

POWER-TO-GAS-TECHNOLOGIE

# ERNEUERBARES METHAN AUS ÖKOSTROM

Der Langzeitspeicher zum Ausgleich der Schwankungen  
von Wind- und Solarstrom



## Inhalt



- **Das Energiesystem für erneuerbare Energien fit machen** Seite 3  
Ökostrom ausbauen  
Stromspitzen nutzbar machen, Flauten überbrücken  
Lösung Stromspeicherung
- **Speichertechniken werden immer wichtiger** Seite 4  
Vielfalt der Speichertechniken  
Vor- und Nachteile  
Grenzen
- **Die neue Langzeit-Speichertechnologie *Power-to-Gas*** Seite 5  
Lange Speicherdauer, hohe Speicherkapazitäten  
Vorhandene Infrastruktur  
Herstellung und Nutzungsmöglichkeiten von erneuerbarem Methan
- **Intelligente Dienstleistung für das Energiesystem** Seite 6  
Der Bedarf an Speichern wächst  
Die Speicherdauer im Wochenbereich wird immer wichtiger  
Geschäftsmodell
- **Praxistests und Weg zur Industrialisierung** Seite 7  
25 Kilowatt- und 250 Kilowatt-Anlage  
6 Megawatt- und 20 Megawatt-Anlage  
Unterstützung durch Energiewirtschaftsgesetz EnWG

### Impressum

Herausgeber:

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW),  
Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES,  
SolarFuel GmbH

Bildnachweise:

Titelbild: Enercon. Weitere: Juwi, ZSW, IWES, SolarFuel

Redaktion:

Solar Consulting GmbH

Gestaltung:

Freunde Eventlogistik, TEAM STRUNZ | tswa.de

Druck:

E&B engelhardt und bauer

April 2012

Diese Broschüre ist klimaneutral auf FSC®-zertifiziertem Papier gedruckt.

Druck und Druckprozess nach Print-CO<sub>2</sub>-kompensiert-Label.





Morbacher Energielandschaft

## Das Energiesystem für erneuerbare Energien fit machen

**Strom wird künftig überwiegend aus erneuerbaren Quellen stammen. Weil die Einspeiseleistung von Wind- und Sonnenstrom aber schwankt, müssen wir das Energiesystem so umgestalten, dass sich dies beim Verbraucher nicht negativ auswirkt. Dafür braucht es neben dem Netzausbau, Erzeugungs- und Lastmanagement vor allem eines: Speichertechniken. Mit deren Hilfe kann trotz variierender Einspeisung eine sichere Versorgung gewährleistet werden.**

Politik, Wissenschaft und Wirtschaft arbeiten mit vereinten Kräften an einer nachhaltigen Energieversorgung – mit Erfolg. Im Stromsektor ist das besonders deutlich zu sehen: 2020 werden erneuerbare Energien einen Anteil von mindestens 35 Prozent erreichen, 2050 sind 80 Prozent geplant.

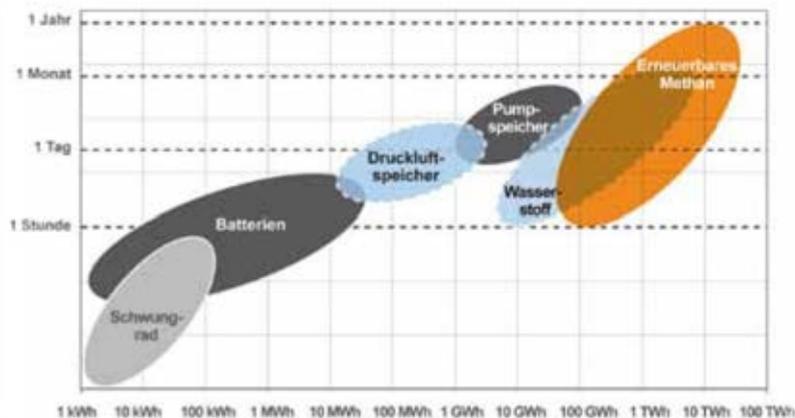
Das bedeutet: Bisher erfolgte die Stromerzeugung mit regelbaren Kraftwerken zeitlich orientiert am Verbrauch. Die zunehmende erneuerbare Stromproduktion aber ist größtenteils wetterabhängig und schwankt daher stark. Mal gibt es große Überschüsse, mal gibt es Mangel. Da im Stromnetz keine Energie gespeichert werden kann, müssen Speicherkapazitäten installiert werden, die die Überschüsse aufnehmen und bei Bedarf dem System Energie zur Verfügung stellen.

