

Tagung der ÖPL in Paaren-Glien im MAFZ am 15.11.2014

Speicherung Erneuerbarer Energie in Brandenburg und Mecklenburg/Vorpommern

III. Block: Speichertechnologien und Praxisbeispiele

Power-to-Gas Technologie

Detlef Bimboes

Nach Inkrafttreten des Erneuerbare-Energie-Gesetzes (EEG) wurden rasch immer größere Mengen an Strom mit Windkraft und Photovoltaik erzeugt. Wind und Sonne erzeugen aber Strom nicht kontinuierlich. Seine Menge schwankt witterungsbedingt und saisonal. Daher kam bald die Frage auf, wie sich erneuerbare Energiequellen und mit ihnen immer größere Strommengen langfristig in das bestehende Energieversorgungssystem integrieren ließen. Deshalb begannen das Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) dazu gemeinsam mit grundlegenden Arbeiten. Ins Auge gefasst wurde ein Weg zur regenerativen bundesweiten Vollversorgung für Strom, Wärme und Verkehr (Sternier, Specht u. a., 2010). Dafür wurde das Konzept „**Power-to-Gas**“ (**PtG**) entwickelt. Eine wichtige Anwendungsmöglichkeit für Power-to-Gas besteht darin, Stromüberschüsse, die nicht in das Netz eingespeist werden können, in Form von Methan (und Wasserstoff) in das bundesweite, flächendeckende Erdgasnetz mit seinem großen Speichervermögen einzuspeisen und Ökostrom auf diese Weise vorrätig zu halten (Sternier, 2012). Über das Erdgasnetz kann dann das Methan für verschiedenste Anwendungszwecke zu den Verbrauchsorten transportiert werden. Damit zeichnet sich damit eine Kopplung von Strom- und Gasnetz ab.

Das flächendeckende und weit verzweigte Erdgasnetz ist ein sehr großer und leistungsfähiger Speicher. Es hat insgesamt eine Länge von fast 500 000 km und transportiert jährlich fast 1000 Mrd. kWh (1000 TWh) Energie in Form von Erdgas und Biogas und damit in etwa die doppelte Energiemenge des deutschen Stromnetzes (rund 540 Mrd. kWh). Zusätzlich können in den unterirdischen Gasspeichern fast 220 Mrd. kWh gespeichert werden, was fast 25 Prozent des jährlichen deutschen Gasabsatzes entspricht (DVGW, S. 269, 2013). Bis 2020 soll diese Kapazität auf 300 Mrd. kWh steigen. Im Gegensatz zum Erdgasnetz beträgt die gesamte Speicherkapazität aller Pumpspeicherwerke lediglich ungefähr 0,04 TWh (0,04 Mrd. kWh).

Anders als Methan lässt sich Wasserstoff nur begrenzt in das Erdgasnetz einspeisen. Es ist lediglich eine Zumischung von 5 – 10 Prozent zu Erdgas möglich und auch das muss

standortbezogen geprüft werden, um gegebenenfalls sensible Anwendungsprozesse im nachgelagerten Netz zu schützen (WD Deutscher Bundestag, S. 2, 2012). Verantwortlich dafür sind Veränderungen in der Gasbeschaffenheit. Außerdem braucht Wasserstoff mehr Speicherplatz im Erdgasnetz aufgrund seiner stofflichen Eigenschaften. Mit Methan kann eine Energiemenge von 33 Megajoule pro Kubikmeter gespeichert werden, während es beim Wasserstoff nur 10 Megajoule pro Kubikmeter sind (Stern, S. 19, 2013).

Power-to-Gas – Signal für die postfossile Moderne

Das Konzept Power-to-Gas ist aber nicht nur eine neue Technologie für die Speicherung und den Transport regenerativer Energie in Form von Wasserstoff und Methan. Es ist zugleich ein kräftiges Signal für die heraufziehende postfossile Moderne. In fernerer Zukunft werden angesichts schwindender fossiler Energierohstoffe Wind und Sonne Regie führen im Bereich der Energieversorgung. Strom wächst absehbar mehr und mehr in die Rolle des zentralen Primärenergieträgers hinein. Mit Strom, Wasser und Kohlendioxid (CO₂) lassen sich nicht nur Energie- sondern auch Chemierohstoffe gewinnen. Mit dem Synthesegas-Verfahren und sich ankündigenden, neuen Verfahrenswegen lassen sich über Methan und Kraftstoffe hinaus sämtliche organisch-chemischen Grundchemikalien mit einer darauf aufbauenden, weit verzweigten Stoffvielfalt herstellen (Bimboes, S. 21 ff, 2014). Insgesamt zeichnet sich damit eine Kopplung ab von erneuerbaren Energien mit der Stoffproduktion auf künftiger, postfossiler Grundlage.

