



Quelle: day-walker – photocase.com

## Power-to-Gas: Stromspeicher, Gasproduktion, Biomethan oder flexible Last?

Die Power-to-Gas-Technologien (P2G) könnten das Erdgasnetz als Stromspeicher erschließen, indem sie unter Stromeinsatz Wasserstoff produzieren oder Methan synthetisieren und als Erdgassubstitut in das Gasnetz einspeisen. Unter welchen Bedingungen bestehen hier wirtschaftliche Potenziale?

**D**urch den Zubau erneuerbarer Erzeugungskapazitäten (EE) erhöht sich die Volatilität des Stromangebots und es kommt absehbar zu einer Zunahme lokaler Stromüberschüsse aufgrund von Netzengpässen. Dadurch entsteht ein Bedarf an lastseitiger Flexibilität, insbesondere Stromspeichern. Da der Zubau konventioneller Stromspeicher in Deutschland begrenzt ist, werden neuartige Speichertechnologien erwogen. Das deutsche Erdgasnetz stellt ein vergleichsweise großes und technisch ausgereiftes Speicherpotenzial dar.

### Technologiebeschreibung

Die P2G-Technologie basiert auf der Elektrolyse, die unter Einsatz elektrischer Ener-

gie Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufspaltet. Der Wasserstoff kann direkt in das Erdgasnetz eingespeist werden, oder in einem zweiten Schritt zu einem synthetischen Methan umgewandelt werden, das Erdgasqualität aufweist. Der aktuelle Wirkungsgrad der P2G-Technologie bei der Erzeugung von Wasserstoff liegt bei etwa 80 Prozent, der Wirkungsgrad bei der Wandlung von Strom zu Methan ( $H_2$ ) liegt im Intervall von 48 bis 64 Prozent, abhängig von der  $CO_2$ -Quelle des Verfahrens. Verbesserungen auf über 75 Prozent bis 2020 werden prognostiziert<sup>1</sup>. Der Wirkungsgrad der Anlage ist dabei umso besser, je höher die Konzentration des  $CO_2$  im zugeführten Gasmisch ist. Zum heuti-

gen Zeitpunkt bieten Biogasprozesse hier eine energetisch günstige  $CO_2$ -Quelle, zukünftig wäre auch eine Kombination mit CCS in Kraftwerksprozessen möglich. Die  $CO_2$ -Absorption aus der Umgebungsluft ist nur mit deutlichen Wirkungsgradeinbußen möglich.

### Märkte

Der Ausbau der erneuerbaren Energien führt zu volatileren Strompreisen und zu Stromüberschüssen. Letztere ergeben sich momentan durch lokale Netzengpässe. Zukünftig könnte die Einspeisung der Erneuerbaren über dem zeitgleichen deutschen Stromverbrauch liegen. In einer aktuellen Untersuchung werden für einzelne



Abschnitte des Übertragungsnetzes im Jahr 2020 bis zu 2.000 Stunden pro Jahr mit potenziellen Netzengpässen<sup>2</sup> prognostiziert<sup>3</sup>. Dadurch entsteht ein Bedarf an lastseitiger Flexibilität. Im Fokus der öffentlichen Diskussion stehen hierfür Stromspeichertechnologien. Da das Erdgasnetz mit einer Kapazität von 200 TWh ein sehr großes und technisch ausgereiftes Energiespeicherpotenzial zur Verfügung stellt, wird zunehmend auch eine Nutzung des Erdgasnetzes als Stromspeicher erwogen. Der Umfang dieses Speicherpotenzials wird im Vergleich mit dem energetischen Speichervolumen der deutschen Pumpspeicherkraftwerke von 0,04 TWh deutlich<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Basierend auf Fraunhofer IWES: „Bioenergy and renewable power methane in integrated 100 % renewable energy systems“; 2009

<sup>2</sup> Ohne Berücksichtigung von Kraftwerks-Redispatch und unter Annahme eines Rückstandes im Netzausbau.

