

## **Totale Photovoltaik basierte Stromversorgung Deutschlands.**

### **III. Versorgung mit konstantem Solar-Strom, Speicherung und Vernetzung.**

Heiner Eckert, PD Dr. rer. nat.

#### **Einleitung**

Jede Energieform hat ihre spezifischen Merkmale in Versorgung, Anwendung und Effizienz. Gerade hier zeigen sich die anderweitig unerreichbaren Vorzüge einer Strom-basierten Primärenergie-Versorgung. Energie *per se* lässt sich beschreiben als die Masse „freier“ Elektronen in Atomen, meist Metallen, und Molekülen oder als Photonen als Strahlungs-Energie, verbunden über das Planck'sche Wirkungsquantum  $h$  [ $J \cdot s = W \cdot s^2$ ]

$E = h \cdot \nu$  [Ws]      E: Energie [Ws], h: Planck-Konstante [ $W \cdot s^2$ ],  $\nu$ : Frequenz d. Strahlung] [1/s]

Daraus ergibt sich der photo-elektrische Effekt, bei dem aus Materie, wie dotiertem Silizium, durch Photonen der Sonnenstrahlung Elektronen herausgeschlagen werden. Für seine Entdeckung im Jahre 1905 bekam Einstein 1921 den Nobelpreis für Physik und dieser Effekt ist die Grundlage der Photo-Voltaik (PV) und damit der Solar-Energie (über deren optimale technische Erzeugung siehe die beiden vorangegangenen Artikel).

Die Umsetzung des elektrischen Stroms in mechanische Energie verläuft im Elektromotor nahezu quantitativ, >90-99 % (je nach Abwärme) [1]. Im Vergleich dazu sind die Systemwirkungsgrade von Otto- und Dieselmotoren mit 25-30% und Brennstoffzellen basierte Mobilität mit 45 % [2] erheblich geringer.

#### **Strom-Speicher**

Der doch recht umständliche Umweg von  $\langle PV \rightarrow \text{elektrischer Strom} \rightarrow \text{Wasserstoff} \rightarrow \text{Brennstoffzelle} \rightarrow \text{elektrischer Strom} \rightarrow \text{Elektromotor} \rangle$  wird mit dem Wasserstoff als Energiespeicher begründet und ist doch eher unnötig, wenn gleichzeitig immer leistungsfähigere und preiswertere Batterien zur Verfügung stehen, ganz abgesehen vom schlechten Wirkungsgrad. In großtechnischen Anlagen jedoch, bei der Metall- und Zement-Gewinnung könnte Wasserstoff eine bedeutende Rolle bei der  $CO_2$ -Vermeidung spielen. In aufgelassenen Atomkraftwerks-Arealen könnte die stationäre Wasserstoff-Technik sinnvoll eingesetzt werden. Bei allen mobilen Anwendungen des farb- und geruchlosen Gases, wie im Verkehrssektor ist wegen der extremen Explosionsgefahr (Explosionsgrenzen 3-80 %) in geschlossenen Räumen, wie Tiefgaragen und Straßentunneln, der geringen Zündtemperatur (Reibung von Textilien genügt), der hohen Flammgeschwindigkeit (8-mal so hoch, wie bei Erdgas), des Wasserstoff-Hochdruck-Behälters (700 bar!), der fehlenden Wärmeleitfähigkeit der nahezu unsichtbaren Flammen (hoher UV-Strahlungs-Anteil!; kein Hitzeempfinden direkt an der Brandstelle) und der riesigen Explosionswolken [3], Skepsis angebracht. Auch bei leichten Auto-Unfällen werden o.a. Eigenheiten des Wasserstoffs für böse Überraschungen sorgen können!

Die stark unterschiedlichen Stromausbeuten der PV im Tages- und vor allem jahreszeitlichen Zyklus machen Ausgleichsmaßnahmen zur konstanten Strom-Versorgung notwendig. Aus der oben beschriebenen Eigenschaft der „freien“ Elektronen ist die Batterie das systemimmanente optimale und beste Speichermedium für diese. Für mobile Systeme, wie im

Verkehrssektor, sind Lithium-basierte Hochleistungs-Zellen wegen der hohen Leistungsdichte und dem geringen Gewicht praktisch unersetzlich. Die Forschung ist hier weiter voll im Gang mit dem Fokus auf den Typ „Feststoff-Glasbatterie“, die keinen flüssigen Elektrolyten hat und damit eine Brandgefahr minimiert [4]. 1 kg Lithium in einem E-Auto generiert 10 kWh Strom und damit eine Reichweite von ca. 100 km. Im Vergleich von 50 kg Lithium mit sinngemäß 50 kg Benzin oder Diesel eines Verbrenners, ergäbe dies eine Reichweite von ca. 5.000 km. Allein dieser Vergleich ist ein Alleinstellungs-Merkmal für Lithium. Auch für größenordnungsmäßig höhere Leistungen sind bereits Lithium-Batterien auf dem Markt. Die Fa. Tesla erstellte die Giga-Power Anlage mit einem Energieinhalt von **130 MWh** und einer Leistung von **100 MW**. So werden in Australien 30.000 Haushalte mit Strom aus *einer* Anlage versorgt, Bild 1 [5].



