

# **Ein Weg aus der Abhängigkeit von Erdöl - Nutzbarmachung der Wasserstofftechnik**

Von Prof. Dipl.-Phys. Sigurd Schulien (FH Wiesbaden)

1. Einleitung
2. Moderne Kohletechniken - Kohleverflüssigung
3. Kernenergie - Hochtemperaturreaktor
4. Erneuerbare Energien und Wasserstofftechnik
- 5 Folgerungen

## **1. Einleitung**

Die Lösung der Energiefrage ist eines der wichtigsten technischen und politischen Probleme, das in naher Zukunft angegangen werden muß mit dem Willen zu echten und dauerhaften Lösungen. Die Frage ist sehr komplex und historisch belastet. Da imperiale Ansprüche mit der Energiefrage verknüpft sind, ist die Diskussion heikel und voller Fallgruben und ideologischer Vernebelungen. Nichts hat die Geschichte der letzten hundert Jahre so geprägt wie der Kampf um die Kontrolle der Ölreserven der Welt in erklärten und unerklärten Kriegen. Dem Erdöl wird von F.William Engdahl die wichtigste Rolle im Kampf um die Weltherrschaft zugeschrieben, aber auch von vielen anderen klugen Beobachtern.

Zu Anfang des 20. Jahrhunderts zeigte sich, daß die zukünftige technische und wirtschaftliche Entwicklung sehr eng mit dem Erdöl verknüpft sein wird. Automobile und Flugzeuge benötigen zu ihrem Betrieb Benzin, das aus Erdöl gewonnen wird.

Nach dem ersten Weltkrieg mußte Deutschland seine Rechte an dem mesopotamischen Erdöl (Bagdadbahn) an die Siegermächte abtreten. Es hatte damit keine nennenswerten Energievorräte mehr - abgesehen von der Steinkohle im Ruhr-Gebiet -, nachdem die oberschlesischen Gruben an Polen, die saarländischen an Frankreich abgetreten waren. Allerdings ist es schwierig, mit Kohle Autos fahren oder Flugzeuge fliegen zu lassen.

Deutschland hatte zu jener Zeit allerdings noch beträchtliche geistig-technische und moralische Ressourcen. Seine Wissenschaftler und Techniker entwickelten in kurzer Zeit ein effektives Verfahren, um aus dem heimischen Energierohstoff Kohle durch Hydrierung (Anlagerung von Wasserstoff an Kohlenstoff) Benzin zu produzieren. Die Führung des Staates erkannte die Bedeutung der Erfindung und förderte mit beträchtlichen Mitteln den Bau von Hydrieranlagen.

Das künstliche Benzin war natürlich teurer als das aus dem billigen Erdöl der Kolonien gewonnene – aber die Erpressungsmöglichkeiten waren reduziert. Das Energieproblem war technisch gelöst, aber nicht politisch – was dann zu kriegerischen Auseinandersetzungen führte (2. Weltkrieg).

Nach dem erfolgreich durchgeführten zweiten Weltkrieg gegen das nach Energieautarkie strebende Deutschland konnten sich die siegreichen Amerikaner ab 1945 an den Umbau von deren Wirtschaft machen, wie es die Kriegsziele vorsahen. So wurden die Kohleverflüssigungsanlagen geschlossen ( die in der östlichen Zone

erst nach 1989) sowie der Kohlebergbau allmählich gedrosselt und der Erdölverbrauch gefördert – die Ölvorräte waren ja in guten Händen.

Etwas voreilig hatte man in den sechziger Jahren die Nutzung der Kernenergie freigegeben, weil man glaubte, die Hand auf allen Uranlagerstätten und ein Monopol auf die Urananreicherung zu haben.

Das war zu kurz gedacht, denn es stellte sich heraus, daß im Schnellen Brüter oder im Hochtemperaturreaktor – der in Deutschland bis fast zur Serienreife entwickelt worden war – neben der Energie auch der benötigte Brennstoff erzeugt werden kann. Mittels der fortgeschrittenen Kernenergietechnik hätten sich also einige wichtige Staaten vom Einfluß der guten Menschen aus New York unabhängig machen können. Da dies dem Sinn der Geschichte widersprochen hätte und genau das Gegenteil der jahrzehntelangen zähen Bemühungen der Wall-Street-Mächtigen war, wurde die Gefährlichkeit der Kernenergie entdeckt. Die befreundeten Medien und Geheimdienste sorgten dafür, daß diese Gefahr nicht verborgen blieb. Die Kampagne war sehr erfolgreich. Sie wird bis heute von einer bunten Schar unterschiedlichster Hilfstruppen weitergeführt. Denn das technisch-wissenschaftliche Know-How der Kerntechnik ist immer noch nicht erloschen – trotz intensiver Bemühungen der guten Menschen vom Hudson.

