

## Das Solar-Wasserstoff-Projekt in Neunburg vorm Wald

### *Die Zukunftsvision*

Die Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald zeigt bereits heute die Vision einer zukünftigen CO<sub>2</sub>-freien Energieversorgung. Strom aus Sonnenenergie spaltet Wasser in seine Bestandteile und der Energieträger Wasserstoff wird gewonnen, der bei der Verbrennung auch wieder zu Wasser wird. Dies stellt einen ökologisch höchst faszinierenden Kreislauf dar. Es werden – außer Material – theoretisch keinerlei Ressourcen verbraucht. Sonnenenergie – der Antrieb dieses Kreislaufs – ist im Prinzip grenzenlos verfügbar – in einer halben Stunde wird der weltweite Jahresenergiebedarf auf die Erde eingestrahlt. Die Umweltfreundlichkeit eines solchen Energiesystems ist kaum zu übertreffen. Dieses Energiesystem macht die Sonnenenergie speicherbar, vom Winter in den Sommer, und transportierbar, von sonnenreichen in sonnenarme Länder.

### *Die Solar-Wasserstoff-Anlage – ein Unikat*

So faszinierend die Solar-Wasserstoff-Idee ist, so fern liegt sie in der Zukunft. Das Land Bayern hält weltweit eine Spitzenposition in Entwicklung und Test dieser Technologie. Die Anlage in Neunburg vorm Wald faßt alle wesentlichen Schritte einer zukünftigen Solar-Wasserstoff-Wirtschaft von der Sonnenenergieernte über die Wasserstoffherzeugung, -aufbereitung und -speicherung bis hin zur Anwendung im industriellen Demonstrationsmaßstab zusammen. In ihrer Art ist sie bis heute weltweit einzigartig. Die Gesellschafter des Projektes (Bayernwerk 70% und BMW, Linde, Siemens jeweils 10%) haben

ihrer ausführenden Projektgesellschaft, der Solar-Wasserstoff-Bayern GmbH (SWB), den Auftrag gegeben, diesen solaren Wasserstoffkreislauf zu realisieren und zu untersuchen. Rund 145 Mio DM werden bis Ende 1999 in diesem Projekt aufgewendet worden sein, das durch das Bundesforschungsministerium zu 35% und durch das bayerische Wirtschaftsministerium zu 15% gefördert wird.

### *Die Technologien sind bereits vorhanden*

Neunburg vorm Wald hat als Forschungszentrum die Aufgabe, Prototypen des solaren Wasserstoffkreislaufs zu testen, verschiedene Technologien im Vergleich zu untersuchen und das gewonnene Know-how der Industrie verfügbar zu machen. Die bisherigen Erfahrungen sind:

Die photovoltaische Stromerzeugung kann hinsichtlich der Technik als ausgereift bezeichnet werden. Sie hat sich als gutmütig und relativ störungsarm erwiesen. Die Jahresenergie entspricht etwa der Menge, die das Photovoltaikfeld bei über 1 000 Stunden durchgehendem Betrieb mit der angegebenen Spitzenleistung erzeugen würde. Diese relativ geringe Zahl – das Jahr hat 8760 Stunden – ist durch die Schwankungen des Sonnenenergieangebotes verursacht. Mindestens zwei Drittel der eingestrahelten Energie fallen im Sommer an. Im Winter ist die Erzeugung deutlich geringer.

Derzeit sind 8 unterschiedliche Solarzellentypen im Test – angefangen bei den heutigen Serienprodukten bis hin zu Neuentwicklungen von „high-efficiency“-Zellen. So ergibt sich ein interessanter Überblick über die aktuelle

Entwicklungspalette der deutschen Hersteller. Erkenntnisse aus dem Betrieb der Solarfelder konnten bereits erfolgreich in die Produktion der Hersteller einfließen.

Der nächste wichtige Verfahrensschritt, die Elektrolyse, die mittels Solarstrom den Energieträger Wasserstoff aus Wasser erzeugt, wurde in Neunburg vorm Wald in der 1. Projektphase (1987–1991) mit 2 Prototypen aufgebaut. Diese zeichnen sich durch hohe Wirkungsgrade aus. Über 80% des Stromes wird in Wasserstoff umgewandelt, während in konventionellen Anlagen der chemischen Industrie die Wirkungsgrade heute eher bei 60% liegen.

