

Lösungen

Lösungen zu Arbeitsblatt 1 – Potenziale der Sonnenenergieernte

zu 1.

„Alte“ Energien	„Neue“ Energien
<p>Vorteile: hohe Energiedichte, Verfügbarkeit (aktuell), Infrastruktur vorhanden.</p> <p>Nachteile: Umweltbelastungen (Kohleabbau, Ölförderung, gesundheitsgefährdende Mikropartikel, endliche Vorräte), CO₂-Ausstoß, klimaschädlich, keine ausreichende Versorgung der Weltbevölkerung möglich.</p>	<p>Vorteile: keine Umweltbelastung, immer vorhanden (unerschöpflich), ausreichende Versorgung der Weltbevölkerung möglich.</p> <p>Nachteile: noch fehlende Infrastruktur, noch fehlende Energiespeicher.</p>

zu 2.

Höhe „Energiewürfel“: 6 cm (hintere rechte Kante)

Höhe „Verbrauchswürfel“: 2 mm

Volumen „Energiewürfel“/Volumen „Verbrauchswürfel“= $(60\text{ mm})^3/(2\text{ mm})^3=27.000$

Antwort: Pro Jahr kommt 27.000 mal mehr Energie durch Sonneneinstrahlung auf der Erde an als verbraucht wird.

zu 3.

a. Windkraftanlagen, Photovoltaik (PV), Solarkollektoren, Solarrinnenkraftwerke

b. Erzeugung von elektrischem Strom → Erzeugung von Wasserstoff (Elektrolyseur) → Speichern von Wasserstoff → Wasserstofftankstelle

Lösungen zu Arbeitsblatt 2

Berechnung der möglichen Solarenergieernte in Deutschland

Im Rahmen eines fachübergreifenden und fächerverbindenden Projektes am Kurfürst-Balduin-Gymnasium ermittelte eine Schülergruppe im Fach Erdkunde für Deutschland eine

- Fläche für Solarmodule: 6.000 km^2
- Fläche (onshore) für Windräder 28.000 km^2

Mit den gemessenen Werten ergibt sich:

- **Solarenergieernte mit Windrädern**

3,5 Windräder pro km^2 :

$$18,8 \cdot 10^6 \text{ kWh/Windrad} \cdot 3,5 \text{ Windräder/km}^2 \cdot 28.000 \text{ km}^2 \\ = 1,842 \cdot 10^{12} \text{ kWh} = 1.842 \cdot 10^{12} \text{ Wh} = 1.842 \text{ TWh}$$

- **Solarenergieernte mit Solarmodulen**

Durchschnittssolarmodulernte pro m^2 :

$$110 \text{ kWh/m}^2 \rightarrow 110 \cdot 10^6 \text{ kWh/km}^2 = 110 \text{ MWh/km}^2$$

$$110 \cdot 10^6 \text{ kWh/km}^2 \cdot 6.000 \text{ km}^2 = 6,6 \cdot 10^{11} \text{ kWh} = 6,6 \cdot 10^{14} \text{ Wh} = 660 \cdot 10^{12} \text{ Wh} = 660 \text{ TWh}$$

Lösungen zu Arbeitsblatt 3 – Speicherung der Energien

zu 1.

Damit Energie jederzeit verfügbar ist, muss diese in einem Energiespeicher speicherbar sein, welcher bei Bedarf geleert werden kann. Beispiele: Akkumulatoren, Kraftstoffe, Lebensmittel u.a.

zu 2.

Energiespeicher	Vorteil	Nachteil
Erdöl(lager)	Speicherkapazität	CO ₂ -Freisetzung, schädliche Emissionen, begrenztes Vorkommen
Kohle(lager)	Speicherkapazität	CO ₂ -Freisetzung, schädliche Emissionen, begrenztes Vorkommen
Erdgas(lager)	Speicherkapazität	Methanfreisetzung, CO ₂ -Freisetzung, schädliche Emissionen, begrenztes Vorkommen
Wasserstoff(lager)	Emission nur von Wasser, bei Leckage nur Freisetzung von ungiftigem Wasserstoff, „unbegrenzt“ produzierbar	Energiedichte (volumenspezifisch)
Akkumulatoren	Keine Freisetzung von Gasen, in großer Stückzahl produzierbar	Speicherkapazität

zu 3.

