

4.4 Blaupause 12: Power-to-Gas

Blaupause											
Zielgruppen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Energieversorger ■ CO₂-Emittenten (Betreiber von Kraftwerken, Stahlwerken, Zementöfen, Raffinerien etc.) ■ Netzbetreiber ■ Wasserstoffabnehmer (Gasanbieter, Industrie, Transport) 										
Ausgangslage und Problemstellung	<p>In Abwesenheit ausreichender, lokaler Speichermöglichkeiten oder Übertragungskapazitäten elektrischer Energie, stellt die Kopplung des Stromsektors mit dem Wärme- und Transportsektor eine vielversprechende Alternative dar, um überschüssigen Strom flexibel zu nutzen. Darüber hinaus ist die Dekarbonisierung anderer Sektoren im Vergleich herausfordernder. Die Konversion elektrischer in chemische Energie durch Wasserstoffelektrolyse ermöglicht die Sektorkopplung, ist jedoch technisch und wirtschaftlich anspruchsvoll, was einer Skalierung bisher im Weg steht.</p>										
Lösungsansatz	<p>Elektrolyseure zur Herstellung von Wasserstoff wurden in der Nähe von größeren Windparks aufgestellt, um deren volatile Stromspeisung abzufedern. Die Steuerung und Vermarktung der Flexibilität, z. B. an eine lokale Flexplattform, wurde über Steuerboxen von VK-Betreibern realisiert. Mehrere Anlagen beziehen den Strom mittels Direktvermarktung von den Windparks.</p> <p>Erfolgsfaktoren für den Lösungsansatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vorgesehener Einsatzzweck und Fahrweise vorab analysieren und Anlagentechnik entsprechend auswählen ■ Lokaler Wärmebedarf zur Nutzung der Abwärme 										
Einordnung der Blaupause	<table border="1"> <tr> <td>Haushalte</td> <td>GHD</td> <td>Industrie</td> <td>Energie</td> </tr> <tr> <td>Flexibilisierung</td> <td>Sektorkopplung</td> <td colspan="2">Erzeugung</td> </tr> </table>	Haushalte	GHD	Industrie	Energie	Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung			
Haushalte	GHD	Industrie	Energie								
Flexibilisierung	Sektorkopplung	Erzeugung									
Technologiereifegrad	<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p>TRL: PEM-Elektrolyseure sind als dominierende Technik kommerziell verfügbar</p>										
Eingeflossene SINTEG-Aktivitäten	<table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ Methanol ■ PtX Mainz ■ PtG Ibbenbüren </td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ Elektrolyseur Haurup ■ Elektrolyseur Brunsbüttel </td> <td></td> </tr> </table>							<ul style="list-style-type: none"> ■ Methanol ■ PtX Mainz ■ PtG Ibbenbüren 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Elektrolyseur Haurup ■ Elektrolyseur Brunsbüttel 	
											
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Methanol ■ PtX Mainz ■ PtG Ibbenbüren 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Elektrolyseur Haurup ■ Elektrolyseur Brunsbüttel 								
Innovationsgehalt	<p>Power-to-Gas-Technologien werden im Rahmen verschiedener Programme und Initiativen seit einigen Jahren intensiv erprobt. Die Systemeinbindung in ganzheitliche Wärme-Gas-Strom-Konzepte, die über eine getrennt betrachtete PtG-Anlage hinausgehen, und in Flexibilitätsplattformen ist innovativ.</p>										
Bedingungen für Übertragbarkeit und Skalierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lokal verfügbare (temporär überschüssige) Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ■ Bei Einspeisung in das Erdgasnetz: Beimischungs-/Einspeiseanlage und Gasnetz ■ Bei Aufbereitung zu Methan oder Methanol: Kohlenstoffdioxid (bspw. aus einem Kohlekraftwerk) 										

