

Es ist unwahrscheinlich, dass Wasserstoff jemals eine brauchbare Lösung für das Energie-Speicherproblem sein wird

geschrieben von Chris Frey | 18. Juni 2022

[Francis Menton](#), [MANHATTAN CONTRARIAN](#)

Das, was ich als „Energiespeicherproblem“ bezeichne, ist das offensichtliche, aber weitgehend unerkannte Problem, dass Strom, der durch intermittierende erneuerbare Energien wie Wind und Sonne erzeugt wird, ein Stromnetz nicht am Laufen halten kann, ohne dass ein Verfahren zur Energiespeicherung vorhanden ist, um die Nachfrage in Zeiten geringer Produktion zu decken. Diese Zeiten geringer Stromerzeugung aus Wind und Sonne treten regelmäßig auf – zum Beispiel in windstillen Nächten – und können bei starker Bewölkung und Windstille im Winter eine Woche oder noch viel länger dauern.

Wenn geplant ist, die gesamten Vereinigten Staaten mit Wind- und Solaranlagen zu versorgen, und wenn wir davon ausgehen, dass Wind- und Solaranlagen in ausreichender Zahl gebaut werden, um die Energie zu erzeugen, die im Laufe eines Jahres verbraucht wird, müssen wir berechnen, wie viel Speicherkapazität erforderlich ist, um die Zeiten mit überschüssiger Produktion mit denen mit unzureichender Produktion auszugleichen, um das Jahr ohne Stromausfälle zu überstehen. Die Herausforderung, ein ganzes Jahr zu überstehen, könnte weitaus mehr Speicher erfordern als die Überwindung einer einwöchigen Wind-/Sonnenflaute, denn sowohl Wind als auch Sonne sind saisonabhängig und erzeugen in manchen Jahreszeiten viel mehr als in anderen.

In früheren Beiträgen in diesem Blog wurde auf mehrere kompetente Berechnungen der Speichermenge verwiesen, die in verschiedenen Ländern benötigt wird, um ein ganzes Jahr lang nur mit Wind und Sonne Strom zu erzeugen. Für die gesamten Vereinigten Staaten beschreibt dieser [Beitrag](#) vom Januar 2022 die Arbeit von Ken Gregory, der auf der Grundlage des derzeitigen Stromverbrauchs einen Speicherbedarf von etwa 250.000 GWh für ein ganzes Jahr errechnet. Geht man dann davon aus, dass im Rahmen des Dekarbonisierungsprojekts alle derzeit nicht elektrifizierten Wirtschaftssektoren (Verkehr, Hausbrand, Industrie, Landwirtschaft usw.) elektrifiziert werden, würde sich der Speicherbedarf ungefähr verdreifachen, auf 750.000 GWh. Wenn dieser Speicherbedarf durch Batterien gedeckt werden soll und wir die benötigte Speichermenge zum Preis der besten derzeit erhältlichen Batterien (Lithium-Ionen-Batterien vom Typ Tesla) ansetzen, ergeben sich Vorab-Kapitalkosten im Bereich von Hunderten von Billionen Dollar. Allein diese Kosten würden ein

Vielfaches des gesamten BIP der USA ausmachen und das gesamte Dekarbonisierungsprojekt unmöglich machen. Hinzu kommt, dass Lithium-Ionen-Batterien (und alle anderen derzeit erhältlichen Batterien) nicht in der Lage sind, Energie über Monate hinweg zu speichern, z. B. vom Sommer bis zum Winter, ohne dass es zu Verlusten kommt, und sich dann im Laufe weiterer Monate zu entladen. **Mit anderen Worten: Die Fantasie einer ausschließlich durch Batterien gestützten Wind-/Solarenergiewirtschaft ist dazu verdammt, schnell gegen eine undurchdringliche Wand zu laufen.**

[Hervorhebung vom Übersetzer]

Gibt es also einen anderen Ansatz zur Dekarbonisierung, der funktionieren könnte? Da die Kernkraft von denselben Umweltschützern blockiert wird, die sich gegen jede Nutzung fossiler Brennstoffe aussprechen, gibt es nur wenige Optionen. Am plausibelsten wäre es, Wasserstoff als Speichermedium zu verwenden, um die zufälligen Schwankungen der Stromerzeugung aus Wind und Sonne auszugleichen.

Es ist ja nicht so, dass bisher noch niemand daran gedacht hätte. Für Politiker und Aktivisten, die frei über theoretische Lösungen schwadronieren können, ohne sich über praktische Hindernisse oder Kosten Gedanken machen zu müssen, scheint es in der Tat so, als könnte es nicht einfacher sein. Mit Wasserstoff kann man den Kohlenstoff komplett aus dem Energiekreislauf herausnehmen: Man stellt den Wasserstoff aus Wasser her, speichert ihn, bis man ihn braucht, und verbrennt ihn bei Bedarf, um Energie zu erzeugen, wobei nur Wasser als Nebenprodukt anfällt.