1. Power-to-Gas Technologie – Verfahren, Wirkungsgrad und Kosten

Mit dem Konzept betritt wieder ein altbekanntes chemisch-technisches Verfahren die Bühne, das derzeit modernisiert und technische Varianten erfährt. Grundlagen des Verfahrens bilden Wasser-Elektrolyse und Synthesegas-Verfahren. Hier wird in einem ersten Schritt Wasser mit erneuerbarem Strom zerlegt und der erzeugte Wasserstoff in einem zweiten Schritt gemeinsam mit Kohlendioxid zu Methan - dem Hauptbestandteil von Erdgas - umgesetzt. Das dafür benötigte Kohlendioxid kann beispielsweise aus der Atmosphäre, Kläranlagen, Biogasanlagen oder Brauereien gewonnen werden. Entsprechende technische Möglichkeiten sind gegeben, werden derzeit verbessert oder reifen heran.

Das Power-to-Gas Verfahren verbraucht relativ viel Energie, wie Tabelle 1 zu entnehmen ist. Sein Wirkungsgrad bewegt sich je nach Verwendung des Stroms zwischen 30 und 72 Prozent.

Abwärmenutzung verbessert den Wirkungsgrad. In Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplung lassen sich Wirkungsgrade zwischen 43 – 62 Prozent erreichen.

Die Gesteungskosten für erneuerbares Gas sind noch hoch und liegen um das 10 – 20 fache über denen für Methan und Wasserstoff auf fossiler Grundlage (Sterner, S. 20, 2014). Berechnungen zur Herstellung von erneuerbarem Methan sehen einen Durchbruch zur Wirtschaftlichkeit („Break Even“) bei 13 Cent pro kWh als möglich an. Das entspräche einem Ölpreis von 220 Dollar pro Barrel, der sich derzeit im Vier-Jahres-Tief und im Bereich um 80 Dollar pro Barrel bewegt (VKU, S. 23, 2013). Überdies ist mit dem Beginn größerer Stromüberschüsse erst auszugehen ab einem Anteil der erneuerbaren Energien von 50 Prozent an der gesamten Stromerzeugung. Große Stromüberschüsse sind erst ab einem Anteil von 70 Prozent erneuerbaren Energien zu erwarten. Insgesamt ist damit in etwa 10 bis 20 Jahren zu rechnen (Sterner, S. 11 ff, 2013a).

Tab.1: Power-to-Gas - Wirkungsgrad je nach Verwendung des Stroms¹

Pfad	Wirkungsgrad	Randbedingung
Strom-zu-Gas	2/3	
Strom → Wasserstoff	54 – 72 %	bei Kompression auf 200 bar (Arbeitsdruck der meisten Gasspeicher)
Strom → Methan (SNG ²)	49 – 64 %	
Strom → Wasserstoff	57 – 73 %	bei Kompression auf 80 bar (Einspeisung Fern-/Transportleitung)
Strom → Methan (SNG)	50 – 64 %	
Strom → Wasserstoff	64 – 77 %	ohne Kompression
Strom → Methan (SNG)	51 – 65 %	
Strom-zu-Gas-zu-Strom	1/3	
Strom → Wasserstoff → Strom	34 – 44 %	bei Verstromung mit 60 % und Kompression auf 80 bar
Strom → Methan (SNG) → Strom	30 – 38 %	
Strom-zu-Gas-zu-KWK (Wärme + Strom) 1/2		
Strom → Wasserstoff → KWK	48 – 62 %	bei 40 % Strom & 45 % Wärme und Kompression auf 80 bar
Strom → Methan (SNG) → KWK	43 – 54 %	
vs. Norwegische Pumpspeicher mit 65 -68% (75% vor Ort + 7-10 % Verlust durch Stromtransport)		

1. Sterner, Michael: Meilenstein in der Energiewende, S. 20; Vortrag bei Solarfreunde Moosburg e.V., Moosburg 14.03.2013b;

2. SNG = Synthetic Natural Gas = synthetisches Methan d. h. hier erneuerbares Methan.

Mit einem breiten Durchbruch der Power-to-Gas Technologie dürfte deshalb vorerst nicht zu rechnen sein, soweit keine anderweitigen Voraussetzungen (s. u.) geschaffen werden.

2. Power-to-Gas für große Stromüberschüsse durch Wind und Sonne

Wenn die Energiewende auf erneuerbarer Grundlage weiterhin Bestand haben soll, dann müssen zunehmend Grundlastkraftwerke auf Kohlebasis durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Allerdings führt dann ein wachsender Anteil von Wind und Sonne an der Stromerzeugung zu immer stärkeren Stromschwankungen im Netz, die selbst bei entsprechendem Netzausbau und entsprechend flexibel geführtem Last- und Erzeugungsmanagement (u. a. Gas, Biogas, KWK) nicht ausreichend ausgeglichen werden können. Der Einsatz des Power-to-Gas-Verfahrens ist das geeignete Instrument, um große Mengen an Überschussstrom zu verarbeiten und in Form von erneuerbarem Methan in das Erdgasnetz einzuspeisen (Stern, S. 20, 2014).