Im Rahmen des Projekts „Windgas Haurup“ in Schaufenster NEW 4.0 hat die Energie des Nordens – ein regionaler Zusammenschluss von ca. 80 Unternehmen, die im nördlichen Schleswig-Holsteinerneuerbare Energien-Anlagen betreiben – in Nähe zur dänischen Grenze einen Elektrolyseur mit einer Nennleistung von 1 MW und einer Überlastfähigkeit bis 1,4 MW errichtet. Die Anlage erzeugt pro Stunde 210 m³ Wasserstoff bzw. 450 kg pro Tag mit einem Betriebsdruck von 35 bar. Der Systemwirkungsgrad liegt bei 75 %. Zur Einspeisung in die Gastransportleitung, die Deutschland mit Dänemark bidirektional verbindet, wird zunächst Erdgas entnommen, Wasserstoff zu 2 % beigemischt und eingespeist. Der Wasserstoff wird als erneuerbares Gas vermarktet. Bisher nutzte die PtG-Anlage Strom aus Windkraft, der

ohne diese Verwendung abgeregelt werden müsste. Der Strombezug wurde zum Projektende umgestellt auf einen bilateralen Stromliefervertrag (Power Purchase Agreement) mit einem Windpark, der nach 20 Jahren aus der Förderung ausscheidet. Der Elektrolyseur dient dabei als flexible Last zur Integration des Windstroms in das Portfolio des Energie- und Gasversorgers Greenpeace Energy und erreicht etwa 4.000 Volllaststunden im Jahr.

Die Anbindung der flexiblen PtG-Anlage an die NEW 4.0 ENKO-Plattform wurde durch den Anbieter Next Kraftwerke vorgenommen. Die Anlage wurde in den Regelleistungspool integriert. Zur Umsetzung der Strombelieferung und Fahrplanerstellung wurden entsprechende Verträge mit Next Kraftwerke geschlossen. Die Schnittstelle zwischen dem Leitsystem von Next Kraftwerke und der PtG-Anlage erfolgt durch eine Steuerbox (Next Box), die in die übergeordnete Steuerung der Anlage integriert ist. Die Next Box beinhaltet das zur Teilnahme am Regelleistungsmarkt notwendige Modul der Stromnetzfrequenzmessung. Das reibungslose Zusammenspiel der Komponenten der PtG-Anlage übernimmt eine proprietäre, übergeordnete Anlagensteuerung. Sie übernimmt die Kommunikation, Visualisierung und Datenspeicherung zwischen dem Elektrolyseur, der Wasserstoff-Einspeiseanlage und weiterer Anlagenperipherie (z. B. der Abwassertechnik) sowie der Next Box, die den Fahrplan für den Elektrolyseur vorgibt. Im Rahmen eines Feldtests wurden 800 kW über sechs Stunden über die Flexibilitätsplattform erfolgreich abgerufen.

In Ibbenbüren wurde im Rahmen von DESIGNETZ ein Elektrolyseur mit PEM als Flexibilität eingesetzt. Drei Stacks mit je 50 kW am 10 kV-Mittelspannungsnetz können ihre gemeinsame Leistungsaufnahme zwischen 25 und 150 kW aus dem vorgewärmten Betrieb variieren. Über zwei Stunden ist auch ein Überlastbetrieb mit 200 kW möglich. Die maximale kontinuierliche Wasserstoffproduktion beträgt 30 m³ je Stunde. Mit einem Betriebsdruck von 13 bar kann der Wasserstoff ohne weitere mechanische Verdichtung direkt in das örtliche Erdgasnetz eingespeist werden. Ein Prozessgaschromatograph erfasst und bestimmt die damit verbundene Absenkung des Brennwertes. Die Flexibilität steht das ganze Jahr zur Verfügung und muss lediglich an vier Tagen im Jahr für Wartungsarbeiten vom Netz genommen werden.

Der Strombezug der PtG-Anlage ist über eine Direktvermarktung mit einer Windkraftanlage, die keine finanziellen Förderungen erhält, gestaltet. Die eingespeiste Wasserstoffmenge wird über das dena-Biogasregister nachverfolgt und bilanziell einem benachbarten Erdgas-BHKW zugerechnet. Das BHKW wandelt als abschließendes Glied der Stromspeicherkette den Wasserstoff virtuell bedarfsgerecht in Strom um. Der Gesamtwirkungsgrad des Power-to-Gas-to-Power-Systems wird auf 75 % erhöht, indem die Abwärme sowohl des Elektrolyseprozesses als auch der KWK zur Erdgasvorwärmung in einer benachbarten Gasdruckregel- und Messanlage bzw. für das lokale Fernwärmenetz genutzt wird.