Die Kernenergieindustrie wehrte sich mit dem Argument, daß bei der Nutzung der Kernenergie keine Umweltverschmutzung auftritt wie bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, also kein Schwefeldioxid, keine Stickoxide, kein Kohlendioxid usw. Die Retourkutsche der Erdölbosse waren die radioaktiven Abfälle aus den Kernreaktoren. Seitdem vernebelt der ideologische Streit um fossile bzw. nukleare Energieträger mit unreflektierten Schlagworten die Gehirne eines Großteils der Menschheit.

Der Ausgang des Disputs „Erdöl gegen Kernenergie“ war in Deutschland bei Würdigung der bestehenden Machtverhältnisse unzweifelhaft. Als Ersatz für die Kernenergie durfte man sich in Deutschland mit regenerativen Energien beschäftigen, also mit Windenergie, Sonnenenergie, Erdwärme, Wellenenergie sowie Energieeinsparung als neuartiger Energieform etc. Die Pfiffikusse von jenseits des Atlantiks hatten sich dabei vermutlich folgendes gedacht: das von den Medien gelenkte Publikum ist erfreut darüber, daß etwas auf dem Gebiet der „natürlichen und sauberen Energie“ geschieht. Außerdem kann man mit den regenerativen Energien allein keine großen Netze betreiben oder ganze Volkswirtschaften mit Energie versorgen. Denn Solarenergie und Windenergie werden mit zu geringer Intensität und zu großen Schwankungen diskontinuierlich angeboten. Die Verbraucher möchten allerdings eine konstante gleichmäßige Energielieferung. Um diese Forderung zu erfüllen, braucht man einen leistungsfähigen Energiespeicher für die regenerativen Energien. Das einzige Speichermedium, das für die Solar- oder Windenergie in größerem Umfang in Frage kommt, ist der Wasserstoff, da er leicht durch Wasserzersetzung erzeugt werden kann, gut transportabel und speicherbar und sein Verbrennungsprodukt mit Sauerstoff reines Wasser ist: eine ideale Lösung sowohl für kleine Inselnetze als auch für große Einheiten auf der Basis regenerativer Energien. Ohne Speicherung sind die regenerativen Energien nutzlose Spielerei, da sie die bestehenden Energiesysteme wegen ihres ungleichmäßigen Angebots nicht ersetzen können. Bei Einspeisung der regenerativ erzeugten Energie ins Netz wird dessen Qualität sogar verschlechtert. Es ist heute ohne weiteres möglich, mit Hilfe regenerativer Energien Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu zersetzen oder

durch Biomassevergasung Wasserstoff in großen Mengen für die Energietechnik zu erzeugen.

Als einfachstes Verfahren für die Speicherung des gasförmigen Wasserstoffs hat sich zunächst die Speicherung in Drucktanks herausgestellt. Solche Tanks sind allerdings zu groß, um sie in normalen Personenautos einzusetzen, abgesehen von anderen Schwierigkeiten der Sicherheit und Infrastruktur. Für die mobile Anwendung könnte man aber den Wasserstoff in Form von Methanol speichern, das durch eine chemische Reaktion von Wasserstoff und Kohlendioxid hergestellt wird. Methanol ist ein geeigneter flüssiger Energieträger, für den z.B. die vorhandene Verteilungsinfrastruktur ohne große Änderungen benutzt werden kann.

Mit der Wasserstofftechnik bzw. der daraus abgeleiteten Methanoltechnik könnten die regenerativen Energien ihren endgültigen Durchbruch erzielen. Daß dies den Weltpolitikern bzw. Globalstrategen nicht in den Kram paßt, ergibt sich aus dem vorher gesagten: die Völker würden dadurch unabhängig und nicht mehr erpreßbar.

So tauchte bald das Argument auf, die Wasserstofftechnik komme erst in hundert Jahren. Woher man das weiß, ist nicht bekannt, aber offen dagegen zu sein, war nicht empfehlenswert. Die Hilfstrupps in Bonn und Berlin haben diese Aussage fleißig kolportiert. Daß damit die regenerativen Energien sich auch erst in hundert Jahren durchsetzen können, haben sie nicht gesagt.

Gegen das Methanol kam der geistreiche Einwand, daß es giftig sei. Methanol ist ein Alkohol, von dem man blind wird, wenn man ihn trinkt. Von Benzin wird einem sehr schlecht, wenn man davon nippt. Sein MAK-Wert liegt bei Null.

Die Anglo-Amerikaner wünschen weder Kohle noch Kernenergie noch funktionsfähige erneuerbare Energien für andere Länder: sie wollen vielmehr Erdöl und Erdgas verkaufen, Energierohstoffe, die entweder in ihrem Besitz sind oder an ihren Börsen gehandelt werden oder durch ihre Rohrleitungen transportiert werden.

Erdöl und Erdgas sind eng verwoben mit dem globalen Finanzsystem, das z.Z. zusammenbricht. Da diese Rohstoffe in Dollar gehandelt werden, bilden sie die Grundlage des weltbeherrschenden Dollarsystems. Sie sind allerdings zu wertvoll, um sie zu verbrennen, denn sie können zur Herstellung von Kunststoffen, Düngemitteln, Nahrungsmitteln usw. verwendet werden. Wegen Erdöl und Erdgas sind Kriege angezettelt worden und werden weitere vorbereitet (im Jahr 2008).