Im Jahre 2003 schlug der damalige Präsident George W. Bush in seiner [Rede](#) zur Lage der Nation genau ein solches System vor:

In seiner Rede zur Lage der Nation 2003 rief Präsident Bush seine Wasserstoff-Kraftstoff-Initiative ins Leben. Ziel dieser Initiative ist die Zusammenarbeit mit dem Privatsektor, um die für eine Wasserstoffwirtschaft erforderliche Forschung und Entwicklung zu beschleunigen. Die Wasserstoff-Kraftstoff-Initiative des Präsidenten und die FreedomCAR-Partnerschaft stellen fast 1,72 Milliarden Dollar für die Entwicklung von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen, Technologien zur Wasserstoff-Infrastruktur und fortschrittlichen Automobiltechnologien bereit. Die Initiative des Präsidenten wird die Kommerzialisierung von Brennstoffzellenfahrzeugen im Zeitrahmen von 2020 ermöglichen.

Brennstoffzellenautos (d. h. mit Wasserstoff betriebene Autos) bis 2020. Nichts Besonderes!

Vielleicht ist Ihnen noch nicht aufgefallen, dass hier im Jahr 2022 eine große Anzahl von wasserstoffbetriebenen Autos auf den Straßen unterwegs sein wird. Wie steht es um das Projekt, den Wasserstoff durch ein kohlenstofffreies Elektrolyseverfahren aus Wasser zu erzeugen (manchmal auch als „grüner Wasserstoff“ bezeichnet)? [Dies](#) ist aus dem JP Morgan

Wealth Management 2022 Annual Energy Paper (Seite 39):

Die derzeitige Produktion von grünem Wasserstoff ist vernachlässigbar. ...

Die Lösung scheint so furchtbar offensichtlich zu sein, und doch tut sie niemand. Was ist nur los mit allen?

Die Antwort lautet kurz gefasst, dass Wasserstoff in Form eines freien Gases viel teurer in der Herstellung ist als das gute alte Erdgas (auch bekannt als Methan oder CH₄), und wenn man ihn einmal hat, ist er in jeder Hinsicht dem Erdgas als Brennstoff für den Betrieb des Energiesystems unterlegen (abgesehen von der Frage der Kohlenstoffemissionen, falls man diese für ein Problem hält). Wasserstoff ist viel schwieriger und kostspieliger zu transportieren, zu lagern und zu handhaben als Erdgas. Er ist viel gefährlicher und kann explodieren. Er hat eine viel geringere Volumendichte, was ihn vor allem für Transportanwendungen wie Autos und Flugzeuge weniger geeignet macht.

Und natürlich gibt es kein groß angelegtes Demonstrationsprojekt, das zeigen würde, wie ein wasserstoffbasiertes Energiesystem funktionieren würde oder wie viel es kosten würde, wenn man alle Extras und derzeitigen Unbekannten nicht nur für die Produktion, sondern auch für den Transport und die sichere Handhabung von Wasserstoff berücksichtigt.

Hier sind nur einige der Fragen, die sich bei der Betrachtung von Wasserstoff als Weg zur Dekarbonisierung stellen:

● **Kosten von „grünem“ Wasserstoff im Vergleich zu Erdgas:** In den letzten Jahren, d.h. vor den letzten Monaten, lagen die [Erdgaspreise](#) in den USA zwischen 2 und 6 \$ pro Million BTUs. Der Preisanstieg der letzten Monate hat den Erdgaspreis auf etwa 9 \$/MMBTUs ansteigen lassen. Laut diesem [Artikel](#) von Seeking Alpha vom Dezember 2020 liegt der Preis für „grünen“ Wasserstoff, der durch Elektrolyse von Wasser hergestellt wird, im Bereich von 4 bis 6 \$ pro kg, was laut Seeking Alpha 32 bis 48 \$ pro MMBTU entspricht. Mit anderen Worten: Selbst nach dem jüngsten drastischen Anstieg der Erdgaspreise ist Erdgas immer noch drei- bis fünfmal billiger zu haben als „grüner“ Wasserstoff. Manche sagen für die Zukunft einen dramatischen Preiserückgang für „grünen“ Wasserstoff und einen weiteren Preisanstieg für Erdgas voraus. Das mag sein. Aber bei den derzeitigen Preisen oder in der Nähe davon wird niemand in größerem Umfang „grünen“ Wasserstoff als Reservekraftstoff für intermittierende erneuerbare Energien kaufen; und ohne Käufer wird niemand große Mengen dieses Stoffes produzieren.