Die PtG-Anlage wurde an das DESIGNETZ System Cockpit angeschlossen. An das Cockpit wurden für die PtG-Anlage statische Flexibilitätswerte übermittelt. Zum Abrufzeitpunkt wurde vom Cockpit eine Führungsgröße (Soll-Leistungswert), über die Netzleitstelle an die lokale Anlagensteuerung weitergegeben. Die PtG-Anlage besitzt eine eigene, lokale Steuerung, die die Steuerbefehle aus der Netzleitstelle umsetzt und den Betriebsstatus sowie Messwerte, wie zum Beispiel H₂-Konzentration im Erdgasnetz und elektrische Leistung, kontinuierlich an die Leitstelle überträgt.

Die Flexibilität der Anlage ergibt sich aus der momentanen Wasserstoffkonzentration im Erdgasnetz, die in diesem Fall einen maximalen Wert von 1 % betragen kann, und der anliegenden Leistung am Elektrolyseur. Die Flexibilität wird von der PtG-Anlage an die Leitwarte

des Netzbetreibers und weiter an das System Cockpit von DESIGNETZ gemeldet. Von dort aus kann, wieder über die Leitwarte, die gewählte Flexibilität an der PtG-Anlage eingestellt werden. Die positive oder negative Leistungsänderung am Elektrolyseur wird mit einer Leistungsgradienten von ca. 25 kW/s umgesetzt. Die erfolgreichen Abrufttests in Melde- und Steuerrichtung haben gezeigt, dass das umgesetzte Kommunikations- und Steuerungskonzept funktioniert.

Im Rahmen von NEW 4.0 hat Wind to Gas Energy in Schleswig-Holstein eine PtG-Anlage errichtet und in Betrieb genommen. Die Anlage umfasst einen PEM-Elektrolyseur mit einer Nennleistung von 2,4 MW, einen Batteriespeicher mit einer Kapazität von 2,7 MWh und eine Anlage zur Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz, die eine Investition von 4,5 Mio. Euro voraussetzte. Der Strom, der die Anlage versorgt, stammt aus einem selbst betriebenen Windpark. Die Anlage kann stündlich 450 m³ (ca. 40 kg) grünen Wasserstoff herstellen. Über eine Kooperation mit Greenpeace Energy und den Stadtwerken Brunsbüttel wird der eingespeiste Wasserstoff als grünes Erdgasprodukt vermarktet. Daneben konnte mit der Belieferung einer örtlichen Wasserstofftankstelle ein weiterer physischer wie marktlicher Absatzmarkt erschlossen werden. Theoretisch können stündlich zwölf Brennstoffzellenautos mit Wasserstoff aus der PtG-Anlage betankt werden.

Das Gas- und Wärme-Institut Essen hat im Rahmen von DESIGNETZ eine Power-to-Fuel-Versuchsanlage untersucht, die den Wasserstoff aus einem PEM-Elektrolyseur zusammen mit CO₂ aus dem Rauchgas eines Braunkohlekraftwerks zu Methanol aufbereitet. Methanol ist der Grundstoff für eine Vielzahl chemischer Produkte, wie Treibstoffe. Der PEM-Elektrolyseur kann bei seiner maximalen Leistung von 600 kW pro Stunde 120 m³ Wasserstoff produzieren. Die Last kann binnen Sekunden an das Stromangebot bzw. an Netzengpässe angepasst werden. Auch der angeschlossene Methanol-Reaktor wurde flexibel ausgelegt und kann seine Produktion binnen Minuten anpassen sowie bei Teillast kontinuierlich betrieben werden. Die abgestimmte Auslegung von Elektrolyseur und Reaktor benötigt so keinen Zwischenspeicher.

Die Mainzer Stadtwerke haben in urbanem Raum einen Elektrolyseur mit einer flexiblen Leistungsaufnahme bis 5 MW an das 50 kV-Mittelspannungsnetz angeschlossen. Das Zusammenspiel mit anderen PtX-Technologien und der Erzeugung aus erneuerbaren Energien sowie potenzielle Geschäftsmodelle wurden im Rahmen von DESIGNETZ untersucht. Das Gesamtsystem wurde über eine Schnittstelle des Netzbetreibers („Westnetz-Box“) an einen Datenknoten angeschlossen. Die Schnittstelle wurde mit dem lokalen Energiemanagementsystem und Kraftwerks-Leitsystem der Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG gekoppelt, das die PtG-Anlage steuert.