

B6 Erneuerbare Energien – Sonne, Wasser, Wind, Wasserstoff, Brennstoffzelle

Hinweis: Auf die Auswertungen zu den einzelnen Teilexperimenten wird nachfolgend nur dann eingegangen, wenn sich dabei erfahrungsgemäß besondere Schwierigkeiten ergeben könnten.

1 Elektrische Energie aus der Strahlungsenergie des Lichts

1.6 Fragen

- a) Nenne die Schaltung, die sich am besten eignet, um die höchste Spannung bzw. die höchste Stromstärke zu erhalten.

Antwort: Serienschaltung addiert die Spannungen und Parallelschaltung addiert die Stromstärken. Das sollten die Schüler anhand ihrer Ergebnisse auch bestätigen können. Da wir nicht 100 % identische Solarzellen haben (sie weichen bezüglich Spannung, Stromstärke und Innenwiderstand etwas voneinander ab), können wir das im Experiment nicht exakt bestätigen.

- b) Vergleiche die berechnete Leistung bei gleicher Zellenzahl, aber verschiedener Schaltung (Reihenschaltung oder Parallelschaltung) und erkläre.

Antwort: Die Leistung bleibt bei den beiden Schaltungen immer dieselbe. Nur die Aufteilung in Stromstärke und Spannung ist eine andere. Auch hier kann es von dieser Gesetzmäßigkeit scheinbare Abweichungen geben (siehe oben!).

2 Elektrische Energie aus Wasserkraft

2.5 Auswertung

- a) Erkläre, welchen Einfluss die Fallhöhe des Wassers auf die vom Wasser abgegebene Energie und damit die Leistung des Wasserrads hat.

Hinweis: Je größer die Fallhöhe, desto größer ist die potenzielle Energie des Wassers und damit auch die kinetische Energie des Wasserstrahls beim Auftreffen auf das Schaufelblatt. Der Energieübertrag wird also mit steigender Fallhöhe größer und die Drehzahl und die Rotationsenergie des Wasserrads steigen. Man kann auch sagen: Je größer die Fallhöhe ist, desto länger wird das Wasser beschleunigt und desto schneller ist es, wenn es beim Wasserrad ankommt, was zur Folge hat, dass sich das Wasserrad schneller dreht.

- b) Berechne die durch das Wasserrad erzeugte Leistung und Energie aus den ermittelten Werten und trage sie in die Tabelle ein!

Hinweis: Der Rechenweg ist eindeutig. Die numerischen Ergebnisse hängen jedoch stark von den tatsächlich gemessenen Werten ab. Typische Werte siehe Lehreranleitung!

- c) Begründe, welche Versuchsanordnungen du wählen würdest, um möglichst viel elektrische Energie mit der „Wasserturbine“ zu erzeugen.

Hinweis: Das Problem an Wasserrädern ist, dass ein großer Teil des Wassers die Schaufeln umfließt oder ungenutzt abprallt. Deshalb haben klassische Mühlräder meist weniger als 30 % Wirkungsgrad. Verbessern könnten wir unsere Versuchsanordnung deshalb, in dem wir das Wasser nicht frei, sondern in einem Schlauch und mittels einer Düse ganz exakt auf die Schaufelblätter spritzen lassen. Darüber hinaus müssten wir noch die Form der Schaufeln optimieren, sodass möglichst wenig Wasser ungenutzt wegspritzt. Das wäre dann das nachgestellte Prinzip der Pelton-turbine. (Aber auch durch ein geschlossenes Turbinengehäuse optimierter Form, zusätzliche starre „Leitschaukeln“ und eine optimierte Laufradschaukelform kann man das Wasser zwingen, über 90 % seiner Energie an das Laufrad abzugeben – wie das bei der Francis- und Kaplan-turbine geschieht).

2.6 Fragen

Kraftwerke erzeugen nachts überschüssigen elektrischen Strom, den man für den Verbrauch tagsüber speichern möchte. Entwickle eine technische Anlage unter Einbeziehung von Wasserturbinen, um ein funktionsfähiges Speichersystem zu bauen.

Hinweis: Nicht nur nachts entsteht überschüssiger Strom. Gerade beim Einsatz regenerativer Energien wie Wind- und Solarstrom kommt es ständig zu Überschuss- und Mangelsituationen in der Stromproduktion. Die klassische Lösung hierfür ist ein sog. „Pumpspeicherwasserkraftwerk“. Dieses Wasserkraftwerk arbeitet zwischen zwei Wasserspeichern: Einem hochgelegenen, meist künstlich angelegten Stausee (= „Überbecken“) und einem tiefgelegenen „Unterbecken“ (das kann auch ein angestauter Fluss sein). Die Fallhöhe muss natürlich möglichst groß sein. Kleine Pumpspeicherkraftwerke beginnen bei ca. 80 m Fallhöhe, sehr leistungsstarke Kraftwerke haben über 2.000 m Fallhöhe. Wobei für die Leistung natürlich nicht nur die Fallhöhe, sondern auch die pro Sekunde zur Verfügung stehende Wassermenge entscheidend ist.

3 Elektrische Energie aus Windenergie

3.6 Fragen

Erkläre, welche einfachen Veränderungen du an der Windturbine vornehmen würdest, um ihre Leistung zu erhöhen.

Antwort: Alles, was nicht der Aufnahme der Windenergie dient, sollte möglichst wenig zur Abbremsung des Luftstroms beitragen. D. h., der Generator müsste in ein aerodynamisch optimiertes Gehäuse integriert und sollte auf eine möglichst dünne Halterung gesetzt werden.