Forschungsergebnissen zufolge ist – wie bereits erwähnt - mit großen Stromüberschüssen erst in etwa 10 bis 20 Jahren zu rechnen. Laut BDEW lag im vergangenen Jahr der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bei 23,4 Prozent. Bei einer vollständigen oder fast vollständigen Versorgung mit erneuerbarem Strom im Jahre 2050 wäre mit Stromüberschüssen von insgesamt ca. 40 TWh zu rechnen. Dieser rein auf Deutschland bezogenen Abschätzung liegt ein idealer Netzausbau und kein Import/Export von Strom zugrunde (Stern, S. 25, 2012).

3. Power-to-Gas und andere Speicher für kleine Stromüberschüsse

Bislang bewegen sich die Mengen an Überschussstrom noch auf einem sehr niedrigen, aber keinesfalls zu vernachlässigendem Niveau. Das zeigt der Vergleich mit der Nettostromerzeugung in Deutschland, die nach Schätzungen des BDEW im Jahre 2013 bei knapp 600 TWh lag. So lagen nach Angaben der Bundesnetzagentur die gesamten potentiell erzeugbaren, nicht eingespeisten Jahresarbeitsmengen (die sog. Ausfallarbeit) aus erneuerbaren Energien 2009 bei 74 GWh, 2010 bei 127 GWh und 2011 bei 421 GWh. Sie bewegen sich mithin im Bereich von 0,074 TWh bis 0,421 TWh. Verglichen mit der gesamten Nettostromerzeugung könnte man also von Peanuts sprechen. Davon kann aber keine Rede sein. Denn diese Stromüberschüsse, die wegen drohender Netzüberlastung nicht eingespeist werden konnten, entsprechen immerhin „dem mittleren Stromverbrauch von ca.

100 000 Drei-Personen-Haushalten“ (WD Deutscher Bundestag, S. 2, 2012). Im Jahre 2012 konnten erneut 0,385 TWh nicht ins Netz eingespeist werden.

Für die Nutzung dieser und in den nächsten Jahren weiter wachsende Stromüberschüsse müssen Lösungen gefunden werden. Dazu hat beispielsweise Eurosolar dazu in seinem „Memorandum zur Energiemarktreform“ Vorschläge gemacht: „Mit Biogas, Power-to-Heat, Power-to-Gas, Redox-Flow-Batterie und anderen Speichertechnologien stehen heute bereits zahlreiche Flexibilitätsoptionen zum Ausgleich schwankender erneuerbarer Stromeinspeisung zur Verfügung. Bislang fehlen Anreize, diese Technologien Schritt für Schritt fortzuentwickeln und in den Markt einzuführen“. Hierfür sind ein Marktanreizprogramm und Forschungsförderung zur Entwicklung der Technologien mit Schwerpunkt auf der Verteilnetzebene notwendig. Weiter wird vorgeschlagen, die Flexibilitätsprämie im EEG für Speicher zu öffnen oder eine Speicherprämie einzuführen. „Da bei weiter wachsendem Anteil erneuerbarer Energien in 10 bis 15 Jahren nennenswerte Speicherkapazitäten auf allen Ebenen benötigt werden, muss heute mit der Markteinführung Schritt für Schritt begonnen werden, damit erhebliche Kostensenkungspotentiale so rasch als möglich erschlossen werden können“ (Eurosolar, 2013). Es geht darum, künftige Einsatzmöglichkeiten zu entwickeln, zu erproben und auszubauen, damit entsprechende Dienstleistungen samt Wertschöpfungsketten entstehen können. Was lokal an Strom hergestellt und verbraucht werden kann, das muss nicht in überregionale Netze eingespeist werden. Von großer Bedeutung ist deshalb in erster Linie ein Ausbau der Verteilnetze. Sie können einen erheblichen Teil des erneuerbaren Stroms samt Überschüssen aufnehmen und eröffnen intelligente Steuerungsmöglichkeiten.

4. Kontroverse zum Für und Wider von Stromspeichern

Über die Frage zum Ausbau von Energiespeichern ist es aktuell zu heftigen Auseinandersetzungen gekommen. Anlass dafür sind zwei Studien, die aus unterschiedlichen Richtungen und Motiven heraus Kritik erfahren (energate Mobil, 2014). Sie reichte u. a. vom BDEW, der dena über den BVES bis hin zu Eurosolar und SFV. Zum einen handelt es sich um eine seitens des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) in Auftrag gegebene Studie namens „Roadmap Speicher“ (FhG IWES et al, 2014). Durchgeführt wurde sie vom Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (Fraunhofer IWES) gemeinsam mit dem Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) der RWTH Aachen und der Stiftung Umweltenergierecht Würzburg. Zum anderen handelt es sich um die Studie „Stromspeicher in der Energiewende“ der Stiftung Agora Energiewende (Agora

Energiewende, 2014). Beide Studien sind kritisiert worden. Im Folgenden wird im Kern insbesondere jener von Eurosolar (Eurosolar, 2014) und dem Solarenergie-Förderverein (SFV, 2014) gefolgt. Beide Studien kommen letztlich zu dem Ergebnis, dass der geplante Ausbau von Wind- und Solaranlagen in den kommenden zwanzig Jahren nicht auf neue Stromspeicher angewiesen ist. Bis zu einem Anteil der Erneuerbaren Energien von 60 Prozent an der Stromerzeugung stünden genügend andere, flexiblere und kostengünstigere Möglichkeiten zur Verfügung. Auf die Nutzung geringer Mengen an Überschussstrom könnte verzichtet werden: „Kurz- und mittelfristig ist der Ausbau von Stromspeichern keine Voraussetzung für den weiteren Ausbau der dargebotsabhängigen erneuerbaren Energien, wenn eine Abregelung geringer Mengen von Erzeugungsspitzen akzeptiert wird“ (FhG IWES et al, Roadmap-Stakeholderworkshop S. 9, 2014). Konkret: Wind- und Solaranlagen sind abzuschalten, wenn Netzüberlastung droht. Gleichwohl wird – wenn auch mehr im Kleingedruckten und unterschiedlich begründet – darauf hingewiesen, dass Speicher und Anwendungen in den Markt einzuführen sind. Das bleibt aber ohne Konsequenzen.

Von beiden Studien wird in diesem Zusammenhang auf das Entstehen eines europäischen Energieversorgungssystems bis 2050 gesetzt. Danach verliert es sukzessive seine derzeit fossil-atomare Prägung und stellt letztlich in hohem Umfang, wenn auch geringer als in Deutschland, seine Energieversorgung auf erneuerbare Energien samt dafür geeigneten Speichersystemen um. Aus den Szenarien beider Studien lässt sich herauslesen, dass ein intensiver und verbesserter Stromaustausch mit den anderen europäischen Ländern stattfindet, die Stromüberschüsse aufnehmen können. Damit wird es möglich, über Ländergrenzen hinweg selbst größere Stromschwankungen in den einzelnen Ländern besser auszugleichen. Vor diesem Hintergrund wurde natürlich auch nicht nach Alternativen zum dann erforderlichen und umstrittenen Ausbau des Übertragungsnetzes und jenem zu Grenzkuppelstellen ins Ausland gesucht. Damit sind die bisherigen Rahmenbedingungen für den Netzausbau übernommen und akzeptiert worden. Der Hauptkritikpunkt der Deutschen Energie-Agentur richtet sich deshalb nicht von ungefähr darauf, dass die bislang vorgelegten Studien „vielfach von idealisierten Rahmenbedingungen ausgehen und Probleme nicht berücksichtigen, die jetzt schon ersichtlich sind, wie zum Beispiel Verzögerungen beim Netzausbau und bei der Etablierung eines europäischen Strombinnenmarktes“. Weiter heißt es: „Bereits geringe Änderungen dieser Annahmen führen zu anderen Ergebnissen hinsichtlich des Speicherbedarfs (dena S. 1; S. 2, 2014).

Es wird deutlich, dass die Studien den Interessen großer Stromerzeuger und Netzbetreiber folgen und nicht denen von Akteuren für eine dezentrale Energiewende. Je länger Wind- und Solaranlagen ohne Unterstützung von Stromspeichern und einen Netzausbau in erster Linie auf der Verteilnetzebene auskommen müssen, desto länger sind Versorgungslücken durch den Betrieb fossiler Kraftwerke auszugleichen.

Mit einem weitestgehenden oder vollständigen Umbau der Energieversorgung anhand erneuerbarer Energien ist in Europa nur langfristig zu rechnen. Angesichts der sich verschärfenden Klimaproblematik und mit Blick auf die notwendige Beschleunigung der Energiewende hierzulande sind aber Verzögerungen nicht verantwortbar. Eine wachsende Integration Deutschlands und seines vergleichsweise fortgeschrittenen Systems an erneuerbaren Energien in den weithin fossil und atomar geprägten europäischen Energiemarkt hintertreibt weiter die Energiewende. Damit wird die hiesige Vorreiterrolle in Sachen erneuerbare Energien in der EU erneut untergraben. Sie wurde erst vor kurzem mit der Novelle des EEG geschwächt und eine Energiewende zugunsten der Interessen der vier großen fossilen Energiekonzerne und kapitalstarker Investoren eingeleitet. Ob damit die angeschlagene Stellung der fossilen Energiewirtschaft dauerhaft stabilisiert werden kann oder nicht und es ist noch nicht ausgemacht, auf welche Art und Weise Umgruppierungen und Neuformierungen eine neue „Konzernlandschaft“ im Energieversorgungssystem der Zukunft entstehen lassen. In jedem Fall ist abzusehen, dass die beiden Studien Eingang in die Politik der schwarz-roten Bundesregierung finden werden. Darauf lassen Äußerungen von Staatssekretär Baake (Mitglied der Grünen) im SPD-geführten Bundeswirtschaftsministerium schließen (Baake, 2014). Er hat sich nicht für die Notwendigkeit weiterer Stromspeicher ausgesprochen, sondern lediglich die Kostenfrage in den Mittelpunkt gestellt.

