

# Lösung zur Übung 10.1.2

## Quantitative Solarenergie

1. Mit wieviel **PS** oder **kW** bewegt sich ein Solarauto bestenfalls ohne zusätzliche Batterie?

Die verfügbare Autofläche, die man mit Solarzellen bedecken kann, ist in der Größenordnung von **10 m<sup>2</sup>**. Bei maximaler Sonneneinstrahlung ("High Noon" am Äquator) hat man ca. **1 kW/m<sup>2</sup>**. Der Wirkungsgrad sehr guter Solarzellen liegt bei **20 %**.

Wir haben also nominell eine Leistung von **2 kW**, oder nicht ganz **3 PS**, oder soviel wie **10** sehr gut trainierte Fahrradfahrer. Bedenkt man, dass nicht alle Solarzellen optimal ausgerichtet sein können, und dass zumindest in Schleswig-Holstein die Sonne nicht immer intensiv scheint, ist das **reine** Solarauto ein reiner Witz.

Die Lage ändert sich sofort, wenn das "Solarauto" eine Batterie hat, die die Solarenergie speichert die während des Stillstands generiert wird, und insbesondere wenn man noch die Dachfläche der Garage mit Solarzellen bedeckt.

2. **Gegeben:**

Eine Jahresfahrleistung von **20 000 km**; ein **100 kW** Motor.

**Gesucht:**

2.1 Schätzwert für die im Motor dazu umgesetzte Energie (in **kWh**).

2.2 Größe der Fläche für Solarzellen, die ausreicht um diese Energie zu sammeln (und per Batterie) dann dem Auto zur Verfügung zu stellen.

2.3 Was dürfen die Solarzellen ungefähr kosten (Benzinpreis = **1 €/liter**; Lebensdauer Solarzellen ca. **20 Jahre**).

2.1 Mit einem **100 kW** Motor dürfte der Verbrauch bei **10 l/100 km** liegen; d. h. um **2 000 l** im Jahr für **20.000 km**.

In **1 l** Benzin ist eine Energie von ca. **10 kWh gespeichert** die vom Auto umgesetzt (und nur zu ca. **30 %** für Bewegung genutzt wird). Unser Auto verbraucht also **20 000 kWh**.

2.2 Nimmt man die maximale Sonneneinstrahlung von **1 kW/m<sup>2</sup>**, einen typischen Wirkungsgrad von **15 %**, erhält man **150 W<sub>p</sub>/m<sup>2</sup>**. **W<sub>p</sub>** steht für "Watt peak", also Spitzenleistung. Die Durchschnittsleistung **W<sub>d</sub>** in Norddeutschland ist rund und roh **10 %** davon; also **W<sub>d</sub> = 15W**.

Übers Jahr gerechnet produziert **1 m<sup>2</sup>** Solarzelle also **15 · 365 · 24 Wh = 130 kWh**. Um unser Auto zu versorgen benötigen wir **20 000 / 130 = 154 m<sup>2</sup>**.

Das relativiert sich aber sofort noch etwas: Elektrisch fahren wir mit sehr viel besserem Wirkungsgrad; sagen wir Faktor **2**. Wir brauchen nur noch **75 m<sup>2</sup>**. Außerdem gewinnen wir die Bremsenergie zurück (E-Motor ist jetzt Generator); wir liegen so um **50 m<sup>2</sup>**. Bis sowas großtechnisch kommt, sind die Wirkungsgrade der Solarzellen bei **20 %**; wir liegen bei **40 m<sup>2</sup>**. Außerdem haben wir bis dahin auch den Verbrauch unseres Referenzautos auf **6 l / 100 km** reduziert, wir landen bei **< 30 m<sup>2</sup>** und kommen so langsam in die Größenordnung der Garagendachfläche.

2.3 In **20 Jahren** werden **40 000 l** Benzin konsumiert; das entspricht **40.000 €**

Bei **30 m<sup>2</sup>** Solarzellen können wir also **1 333 €/m<sup>2</sup>** ausgeben

Da der Benzinpreis in den nächsten **20 Jahren** mit Sicherheit höher sein wird als **1 €/l** (heute (Mai **2008**) liegt er bei **1.5 €/l**) und Solarzellen heute schon sehr viel weniger kosten als **1 333 €/m<sup>2</sup>**, ist die Konsequenz klar:

**Es geht nicht mehr um's "Ob" sondern nur noch um's "Wie"!**

3. Welche Fläche braucht man, um den laufenden elektrischen Energiebedarf einer **4-köpfigen** Durchschnittsfamilie durch Solarzellen zu decken? Reicht ein Hausdach? Was dürfen die Solarzellen kosten (**1 kWh = 0,1 €**)?

Wir müssen zunächst definieren: "Laufender" Bedarf = was man direkt dem Energieversorger für Elektrizität bezahlt. Das sind nur **< 40 %** der gesamten konsumierten elektrischen Energie (Beleuchtung am Arbeitsplatz, Aufzug, was in die gekauften Produkte einfließt, ...).

Ein Blick auf die Elektrizitätsrechnung (oder ins Internet) zeigt: Ein "Kopf" konsumiert rund und roh **2 000 kWh** pro Jahr.

Mit den Zahlen **von oben** haben wir **130 kWh/m<sup>2</sup>**. Wir brauchen pro Kopf also eine Fläche von **2 000/130 m<sup>2</sup> = 15 m<sup>2</sup>**. Vier Köpfe brauchen **60 m<sup>2</sup>**; das gibt das Einfamilienhausdach locker her.

Geht man noch von abnehmendem Bedarf und steigenden Wirkungsgraden aus, wird klar: Die Dachfläche für den laufenden Elektrizitätsbedarf hat jeder und jede irgendwo zur Verfügung!