### Ökostrom besser nutzen

Ohne Speicherung müssen derzeit bei Starkwind Windenergieanlagen abgeregelt werden, um das Stromnetz vor einer Überlastung zu schützen. Und in Gegenden mit hoher Solarstromeinspeisung sind die lokalen Netze bereits heute stark beansprucht. Mit dem weiteren Ausbau der regenerativen Stromerzeugung werden diese Belastungssituationen häufiger eintreten.

Das Energiesystem erfolgreich auf die fluktuierende Stromerzeugung aus Sonne und Wind auszurichten, wird daher eine zentrale Aufgabe: Stromüberschüsse müssen verwertet und dürfen nicht verschwendet werden. Auch bei längeren Flauten oder über Nacht sollte die Nachfrage erneuerbar und nachhaltig gedeckt werden können.

**Eine immer wichtigere Dienstleistung der Energiewirtschaft wird die Verwertung, Speicherung und bedarfsgerechte Bereitstellung von Ökostrom sein: Dafür sind zukünftig passende Speichertechniken erforderlich, die auch große Energiemengen über längere Zeit speichern können.**



Speicherdauer und Speicherkapazität verschiedener Technologien

## Speichertechniken werden immer wichtiger

**Ob Pumpspeicherkraftwerke oder Batterien – alle Speichertechniken werden in Zukunft gebraucht. Sie haben jedoch ihre Grenzen.**

- Pumpspeicherkraftwerke dominieren bisher. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 70 bis 85 Prozent. Die Pumpspeicherkapazität in Deutschland ist aber begrenzt. Sie beträgt heute 0,04 Terawattstunden, so viel verbraucht Deutschland in weniger als einer Stunde. Zudem sind sowohl der Ein- als auch der Ausspeicherung eines Speichersees zeitlich enge Grenzen gesetzt. Binnen weniger Stunden ist die Kapazität erschöpft.

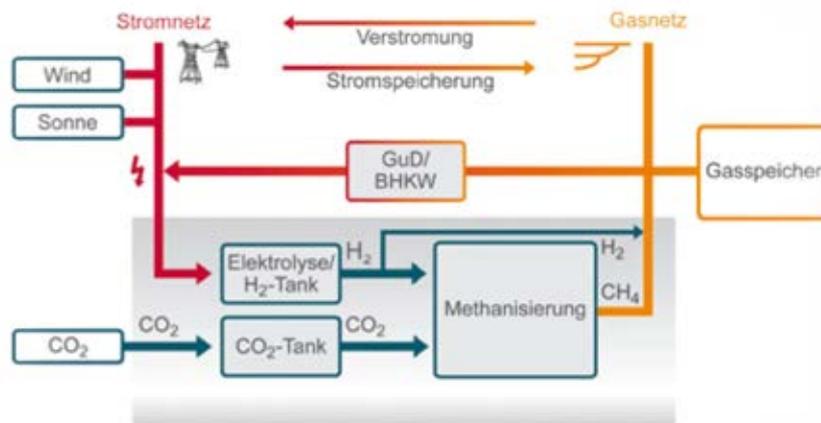
Ein weiterer Ausbau ist in Deutschland nur noch in geringem Maße möglich. Skandinavische Speicherseen bieten mehr Kapazität. Sie müssten jedoch zunächst zu Pumpspeichern umgerüstet werden. Zudem erfordert ihre Nutzung die Verlegung großer Stromleitungen im Meer. Die skandinavischen Kapazitäten möchten zudem auch andere Länder mit Offshore-Windparks nutzen.

- Druckluftspeicher sind technologisch noch in einer Phase der Weiterentwicklung – weltweit sind bislang zwei Anlagen in Betrieb. Sie bieten sich primär für die kurzfristige Speicherung im Stundenbereich an, sind aber gleichzeitig an

bestimmte geologische Gegebenheiten gebunden. Die geeigneten Salzkavernen befinden sich nur in Deutschlands Norden.

- Die Speicherung in Schwungradspeichern, Spulen oder Superkondensatoren ist für den Kurzzeitbereich (einige Minuten) und zur Stabilisierung der Stromversorgung unverzichtbar, eine längere Speicherdauer können sie mangels Kapazität nicht bereitstellen.
- Hochleistungsbatterien in Elektroautos können auch speichern: Es gibt aber absehbar noch zu wenige Fahrzeuge. Ebenso sind die zeitliche Verfügbarkeit und die Kapazität beschränkt. Gleiches gilt für stationäre Batterien. Sie sind vor allem für die kurzfristige Speicherung im Stundenbereich einsetzbar.
- Wasserstoff ist eine langfristige Speichermöglichkeit. Die Infrastruktur für reinen Wasserstoff fehlt aber noch. In das vorhandene Erdgasnetz kann Wasserstoff nur zu einem kleinen Anteil eingespeist und darin gespeichert werden.