5. Power-to-Gas im Fadenkreuz großer Wirtschaftsinteressen

Die halbstaatliche Deutsche Energie-Agentur (dena) bündelt im Rahmen ihrer Strategieplattform „Power-to-Gas“ die wirtschaftlichen Interessen in diesem Bereich. Es geht dabei nicht nur um die Netzintegration von erneuerbaren Energien durch Speicherung von überschüssigem Strom, sondern auch um künftige Leitmärkte im internationalen Konkurrenzkampf, um Produkte und Profite auf dem lokalen und globalen Marktplatz. Deshalb sind auf der Plattform wichtige Akteure aus Wissenschaft, Energiewirtschaft, Industrie und Verbänden versammelt, um den künftigen Einsatz von CO₂-arm bzw. CO₂-neutral hergestelltem, erneuerbarem Wasserstoff und Methan voranzubringen. Vertreten sind große und kleinere Energiekonzerne, insbesondere im

Gasgeschäft tätige - darunter Eon, RWE, VNG, EWE, Wingas, gasunie Deutschland - und mit der THÜGA der größte kommunale Energieversorger Deutschlands. Neben dem VW Konzern sind die Konzerne Bosch (Elektronik) und Viessmann (Heizungsbau) dabei, der europaweit im Bereich von erneuerbaren Energien tätige Konzern Enertrag AG wie auch der Übertragungsnetzbetreiber 50 Hertz Transmission GmbH. Mit dabei ist auch das Unternehmen Hydrogenics GmbH, eine Tochter des weltweit operierenden kanadischen Konzerns Hydrogenics in den Bereichen Wasserstoffwirtschaft, Brennstoffzellen und Elektrolysegeräte. Das Unternehmen ETOGAS entwickelt, baut und verkauft Power-to-Gas Anlagen. Bedeutung wird auch der Weiterentwicklung von Power-to-Gas zum Power-to-Liquid Verfahren beigemessen. So ist das auf der Plattform inzwischen vertretene Unternehmen sunfire bestrebt, mit Power-to-Liquid mittelfristig in den Bereich erneuerbarer Kraftstoffe einzusteigen. Das Verfahren befindet sich, soweit bekannt, im fortgeschrittenen Stadium der Entwicklung. Der Chemiekonzern Evonik Industries AG ist ein weltweit führender Konzern im Bereich Spezialchemie und verfügt im Bereich Katalyse über große Erfahrung. Insgesamt wird der Teilnehmerkreis abgerundet durch Einrichtungen aus Wissenschaft und Forschung (IAEW, ZSW, FhG IWES, BTU) und von den im Energiebereich tätigen Verbänden DVGW und VKU.

Ergänzend zu der bereits seit 2000 bestehenden dena ist im Jahre 2008 die NOW GmbH, die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie seitens der Bundesregierung gegründet worden. Sie ist eine Bundesgesellschaft und zu 100 % im Bundesbesitz. Hier sind im Beirat neben praxisbezogenen Wissenschaftseinrichtungen die Automobilkonzerne Volkswagen, Daimler, der Brennstoffzellenhersteller Ceramic Fuel Cells, der Brennstoffzellen-Komponentenhersteller ElringKlinger AG, VDMA Power Systems, Total Deutschland, Vattenfall Europe Innovation GmbH, Linde AG und die EWE AG vertreten. Strategisch ist die NOW GmbH auf den Technologiefeldern Wasserstoff, Brennstoffzelle und batterieelektrische Antriebe tätig. Produkte und Anwendungen sollen markttauglich gemacht werden (NOW, 2014). Im Mittelpunkt stehen die Themenfelder Mobilität mit Batterie und Brennstoffzelle, Strom und Wärme mit Brennstoffzellen sowie Gesamtkonzepte für Verkehr und Energie. In den Projekten bestehen vielfältige Überschneidungen mit Akteuren, die bereits bei der Power-to-Gas Plattform der dena mitarbeiten. Die großen wirtschaftlichen Interessen in den Bereichen Wärme und Verkehr werden im Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) deutlich. Brennstoffzellen verfügen über zumeist mehr als doppelt so hohe Wirkungsgrade wie herkömmliche Verbrennungsmotoren. Durch die hohen Wirkungsgrade

lassen sich Energierohstoffe effizienter ausnutzen und ermöglichen so einen geringeren Verbrauch und damit erheblich weniger CO₂-Emissionen. Das NIP wurde für den Ausbau dieser Technologien bereits im Jahre 2006 gestartet. Seitdem sind mehrere Hundert Forschungs-Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte durchgeführt worden. Das Programm wird in breiter Allianz von Ministerien auf Bundes-/Landesebene, Energieagenturen, Kommunen, Stadtwerken, Wirtschaft (Energiekonzerne, Automobilkonzerne, Anlagenbau, Zulieferer etc.) und Wissenschaft (darunter mit Schlüsselstellung: ZSW, FhG) getragen.

