

Das Solar-Wasserstoff-Projekt in Neunburg vorm Wald

SWB
Ein Unternehmen der
Bayernwerk-Gruppe



Schriftenreihe Solarer Wasserstoff Solar-Wasserstoff-Anlage Nr. 27

Manuskript von 06.07.1999

Ziele und wichtige Ergebnisse des Solar-Wasserstoff-Projekts der SWB in Neunburg vorm Wald

Axel Szyszka

Ziele des Vorhabens

- Errichtung und Test wichtiger, technischer Systeme einer möglichen, künftigen (Solar-) Wasserstoff-Energiewirtschaft unter Berücksichtigung erster Aspekte eines schrittweisen Übergangs aus der derzeitigen, vornehmlich fossil ausgerichteten Energieversorgung
- Untersuchung des Individualverhaltens der einzelnen Anlagenteilsysteme, weitgehend bestehend aus Prototypen /Neuentwicklungen in industrieller Größenordnung. Vergleich unterschiedlicher Technologien, insbesondere bei Solargeneratoren mit zugehörigen Umrichtern, Wasserelektrolyseuren, Wasserstoff-Speichersystemen, Gasheizgeräten, Brennstoffzellenanlagen, LH₂-Kupplungen /-Fahrzeugtanks
- Erprobung des Zusammenspiels von Anlagenteilsystemen unter praxisorientierten Langzeit-Betriebsbedingungen. Untersuchung verschiedener technisch und energiewirtschaftlich orientierter Verschaltungskonzepte vorhandener Anlagenteilsysteme
- Schaffung verlässlicher Datenbasis zur aktuellen Beurteilung von Chancen und Herausforderungen einer Energiewirtschaft auf Basis von (Solar-)Wasserstoff als Energieträger
- Gewinnung von Know-how für Planung, Errichtung und Betrieb ähnlicher Vorhaben und damit verbundene wirtschaftliche Fragestellungen
- Realistische Öffentlichkeitsarbeit im In- und Ausland mit Information aus erster Hand. Weitergabe vieler praktischer - inzwischen weitgehend umgesetzter - Empfehlungen

an Hersteller/ Lieferanten, Fachleute, Anwender/Benutzer, Besucher

Wichtige Ergebnisse der SWB-Arbeit

Technische Anlagensysteme

- Beginnend 1990, erfolgreicher Langzeitbetrieb von 8 unterschiedlichen Solargenerator-Technologien
- Produktionsprozeß-Verbesserung beim Hersteller der polykristallinen Solarmodule infolge SWB-Erkenntnisse über interne elektrische Defekte (nach 4 Jahren unbeeinträchtigten Betriebs: Beginn Aluminium-Streißbruch von Einzelzellen-Verbindern mit nachfolgender Unterbrechung der Zellenverschaltung)
- Verbesserung von Umrichtersteuerkarten einzelner Solargeneratoren nach temperaturstreißbedingter vorzeitiger Alterung
- Entwicklung eines Geräts zur Fehlerüberwachung einer Solaranlage, unabhängig von Solargenerator und zugehörigem Umrichter
- Erfolgreiche Langzeiterprobung verschiedener Solargenerator-Aufständerungskonzepte (inkl. Stahlseil - statt herkömmlicher Tischkonstruktion)
- Erarbeitung vielfältiger Empfehlungen für verbesserte Solargenerator-Montage
- Direktkopplung von Solargenerator mit Wasserelektrolyseur
- Beginnend 1991, erfolgreicher Langzeitbetrieb der Neuentwicklung eines alkalischen Niederdruckelektrolyseurs fortgeschrittener Technologie (111 kW_{el}, Nullabstandsgeometrie, Polysulfon-Diaphragma, aktivierte Nickelelektroden, erhöhte Stromdichte)
- Deutliche Nachbesserungen beim alkalischen Druckelektrolyseur (100 kW_{el}) veranlaßt. Jüngster, dritter Zellblock des Herstellers (polysulfongebundenes Keramikdiaphragma, nicht aktivierte Nickelelektroden, neues Dichtungskonzept) verhält sich aus derzeitiger Sicht ungleich besser als seine zwei in der Praxis nicht belastbar betreibbaren Vorgänger
- Erprobung von drei Wasserstoff-Speichersystemen unterschiedlicher Technologie (5.000 m³/30 bar Druckgas, 3.000 l LH₂, 26 m³ Metall-Hydrid)
- Weitgehend positive Betriebserfahrungen, auch hinsichtlich Wirkungsgradverbesserung und Emissionsverringerung, mit luftatmendem 20 kW_{th} Gasheizkessel, katalytischem 10 kW_{th} Heizgerät - beide Geräte in Brennwertechnik - und nach Veranlassung deutlicher Nachbesserungen bei der 79 kW_{el}/42 kW_{th} phosphorsauren Brennstoffzellenanlage. Mit diesen drei Anlagenteilsystemen auch vielversprechende Erkenntnisse im Hinblick auf erste technische Schritte des Übergangs von der heutigen, vornehmlich fossil ausgerichteten Energieversorgung in eine mögliche Energiewirtschaft mit CO₂-frei erzeugtem Wasserstoff als Energieträger. Dazu Betrieb dieser Geräte außer mit Erdgas auch mit Wasserstoff bzw. mit Mischungen beider Brenngase
- Erfolgreicher Versuchsbetrieb einer katalytisch mit Wasserstoff beheizten 17 kW_{th} Absorptionskälteanlage (Modifikation eines herkömmlichen, mit Erdgas betriebenen Kälteaggregats der Klimatechnik)
- Versuchsbetrieb mit drei Brennstoffzellenanlagen (FC) unterschiedlicher Technologie

