

Die Energiewende - weniger ein Problem der Erzeugung denn der Speicherung regenerativ erzeugter elektrischer Energie

Leider haben sich die vorhergesagten Szenarien einer Mittelung und Glättung der kontinental erzeugten und verbrauchten Stromenergie aus regenerativen Quellen im Experiment „Energiewende Deutschland“ nicht bestätigt. Peaks einer kritischen Überproduktion an Strom aus regenerativen Quellen überlasten immer häufiger die Netze und werden zu absurden Negativpreisen an die Nachbarn abgetreten, wo die Kernkraft regiert. Häufiger noch treten absolute Versorgungsflauten ein, für die die volle Kapazität an konventionellen Kraftwerken mit fossiler Brennstoffversorgung vorgehalten werden muss. Das ist unwirtschaftlich und führt nachweislich nicht zu der avisierten Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. Ohne eine effiziente Speicherung und Rückverstromung der aus regenerativen Energiequellen erzeugten Spitzen an Überschussenergie und Füllen der Löcher des Strommangels kann die Energiewende und sichere Stromversorgung insbesondere der Industrie als Hauptverbraucher aus ganz prinzipiellen Gründen nicht gelingen. Die folgende Übersicht der Lösungsstrategien zeigt: Trotz großer Anstrengungen besteht weiterhin riesiger Forschungsbedarf bezüglich der Steigerung der Energieausbeute der **Kette Strom** → **chemische Energiespeicherform** → **Strom**. Jeder physikalisch-chemische Energie-Umwandlungsschritt ist mit einem mehr oder weniger großen Wirkungsgrad (Verlust) verknüpft, ein unumstößliches Naturgesetz.

Etablierte Verfahren der Energiespeicherung von ÖKO-Überschussstrom:

1. Pumpspeicherwerke:

Wirkungsgrad 80%, geographisch bedingt leider sehr begrenzt in D.

2. Lithiumionen-Akkus:

Energie-Wirkungsgrad 90-95%, sehr teuer, begrenzte Lebensdauer/Ladezyklen, derzeit nur als Puffer für Hausgebrauch und Kurzzeit-Notstrom-Management für empfindliche Industriesteuerungen. Sollte in 20 Jahren die Autoflotte elektrifiziert sein, so wächst dieser sinnvolle Energiepuffer!

3. Redox-Flow-Batterien:

Riesige immobile Elektrolytspeicher in Form pumpbarer Metallionenlösungen.

4. Wasser-Elektrolyse:

Elektrochemische Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aus regenerativ gewonnenem Strom. Nutzung des Wasserstoffs in gekoppelten Verfahren im Gemisch mit Erdgas (siehe 4.1) oder in kopplungsfreien Verfahren (siehe 4.2) zur Rückgewinnung von Strom, in letzterem Fall dann weitgehend ohne CO₂-Footprint.

Etwas genauer soll auf Strategie der Wasser-Elektrolyse eingegangen werden:

Der Wirkungsgrad beträgt wegen der Wärmeentwicklung und Überspannung, die man für die kathodische Reduktion von Protonen zu Wasserstoff benötigt nicht 100%. In den letzten

50 Jahren Forschung ist es gelungen, den Wirkungsgrad durch Wahl geeigneter Elektrodenmaterialien auf ca. 70-80% anzuheben. Das bedeutet, dass von der Energie einer Windturbine von 1 MWh nach der Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff noch 70-80%, d.h. 0,7 bis 0,8 MWh Energie gebunden in Form **chemischer Energie** vorhanden sind. Nun gibt es mehrere Optionen, wie dieser Elektrolyse-Wasserstoff aus regenerativem Überschussstrom als Zwischenspeicher zum Füllen der ÖKO-Stromlöcher verwendet werden kann:

4.1 An die Verbrennung fossilen Erdgases angekoppelte Verfahren

d.h. Einspeisung des Wasserstoffs als 5% Anteil in das weit verzweigte Erdgasnetz, danach:

4.1.1 Verbrennen des Gasgemisches mit Erdgas im Gas-Brennwertkessel mit bis zu 99% Wirkungsgrad liefert dann bis zu $0,7 \dots 0,8 \times 1,0$, das heißt 70-80% der eingesetzten Stromenergie, allerdings nur in Form von Wärme, keinen Strom. Wenig sinnvoll, da ohne ÖKO-Strom-Pufferwirkung, jedoch besser als ÖKO-Strom-Entsorgung zu Negativpreisen.

4.1.2 Verbrennen des Wasserstoffs im Gemisch mit Erdgas in einem thermischen Gaskraftwerk mit Dampfturbine zur Stromerzeugung (Carnot'scher Kreisprozess, 2. Hauptsatz der Thermodynamik: max. 60% Wirkungsgrad). Daraus ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von $0,7 \dots 0,8 \times 0,4 \dots 0,6$, das heißt 30-50% Energierücklauf in Form von Stromeinspeisung.

