

Aufgabe zur regenerativen Energieerzeugung:

Die Brennstoffzelle wird allgemein zur Erzeugung mobiler elektrischer Energie als zukünftige Lösung nach der „Erdölzeit“ gehandelt.

Nachfolgender Text gibt Auskunft über ein aktuelles technisches Gerät:

Voller Energys portables PortaPack

Das englische Unternehmen Voller Energy entwickelt portable PEM-Brennstoffzellen-Systeme als Akku-Ersatz für den privaten und militärischen Einsatz.

Im Angebot befinden sich drei Geräte für den privaten bzw. industriellen Einsatz: VE1000, VE100 und VE10. Die VE1000 und VE100 bilden die Kernstücke des PortaPacks, einer portablen Stromversorgungseinheit. Das PortaPack VE1000 bietet 1kW Leistung und wird von zwei integrierten Metallhydrid-Speichern mit Wasserstoff versorgt. Auf zwei Rollen kann das Mini-Kraftwerk gezogen werden und über vier Steckdosen Strom bereitstellen.

Die VE100-Version ist dagegen schon in einer tragbaren Größenordnung angesiedelt, bietet mit nur einem Hydrid-Speicher für eine Stunde lang 100W, was zum Nachladen von Akkus in Notebooks usw. eingesetzt werden kann. Die VE10 ist eine PEM-Brennstoffzelle, die als Ersatz für Lithium-Ionen-Akkus in Handys eingesetzt wird, und dabei eine weit längere Laufzeit ermöglicht.



Portable Stromversorgung:
PortaPack VE1000

Hinweis: PEM = **P**roton **E**xchange **M**embrane, Elektrodenmaterial: mit Platin überzogener Ruß auf Graphit

Aufgabe

1. Lesen Sie den o. a. Text des Herstellers der PEM-Brennstoffzelle!
2. Skizzieren Sie deren Aufbau und Funktion!
3. Beschreiben und erläutern Sie die der Zelle zu Grunde liegenden chemischen Reaktionen!
4. Wie wird in o. a. System die Versorgung mit Wasserstoff realisiert? Beschreiben und erläutern Sie die Methode! Bewerten Sie diese im Vergleich zu anderen Ihnen bekannten Methoden!
5. Beurteilen Sie die Effizienz des o. a. Brennstoffzellen-Systems! Wo liegen die Vorteile, wo die Nachteile?
6. Bewerten Sie diesen Beitrag hinsichtlich einer umweltgerechten Energieerzeugung!

Verwenden Sie bei Aufgabe 5 und 6 zur Argumentation die Tabelle der Wirkungsgrade!

Der Wirkungsgrad η eines Energiewandlers ist das Verhältnis von erhaltener Energie zur primär aufgewandten Energie.

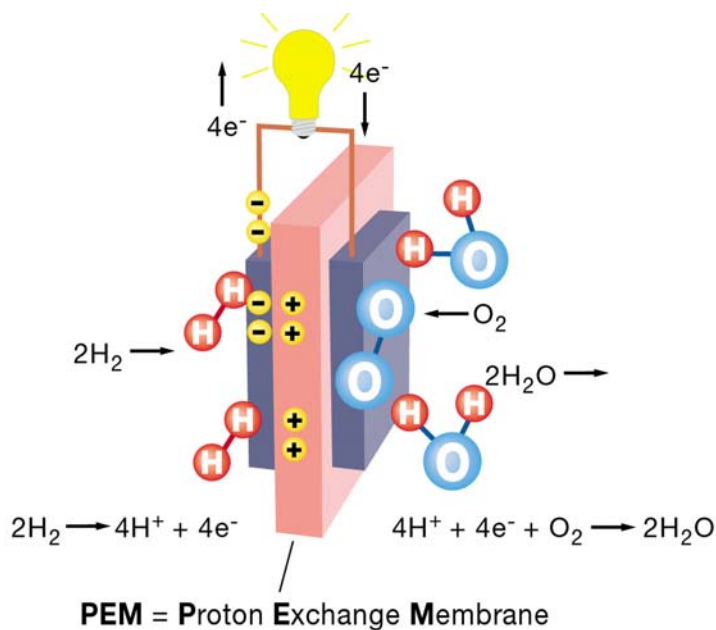
Wandler	Wirkungsgrad η	Anteil nach Umwandlung
Kohle	1	
Kohleofen	0,9	90%
Dampfturbine	0,45	41%
Generator	0,98	40%
Transformator	0,98	39%
Fernleitung	0,99	39%
Transformator	0,98	38%
Leuchtstofflampe	10	4%

