

Das Solar-Wasserstoff-Projekt in Neunburg vorm Wald

SWB
Ein Unternehmen der
Bayernwerk-Gruppe



Schriftenreihe Solarer Wasserstoff

Solar-Wasserstoff-Anlage Nr. 15

Erschienen in VDI Berichte, Nr. 1201, 1995

Sicherheitskonzept der Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald im Hinblick auf den Umgang mit Wasserstoff

Hans Rainer

Zusammenfassung

Auf der Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald wird die elektrische Energie photovoltaisch erzeugten Stroms in chemische Form als Wasserstoff umgewandelt, gespeichert und daraus wieder Strom und Wärme erzeugt [1]. Daneben werden an einer Tankstelle verschiedene Systeme zur Fahrzeugbetankung mit Flüssigwasserstoff erprobt [2].

Gegen die vom Wasserstoff ausgehenden Gefahren wurden konstruktive Vorkehrungen bei der Errichtung der Anlagen und Gebäude getroffen, die durch Überwachungs- und Sicherheitseinrichtungen sowie betriebliche Maßnahmen ergänzt werden.

Einleitung

Bis zum Jahr 2000 werden die Gesellschafter der Solar-Wasserstoff-Bayern GmbH (SWB) - Bayernwerk, BMW, Linde und Siemens - mit Unterstützung des Bundesforschungsministeriums und des Bayerischen Wirtschaftsministeriums ca. 140 Millionen DM in das Demonstrationsprojekt Neunburg vorm Wald investiert haben. Neben Photovoltaik werden Systeme einer auf Wasserstoff basierenden Energiezukunft in praxisorientierter Größenordnung getestet (Abb. 1) [3,4,5,6].

In die Planung der Sicherheitsmaßnahmen flossen die Erfahrungen der Gesellschafter aus dem Betrieb von Kraftwerken, chemischen Anlagen und kryogenen Tanksystemen ein. Diese Maßnahmen wurden in Abstimmung mit dem TÜV Bayern Sachsen und den Genehmigungsbehörden festgelegt.

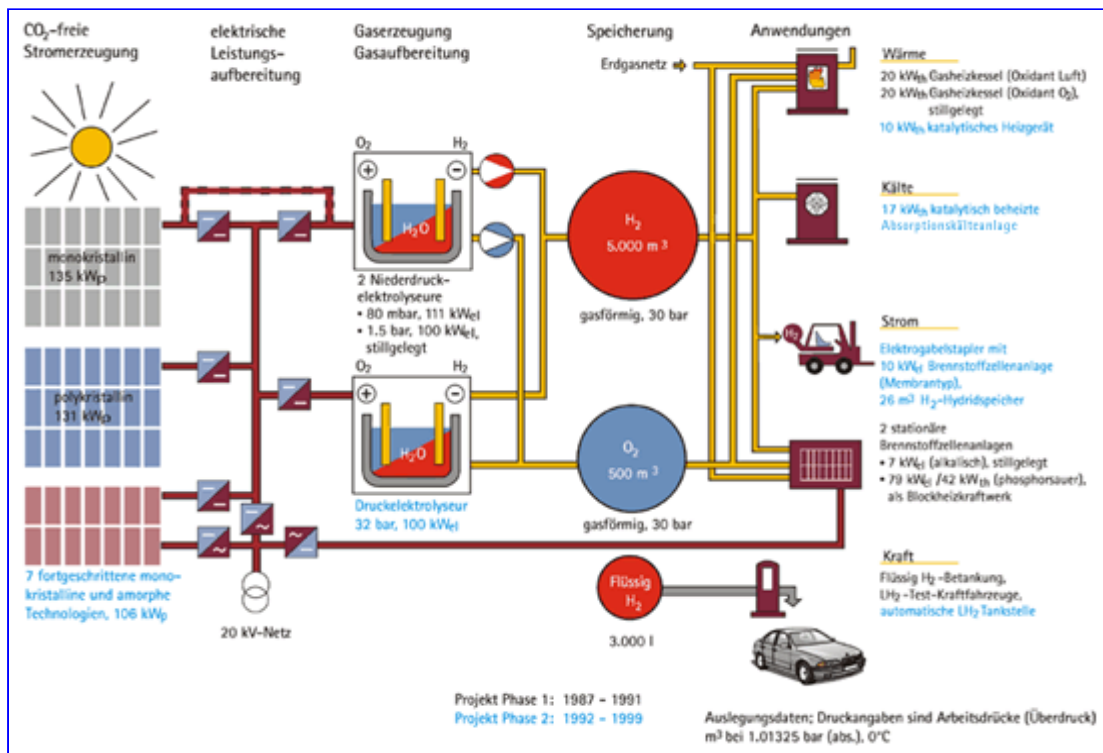


Abbildung 1: Übersichtsschema Gesamtanlage

1. Sicherheitstechnische Voraussetzungen

Das Betriebskonzept sieht eine Besetzung der Anlage mit Personal nur werktags vor, in den Monaten November mit Februar mit einer Schicht, in den Monaten März mit Oktober mit zwei Schichten. Lediglich für besondere Versuchskampagnen ist die Anlage rund um die Uhr besetzt, da nach bisherigen Vereinbarungen mit den Behörden kein unbeaufsichtigter "Wasserstoffbetrieb" erfolgt.

