

Die Demonstrationsanlage in Solothurn (Schweiz) ist mit einer biologischen Methanisierung ausgestattet.



Quelle: STORE&GO

# STORE&GO:

Das größte Power-to-Gas-Forschungsprojekt in Europa befindet sich auf der Zielgeraden

Nach über drei Jahren Projektlaufzeit kann das Forschungsprojekt STORE&GO auf zahlreiche Erfolge zurückblicken: Die drei errichteten **Power-to-Gas-Demonstrationsanlagen** sind in Betrieb und die im Rahmen des Projektes vorgenommenen Analysen zeigen, dass Power-to-Gas die Versorgungssicherheit des europäischen Energiesystems erhöhen und gleichzeitig Kosten senken kann. Nun gilt es, die gewonnenen Erkenntnisse **in politische Handlungsempfehlungen** in Form einer europäischen Power-to-Gas-Roadmap zu überführen. Der Beitrag stellt die zentralen Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben vor.

von: Daniel Stähr, Hans Rasmusson & Dr. Dietrich Gerstein (alle: DVGW e. V.)

Seit März 2016 untersuchen die insgesamt 27 europäischen Partner von STORE&GO das Potenzial der Power-to-Gas(P2G)-Technologie im europäischen Energiesystem und zeigen mit ihrer Forschung auf, welchen Beitrag die Technologie zum Erreichen der Klimaziele und zum Umbau des europäischen Energiesystems leisten kann. Die bisherigen Ergebnisse untermauern, dass P2G-Technologien zukünftig große

Fortschritte erzielen werden. Vor allem durch Skalierungs- und Lerneffekte werden sich die Kosten der eingesetzten Technologien demnach reduzieren. Weiterhin belegen STORE&GO-Studien, dass P2G in seiner Funktion als Energiespeicher bedeutend zur Versorgungssicherheit in Europa beitragen kann. Aktuell diskutierte CO<sub>2</sub>-Bepreisungsmodelle können die Wirtschaftlichkeit von P2G-Technologien zusätz-

lich heben und somit weitere Einsatzmöglichkeiten schaffen.

Herzstück von STORE&GO sind die drei Demonstrationsanlagen, die in Deutschland, der Schweiz und Italien errichtet wurden. Sie werden erfolgreich betrieben und speisen erneuerbares synthetisches Methan in ein Transport- und ein Verteilnetz ein; in der Anlage in Italien wird das produzierte Gas darüber

hinaus verflüssigt. An den drei Standorten, alle mit unterschiedlichen innovativen Methanisierungstechnologien ausgestattet, werden derzeit die Erfahrungen und Daten aus dem laufenden Betrieb der P2G-Anlagen gesammelt. Somit befindet sich das Leuchtturmprojekt STORE&GO auf einem ausgezeichneten Weg, einen Meilenstein für die Gasbranche zu setzen und aufzuzeigen, wie das Energiesystem von morgen komplementiert werden könnte. Mithilfe der parallel durchgeführten Begleitforschung konnten darüber hinaus technische, wirtschaftliche, ökologische und rechtliche Aspekte rund um das Thema P2G beleuchtet werden.

### Grüne Gase bereits im Netz

Die erste in Betrieb genommene P2G-Anlage von STORE&GO befindet sich im nördlich von Berlin gelegenen Falkenhagen (Brandenburg). Das bestehende Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff wurde im Mai 2018 um eine Methanisierungsstufe mit einer Leistung von ca. 1 Megawatt (MW) erweitert. Das Methanisierungsverfahren basiert auf einem Wabenreaktor-konzept, das am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) entwickelt wurde. Seit Januar 2019 wird das synthetisch hergestellte Methan in das Erdgas-transportnetz der ONTRAS eingespeist.

Gegenwärtig produziert die Anlage bis zu 1.400 m<sup>3</sup> synthetisches Methan (engl. Synthetic Natural Gas, SNG) pro Tag, was ungefähr 14.500 Kilowattstunden (kWh) Energie entspricht. Zum Vergleich: Mit dieser Energiemenge könnten 200 CNG-Fahrzeuge der Golfklasse rund 150 km pro Tag fahren. Die Anlage hat bereits zuverlässig über 340 Betriebsstunden mit einem volumetrischen Methangehalt von 99 Prozent erreicht. Die während des Prozesses erzeugte Wärme wird von einem nahe gelegenen Furnierwerk genutzt, was den Gesamtwirkungsgrad der Anlage nochmals erhöht.