Wandler	Umwandlung von:	Wirkungsgrad η
Brennstoffzelle	chemisch nach elektrisch	0,5 - 0,8
Ottomotor	chemisch nach mechanisch	0,15 - 0,2
Dieselmotor	chemisch nach mechanisch	0,15 – 0,55*
Elektromotor	elektrisch nach mechanisch	0,6 - 0,98

)* Hohe Werte durch moderne Techniken (Turboaufladung, Direkteinspritztechnik)

Skizze einer möglichen Lösung

An der Anode werden Wasserstoffmoleküle katalytisch (Pt/Ruß/Grafit) in Atome dann in Protonen und Elektronen gespalten (Grenzflächengleichgewicht). Die Elektronen verbleiben in der Anode und wandern über einen Leiter und „Verbraucher“ zur Kathodenseite. Die Protonen wandern durch die für Protonen selektive Membran (PEM) in den Kathodenraum, wo Sauerstoffmoleküle katalytisch gespalten werden und die entstandenen Atome jeweils zwei Elektronen aufnehmen. Die O^{2-} Ionen (bzw. $(OH)^-$) verbinden sich mit zwei Protonen zu Wassermolekülen.



Metallhydride als Speicher sind effektiver als gasförmiger Wasserstoff, auch wenn er unter hohem Druck steht. Metallhydride entstehen aus Metallen (wie z.B. Palladium oder Magnesium) oder intermetallischen Verbindungen (wie z.B. $ZrMn_2$), die Wasserstoff sozusagen wie ein Schwamm "aufsaugen" können. Bei Standardtemperatur und geringem Überdruck reagieren sie dabei nach folgender Gleichung:



In der ersten Reaktionsphase, der sogenannten α -Phase, werden an der Metalloberfläche katalytisch gesplante Wasserstoffmoleküle, also Wasserstoffatome, als Einlagerungs- oder Zwischengitteratome in das Metallgitter gelöst. Erhöht man nun den Druck im Speicher, erhöht sich auch die Wasserstoffkonzentration im Metallgitter bzw. in der intermetallischen Bindung. Ist eine Sättigung der α -Phase erreicht, bildet sich an einigen Stellen Metallhydrid. Dies wird β -Phase genannt. Da diese Reaktion exotherm verläuft, muss die Reaktionswärme abgeführt werden, um einen Stillstand der Reaktion zu vermeiden. Da der Phasenübergang von der α - in die β -Phase mit einer starken Änderung des ursprünglichen Metallgitters einher geht, zerfällt das Ausgangsmaterial in feines Pulver.

Zur Desorption des Wasserstoffs muss die Reaktionswärme, die bei der Beladung des Speichers abgeführt wurde, wieder zugeführt werden. Die Reaktion läuft nun in die entgegengesetzte Richtung ab. Es entstehen wieder die Ausgangsstoffe, Metall und ultrareiner Wasserstoff. Je nach Anwendungsfall kann man durch verschiedene Legierungen das jeweils beste Druck- oder Temperaturniveau schaffen. Für eine Anwendung im Kraftfahrzeug kommt es zum Beispiel auf eine niedrige Desorptionstemperatur und eine schnelle Be- bzw. Entladung an. Problematisch ist beim KFZ jedoch die geringe massenspezifische Speicherdichte, wodurch die Speicher verhältnismäßig schwer sind.

Im Vergleich zu Druckgasflaschen und Kryospeichern stellt der Metallhydridspeicher eine wesentlich sicherere und kompaktere Speichertechnologie dar.

Nach <http://www.diebrennstoffzelle.de/wasserstoff/speicherung.shtml> aufgerufen am 27. 3. 05

Die Brennstoffzelle wandelt direkt chemische Energie in elektrische um und eignet sich besonders zur mobilen Energieerzeugung. Zur mobilen Energieerzeugung bei KFZ muss mit anderen Methoden der Umweg über Wärmekraftmaschinen besritten werden. Hier ist nur der moderne Dieselmotor als Wandler der Brennstoffzelle vom Wirkungsgrad her etwa ebenbürtig. Das Problem ist die Speicherdichte von Wasserstoff (Siehe oben!). Es entsteht als Reaktionsprodukt nur Wasser. Der Katalysator Platin ist nur begrenzt vorhanden und sehr teuer.

Wenn der Wasserstoff nicht regenerativ sondern wie heute noch üblich aus Erdgas oder Erdöl erzeugt wird, bleibt allein der höhere Wirkungsgrad des Wandlers als positive Bilanz. Die „Wasserstoffwirtschaft“ ist eine hoch komplexe Technologie und eine geeignete Infrastruktur ist noch nicht vorhanden.