Als sog. Leuchtturmprojekte ragen in den Bereichen Wärme und Verkehr die Projekte „Callux“ und Clean Energy Partnership (CEP) heraus:

1. Callux-Praxistest Brennstoffzellen-Heizgeräte

Heizungsgeräteindustrie wie auch im Gasgeschäft tätige Energiekonzerne unterschiedlicher Größenordnung sind an Entwicklung und Absatz der Brennstoffzellen-Technologie interessiert. Die Geräte können im Bereich der Hausenergieversorgung sowohl fossiles als auch erneuerbares Methan nutzen und liefern als kleine Kraft-Wärme- Kopplungsanlagen zugleich Strom und Wärme. In einem bundesweiten Großversuch wird die Technologie im alltäglichen Einsatz erprobt und weiterentwickelt. Callux wird getragen von den drei Geräteherstellern BAXI INNOTECH, Hexis und Vaillant sowie den fünf Energieversorgern EnBW, E.ON Ruhrgas, EWE, MVV Energie und VNG Verbundnetz Gas. Das Projekt wird koordiniert durch das ZSW.

2. Clean Energy Partnership (CEP)

Seit 2008 ist unter dem Dach der NOW GmbH die „Clean Energy Partnership“ (CEP) angesiedelt. Sie wurde im Dezember 2002 durch das Bundesverkehrsministerium gegründet und ist eine gemeinsame Initiative von Politik und Industrie (CEP, 2014). Hier haben sich insgesamt neunzehn Konzerne und Unternehmen aus der Energie-, Mineralöl- und Autobranche zusammengeschlossen: Air Liquide, BMW, Berliner Verkehrsbetriebe BVG, Hamburger Hochbahn, Stuttgarter Straßenbahnen SSB, Bohlen & Doyen, Daimler, EnBW, Ford, GM/Opel, Honda, Hyundai, Linde, Siemens, Shell, Total, Toyota, Vattenfall und Volkswagen. Ziel ist es, die Tauglichkeit von Wasserstoff als Kraftstoff im Alltag zu erproben, sei es in dafür geeigneten Motoren oder mit Brennstoffzellen i. V. mit Elektroantrieben. Dafür sind technische Standards zu entwickeln. Sie reichen von der Erzeugung über die schnelle und sichere Betankung bis hin zum Betrieb wasserstoffbetriebener, emissionsfreier Fahrzeuge. Dazu betreibt die CEP mehrere

Wasserstofftankstellen in Berlin und Hamburg und eine Flotte von über 100 mit Wasserstoff betriebenen Pkw und Bussen, die im täglichen Betrieb unterwegs sind.

Die Clean-Energy-Partnership ist mit den Initiativen **H2Mobility** und „**performing energy – Bündnis für Windwasserstoff**“ verknüpft.

Ziel der Initiative **H2Mobility** ist es, die für 2015 geplante Serieneinführung von Brennstoffzellenfahrzeugen und den Aufbau einer Wasserstofftankstellen-Infrastruktur vorzubereiten. Zunächst sind bundesweit 50 Tankstellen vorgesehen. Beteiligt an der Initiative sind: Air Liquide, Daimler, Linde, OMV, Shell, Total, EnBW, Vattenfall, NOW GmbH. Die Initiative wird begleitet von BMW, Honda, Hyundai, Intelligent Energy, Nissan, Toyota und Volkswagen sowie von der NOW GmbH. Inzwischen verhandeln die Teilnehmer der Initiative über die Gründung eines Gemeinschaftsunternehmens, das den Aufbau der Infrastruktur finanzieren soll.

Ziel der Initiative „**performing energy – Bündnis für Windwasserstoff**“ sind Forschungen zu großen Wind-Wasserstoff-Systemen. Damit sie mittelfristig zur Marktreife gebracht werden können, geht es hier um technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit sowie den reibungslosen Einsatz in der Praxis. Teilnehmer sind: Brandenburgische Technische Universität, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Deutsche Umwelthilfe e.V., Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik, ENERTRAG AG, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, GASAG Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft, hySOLUTIONS GmbH, Linde AG, NOW GmbH, Siemens AG - Sektor Industry und Sektor Energy, TOTAL Deutschland GmbH, Vattenfall Europe Innovation GmbH und Vattenfall Europe Windkraft GmbH.