In der seit 1992 laufenden 2. Projektphase wird demnächst ein neuer Druckelektrolyseur installiert, der den Wasserstoff bereits auf dem Lagerdruck von 30 bar produziert. Es bedeutet viel Aufwand, den gewonnenen Wasserstoff, der ursprünglich praktisch drucklos anfällt, auf etwa 30 bar zu komprimieren, zu reinigen und zu entfeuchten, um ein für die Speicherung verwendbares „reines“ Gas zur Verfügung zu haben. Mit dem neuen Druckelektrolyseur wird so der Gesamtwirkungsgrad deutlich erhöht.

Die Speicherung des erzeugten Wasserstoffs erfolgt in Neunburg vorm Wald bei etwa 30 bar in Druckbehältern mit einem Volumen von 5000 Nm<sup>3</sup>. Da die Energiedichte von gasförmigem Wasserstoff etwa drei mal geringer ist als die von Erdgas, sind die Tankanlagen relativ voluminös. Die dezentrale Speicherung von Wasserstoff für die Versorgung von Einzelgebäuden wird deshalb immer teuer und aufwendig sein. In einer „Wasserstoffwelt“ könnte der Brennstoff z.B. stattdessen in ehemaligen Erdgaslagerstätten oder in unterirdischen Kavernen in ausreichender Menge gelagert werden.

Eine weitere Möglichkeit der Wasserstoffspeicherung ist in flüssiger Form. Dabei ist der Platzbedarf deutlich geringer. Wasserstoff wird bei ca. -253°C flüssig. Es erfordert aufwendig isolierte Gefäße, um ihn über längere Zeit auf dieser niedrigen Temperatur halten zu können. Die Verflüssigung selbst ist energieintensiv, weshalb flüssiger Wasserstoff bevorzugt dort eingesetzt wird, wo eine hohe Energiedichte nötig ist. Im wesentlichen ist das aus heutiger Sicht im Straßenverkehr und in der Luft- und Raumfahrt zu erwarten.

Zur energetischen Anwendung des Wasserstoffs – also z.B. zur Stromerzeugung – stehen in Neunburg vorm

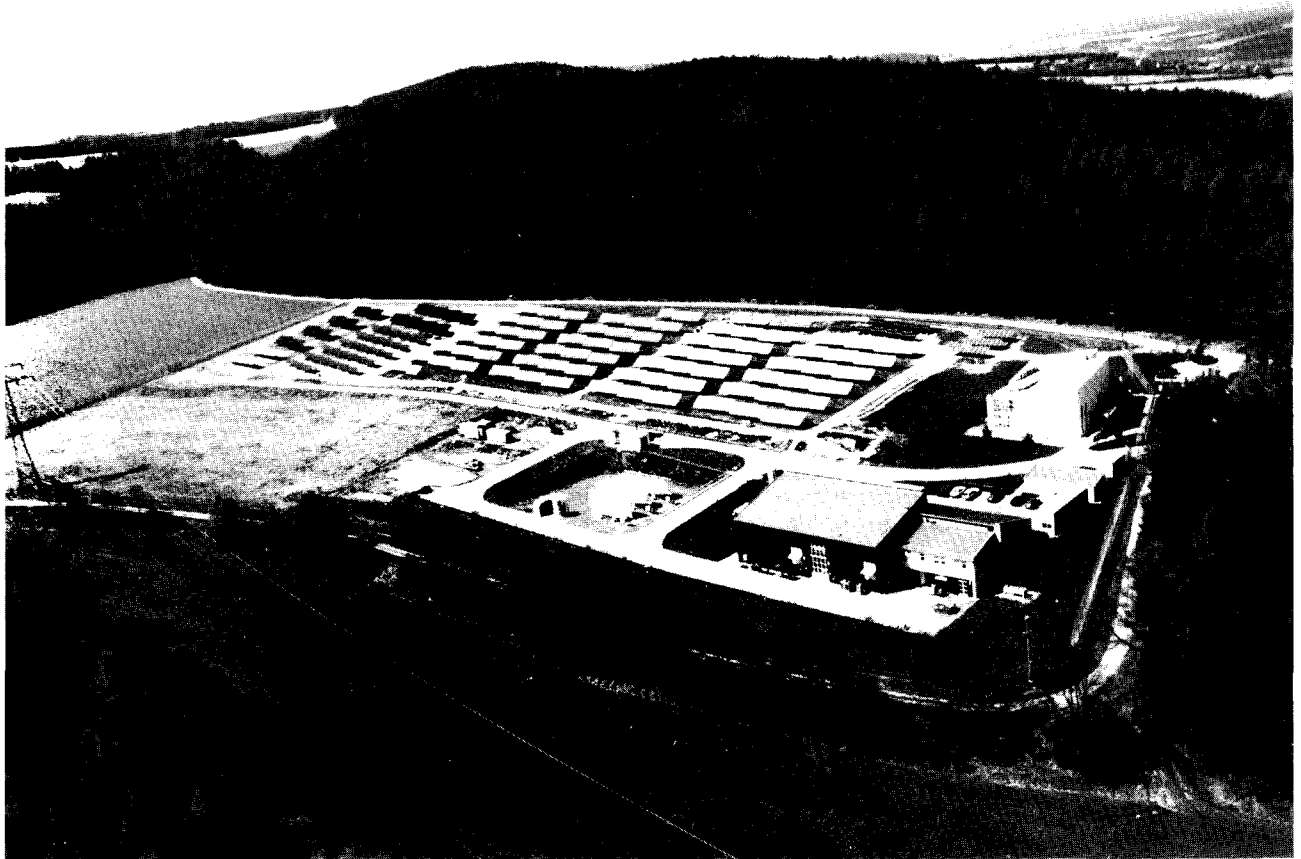
Wald Brennstoffzellenanlagen zur Verfügung. Ein Kernstück ist die Brennstoffzellenanlage mit phosphorsauren Elektrolyten, die neben Strom auch Prozeßwärme erzeugen kann und so dezentral als Blockheizkraftwerk Einsatz finden kann. In der 2. Projektphase ist geplant, eine neu entwickelte, mit Umgebungsluft betriebene PEM-Brennstoffzelle zum Betrieb eines Elektrogabelstaplers einzusetzen. Dies bedeutet den ersten Schritt zum Einsatz des Brennstoffzellenantriebs in Straßenfahrzeugen.

Weiter kommen neu entwickelte wasserstoffbetriebene katalytische Heiz- und Kühleinheiten zum Einsatz, die bei hohen Wirkungsgraden einen geringen Schadstoffausstoß sicherstellen. Dort wird der Wasserstoff ähnlich dem bekannten Erdgas verbrannt und die gespeicherte Energie in Form von Wärme genutzt.

Ein weiteres interessantes Thema, das in Neunburg vorm Wald untersucht wird, ist die Betankung von Fahrzeugen. Hier liegen die Probleme in erster Linie bei der Verfahrenstechnik, die mit den großen Temperaturunterschieden zwischen dem Fahrzeug auf Umgebungstemperatur und der Wasserstoffbetankung bei -253° C zurecht kommen muß. Die nötigen Verfahrensschritte dauerten anfangs in Summe rund 1 Stunde bei gleichzeitig hohen Gasverlusten. Im Laufe des Projektes konnte über mehrere Optimierungsschritte eine Betankungszeit von unter 6 Minuten erreicht werden, wobei auch die Gasverluste deutlich sanken. Das bedeutet, daß zumindest der Betankungsvorgang kein elementares Hindernis für die Einführung des Wasserstoffs im Verkehrsbereich darstellt.

Im Umgang mit Wasserstoff hat die SWB ein Höchstmaß an Sicherheitsmaßnahmen vorgesehen. Diese sind nicht neu und in der chemischen Industrie bereits lange bekannt, die jährlich allein in Deutschland rund 20 Mrd. Kubikmeter Wasserstoff als chemischen Rohstoff hergestellt aus Erdgas – eingesetzt. So ist die SWB-Betriebshalle als explosionsgeschützte Zone mit entsprechenden elektrischen Installationen und Lüftungsanlagen ausgebildet. Gassensoren registrieren jede Undichtigkeit und für den Fall des Falles sind entsprechende Gebäudeteile zur Aufnahme von möglichen Druckwellen bei Verpuffungen ausgelegt.

Der sichere Umgang mit Wasserstoff darf nicht verharmlost, sollte aber auch nicht dramatisiert werden. In Neunburg vorm Wald konnten gemeinsam mit dem



Seit Januar 1990 wird in Neunburg vorm Wald in einem weltweit einzigartigen Pilotprojekt die Solar-Wasserstoff-Technologie getestet. Betreiberfirma ist die Solar-Wasserstoff-Bayern GmbH, an der das Bayernwerk zu 70% beteiligt ist, BMW, Linde und Siemens zu je 10%. Bei optimalen Wetterbedingungen erreichen die rd. 8.500 Solarmodule der Anlage (ein Teil ist im Bild zu sehen) rd. 360 Kilowatt elektrische Leistung. Die Jahresstromerzeugung von 360.000 Kilowattstunden würde zur Versorgung von ca. 90 Haushalten ausreichen.