Unter diesen Voraussetzungen wurde aus Objektschutz- und Frostschutzgründen die Unterbringung der meisten Wasserstoffkomponenten im Betriebsgebäude vorgesehen. Im Freien errichtet wurden die Tankstelle und das Gaslager sowie die Kälteanlage, ein auf Wasserstoffbetrieb modifiziertes Gerät der Klimatechnik, das nur für Außenanstellung konzipiert ist. Der Elektrogabelstapler mit Brennstoffzellenantrieb und Hydridspeicher wird sowohl im Freien, als auch stationär in der Betriebshalle getestet (Abb.2).

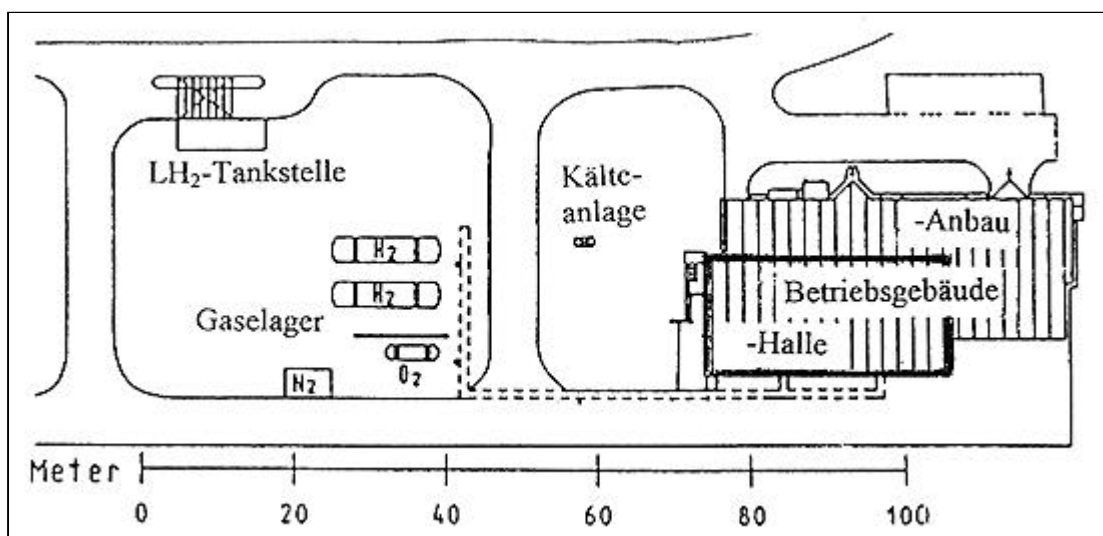


Abbildung 2: Lageplanausschnitt

Die Einbeziehung einschlägiger technischer Regeln in das Sicherheitskonzept, der Unfallverhütungsvorschriften sowie der Ex-Schutzrichtlinien der chemischen Industrie bei Planung, Errichtung und Betrieb der Solar-Wasserstoff-Anlage ist ebenso selbstverständlich, wie die Berücksichtigung der sicherheitsrelevanten Eigenschaften der in der Solar-Wasserstoff-Anlage gehandhabten Gase und Flüssigkeiten wie Erdgas, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Stickstoff und Kalilauge.

Bei dem hier betrachteten Wasserstoff sind dies vor allem:

- Seine geringe Dichte und niedrige Viskosität erhöhen die Gefahr von Leckagen. Der Zündgrenzenbereich von Wasserstoff in Luft ist groß, weshalb einerseits geringe Anreicherungen in Luft bzw. Sauerstoff zur Zündung führen können, andererseits die Verunreinigung von Wasserstoff mit Luft bzw. Sauerstoff vermieden werden muß.
- Aufgrund der niedrigen Zündenergie kommt der Vermeidung von Zündquellen eine wesentliche Bedeutung zu.
- Das Emissionsverhalten der Wasserstoffflamme ist bei Flammenüberwachungseinrichtungen zu berücksichtigen.

Da von Beginn an feststand, daß die hier in Frage kommenden Komponenten der Wasserstoffherzeugung und -anwendung den VDE-Anforderungen für das Errichten in Ex-Schutzzone 1 nicht entsprechen, mußten Umgebungsbedingungen geschaffen werden, die eine Klassifizierung nach Zone 2 oder niedriger erlauben, d.h. daß explosionsfähige Atmosphäre nur selten und dann nur kurzzeitig auftritt.

2. Primäre Sicherheitsmaßnahmen

Die primären Sicherheitsmaßnahmen haben zum Ziel, die Störfallursachen auszuschließen, d.h. jede Bildung eines zündfähigen Gemisches aus Wasserstoff und Luft bzw. Sauerstoff zu vermeiden.

Dazu wird der Wasserstoff in den verfahrenstechnischen Komponenten durch geeignete konstruktive Maßnahmen und durch Verwendung bewährter Werkstoffe möglichst sicher eingeschlossen.

Von der Planung bis zur Inbetriebsetzung der Anlagenteilsysteme wurden Maßnahmen gemäß einem Qualitätssicherungshandbuch durchgeführt, z.B. Prüfung von Fertigungsunterlagen, Inspektionen beim Auftragnehmer, zerstörungsfreie Prüfungen an Schweißnähten, Druck- und Dichtheitsprüfungen sowie Begehung nach Montage und Inbetriebsetzung durch einen Sachverständigen. Zur Festlegung von qualitätssichernden Vorgaben an die Auftragnehmer wurden technische Spezifikationen erstellt.

Diffuse Leckagen wurden durch konstruktive Maßnahmen vermieden. Im wesentlichen sind dies die Bevorzugung von Schweißverbindungen, der Einsatz von Faltenbalgarmaturen und Verdichtern mit Magnetkupplung sowie die gezielte Entlüftung ins Freie.

Um die Bildung von zündfähigen Gemischen durch das Eindringen von Luft in wasserstoffführende Komponenten zu verhindern, werden diese ständig unter Überdruck gehalten. Besonders kritische Stellen, wie die fast überdrucklosen Saugleitungen der ersten Verdichterstufen, werden durch MSR-Technik kontinuierlich redundant und diversitär überwacht.

In den Elektrolyseuren und der phosphorsauren Brennstoffzelle (PAFC) ist eine geringe gegenseitige Verunreinigung der beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff bzw. Luft auch im bestimmungsgemäßen Betrieb gegeben. Bei Betriebsstörungen kann es jedoch zur Vermischung der beiden Gase kommen. Auch hier sorgt redundante und diversitäre MSR-Technik dafür, daß eine solche Störung rechtzeitig erkannt und die Bildung eines zündfähigen Gemisches verhindert wird.

Brennerüberwachungseinrichtungen dienen ebenfalls dazu, gefährliche Ansammlungen zündfähiger Gasgemische zu verhindern. Sie mußten bei den Gasheizkesseln und beim

Reformer der PAFC-Anlage auf den Betrieb mit Wasserstoff-Erdgas-Gemischen umgerüstet werden. Bei den katalytisch beheizten Geräten wurde die Flammenüberwachung durch eine Temperaturüberwachung ersetzt.

Die Anordnung der verfahrenstechnischen Systeme auf dem Betriebsgelände und in den Gebäuden soll größere Gasansammlungen verhindern, falls es trotz der vorgenannten Maßnahmen zu einem Wasserstoffaustritt kommen sollte.

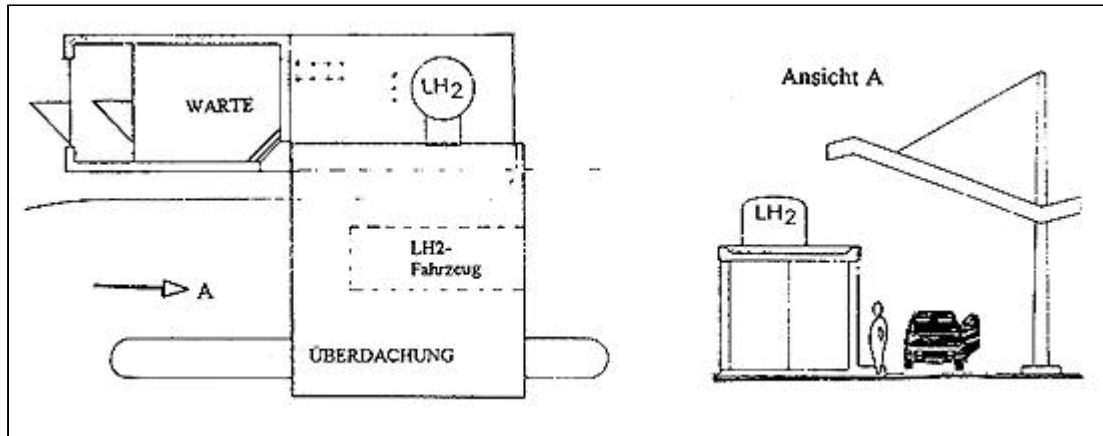


Abbildung 3: Skizzen der Flüssigwasserstoff-Tankstelle

Die verfahrenstechnischen Komponenten der Flüssigwasserstoff-Tankstelle sind im Freien aufgestellt, da Leckagen wegen der sofortigen Verdampfung der Flüssigkeit zur Bildung entsprechender Gasmengen führen. Für Frostschutz ist nur minimaler Aufwand erforderlich, gegen unbefugte Bedienung ist die Anlage durch einen Gitterzaun geschützt, der die Belüftung nicht behindert. Das Regenschutzdach ist so ausgebildet, daß eventuell austretender Wasserstoff sich nicht darunter ansammeln kann (Abb.3).

Die Kabeldurchführungen zur Warte der Tankstelle sind gasdicht ausgeführt, auch das Fenster von dem aus der Betankungsvorgang beobachtet werden kann. Der Zugang zur Warte liegt außerhalb der Ex-Zone, ebenso wie die Ansaugung der Lüftung, mit der die Warte auf Überdruck gehalten wird.

Wegen der im Störfall möglichen Freisetzung großer Gasmengen erfolgt die Druckgasspeicherung des Wasserstoffs im Freien, in ausreichendem Abstand zu Tankstelle und Betriebsgebäude. Die verbindenden Rohrleitungen zwischen dem Gaselager und dem Betriebsgebäude wurden in einem mit Gitterrosten abgedeckten, d.h. nach oben offenem Rohrkanal, verlegt.

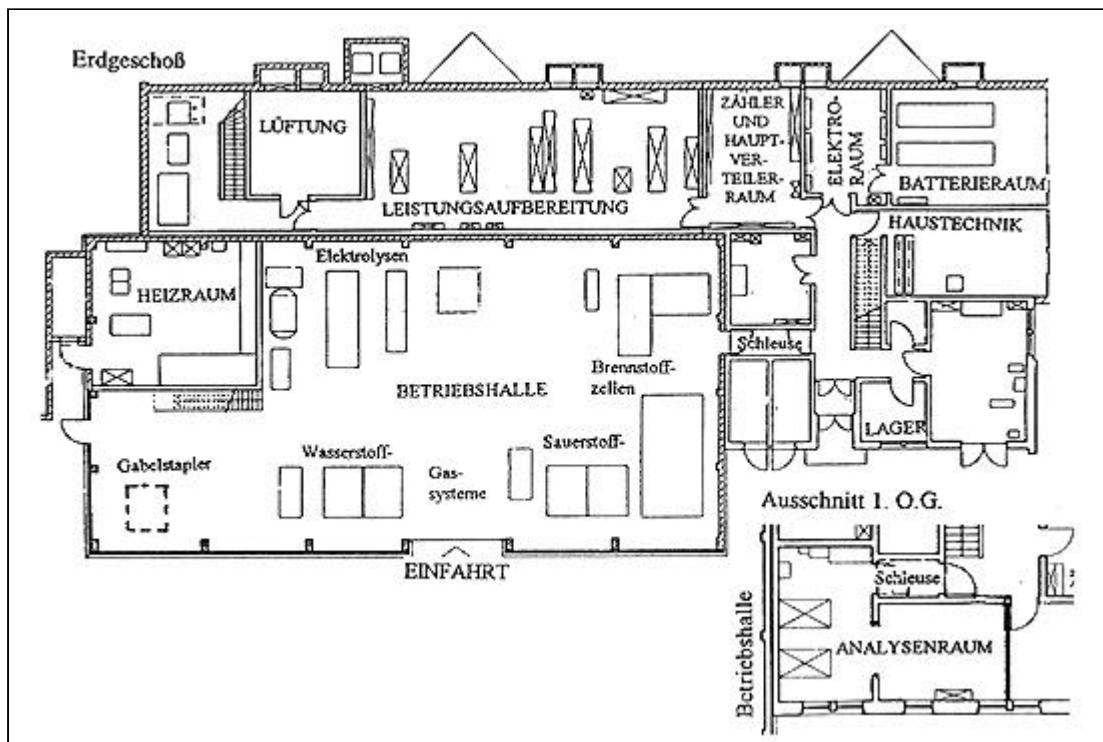


Abbildung 4: Aufstellungsplan Betriebsgebäude

Das Betriebsgebäude besteht aus zwei Gebäudeteilen, der Betriebshalle und dem Anbau. Die wasserstofführenden, verfahrenstechnischen Systeme sind in der zum Anbau gasdicht und feuerhemmend abgeschotteten Betriebshalle angeordnet. Die Versuchsheizkessel und das katalytische Heizgerät sowie der Hausheizkessel wurden in einem von der Betriebshalle durch gasdichte und feuerhemmende Wände abgetrennten Raum untergebracht. Der einzige Zugang zu diesem Heizraum erfolgt von außen. Der Zugang vom Anbau zur Betriebshalle erfolgt durch eine Schleuse, in der ein leichter Überdruck den Gasübertritt aus der Betriebshalle in den Anbau verhindert. Kabel- und Rohrleitungsdurchführungen zwischen den beiden Gebäudeteilen sowie zwischen Heizraum und Betriebshalle sind wegen der unterschiedlichen Ex-Zonen gasdicht ausgeführt.

Zur Verhinderung größerer Wasserstoffansammlungen in Betriebshalle und Heizraum zählt vor allem, daß bei Überschreiten einer bestimmten Gaskonzentration die Wasserstoffzufuhr durch redundante Schnellschlußarmaturen sicher unterbrochen wird. Ausreichende Belüftung ist bei Wasserstoff-Anlagen in geschlossenen Räumen eine wichtige primäre Sicherheitsmaßnahme.

Das Lüftungskonzept für die Betriebshalle basiert auf der Untersuchung der hypothetischen Störfälle, Leckagen über diffuse Quellen sowie Leitungsbruch während Wasserstoff-Produktion und während Anlagenstillstand unter Betriebsdruck.

Die natürliche Belüftung der Betriebshalle wird unterstützt durch eine Dauerentlüftung über Windleitflächenlüfter an der Firstseite des um 15° geneigten Pultdaches. Sie reicht aus, um Wasserstofffreisetzungen aus diffusen Leckagen oder aus dem maximalen bei Anlagenstillstand eingeschlossenen Volumen abzuführen.

Die Zwangsbelüftung der Tankstellenwarte wurde bereits erwähnt. Im Betriebsgebäude werden u.a. die Räume zwangsbelüftet, die gasführende Komponenten enthalten. Unter dem Aspekt der Anlagensicherheit haben die Lüftungstechnischen Anlagen folgende Aufgaben: sie sollen bei Gasleckagen die Bildung toxischer oder explosibler Atmosphären verhindern und deren Verschleppen vermeiden. Letzteres gilt für die bereits erwähnte Schleuse zwischen Betriebshalle und Anbau und für die Schleuse zum Analysenraum im Anbau.

Über die Zwangsbelüftung der Betriebshalle kann an den beiden Längsseiten Luft im unteren Bereich eingeblasen, walzenförmig verwirbelt und oben abgesaugt werden, so daß austretender Wasserstoff schnell mit Luft vermischt und ins Freie geblasen wird. Bei Gasproduktionsbetrieb werden die Ventilatoren von Hand auf halbe Drehzahl geschaltet.

Beim Ansprechen eines Alarms der Gaswarnanlage (siehe unten) werden die Zu- und Fortluftventilatoren automatisch auf maximale Drehzahl geschaltet. Die Luftvolumenströme entsprechen dann den Explosionsschutz-Richtlinien zum schnellen Abbau explosionsfähiger Atmosphären. Die Funktion der Ventilatoren wird durch Differenzdruckmessung überwacht und jeder Ausfall an die Warte gemeldet. Die Wartung der Lüftungsanlagen erfolgt nur bei Stillstand der Gasproduktion.

Der Heizraum besitzt einen eigenen Fortluftventilator; die infolge Unterdruck angesaugte Außenluft wird in Bodennähe zugeführt, die Fortluft wird unter der Decke abgesaugt und ins Freie geblasen. Beim Ansprechen eines Alarms der Gaswarnanlage wird der Ventilator auch hier auf maximale Leistung geschaltet. Der Anbau besitzt eigene Zu- und Fortluftventilatoren; sie dienen überwiegend der Raumklimatisierung und Abfuhr von Wärmelasten elektrotechnischer Komponenten. In Analysenraum, Batterieraum und Haustechnikraum (mit Erdgas übergabestation) sind die Luftströme so bemessen, daß die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre im Raum vermieden wird.

Die Gaswarnanlage hat die Aufgaben, Gaskonzentrationen mit stationären Meßköpfen zu überwachen, bei gefährlichen Gaskonzentrationen optisch und akustisch in den überwachten Räumen und in der Warte zu warnen und mit Hilfe der Sicherheitsleittechnik automatische Gegenmaßnahmen einzuleiten, die die Bildung zündfähiger Gemische verhindern sollen.

Neben Betriebshalle und Heizraum werden noch überwacht: der Analysenraum, der Haustechnikraum, die Schleusen zu Betriebshalle und Analysenraum, sowie Warte und Zufahrt der Flüssigwasserstoff-Tankstelle. Die Anordnung der Meßköpfe erfolgt nach ihren Funktionen: Raumluftüberwachung zur Detektion brennbarer Gase (Wasserstoff und Erdgas) und Objektüberwachung wegen möglicher Personengefährdung durch Sauerstoffanreicherung oder -mangel sowie toxischem Kohlenmonoxid. Neben den Ex-Meßköpfen zur Raumluftüberwachung wurden noch sogenannte Wasserstoff-Versuchssensoren installiert, die keine Gegenmaßnahmen auslösen, aber bereits bei Werten weit unterhalb der unteren Explosionsgrenze alarmieren und so das Betriebspersonal frühzeitig auf Störungen aufmerksam machen.

Die Aufteilung der Sensoren auf die einzelnen Räume ist auf einer Anlagenüberwachungstafel in der Warte dargestellt. Beide Grenzwerte aller Sensoren werden einzeln angezeigt, so daß Ort und Ausmaß einer Störung vom Personal sofort erkannt werden. Darüber hinaus ist der Betriebszustand der Lüftung in den überwachten Räumen ersichtlich (Abb.5).

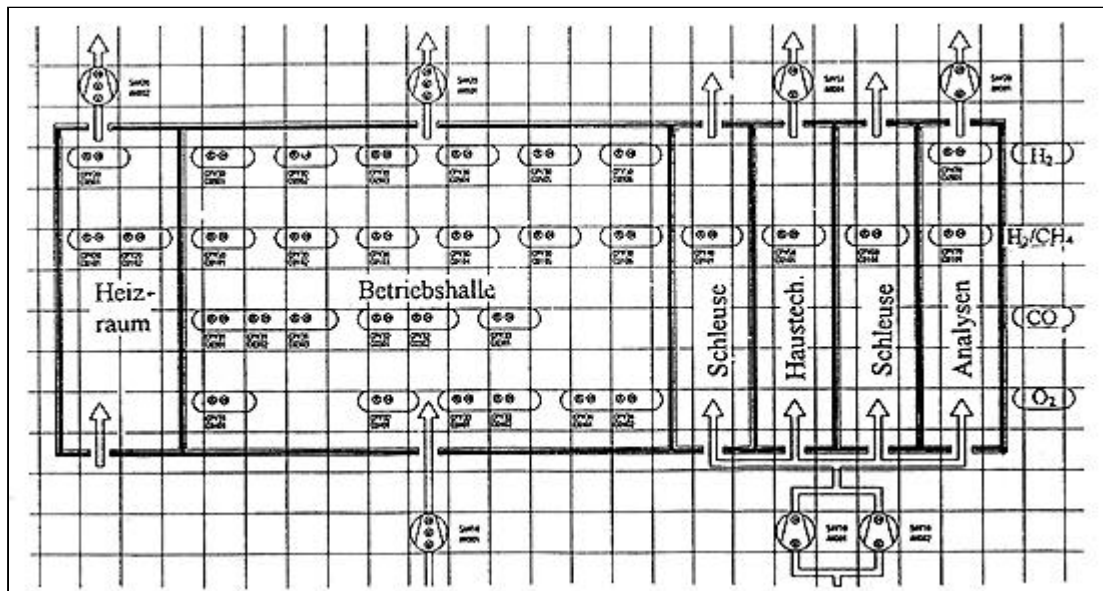


Abbildung 5: Teilansicht Anlagenüberwachung

Durch Inertisierung, das heißt Spülen mit Stickstoff, kann in Störfällen sowie bei Stillstand und Revision der Anlage oder Teilen davon die Bildung explosibler Gemische verhindert werden. Dafür wurden im Gaselager als Stickstoff-Vorratsbehälter ein Flüssigstickstofftank und als Back-up Flaschenbündel angeordnet; eine Ringleitung sorgt für die Verteilung innerhalb der Betriebshalle. Durch Schlauchanschlüsse, deren Verbindung bei Bedarf von Hand hergestellt

wird, oder prozeßgesteuert durch feste Anschlüsse, wird der benötigte Stickstoff in die Systeme eingebracht.

Die Lagermenge im Flüssigwasserstofftank wird überwacht. Bei Unterschreiten eines Mindestinhalts wird eine Gefahrenmeldung zur Warte oder, bei unbesetzter Anlage, an die Warte des Kraftwerks Schwandorf abgesetzt. Stickstoff dient z.B. als sicherer Ersatzstoff für das Prozessgas und als Wärmeträger für den unbeaufsichtigten sogenannten "Hot Stand By"-Betrieb der PAFC-Anlage.

An der Flüssigwasserstoff-Tankstelle wird Helium zum Inertisieren derjenigen Anlagenteile verwendet, bei denen durch die niedrige Betriebstemperatur Stickstoff ausfrieren würde, und dadurch Betriebsstörungen verursacht werden könnten.

3. Sekundäre Maßnahmen

Bei den sekundären Maßnahmen handelt es sich um die Vermeidung von Zündquellen jeder Art. Daß in allen gefährdeten Bereichen der Anlage Rauchen und offenes Feuer verboten sind, ist selbstverständlich. Als mögliche Zündquellen kommen darüber hinaus vor allem elektrisch oder mechanisch erzeugte Funken in Frage.

Gemäß Ex-Schutz-Klassifizierung müssen deshalb alle elektrischen Betriebsmittel innerhalb der Betriebshalle für den Einsatz in Zone 2, Explosionsgruppe II C und Temperaturklasse T1 geeignet sein, d.h. betriebsmäßig dürfen keine Funken, Lichtbogen oder Temperaturen über der Zündtemperatur des brennbaren Stoffes entstehen.

Im Gaselager wurde im Bereich von 5 m um die beiden Wasserstoffbehälter eine Schutzzone festgelegt, innerhalb der Ex-Zone 1 gilt, also noch höhere Anforderungen an die elektrischen Betriebsmittel zu stellen sind.

Im Bereich der Flüssigwasserstoff-Tankstelle gilt Zone 1 im Umkreis von 3 m um die Armaturen des Standtanks und Zone 2 im Umkreis von 5 m um den Füllausfluß am Kraftfahrzeug.

Der elektrische Potentialausgleich zur Vermeidung von Funkenüberschlägen zwischen Anlagenteilen und Erde oder Anlagenteilen untereinander wird durch Verbinden aller elektrisch leitenden Komponenten mit einem Erdungsnetz realisiert, das zur Sicherstellung eines minimalen Erdungswiderstandes an die Gebäudebewehrung angebunden ist.

Kleinere Wartungsarbeiten werden während des Anlagenbetriebs nur mit funkenarmem Werkzeug ausgeführt, bei gleichzeitiger Kontrolle der Umgebung auf brennbare Gase durch tragbare Warngeräte.

4. Tertiäre Maßnahmen

Für den Fall des Versagens der primären als auch der sekundären Maßnahmen gilt es, das Ausmaß der Störfallfolgen möglichst gering zu halten.