Im schweizerischen Solothurn steht die zweite Demonstrationsanlage von STORE&GO. Diese setzt auf eine be-

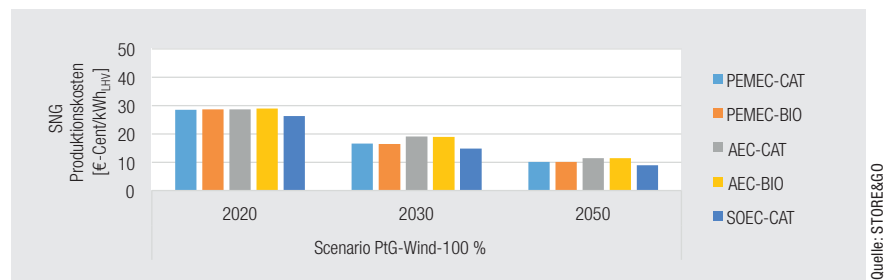


Abb. 1: Kostensenkungspotenzial durch Lernkurven für Elektrolyseure (±15 Prozent Unsicherheit)

sondere Art der Methanherzeugung mithilfe von Mikroorganismen, sogenannten Archaeen. Diese wandeln den in Elektrolyseuren gewonnenen Wasserstoff im P2G-Verfahren zusammen mit Kohlendioxid in Methan um. Seit Mai 2019 produziert das Hybridwerk in Solothurn mit einer Leistung von 700 kW auf diesem Weg synthetisches Methan und speist es in das regionale Gasnetz ein.

Dass auch die direkte CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Luft eine technische Option sein kann, zeigt die dritte STORE&GO-Anlage in der italienischen Gemeinde Troia östlich von Neapel. Diese kombiniert einen neuartigen Mikroreaktor zur Methanisierung mit einer innovativen Verflüssigungsanlage, das benötigte CO<sub>2</sub> wird aus der Umgebungsluft abgetrennt. Seit April 2019 produziert die Anlage in Troia verflüssigtes Methan (engl. Liquefied Renewable Gas, LRG).

### Kostensenkungspotenziale

Die Erfahrungen aus STORE&GO zeigen, dass Power-to-Gas technisch machbar und sinnvoll ist. Inwieweit die Markteinführung und Weiterentwicklung der Technologie voranschreiten, hängt von der Rentabilität und vor allem von den Investitionskosten der Anlagen ab. Aus diesem Grund widmete sich ein Teilprojekt von STORE&GO der techno-ökonomischen Analyse. Zusätzlich zu den technologischen Schlüsselmerkmalen – wie z. B. der aktuelle Stand der Technik und zukünftige Projekte – wurden neue Entwicklungen, Technologien und Materialien sowie mögliche zukünftige Anwendungsbereiche analy-

siert. Dabei zeigt sich, dass insbesondere bei der Elektrolyse erhebliche Potenziale zur Kostensenkung bestehen; Grund hierfür sind Skalierungseffekte und Lernkurven. Modellierungen zeigen, dass in Zukunft die Investitionskosten für alle Technologien stark sinken werden (Abb. 1).

Bis sich P2G als Technologie am Markt etabliert, werden sogenannte Lerninvestitionen nötig sein. Unter den aktuell angebotenen Technologien hat der Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyseur (engl. Proton Exchange Membrane Electrolysis Cell, PEMEC) die geringsten Investitionskosten. Die größten Effekte durch Lern- und Skalierungseffekte werden bei Hochtemperatur-Elektrolyseuren (engl. Solid Oxide Electrolysis Cell, SOEC) erwartet. So zahlte man z. B. für einen SOEC-Elektrolyseur mit 5 MW Eingangsleistung im Jahr 2017 circa 2.500 Euro/kW, wohingegen sich im Jahr 2030 bereits Kosten von 1.090 Euro/kW antizipieren lassen und die Analysen des Projektteams im Jahr 2050 rund 610 Euro/kW erwarten lassen. Dies entspricht einer Kostendegression von ca. 1.700 Euro/kW, womit die SOEC-Technologie die größte Kostendegression von allen Technologien bis zum Jahr 2050 erfahren werden wird.