Stand: Oktober 1994 (SWB-KT)

TÜV Bayern und dem Gewerbeaufsichtsamt Lösungen erarbeitet werden, die die sichere Handhabung der Gase ermöglichen. Auch das Wasserstofffahrzeug kann mit der Sicherheit betrieben werden, wie sie heute im Verkehr gefordert ist. Wasserstoff wird mit den entsprechenden Vorkehrungen genauso sicher zu handhaben sein, wie unsere heutigen Brennstoffe. Schwer vorstellbar ist jedoch, ihn in jedes Haus oder gar in jedes Zimmer zu führen. Es spricht viel dafür, Wasserstoff zentralisiert umzusetzen und die Nutzenenergien Wärme und Strom zum Endabnehmer zu bringen.

#### *Energiewirtschaftliche Einordnung*

Der solare Wasserstoff stellt unsere heutige Energiewirtschaft auf den Kopf: Heute machen wir Strom aus Brennstoffen wie Öl, Kohle oder Gas und würden dann den Brennstoff Wasserstoff aus Strom erzeugen. Die energetische Effizienz des Wasserstoffkreislaufs wird bei diesen Umwandlungsprozessen durch die Wirkungsgradverluste etwa um den Faktor drei schlechter. Wasserstoff kommt als Speicher also erst dann in Frage, wenn Strom nicht mehr zeitgleich mit der Erzeugung verwendet werden kann, wie dies z. B. bei einem Überangebot an nicht steuerbarem Solarstrom der Fall wäre. Bis dorthin ist noch ein weiter Weg, wenn man bedenkt, daß in Deutschland über 20000 MW Photovoltaikleistung im Netzverbund installiert werden könnten, ohne die erzeugte Strommenge speichern zu müssen. Das ist eine gigantische Menge angesichts der Photovoltaik-Weltjahresproduktion von knapp über 60 MW. Zusätzlich stellt sich die Frage der finanziellen Ressourcen, da die Technik heute noch sehr teuer ist und Strom aus Photo-

voltaikanlagen heute noch rund 2 DM pro Kilowattstunde – also das Vielfache des Strompreises – kostet.

#### *Wasserstoff – die Zukunftsoption*

Neunburg ist eine reine Forschungs- und Demonstrationsanlage als Investition in eine Zukunftsenergie. Die verwendeten Gelder sollen wesentliche Erkenntnisse bringen, die den weiteren Entwicklungsweg bestimmen. Es muß klar zwischen Markteinführung und Forschung unterschieden werden. Die energiewirtschaftlichen Prioritäten machen deutlich, daß bei gleichem Kapitaleinsatz andere Maßnahmen, wie z. B. Energiesparen, Brauchwassererwärmung in Solarkollektoren, Biomasseeinsatz und ähnliches, heute bis auf weiteres wesentlich mehr für die Optimierung des Energieverbrauchs bringen können als die Wasserstoffherzeugung, -nutzung und -umwandlung. Fest steht aber auch, daß größere Solarenergieanteile in unserer Energieversorgung nur erreicht werden können, wenn ein geeignetes Speichermedium zur Verfügung steht. Erst wenn Solarstrom im Überfluß verfügbar ist, kommt die Stunde des Wasserstoffs. Davon sind wir heute aber noch weit entfernt. Weichenstellungen weg von der Kernenergie oder jeglicher Nutzung von Öl, Kohle und Gas wären auf Jahrzehnte hinaus unrealistisch. Wir müssen uns alle Energieoptionen gleichzeitig offen halten. Nur ein breit abgestütztes System bietet langfristig die Sicherheit, die ein hochentwickelter Industriestaat braucht. In diesem „Energimix“ wird die Solartechnik in Verbindung mit Wasserstoffspeicherung sicher ihren Platz finden. Die Solar-Wasserstoff-Anlage bereitet die Entwicklungen für die Zukunft vor und legt so Grundsteine zur umweltfreundlichen Weiterentwicklung unserer Energieversorgung.