

# EMPFEHLUNGEN ZUR H<sub>2</sub>- PRODUKTION

In der Schweiz wurden in den letzten Jahren mehrere Wasserstoffproduktionsanlagen gebaut und in Betrieb genommen. Sowohl Planung, Umsetzung wie auch Betrieb dieser Anlagen stellen Unternehmen vor Herausforderungen. In diesem Artikel werden Themen und Empfehlungen dargestellt, die den aktuellen Betreibern von Wasserstoffproduktionsanlagen als zentral erscheinen und zum Teil zu wenig beachtet werden. Die Erfahrungen werden von Mitgliedern des Vereins der H<sub>2</sub> Produzenten präsentiert.

*Zoe Stadler, Geschäftsführerin Verein der H<sub>2</sub> Produzenten, IET Institut für Energietechnik, OST – Ostschweizer Fachhochschule Arbeitsgruppe Technik, Verein der H<sub>2</sub> Produzenten*

## RÉSUMÉ

### RECOMMANDATIONS RELATIVES À LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE

Les installations de production d'hydrogène récemment mises en service en Suisse ont mis en évidence l'importance d'une planification précoce et d'une coordination structurée pour maîtriser les défis liés à la conception, à la réalisation et à l'exploitation. Il est recommandé de prévoir une flexibilité suffisante, notamment en termes d'espace et de configuration des installations, afin de faciliter des adaptations futures.

Pour renforcer la résilience des projets, plusieurs débouchés doivent être développés dans différents secteurs (mobilité, industrie, vente directe de gaz). Enfin, il est conseillé de préparer simultanément et suffisamment tôt les contrats EPC et de maintenance afin d'éviter d'éventuelles lacunes. Ces recommandations proviennent du Groupe de travail technique de l'Association des producteurs de H<sub>2</sub>.

L'Association des producteurs de H<sub>2</sub> se réjouit d'accueillir de nouveaux membres qui souhaitent faire avancer ensemble la transition énergétique et le secteur de l'hydrogène :

[www.h2produzenten.ch](http://www.h2produzenten.ch)

## EINLEITUNG

In der Schweiz wurden in den letzten Jahren mehrere Wasserstoffproduktionsanlagen in Betrieb genommen (z.B. Fig. 1-4). Dabei konnten wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Wertvoll deshalb, da Planung, Umsetzung und Betrieb dieser Anlagen sehr herausfordernd sind. Nachfolgend werden Themen vorgestellt, die für Bau und Betrieb von H<sub>2</sub>-Produktionsanlagen zentral sind. Identifiziert hat sie die *Arbeitsgruppe (AG) Technik des Vereins der H<sub>2</sub> Produzenten*.

## FLEXIBILITÄT IM ANLAGENBETRIEB

Der wirtschaftliche Betrieb einer Wasserstoffproduktionsanlage ist kein Selbstläufer. Umso wichtiger ist es, in der Planung genug Flexibilität einzubauen, um auf sich ändernde Rahmenbedingungen reagieren zu können:

### STANDORTWAHL

Werden bei der Standortevaluation für eine H<sub>2</sub>-Produktionsanlage nicht nur aktuelle, sondern auch künftig mögliche Rahmenbedingungen betrachtet, kann beim Betrieb einer Anlage flexibler auf Veränderungen reagiert werden. Dies ist empfehlenswert,

*Kontakt: Z. Stadler, [zoe.stadler@h2produzenten.ch](mailto:zoe.stadler@h2produzenten.ch)*

**TITELFOTO**

Wasserstoffproduktionsanlage der Axpo und Rhienergie beim Wasserkraftwerk Reichenau in Domat/Ems.  
(© Axpo)

da sich der Wasserstoffmarkt und die Möglichkeiten des Wasserstofftransports dynamisch entwickeln: Was heute gilt, kann morgen bereits wieder anders sein. Werden bei der Auslegung der Anlage nur die spezifischen Anforderungen der Zulieferer berücksichtigt, kann dies bei einem späteren Technologiewechsel oder auch bei neuen regulatorischen Anforderungen zu Schwierigkeiten und erheblichen Mehrkosten führen.

