (8 m),
 $\mu = 0,8$ ($0,83$)
- Berechnen Sie den Höhenunterschied Δh 5 (8) min nach dem Öffnen der Verbindungsöffnung.

3 Ergebnisse

Aräometer in Ethanol (SM-HS-AU-013)

$$\Delta z = 8,2887 \text{ cm } (4,6845 \text{ cm})$$

Rohrströmung mit variablem Querschnitt (SM-IS-GG-015)

$$d(z) = \sqrt[4]{\frac{1}{\frac{1}{d_1^4} - \frac{\pi^2 \cdot g \cdot z}{8 \cdot \dot{V}^2}}}$$

Stationärer Ausfluss (SM-IS-AB-002)

- a) $c_{\text{aus,ideal}} = 8,8589 \frac{\text{m}}{\text{s}} \left(7,6720 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$
- b) $c_{\text{aus,real}} = 7,0871 \frac{\text{m}}{\text{s}} \left(6,9048 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$
- c) $\dot{V} = 0,0557 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \left(0,0781 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$
- d) $c_{\text{auf,real}} = 12,1790 \frac{\text{m}}{\text{s}} \left(14,9752 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$
- e) Siehe Lösungsvideo.

Instationärer Ausfluss bei konstanter Behälterquerschnittsfläche (SM-IS-AB-004)

- a) $c(h) = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
- b) $dt = - \frac{A}{\mu \cdot A_a \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \cdot \frac{1}{\sqrt{h}} dh$
- c) $t(h = 0) = 56,7921 \text{ s } (115,1440 \text{ s})$
- d) Siehe Lösungsvideo.

Instationärer Ausfluss bis zu einer vorgegebenen Wasserhöhe (SM-IS-AB-006)

- a) $t = 38,9360 \text{ s } (41,5194 \text{ s})$
- b) $h = 4,4184 \text{ m } (5,1868 \text{ m})$

Instationärer Ausfluss mit Wasserzufluss (SM-IS-AB-008)

- a) $h = 3,5395 \text{ m } (2,9928 \text{ m})$
- b) $t = 88,5633 \text{ s } (70,7371 \text{ s})$

Instationärer Ausfluss aus einem Kegelbehälter (SM-IS-AB-010)

- a) $t = 60,8144 \text{ s}$ (219,9893 s)
- b) $c = 4,5930 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $\left(5,9465 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
- c) Siehe Lösungsvideo.

Instationärer Ausfluss aus einem waagerechten Zylinderbehälter (SM-IS-AB-012)

- a) $A(h) = 2 \cdot b \cdot \sqrt{h \cdot (D - h)}$
- b) $t = 907,5866 \text{ s}$ (1096,5266 s)

Instationärer Ausfluss aus einem Kugelbehälter (SM-IS-AB-014)

$$t = 790,4810 \text{ s} \text{ (2231,3974 s)}$$

Instationärer Pegelausgleich bei großem Ober- bzw. Unterwasser (SM-IS-AB-016)

- a) $t = \frac{A_2}{\mu \cdot A_a} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}}$
- b) $t = 40.456,1007 \text{ s}$ (48.077,9788 s)
- c) $\Delta h = 1,8807 \text{ m}$ (3,6146 m)

Instationärer Pegelausgleich zwischen zwei Behältern (SM-IS-AB-018)

- a) $t = \frac{A_1 \cdot A_2}{\mu \cdot A_a \cdot (A_1 + A_2)} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}}$
- b) $t = 987,5023 \text{ s}$ (865,5057 s)
- c) $\Delta h = 2,9082 \text{ m}$ (1,5871 m)

Zu den ausführlichen Lösungen auf YouTube



Du hast einen Fehler gefunden oder eine Idee für eine neue Aufgabe?

Schreibe gerne an: feedback@witherwin.com



Engineering with.erwin

Watch. Practice. Master.

YouTube – Ausführliche Lösungen und Erklärungen

Downloads – Aufgaben und ergänzende Lernmaterialien

www.witherwin.com