



1. Oktober 2011

Dr. Peter Grauer
Präsident des Verwaltungsrates
Gesellschafter

Silicon Fire AG
Naumattalde 11
CH-6045 Meggen

Silicon Fire-Methanol und Silicon Fire-Silizium: Speerspitzen einer neuen regenerativen Energiewirtschaft

Prof. Dr.-Ing. Roland Meyer-Pittroff,
Technische Universität München

1. Verfügbarkeit und Speicherung von Energie

Unsere wichtigsten Energiequellen sind die fossilen Brennstoffe Kohle, Öl und Gas, Müll und Abfälle, die regenerativen Energien, vor allem Wasserkraft, Biomasse, Wind und Sonne, sowie – soweit akzeptiert – die Kernenergie. Trotz großer Förderung der regenerativen Energien in den letzten Jahrzehnten haben in Deutschland 2010 die fossilen Brennstoffe immer noch 78 % des Primär-Energiebedarfes bestritten (regenerative Energien 9,4 %), und dieser Umstand beflügelt Besorgnisse bezüglich der Versorgungssicherheit wegen der Importabhängigkeit und bezüglich der Umweltauswirkungen, insbesondere wegen des Treibhauseffektes durch das bei der Verbrennung freigesetzte Kohlendioxid.

Große Hoffnungsträger für die Zukunft sind Wind- und Sonnenenergie. Das Hauptproblem bei der Nutzung dieser Energien ist deren unregelmäßiger Anfall, denn wie bei allen Bedürfnissen kommt es auch beim Energiebedarf darauf an, nicht irgendwann die benötigte Menge zur Verfügung zu haben, sondern dann, wenn man sie braucht.

Das entscheidende Problem ist die Speicherung der Energie! Die Speicherung der verschiedenen Energiearten (z.B. Wärme-, Bewegungs-, Elektroenergie) ist zwar grundsätzlich mit verschiedenen Methoden möglich (z.B. Wärme-, Schwungrad-, Batteriespeicher), aber sehr teuer und deshalb für große Energiemengen praktisch und wirtschaftlich unrealistisch. Ausnahmen bilden die Speicherung von Lageenergie (Pumpspeicherkraftwerk) und von chemisch gebundener Energie.



Chemische Reaktionen verlaufen meist mit Aufnahme oder Abgabe von Energie. Durch entsprechendes Hintereinanderschalten geeigneter Energie aufnehmender und abgebender Reaktionen lassen sich bezogen auf das Volumen oder die Masse von Stoffen die weitaus größten Energiemengen speichern, wenn von der Kernenergie abgesehen wird. Alle unsere fossilen Brennstoffe enthalten im Verlauf von Jahrtausenden chemisch gespeicherte Sonnenenergie, die durch das Verbrennen wieder freigesetzt wird.

Der gute alte Bleiakku, der als Elektrobatterie in unseren Fahrzeugen vorhanden ist, hat als Elektro Speicher für die meisten Anwendungen immer noch das beste Preis-Leistungs-Verhältnis, speichert aber bezogen auf die Masse nur etwa ein Vierhundertstel der Energie, die bei der Verbrennung von Benzin oder Mineralöl als Wärme freigesetzt wird.

Die Energiespeicherung ist das Hauptproblem der Wind- und Sonnenenergie! Weltweiter derzeitiger Stand der Technik der Nutzung dieser Energien im großen Maßstab ist die Umwandlung in elektrische Energie und deren Einspeisung in das vorhandene elektrische Verbundnetz. Im elektrischen Verbundnetz müssen sich aber in jedem Augenblick Erzeugung und Verbrauch genau die Waage halten, damit die Netzfrequenz innerhalb der sehr geringen vorgeschriebenen Toleranz (0,4 %) konstant bleibt. Das bedeutet, dass für jede Wind- und Solarkraftanlage, die jederzeit ausfallen kann, eine gleich große Reserve- und Regelkapazität im Verbundnetz vorhanden sein muss, die bisher im Wesentlichen aus Wärmekraftwerken mit Dampf- und Gasturbinen besteht, deren Leistung entsprechend angepasst werden kann. Daraus folgt, dass bisher Wind- und Solarkraftanlagen kaum Wärmekraftwerke ersetzen, sondern lediglich dort Brennstoff einsparen.