**Der Ausbau erneuerbarer Energien erhöht den Bedarf für neue Stromspeicher: Den bisher bekannten fehlt entweder eine lange Speicherdauer, eine ausreichende Speicherkapazität oder die Infrastruktur.**



Power-to-Gas-Konzept zur bidirektionalen Kopplung von Strom- und Gasnetz

## Die neue Langzeit-Speichertechnologie *Power-to-Gas*

**Die Speicherung von Ökostrom als erneuerbares Methan ergänzt die bisherigen Speichertechniken. Methan kann über lange Zeiträume und in großen Mengen gespeichert werden, die Speicherinfrastruktur des Erdgasnetzes ist bereits heute verfügbar.**

Erhebliche Stromüberschüsse etwa an windigen Wintertagen können künftig auch über längere Zeiträume, Wochen oder Monate, in eine vorhandene Infrastruktur eingespeichert und bei Bedarf flexibel zur Verfügung gestellt werden.

Diese Flexibilität leistet nur die neue *Power-to-Gas*-Technologie: Überschüssiger erneuerbarer Strom wird mittels Elektrolyse und Methanisierung in Methan umgewandelt – den Hauptbestandteil von Erdgas. Das dafür nötige CO<sub>2</sub> kann etwa aus Biogasanlagen kommen oder aus industriellen Prozessen.

Die Vorteile der Technik:

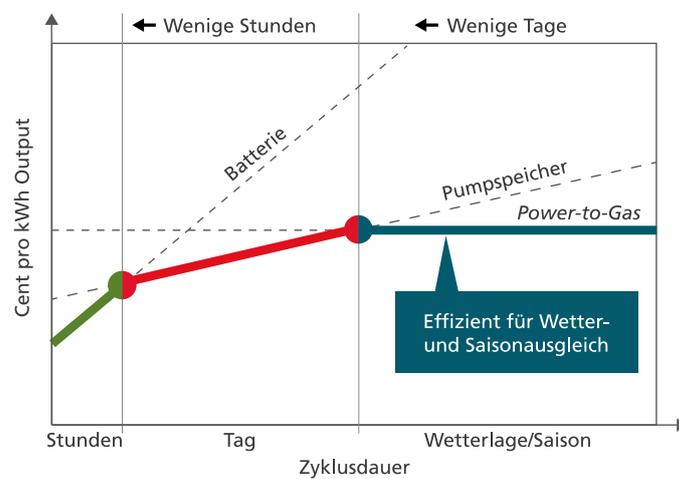
- Lange Speicherdauer: Methan ist über Monate verlustfrei lagerfähig.
- Hohe Speicherkapazitäten: Im Erdgasnetz können über 220 Terawattstunden thermische Energie, d.h. der deutsche Erdgasverbrauch von mehreren Monaten, gespeichert werden. Die damit produzierbare Strommenge ist größer als bei allen anderen Ökostrom-Speichertechniken zusammen.
- Vorhandene Infrastruktur: Eine Nutzung der Speicherkapazitäten ist ohne relevante zusätzliche Investitionen möglich und gesellschaftlich akzeptiert.

- Gesicherte Leistung: Durch die Nutzung von erneuerbarem Methan zur Stromproduktion kann beim Ausfall von Wind- und Sonnenstrom gesicherte Leistung aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden.

Weitere gute Gründe:

- Vielseitige Verwendung des Methans: Das Methan kann in modernen Gas- und Dampfkraftwerken oder in dezentralen Blockheizkraftwerken zu Strombedarfszeiten rückverstromt werden, in der Industrie zum Einsatz kommen oder als Kraftstoff Verwendung finden (z. B. Erdgasautos).
- Räumliche und zeitliche Entkopplung: Strom aus dem Norden kann in südlichen Ballungsgebieten als Gas dem Erdgasnetz entnommen werden.
- Ausreichender Wirkungsgrad: Der Wirkungsgrad von Strom zu Methan beträgt 60 Prozent. Die Abwärme ist ebenfalls verwendbar. Der reine Strom-zu-Strom-Wirkungsgrad beträgt bis zu 35 Prozent. Auch hier erhöht die Abwärmenutzung den Wirkungsgrad. Wichtig ist: Werden die Ökostromüberschüsse nicht genutzt, sind sie vollständig verloren.