Für die katalytische und biologische Methanisierung wird mit einer ähnlichen Kostendegression durch Lern- und Skalierungseffekte gerechnet. Die beiden Verfahren werden sich nach Ansicht der STORE&GO-Experten hinsichtlich ihres Kostensenkungspotenzials nur marginal im Zeitverlauf voneinander unterscheiden. Die Analysen haben gezeigt,

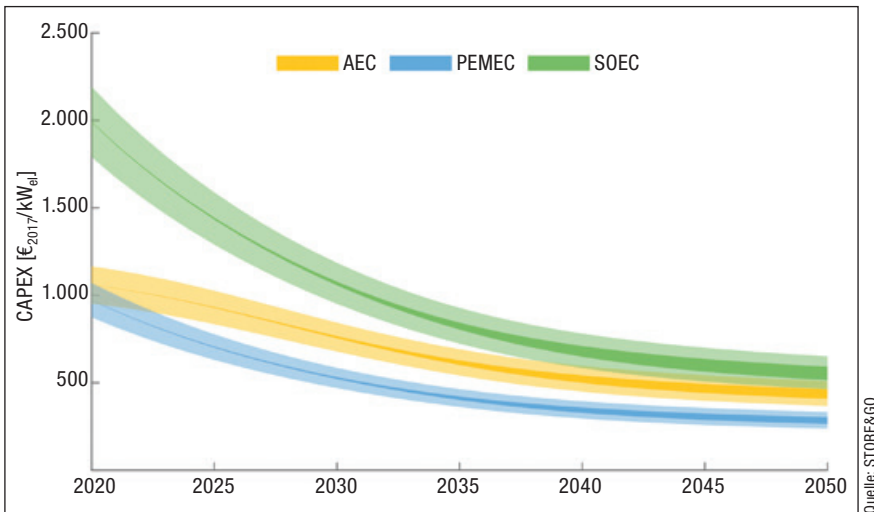


Abb. 2: Kostensenkungspotenzial durch Lernkurven für Methanisierungssysteme (±15 Prozent Unsicherheit)

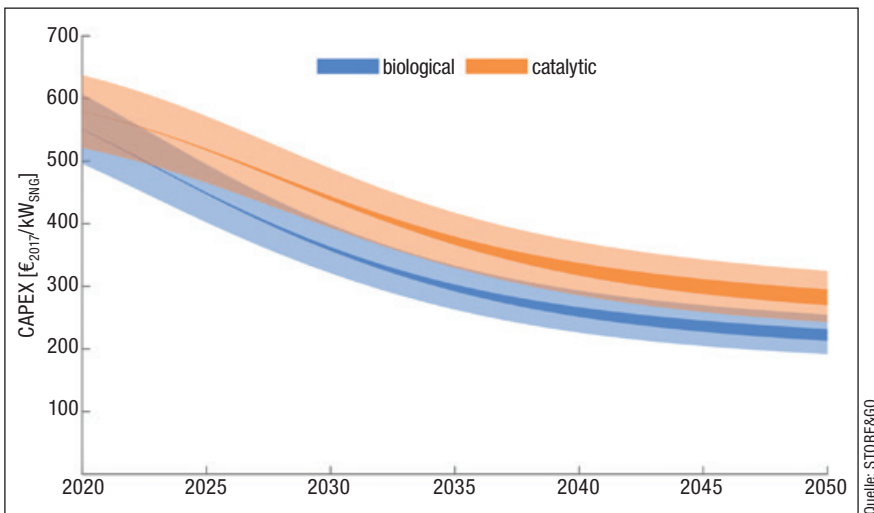


Abb. 3: Entwicklung der spezifischen SNG-Produktionskosten für die Jahre 2020 bis 2050 für verschiedene P2G-Technologien (P2G-Windenergie Szenario)

dass eine 5 MW große P2G-Anlage – egal, ob mit einer biologischen oder einer katalytischen Methanisierung – im Jahr 2020 spezifische Investitionskosten von ca. 550 Euro/kW haben wird (Abb. 2). Für das Jahr 2030 kann davon ausgegangen werden, dass die spezifischen Investitionskosten für die katalytische Methanisierung bei rund 440 Euro/kW und für die biologische Methanisierung bei rund 360 Euro/kW liegen werden. Im Jahr 2050 wird mit 265 Euro/kW (katalytisch) und mit 200 Euro/kW (biologisch) gerechnet. Diese Zahlen machen deutlich, welch erhebliches Kostensenkungspotenzial durch Skaleneffekte und technologisches Lernen auch beim Schritt der Methanisierung vorhanden ist.

### Erzeugung von synthetischem Methan wird zunehmend günstiger

Die wirtschaftliche Bewertung der Technologien ergab, dass Hochtemperatur-Elektrolyseure (SOEC) in Kombination mit einer katalytischen Methanisierung in Zukunft die günstigsten SNG-Produktionskosten aufweisen werden (Abb. 3). Die Analysen basieren auf der Berechnung der spezifischen Produktionskosten für synthetisches Methan in den Jahren 2020, 2030 und 2050 für eine P2G-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 100 MW. Modelliert wurde dies für drei Anwendungsbereiche einer P2G-Anlage: betrieben mit Fotovoltaik, betrieben mit Windenergie und im dritten Fall an das öffentliche Stromnetz angeschlossen.

Zusätzlich wurden die SNG-Produktionskosten für verschiedene P2G-Technologien ermittelt: der alkalischen, PEM- und der Hochtemperatur-Elektrolyse. Diese wurden jeweils mit einer katalytischen oder biologischen Methanisierungseinheit kombiniert.

Szenario- und Kosten-Nutzen-Analysen haben gezeigt, dass Stromverteilnetze mithilfe von P2G-Technologien signifikant stabiler gemacht werden können. Gibt es eine hohe Einspeisung der erneuerbaren Energien auf der Verteilnetzebene, kann dies zu einem Überschussstrom im Netz führen. Dies würde die natürliche Abfolge der Netzebenen umdrehen und den eigentlichen Abnehmer zum Lieferanten machen, was eine Abregelung der erneuerbaren Energien als Konsequenz hat. Durch den Einsatz von P2G-Anlagen kann der Überschussstrom in einem Verteilnetz, der durch die erneuerbaren Energien hervorgerufen werden kann, laut den Analysen des Projektteams um 63 Prozent bis zu 100 Prozent reduziert werden. In diesem Fall könnten P2G-Anlagen den überschüssigen Strom in Gas umwandeln und die Energie dadurch in das Gasnetz transferieren. Die P2G-Technologie würde somit vermeiden, dass Strom aus erneuerbaren Energiequellen abgeregelt werden müssten. Dies würde auch dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien entgegenkommen und sektorenübergreifende Synergien zwischen Strom- und Gasnetz schaffen. Der Einsatz von P2G-Anlagen würde somit auch den Ausbaubedarf des Stromnetzes verringern, da die Umwandlung in Moleküle einfach und kostengünstig im Vergleich zu einem Netzausbau ist.

Die Ergebnisse der durchgeführten Szenario-Analysen zeigen, dass durch den Einsatz der P2G-Technologie erhebliche Kosteneinsparungen in Europa erzielt werden können. Gründe dafür sind die positiven Effekte, die P2G auf die System- und Versorgungssicherheit des Energienetzes hat, positive ökologische Effekte durch einen geringeren Ausstoß an Emissionen sowie die Beseitigung von Energieengpässen im Stromnetz.

