

## Übung 8                      Hydraulik    Bilanzgesetz

### Lernziele

- die Bilanzgesetze für Ströme und ausgetauschte Mengen verstehen.
- die Bilanzgesetze in konkreten Problemstellungen anwenden können.
- einige bilanzierbare physikalische Grössen kennen.
- die Energiebilanz eines Gebäudes als Beispiel für die Bilanzgesetze verstehen.

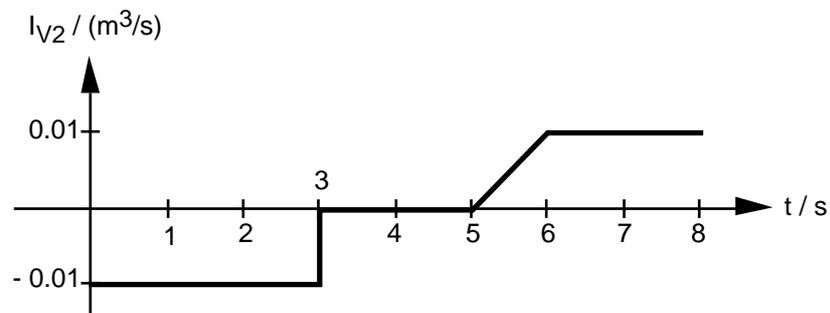
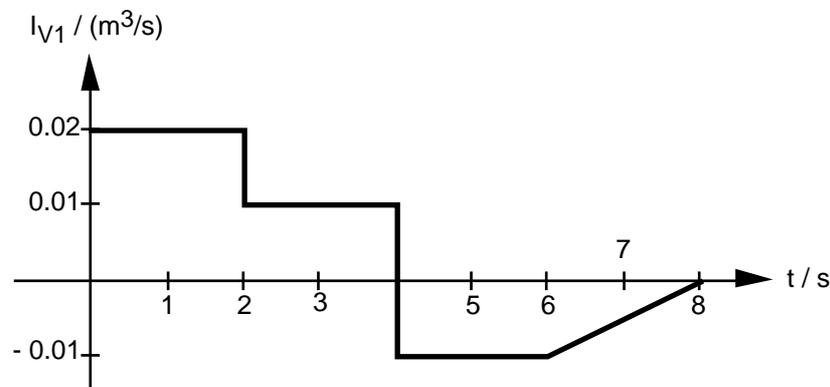
### Aufgaben

1. Bearbeiten Sie im Physik-Buch auf der Seite 30 die Kontrollfragen 8 und 9.
  
2. Ein oben offener Behälter hat zwei Zuflüsse und zwei Abflüsse.  
Am Anfang hat es  $0.8 \text{ m}^3$  Wasser im Behälter, und die Volumenstromstärken der Zu- und Abflüsse sind

Zuflüsse  
 $I_{V1} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$                        $I_{V2} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$

Abflüsse  
 $I_{V3} = 0.05 \text{ m}^3/\text{s}$                        $I_{V4} = -0.02 \text{ m}^3/\text{s}$

- a) Bestimmen Sie, wieviel Wasser sich nach einer Minute im Behälter befinden.
- b) Nach welcher Zeit wäre der Behälter leer, wenn man nach 20 Sekunden den Zufluss 2 unterbrechen würde?
  
3. Gegeben sind die Volumenströme von zwei Zuleitungen eines Brunnens:



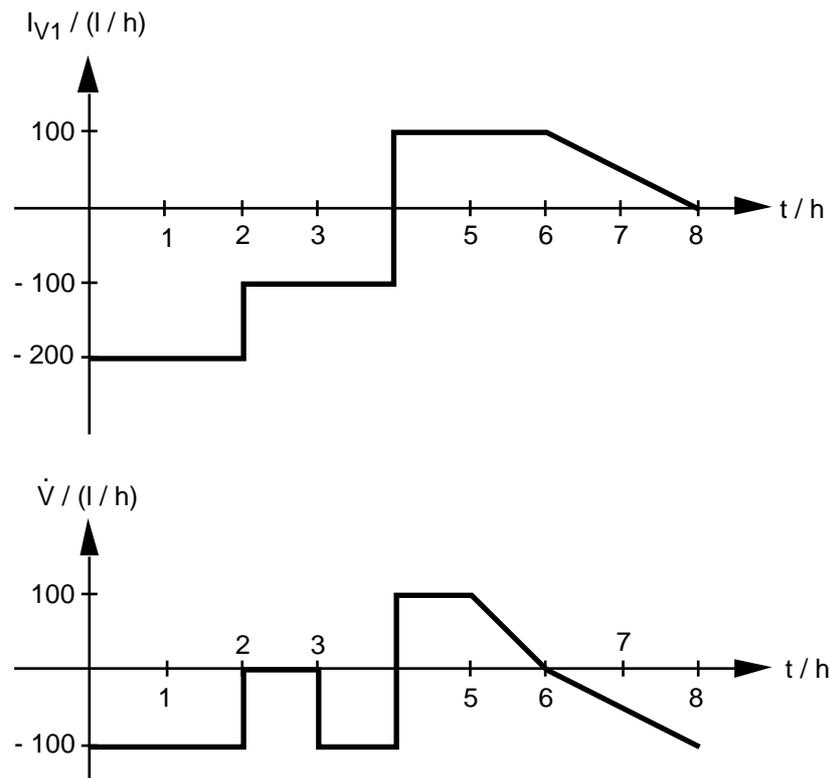
Zum Zeitpunkt  $t = 3 \text{ s}$  befinden sich  $0.5 \text{ m}^3$  Wasser im Brunnen.

- a) Zeichnen Sie in einem Diagramm den zeitlichen Verlauf der Volumenänderungsrate  $\dot{V}$ .
- b) (siehe Seite 2)

- b) Bestimmen Sie, wie gross das Wasservolumen im Brunnen  
 i) am Anfang ( $t = 0$  s) war.  
 ii) am Schluss ( $t = 8$  s) ist.

4. Aufgabenbuch: 1.90

5. Ein Brunnen hat zwei Zuleitungen. Der Volumenstrom der einen Zuleitung und die Änderungsrate des Wasservolumens im Brunnen sind wie folgt gegeben:



Im Zeitintervall  $[2\text{ h}, 6\text{ h}]$  regnet es, so dass in dieser Zeit zusätzliche 20 l Wasser in den Brunnen gelangen.

Bestimmen Sie das Volumen  $V_{a2}$ , welches im Zeitintervall  $[0\text{ h}, 8\text{ h}]$  durch die zweite Zuleitung zugeflossen ist.

6. Aufgabenbuch: 1.93

7. Studieren Sie im Physik-Buch den Abschnitt E.10 (Seiten 20 und 21).

8. In der Fig. E.41. (Physik-Buch, Seite 21) finden Sie Angaben über die Energiebilanz eines Gebäudes während 24 Stunden.

- a) Bestimmen Sie die Gesamtenergie, die im Ofen in den 24 Stunden freigesetzt wurde.  
 b) Bestimmen Sie den Energieverlust des Systems während der 24 Stunden.

**Lösungen**

1. siehe Physik-Buch Seite 162

2. a) Bilanzgesetz

$$\dot{V} = I_{V1} + I_{V2} - I_{V3} - I_{V4} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s} + 0.04 \text{ m}^3/\text{s} - 0.05 \text{ m}^3/\text{s} - (-0.02 \text{ m}^3/\text{s}) = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \dot{V} \cdot t = 0.03 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 60 \text{ s} = 1.8 \text{ m}^3$$

$$V(60 \text{ s}) = V(0 \text{ s}) + V = 0.8 \text{ m}^3 + 1.8 \text{ m}^3 = 2.6 \text{ m}^3$$

b) 0 s t 20 s  $\dot{V} = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$  (aus a))

$$V = \dot{V} \cdot t_1 = 0.03 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 20 \text{ s} = 0.6 \text{ m}^3$$

$$V(20 \text{ s}) = V(0 \text{ s}) + V = 0.8 \text{ m}^3 + 0.6 \text{ m}^3 = 1.4 \text{ m}^3$$

