**Elektromobilität und Verkehr (Inhaltsfeld 5 – Entwicklungsfelder neuer Technologien)**

**Unterrichtsmaterialien zur Speicherung der elektrischen Energie im Elektromobil und zu den Anforderungen an die zukünftige Infrastruktur mit Aufgabenbeispielen**

**Lehrplanbezug**

Unter Anderem wird die Ausbildung der folgenden konkretisierten Kompetenzerwartungen unterstützt:

**Sach- und Urteilskompetenzen**

Die Schülerinnen und Schüler

* stellen Infrastrukturen von Verkehrssystemen dar,
* erläutern aktuelle Konzepte zur Elektromobilität,
* erläutern den Einsatz innovativer Teilsysteme in einem Elektrofahrzeug im Hinblick auf Reichweite, Ressourcenverbrauch und Handhabung,
* vergleichen verschiedene Möglichkeiten der Speicherung von Energie,
* bewerten die Kosten und Kapazität von Akkumulatoren im Hinblick auf die Marktchancen von Elektrofahrzeugen,
* bewerten die Einsatzmöglichkeiten von Energiewandlern und –speichern in verschiedenen technischen Anwendungen.

**Hinweise zum Umgang mit diesem Material:**

Das Material unterstützt die Anforderungen an die zukünftige Infrastruktur hinsichtlich der Lade-Modi und des Aufbaus eines Stromnetzes zur Versorgung von Elektromobilen zu erläutern, dabei können Anforderungen an die Reichweite und die Position der Ladepunkte betrachtet werden.

Weiterhin werden die Begriffe Energiedichte und Ladewirkungsgrad erläutert. Mit Hilfe der Aufgabenbeispiele kann die Reichweite von Elektromobilen und der Einsatz von Brennstoffzellenantrieben beispielhaft berechnet und betrachtet werden.

**Bezug zu anderen Unterrichtsvorhaben und Inhaltsfeldern**

* Sicherheits- und Sensortechnik (IF3 – Automatisierungstechnik)
* Stromversorgung in der Zukunft (IF4 – Versorgung mit elektrischer Energie)

**Speicherung der elektrischen Energie in einem Elektromobil**

Akkus im Auto

* Vergleich:

1 Liter Diesel = 10 kWh Energie

30 kg Blei Batterie = 1 kWh Energie

* Energiedichte [Wh/l Wh/kg]: Die Energiedichte in Wh/l (Energievolumen) gibt den Energieinhalt pro Volumen an und die Energiedichte in Wh/kg (Energiegewicht) gibt den Energieinhalt pro Gewicht an.
* Ladewirkungsgrad [%]: Der Ladewirkungsgrad gibt an wieviel Prozent Energie geladen werden muss, um 100 % Energie wieder zu entladen, z.B. 1,4 = 140% Ladung, 100 % Entladung.

Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie

**Li+**

**Li+**

**Al**

**Cu**

Separator

**+**

**-**

**Laden**

**Entladen**

Sauerstoff Kobalt/Nickel Lithium-Ion Grafit Elektrolyt

**Anforderungen an die zukünftige Infrastruktur**

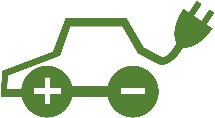
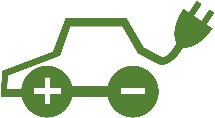
PV-Anlagen

Biomasse-Kraftwerke

Sonnenwärmekraftwerke

Thermische Kraftwerke

Stromnetz



Onshore- / Offshore-Wind-kraftwerke

Schnell-Lade-Station

Batterie-Wechsel-Station

* Reichweite
  + Kurzstreckenfahrten
    - an 80% der Nutztage unter 40 km
    - Hälfte aller Fahrten unter 5 km in Deutschland
    - PKW steht im Durchschnitt 23h
  + Langstreckenfahrten
    - Schnellladen
    - Induktives Laden
    - Batteriewechselkonzepte
* Ladepunkte
  + Öffentlicher Bereich
  + Parkhäuser /-plätze, Einkaufszentren
  + Privat:
    - Firmengelände
    - Garage / Stellplatz

**Einfluss der Lademodi auf die Infrastruktur**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Spannung | Stromstärke | Leistung | Ladedauer bei 20 kWh | Anschluss | Privat / Öffentlich |
| 1. Modus | 230 V / 1 Phase | 16 A | 3,6 kW | 3,8 h | Schuko-Steckdose | Privat |
| 2. Modus | 400 V / 3 Phasen | 32 A | 22 kW | 0,6 h | CEE-Stecker | Privat |
| 3. Modus | 400 V / 3 Phasen | 63 A | 44 kW | 0,3 h | Fest verdrahtet | Privat / öffentlich |
| 4. Modus | 400 V DC | 150 A | 60 kW | 0,2 h | Fest verdrahtet | öffentlich |

Anforderungen und Probleme der Ladentechnologien

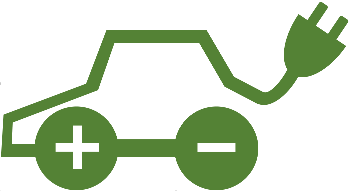
* DC-Laden erfordert höhere Sicherheitstechnik und Fachkunde
* Schnellladen in kürzester Zeit wird gewünscht
* Freigabe, Abrechnung und Messung des Ladevorgangs

