BOKU-Energiecluster Factsheet Nr. 04/2023

Grüner Wasserstoff

Wichtiger Beitrag, aber kein Allheilmittel für die Energiewende

Michael Narodoslawsky
Institut für Prozess und Partikeltechnik TU Graz

Grüner Wasserstoff wird von großen Teilen der Wirtschaft und der Politik als Allheilmittel der Energiewende hochgejubelt. Besonders attraktiv ist dabei einerseits, dass Wasserstoff durch Nutzung von Sonnenenergie bereitgestellt werden kann und andererseits, dass es sich um einen speicherbaren und transportierbaren Energieträger handelt. Damit wird die Erwartung verbunden, sowohl das bisherige Konsumverhalten beibehalten zu können als auch die derzeitige Infrastruktur der Erdgasleitungen zu nutzen. Diese Erwartung ist jedoch auf Grund der geringen Effizienz der Wasserstoff-Wertschöpfungskette nicht erfüllbar. Wasserstoff wird damit in einem nachhaltigen Energie- und Ressourcensystem eine wichtige, aber untergeordnete Rolle spielen.

Wasserstoff und seine Verwendung in einer nachhaltigen Wirtschaft

Wasserstoff stellt einen Energieträger mit hohem Energieinhalt pro Masseneinheit (33 kWh/kg) dar. Er kann aus Wasser mit Hilfe von Elektrizität gewonnen werden und in Brennstoffzellen wieder zur Bereitstellung von elektrischer Energie verwendet werden. In diesem Fall ist Wasserstoff ein Speichermedium für Strom, der aus erneuerbaren Quellen gewonnen wird. Der Vorteil besteht dann darin, dass Überschussstrom aus intermittierenden Quellen (Photovoltaik, Windkraft) in einem stofflichen Energiespeicher „zwischengelagert" werden und dann zur gewünschten Zeit und am gewünschten Ort, unabhängig vom Zeitprofil der Bereitstellung, genutzt werden kann.

Neben der Verwendung als Energiespeicher kann Wasserstoff aber auch stofflich genutzt werden. Hier kann er in vielen Bereichen fossile Ressourcen, wie etwa Kohl/Koks oder Erdgas in der Stahlerzeugung oder Erdöl und Erdgas in der chemischen Industrie, ersetzen und damit wesentlich zur Dekarbonisierung der Wirtschaft beitragen.

Schließlich kann Wasserstoff auch mit Kohlendioxid, das entweder aus erneuerbaren Quellen (Biomassenutzung) oder als Nebenprodukt industrieller Prozesse (etwa der Zementherstellung) stammt, zu e-Fuels verarbeitet werden. Diese synthetischen, meist flüssigen, Kohlenwasserstoffe sind leicht speicher- und transportierbar und können in jenen Bereichen des Transportwesens, in denen eine direkte Elektrifizierung schwerer möglich ist (Luftfahrt, Schiffsverkehr) als Ersatz für derzeitig fossil basierte Kraftstoffe eingesetzt werden.

Konkurrenz der Grüner Wasserstoff- und der Elektrizitäts-Wertschöpfungskette

Die Wertschöpfungskette für Grünen Wasserstoff beginnt mit der Erzeugung von Wasserstoff in der Elektrolyse unter Nutzung von Elektrizität aus erneuerbaren Quellen (Photovoltaik oder Windkraft). Dieser Schritt ist mit einem energetischen Wirkungsgrad zwischen 60 und 70 % (BDEW, 2020) verbunden. Dieser Wirkungsgrad kann bei Wärmerückgewinnung noch bis 85 % gesteigert werden, wobei dann aber ein Teil der Energie als Wärmeenergie anfällt und nicht in Wasserstoff gespeichert werden kann.

Da Wasserstoff zwar einen hohen Energieinhalt pro Masse, als leichtes Gas aber eine sehr geringe Energiedichte aufweist, muss er hoch (auf etwa 700 – 1.000 bar) komprimiert werden, um ihn sinnvoll zu lagern und transportieren. Als Richtwert der dazu nötigen Energie können 13 % des Heizwertes des Wasserstoff angenommen werden (Joanneum Research, 2009).

Schließlich wird der Wasserstoff in einer Brennstoffzelle wieder zur Bereitstellung von elektrischer Energie verwendet. Auch dieser Schritt ist mit einem erheblichen Wirkungsgradverlust (vgl. SFC-Energy o.J.) von etwa 32-37 % (PEM Brennstoffzellen, Verwendung z.B. im Pkw) bzw. 33-60 % (SOFC Brennstoffzellen im stationären Betrieb) verbunden. Der Gesamtwirkungsgrad für die Speicherung von Elektrizität der Kette liegt daher zwischen 17 und 37 % (siehe Abb. 1).

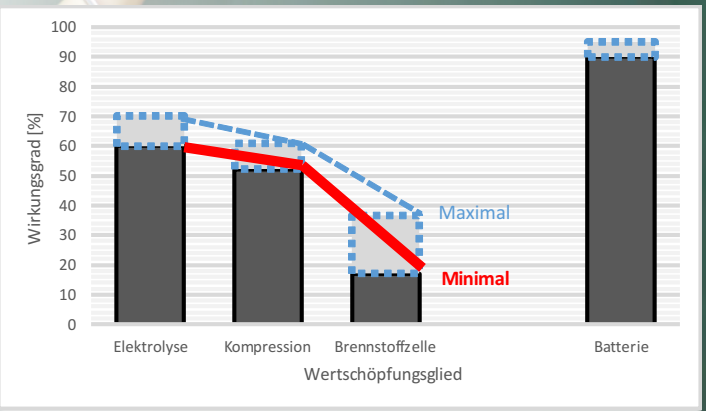

Abb.1: Wirkungsgrad der Speicherung von Elektrizität entlang der Wasserstoff Wertschöpfungskette im Vergleich zur Batteriespeicherung (eigene Darstellung, Datenquellen siehe Text).

Veränderte Leistungsfluktuationen

Wasserstoff kann auch aus erneuerbaren biogenen Quellen erzeugt werden. Dabei ist zu bedenken, dass biogene Ressourcen (z.B. minderwertiges Holz, Erntereste oder biogene Nebenprodukte aus Industrie und Landwirtschaft) für sich bereits speicherbar sind. Der grundsätzliche Vorteil der Nutzung von Überschussstrom zur Herstellung eines speicherbaren Energieträgers entfällt somit. Generell können zwei unterschiedliche Verfahrenswege unterschieden werden:

- Die Vergasung von „trockener" Biomasse (z.B. minderwertiges Holz) und die
- Herstellung über Vergärung von „feuchter" Biomasse (z.B. Gülle oder Grassilage)

In beiden Fällen kann alternativ zu Wasserstoff Biomethan hergestellt werden. Biomethan ist ebenfalls ein vielseitig verwendbarer Energieträger, der sowohl als Kraftstoff als auch zur Bereitstellung von Strom und Wärme verwendet werden kann. Ebenso kann es zur Herstellung von e-Fuels und als Rohstoff in vielen Bereichen der Industrie eingesetzt werden, wo er fossile Einsatzstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas ersetzen kann. Biomethan steht daher in den meisten Anwendungen in direkter Konkurrenz zu Wasserstoff. Vorteilhaft für Biomethan ist dabei einerseits die unbeschränkte Nutzung der vorhandenen Infrastruktur, die zur Verteilung von (chemisch identem) Erdgas bereits ausgebaut ist. Ein weiterer Vorteil ist der weitaus geringere Energiebedarf bei der Kompression, der weniger als ein Viertel jenes für Wasserstoff bei gleichem Druckniveau beträgt. Der Vergleich in der Folge wird daher immer auf den Heizwert des gewonnen Energieträgers bezogen.