**Tesla baut weltweit größten Lithium-Ionen-Speicher für Australien**

07.07.2017 – 12:15 Uhr von Lukas Lauterbach

**Tesla hat den Zuschlag für das weltweit größte Batteriespeicherwerk in Südaustralien bekommen. Die 100 Megawatt starken Akkus können bis zu 30.000 Haushalte mit zuvor gespeichertem Strom versorgen.**

Tesla hat den Zuschlag für das weltweit größte Batteriespeicherwerk in Südaustralien bekommen.

Bild 1 von 1

[f Teilen](#)
[Twittern](#)
[Kommentare](#)

Die Australische Regierung setzt zur Stabilisierung des Stromnetzes auf Stromspeicher der amerikanischen Elektroauto-Firma Tesla. Im Süden des Landes soll eine Speicherstation entstehen, die mit 100 Megawatt Leistung laut Tesla-CEO Elon Musk die größte ihrer Art ist. Das System sei „dreimal so stark wie jedes andere auf der Welt“.

Bild 1: Tesla Giga-Power Anlage mit 130 MWh Energie-Inhalt und 100 MW Leistung.

Nach ca. 10 Jahren ist die Elastizität (Faktor 8-fach) der Hochleistungs-Lithiumbatterie erschöpft, die Speicherfähigkeit aber erhalten geblieben. Diese reicht als Stromspeicher für den Haushalt (Leistung ca. 3 kW) oder andere Anwendungen kleinerer Leistung vollkommen aus. Für reine Speichierzwecke ohne hohe Spitzen-Belastung eignen sich auch Batterien auf Basis der Metalle Natrium, Magnesium und Aluminium, die ausgesprochen häufige und zugängliche Elemente der Erde sind. Insbesondere die Entwicklung der stationären Natrium-Schwefel-Batterie macht große Fortschritte [6]. Ein Mangel an Ressourcen ist deshalb auch in Zukunft überhaupt nicht zu erwarten und andere Verfahren zur Stromspeicherung sind somit generell hinfällig, spezielle Lösungen ausgenommen. Grundsätzlich sind alle Stromspeicher-Lösungen ungünstig, die thermodynamische Verfahren verwenden, da deren Wirkungsgrad kaum über 30 % liegen kann, Grund ist der 2. Hauptsatz der Thermodynamik.

### Vernetzung

Da die Sonne überall auf der gesamten Erde, jedoch zeitversetzt, scheint, drängt sich eine elegante Möglichkeit auf, die Stromversorgung konstant zu gestalten und die *per se* keine Stromspeicher-Funktion benötigt. Eurasien erstreckt sich von der Westküste Spaniens bis zur

Ostküste Japans über 150 Breitengrade, was einer Zeitspanne von **10 Stunden** und einer Entfernung von 12.000 km entspricht. Wenn wir ein Gleichstrom-Kabel von Spanien nach Japan legen und an dessen Rändern PV betreiben würden, könnte jeder Ort auf dieser Strecke seine fiktive Sonnenscheindauer um 10 h verlängern! Das ist enorm, an der Tag- und Nachtgleiche am 22. März und 21. September wären jeweils 22 h (anstatt 12 h) Sonnenschein für die globale PV, aufsummiert resultieren  $100\%:24 \times (24+10) - 100 = 42\%$  mehr Sonnenschein für die PV. In Europa würde dieser zusätzliche Strom aus China die Morgenstunden vollständig auf Mittags-Niveau anheben, während in China die Abendstunden durch Strom aus Europa geglättet werden. Da Gleichstrom-Kabel schon heute über mehrere tausende km Strom transportieren, wäre ein 12.000 km langes Kabel wohl kein technisches Abenteuer, wenn auch eine große Herausforderung. China baut ja gerade die Seidenstraße mit Straßen und Bahn komplett neu, die auch für die Stromtrasse ideal wäre, d.h. die Erschließung für das Gleichstrom-Kabel ist schon passiert, nur mehr die eigentliche Verlegung stünde an. Die Trasse selbst ist natürlich auch ein ideales Gelände für die PV (siehe Total-PV-D-II) und sollte auch ein Band politischer Näherungen werden.

## Referenzen

1. <https://www.pro-physik.de/nachrichten/elektromotoren-specken-ab>
2. <https://www.energieagentur.nrw/brennstoffzelle/brennstoffzelle-wasserstoff-elektromobilitaet/wirkungsgrad>
3. [https://www.fwvbw.de/fileadmin/Downloads/Einsatz\\_Wasserstoffleitfaden.pdf](https://www.fwvbw.de/fileadmin/Downloads/Einsatz_Wasserstoffleitfaden.pdf)
4. M. A. Kraft et al., „Lithium Superionic All-Solid-State Batteries“. *Journal American Chemical Society* **2018**, *140*, 16330-16339.
5. <https://cleantechnica.com/2017/11/23/tesla-completes-worlds-largest-li-ion-battery-129-mwh-energy-storage-facility-south-australia-notfree/>
6. <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/stromspeicher/natrium-schwefel-batterie.html>