**Tabelle 1: Kürzlich erschienene Berichte zu Teilaspekten von STORE&GO**

<b>D6.3</b>	Wirkungsanalyse und Szenario-Design
<b>D6.4</b>	Modell des Energiesystems mit P2G
<b>D6.5</b>	Echtzeitimplementierung von Netz-Modellen
<b>D7.4</b>	Vollständige sozioökonomische Kosten und Vorteile der Diversifizierung des Energiemixes und die diesbezügliche Rolle von P2G
<b>D7.5</b>	Bericht über Erfahrungskurven und Skaleneffekte
<b>D7.6</b>	Vollständige CBA-Analyse von Power-to-Gas im Kontext verschiedener Referenzszenarien
<b>D7.7</b>	Analyse zukünftiger Technologieoptionen und der technoökonomischen Optimierung von P2G
<b>D7.8</b>	Bericht über soziale und öffentliche Akzeptanzfaktoren in ausgewählten EU-Ländern
<b>D8.2</b>	Bericht über die Akzeptanz und zukünftige Akzeptanz von zertifikatsbasierten grünen Gasen
<b>D8.3</b>	Bericht über die mit P2G-Technologien verbundenen Kosten und ihre Potenziale in der gesamten EU
<b>D8.5</b>	Die kurz-, mittel- und langfristigen Perspektiven verschiedener Marktsegmente für „grüne Gase“
<b>D8.6</b>	Bericht über das optimale Zeitprofil und den Betrieb der Konvertierungstechnologie während eines repräsentativen Jahres im Hinblick auf die verfügbaren Speicherkapazitäten
<b>D9.4</b>	Entwurf und Entwicklung eines dreitägigen Schulungsprogramms, einschließlich Online-Lernprogrammen, Fallentwicklung und anderer Informationsgrundlagen

Obwohl eine P2G-Anlage in Zeiten hoher Anteile erneuerbarer Stromerzeugung von niedrigen oder sogar negativen Strompreisen profitieren könnte, erfordern die hohen Investitionskosten der Anlage eine intensive Nutzung der Anlage. STORE&GO geht davon aus, dass künftig die SNG-Produktionskosten zwischen 5,8 und 10 Cent/kWh, bei einem Betrieb zwischen 3.000 und 6.000 Volllaststunden, liegen werden.

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Rentabilität von P2G sind die Preise, die sich für das produzierte „grüne“ Methan erzielen lassen. Eine Verteuerung fossiler Energieträger, beispiels-

weise über eine CO<sub>2</sub>-Steuer oder höhere CO<sub>2</sub>-Emissionspreise, könnte daher dazu führen, dass zukünftig „grünes“ Methan durch solche regulatorischen Maßnahmen oder durch die Einführung ähnlicher Bepreisungsmodelle für externe ökonomische Effekte konkurrenzfähiger werden kann.

### Ausblick

Aktuell arbeiten die Projektpartner von STORE&GO daran, die gewonnenen Ergebnisse zusammenzuführen, um eine Strategie für die Integration der P2G-Technologie in Europa zu entwickeln. Diese europäische Roadmap zielt auf einen ganzheitlichen Ansatz

### INFORMATIONEN

Gefördert wird das Projekt STORE&GO im Rahmen des europäischen Förderprogramms Horizon 2020 und durch die Schweizer Eidgenossenschaft. Zusammen mit dem Eigenanteil der Industriepartner ergibt sich ein Gesamtvolumen von 28 Mio. Euro. Das Projekt ist im März 2016 gestartet und wird nach vier Jahren im Februar 2020 enden.

ab, der eine Vielzahl von Aspekten wie die technisch-wirtschaftliche Machbarkeit von Energiespeichern, die Integration von P2G-Konzepten in das Stromnetzmanagement und die Stromversorgung, den Abbau regulatorischer Barrieren für P2G sowie seine potenzielle Markteinführung in ganz Europa berücksichtigt. ■

### Die Autoren

**Daniel Stähr** ist Referent in der Einheit Technologie und Innovationsmanagement in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle, Standort Berlin.

**Hans Rasmusson** ist fachlicher Leiter Projekt-Portfolio-Management/ERIG in der DVGW-Hauptgeschäftsstelle in Bonn.

**Dr. Dietrich Gerstein** ist Senior Advisor des DVGW.

Kontakt:  
Daniel Stähr  
DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.  
Technisch-wissenschaftlicher Verein  
Josef-Wirmer-Str. 1–3  
53123 Bonn  
Tel.: 030 79473-646  
E-Mail: staehr@dvgw.de  
Internet: www.dvgw.de



**SIR 3S**

## Hydraulik und Asset Engineering für Rohrnetze

Auslegen / Berechnen / Analysieren / Optimieren / Zusammenhänge  
Fahrweisen / Regelungen / Dynamik / Druckstoß / Energieeffizienz  
Asset-Simulationen / Risiko / Zuverlässigkeit / Zielnetzplanung

3S Consult GmbH — Mehr als 30 Jahre Engineering und Software — [www.3sconsult.de](http://www.3sconsult.de)



**KANEW 3S**