

Übung 5 **Dynamische Prozesse** **Energiespeicherung, Energieerhaltung, Bilanzierbare Grössen**

Lernziele

- Energiespeicher aus der Natur und der Technik kennen.
- wissen, dass Energie in einem System gespeichert werden kann.
- wissen, dass Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann.
- ein systemdynamisches Modell entwerfen können.
- die Zusammenhänge zwischen Massenstrom, Energiestrom und gespeicherter Energie anwenden können.
- verstehen, was Bilanzieren bedeutet.
- einige bilanzierbare physikalische Grössen kennen.
- verstehen, dass Energie eine bilanzierbare Grösse ist.

Aufgaben

Speicherung und Erhaltung der Energie

1. Nennen Sie ohne Blick ins Physik-Buch einige Beispiele von Energiespeichern, die Sie aus dem Alltag kennen.
2. Studieren Sie im Physik-Buch den Abschnitt E.9 (Seiten 18 und 19) sowie das Beispiel E.2. Versuchen Sie beim Beispiel E.2., die Fragen zuerst selber zu beantworten, bevor Sie die Lösung studieren.
3. Man kann den Stausee aus Beispiel E.2. bzw. Fig. E.37. (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:
 - a) Skizzieren Sie ein Diagramm im Sinne der Figuren E.7. (Seite 5) und E.20. (Seite 9).
 - b) * Geben Sie die Modell-Gleichungen an, d.h. formulieren Sie die mathematischen Beziehungen zwischen den Grössen, die im Modell vorkommen.Bemerkungen:
 - Pumpe, Turbine und Generator sollen nicht zum System gehören.
 - Das Modell soll zwei Behälter ("stocks") enthalten:
 - Wassermenge im See
 - Energiemenge, die im See gespeichert ist
4. Aus dem Eriesee (Nordamerika, 174 m ü.M.) fließen pro Sekunde 6.8 Millionen Liter Wasser weg. Bestimmen Sie die Energie, welche der Eriesee damit pro Tag verliert. Betrachten Sie die Meeresoberfläche als Nullniveau.
5. Parallel zum Rheinfluss wird ein Kleinkraftwerk mit einer Leistung von 5.0 MW betrieben. Bestimmen Sie die Wassermenge, welche pro Sekunde durch das Kraftwerk fließt. Nehmen Sie für die Fallhöhe 20 m an, und vernachlässigen Sie jegliche Art von Verlusten.

Bilanzierbare physikalische Grössen

6. Studieren Sie im Physik-Buch den Abschnitt E.10 (Seiten 20 und 21).
7. 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 Abschnitt E.9. (Seiten 18 und 19)

2. ...

3. a) ...
b) * ...

4. $W = g \cdot h \cdot m$
 $m = I_m \cdot t$
 $W = g \cdot h \cdot I_m \cdot t = 9.81 \text{ Ws}/(\text{m} \cdot \text{kg}) \cdot 174 \text{ m} \cdot 6.8 \cdot 10^6 \text{ kg/s} \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 1.0 \cdot 10^{15} \text{ J}$

5. $P_{\text{el}} = P_{\text{grav}}$
 $P_{\text{grav}} = g \cdot h \cdot I_m$
 $I_m = \frac{P_{\text{grav}}}{g \cdot h} = \frac{5 \text{ MW}}{9.81 \text{ Ws}/(\text{m} \cdot \text{kg}) \cdot 20 \text{ m}} = 2.5 \cdot 10^4 \text{ kg/s}$

4. ...

5. 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
 $W = 20 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 25 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 30 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 35 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 40 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h} + 45 \text{ kW} \cdot 4 \text{ h}$
 $= 80 \text{ kWh} + 100 \text{ kWh} + 120 \text{ kWh} + 140 \text{ kWh} + 160 \text{ kWh} + 180 \text{ kWh}$
 $= 780 \text{ kWh}$