***Power-to-Gas*: Die Grundlagen der Technik stammen von den Forschungsinstituten ZSW und Fraunhofer IWES. Die Firma SolarFuel treibt die Kommerzialisierung voran.**



Speicherkosten nach Dauer

## Intelligente Dienstleistung für das Energiesystem

**Künftig muss mehr Ökostrom länger als bisher zwischengespeichert werden. Dafür ist *Power-to-Gas* prädestiniert. Das Geschäftsmodell: Stromüberschüsse verwerten, Stromnetz stabilisieren, Spitzenlast decken, Gas verkaufen.**

Bei einer Vollversorgung durch erneuerbaren Strom ist ein Ausbau der Speicherkapazitäten nötig. Allein Deutschland braucht künftig 20 bis 40 Terawattstunden Kapazität – mehr als das 500fache im Vergleich zu heute.

Einen kurzfristigen Ausgleich wetterbedingter Schwankungen bieten Batterien, einen täglichen etwa Pumpspeicherkraftwerke. Eine Aufnahme von überschüssigem erneuerbarem Strom über Tage und Wochen ist mit diesen Technologien entweder ökonomisch nicht umsetzbar oder die Speicherpotenziale in Deutschland reichen nicht aus. Das ist bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien aber eine typische Anforderung an Speicher der Zukunft: Über mehrere Tage einspeichern und über mehrere Wochen verbrauchen.

Saisonbedingte Schwankungen wie mehrere Tage anhaltende Starkwinde oder wochenlange Flaute können zukünftig mit *Power-to-Gas* und der gezielten Rückverstromung der gewonnenen Gas-Mengen ausgeglichen werden. Bei einer Speicherdauer von mehreren Tagen wird das in Zukunft die kostengünstigste Lösung sein.

### Die Technologie wird zunehmend attraktiv:

- Stromüberschüsse verwerten, Stromnetz stabilisieren: Überschüsse treten heute schon in vielerlei Gestalt auf: Abweichung der Netzfrequenz vom Sollwert, Export von Ökostrom bei Preisdruck an der Börse, Zwangsabschaltung von Wind- und Solaranlagen wegen Netzüberlastung. Der Einsatz von *Power-to-Gas* stabilisiert das Netz und den Markt.
- Deckung der Residualspitzenlast: Kraftwerke können Spitzenlast mit dem Gas abdecken und so fehlenden Ökostrom bedarfsgerecht ergänzen.
- Verkauf von erneuerbarem Gas: Erneuerbares Methan hat den Status von Biogas und kann über das Gasnetz überregional vertrieben werden. Eine flächendeckende, CO<sub>2</sub>-neutrale Versorgung ist so möglich.

Die Technik ermöglicht eine intelligente Dienstleistung für das Energiesystem: Strom- und Gasnetz arbeiten so zusammen, dass immer die gewünschte Energiemenge und -form ins jeweilige Netz geliefert wird, ohne dass unnötig größere Mengen an erneuerbarer Energie verloren gehen.

Ausbauhelfer für Ökostrom: *Power-to-Gas* erhöht den erneuerbaren Anteil an der Energieversorgung, da Überschüsse nutzbar werden.

**Die Methanisierung ist ein wichtiger Baustein, um Ökostrom in Deutschland in großen Mengen rasch in das Energiesystem zu integrieren. Das Potenzial von erneuerbaren Energien kann damit voll ausgeschöpft werden.**



Power-to-Gas-Demonstrationsanlage

## Praxistests und Weg zur Industrialisierung

**Eine zukunftsfähige Innovation „Made in Germany“: Power-to-Gas wurde erfolgreich demonstriert und findet Eingang in die industrielle Anwendung. Die neue Technik ist weltweit einsetzbar. 2015 soll sie marktreif sein.**

Die Speicherung als erneuerbares Methan funktioniert, auch wenn noch Entwicklungsbedarf besteht. Die Meilensteine sind:

- Demonstrationsanlage mit 25 Kilowatt (kW) elektrischer Anschlussleistung, Produktion von bis zu 25 Kubikmetern Methan pro Tag: Die Anlage hat beim Einsatz in Stuttgart am ZSW, im Hunsrück bei der juwi Holding AG und in Norddeutschland bei der EWE, auch in Kombination mit Biogasanlagen, sehr gute Ergebnisse erzielt.
- Demonstrationsanlage mit 250 kW Anschlussleistung, Produktion von bis zu 300 Kubikmetern Methan pro Tag: Fertigstellung 2012, Standort am ZSW in Stuttgart. Ziel ist, die Technik für einen großen Maßstab betriebsbereit zu machen. Das Bundesumweltministerium fördert die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten finanziell.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

- Anlage mit rund 6 Megawatt (MW) Anschlussleistung, Tagesproduktion von rund 4.000 Kubikmetern Methan im intermittierenden Betrieb: Die AUDI AG steigt in die Technik ein und baut die weltweit erste Anlage im industriellen Maßstab. Erdgasautos tanken dann erneuerbares Methan. Fertigstellung 2013.
- Kommerzielle Anlagen mit bis zu 20 MW Anschlussleistung, Tagesproduktion von rund 13.000 Kubikmetern Methan im intermittierenden Betrieb: Ab 2015 geplant.

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen unterstützen die neue Technologie. Die Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes EnWG 2011 stellte *Power-to-Gas* mit Pumpspeicherkraftwerken und Biogas gleich:

- § 3, 10c: Methan, das aus Ökostrom und erneuerbarem CO<sub>2</sub> stammt, wird wie Biogas der vorrangige Zugang zu den Gasnetzen garantiert.
- § 118, 7: Anlagen, die synthetisches Methan herstellen, sind wie neue Pumpspeicherkraftwerke von Entgelten für den Netzzugang im Strombereich freigestellt und von den für die Gaseinspeisung zu entrichtenden Einspeisentgelten im Gasnetz befreit.

**Deutschland ist bei erneuerbaren Energien, insbesondere im Bereich der Windenergie und der Photovoltaik, weltweit führend. Bei erneuerbarem Methan könnte die Entwicklung ähnlich verlaufen. Dies hieße mehr Wertschöpfung im erneuerbaren Energiebereich, mehr Arbeitsplätze, mehr Exporterlöse für Deutschland.**



### Speicherung von Ökostrom als erneuerbares Methan

Haben Sie Fragen? Dann nehmen Sie Kontakt mit uns auf.

Für die Entwicklung der neuen Technik *Power-to-Gas* arbeiten zusammen:

- Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) gehört zu den führenden Instituten für angewandte Forschung auf den Gebieten Photovoltaik, regenerative Kraftstoffe, Batterietechnik und Brennstoffzellen sowie Energiesystemanalyse. An den drei ZSW-Standorten Stuttgart, Ulm und Widderstall sind mehr als 200 Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker und andere Angestellte sowie 100 Studenten tätig.
- Das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES erforscht das gesamte Spektrum der Windenergie sowie die Integration der erneuerbaren Energien in Versorgungsstrukturen. Am Fraunhofer IWES arbeiten rund 350 Wissenschaftler, Angestellte und Studenten.
- Die SolarFuel GmbH entwickelt die Technologie zur Serienreife weiter und vermarktet sie. 2015 sollen Anlagen modular mit bis zu 20 Megawatt Leistung zur Verfügung stehen – eine flexible und hochintegrative Speichertechnologie, die dem breiten Ausbau regenerativer und dezentraler Energien den Weg bereitet.
- Die Grundlagen der Verfahrenstechnik und die Konzepte zur Einbindung in das Stromnetz stammen von den Forschungsinstituten ZSW und Fraunhofer IWES. SolarFuel sorgt für die Industrialisierung und Kommerzialisierung der Anlagen im Megawattbereich.

**Überreicht durch:**

#### **ZSW**

Dr. Michael Specht | Industriestr. 6 | 70565 Stuttgart  
Sekretariat Tel. +49 (0)711 78 70-252  
michael.specht@zsw-bw.de | [www.zsw-bw.de](http://www.zsw-bw.de)

#### **Fraunhofer IWES**

Mareike Jentsch | Königstor 59 | 34119 Kassel  
Sekretariat Tel. +49 (0)561 72 94-328  
mareike.jentsch@iwes.fraunhofer.de | [www.iwes.fraunhofer.de](http://www.iwes.fraunhofer.de)

#### **SolarFuel GmbH**

Stephan Rieke | Heßbrühlstraße 15 | 70565 Stuttgart  
Tel.: +49 (0)711 46 05 74-10  
rieko@solar-fuel.net | [www.solar-fuel.net](http://www.solar-fuel.net)