- Einsatz alkalischer 6,5 kW_{el} AFC zur Stromerzeugung sowie gekoppelt mit einem sog. Hybridsystem zur Fahrzyklen-Simulation von Elektrofahrzeugen. AFC empfindlich infolge Komplexität und hoher Reinheitsanforderung an Einsatzgase (H₂, O₂). Technologieaufgabe des Herstellers zu Gunsten Membran-Technologie (PEMFC)
 - Kraft-Wärme-Kopplungsbetrieb auf elektrische Leistung optimierter phosphorsaurer FC (PAFC) mit Erdgas oder Wasserstoff. Anreicherungsmöglichkeit der Kathodenluft mit Sauerstoff bis auf 50 Vol.% O₂ (normal 21 Vol.%) , dadurch zusätzliche Wirkungsgradverbesserung. Wärmeauskopplung bei ca. 165 °C. Wichtige Langzeit-Betriebserfahrungen, insbesondere (mit über 500 Starts und Stops) auch bei intermittierender Fahrweise
 - Erstmöglicher Demonstratoreinsatz luftatmender 10 kW_{el} FC mit protonenaustauschender Membran (PEMFC) im Serien-Elektrogabelstapler für mobile und stationäre Tests. Weiterverwendung des bereits bei der AFC verwendeten Hybridsystems für Simulation von Fahrzyklen. Wasserstoffversorgung (GH₂-Druckgasbetankung) mittels Metall-Hydridspeicher. Neben Versuchsbetrieb auch Staplereinsatz als Arbeitsgerät auf der Neunburger Anlage
- Erfolgreiche Erprobung/Verbesserung der LH₂-Tankstelle für Pkw. Kupplungsvorgang zwischen Tankstelle und Fahrzeug erfolgt manuell, die LH₂-Umfüllung programmgesteuert. Ergebnis der Betankungsoptimierung: Rückgasfreie (verlustfreie), automatische Betankung von ca. 100 l LH₂ in 3 min., ausreichend für ca. 300 km Pkw-Fahrt (7-er BMW). Folgebetankung sofort möglich. Einsatz dieser Technik in Robot-Tankstelle am Flughafen München
 - Umfangreiche Meßdatenerfassung ist Basis für eine belastbare Auswertung und Dokumentation der vielfältigen Versuchsprogramme. Untersucht werden nicht nur - wie häufig üblich - die Schnittstellen zwischen verschiedenen Anlagensystemen sondern darüber hinaus auch Vorgänge innerhalb der Geräte selbst
 - Abdeckung prinzipiell neuer sicherheitstechnischer Risiken für realisiertes Sicherheitskonzept der Neunburger Anlage nicht erforderlich. Obwohl vielfach Neuland betreten, existierende Vorschriften für sicheren Umgang mit dem in der Industrie seit Jahrzehnten eingeführten Wasserstoff (sowie für andere in der Anlage verwendete Stoffe, wie Erdgas, Sauerstoff, Kohlenmonoxid, Stickstoff, Kalilauge) ausreichend. Mit Genehmigungsbehörden zeitweise (d.h. nicht länger als 24 h) unbeaufsichtigter Betrieb H₂-führender Systeme vereinbart. Unter Einbringung dieser Sicherheitstechnik und der Erfahrung des eingesetzten Personals seit vielen Jahren problemloser, sicherer Betrieb, auch beim in Neunburg gegebenen Einsatz von Prototypen/Neuentwicklungen

Budget, Öffentlichkeitsarbeit

- Trotz Verlängerung des Versuchsbetriebs um 3 Jahre Unterschreitung des genehmigten Budgets
- Neunburger Solar-Wasserstoff-Anlage mit Infozentrum bisher von ca. 130.000 Personen aus über 100 Ländern besucht, darunter viele Fachleute (etwa 35 %)

Übergeordnete praktische Erkenntnisse

- Möglichst zentralisierte Wasserstoff Erzeugung, Speicherung und anschließende energetische Nutzung vorteilhaft für Kostendegression, sicherheitstechnische Ausstattung und optimale Betreuung
- Wasserstoff-Systeme zur Energiewandlung meist nur als Prototypen/Neuentwicklungen erhältlich
- Wegen verfahrenstechnischen bzw. elektrochemischen Charakters der eingesetzten Wasserstoff-Systeme größere Nähe zum verfahrenstechnischen Anlagenbau als zur "regenerativen" Thematik
- Umfang/Komplexität der Anlagenperipherie wird häufig unterschätzt. Wegen Vielzahl notwendiger Betriebsmitteleinrichtungen und Nebensysteme größere Anlagen zu bevorzugen