Die Energieversorgung Deutschlands muß auf eine andere Basis gestellt werden, wenn das Land seine Souveränität wieder erlangen soll. Welche realistischen Alternativen zum Erdöl als Energieträger gibt es für Deutschland? Ich beschreibe sie kurz entsprechend ihrer zeitlichen und technischen Entwicklung durch deutsche Wissenschaftler und Ingenieure in der Vergangenheit:

1. Moderne Kohletechniken, vor allem die Kohleverflüssigung,
2. Kernenergie, vor allem der inhärent sichere Hochtemperaturreaktor,
3. Erneuerbare Energien mit Wasserstofftechnik bzw. Methanoltechnik.

## **2. Erste Alternative zum Erdöl - moderne Kohletechniken**

Steinkohle und Braunkohle lassen sich durch Wasserstoffanlagerung (Hydrierung) zu flüssigen Kohlenwasserstoffen umwandeln, z.B. zu Benzin. Bei dem Verfahren nach Bergius wird die Kohle fein gemahlen. Bei einem Druck von ca. 150 bar und einer Temperatur von etwa 450°C reagiert die feingemahlene Kohle mit Wasserstoff und bildet in Gegenwart eines geeigneten Katalysators Benzin.

Bei dem Verfahren nach Fischer-Tropsch wird die Kohle zunächst vergast, indem man sie bei etwa 900°C mit Wasserdampf reagieren läßt. Dabei entsteht Synthesegas (CO+H<sub>2</sub>):



Bei Anwesenheit eines geeigneten Katalysators läßt sich aus Synthesegas bei ca. 25 bar Druck und einer Temperatur von etwa 300°C Benzin oder Methanol oder andere Kohlenwasserstoffe herstellen. Beide Verfahren wurden in den 20er und 30er Jahren in Deutschland zur großtechnischen Reife entwickelt, um die Energieversorgung des Landes sicherzustellen (Werke in Leuna, Ruhrgebiet ..).

Heute ist die Kohleverflüssigung in Deutschland durch das Kontrollratsgesetz Nr. 23 vom 10.4.1946 verboten bzw. strafbar gemäß Artikel 139 Grundgesetz (vermutlich sind die meisten Kontrollratsgesetze [s. Wikipedia] durch das "Gesetz zur Bereinigung des Besatzungsrechts" seit dem 30.11.2007 aufgehoben). In Südafrika gibt es große Verflüssigungsanlagen der Firma Sasol. Die Volksrepublik China plant den Bau von großen Kohleverflüssigungsanlagen. In Australien sind ähnliche Projekte vorgesehen.

Durch die Anwendung der Kohleverflüssigung wäre Deutschland unabhängig von der Lieferung von Erdöl anglo-amerikanischer Provenienz und nicht mehr erpreßbar. Die Kohleverflüssigung in den deutschen Industriegebieten vor 1945 zeigt, wie optimal die verschiedenen Industriezweige Bergwerke-Kokereien-Hütten-Stahlwerke-chemische Industrie-Kraftwerke zur Stromerzeugung zusammenarbeiteten. Es bestand ein enger Verbund unabhängiger Werke, die sich gegenseitig unterstützten durch kostengünstige Lieferung von Rohstoffen, Wärmeenergie, elektrischer Energie, Gasen usw. zur Herstellung von Metallen, Kunststoffen, Benzin, Stahl usf. Der Abfall des einen Werks war der Rohstoff des anderen. Gegen diese Wirtschaftsform kam das anglo-amerikanische Wirtschaftssystem nicht an. Das deutsche Wirtschaftssystem mußte vernichtet werden. Nach 1945 ist in Deutschland viel mehr kaputt gemacht worden als die Technik der Kohleverflüssigung.

Fazit: Die Kohleverflüssigung war in Deutschland von 1945 bis vermutlich 30.11.2007 verboten, muß also neu konzipiert werden.

### **3. Zweite Alternative zum Erdöl - der Hochtemperaturreaktor**

Eine andere Methode, der Erpressung durch Erdöl und Erdgas zu entgehen, ist die Entwicklung des Hochtemperaturreaktors (HTR), der in der Lage ist, Elektrizität und Prozeßwärme von ca. 900 -1000°C ( z.B. für die Kohlevergasung) zu erzeugen.

Der HTR ist eine geniale Weiterentwicklung des Druckwasserreaktors (DWR), der heute meistens für die Energietechnik verwendet wird. In diesem Druckwasserreaktor wird sehr viel Wärmeenergie produziert, indem Uran 235 durch langsame Neutronen gespalten wird. Die produzierte thermische Energie wird an



wandern .Das Kühlmittel Helium strömt von oben nach unten an den Kugeln vorbei und wird dabei auf eine Temperatur von ca. 750 °C erwärmt.

Der HTR liefert Wärmeenergie von so hohem Temperaturniveau, daß er nicht nur zur Stromerzeugung verwendet werden kann, sondern auch für Vergasungsprozesse wie z.B. die Wasserstoffherzeugung durch Kohlevergasung:  $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ .

Das heiße Helium eines HTR erhitzt die Kohle auf etwa 1000°C. Wenn man über die heiße Kohle Wasserdampf leitet, entsteht Synthesegas  $CO+H_2$ , wobei die Temperatur des Heliums auf ca 700°C sinkt. Das abgekühlte Helium kann Wasser verdampfen, um mittels einer Turbine Strom zu erzeugen oder direkt eine Turbine antreiben. Aus dem Synthesegas läßt sich Benzin herstellen oder Wasserstoff abtrennen.

Der HTR ist eine konsequente Weiterentwicklung der Techniken zur Kohleverflüssigung, die in den zwanziger Jahren in Deutschland ausgearbeitet wurden, um energieautark zu werden. Das wesentliche Ergebnis dieser Arbeiten war das synthetische Benzin, das Deutschland von den Mächtschaften der Beherrscher des Erdöls unabhängig machte.

Die Entwicklungsarbeiten für den HTR wurden in Deutschland an dem AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor) in der Kernforschungsanlage Jülich seit 1956 durchgeführt. Ab 1963 lieferte dieser Reaktor Strom ans Netz (Leistung 15 MW). Die mittlere Gasaustrittstemperatur des Reaktors liegt bei 950 °C.

Der erste kommerzielle Hochtemperaturreaktor in der BRD war der THTR 300 in Hamm-Uentrop, mit dessen Bau 1972 begonnen wurde. Im Laufe der Jahre wurden alle HTR-spezifischen Probleme gelöst.

Im Jahre 1989 verfügte die Landesregierung von Nordrhein-Westfalen unter dem damaligen Minister-Präsidenten Johannes Rau die Stilllegung des THTR 300. Damit wurde die intelligenteste und für Deutschland aussichtsreichste Entwicklung auf dem Gebiet der Energietechnik zunichte gemacht. Die Entscheidung der NRW-Landesregierung basierte im wesentlichen auf politischen und ideologischen Gründen im Sinne der Feinde Deutschlands.

Auf gleiche Art und Weise wurden die Arbeiten zur Wiederaufarbeitung und Entsorgung abgebrannter Brennelemente des HTR abgebrochen. Damit wurde nicht nur der Kernenergie in Deutschland der Todesstoß versetzt, sondern auch die Entwicklung der zukünftigen Energietechnik – der Wasserstofftechnik- in der BRD unmöglich gemacht. Die Antikernkraftbewegung war das erste Anzeichen einer wachsenden Technikfeindlichkeit in der BRD, einer Einstellung, die für das Land fatal ist. Denn die Existenzgrundlage Deutschlands ist eine funktionsfähige moderne Industrie.

Mit dem Verzicht auf die Kerntechnik hat Deutschland als Industriestaat abgedankt und seine wichtigste Lebensgrundlage aufgegeben. Wir sind jetzt ein Vasallenstaat auf dem Weg zum Fellachenstaat.

Das know-how des Kugelhaufenreaktors soll nach China gegangen sein. Der Mut der Chinesen ist zu bewundern. Denn durch dieses Wissen gehören sie zur „Achse des Bösen“ und werden irgendwann bombardiert werden.

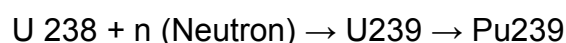
### Einige Anmerkungen zur Kernenergie

Da aufgrund der ideologischen Verketzerung der Kernenergie selbst ausgebildete Physiker oft nur noch vage Vorstellungen über die Vorgänge in einem Kernreaktor haben, will ich hier einen kurzen Anhang anfügen, der grob beschreibt, was in einem Hochtemperaturreaktor abläuft. Dieser Anhang ist für das Verständnis des restlichen Artikels nicht Voraussetzung.

Ein Atom hat üblicherweise einen Durchmesser von ca.  $10^{-10}$  m. Nach einer klassischen Vorstellung besteht das einfachste Atom – das Wasserstoffatom – aus einem positiv geladenen Kern, der von einem negativ geladenen Elektron umkreist wird (wie die Sonne von der Erde). Der Kern ist sehr klein. Er hat einen Durchmesser von ca.  $10^{-15}$  m. Er besteht aus ungeladenen Neutronen und positiv geladenen Protonen.

Uran 235 z.B. besteht aus 92 Protonen, 143 Neutronen und 92 Elektronen in der Elektronenhülle. Die Zahl der Protonen ist bei einem neutralen Atom gleich der Zahl der Elektronen. Man nennt die Protonenzahl die Ordnungszahl des Elements, die Summe von Protonenzahl und Neutronenzahl die Massenzahl, da die Massen von Neutronen und Protonen ungefähr gleich sind und die Masse der Elektronen vernachlässigbar klein ist. Die Massenzahl von Uran 235 beträgt 235. Uran hat immer die Ordnungszahl 92, es enthält 92 Protonen im Kern und 92 Elektronen in der Atomhülle. Diese Elektronen bestimmen die chemischen und meisten physikalischen Eigenschaften des Elements. Die Zahl der Neutronen im Urankern kann unterschiedlich sein, ohne daß sich dadurch die chemischen Eigenschaften des Elements merklich ändern. Natürliches Uran, wie es in der Natur gefunden wird, besteht aus Uran 238 (99,3 %) und Uran 235 (0,7 %) sowie einem winzigen Anteil von Uran 234. Man nennt diese Atome gleicher Ordnungszahl aber verschiedener Massenzahl Isotope. Nur das Uranisotop U 235 ist durch langsame Neutronen spaltbar, U 238 nur durch sehr hochenergetische. Außerdem gibt es das künstliche, aus Thorium 232 hergestellte Uran 233, das durch langsame Neutronen gespalten werden kann.

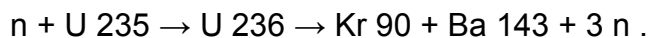
Das Uran 238 fängt schnelle Neutronen aus der Spaltung von Uran 235 ein. Dabei bildet sich Uran 239. Dieser Kern ist nicht stabil. Er zerfällt durch Emission von zwei Elektronen (die aus dem Kern kommen) in Plutonium 239, das stark radioaktiv ist mit einer Halbwertszeit von ca. 24.000 Jahren. Es dient normalerweise zur Herstellung von Atombomben, da es wie Uran 235 leicht spaltbar und einfach herzustellen ist, da es in jedem uranbetriebenen Kernreaktor als Nebenprodukt anfällt. Die Brutreaktion kann kurz beschrieben werden durch



Im schnellen Brüter wird so aus schlecht spaltbarem U238 das gut spaltbare Pu 239 erzeugt.

Bild 3 zeigt schematisch den Verlauf einer Kernspaltung von Uran 235. Ein Neutron trifft auf einen U 235 – Kern, es entsteht dabei der extrem kurzlebige Zwischenkern U 236, der durch die Neutronenaufnahme in heftige Schwingungen gerät und dabei zerplatzt. Im gezeichneten Beispiel entstehen die Kerne Krypton 89 und Barium 144 sowie drei

Neutronen. Beim Zerplatzen des Kerns werden erhebliche Energiemengen frei. Die Spaltprodukte, die mit großer Geschwindigkeit auseinander fliegen, sind radioaktiv. Der im Bild 3 beschriebene Spaltprozeß kann durch die Reaktionsgleichung beschrieben werden



n ist das Symbol für das Neutron. Statt Krypton und Barium können andere Kerne ähnlicher Massenzahl entstehen.

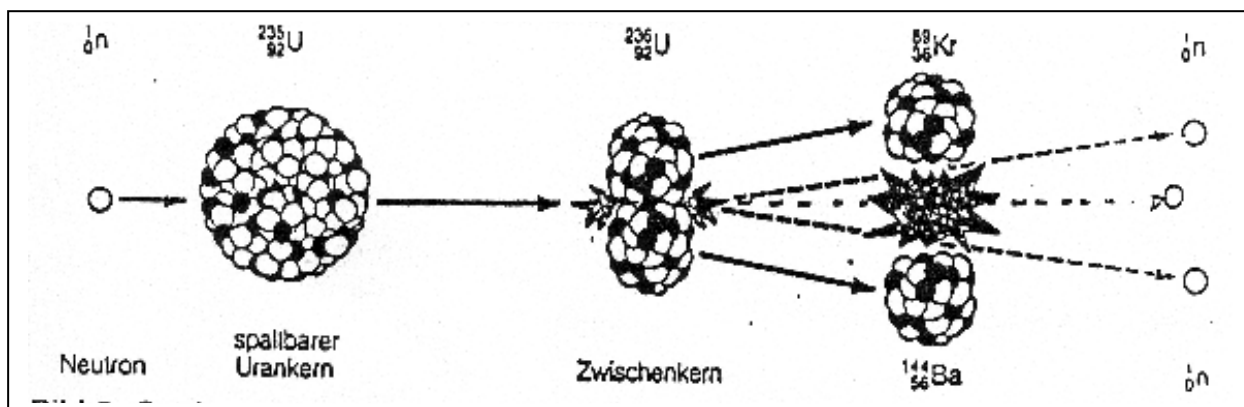


Bild 3 Spaltung eines Uran-235-Kerns durch ein Neutron (Proton schwarz, Neutron weiß)

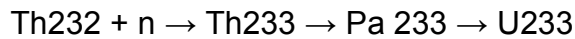
Die bei der Reaktion freigewordenen Neutronen können nun weitere U 235-Kerne zur Spaltung bringen (Kettenreaktion). Da aber langsame Neutronen die Spaltung wesentlich häufiger bewirken als schnelle, müssen die bei der Spaltung entstandenen schnellen Neutronen abgebremst werden. Dies bewirkt man, indem man sie gegen leichte Kerne prallen läßt, wo sie einen Großteil ihrer Energie abgeben und langsam werden. Als leichte Kerne verwendet man im Druckwasserreaktor die Wasserstoffkerne (Massenzahl 1) des Wassermoleküls  $H_2O$ . Das Wasser im Reaktor dient sowohl zur Wärmeabfuhr wie zur Abbremsung der Neutronen. Das Material, das die Neutronen abbremst, nennt man Moderator, den Vorgang Moderation.

Im Hochtemperaturreaktor werden die schnellen Neutronen der Kernspaltung durch Graphit (=Kohlenstoff, Massenzahl 12) abgebremst.

Die Brennelemente eines Druckwasserreaktors enthalten nicht Uran natürlicher Zusammensetzung ( 0,7 % U235, 99,3 % U 238), sondern angereichertes Uran , z.B. 3 % U 235 und 97 % U 238. Dieses Uran liegt in Form einer Verbindung vor, z.B. als Urandioxid  $UO_2$ . Wenn das U 238 ein Neutron einfängt, bildet sich das sehr kurzlebige U 239. Dieser radioaktive Kern emittiert zwei Elektronen (negativ geladen), wodurch die Ordnungszahl um 2 steigt: es bildet sich Plutonium 239, das auch durch thermische Neutronen gespalten werden kann (s.o.). Es wird im Druckwasserreaktor also neuer Brennstoff erzeugt, man sagt „gebrütet“.

Im Hochtemperaturreaktor verwendet man als Brennstoff ein Gemisch von U 235 und Thorium 232. Das Uran 235 dient zur Erzeugung von Neutronen am Anfang des Prozesses, das Thorium zum Brüten von U233: der Brutvorgang läuft nur mit Neutronen. Wenn ein Th 232 – Kern ein Neutron einfängt, bildet sich das kurzlebige Th 233. Aus diesem entsteht durch zweimalige Emission von Elektronen aus dem Kern das Uran 233, das ähnliche Eigenschaften hat wie das U 235.

Den Brutprozeß kann man kurz folgendermaßen darstellen



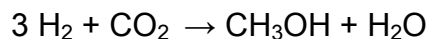
Fazit: Die Entwicklung des HTR ist 1989 aus politischen Gründen abgebrochen worden, das System muß neu konzipiert werden.

#### **4. Dritte Alternative zum Erdöl - Erneuerbare Energien+ Wasserstofftechnik**

Windenergie kann über Windräder in elektrische Energie umgewandelt werden, Sonnenenergie über Solarzellen. Diese elektrische Energie kann ins Netz eingespeist werden. Bei starkem Wind kann nicht benötigte Überschußenergie zur Zersetzung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff verwendet werden:



Der Wasserstoff kann gespeichert werden, entweder gasförmig oder besser als wasserstoffreiche Verbindung, z.B. als Methanol  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Methanol kann man herstellen, indem man Wasserstoff und Kohlendioxid in Gegenwart eines Katalysators bei ca. 60 bar Druck miteinander reagieren läßt:



Die Technologie zu diesem Verfahren wurde im Zuge der Entwicklung der Kohleverflüssigung ausgearbeitet. Die Hochdrucksynthese von Methanol ist nach Kontrollratsgesetz Nr. 25 vom 24.9.1946 nur erlaubt, wenn die Siegermächte damit einverstanden sind.

Bei Windflaute oder fehlender Sonnenstrahlung kann mit dem gespeicherten Wasserstoffgas oder dem Methanol Wärme oder elektrische Energie erzeugt werden. Leider ist der Allgemeinheit in Deutschland nicht bekannt, dass die erneuerbaren Energien nur in Verbindung mit einem Energiespeicher sinnvoll einzusetzen sind. Es sind nur die Windräder und Solarzellen entwickelt worden, nicht die dazu gehörigen Energiespeicher. Die elektrische Energie aus Windrädern und Solarzellen wird in Deutschland ins Netz eingespeist. Das Netz ist kein Speicher. Die elektrische Energie, die man ins Netz leitet, muß sofort verbraucht werden, andernfalls steigt die Spannung und ändert sich die Frequenz. Die Entwicklung der erneuerbaren Energien ist in Deutschland falsch gelaufen, ob mit Absicht oder aus Dummheit, weiß ich nicht.

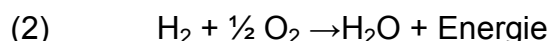
Hierzu einige Erläuterungen:

Solarenergie und Windenergie fallen in geringer Konzentration und ungleichmäßig an. Der Energiebedarf muß allerdings stetig und zuverlässig gedeckt werden, auch wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht. Das bedeutet, daß bei der Nutzung von erneuerbaren Energien ein leistungsfähiger Energiespeicher erforderlich ist, der die benötigte Energie liefert, wenn keine erneuerbaren Energien vorhanden sind. Dieser Energiespeicher ist bekannt, nämlich Wasserstoff, der durch Zersetzung von Wasser in seine Grundbestandteile Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe von Sonnen- oder

Windenergie erzeugt wird [1], [2]. Denn die in Solarzellen oder mit Windrädern erzeugte elektrische Energie ist in der Lage, Wasser gemäß der Reaktionsgleichung



in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Konkret heißt das: mit ca. 4,5 kWh elektrischer Energie kann man mit Hilfe von Elektrolyseuren aus etwa einem Liter flüssigem Wasser ca. einen Kubikmeter Wasserstoff und 0,5 Kubikmeter Sauerstoff erzeugen. Diese Gase kann man speichern und bei Energiebedarf wieder rekombinieren lassen (Knallgasreaktion, s. Gl.2). Dabei wird die bei der Wasserzersetzung aufgewandte Energie zum großen Teil wieder gewonnen als thermische oder auch als elektrische Energie (letzteres in Brennstoffzellen), nämlich



Es macht also keinen Sinn, Windräder oder Solarzellen zu entwickeln, wenn man sich nicht auch um die dazu passende Speichertechnik kümmert. Dies hat man in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten nicht in der notwendigen Weise getan, obwohl die Wissenschaft immer darauf hingewiesen hat. Das führt nun zu der absurden Tatsache, daß für 1000 Megawatt installiert Windkraftleistung ca 700 Megawatt konventionelle Kraftwerkleistung vorgehalten werden müssen für den Fall eventueller Windflauten. Denn wenn die Windräder keine oder zu geringe Leistung abgeben, muß diese aus anderen zusätzlichen Kraftwerken kommen. Wenn diese nicht vorhanden sind, werden die konventionellen Kraftwerke überlastet, die dann nach ca. 30 Minuten wegen Überhitzung der Generatoren abschalten. Die Stromlieferung ist somit zu Ende und nicht einfach wieder in Betrieb zu setzen.

Umgekehrt weiß man bei Starkwind in Schleswig-Holstein nicht, wohin mit der erzeugten elektrischen Leistung. Natürlich könnte man damit Wasserstoff machen. Aber man tut es nicht!

### **Wasserstofftechnik auf Sparflamme**

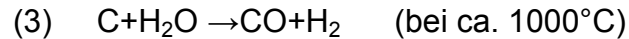
Seit ca 1960 wurden von Wissenschaft und Technik in Deutschland Vorschläge gemacht, die Wasserstofftechnik für die Energieversorgung zu entwickeln. Dies ist von den politischen Entscheidungsträgern nicht zur Kenntnis genommen worden.

Neben der Solar- und Windenergietechnik hätte die Wasserstofftechnik zügig entwickelt werden müssen, um zu einem nachhaltigen und realistischen sowie wirtschaftlichen Energiesystem auf der Basis erneuerbarer Energien zu kommen. Wie schon erwähnt, ist dies nicht geschehen. Um diese grundsätzliche Fehlentwicklung bei den erneuerbaren Energien zu überwinden, ist es unbedingt erforderlich, folgende Komponenten der Wasserstofftechnik zu entwickeln und zu optimieren für die Anwendung bei großen Systemen der erneuerbaren Energien. (Es stimmt nicht, daß die großen Firmen die Lösungen in ihren Schubladen haben):

#### Wasserstofferzeuger

Atmosphärische Elektrolyseure im Megawattbereich  
Druckelektrolyseure unterschiedlicher Bauarten

Andere Verfahren zur Wasserstoffherzeugung, z.B. Biomassevergasung oder Algen .. Kohlevergasung mit Hilfe des Hochtemperaturreaktors:

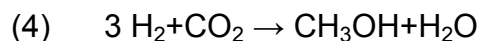


#### Wasserstoffverbraucher

- Heizungen (auch katalytische)
- Brennstoffzellen (auch Methanol)
- Motoren
- Turbinen
- Kühlsysteme

#### Wasserstoffspeicher

- Druckspeicher
- Kavernen
- Wasserstoff-Erdgas-Mischungen
- Methanolsynthese:



#### Solarzellen hohen Wirkungsgrads (wirksam über das ganze Sonnenspektrum)

Ein ingenieurmäßiger realistischer Entwurf großer Wasserstoffsysteme zur Energieversorgung abgelegener Regionen mit Hilfe von erneuerbaren Energien fand nicht statt. Ein solches System basiert auf den Energieträgern Elektrizität und Wasserstoff. Es gibt in diesem System elektrische Leitungen und Gasleitungen für Wasserstoff. Windräder oder Solarzellen produzieren dabei die elektrische Energie. Die momentan nicht benötigte Überschussenergie wird zur Erzeugung von Wasserstoff verwendet, der in das Gasnetz eingespeist wird. Der gleichzeitig erzeugte Sauerstoff kann in Kläranlagen geleitet werden oder dient zur Revitalisierung von Gewässern. Es sind die Gasleitungen und Wasserstoffspeicher (ev. unterirdische Kavernen) zu dimensionieren. Wasserstoff für das Gasnetz kann auch von Biomassevergasern geliefert werden (s. Gl. 3). Die Brennstoffzellenautos (durchschnittliche Leistung der Brennstoffzelle 40-50 kW) können, solange sie in der Garage stehen, elektrische Energie in das elektrische Netz einspeisen, wenn sie an die Wasserstoffleitung angeschlossen sind (s. Gl.2).

