

Die Welt braucht eine nachhaltige Energiewirtschaft, keine Wasserstoffwirtschaft

Ulf Bossel
European Fuel Cell Forum
Morgenacherstrasse 2F
CH-5452 Oberrohrdorf / Schweiz
30. Oktober 2003

In Zukunft werden Solarstrahlung, Wind, Laufwasser, Wellen, Tidenhub, Geothermie und Biomasse geschätzte Energiequellen sein. Als Folge wird nachhaltig gewonnene Energie mit höchster Effizienz verteilt und intelligent genutzt werden müssen, um aus den aufwändig erschlossenen Quellen ein Maximum an Nutzen und Komfort zu ziehen. Rationeller Umgang mit Energie und Energiesparen sind die Eckpfeiler einer nachhaltigen Energiewirtschaft.

Befürworter von Sonnenenergie, Solararchitektur, Windenergie, Biogas oder Holz schwärmen von "ihren" erneuerbaren Energiequellen. Neuerdings wird auch Wasserstoff, ein künstlich hergestellter Energieträger, als Patentlösung für alle Energieprobleme propagiert. All dies sind lediglich Bausteine für eine nachhaltige Energiewirtschaft, die völlig neue Muster für Angebot und Nachfrage, für Primärenergiequellen und Energienutzung mit sich bringen wird. Die heute genutzte Primärenergie wird nicht einfach durch regenerativ gewonnene Energie, sondern vorwiegend durch elektrische Energie aus vielen Quellen ersetzt. Auch muss nicht der heutige, sondern lediglich ein wesentlich kleinerer Energiebedarf gedeckt werden, der nach Durchführung von Energiesparmassnahmen noch verblieben ist. Der nachhaltige Energiemix wird dem heutigen Energieangebot kaum entsprechen. Man sollte also nicht von einer einfachen Substitution fossiler Kraft- und Brennstoffen durch Wasserstoff ausgehen, sondern sich auf eine andere Energiezukunft vorbereiten. Im Folgenden werden eine nachhaltige Energiewirtschaft skizziert und Prozesse erörtert, die zwischen heute und einer sauberen Zukunft zu erwarten sind.

Fast alle erneuerbare Energie wird als Elektrizität "geerntet". Gleichstrom kommt von Solarzellen. Wind-, Wasser-, Wellen- Gezeiten- sowie thermische Kraftwerke zur Nutzung von Solarenergie und Erdwärme liefern Wechselstrom. Im nachfossilen Zeitalter wird lediglich Biomasse als chemischer Energieträger zur Verfügung stehen, nicht nur aus natürlichem oder landwirtschaftlichem Wuchs, sondern auch in Form von organischen Abfällen.

Um diese erneuerbare Energie mit höchster Effizienz zu nutzen, müssen verlustreiche Wandlungsprozesse unbedingt vermieden werden. Die Kohlen-Wasserstoffe der Biomasse werden deshalb auf chemischem Wege in andere, besser nutzbare synthetische Kraft- und Brennstoffe umgewandelt und nicht in Kraftwerken "verheizt", um Strom für die elektrolytische Wasserstoff-Erzeugung zu gewinnen. Auch wird regenerativ gewonnener Strom als solcher über Leitung

verteilt, denn es gibt keinen besseren Weg als den direkten Energietransport mit Elektronen. Heute wird Elektrizität mit bewährter Technik und einem Wirkungsgrad von über 90% effizient und umweltfreundlich vom Kraftwerk zu Kunden geleitet.

Die elektrolytische Wandlung elektrischer Energie in Wasserstoff, den man dann in Brennstoffzellen wieder in Strom zurück verwandelt, hat wegen der hohen Energieverluste keine grosse Chance auf eine verbreitete Realisierung. In einer nachhaltigen Zukunft wird man sich diesen Luxus kaum leisten können. Die Energiekette vom Kraftwerk über Wasserstoffherzeugung, dessen Lieferung zum Verbraucher und Rückwandlung in Strom mittels Brennstoffzellen ist sehr verlustreich. Grund hierfür sind vor allem die beiden elektrochemischen Prozesse Elektrolyse und Brennstoffzelle, sowie die physikalischen Eigenschaften des leichtesten aller Gase. Bei der Elektrolyse gehen etwa 30%, bei der Kompression des Wasserstoffgases je nach Enddruck zwischen 10% und 20%, bei der Verflüssigung etwa 35%, beim Transport je nach Transportart und Distanz bis zu 20%, beim Umfüllen bis zu 5% und bei der Rückwandlung in Strom mittels Brennstoffzellen noch einmal 50% der ursprünglichen elektrischen Energie verloren. Nur etwa 25% des geernteten Naturstroms kann vom Endverbraucher genutzt werden. Diese physikalisch unabdingbaren Zusammenhänge sind im Bericht "The Future of the Hydrogen Economy: Bright or Bleak?" (Die Zukunft der Wasserstoff-Wirtschaft: strahlend oder trüb?) von Bossel, Eliasson and Taylor (www.efcf.com/reports) erfasst und quantifiziert worden.

