

Wasserstoff – Das Speichermedium für erneuerbare Energie

- eine strategische Betrachtung zur Erreichung der energiepolitischen Vorgaben der Deutschen Bundesregierung –

Detlef Stolten, Thomas Grube, Michael Weber
Forschungszentrum Jülich GmbH

Die Energietechnik ist weltweit derzeit einem starken Wandel unterworfen. Die allgemein anerkannten Treiber dazu sind Klimawandel, Energieversorgungssicherheit, industrielle Wettbewerbsfähigkeit und lokale Emissionen. Diese Treiber sind weltweit anerkannt, wobei ihre Wertigkeit je nach Land unterschiedlich gesehen wird. Nach dem durch eine Naturkatastrophe ausgelösten Kernkraftwerksunfall in Fukushima haben sich mehrere Länder von der Kernkraft abgewandt. In Deutschland hat dieses zu einem breiten politischen Konsens aller Parteien gegen weitere Kernkraftnutzung geführt. Gleichzeitig sollen die Emissionen der Klimagase weiter reduziert werden. Bezogen auf 1990 wird eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 40 % bis 2020, 55 % bis 2030, 70 % bis 2040 und 80-95 % bis 2050 angestrebt [1]. Als Grand Challenges werden üblicherweise die Themen erneuerbare Energien, Elektromobilität, effiziente Kraftwerke und Kraft-Wärme-Kopplung angesehen. Unter den oben genannten Forderungen zur Reduktion der Klimagase bleiben von diesen vier großen Themen nur noch zwei übrig, nämlich erneuerbare Energien und Elektromobilität auf der Basis erneuerbarer Energien. Weder Kraft-Wärme-Kopplung noch hoch effiziente zentrale Kraftwerke können den oben genannten Forderungen für 2040 oder 2050 standhalten.

In Deutschland werden 32 % der Treibhausgasemissionen in der Stromerzeugung, 17 % im Verkehr, 11 % im Bereich Haushalte sowie 16 % in den Bereichen Gewerbe/Industrie verursacht. Im Verkehr entstehen 12 %-Punkte des CO₂-Ausstoßes im Personenverkehr und 6 %-Punkte im Schwerlastverkehr [2]. Um dieses untere Ziel von 85 % CO₂-Reduktion bis 2050 zu erreichen und unter Berücksichtigung, dass 2009 der CO₂-Ausstoß in Deutschland 26 % unter dem von 1990 lag, müssten beispielsweise der gesamte Stromsektor und der PKW-Verkehr CO₂-frei werden. Darüber hinaus ist ein Potenzial im Bereich der Haushalte und von Gewerbe und Industrie zur CO₂-Einsparung vorhanden. Im Schwerlastverkehr wird sich dieses nur schwierig und wenn, durch Biokraftstoffe erreichen lassen.

Daher können folgende Konsequenzen gezogen werden:

- Nur Elektromobilität auf der Basis von Batterien oder Brennstoffzellen kann die strikten Vorgaben erreichen.
- Nur erneuerbare Energien können die Vorgaben zur CO₂-freien Stromerzeugung erreichen.
- Erneuerbare Energien fluktuieren stark und benötigen daher große Speicherkapazitäten, wie sie durch Pumpspeicherkraftwerke oder geologische Gasspeicherung von Wasserstoff dargestellt werden können.
- Windkraft mit Wasserelektrolyse und Elektromobilität kann ein Gesamtsystem darstellen, das den Anforderungen gerecht wird und die Energiewelt verändern kann.
- Für dieses System gilt es zu prüfen, ob es technisch durchgängig darstellbar ist und ob es wirtschaftlich sein kann. Dabei soll das System mit möglichst wenigen Komponenten und weitestgehend mit existenten oder weit gehend entwickelten Komponenten erstellt werden.

Zu Letzterem kann diese Veröffentlichung nur vorläufige, aber sehr ermutigende Ansätze liefern.