4.1.3 Verbrennen des Gasgemisches mit Erdgas in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) entweder thermisch mit Motor/Generator oder mit Reformier/Brennstoffzelle, gekoppelt mit lokalem Fernwärmenetz (Dorf, mehrere Häuser) oder in individueller Hauswärmanlage: Elektrischer Wirkungsgrad 25-40 %, Rest der Energie des Wasserstoffs wird als Wärme-Kopplungsprodukt im Haus(verbund) verbraucht. Gesamtwirkungsgrade bezogen auf Wasserstoff bis zu 95%, Gesamtwirkungsgrad bezogen auf Überschuss-ÖKO-Strom: $0,7 \dots 0,8 \times 0,95$, d.h. 65-75% Gesamtenergierücklauf, davon 18-32% in Form der Rückgewinnung elektrischen Stroms, Rest Wärme. Hervorragend geeignet überall dort, wo gleichzeitig Heizwärme / Warmwasser benötigt wird.

4.2 Nicht-gekoppelte Verfahren:

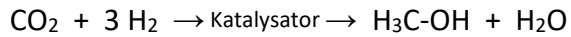
Ohne CO₂-Footprint, das entstehende CO₂ wurde der Natur ursprünglich entnommen, der Wasserstoff entstammt regenerativen Quellen.

4.2.1 Vermengung des regenerativ erzeugten Wasserstoffs als 30% Anteil mit Biogas, danach Verstromung in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) entweder thermisch mit Motor/Generator oder mit Reformier/Brennstoffzelle, gekoppelt mit lokalem Fernwärmenetz (Dorf, mehrere Häuser) oder in individueller Hauswärmanlage: Elektrischer Wirkungsgrad 25-40 %, Rest der Energie des Wasserstoffs wird als Wärme-Kopplungsprodukt im Haus(verbund) verbraucht. Gesamtwirkungsgrade bezogen auf Wasserstoff bis zu 95%, Gesamtwirkungsgrad bezogen auf Überschuss-ÖKO-Strom: $0,7 \dots 0,8 \times 0,95$, d.h. 65-75% Gesamtenergierücklauf der eingesetzten ÖKO-Strommenge, davon 18-32% in Form der

Rückgewinnung elektrischen Stroms zur Einspeisung. Problem liegt in der energieaufwendigen Düngung und Ernte der Felder für das Nahrungsmittel Mais, derzeit der effizientesten Silage für den Biogasreaktor.

4.2.2 Power-to-Gas-Technologie - synthetisches Erdgas:

Hierbei wird Wasserstoff aus regenerativen Quellen mit CO₂ aus „fossilen“ Kraftwerken, Stahlwerken oder aus der Natur (Problem hier hochverdünnt!) zu Methanol (= flüssiger Benzinersatzstoff) oder zu Methan (= synthetisches Erdgas) katalytisch umgesetzt:



Stammte das CO₂ aus der Natur, so wird nach Verbrennung des chemisch synthetisierten, leicht lagerbaren und transportierbaren Energieträgers Methan (Erdgas) oder Methanol nicht mehr CO₂ in die Natur entlassen als ursprünglich vorhanden war (neutrale CO₂-Bilanz, kein CO₂-Footprint).

Der Gesamtwirkungsgrad der Energiekette Strom → Wasserstoff → Methan/Methanol → Strom ist leider immer noch gering (20-40%), da die einzelnen Schritte durch recht hohe Energie“verluste“ wie Wärmeentwicklung, Nebenreaktionen, geringe Selektivität und durch langsamen Umsatz gekennzeichnet sind. Mangelnde Effizienz in der Konvertierung elektrischer in chemische Energie vice versa führt zu einem deutlichen Mehrbedarf an Windkraft- und Photovoltaikanlagen als bislang geplant, sollte man die Vision einer überwiegend auf regenerativen Energiequellen basierenden und gleichzeitig sicheren Versorgung insbesondere der Wirtschaft verfolgen.

Wasserstoff, der umweltfreundliche Energieträger, bei dessen Verbrennung nur Wasser entsteht:

Wasserstoff kann man leider nicht gut speichern. Dieses Permanentgas lässt sich selbst unter höchsten Drucken wie 1000 bar bei Raumtemperatur nicht verflüssigen. Kryogenen Flüssigwasserstoff wie er in Raketen eingesetzt wird gewinnt man beim energieaufwendigen Abkühlen auf -253°C (1 bar). Unter diesen technisch extremen Bedingungen steigt die Energiedichte pro Volumeneinheit. Hoffnung machen Autos mit Wasserstoffdrucktank, der in 3 Minuten bei -40°C zu füllen ist(!) und der eine Brennstoffzelle versorgt, die aus Wasserstoff den Strom für den Elektromotor erzeugt. Ein gewisser Durchbruch für eine umweltfreundliche, 600 km weit reichende Elektromobilität ist bereits erreicht! Große Hoffnung setzt man auf den sogenannten „Solarwasserstoff“, der durch direkte Spaltung von Wasser an Halbleiterpartikeln durch Sonnenlicht erzeugt werden kann. Der Wirkungsgrad ist derzeit noch weit weg von einer wirtschaftlichen Nutzbarkeit.

Ein Statement der BI: Das Geld aus der EEG-Umlage gehört in die Forschung investiert und nicht in die Sonderförderung der Aufstellung gigantischer Windkraftanlagen in Schwachwindregionen!

Neugierig? Werden Sie Mitglied der >Arbeitsgemeinschaft Nachhaltige Energieversorgung< der BI Windkraft Görzhausen e.V. - unabhängig, verantwortungsbewusst, kompetent!
Rückfragen an Prof. Dr. Jörg Sundermeyer, Technik-Windkraft@michelbach.de