Damit ein Betrieb flexibel bleiben kann, empfiehlt die AG Technik, von Anfang an ausreichende Flächenreserven vorzusehen, um allfällige Erweiterungen und Änderungen vornehmen zu können. Das Layout soll so gestaltet werden, dass Anpassungen ohne Grundsatzumbau möglich sind. Dies heisst, genügend Raum für neue Wasserstoffspeicher und zusätzliche Lade- und Entladepunkte einzuplanen. Dies gilt auch für die Wasserstofflogistik: So können auch grössere Trailer beladen werden als im Projektentwurf vorgesehen. Gleichzeitig ist aber darauf zu achten, dass beim anfänglichen Projekt nur die minimal notwendigen Komponenten realisiert werden, sodass die Kosten einen ökonomischen Betrieb ermöglichen.

Diese Flexibilität in den Platzverhältnissen und im Anlagenlayout ist in der Baugenehmigung entsprechend festzuhalten, sodass spätere Änderungen rechtlich zulässig sind. Hierzu ist auch frühzeitig mit der Gemeinde, den Stromnetzbetreibern sowie auch Logistikern Kontakt aufzunehmen, um die Möglichkeit von Ausbau- und Anpassungsoptionen zu klären.

**ABSATZMARKT**

Die Energiewende bringt viele Unsicherheiten mit sich. Betroffen davon sind Energieversorger, Industrie, Logistik, Politik und letztlich die Gesellschaft. Entsprechend zurückhaltend zeigen sich viele Akteure in Bezug auf langjährige Verträge. Aber gerade die dadurch gewonnene Absicherung der Wirtschaftlichkeit wäre für Wasserstoffproduktionsanlagen wünschenswert. Zudem schwankt die Absatzentwicklung stark und ist regional sehr unterschiedlich.

Um die Abhängigkeit von einem Abnehmer zu reduzieren, sind deshalb von Anfang an mehrere Absatzkanäle zu entwickeln – idealerweise auch über mehrere Sektoren hinweg. So ist zu empfehlen, den Wasserstoff sowohl für Mobilität, Industrie wie auch für Gashändler bereitzustellen. Zudem können Optionen wie eine Rückverstromung mittels Wärme-Kraft-Kopplung oder auch ein *Blending* mit anderen Gasen das Risiko etwas abfedern. Letztendlich gilt es, Abnehmer zu

finden, die zu attraktiven Logistikkosten beliefert werden können.

Vertraglich flexible *Off-Take*-Modelle können die H<sub>2</sub>-Abnahme attraktiver gestalten – mit Staffelpreisen, Abnahmefenstern und verschiedenen Abnahmoptionen. Auch sollten bei frühzeitiger Planung die Logistik- und Speicherlösungen so ausgelegt werden, dass Marktverschiebungen abgedeckt werden können. Hierbei helfen die Möglichkeit, unterschiedliche Trailer für den H<sub>2</sub>-Transport



Fig. 1 Wasserstoffproduktionsstätte der Groupe E an der Schifflenenstaumauer.



Fig. 2 Wasserstoffproduktion der Gruyère Hydrogen Power SA (GHP) in Bulle.

zu nutzen, sowie alternative Einspeisepunkte.

#### DYNAMIK DER LEISTUNG

Die gewünschte Flexibilität im Betrieb der Anlage, insbesondere im Hinblick auf dynamische Leistungsänderungen, erfordert eine frühzeitige Betrachtung in der Planung. So sind nicht nur die technischen Eckdaten des Elektrolyseurs, sondern auch die weiteren Bestandteile der

Gesamtanlage ausschlaggebend, ob und wie die Leistung des Elektrolyseurs angepasst werden kann. Sind beispielsweise alle vorhandenen Speicher gefüllt, muss die Wasserstoffproduktion gestoppt werden, auch wenn sie zu diesem Zeitpunkt dem Stromnetz eine Regelleistung zur Verfügung stellen könnte. Dazu bedarf es einer innovativen Logistik zur Versorgung der verschiedenen Wasserstoff-Abnehmer.