<sup>3</sup> Deutsche Energieagentur: „dena-Netzstudie II – Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 - 2020 mit Ausblick 2025“; 2010

<sup>4</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: „Erdgas: Die Brücke ins regenerative Zeitalter“; 2010

<sup>5</sup> SolarFuel GmbH: „Presseinformation: SolarFuel baut für Audi Pilotanlage“; 2011

<sup>6</sup> SolarFuel GmbH: „SolarFuel GmbH – Überblick“; 2010

<sup>7</sup> Greenpeace Energy e.G.: www.greenpeace-energy.de; Abgerufen im Mai 2011

Die P2G-Technologie würde in Zeiten niedriger Strompreise oder lokaler Stromüberschüsse Wasserstoff oder Methan in das Gasnetz einspeisen. Die Erdgasverstromung in Kraftwerken erfolgt in Zeiten hoher Strompreise. Der Betrieb der Kraftwerke orientiert sich dabei an den Marktpreisen, er erfolgt also unabhängig vom Betrieb der P2G-Anlage. In der Gesamtbetrachtung würde das Erdgasnetz funktional als Stromspeicher erschlossen. Die P2G-Anlage tritt dabei als zusätzliches Angebot im Gasmarkt und zusätzliche Nachfrage am Strommarkt in Erscheinung. Eine Wirkung auf den Betrieb von Kraftwerken könnte P2G also nur indirekt über die Beeinflussung der Gaspreise entwickeln. Zu betonen ist daher, dass das Erdgasnetz als Stromspeicher fungiert, nicht die P2G-Anlage selbst. Diese agiert als Kuppelkapazität der Märkte für Strom- und Erdgas und weist eine andere ökonomische Logik auf.

Die Rolle der P2G-Technologie in der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette lässt sich anhand **Abbildung 2** nachvollziehen. Aus der Perspektive des Erdgasmarktes lässt sich P2G mit einer Gasproduktion mit stark variablen Gestehungskosten vergleichen. Betrachtet man die P2G-Technologie aus der Perspektive des Strommarktes, so stellt sie zusätzliche lastseitige Flexibilität zur Verfügung. Die P2G-Technologie kehrt die bestehende Richtung der Wertschöpfung in der Gas- und Stromwirtschaft um und stellt somit eine neuartige Rückkoppelung der Energieträgermärkte dar.

Das P2G-Gas steht im Preiswettbewerb mit dem Erdgasmarkt. Daraus folgt, dass sich die Wirtschaftlichkeit der P2G-Technologie primär aus der Anlegbarkeit der Methanproduktion am Erdgaspreis ergeben muss. Zum jetzigen Zeitpunkt, in Abwesenheit einer spezifischen Förderung, lassen sich die folgenden potenziellen Märkte identifizieren:

- Strombezug zu niedrigen/negativen Strompreisen am Spot- und Intradaymarkt; Gasverkauf am Erdgasmarkt;
- Bezug von im Netzabschnitt überschüssigem EEG-Strom, wenn die EEG-Ein-

speisung über der Übertragungskapazität des Netzes liegt; Gasverkauf am Erdgasmarkt;

- Bezug von im nationalen Netz überschüssigem EEG-Strom, wenn die EEG-Einspeisung über der Gesamtlast des Netzes liegt; Gasverkauf am Erdgasmarkt;
- negative Regelenergie für das Stromnetz über die Steuerung des Stromverbrauchs.

Der integrierte Betrieb an diesen zeitlich versetzten Märkten stellt eine komplexe Optimierungsaufgabe dar. Zusätzlich existieren kleinere Gewinnpotenziale im Bereich der Abwärmenutzung, im Einsatz als Regelkapazität für das Gasnetz und eventuell am Markt für CO<sub>2</sub>-Zertifikate.

Ein weiterer Vorteil der P2G-Technologie besteht darin, ökologisch und ethisch einwandfreies „Biogas“ produzieren zu können. Dies kann nur der Fall sein, wenn ökologisch bedenkenloser Strom zum Einsatz kommt. Herkömmliches Biogas sieht sich regelmäßig dem Vorwurf ausgesetzt, Lebensmittelproduktion zu verdrängen und ökologisch zweifelhafte Effekte zu verursachen. Ziel muss es sein, den ökologischen Mehrwert des durch P2G erzeugten Gases vertriebslich am Markt umzusetzen.