Die Brandschutzmaßnahmen wurden in Abstimmung mit der örtlichen Feuerwehr und dem Bayerischen Landesamt für Brand- und Katastrophenschutz getroffen. Die Versorgung der Anlage mit Löschwasser geschieht durch die Trinkwasserversorgungsleitung der Stadt Neunburg vorm Wald und das Feuerlöschnetz auf dem Betriebsgelände; die Entnahme erfolgt durch Überflurhydranten. Zur Kühlung der Wasserstoff- und Sauerstoffbehälter ist für den Brandfall im Gaselager ein Berieselungssystem nach den Anforderungen der TRB 610 installiert. Die Betätigung erfolgt von Hand.

Zwischen dem Sauerstoff- und den Wasserstoffbehältern wurde eine ausreichend hohe Schutzwand errichtet, um den Schutzabstand von 10 m auf 5 m verringern zu können.

Das Betriebsgebäude hat zwei Brandabschnitte, die Betriebshalle und den Anbau. Die Betriebshalle ist in zwei, der Anbau in elf Unterabschnitte geteilt, die entsprechend den

baulichen Brandschutzvorschriften voneinander getrennt sind.

Das Betriebsgebäude ist mit Brandmeldern unterschiedlicher Meßprinzipien ausgerüstet, die in Räumen mit hoher Brandlast und in den kabelführenden Doppelböden angeordnet sind und deren Ansprechen auf einer Überwachungstafel in der Warte gemeldet wird. Wenn kein Personal auf der Anlage ist, geht eine Meldung an die ständig besetzte Warte des ca. 25 km entfernten Kraftwerks Schwandorf. Dort werden anhand eines festgelegten Notfallplans die weiteren Schritte eingeleitet.

Entlastungsflächen der Betriebshalle sollen im Fall der Zündung eines brennbaren Gasmisches den Druckaufbau verringern. Dazu sind die Einzelfenster im nordseitigen Fensterband oben angeschlagen und werden unten von Haftmagneten mit einer definierten Anzugskraft gehalten, die bereits bei geringem Druckaufbau öffnen. Als weitere Entlastungsfläche gilt die großflächige Verglasung im Bereich des Einfahrtstores. Um die Richtung der Druckentlastung vorzugeben, wurden die Wandflächen zum Anbau in Ortbeton stabiler als die Außenwände aus vorgehängten Betonfertigteileplatten ausgeführt; diese wiederum sind fester als die Dachdecke aus Gasbetonplatten mit Dachziegeleindeckung.

Die Fluchtwege im Betriebsgebäude wurden mit den zuständigen Organen festgelegt. Die Beschilderung ist durch eine Notbeleuchtung auch bei Stromausfall erkennbar .

5. Übergeordnete Maßnahmen

Die Sicherheitsleittechnik wurde bereits erwähnt. Über diese festverdrahtete fehlersichere Relaissteuerung werden sicherheitsrelevante Funktionen verwirklicht. Die Sicherheitsleittechnik verarbeitet sicherheitsrelevante Signale der Überwachungseinrichtungen, der Anlagenteilsysteme und der Nebensysteme. Sie löst Meldungen an das Betriebspersonal oder, bei unbesetzter Anlage, an das Kraftwerk Schwandorf aus. Als Gegenmaßnahmen werden von ihr automatisch u.a. Maximierung der Zwangsbelüftung und die Abschaltungen von Anlagenteilsystemen und Stromversorgungen ausgelöst (Abb.6). Die Sicherheitsleittechnik hat stets Vorrang vor der Prozeßleittechnik.

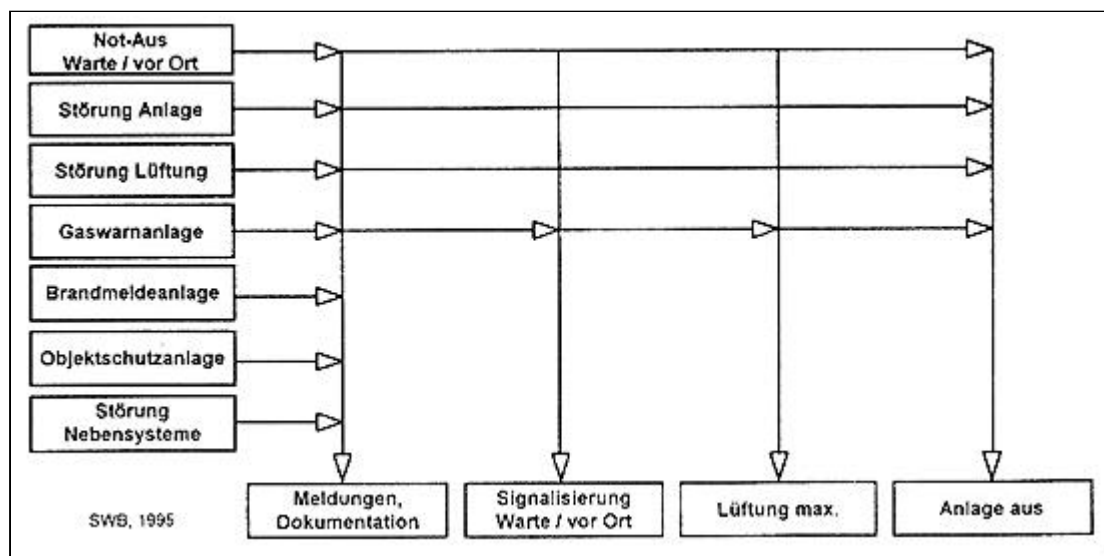


Abbildung 6: Prinzipmatrix der Sicherheitsleittechnik

Die Leittechnik sowie die sicherheitsgerichteten elektrischen Einrichtungen sind an die unterbrechungsfreie Stromversorgung angeschlossen. Ein Netzausfall wird über die Sicherheitsleittechnik bei unbesetzter Anlage an die Warte des Kraftwerks Schwandorf gemeldet. Die Batteriekapazität ist so ausgelegt, daß ausreichend Zeit zur Installation eines Notstromaggregats bleibt.