● **Wie viel Überbau an Sonnen-/Windkraftkapazität wäre erforderlich, um „grünen“ Wasserstoff zu erzeugen?** Es wären wahrhaft atemberaubende Mengen an zusätzlichen Sonnenkollektoren und/oder Windturbinen erforderlich, um genügend „grünen“ Wasserstoff zu erzeugen, um ein Netz, das hauptsächlich von Sonne und Wind gespeist wird, sinnvoll zu stützen. Der Artikel von Seeking Alpha enthält Berechnungen darüber, wie viel Nennkapazität an Solarmodulen erforderlich wäre, um genug „grünen“

Wasserstoff zu produzieren, um nur einen kleinen GE-Turbinengenerator (288 MW) zu betreiben. Die Antwort ist, dass die Nennkapazität der Solarmodule fast das Zehnfache der Kapazität der Anlage betragen würde, die den Wasserstoff verwenden würde: „Nehmen wir die weit verbreitete GE 9F.04 Gasturbine, die 288 MW Leistung erzeugt. Mit 100 % Wasserstoff als Brennstoff würde diese Turbine nach Angaben von GE etwa 9,3 Millionen CF oder 22.400 kg Wasserstoff pro Stunde verbrauchen. Bei einem Wirkungsgrad der Elektrolyse von 80 % und Energiekosten von 49,3 kWh/kg würde die Herstellung dieses Wasserstoffvorrats für eine Stunde 1.104 MWh Strom für die Elektrolyse erfordern. Die Erzeugung des Wasserstoffs für den Betrieb der Turbine für 12 Stunden (~ von der Abenddämmerung bis zum Sonnenaufgang) würde 12 x 1.104 MWh, also 13,2 GWh erfordern. Bei einem typischen Solarkapazitätsfaktor von 20 % würde dies etwa 2,6 GW Nennkapazität an Solarenergie erfordern, die für die Erzeugung des Wasserstoffs zum Betrieb des 288-MW-Generators über Nacht eingesetzt werden“. Angesichts der enormen Verluste bei der Herstellung des Wasserstoffs und der anschließenden Rückverstromung ist es fast unmöglich, sich vorzustellen, dass dieses Verfahren jemals mit der Verbrennung von Erdgas konkurrenzfähig sein könnte.

● **Um genügend „grünen“ Wasserstoff für die Stromversorgung des Landes zu gewinnen, muss der Ozean elektrolysiert werden.** Der Ozean ist als Wasserquelle praktisch unendlich, aber die Süßwasservorräte sind begrenzt. Wenn man Salzwasser elektrolysiert, erhält man große Mengen an hochgiftigem Chlor. Es gibt Leute, die an Lösungen für dieses gigantische Problem arbeiten, aber bis jetzt befindet sich alles noch im Laborstadium. Die Mehrkosten für die Gewinnung von „grünem“ Wasserstoff aus dem Meer sind ein absolutes Luftschloss.

● **Wasserstoff hat eine viel geringere Energiedichte als Benzin.** Für viele Zwecke, insbesondere für die Verwendung als Kraftstoff im Verkehr, ist es von großer Bedeutung, dass Wasserstoff eine viel geringere Volumendichte als Benzin hat. Sogar flüssiger Wasserstoff hat eine Energiedichte, die nur ein Viertel der von Benzin beträgt (8 MJ/L gegenüber 32 MJ/L), was bedeutet, dass der Kraftstofftank viel größer sein muss; und flüssiger Wasserstoff muss bei der lächerlich niedrigen Temperatur von -253 Grad Celsius aufbewahrt werden. Alternativ kann man das Gas auch komprimieren, aber dann ist die Energiedichte etwa zehnmal geringer. Sowohl die Komprimierung des Gases als auch die Umwandlung in Flüssigkeit erfordern große Mengen an zusätzlicher Energie, was zusätzliche Kosten bedeutet, die in den Berechnungen noch nicht berücksichtigt wurden.

● **Wasserstoff macht Stahlpipelines spröde.** Wasserstoff ist viel schwieriger zu transportieren und zu handhaben als Erdgas. Die meisten bestehenden Gaspipelines bestehen aus Stahl, und Wasserstoff hat eine Auswirkung auf den Stahl, die als „Versprödung“ bezeichnet wird und dazu führt, dass die Rohre mit der Zeit Risse und Lecks bekommen. Risse und Lecks können zu Explosionen führen. Außerdem können bestehende Erdgasleitungen aufgrund der volumetrischen Energiedichte weit weniger

Energie transportieren, wenn sie für den Transport von Wasserstoff verwendet werden.

Ich weiß nicht, wie viel mehr unsere Energie kosten würde, wenn wir uns von allen Kohlenwasserstoffen verabschieden und auf Wind- und Solarenergie umsteigen würden, die durch „grünen“ Wasserstoff unterstützt wird – und das weiß auch niemand sonst. Ich schätze, dass sich die Gesamtkosten für Energie um etwa das Fünf- bis Zehnfache erhöhen würden.

Der ganze Beitrag steht [hier](#).

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2022/06/14/hydrogen-is-unlikely-ever-to-be-a-viable-solution-to-the-energy-storage-conundrum/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE