

## **Der weitere Weg der Stromgesellschaft.**

### **Wo werden gasförmige Sekundärenergieträger benötigt?**

**Überlegungen von Gerd Eisenbeiß, 22. Mai 2020**

Es gibt einige Anregungen, aber auch Aufregungen zu diesem Essay. Da war z.B. die Äußerung von Wasserstoff-Freunden, man könne doch die PV-Anlagen, die jetzt nach und nach aus der Förderung fallen, zur Wasserstoff-Erzeugung nutzen. Oder prominenter: Wasserstoff sei das neue Öl, so die Forschungsministerin. Oder fast philosophisch, Wasserstoff sei das Schlüsselement für Energiewende und Nachhaltigkeit. Bei all diesen Äußerungen wird übergangen, dass erneuerbarer Strom die Basis sein muss und daraus gewonnener Wasserstoff logischer Weise pro Energieeinheit teurer sein muss als dieser primäre Strom - sowohl wegen der Umwandungsverluste wie auch wegen der zusätzlichen Investitionen.

Die **Unterschätzung des Stroms und die Überschätzung des Wasserstoffs** könnten damit zusammenhängen, dass Strom traditionell als Sekundär-Energieträger und Gas als Primär-Energieträger gilt. In der Welt der Nachhaltigkeit ist es aber umgekehrt: Strom aus Sonne und Wind ist Primär- und Wasserstoff Sekundär-Energieträger; nicht Strom wird unter erheblichen Verlusten aus Gas produziert, sondern Gas aus Strom! Thermodynamisch ist zudem Strom die höherwertige Energieform, weil sie reine Arbeitsfähigkeit (Exergie) darstellt, ein Gas dagegen „nur“ chemische Bindungsenergie.

Die Nachhaltigkeit unserer Energieversorgung entscheidet sich bei der CO<sub>2</sub>-freien und nicht-nuklearen Stromversorgung. Das ist keine Absage an Solar- oder Erdwärme, die da und dort zur Wärmeversorgung beitragen kann, und schon gar keine Absage an die notwendige Effizienzsteigerung bei jeglichem Energieverbrauch.

Es ist aber schwer vorstellbar, dass Industrie, Verkehr, Kleinverbrauch und sogar die Restwärmeversorgung energieeffizienter Gebäude nicht auf elektrischem Strom beruhen wird. Und dieser Strom wird in Mitteleuropa aus Sonne und Wind, ein wenig Wasserkraft und Biomasse-Verbrennung hergestellt werden. Mit einem Beitrag der Kernfusion müssen wir uns auf absehbare Zeit nicht beschäftigen.

Alle wissen längst, dass eine solche Stromversorgung aus Sonne und Wind ein **Speicherproblem** hat, das zumindest für den saisonalen Ausgleich Wasserstoff aus Elektrolyse erfordert. Wenn wir bei der Lösung dieses Speicherproblems bleiben, dürfte der Wasserstoff am besten am Ort seiner Erzeugung bleiben, um eben da von Brennstoffzellen oder Gasturbinen in Elektrizität rückverwandelt zu werden. D.h. es erscheint ein Stromversorgungsnetz optimal, das eine jederzeit sichere Versorgung sicherstellen kann, weil es an geeigneten Standorten Einheiten aus Elektrolyseuren, Wasserstoff-Speichern und Rückverstromern unterhält. Dieses Netz muss großflächig gemanagt werden, wobei die Digitalisierung große Hilfe darstellt. Transport von Wasserstoff wird durch diese Speicherlösung nicht nötig. Ein zusätzlicher Vorteil solcher Wasserstoff-Speicher-Zentren ist, dass dann auch der Elektrolyse-Sauerstoff bei der Rückverstromung effizienzverbessernd verwendet werden kann.

Interessant ist auch die Perspektive, dass viele kleinere und kürzerfristige Stabilisierungsaufgaben des Stromnetzes von den auf saisonale Speicherung angelegten Zentren mit erledigt werden können. Teure Klein-Lösungen wie z.B. hausinterne Batterien oder die Netzverbindung von Fahrzeug-Batterien werden damit nicht mehr benötigt, wenn diese Speicherzentren am Netz sind!

Aus diesem Stromnetz werden auch die Wärmepumpen versorgt, die unsere Gebäude heizen und warmes Wasser bereitstellen. Als Wärmespeicher stehen Warmwassertanks zur Verfügung, die mit elektrischen Tauchsiedern nachgeheizt werden können. Wärme-Kraft-Kopplung verliert ihren Sinn, da Strom auch Wärme kann. Es wird eine reine Kostenfrage sein, ob dabei auch Erdwärme oder Solarkollektoren eingesetzt werden - Erdwärme ist allerdings nicht so rein und erneuerbar, wie Sonne und Wind!

**Der Verkehr wird durchgängig elektrisch.** Schienen-Fahrzeuge werden unmittelbar mit Strom betrieben wie bisher, PKW dürfen auf praktikable Batterielösungen hoffen. Busse und andere schwere Nutzfahrzeuge könnten mit Brennstoffzellen betrieben werden, die Wasserstoff-Tankstellen benötigen. Die Erzeugung des benötigten Wasserstoffs geschieht durch Elektrolyse-Anlagen, die ihren Strom aus dem Stromnetz beziehen. Die Betreiber solcher Anlagen sind also Stromkunden wie andere Betriebe auch.

Die erforderliche Tankinfrastruktur kann sehr klein gehalten werden, weil Busse und schwere Nutzfahrzeuge mit wenigen Tankstationen auskommen können.

Grundsätzlich kann der Wasserstoff an diesen Tankstellen erzeugt werden, wo er dann auch auf das erforderliche Druckniveau (800 bar) verdichtet werden müsste. Es ist wiederum eine Frage der Systemkosten, ob zentrale Großelektrolyseur-Stationen Druckflaschen mit Wasserstoff befüllen, die dann mit Lastwagen zu den Tankstationen gebracht werden. Ob das künftig nicht mehr benötigte Erdgasnetz die Tankstellenversorgung übernehmen könnte, scheint mir fraglich - nicht wegen der Umrüstung auf Wasserstoff an sich, sondern wegen des Druckniveaus und der Überdimensionierung des bestehenden Netzes in einer nachhaltigen Zukunft. Jedenfalls erscheint die Vorstellung abwegig, wir müssten das Erdgas durch „grünes“ Gas ersetzen und das Erdgas-Versorgungsnetz bald mit Wasserstoff füllen, da der Wärmemarkt ja mit dem Primärenergieträger (!) Strom bedient werden kann.

Schon vor mehr als 30 Jahren gab es Untersuchungen zu wasserstoff-speichernden organischen Flüssigkeiten, die heute LOHC genannt werden und wegen ihrer Stabilität bei Umgebungsdruck attraktiv erscheinen. Ob beim heutigen Stand der benötigten Materialien und Technologien brauchbare Lösungen gefunden werden, ist eine offene Forschungsfrage.

Unter dem Begriff „**Sektorkopplung**“ werden eine Reihe von Ideen allzu kritiklos diskutiert; z.B. ist keine Notwendigkeit zu erkennen, warum die als Stromspeicher und zur Netzstabilisierung zu betreibenden Anlagen zugleich den Tank-Wasserstoff herstellen sollten, da beide Anwendungen ganz unterschiedliche Betriebsweisen erfordern. Die dem Tank-Wasserstoff dienenden Elektrolyseure sollten nach Möglichkeit mit hohen Betriebsstunden gefahren werden, während die Speicheraufgabe hochgradig intermittierenden Betrieb erfordert. Selbst wenn die Anlagen an einem Ort stehen sollten, um Personalkosten zu sparen, dürften sie getrennt gefahren werden. Auch die ebenfalls weit verbreitete Erwartung, dass PKW-Batterien zur Netzstabilisierung dienen könnten, dürfte auf enge Akzeptanzgrenzen beim Normalbürger stoßen. Solche Strategien werden auch durch die zentralen großen Speicher- und Stabilisierungszentren der Netzbetreiber überflüssig.

Die **Industrie** benötigt an einigen Stellen, z.B. in der Stahlerzeugung, so große Energiemengen (auch Wasserstoff als Reduktionsmittel oder Reaktionspartner), dass ihre Versorgung aus mitteleuropäischen Solar- und Windanlagen neuerdings illusorisch erscheint; der Grund liegt in der Akzeptanzkrise der Windenergie. Die Lösung soll nun der Import großer Energiemengen aus fernen, zumeist kontinentalen Entfernungen bringen. Auch hierbei wird wiederum der erneuerbarer Strom die primäre Energieform sein; zumeist wird an Solarenergie aus arabischen Ländern von Marokko bis Saudi-Arabien gedacht.

Schon vor über 30 Jahren gab es solche Überlegungen, die vor 15 Jahren wieder aufgegriffen wurden. Im Rahmen der französischen Initiative für eine Mittelmeer-Union sollte der **Import von Solar- und Windstrom** aus Nordafrika organisiert werden; die technologische Lösung hieß eindeutig HGÜ, also der Transport durch Hochspannungsgleichstromkabel durchs Mittelmeer. Diese Lösung wurde auch vor 35 Jahren für besser gehalten als eine Wasserstoff-Brücke, obwohl damals die HGÜ noch in der Entwicklung steckte.

Heute scheint man, wer immer das ist, den Wasserstoff-Transport für besser zu halten. Sicher haben Wasserstoff-Pipelines deutlich geringere Transportverluste als HGÜ, andererseits muss der Wasserstoff-Transport die Umwandlungsverluste bei der Elektrolyse überkompensieren. In Mitteleuropa könnte der Importstrom leicht in das Stromnetz eingespeist werden – im Grunde wie der Windstrom von der Nordsee. Wasserstoff müsste unter weiteren Verlusten rückverwandelt werden, wo er nicht als Reduktionsmittel (Stahlindustrie) oder Reaktionspartner (Chemie) unmittelbar eingesetzt wird. Es ist wiederum eine Kostenfrage, ob dieser unabweisbare industrielle Wasserstoffbedarf nicht besser durch standortnahe Elektrolyseure erzeugt werden sollte, die am Stromnetz hängen, das auch aus Arabien via HGÜ gespeist wird.

Wie man es also dreht und wendet, es bleibt hochgradig prioritär, möglichst viel erneuerbaren Strom in Europa zu erzeugen. Deshalb darf es nicht zu einer Stilllegung von Photovoltaik und Windanlagen kommen, die durch **Auslauf der EEG-Förderung** ihr Einspeiseprivileg und damit wahrscheinlich ihre Rentabilität verlieren. Da diese Anlagen gefördert und abgeschrieben sind, kann ihre rechtliche Absicherung mit recht niedrigen

Vergütungssätzen gelingen, die allerdings wie auch die Abnahmepflicht der Netzbetreiber weiterhin gesetzlich geregelt werden müssen; es erscheint sinnvoll, die Vergütungssätze an jenen Preisen zu orientieren, zu denen der Strom neuer Anlagen vermarktet wird. Eine Sonderrolle solcher Anlagen zur Wasserstoff-Produktion erscheint abwegig.

Aus volkswirtschaftlichen Gründen sollte der Staat auch verhindern, dass sich **Batteriesysteme zur Erhöhung des Eigenverbrauchs** verbreiten - und es schon gar **nicht fördern**. Diese dezentralen Investitionen verursachen mit Sicherheit wesentlich höhere Kosten als die weitere Integration solcher Stromerzeuger in das allgemeine Netz, das durch zentrale Speicherzentren (siehe oben) stabilisiert wird. Die Stromversorgung wird so für alle bei weiterer Einspeisung billiger!

Auch eine weitere, mit Wasserstoff verbundene Strategie ist sehr kritisch zu betrachten: die sogenannten **Designer-Kraftstoffe**, die unter hohen Verlusten aus erneuerbarem Strom via Wasserstoff durch Reaktion z.B. mit CO<sub>2</sub> gewonnen werden können. Es erscheint nicht erreichbar, dass man damit dem Verbrennungsmotor eine wirtschaftliche Zukunft sichern kann. Hier ist entscheidend, dass der Staat sich nicht zu Subventionen verführen lässt, die unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten bessere Alternativen unfair verdrängen. Nur beim Luftverkehr, wo eine direkt-elektrische Antriebslösung wohl ausscheidet, ist „grünes Kerosin“ möglicher Weise besser als grüner Wasserstoff.

In all diesen Technologien besteht die Gefahr, dass der Staat durch „fördernde“ Maßnahmen den Wettbewerb zwischen verschiedenen, gleichermaßen CO<sub>2</sub>-freien Wegen verzerrt und die Energiewende so unnötig teuer macht (wie schon bisher). Gerade die Faszination des Wasserstoffs, der viele seit Jules Verne zu erliegen drohen, könnte die Politik zu weiteren solchen Fehlimpulsen verleiten.

Nun ist Deutschland und wohl auch die EU bei der Dekarbonisierung der Stromproduktion wesentlich weiter als bei der Verminderung des Energieverbrauchs; die **unausgewogene Vernachlässigung der Energieeinsparung** gegenüber den erneuerbaren Energien ist eine der eben erwähnten Fehlsteuerungen. Deshalb ist ein hoher Strompreis hilfreich. Das wirft natürlich soziale Problem bei niedrigen Einkommen auf; diese müssen weiterhin flankierend mit der Energiewende beachtet und durch Erhöhung sozialer Einkommensbestandteile gelöst werden; keinesfalls darf der Strompreis selbst für sozial

schwache Haushalte abgesenkt werden. Dass es dabei keine Einzelfallgerechtigkeit geben kann, ist logisch, aber vertretbar.

**Ceterum censeo: wir müssten uns mit vielen Details der Energiewende nicht beschäftigen, wenn wir eine einheitliche Klimaschutzstrategie durch sektorübergreifend einheitliche CO<sub>2</sub>-Preise hätten. Diese würden uns durch Marktentscheidungen zeigen, wie weit Biomasseeinsatz zur Energiegewinnung sinnvoll ist und wo Wasserstoff tatsächlich die bessere Alternative zum direkten Stromeinsatz darstellt.**