Alle Initiativen sind in die **Pläne der Fahrzeugindustrie** eingebunden. So haben sich 2006 die großen Fahrzeughersteller BMW, Daimler, Ford, GM, MAN und Volkswagen in einem gemeinsamen Positionspapier mit TOTAL und Shell auf einen Aktionsplan zur Einführung der Wasserstoffmobilität in Europa verständigt. Nach einer Phase der weiteren technologischen Optimierung und dem Ausbau von europäischen Leuchtturmprojekten, soll demnach die kommerzielle Vermarktung von Wasserstoff-Fahrzeugen ab 2015 beginnen (NOW GmbH, 2014). Im September 2009 wurde in einem „Letter of Understanding“ seitens der Konzerne Daimler, Ford, GM/Opel, Honda, Hyundai/Kia, Renault/Nissan und Toyota die Absicht verkündet, Brennstoffzellenfahrzeuge zu entwickeln und mit deren internationalem Verkauf ebenfalls ab dem Jahre 2015 zu beginnen. Zu diesem Zeitpunkt wird auch von einer

grundlegenden Infrastruktur zur Betankung mit Wasserstoff ausgegangen, zunächst in Metropolregionen und Verbindungskorridoren, später flächendeckend. Deutschland, die USA, Japan und Korea sind dafür als die Startpunkte vorgesehen (NOW, Pläne der Fahrzeugindustrie, 2014).

Pläne der Wirtschaft zum Ausbau von Power to Gas

Vor dem Hintergrund wirtschaftlicher Interessen sind sowohl von den Mitgliedern der Strategieplattform Power to Gas als auch vom Beirat der NOW GmbH weitreichende Zielsetzungen formuliert worden.

Von der **Strategieplattform Power to Gas** sind Eckpunkte für eine „**Roadmap Power to Gas**“ formuliert worden (dena Strategieplattform powertogas, 2014). Sie umfassen sechs mit engen Zeithorizonten (2012 – 2020/fortlaufend) versehene Handlungsfelder. Sie reichen von Untersuchungen zu energiewirtschaftlichen Grundlagen zur Nutzung nicht integrierbarer Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (und umfassen auch den möglichen Beitrag von Power to Gas im Wärme- und Verkehrsbereich unter Einsatz von Regelenergie) über Anwendungsforschung und Technologieerprobung bis hin zur Schaffung von Grundlagen und Rahmenbedingungen für die (Langfrist-)Energiespeicherung im (europäischen) Strommarkt und die Schaffung von Investitionsbereitschaft zur großtechnischen Nutzung. Im 2014 begonnenen Novellierungsprozess des BImSchG hat die Plattform in einer Stellungnahme gefordert, erneuerbaren Wasserstoff und erneuerbares Methan als vollwertige Kraftstoffe anzuerkennen und damit keine Benachteiligung gegenüber biogenen Kraftstoffen zu schaffen (dena Strategieplattform powertogas, 09.09.2014)

Konkret schlägt die Plattform Plattform Power-to-Gas vor, das bis zum Jahr 2022 Power to Gas-Systeme mit einer Elektrolyseleistung von insgesamt 1000 MW installiert und betrieben werden. Dieser Anlagenpark wäre in der Lage, zwei bis vier TWh Strom aufzunehmen und daraus 400 bis 800 Mio. m³ Wasserstoff bzw. 100 bis 200 Mio. m³ Methan pro Jahr zu erzeugen. Damit ließen sich – so dena und beteiligte Kreise aus Energiewirtschaft, Verbänden und Wissenschaft - technologische und verfahrensseitige Verbesserungen und der Übergang zur Serienfertigung erreichen. Diese Strommenge entspricht nach Szenario B des deutschen Netzentwicklungsplans 2012 (Kap. 3+4) ca.1 – 2 % der erzeugten Strommenge aus Wind und Solar im Jahr 2022 (dena, S. 4, 2013). Nach Szenario B werden danach im Jahre 2022 insgesamt ca. 291 TWh aus Wind und Solar erzeugt. Die Nettostromerzeugung

(konventionell und regenerativ) liegt insgesamt bei ca. 594 TWh. Im Jahre 2013 lag die Nettostromerzeugung in Deutschland nach Schätzungen des BDEW (einschließlich aus erneuerbaren Energien) bei knapp 600 TWh.

Vom **Beirat der NOW GmbH** sind Zielsetzungen mit Blick auf einen Zeithorizont bis 2025 erarbeitet worden (NOW GmbH, S. 5, 2013). Sie richten sich auf Brennstoffzellen für elektrische Antriebe und Wasserstofftankstellen, Brennstoffzellen für die stationäre Energieversorgung mittels dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung und eine Wasserstoffherzeugung aus Erneuerbaren Energien. Dafür soll eine Elektrolysekapazität von 1 500 MW für Wasserstoff aus erneuerbarer Energie geschaffen, erfolgreiche Geschäftsmodelle für Power to Gas etabliert und genügend Wasserstoffspeicher bereit gestellt werden, um ausreichende Mengen Erneuerbaren Stroms speichern zu können. Es wird erwartet, dass ab 2020 jährlich mindestens 20 TWh erneuerbar erzeugter Strom nicht direkt genutzt werden können. Das wird als ein wesentlicher Preistreiber bewertet und senke die Effizienz des Energiesystems insgesamt (NOW GmbH, S. 14, 2013).