20 s t ... s  $V = -1.4 \text{ m}^3$

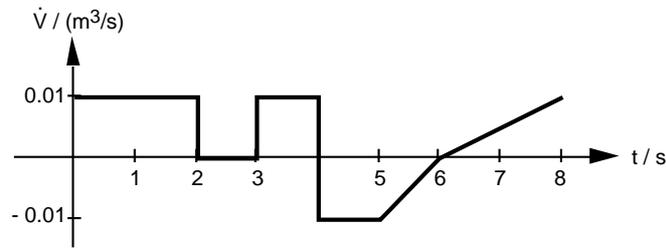
$$\dot{V} = I_{V1} - I_{V3} - I_{V4} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s} - 0.05 \text{ m}^3/\text{s} - (-0.02 \text{ m}^3/\text{s}) = -0.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \dot{V} \cdot t_2 \quad | : \dot{V} \quad 0$$

$$t_2 = \frac{V}{\dot{V}} = \frac{-1.4 \text{ m}^3}{-0.01 \text{ m}^3/\text{s}} = 140 \text{ s}$$

Der Behälter wäre nach  $t_1 + t_2 = 20 \text{ s} + 140 \text{ s} = 160 \text{ s}$  leer.

3. a) Bilanzgesetz  $\dot{V} = I_{V1} + I_{V2}$



b) i)  $V(0 \text{ s}) = V(3 \text{ s}) - V_{03}$   
 $= 0.5 \text{ m}^3 - (0.01 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 2 \text{ s} + 0 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1 \text{ s}) = 0.48 \text{ m}^3$

ii)  $V(8 \text{ s}) = V(3 \text{ s}) + V_{38}$   
 $= 0.5 \text{ m}^3 + 0.01 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1 \text{ s} + (-0.01 \text{ m}^3/\text{s}) \cdot 1 \text{ s}$   
 $+ \frac{1}{2} \cdot (-0.01 \text{ m}^3/\text{s}) \cdot 1 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 0.01 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 2 \text{ s} = 0.505 \text{ m}^3$

4. siehe Aufgabenbuch

5. Bilanzgesetz

$$V = V_{a1} + V_{a2} + V_{a,\text{Regen}}$$

$$V_{a2} = V - V_{a1} - V_{a,\text{Regen}}$$

$$V = V_{02} + V_{23} + V_{34} + V_{45} + V_{56} + V_{68} = -200 \text{ l} + 0 \text{ l} - 100 \text{ l} + 100 \text{ l} + 50 \text{ l} - 100 \text{ l} = -250 \text{ l}$$

$$V_{a1} = \dots = -400 \text{ l} - 200 \text{ l} + 200 \text{ l} + 100 \text{ l} = -300 \text{ l}$$

$$V_{a,\text{Regen}} = 20 \text{ l}$$

$$V_{a2} = -250 \text{ l} - (-300 \text{ l}) - 20 \text{ l} = 30 \text{ l}$$

6. siehe Aufgabenbuch

7. ...

8. a) rote Kurve

$$W = 0 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 20 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 40 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 60 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 40 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 20 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h}$$

$$= 0 \text{ kWh} + 80 \text{ kWh} + 160 \text{ kWh} + 240 \text{ kWh} + 160 \text{ kWh} + 80 \text{ kWh} = 720 \text{ kWh}$$

b) blaue Kurve

$$W = 20 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 25 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 30 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 35 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 40 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 45 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h}$$

$$= 80 \text{ kWh} + 100 \text{ kWh} + 120 \text{ kWh} + 140 \text{ kWh} + 160 \text{ kWh} + 180 \text{ kWh} = 780 \text{ kWh}$$