#### TECHNISCHE ELEMENTE DER ANLAGE

Die einzelnen Bestandteile einer H<sub>2</sub>-Produktionsanlage können den Betrieb der Anlage stark erleichtern – oder erschweren. So ist bei manchen Komponenten Vorsicht geboten. Oftmals können die in der AG Technik geteilten Erfahrungen von bestehenden Anlagen in die Planung neuer Anlagen miteinfließen, um dort die Herausforderungen, soweit möglich, zu reduzieren. Nachfolgend sind ein paar Beispiele mit Empfehlungen aufgeführt:

#### QUALITÄT DES WASSERSTOFFS

Damit der Wasserstoff rückverstromt werden kann (z. B. in der Anwendung von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen), sind entsprechende ISO-Anforderungen (ISO 14687) einzuhalten. Die Qualität «Grade D» erfordert eine Reinheit von 99,97 Mol-% sowie eine längere Liste von weiteren Verunreinigungen – teilweise auf ppm oder ppb limitiert –, deren Grenzwerte durch entsprechende Messungen sichergestellt werden müssen. Je nach Anwendung kann mit der Wahl der Elektrolyse der Analyseaufwand eingeschränkt werden, wenn die Verunreinigungen durch den Herstellungsprozess ausgeschlossen werden können.

Entsprechende Messungen sind beim Elektrolyseur prozessseitig vorzusehen, nach der Aufbereitungseinheit mit Gastrocknung sowie, je nach Bedarf, bei der O<sub>2</sub>-Entfernung (*DeOxo*). In der Analytik sind dabei verschiedene Messungen vorzunehmen: kontinuierliche Messungen des Restwassergehalts (redundant), bei Bedarf auch des Sauerstoffs sowie regelmäßige Messungen von Stickstoff und Kohlenstoff (Batch-weise). Zudem wird empfohlen, periodische Gesamtmessungen des produzierten Gases vorzusehen, um die Erfüllung allfälliger Anforderungen zu prüfen.

#### WASSERAUFBEREITUNG

Bevor das Wasser aus der Wasserversorgung in die Elektrolyse geleitet werden kann, muss es aufbereitet werden, um die erforderliche Qualität zu erreichen. Dabei kann es zu einem Druckabfall zwischen dem Anschluss an das Wasserversorgungsnetz und dem Eingang in die Wasseraufbereitungsanlage kommen.

Um diesem Druckabfall entgegenzuwirken, ist bei der Zuleitung ein ausreichender Querschnitt zu verwenden. Hier sind



Fig. 3 Anlage der Wasserstoffproduktion Ostschweiz beim Wasserkraftwerk Kubel in St. Gallen.



Fig. 4 Elektrolyseur und Kompressor der Wasserstoffproduktionsanlage von Hydrospider in Niedergösgen.

insbesondere auch die Dimensionierungen von Aufbereitung und Regeneration des Enthärters mitzubersichtigen.

### GERÄUSCHEMISSIONEN

Bei Abblasleitungen wie *Vent-Lines* oder *Off-Gas*-Leitungen können Geräuschemissionen entstehen, insbesondere bei Anlagenstopps oder bei Spülvorgängen. Diese Geräusche treten dabei impulsartig auf und können, je nach Umgebung der H<sub>2</sub>-Produktionsanlage, störend sein. Deshalb wird empfohlen, diese Leitungen mit Schalldämpfern auszurüsten.

### ARBEITEN VON FREMDFIRMEN

Bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten muss wie bei allen technischen Anlagen die Sicherheit aller beteiligten und unbeteiligten Personen gewährleistet werden. Dies kann insbesondere bei Wasserstoffproduktionsanlagen eine Herausforderung darstellen, da Gefahren in verschiedenen Bereichen bestehen: explosive Gase, Strom sowie allgemeine Prozesstechnik. Erschwerend hinzu kommt, dass sich nicht alle Fremdfirmen und weiteren beteiligten Personen mit diesen verschiedenen Risiken und ihrem Zusammenspiel auskennen.

Es ist eine frühzeitige Planung erforderlich, um auch entstehende Risiken durch Arbeiten auf einer Anlage, die sich gegenseitig beeinflussen können, zu berücksichtigen. Daher ist empfohlen, sich früh einen Überblick zu verschaffen, welche Art von Arbeiten gleichzeitig auf der Anlage stattfinden können und welche nicht.