Da lediglich 50% der verstromten Naturenergie beim Verbraucher als Wasserstoff angeliefert werden, wird Wasserstoff pro Energieeinheit doppelt so teuer sein wie der Strom aus der Steckdose. Daraus folgt, dass Heizen mit Strom billiger sein muss als Heizen mit Wasserstoff. Der Verbraucher hat die Wahl und wird sich für die kostengünstigere Lösung entscheiden. Erdgas wird kaum durch Wasserstoff ersetzt werden, selbst wenn sich das bestehende Leitungsnetz wider Erwartung für die Wasserstoffverteilung eignen sollte. Die Antwort auf steigende Erdgas- und Heizölpreise sind bauliche Massnahmen zur Verringerung des Heizwärmebedarfs, nicht aber ein Wechsel zu Wasserstoff. Kleine Elektroheizer werden zur Deckung des Restwärmebedarfs eingesetzt, denn konventionelle Kesselanlagen können bei reduziertem Wärmebedarf kaum noch wirtschaftlich betrieben werden. Die Umstellung auf Strom erfolgt also noch vor der Einführung von Wasserstoff.

Dies gilt auch für die Stromerzeugung, denn selbst mit effizienten Brennstoffzellen kann man lediglich 50% der im Wasserstoff enthaltenen Energie in elektrische Energie umwandeln. Aus Wasserstoff erzeugter Strom muss deshalb etwa viermal so teuer sein wie der Strom aus der Steckdose. Auch hier hat der Verbraucher die Wahl. Angesichts der deutlich günstigeren konventionellen Lösung dürfte die dezentrale Stromerzeugung mit Wasserstoff kaum jemals attraktiv werden.

Die Verdrängung der fossilen Energieträger aus dem Heizwärmebereich wird auch die Entwicklung im mobilen Bereich beeinflussen. Heizöl wird in leicht modifizierter Form als Dieselkraftstoff angeboten werden. Durch Energiesparmassnahmen wird also das Zeitalter des Verbrennungsmotors verlängert. Dieser Prozess wird selbst in Fachkreisen kaum diskutiert. Er dürfte aber die Einführung von Wasserstoff als

Kraftstoff auf Jahre hinaus verzögern, denn die Öl- und Autokonzerne werden sich einer solchen Unsicherheit nicht stellen. Die Schaffung einer flächendeckenden Wasserstoffversorgung ist heute mit unüberschaubaren wirtschaftlichen Risiken verbunden. Erst nach Ausschöpfung aller Sparpotenziale im Gebäudebereich wird es zu einer echten Verknappung der fossilen Energieträger kommen.

Die vorgetragenen Kostenargumente kann man auch auf Kraftfahrzeuge übertragen. In einer von Elektrizität dominierten nachhaltigen Energiewirtschaft werden Elektroautos sehr attraktiv sein, denn pro Energieeinheit kostet Strom aus der Steckdose in der eigenen Garage nur halb so viel wie Wasserstoff an der Tankstelle. Elektromobile sind darüber hinaus sehr effizient. Etwa 80% der an der Steckdose "getankten" elektrischen Energie werden den Rädern zugeführt. Im Brennstoffzellen-Fahrzeug wird der doppelt so teure Wasserstoff jedoch nur mit einem Tank-Rad-Wirkungsgrad von etwa 40% genutzt. Für die gleiche Strecke benötigt ein mit Wasserstoff-Brennstoffzelle ausgestattetes Fahrzeug etwa viermal mehr regenerativen Strom als ein Elektrofahrzeug, bzw. verursacht viermal höhere Kosten. Wiederum hat der Verbraucher die Wahl. Für kurze Fahrten zur Arbeit wird er sich wahrscheinlich in ein Elektroauto setzen. Auch für längere Distanzen wird er dem reinen Wasserstoffauto ein Hybridfahrzeug vorziehen, das im Stadtverkehr ebenfalls im Batteriebetrieb bewegt werden kann. Für grössere Distanzen jedoch bieten synthetische, aus Biomasse hergestellte, flüssige Kohlenwasserstoffe gegenüber komprimiertem oder verflüssigtem Wasserstoff wesentliche Vorteile. Bei vergleichbar niedriger Umweltbelastung bieten synthetische Flüssigkraftstoffe höhere Energiedichten, bessere Handhabbarkeit und grössere Sicherheit. Auch dürften synthetische Flüssigbrennstoffe wesentlich billiger angeboten werden als der ebenfalls synthetisch erzeugte Wasserstoff. Die Notwendigkeit für eine schnelle Einführung des Wasserstoffs im Verkehrsbereich ist nicht erkennbar.