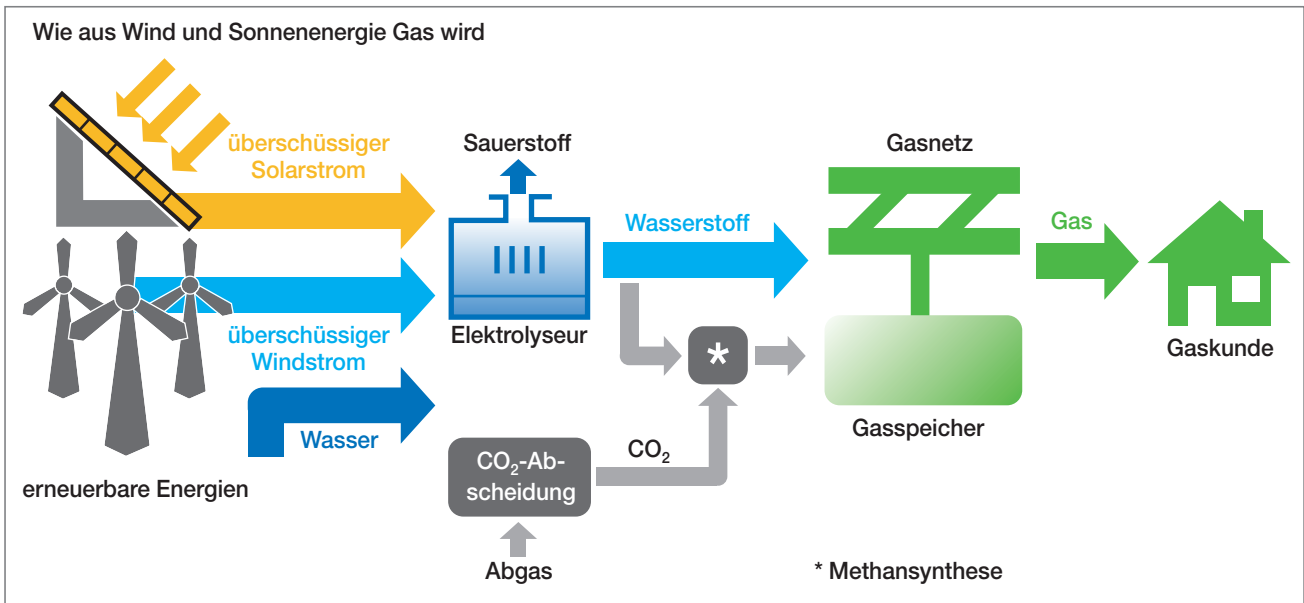
### Realisierungsstand und Marktakteure

Das P2G-Verfahren wurde in einer Demonstrationsanlage mit einer elektrischen Leistung von 25 kW realisiert. Dabei handelt es sich um eine Entwicklung des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg und des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik. Die Anlage wurde containerintegriert durch die SolarFuel GmbH aufgebaut und arbeitet seit November 2009. Die im Betrieb erzielten Wirkungsgrade liegen bereits nahe an den Zielwerten dieser Technologiekonfiguration. Seit März 2011 wird diese Anlage in Kombination mit einer Biogasanlage und einem Windpark der juwi-Gruppe betrieben. In diesem Zusammenhang hat sich die juwi-Gruppe an der SolarFuel GmbH mit 5 Prozent beteiligt.