🡪 Induktives Laden oder Batteriewechselstationen können Lösung bringen, sind aber noch nicht erforscht

**Elektromobilität <=> erneuerbare Energien**

Flächenbedarf für regenerative Kraftstoffe

am Beispiel eines Pkw mit 12000 km Fahrleistung pro Jahr



5000 m² für Biodiesel + Verbrennungsmotor

1000 m² für Wasserstoff aus Biomasse + Brennstoffzellenantrieb

500 m² für Wasserstoff aus Windenergie + Brennstoffzellenantrieb (Fläche ist gleichzeitig landwirtschaftlich nutzbar)

65 m² für PV-Strom + BZ-E-Fahrzeug

20 m² für PV-Strom + Batterie-E-Fahrzeug

**Aufgabenbeispiele zur Energiespeicherung und Übertragung bei Elektrofahrzeugen und zum Brennstoffzellenantrieb:**

Aufgabe zum Laden des Energiespeichers eines Elektrofahrzeugs

1. Berechnen Sie für eine Ladezeit von 8h an einer normalen Steckdose den Ladestrom für die vollständige Aufladung des Speichers.
2. Bestimmen Sie die Stromstärke, die durch den Einsatz des CCS (Combined Charging System) fließen muss, um den Speicher in 30min auf 80% zu laden.
3. Ermitteln Sie die Reichweite des Fahrzeugs bei einem Verbrauch von 11,7 kWh/100km.

|  |  |
| --- | --- |
| Technische Daten | |
| Fahrzeugtyp | Elektroauto |
| Batterietyp | Lithium-Ionen |
| Energiespeicher | 18,7 kWh |
| Ladedauer 230 V / CCS | 5-8 h (100%) / 0,5 h (80%) |
| Leistung | 60 kW / 82 PS |
| Reichweite | ca. 160 km |
| Höchstgeschwindigkeit | ca. 130 km/h |
| CO2-Ausstoß | 0 g/km |

Aufgaben zu einem BSZ-Bus

Berechnen Sie den Wasserstoffbedarf einer Brennstoffzelle in Liter pro Sekunde, wenn der Elektromotor

* 1. mit voller Leistung oder
  2. mit halber Leistung betrieben wird.
  3. Ermitteln Sie die mögliche Fahrzeit des Busses mit voller Leistung, wenn das Wasserstoffvolumen einer Tankfüllung von 650000 Litern zur Verfügung steht.

Der BSZ-Bus verfügt über einen Elektromotor mit 250 KW, ein Sechsgang-Automatikgetriebe, Gelenkwelle und Hinterachse. Das ist konventionelle Technik. Die wirklich innovative Technik hat der Brennstoffzellenbus auf dem Dach, darum ist er auch 70 cm höher als die herkömmlichen Busse. Hier sind die Wasserstoff-Druckgasbehälter, die Brennstoffzellen und die Nebenaggregate wie Lüfter und Kühleinrichtungen sicher untergebracht. Die neun Druckgasbehälter auf dem Dach mit einem Speichervolumen von 1845 Litern speichern bei einem Druck von 350 bar den Wasserstoff. Eine solche Tankfüllung reicht für etwa 250 km, was ungefähr der Tagestour eines Busses im Linienverkehr entspricht. Die Höchstgeschwindigkeit der Brennstoffzellenbusse liegt bei 80 km/h. 1920 einzelne Brennstoffzellen wandeln den Wasserstoff in die elektrische Energie für den Antrieb des geräusch- und vibrationsarmen Elektromotors um.

Notwendige Angaben:

Gesamtwirkungsgrad des Brennstoffzellenantriebs: 52,7%

Molares Volumen: Vm=22414ml/mol

Aufgabe zur Versorgung einer Elektrobahn

Ein Elektro-Bahntriebwagen besitzt eine elektrische Leistung von 1,0 MW. Er wird im Vorortverkehr auf einer Gleichstrombahn eingesetzt, deren Oberleitung aus zwei parallel verlegten Fahrdrähten mit je 120 mm2 Querschnitt und einem spezifischen elektrischen Widerstand von 0,02155 Ω⋅mm2/m besteht. Die Nennspannung beträgt für dieses Nahverkehrssystem 1500V (Gleichspannung).

1. Berechnen Sie den zu erwartenden Strom bei der angegebenen Spannung, wenn sich das Fahrzeug unmittelbar an der Einspeisestelle (dem Unterwerk) befindet.
2. Bei gleichstrombetriebenen Vorortbahnen, Straßen-, U- und Stadtbahnen sind Unterwerksabstände von 1 bis 3 km üblich. Wenn sich das Fahrzeug gerade 3 km vom Unterwerk entfernt befindet, so muss der Strom vom Unterwerk über die Fahrleitung zufließen und verursacht dabei einen Spannungsfall über der Fahrleitung. Ermitteln Sie die Spannung, die noch am Fahrzeug zur Verfügung steht.
3. Einem Fahrzeug, welches sich nicht direkt am Unterwerk befindet, steht also weniger Spannung am Stromabnehmer zur Verfügung. Erläutern Sie die Auswirkungen für das Fahrzeug. Berechnen Sie die Leistung, die das 3 km vom Unterwerk entfernte Fahrzeug aufnimmt.