Das dezentrale Gasnetz ist aus Gründen der Versorgungssicherheit nicht völlig isoliert, sondern mit einer Gasleitung verbunden, die den Wasserstoff bezieht aus der Kohlevergasung mittels Hochtemperaturreaktor oder der Biomassevergasung. Das bei der Kohlevergasung (wenn Kohle zum Erhitzen verwendet wird) oder Zementherstellung entstehende Kohlendioxid kann zur Erzeugung von Methanol verwendet werden (s. Gl. 4). Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ist ein leistungsfähiger Energieträger und Chemierohstoff zur Erzeugung von Kunststoffen u.ä. [3], [4], [5].

Aus dem Gesagten ergibt sich: der Hochtemperaturreaktor als leistungsfähigster Wasserstoffherzeuger ist ein mächtiger Motor für die Einführung der erneuerbaren Energien.

Fazit: Im jetzigen Zustand sind die erneuerbaren Energien für die Energieversorgung Deutschlands unbrauchbar, da ein geeigneter Energiespeicher fehlt.

## **5. Folgerungen und notwendige Maßnahmen**

Da die Energieversorgung Deutschlands heute sehr stark vom Ausland abhängt und seit Jahrzehnten kein Konzept besteht, wie sie in Zukunft aussehen soll, ist der Handlungsbedarf dringend. Die Probleme können nicht gelöst werden, indem man das eine oder andere Labor oder Institut beauftragt, eine Analyse oder ein Experiment zu machen und danach einen Bericht anzufertigen, der dann in den Schubladen der Ministerien verschwindet. Wie bei der Entwicklung der Kohle-Verflüssigungstechniken oder der Kerntechnik muß das Problem der zukünftigen Energieversorgung Deutschlands in enger Kooperation zwischen Staat, Industrie und Forschung gelöst werden, wobei erhebliche Mittel für den Aufbau von Pilotanlagen u.ä. zur Verfügung stehen müssen. Nur eine solche Vorgehensweise gibt die Garantie, daß nach einiger Zeit die erneuerbaren Energien eine Chance haben. Das setzt voraus, daß auch der Hochtemperaturreaktor als leistungsfähigster Wasserstoffgenerator in dieses System eingebaut wird. Wegen der in den letzten Jahren begangenen Fehler der Energiepolitik wird allerdings kein Weg an der Nutzung der Kernenergie in den nächsten 30-40 Jahren vorbei führen. Nur so kann der Zusammenbruch unseres Sozialsystems verhindert werden. Die erneuerbaren Energien können beim jetzigen Stand der Technik den Energiebedarf eines Industrielandes wie Deutschland nicht decken.

Die Wissenschaft hat in den vergangenen Jahrzehnten den Weg für eine sichere Energieversorgung Deutschlands gezeigt. Die Politik hat dies nicht zur Kenntnis nehmen wollen, vermutlich unter dem Einfluß fremder Ideologien. Deutschland ist dadurch in die Zwangs- und Notlage geraten, in der es jetzt steckt. Dieser Fehler muß unverzüglich behoben werden.

Der erste Schritt ist der verstärkte Ausbau der Kernenergie, d. h. zunächst über Druckwassereaktoren, später vor allem Hochtemperaturreaktoren. Die Komponenten einer umfassenden Wasserstofftechnik sind weiterzuentwickeln und zu realisieren:

- Die Kohleverflüssigung (Benzin aus Kohle und Wasserstoff)
- Der Hochtemperaturreaktor zur Kohlevergasung, Elektrizitäts- und Fernwärmeerzeugung sowie Meerwasserentsalzung
- Das Energiesystem Solarenergie und Wasserstofftechnik (bzw. Methanoltechnik)

## **Literatur**

- |                   |  |
|-------------------|--|
| [1] Bockris/Justi | Wasserstoff<br>Augustus-Verlag Augsburg 1990 |
| [2] Winter/Nitsch | Wasserstoff als Energieträger                |

Springer 1989

[3] Melisch, H. Schröcke,  
S. Schulien, W. Thüne

Energiepolitik als Überlebensstrategie der Nation  
Arbeitsgemeinschaft Deutsche  
Energie- und Wirtschaftspolitik 2006

[4] Schulien, Sandstede, Hahn:

H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> as Raw Materials for an Ecological  
Energy Technology  
J. Hydrogen Energy 24 (1999), S. 299 – 303

[5] Schulien, Dahlinger, Fender:

H<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> aus regenerativen Energiequellen für  
die Energieversorgung  
Wasserstofftechnik (1993) S.1-44