Das wichtigste Argument für die Auswahl erneuerbarer Techniken sollte nicht die potentielle Leistung sein, sondern die Leistungsdichte. Die Leistungsdichte an der aktiven Fläche des technischen Aggregates stellt ein Maß für den technischen Aufwand dar, der notwendig ist, die jeweilige erneuerbare Primärenergie in Strom umzuwandeln. Während Wasserkraft im Bereich einiger Kilowatt pro Quadratmeter liegt, liegt die Leistungsdichte von Windkraft bei etwa 150 W/m² und die von Photovoltaik bei etwa 15 W/m². Wasserkraft ist in Deutschland praktisch voll ausgebaut, Windkraft und Photovoltaik bieten hingegen noch große

Zubaumöglichkeiten. Aufgrund der höheren Leistungsdichte wird für das folgende Szenario die Windkraft ausgewählt.

Ähnliche Überlegungen gelten bei der Auswahl des bevorzugten Speichermediums. Lithiumionenbatterien liegen heute bei einer Speicherdichte von etwa 2 MJ/l und werden, um eine lange Lebensdauer zu erreichen, zu etwa 50 % be- und entladen. Damit ergibt sich eine effektive Speicherdichte von etwa 1 MJ/l bei etwa 0,5 MJ/kg. Wasserstoff in einem Autotank bei 700 bar hat eine volumenspezifische Speicherdichte von etwa 4 MJ/l und etwa 4 MJ/kg jeweils einschließlich des Tanks sowie eine physikalische Speicherdichte im flüssigen Zustand von 8,46 MJ/l. Diese sind die beiden für Elektromobilität infrage kommenden Energiespeicher. Benzin hingegen hat eine im Vergleich hervorragende Speicherdichte von 37 MJ/l des reinen Kraftstoffes bei einem vernachlässigbaren Eigenvolumen des Tanks und etwa knapp 30 MJ/kg einschließlich des Tanks. Aufgrund der 4-6 Mal höheren Speicherdichte von Wasserstoff gegenüber Batterien wird dieser als Speichermedium ausgewählt.

Es wird folgendes Szenario aufgestellt:

- Die Windkraftanlagen an Land werden in ihrer Anzahl auf dem Stand von 2010 konstant gehalten, aber von ihrem Durchschnittswert von 1,2 MW pro Anlage auf 7,5 MW pro Anlage angehoben.
- Der Ausbau der Off-Shore-Windenergie auf 35 GW wird eingeplant.
- Das zur Stromerzeugung derzeit verwendete Erdgas wird verwendet, um die Fluktuationen der Windenergieeinspeisung zu kompensieren.
- Weiterhin werden 50 % des derzeit in den Haushalten zur Heizung verwendeten Erdgases zur Kompensation der Windenergiefluktuationen eingesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass die entsprechende Wärmemenge in den Haushalten wegen besserer Isolation der Häuser nicht mehr benötigt wird.
- Überschüssige Stromerzeugung wird zur Produktion von Wasserstoff mittels Elektrolyse genutzt, über ein Wasserstoffpipelinennetz an Tankstellen verteilt und in Brennstoffzellen-PKWs verwendet. Dabei wird von einem Verbrauch von 1 kg Wasserstoff pro 100 km ausgegangen und einer durchschnittlichen Fahrleistung von 12.000 km pro Jahr für das Auto.

Damit kann nach eigenen Berechnungen eine Gesamt Strommenge von 490 Tera Wattstunden erzeugt werden, die zu 60 % Windstrom, zu 13 % aus sonstigen Erneuerbaren und zu 27 % aus Erdgas stammt. Gleichzeitig können damit 16 Millionen Fahrzeuge, also knapp 40 % des deutschen PKW-Bestandes mit diesem Wasserstoff versorgt werden.

Die detaillierte CO₂-Bilanzierung und Aussagen zu Investitionskosten werden in der Langfassung zu dem Vortrag dargestellt.

[1] [Online]. Available: http://www.bmu.de/english/energy_efficiency/doc/47609.php. [Zugriff am 13.01.2012].

[2] Umweltbundesamt, „Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen,“ 15. April 2011. [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>. [Zugriff am 13.01.2012].