Die Vergasung „trockener" Rohstoffe kann verfahrenstechnisch so gestaltet werden, dass entweder Methan oder Wasserstoff als Produkt entsteht. Dabei entsteht nach (Lichtscheidl et al. 2012) bei auf optimale Wasserstoff Produktion ausgerichteter Biomassevergasung aus 1 kg Waldhackgut Wasserstoff mit etwa 1,66 kWh Heizwert. Nach Informationen des Österreichischen Biomasseverbandes (Biomasseverband 2020) kann aus 1 kg Waldhackgut Biomethan mit einem Heizwert von 1,59 kWh gewonnen werden. Diese beiden Erträge sind also in derselben Größenordnung, eine Entscheidung, welcher vorteilhafter ist, muss daher auf der Basis der weiteren Logistik und der Endverwendung erfolgen.

Anders ist die Situation bei der Vergärung „nasser" Biomassen. Hier entsteht aus der Vergärung Biomethan und Kohlendioxid. Um Wasserstoff zu gewinnen, muss das Biomethan weiterverarbeitet werden, was zu Verlusten führt. Nach Angaben der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft (BLfL o.J.) entsteht etwa aus 1 t Gülle (Frischmasse) Biomethan mit einem Heizwert von 110,77 kWh. Berechnet man die Ausbeute der Dampfreformierung von Wasserstoff aus dem Rohbiogas nach Daten des Deutschen Biomasse Forschungszentrums (DBFZ 2022) so erhält man aus der gleichen Menge Rindergülle nur Wasserstoff mit nur einem Heizwert von minimal 23,6 und maximal 43,6 kWh. Damit kann um zwischen 2,5 und 4,5mal mehr Energie genutzt werden, wenn Biomethan statt Wasserstoff aus einem biogenen Rohstoff über Fermentation gewonnen wird (siehe Abb. 2).

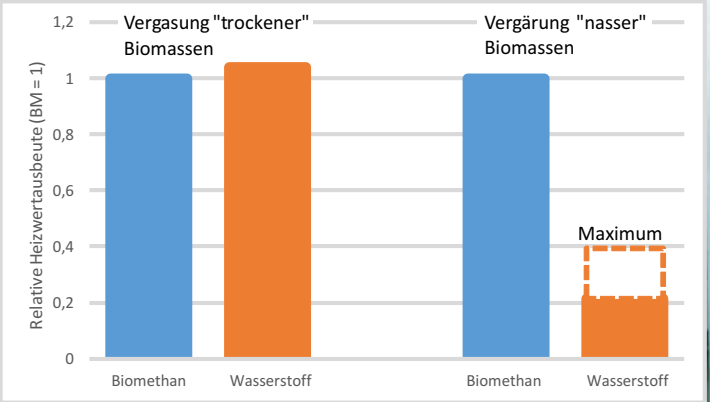

Abb. 2: Vergleich der Heizwertausbeute zwischen BM und Wasserstoff für Vergasung „trockener Biomassen und Vergärung „nasser" Biomassen (eigene Darstellung, Daten siehe Text)

Schlussbotschaft

Wasserstoff stellt einen wichtigen Pfeiler der Energiewende dar. Der Fokus muss dabei aber auf der stofflichen Nutzung in der Industrie und in der direkten Nutzung oder der Nutzung von auf Wasserstoff basierenden e-Fuels in Bereichen des Verkehrs, die nicht elektrifiziert werden können, liegen. Ein Einsatz von Wasserstoff oder e-Fuels im Individualverkehr oder zur Wärmebereitstellung verbietet sich aus Effizienzgründen.

Referenzen

Impressum:
BOKU-Energiecluster, Universität für Bodenkultur Wien

Koordination:
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gernot Stöglehner
Peter-Jordan Straße 82, A-1190 Wien

energiecluster@boku.ac.at
https://boku.ac.at/boku-energiecluster

Stand: Oktober 2023
ISSN 2791-4143 (Online)
DOI 10.5281/zenodo.10257199