**Tabelle 1: Grenzstrompreise der P2G-Anlage**

Erdgaspreis €/MWh H <sub>0</sub>	Grenzstrompreis in €/MWh	
	ohne NNE	mit NNE
20	11,52	-1,98
40	23,04	9,54

Quelle: enervis



Quelle: DVGW

Abb. 1: Teilprozesse der P2G-Technologie

Mit einer weiteren Anlage ist für 2013 der Übergang in eine Phase der industriellen Nutzung geplant. Hierfür ist eine Anlage mit einer elektrischen Leistung von 6,3 MW in Kooperation mit dem Autohersteller AUDI vorgesehen<sup>5</sup>. Ab 2015 sollen die ersten Anlagen mit einer elektrischen Anschlussleistung von 20 MW in Betrieb gehen und die kommerzielle Nutzung der Technologie eröffnen<sup>6</sup>.

Die Greenpeace Energy e. G. treibt die Einführung eines Gastarifs – „Windgas“ – voran, der über einen Preisaufschlag die Installation von Methanisierungskapazitäten finanzieren soll<sup>7</sup>. Auch die deutsche Erdgaswirtschaft zeigt Interesse an der Erschließung des Erdgasnetzes als Stromspeicher. So plant die E.ON Ruhrgas AG den Bau einer 1-MW-Elektrolyseeinheit zur Wandlung überschüssigen Stroms in Wasserstoff zur anschließenden Einspeisung in das Erdgasnetz. Die Inbetriebnahme ist für den Zeitraum 2012 bis 2013 geplant<sup>8</sup>. Die Entwicklung der P2G-Technologie wird von einem breiten Spektrum an Akteuren getragen und verläuft zunehmend dynamisch.

**Wirtschaftlichkeit**

Für Stromverbraucher ergeben sich die Kosten des Strombezugs grundsätzlich aus den Großhandelsstrompreisen und gesetzlich vorgegebenen Kostenbestandteilen in Form von Netzentgelten, Stromsteuern, EEG/KWK-Umlagen und Konzessionsabgaben. Dabei werden die gesetzlich bestimmten Kosten des Strombezugs von den Netzentgelten dominiert. Hier wäre für die P2G-Anlage eine analoge Gesetzesregelung zu neu erbauten Pumpspeicherwerken anzustreben<sup>9</sup>. In diesem Fall würden die Netzentgelte erlassen.

Legt man einen Gaspreis zugrunde, lässt sich zurückrechnen, zu welchem Preis die P2G-Anlage gerade noch Strom beziehen könnte, um einen positiven Deckungsbeitrag zu erzielen („Grenzstrompreis“). In Tabelle 1 ist für einen Gaspreiskorridor von 20 bis 40 €/MWh der Grenzstrompreis dargestellt. Dabei wird ein optimistischer Wirkungsgrad von 64 Prozent angenommen. Der Grenzstrompreis unter Annahme eines Gaspreises ist einmal unter Einbezug der für stromintensive Unternehmen reduzierten Sätze für Netzentgelte, EEG/KWK-Umlagen und Konzessionsabgaben und einmal unter Vernachlässigung dieser Kosten ausgewiesen<sup>10</sup>.

Ein Vergleich der Grenzstrompreise mit den Großhandelsstrompreisen verdeutlicht, dass aufgrund des strukturellen Preisgefälles zwischen Erdgas- und Strommarkt ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage nur in einer überschaubaren Anzahl an Betriebsstunden möglich ist. Eine Amortisation der Fixkosten allein durch Anlagenbetrieb am Großhandelsstrommarkt erscheint im heutigen Marktumfeld als unrealistisch, da hierfür ein Anlagenbetrieb zumindest in Mittellast notwendig wäre.

**Fazit und Ausblick**

Der Zubau an erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten erzeugt Bedarf an lastseitiger Flexibilität, insbesondere Stromspeichern. Das Erdgasnetz stellt ein großes und technisch ausgereiftes Speicherpotenzial dar. Die P2G-Technologie agiert als eine neuartige Kuppelkapazität zwischen den Märkten für Strom und Erdgas, die das Erdgasnetz als Stromspeicher erschließt. Die Wirtschaftlichkeit der P2G-

Technologie bemisst sich aber nicht, wie häufig in den Medien berichtet, an einem intertemporalen Betrieb als Stromspeicher, sondern aus einem Arbitragebetrieb zwischen den Energieträgermärkten für Strom und Erdgas. Die Wirtschaftlichkeit der P2G-Technologie im Arbitragebetrieb zwischen den Großhandelsmärkten kann sich sowohl marktseitig als auch durch entsprechend gesetzte Rahmenbedingungen verbessern.