Mit zunehmendem Anteil von Wind- und Solarkraftanlagen im Verbundnetz wachsen die Probleme der Sicherstellung der Netzstabilität ganz beträchtlich, so dass aktuell sehr ernsthaft die Notwendigkeit neuer, gewaltiger Pumpspeicherkraftwerke und zusätzlicher, ganz Europa umspannender und für sehr große Übertragungsleistungen ausgelegter Stromtrassen diskutiert wird, mit denen Wind-, Solar- und Pumpspeicherstrom, aber auch konventionell erzeugter Strom über ganz Europa verteilt und ausgetauscht werden und damit das Verbundnetz stabilisiert werden kann.



Es stellen sich natürlich die Fragen nach der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit solcher riesiger, bisher nicht vorhandener und bisher auch nicht notwendiger Speicher- und Übertragungsanlagen.

Als Konsequenz ist nachdrücklich die Frage zu stellen, ob es nicht weit bessere, wirtschaftlichere und ökologisch sinnvollere Möglichkeiten der Nutzung von Wind- und Sonnenenergie gibt als deren Einpressen in das Korsett des elektrischen Verbundnetzes, wie es bisher propagiert und praktiziert wird, mit den damit verbundenen enormen Problemen und Kosten.

Ausgehend von der Annahme, dass auch in ferner Zukunft die bisherigen Energiequellen einschließlich der fossilen Brennstoffe zur Deckung der Energiebedürfnisse beitragen werden, wenn auch in stark veränderten Anteilen, sollten zur Stromerzeugung für das elektrische Verbundnetz, das jederzeit den Verbrauchsschwankungen exakt folgen muss, in erster Linie diejenigen zur Verfügung stehenden Energiequellen eingesetzt werden, die eine einfache, Bedarfs gerechte Regelung der Erzeugung ermöglichen und eine möglichst lokale, Verbraucher nahe Erzeugung mit geringen Übertragungsverlusten und -kosten, wobei im Fall von Wärmekraftwerken auch eine Abwärme-Nutzung in Form der rationellen Kraft-Wärme-Kopplung anzustreben ist. Diese Energiequellen sind Wasserkraft, aber vor allem Brennstoffe: fossile, biogene und – soweit akzeptiert – auch nukleare.

Der Einsatz der un stetigen Wind- und Sonnenenergie sollte für solche Anwendungen prädestiniert sein, bei denen die Unstetigkeit eine untergeordnete Rolle spielt, und das sind insbesondere Umwandlungen in chemisch gebundene Energie in Form von einfach speicherbaren und transportablen Brenn- und Kraftstoffen sowie Chemierohstoffen oder neuen, metallischen Energieträgern wie Silicium.

Der jährliche Verbrauch an Otto-Kraftstoff liegt z.B. in Deutschland bei 20 Mio. t und von Diesel-Kraftstoff bei 30 Mio. t. Damit haben diese Kraftstoffe für Fahrzeugantriebe einen Anteil am gesamten deutschen Primärenergiebedarf von ca. 16 %, dessen Substitution durch regenerative Energien auch ein durchaus lohnendes Ziel ist!



2. Silicon-Fire-Methanol als regenerativer, Klima neutraler und speicherbarer Kraftstoff

Der neue Kraftstoff soll regenerativ und Klima neutral sein, als Flüssigkeit leicht speicherbar und handhabbar sein, gute Kraftstoffeigenschaften haben und wirtschaftliche und ökologische Vorteile bieten gegenüber den derzeit als regenerativ angesehenen Kraftstoffen Bioethanol und Biodiesel.

Alle diese Eigenschaften erfüllt der natürliche Stoff Methanol als einfachster Alkohol CH_3OH („Holzgeist“, „Vorlauf“ bei der Alkoholdestillation), der bisher schon als Kraftstoff bewährt ist für hochbelastete Modell- und Fahrzeugrenn-Motoren und als Benzinzusatz. Die Synthese aus Synthesegasen fossiler Herkunft ist seit 1923 industrieller Stand der Technik (heutige Weltjahresproduktion ca. 45 Mio. t).