- Freiluft-Aufstellung größerer Anlagensysteme der Gaserzeugung und -nutzung empfehlenswert
- Viele gelieferte Systeme arbeiteten anfangs nicht zufriedenstellend. Zu Beginn und auch während des Versuchsbetriebs auftretende Probleme sowohl an einzelnen Teilsystemen als auch bei deren Zusammenwirken gelöst. Erarbeitung von z.T. deutlichen Verbesserungen, überwiegend in Zusammenarbeit mit Herstellern/Lieferanten
- Viele Neuentwicklungen von Anlagenteilsystemen mit angestoßen: Einige kristalline Solarzellentechniken (AS Hybrid, HE und BSF), alkalischer Niederdruckelektrolyseur, Gasheizkessel, katalytisches Heizgerät, Absorptionskälteanlage mit katalytisch beheiztem Austreiber, Einsatz alkalischer Druckelektrolyseur, luftatmende PEMFC im Serien-Elektrogabelstapler, kaltziehbare Kupplungssysteme und Pkw-Tanksystem ohne Kryventile für Betankung von LH₂-Versuchsfahrzeugen

Energiewirtschaftliche Einschätzung, Perspektiven

- Idee einer (solaren-) Wasserstoffwelt durch Neunburger Projekt in vielfältiger Weise weitergebracht
- Der langjährige, praxisorientierte Anlagenbetrieb und die geschaffene belastbare Datenbasis aus den Ergebnissen der vielfältigen, seit 1990 laufenden Versuchskampagnen zeigen die technische Machbarkeit einer Energiewirtschaft mit (Solar-) Wasserstoff als Energieträger
- Beginn einer auf Wasserstoff als Energieträger basierenden Energiewirtschaft erst nach erheblichem Ausbau regenerativer Stromerzeugung sinnvoll
- Entscheidung zugunsten eines Langzeitenergiespeichers auf Basis Wasserstoff derzeit nicht akut. Auch in Zukunft wohl weiterhin ausgewogener Energiemix zweckmäßig. Auf längere Sicht ggf. zunehmend gute Chancen für Wasserstoff
- Bei Einsatz von Wasserstoff als Energieträger ist Umweltentlastung möglich, sofern seine Erzeugung im großen Stil auf regenerative Energien abgestützt ist
- Einsatz dieser Technologie außerhalb von Nischen in absehbarer Zeit unrealistisch
- Evtl. Ausnahme aus heutiger Sicht: Verkehr in Ballungsgebieten, d.h. Fahrzeuge, die zur Immissionsentlastung den umweltfreundlichen, gut speicherbaren Wasserstoff verwenden
- Zumindest indirekter Einsatz von Wasserstoff im Rahmen möglicher Veränderungen/Übergangsszenarien der Energieversorgung: Weltweit intensive Bemühungen, zunächst erdgasversorgte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf Basis kommerzieller phosphorsaurer und Karbonatschmelze-Brennstoffzellenanlagen gegenüber Gasmotoren konkurrenzfähig zu machen. Ferner auch große Anstrengungen hinsichtlich klein-stationären Erdgaseinsatzes von Membran- und Festoxid-Brennstoffzellenanlagen
- Zweckmäßigkeit/Notwendigkeit, neben Grundlagenforschung und Entwicklungsvorhaben auch weiterhin technologisch orientierte Demonstrations- und Versuchsprojekte im industriellen Maßstab zur praxisnahen Erprobung von Prototypen mit zugehöriger Peripherie durchzuführen. Weitere Unterstützung der Markteinführung durch derartigen Einsatz von Wasserstoff als Energieträger sinnvoll, unter zunehmender Beachtung der Wirtschaftlichkeit im operativen Einsatz
- Gemäß Bayerischem Wirtschaftsministerium (BStMWVT) wurde mit Förderung des Neunburger Projekts der Grundstein für den Einstieg in die Technologie "Wasserstoff als Energieträger" gelegt; SWB-Projekterkenntnisse bilden ferner die Grundlage für eine Reihe von Folgevorhaben (darunter WIBA, Wasserstoffprojekt Flughafen München, Brennstoffzellenantrieb städtische Nutzfahrzeuge, 1 MW-Photovoltaikanlage Neue Messe München)
- Nutzung des über 13 Projektjahre gewachsenen, breitgefächerten SWB-Know-hows auch bei Konzeption/Abwicklung anderer (Solar-)Wasserstoff-Vorhaben. Erfolgreiche Wiedereingliederung von SWB-Mitarbeitern in Gesellschafterfirmen
- Viele der in Neunburg getesteten Technologien bei den SWB-Gesellschafterfirmen inzwischen an festen Plätzen, mit individuellen Schwerpunkten.