

## Übung 4                      **Dynamische Prozesse** **Energietransport, Energiespeicherung**

### Lernziele

- aus dem Energiestrom-Zeit-Diagramm die in einer bestimmten Zeitspanne transportierte Energie bestimmen können.
- die Rolle der Energie in Prozessketten verstehen.
- verstehen, dass Energie auf einem Träger transportiert wird.
- den Zusammenhang zwischen Energiestrom, Trägerstrom und Niveau kennen und verstehen.
- die Zusammenhänge zwischen Massenstrom, Energiestrom und gespeicherter Energie anwenden können.
- ein systemdynamisches Modell entwerfen können.

### Aufgaben

1.        Aufgabenbuch: E.26

Hinweis:

Zeichnen Sie zuerst das  $I_W$ -t-Diagramm.

2.        Studieren Sie im Physik-Buch den Abschnitt E.8 (Seiten 16 und 17).

Lösen Sie die folgenden Teilaufgaben, wenn Sie bei der in Klammern angegebenen Textstelle angelangt sind:

- a)        (nach der Figur E.34.)  
Um wieviele Systeme und um wieviele Prozesse handelt es sich in der Figur E.34.?  
Nennen Sie die Systeme und die Prozesse.
- b)        (nach der Figur E.35.)  
In der abgebildeten Prozesskette sind drei Systeme aneinandergereiht.  
Was für eine Bedingung müssen allgemein zwei Systeme erfüllen, damit sie in einer  
Prozesskette hintereinander vorkommen können?
- c)        (nach dem Absatz "Berechnung von Energieströmen")  
Betrachten Sie die Figur E.33.  
 $I_{W1}$  sei der Energiestrom, der mit dem Wasser auf dem tieferen Niveau  $g \cdot h_1$  in die elektrische  
Pumpe hinein fließt.  
 $I_{W2}$  sei der Energiestrom, der mit dem Wasser auf dem höheren Niveau  $g \cdot h_2$  aus der  
elektrischen Pumpe heraus fließt.
- i)        Drücken Sie  $I_{W1}$  mit Hilfe der Formel (E.5) durch das Gravitationsniveau  $g \cdot h_1$  und den  
Massenstrom  $I_m$  aus.
- ii)       Drücken Sie  $I_{W2}$  mit Hilfe der Formel (E.5) durch das Gravitationsniveau  $g \cdot h_2$  und den  
Massenstrom  $I_m$  aus.
- iii)      Wie hängen die Energieströme  $I_{W1}$  und  $I_{W2}$  mit der Gravitationsprozessleistung  $P_{\text{grav}}$   
zusammen?  
Drücken Sie den Zusammenhang durch eine Formel aus.
- iv)      Zeigen Sie, dass man durch Kombinieren der Ergebnisse aus i) bis iii) die Formel (E.2)  
erhält.
- d)        (nach dem Absatz "Berechnung von Energieströmen")  
Am Schluss des Absatzes "Berechnung von Energieströmen" ist von einem "sehr allgemein  
gültigen Naturgesetz" die Rede.  
Versuchen Sie, dieses Naturgesetz zu formulieren.
- e)        (am Schluss)  
Beantworten Sie die Kontrollfragen 1 bis 3 unten auf der Seite 17.

3. Aufgabenbuch: E.33

Vorgehen:

- Stellen Sie zuerst alle für die Rechnung benötigten Gleichungen auf.
- Bestimmen Sie aus diesen Gleichungen die algebraische Lösung (ohne Zahlen).
- Setzen Sie erst am Schluss die konkreten Zahlen in die algebraische Lösung ein.

Hinweise:

- Der Energiebedarf für das Füllen des Beckens besteht darin, dass man das Wasser im Mittel auf die halbe Beckenhöhe hinauf pumpen muss.
- Benützen Sie für die Höhe  $h$  des Beckens und für die Füllzeit  $t$  die folgenden vereinfachten Werte:  
 $h = 2.0 \text{ m}$ ,  $t = 3 \text{ min } 20 \text{ s}$

4. Man kann einen Stausee (vgl. Figuren E.37. und E.38. im Physik-Buch, Seiten 18 und 19) zusammen mit seinen Zu- und Abflüssen als dynamisches System auffassen.

Entwerfen Sie für dieses dynamische System ein systemdynamisches Modell:

Skizzieren Sie ein Diagramm im Sinne der Figuren E.7. (Seite 5) und E.20. (Seite 9).

Bemerkungen:

- Die Pumpe, die Turbine und der Generator sollen nicht zum System gehören.
- Das Modell soll zwei Behälter enthalten:
  1. Masse des im See gespeicherten Wassers
  2. Energiemenge, die im Seewasser gespeichert ist
- Alle Behälter, Flüsse und Zusatzgrößen müssen physikalische Größen sein.
- Alle Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Größen müssen mit korrekt eingezeichneten Pfeilen ausgedrückt werden.

## Lösungen

1. siehe Aufgabenbuch
  
2. a) 2 Systeme: Batterie, Elektropumpe  
 4 Prozesse: chemischer Prozess in der Batterie, elektrischer Prozess in der Batterie  
 elektrischer Prozess in der Elektropumpe, Gravitationsprozess in der Elektropumpe  
 b) ...  
 c) i)  $I_{W1} = g \cdot h_1 \cdot I_m$   
 ii)  $I_{W2} = g \cdot h_2 \cdot I_m$   
 iii)  $P_{\text{grav}} = I_{W2} - I_{W1}$   
 iv)  $P_{\text{grav}} = I_{W2} - I_{W1} = g \cdot h_2 \cdot I_m - g \cdot h_1 \cdot I_m = g \cdot (h_2 - h_1) \cdot I_m = g \cdot h \cdot I_m$   
 d) Energiestrom = Niveau · Trägerstrom  
 e) siehe Physik-Buch Seite 162
  
3. a)  $W = g h_{\text{mittel}} m$   
 $h_{\text{mittel}} = \frac{1}{2} h$   
 $m = \rho V$   
 $V = l b h$   
 -----  

$$W = \frac{g}{2} \rho l b h^2 = 300 \text{ kJ}$$
  
 b)  $= \frac{P_{\text{grav}}}{P_{\text{el}}}$   
 $W_{\text{grav}} = P_{\text{grav}} t$   
 $W_{\text{grav}} = W$   
 -----  

$$P_{\text{el}} = \frac{W}{t} = 5.0 \text{ kW}$$
  
4. a) ...  
 b) \*