Nachteil von Methanol ist der nur halbe Heizwert bezogen auf das Volumen im Vergleich zu Benzin; Vorteile sind höhere Klopfestigkeit (Oktanzahl RON = 105 gegenüber 95 von Super Benzin) und größere innere Motorkühlung, dadurch sind wesentlich höhere Leistungen und Wirkungsgrade der Motoren möglich.

Die Idee, Methanol als Motorkraftstoff im großen Stil einzuführen, ist nicht neu. Große entsprechende Regierungsprogramme für fossiles Methanol in USA und Deutschland in den 1980er und 90er Jahren hatten keinen Erfolg wegen der Ablehnung der Fahrzeug- und Mineralölindustrie. Neuen Auftrieb erhielt Methanolkraftstoff u.a. durch das Buch „Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy“ des Nobelpreisträgers George A. Olah 2006 und die Entwicklungen der Schweizer Silicon Fire AG.

Die Silicon Fire AG hat in den letzten Jahren auf der Basis der bekannten Technologien neue und z.T. zum Schutzrecht angemeldete Verfahrenskombinationen entwickelt, die dem regenerativen Silicon-Fire-Methanol gegenüber den anderen als regenerativ angesehenen Kraftstoffen wesentliche Wettbewerbsvorteile bringt.



Energielieferant für das Silicon-Fire-Methanol ist regenerativ hergestellter Wasserstoff H_2 , der dem Stand der Technik entsprechend mit Hilfe von regenerativer elektrischer Energie bisher durch Elektrolyse von Wasser gewonnen wird:



Der Kohlenstoff für die Synthese des Methanols wird nicht, wie bei der bisherigen Herstellung, von fossilen Brennstoffen geliefert, sondern von Kohlendioxid CO_2 , das aus konzentrierten industriellen Quellen gewonnen wird (z.B. Abgase von chemischen Prozessen oder großen Feuerungen, Kalkbrennöfen, CO_2 -Abscheidung aus Erdgas), die das CO_2 sonst in die Atmosphäre emittieren. Später ist auch das Auswaschen von CO_2 aus der Atmosphärenluft technisch möglich, in der es mit zunehmender Tendenz z.Z. zu 385 ppm (0,0385 Vol.-%) enthalten ist.

Damit ist das Silicon-Fire-Methanol regenerativ und CO_2 -neutral.

Die Synthese zu Methanol findet katalytisch in Anlehnung an die bisherige Methanolherstellung in Reaktoren statt, z.B. als Niederdrucksynthese bei 80 bar und 265 °C:



Silicon Fire AG hat eine entsprechende mobile Demonstrationsanlage mit einer Produktionskapazität von 50 L pro Tag entwickelt und seit Herbst 2010 im erfolgreichen Probetrieb. Darauf basierend wurde eine Silicon Fire-Mobilstation mit einer Kapazität von 1000 L/d projiziert, die kurzfristig lieferbar ist. Die Vorprojektierung von industriellen Großanlagen mit Kapazitäten von 3000-5000 t/d ist abgeschlossen.

Die Herstellkosten von Silicon Fire-Methanol können drastisch verringert werden, wenn die Forderung nach 100 % regenerativer Herkunft aufgegeben wird, die auch die konkurrierenden Biokraftstoffe bei weitem nicht erfüllen.

EU-Richtlinien fordern bis 2020 regenerative Energieanteile im Verkehrssektor von 10 %, sehen aber gleichzeitig (gültig bis Ende 2016) für diese regenerativen Anteile ein Treibhausminderungspotential gegenüber den fossilen Kraftstoffen von (nur) 35 % vor.



Damit ergibt sich die Möglichkeit, die oben beschriebene Synthese von regenerativem Methanol zu kombinieren mit der klassischen Methanolsynthese aus fossilem Synthesegas, die dadurch besonders vorteilhaft durchgeführt werden kann, dass der bei der Wasserelektrolyse zur Herstellung des Wasserstoffes frei werdende Sauerstoff in die Synthesegaserzeugung eingebunden wird (zur partiellen Oxidation oder zum autothermen Reformieren des fossilen Brennstoffes).