Nur chemische Speicher werden in der Lage sein, eine Speicherkapazität aufzuweisen, welche eine flächendeckende Energieversorgung über Monate hinweg garantiert. Somit stellt durch Elektrolyse erzeugter Wasserstoff aufgrund seines Gesamtwirkungsgrades die vielversprechendste Möglichkeit dar. Allerdings hat das durch Methanisierung erzeugte Methan aufgrund seiner Stoffeigenschaften und des bestehenden Erdgasnetzes auch das Potential, eine Rolle bei der Energieversorgung zu spielen. Fossile Energiespeicher (Erdöl, Kohle, Erdgas) werden langfristig gesehen in der Zukunft aufgrund der oben genannten Nachteile eine geringe Rolle spielen.

zu 4.

Li-Ionen-Akkus haben zwar den Vorteil eines guten Wirkungsgrads von über 90%, allerdings sind Preis, Gewicht, Reichweite und Ladedauer auch nach wie vor ein großes Problem. Chemische Energiespeicher wie Benzin hingegen sind leicht zu tanken und garantieren ausreichende Reichweiten. Da in Zukunft rohölbasierte Treibstoffe knapper und zudem klimaschädliche Gase emittiert werden, stellt auch hier Wasserstoff aus erneuerbaren Energien eine gute Alternative dar. Wasserstoff kann, wie bereits gezeigt wurde, hinreichend schnell und sicher getankt werden, FCV besitzen die nötige Reichweite von mind. 500 km und die kalte Verbrennung in der Brennstoffzelle ist sehr effizient und emissionsfrei.

zu 5.

Es wird pro Jahr 25.000 mal mehr Sonnenenergie auf die Erde eingestrahlt als der Jahresverbrauch tatsächlich ist. Gelänge es, nur einen Bruchteil zu ernten, so müsste man nicht fossile Energieträger abbauen, um die Energie zentral zu erzeugen und zu vermarkten. Jeder Bürger, jede Kommune, jeder Staat könnte zum Energieproduzenten werden. Eine Volkswirtschaft wie Deutschland würde sogar davon profitieren, da die Wertschöpfungskette im eigenen Land bleiben würde und die Energieträger nicht teuer aus den wenigen exportierenden Ländern gekauft werden müssten (Gas, Kohle, Öl, Uran). Arme Länder könnten sich somit energieunabhängig machen und wären nun in der Lage, eine funktionierende Wirtschaft aufzubauen. Leider gibt es in der Dritten Welt Länder, welche mehr Geld für den Import von fossilen Energien ausgeben, als das tatsächliche BIP ist, obwohl genügend Solarenergie zu ernten wäre.

Fazit

Eine ausreichende Energieversorgung ist eine notwendige Voraussetzung für Wohlstand und wirtschaftliches Wachstum. Die Solarenergieerntemengen wären ausreichend, um alle Menschen mit Energie versorgen zu können. Daher sollte der Zugang zu erneuerbarer Energie ein Grundrecht aller Menschen sein.

Lösung zu Arbeitsblatt 4 – Mobilitätskonzept der Zukunft

zu 1.

$$E_{H_2} = 33,3 \text{ kWh/kg} \cdot 5 \text{ kg} = 166,5 \text{ kWh}$$

$$E_{el} = 0,65 \cdot 166,5 \text{ kWh} = 108,23 \text{ kWh}$$

zu 2.

$$\text{Reichweite } s = 108,23 \text{ kWh} / (20 \text{ kWh}/100\text{km}) = 5,41 \cdot 100 \text{ km} = 541 \text{ km}$$

zu 3.

Aus den Aufgaben 1 und 2 ergibt sich (gerundet): 1 kg entspricht 100 km.

Pro Jahr werden in Deutschland 615 Mrd. Kilometer gefahren,
also $615 \cdot 10^9 \text{ km}$ entspricht $615 \cdot 10^7 \text{ kg}$.

zu 4.

$$E_{H_2} = 33,3 \text{ kWh/kg} \cdot 615 \cdot 10^7 \text{ kg} = 2,05 \cdot 10^{11} \text{ kWh}$$

$$\text{Wirkungsgrad Elektrolyseur} = 0,75, E_{el} = 2,05 \cdot 10^{11} \text{ kWh} / 0,7 = 2,73 \cdot 10^{11} \text{ kWh} = 273 \text{ TWh} = 982,8 \text{ PJ.}$$

zu 5.

Aus Arbeitsblatt 2: Solarenergieernte $E_{\text{Solar}} = 660 \text{ TWh/a}$.

Der Solarenergieertrag (ohne Windenergie!) ist also 2,5 mal höher als es die für die Wasserstoffmobilität benötigte Energiemenge wäre.

Fazit

Durch erneuerbare Energien könnte genügend elektrischer Strom produziert werden, um alle Autos auf FCV umzustellen.