Das Hauptproblem sind aber die Propeller. Die Profile unserer Propellerschaukeln sind ziemlich flach. Unser Windrad arbeitet deshalb vor allem als Widerstandsläufer, denn der Luftstrom drückt die Blätter einfach weg. Der Wirkungsgrad ist aber dann am höch-

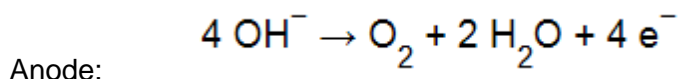
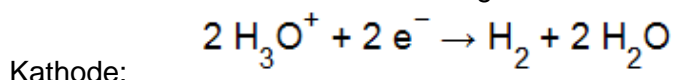
ten, wenn das Windrad als sog. Auftriebsläufer arbeitet. Die Propeller haben dann ein Profil wie Flugzeugflügel oder Flugzeugpropeller. Die umströmende Luft muss dann auf den beiden Seiten verschiedene lange Wege zurücklegen. Nach Bernoulli haben die aufgeteilten Luftströme dann unterschiedliche Geschwindigkeit und es entsteht ein Druckunterschied, der das Blatt wegdrückt. Nur mit solchen Propellern lässt sich der theoretisch mögliche, maximale Wirkungsgrad für Windturbinen von 59,3 % erreichen. Optimierte Dreiflügel-Windräder erreichen heute gut 50 %.

4 Umwandlung von elektrischer Energie in chemische Energie und umgekehrt

4.5 Auswertung

- d) Nenne die Gase, die am Minuspol / Pluspol entstanden sind.

Hinweis: An der Kathode (Minuspol) entsteht Wasserstoff und an der Anode (Pluspol) entsteht Sauerstoff. Dabei finden folgende Reaktionen statt.



- e) Halte fest, in welchem Volumenverhältnis die Gase gebildet worden sind. Begründe dieses Volumenverhältnis aus der Zusammensetzung von Wasser.

Hinweis: Das Volumenverhältnis ist ein Sauerstoffatom zu zwei Wasserstoffatomen. Wasser besteht aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom, deshalb kommt dieses Volumenverhältnis zustande.

- f) Gib ggf. an, bei welcher Spannung in etwa die Gasbildung in der Elektrolysezelle beginnt, wenn du von einer Spannung von 0,5 V pro Solarzelle ausgehen kannst.

Hinweis: Theoretisch läge die Zersetzungsspannung von reinem Wasser mit idealen Elektroden bei ca. 1,25 V (platinisiertes Platin). Durch sogenannte Überspannungseffekte benötigt man jedoch bis zu 16 V. Durch Ansäuern oder alkalisch machen des Wassers sinkt die Überspannung. So könnten wir mit unseren Graphitelektroden in Natriumcarbonat-Lösung bei ca. 1,7 V liegen. Wir brauchen also mindestens drei, eher vier Solarzellen in Serienschaltung.

- g) Nenne die Energieform, in die die elektrische Energie des 9-V-Akkus bzw. der Solarzellen in der Elektrolysezelle hauptsächlich umgewandelt wurde.

Hinweis: In der Elektrolysezelle wird elektrische Energie in chemische umgewandelt.

- h) Erkläre, warum beim Betrieb der Elektrolysezelle als Stromlieferant aus dieser eine Brennstoffzelle wird.

Hinweis: Da Wasser eine geringere chemische Energie hat als Wasserstoff und Sauerstoff und der Elektrolyseprozess umkehrbar ist, kann sich aus Wasserstoff und Sauerstoff auch wieder Wasser bilden. Da Wasserstoff und Sauerstoff in gasförmigem Zustand allerdings sehr schlecht Kontakt zur Graphitelektrode bekommen, ist das in unserem Versuch nur eine sehr schwache Brennstoffzelle. Richtige Brennstoffzellen arbeiten mit Platinelektroden, an denen beide Gasmoleküle atomar adsorbieren und deshalb bestens Elektronen aufnehmen oder abgeben können.

- i) In der Brennstoffzelle wird aus Wasserstoff und Sauerstoff elektrischer Strom erzeugt. Beschreibe die dabei ablaufenden chemischen Vorgänge.

Hinweis: Auf dem Medienportal der Siemens Stiftung ist die Simulation „Brennstoffzelle – Funktionsprinzip“ vorhanden, siehe Medienpaket zum Experiment „Experimento | 10+: B6 Erneuerbare Energien“. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Screenshot des Mediums.

4.6 Fragen

- j) Wenn du Internetanschluss hast, dann recherchiere, warum bei diesem Experiment nicht reines Wasser, sondern eine Sodalösung verwendet wird.

Antwort: Es wird Sodalösung verwendet, um die nötige Elektrolysespannung zu reduzieren. Bei reinem Wasser ist diese Spannung sehr hoch. (Siehe Hinweise zu den Auswertungen)

- k) Wie könnte aus deiner Sicht ein Energiekonzept aufgebaut sein, das auf der Wasserstofftechnologie beruht? Erstelle hierzu eine beschriftete Skizze!

Antwort: Auf dem Medienportal ist eine Skizze zu einem ausgefeilten Gesamtkonzept für die Einbindung der Wasserstofftechnologie in die Energieversorgung vorhanden, siehe Medium „Energienutzungsketten“ im Medienpaket zum Experiment „Experimento | 10+: B6 Erneuerbare Energien“. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Screenshot des Mediums.