So kombiniert ergeben sich in Großanlagen (3000 bis 5000 t/d) Kosten für das Silicon Fire-Methanol, die ganz wesentlich unter den Preisen für Bioethanol und Biodiesel liegen.

Um die EU-Forderung nach 10 % regenerativem Anteil bei Otto-Kraftstoff innerhalb der EU durch Zumischung von Silicon Fire-Methanol zu erfüllen, würden davon jährlich ca. 26 Mio. t benötigt bzw. 16 Großanlagen mit jeweils einer Tageskapazität von 5000 t.

3. Silizium als metallischer Energiespeicher

Der Transport von elektrischer Energie über Entfernungen von mehreren 1000 km hinweg ist mit der dafür möglichen Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) mit sehr hohen Kosten und Verlusten verbunden. Eine in vielen Fällen günstigere Möglichkeit des Energietransportes ist die elektrochemische Reduktion eines Metalloxides zum reinen Metall am Ort der Stromproduktion, der Transport des Metalls zum Ort des Energiebedarfes und die Energiegewinnung dort durch Rückoxidation des Metalls zum Ausgangsoxid z.B. zur Gewinnung von Wasserstoff als Energieträger.

Für diesen Energietransport geeignet sind Metalle wie Aluminium und besonders Silizium.

Diese Metalle benötigen eine große spezifische Energie zur Oxidreduktion, die dann bei der Metalloxidation wieder frei gesetzt wird. Sie besitzen außerdem den Vorteil, dass sie ungiftig sind und dass ihre Oberfläche durch eine passivierende Oxidschicht geschützt wird, so dass der Umgang mit den Metallen und ihr Transport gefahrlos sind.



Silizium hat den besonderen Vorteil, dass es als Rohstoff unbegrenzt verfügbar ist. Siliziumoxid SiO_2 ist Quarz(sand); 25,8 Mass.-% der Erdkruste bestehen aus Silizium in Form von Silikaten oder Quarz.

Ein großer Teil des weltweit gehandelten Siliziummetalls wird bereits heute regenerativ erzeugt durch Reduktion von Quarzsand im Lichtbogenofen mit Holzkohle, wobei häufig die Holzkohle aus nachhaltiger Forstwirtschaft und die elektrische Energie aus Wasserkraft stammt.

Für die Synthese von Silicon Fire-Methanol kann der benötigte Wasserstoff vorteilhaft erzeugt werden durch Reduktion von Wasser H_2O mit Hilfe von Silizium Si entsprechend der Summenformel:



wobei als Produkt neben dem Wasserstoff wieder Quarz(sand) entsteht.

Werden dem Ausgangsilizium als Energieinhalt die Reaktionswärme der obigen Reaktion 2 und der Heizwert des entstehenden Wasserstoffes zugeordnet, so ist der Masse bezogene Energieinhalt des Siliziums mit 29 MJ/kg etwa gleich dem von Steinkohle.

Die Reaktion 2 läuft wegen der passivierenden Oxidschicht nicht direkt ab, sondern erst nach Lösung der Oxidschicht z.B. mit einer Lauge. Bereits während des ersten Weltkrieges wurden zur Wasserstofferzeugung für Fesselballone „im Felde“ mobile Schuckert- und Silicol-Anlagen verwendet, in denen die Oxidation des Siliziums zu SiO_2 und die Reduktion des Wassers zu H_2 mit Hilfe wässriger Natronlauge NaOH über Natriumsilikate als Zwischenprodukte verlief.

Die Silicon Fire AG hat auf der Basis der bekannten chemischen Reaktionen eine Silicon Fire-Wasserstoffanlage entwickelt und projiziert, die mit metallischem Silizium oder Ferrosilizium sowie 25 %iger Natronlauge arbeitet, in der über die Bildung von Natriumsilikaten als Endprodukte Wasserstoff und Quarz(sand) entstehen, und die Lauge zurück gewonnen werden kann. Für die Erzeugung von 1 kg Wasserstoff werden dabei ca. 7,6 kg Silizium benötigt.