### DRUCKBELASTETE KOMPONENTEN

Bei Produktion, Transport und Anwendung von komprimiertem Wasserstoff wird typischerweise ein hoher Druck erreicht, für den die einzelnen Bauteile zertifiziert werden müssen. Deren Lebensdauer hängt insbesondere auch von den Druckzyklen ab. Diese müssen beispielsweise für Druckbehälter, Leitungen, Trailer und andere druckbelastete Komponenten gut dokumentiert werden, um sie rechtzeitig warten und ersetzen zu können.

Wenn bei Anlagen mobile H<sub>2</sub>-Speicher (bzw. Trailer) eingesetzt werden, ist aufzunehmen, für welche Bauteile wie viele Zyklen zertifiziert sind. Dabei müssen die Schwellwerte zur Erkennung eines Zyklus inkl. Start-Stopp-Einfluss definiert werden und ebenso die anzuwendenden Zähler. Diese Anforderungen sind entsprechend ins Prozessleitsystem zu integrieren.

### VERTRAGLICHES

Neben den technischen Herausforderungen stellen insbesondere auch die diversen erforderlichen Verträge eine Schwierig-

keit dar. Für die relativ neuartigen Anlagenkomponenten sind langjährige Wartungsverträge teuer, sofern überhaupt verfügbar. Zudem entstehen Kosten- und Leistungsunsicherheiten bei gestaffelten Vertragsabschlüssen. Dabei sind Lücken zwischen Verträgen für EPC (*Engineering, Procurement, Construction*), Instandsetzung, Betrieb und Wartung zu vermeiden und die Bestandteile genau zu prüfen (z. B. ob Verschleiss- und Ersatzteile genügend berücksichtigt sind).

Um diesen Schwierigkeiten möglichst vorbeugend entgegenzuwirken, werden die folgenden vier Massnahmen empfohlen:

- Vor Kaufentscheid sind mit den Zulieferern der Leistungsumfang, die Schnittstellen und das Serviceniveau mit Lieferzeiten, Dokumentation etc. (*Service Level Agreement*) vollständig zu definieren, mit einem anschliessenden Einfrieren des Projektumfangs (engl. *Scope Freeze*), um nachfolgende Anpassungen zu unterbinden.
- Verträge für EPC, Betrieb und Wartung (engl. *Operation and Maintenance*, O&M) sowie Ersatz-/Verschleisssteile-Verträge sind gleichzeitig zu verhandeln und abzuschliessen, um Leistungslücken zu vermeiden.
- Für die einzelnen Bestandteile ist frühzeitig eine Ersatzteilstrategie zu fixieren, damit lange Lieferzeiten nicht zu einem Betriebsunterbruch führen (Obsoleszenz-Management). Für kritische Komponenten sind Mindestbestände vorzusehen.
- Mit den einzelnen Vertragspartnern sind klare KPI (*Key Performance Indicators*, dt. Leistungskennzahlen) und Verfügbarkeitsgarantien zu vereinbaren, inkl. Definition von Eskalationspfaden. Vertragliche Anreizmodelle, wie z. B. ein Bonus-Malus-System, können die Einhaltung von Terminen, Budgets und Qualitätsstandards fördern.

### VEREIN DER H<sub>2</sub> PRODUZENTEN

Die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff bringt koordinative, ökonomische, technische und juristische Herausforderungen mit sich. Unternehmen, die eine Anlage planen, bauen oder betreiben, profitieren vom gegenseitigen Erfahrungsaustausch im Verein der H<sub>2</sub> Produzenten. Die Mitglieder des Vereins produzieren grünen Wasserstoff in der Schweiz und setzen sich für geeignete Rahmenbedingungen ein, um die Energiewende voranzubringen.

#### NEUMITGLIEDER WILLKOMMEN

Die Wasserstoffthematik befindet sich weiterhin im Aufbau – umso mehr braucht es vereinte Kräfte, um etwas zu bewirken. Der Verein für H<sub>2</sub> Produzenten freut sich über neue Mitglieder, die gemeinsam die Energiewende und Wasserstoffwirtschaft voranbringen möchten.

[www.h2produzenten.ch](http://www.h2produzenten.ch)