Der Übergang von der heutigen, vom Erdöl dominierten zur nachhaltigen, vom Naturstrom geprägten Energiewirtschaft basiert also nicht auf einer einfachen Substitution fossiler Energieträger durch synthetischen Wasserstoff. Vielmehr muss man sich auf komplexe Veränderungen in allen Bereichen der Energieerzeugung, Energieverteilung und Energienutzung vorbereiten. Heute sind etwa 80% der vermarkteten Energie fossilen Ursprungs. Lediglich 20% stammen aus physikalischen Quellen (Wasserkraft, Kernenergie, Windenergie usw.) und werden als elektrische Energie angeboten. In einer nachhaltigen Energiewirtschaft wird sich diese Relation kehren. 80% werden als Strom gewonnen, aber nur 20% stehen in chemisch gebundener Form zur Verfügung. Während heute Erdgas und Erdöl preisbestimmend sind, wird es in Zukunft der Strom sein. Heute richtet sich der Strompreis nach dem Gaspreis. Wegen der unabdingbaren Verluste der thermischen Energiewandlung ist Strom, bezogen auf den Energieinhalt, deshalb immer teurer als Erdgas. In Zukunft wird der Strompreis die "Leitwährung" bilden. Der aus Strom gewonnene Wasserstoff muss deshalb immer teurer sein als die regenerativ erzeugte Elektrizität. Daran lässt sich nicht rütteln. Physikalische Gesetze lassen sich nun einmal auch mit grösstem Forschungsaufwand, demokratischen Voten oder politische Entscheidungen nicht verändern.

Die Darstellung der wesentlichen energetischen und ökonomischen Elemente einer nachhaltigen Energiewirtschaft verdeutlicht, dass auch in Zukunft synthetischer Wasserstoff keine wichtige Rolle spielen kann. Es gibt stets bessere Lösungen, die sich durchsetzen werden. Auch in Bezug auf Umweltfreundlichkeit sind elektrischer Strom und aus Biomasse gewonnene Flüssigkraftstoffe ebenso sauber wie Wasserstoff. Im Gegenteil, wegen der Ineffizienz der Wasserstoffkette müsste man zur Bereitstellung der benötigten Endenergie viermal mehr regenerative Kraftwerksanlagen errichten als bei einer Stromverteilung mittels Elektronen. Umweltschützer beklagen sich heute bereits über die Veränderung des Landschaftsbildes durch Windkraftanlagen. Woher soll die Energie für die Erzeugung des Wasserstoffs kommen? Eine quantifizierte Antwort auf diese Frage haben die Befürworter der Wasserstoffwirtschaft bisher noch nicht geliefert.

Aber welche Rolle spielen Brennstoffzellen in einer nachhaltigen Energiezukunft? Wir benötigen Brennstoffzellen heute für die effiziente und saubere Umwandlung von fossilen Energieträgern in elektrischen Strom. Hierfür eignen sich vor allem die Hochtemperaturzellen. Bei anderen Zellen muss Wasserstoff auf chemischem Wege aus Erdgas gewonnen werden. Für alle Brennstoffzellen könnte Äthanol als Standard-Brennstoff dienen, denn dieser Biokraftstoff lässt sich ohne grossen Aufwand mit allen Brennstoffzellen in Strom verwandeln.

Die Existenz von Brennstoffzellen, die nur mit reinem Wasserstoff zu betreiben sind, sollte jedoch nicht als Rechtfertigung für eine übereilte Einführung der Wasserstoffwirtschaft missbraucht werden. Brennstoffzellen für den praktischen Einsatz benötigen keinen Wasserstoff. Die Wasserstoff-Wirtschaft wird kommen, wenn sie allgemein gebraucht wird, nicht weil einige Aktivisten sie lautstark wünschen. Die hier vorgetragenen Argumente dürften jedoch verdeutlichen, dass Energie weder heute noch in ferner Zukunft als Wasserstoff verteilt werden muss.

Über den Autor

Ulf Bossel ist Initiator und Organisator des European Fuel Cell Forum. Er hat an der ETH Zürich Maschinenbau studiert und seinen Doktor an der Universität von Kalifornien in Berkeley erworben. Seit 1973 befasst er sich mit rationeller Energienutzung und erneuerbaren Energiequellen. Seit 1987 ist er auf dem Gebiet der Brennstoffzellen tätig.