**Marktseitige Verbesserungen**

Verbesserungen der Wirtschaftlichkeit ergeben sich marktseitig:

- durch einen Anstieg der Gaspreise und damit einhergehend eine Zunahme der Häufigkeit der Unterschreitung des Grenzstrompreises sowie
- durch den Ausbau der EE und daraus folgend eine häufigere Unterschreitung des Grenzstrompreises mit dadurch verbesserten Deckungsbeiträgen.

<sup>8</sup> Financial Times Deutschland 06.05.2011: „Eon baut ersten Speicher für Windstrom“; www.ftd.de; Abgerufen im Mai 2011

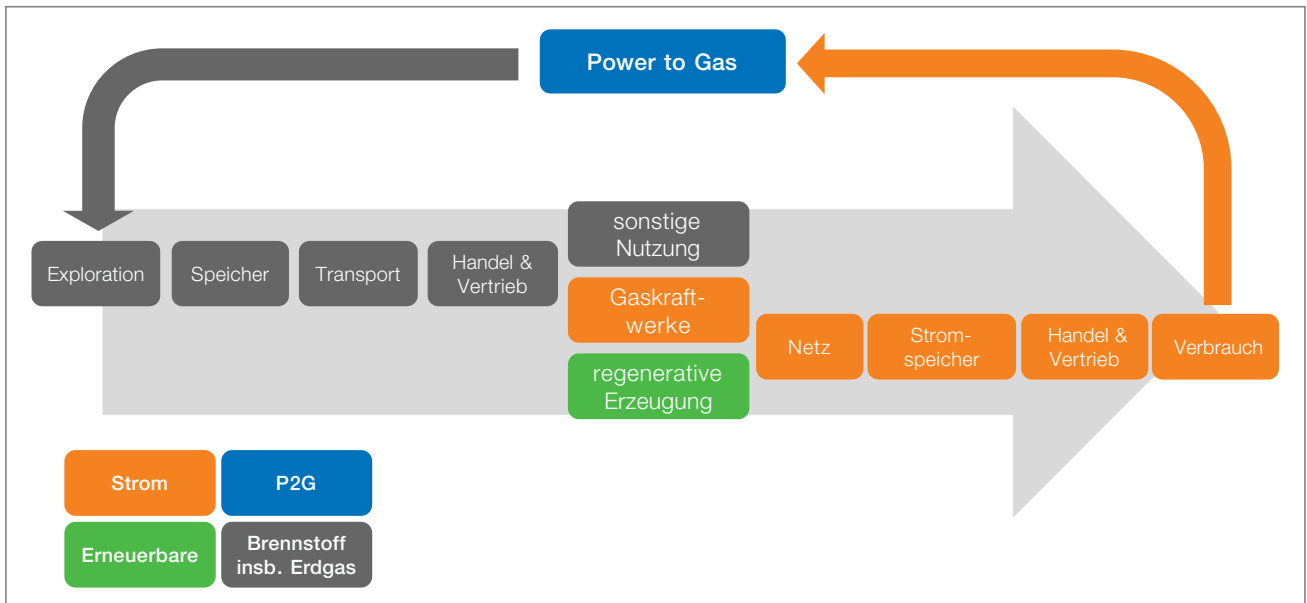
<sup>9</sup> Energiewirtschaftsgesetz 2005, Stand November 2010; §118

<sup>10</sup> Abschätzung hin zu niedrigen arbeitsbezogenen Netzentgelten durch die beispielhafte Annahme von Netzentgelten der Höchstspannungsebene der Amprion GmbH (unter 2500 h/a).