Armaturen mit Sicherheitsfunktionen wirken im fail-safe-Prinzip, d.h. bei Hilfsenergieausfall gehen sie durch Federkraft selbsttätig in ihre Sicherheitsstellung; dadurch kann z.B. die Notstromversorgung des Instrumentenluftverdichters entfallen.

In den Betriebshandbüchern sind Sicherheitsmaßnahmen ausgeführt, die nicht automatisch, sondern vom Betriebspersonal ausgeführt werden, sowie Anleitungen für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, die einen sicheren Anlagenbetrieb gewährleisten sollen. Ferner existieren Betriebsanweisungen für das Verhalten bei Unfällen und anderen Gefahrensituationen.

Schulungen während der Inbetriebsetzung von Anlagenteilsystemen und regelmäßige Belehrungen über sicheres Verhalten auf der Anlage sind Teil der Ausbildung des Betriebspersonals.

Nur nach dem Arbeitserlaubnisverfahren mit Freischaltschein dürfen Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden, bei denen die Gefährdung von Personen oder die Beeinträchtigung der Anlagensicherheit nicht ausgeschlossen werden kann. Im Freischaltschein sind sowohl die Sicherheitsmaßnahmen aufgezählt, die vor Beginn der Arbeiten auszuführen sind, als auch diejenigen, die zur sicheren Wiederinbetriebsetzung erforderlich sind.

Wiederkehrende Prüfungen zum Schutz der Beschäftigten und Dritter sind teils vom Gesetzgeber, teils von der Berufsgenossenschaft vorgeschrieben. Dazu zählen unter anderem die Prüfungen nach der Druckbehälterverordnung, Prüfungen der elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen nach der "Elex V", die Prüfung der gasführenden Systeme auf Dichtheit und die Prüfung der Gaswarngeräte. Diese Prüfungen werden - den Anforderungen entsprechend - von den Sachverständigen des zuständigen Technischen Überwachungsvereins, über Wartungsverträge von Fachfirmen, von der Instandhaltungsabteilung des Kraftwerks Schwandorf oder vom Betriebspersonal der Solar-Wasserstoff-Anlage ausgeführt.

Routinemäßige Kontrollen des Betriebspersonals, z.B. auf sichtbare und hörbare Leckagen hin, ergänzen die vorgeschriebenen Prüfungen.

6. Fazit

Mit dem für die Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald entworfenen Sicherheitskonzept und den danach durchgeführten Maßnahmen mußten keine prinzipiell neuen sicherheitstechnischen Risiken abgedeckt werden. Für den sicheren Umgang mit dem seit Jahrzehnten eingeführten Wasserstoff - auch in flüssiger Form - reichen die existierenden Vorschriften zumindest für industrielle Anwendungen aus.

Die im bisherigen Anlagenbetrieb gemachten Erfahrungen ergaben keinen Anlaß, das Konzept in Richtung zu noch mehr Sicherheit zu verändern. Die Anforderungen, Verletzungen der auf der Anlage anwesenden Personen, Beschädigung von Objekten und Beeinträchtigungen der Umwelt zu verhindern, konnten erfüllt werden.

Literatur

- [1] A. Szyszka: Regenerative Energieversorgung am Beispiel des SWB-Projekts Neunburg vorm Wald, unter besonderer Berücksichtigung von Brennstoffzellenanlagen, VDI-Berichte Nr. 1174, 1995.
- [2] A. Szyszka, J. Tachtler: Flüssiger Wasserstoff fürs Automobil, ENERGIE, Jg. 44, Nr. 12, Dezember 1992.
- [3] T. Dietsch: Solare Ernte in der Oberpfalz, ENERGIE, Jg. 46, Nr. 4, April 1994.
- [4] Dr. N. Römer, K. Hoelzner, H. Schüle: Erfahrungen mit einem SPE-Elektrolyseur und einem fortgeschrittenen alkalischen Elektrolyseur der 100 kW Klasse im SWB-Projekt, VDI-Berichte Nr. 912, 1992.
- [5] K. Hoelzner, G. Schimpf, A. Szyszka: Phosphorsaure Brennstoffzellenanlage im Versuchsbetrieb, LINDE Berichte aus Technik und Wissenschaft Nr. 72/1994.
- [6] K. Hoelzner, A. Szyszka: Heizen mit Wasserstoff-Erdgas-Gemischen, ENERGIE, Jg. 45, Nr. 6, Juni 1993.