<sup>11</sup> Bundesregierung: „Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“; 2011

<sup>12</sup> Bundesregierung: „Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften“; 2011

<sup>13</sup> Bundesregierung: „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“; 2010



Quelle: enervis

Abb. 2: Wertschöpfungskette der Erdgas- und Stromwirtschaft

Weiterhin ist absehbar, dass der Zubau erneuerbarer Stromerzeugung zu einer Zunahme lokaler Netzengpässe führt. Die P2G-Technologie kann zu einer Entschärfung solcher Situationen beitragen. Der weitgehend kostenfreie Bezug lokal überschüssiger Strommengen würde die wirtschaftliche Situation der Anlage deutlich verbessern. In diesen Situationen wird anteilig die Abregelung von EEG-Anlagen verhindert, sodass die zeitgleiche Methanproduktion in erster Näherung als „grün“ betrachtet werden kann.

### Verbesserte Rahmenbedingungen

Der Erdgaspreis verliert an Bedeutung, wenn verbesserte Rahmenbedingungen oder gar Förderanreize gesetzt werden. Beide Punkte sind in Anbetracht physischer elektrischer Speicherprobleme, die durch das Erdgasnetz als Speicher obsolet werden würden, im Fokus der Politik – beispielsweise in den anstehenden Novellen des EEG<sup>11</sup> und des EnWG<sup>12</sup>. Wie könnten diese Anreize aussehen? Folgende Punkte sind im Prozess der Gesetzgebung:

- eine bedingte Befreiung insbesondere von Netzentgelten, EEG-Umlage und gegebenenfalls weiteren Abgaben auf den Strombezug;

- eine rechtliche Gleichstellung der Gas-einspeisung von P2G-Anlagen und konventionellen Biomethananlagen;
- eine bessere Integration von Speichertechnologien in das Regelwerk des EEG, hiervon könnte auch P2G profitieren.

Insgesamt ist eine deutliche Verbesserung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der P2G-Technologie absehbar. Nachzuweisen wäre in diesem Zusammenhang, ob der der Gasproduktion zugehörige Strombezug tatsächlich aus EE-Anlagen stammt. Regelungen ließen sich hier aber definieren. Ein weiterer Vorteil der P2G-Technologie besteht darin, dass solches „Biogas“ nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln produziert wird. Eine hierauf basierende Vertriebsstrategie kann eventuell schon heute Werte realisieren.

Aus den internationalen Verpflichtungen abgeleitet, wird bis 2050 eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 um 80 Prozent<sup>13</sup> politisch angestrebt. Die Realisierung eines solchen Ziels würde langfristig, wenn auch zeitlich nachgelagert im Vergleich mit Kohle, die Nutzung von Erdgas als Brennstoff in Frage stellen. Die vermehrte Einspeisung eines bilanziell CO<sub>2</sub>-neutra-

len synthetischen Gases in das Netz könnte eine Nutzung der Erdgas-Infrastruktur nachhaltig sichern.

Insgesamt macht die Nutzung des Erdgasnetzes als Puffer für überflüssigen Windstrom die P2G-Technologie für Gasnetzbetreiber und die Erneuerbaren-Branche zu einem strategisch relevanten Thema. Hier gilt es, die weiteren marktseitigen Entwicklungen und Veränderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen zu beobachten und zu analysieren.

### Autoren:

Dipl.-Ing. Eckhard Kuhnhenne  
 enervis energy advisors GmbH  
 Schlesische Str. 29-30, 10997 Berlin  
 Tel.: 030 695175-0  
 Fax: 030 695175-20  
 E-Mail: eckhard.kuhnhenne@enervis.de  
 Internet: www.enervis.de

Julius Ecke  
 enervis energy advisors GmbH  
 Schlesische Str. 29-30, 10997 Berlin  
 Tel.: 030 695175-0  
 Fax: 030 695175-20  
 E-Mail: julius.ecke@enervis.de  
 Internet: www.enervis.de

Wer eine zeitnahe Energiewende will, kommt an Erdgas nicht vorbei!

[www.erdgas-innovativ-nutzen.de](http://www.erdgas-innovativ-nutzen.de)

Der Blog für Gas-Innovationen.  
 Diskutieren Sie mit! Wir freuen uns über Ihr Interesse!