Konkret soll in den Bereichen Wärme und Verkehr folgendes für den Zielmarkt Deutschland bis 2025 realisiert sein:

1. Brennstoffzellen für die stationäre Energieversorgung: Hausenergieversorgung, dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung und sichere Stromversorgung:

- Mehr als eine halbe Million Brennstoffzellenheizgeräte in Betrieb;
- Mehr als 1.000 MW Brennstoffzellen-KWK-Anlagen in Hausenergie, Industrie und Schiffen installiert;
- Mehr als 25.000 sichere Stromversorgungseinheiten produziert.

2. Brennstoffzellen für elektrische Antriebe und Wasserstofftankstellen-Infrastruktur:

- Bundesweit mehr als 500 öffentliche Wasserstofftankstellen verfügbar;
- über eine halbe Million Brennstoffzellen PKW auf der Straße;
- 2 000 Brennstoffzellenbusse im Linienbetrieb des ÖPNV im Einsatz.

Insgesamt richten sich diese Ziele auf mittel- bis langfristig profitable Zukunftsmärkte. Ob und wenn ja, in welchen Zeiträumen sie sich etablieren, ist noch offen. Und es wird auch darüber noch zu diskutieren und zu entscheiden sein, was hier im Einzelnen und in welchem Umfang als sinnvoll zu bewerten ist. Am Beispiel des Verkehrsbereichs wird ganz deutlich,

um was es Energie- und Automobilkonzernen mit dem Einsatz von Power-to-Gas geht. Es geht ihnen darum, langsam schwindende fossile Energieträger durch gasförmige Kraftstoffe (Wasserstoff, Methan) auf erneuerbarer Basis zu ersetzen und die Massenmotorisierung des 20. Jahrhunderts ungebrochen im 21. Jahrhundert fortzusetzen. Das führt nicht nur zu einem drastischen Ausbau erneuerbarer Energien, sondern auch in Sackgassen auf dem Weg in die Zukunft. Was stattdessen gebraucht wird, ist eine längst überfällige, energieeffiziente und ressourcenschonende Verkehrswende im Personen- und Güterbereich, die zugleich große Mengen an klima- und gesundheitsschädlichen Abgasen vermeidet. Ressourceneffizienz allein reicht bei weitem nicht. Es geht darum, den Ressourcenverbrauch absolut zu senken mit weniger Fahrzeugen auf den Straßen.

6. Power-to-Gas Projekte im Bundesgebiet

Durch diese Anstöße gibt es inzwischen bundesweit eine ganze Reihe von Power-to-Gas Projekten, die sämtlich in ein enges Geflecht von praxisbezogener Wissenschaft, Industrie und Politik eingebunden sind. Es reicht von Ministerien, Hochschulen, wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen über Energiekonzerne (insbes. im Gasbereich Tätigen), kommunale Energieversorger und großen Fahrzeugherstellern bis hin zum Anlagenbau und der Chemischen Industrie.

Insgesamt gibt es im Bundesgebiet vierundzwanzig Power-to-Gas Projekte, überwiegend auf der Stufe von Forschungs- und Demonstrationsanlagen mit unterschiedlichen Schwerpunkten (DVGW, 2013; dena 2014). Siebzehn Anlagen sind in Betrieb, zwei im Bau und fünf in der Planung. Von den vierundzwanzig Projekten verfolgen sechzehn Zielsetzungen mit erneuerbarem Wasserstoff. Darunter sind acht Projekte, die auch die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff für Fahrzeuge umfassen. Acht weitere Projekte befassen sich mit der Herstellung von erneuerbarem Methan, zwei davon sind explizit auf den Einsatz als Fahrzeugtreibstoff ausgerichtet. Für vier Anlagen zur Erzeugung von Methan kommt oder wird Kohlendioxid aus Biogas- oder Kläranlagen zum Einsatz kommen. Bei vier Projekten ist die NOW GmbH und bei zwei Projekten die CEP vertreten.

7. Regionale Power-to-Gas-Projekte

In Berlin, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern befassen sich alle sechs Projekte ausschließlich mit der Herstellung von Wasserstoff, drei davon stellen auch Wasserstoff her zum Einsatz als Treibstoff für Fahrzeuge. Einen kurzen Überblick verschafft Tab. 2.

Tab 2.: Regionale Power-to-Gas-Projekte

Bundesland	Ort	In Betrieb (B)/ In Planung (P)	Prozess, Produkt, Nutzungspfad, Anlagendaten	Beteiligte
Berlin	Berlin – Schöneberg	P	<u>Herstellung:</u> H2 <u>Nutzungspfad:</u> Einspeisung ins Erdgasnetz; <u>Anlagendaten:</u> PEM-Elektrolyse- technik; Produktionsmenge H2: max. 1 m ³ /h	Auftraggeber/Anlagen- betreiber: NBB Netzgesellschaft Berlin- Brandenburg mbH & Co.KG / koordiniert durch VDI/VDE & gefördert durch das BMWi; Projektpartner: Innovationszentrum für gesellschaftlichen Wandel und Mobilität (InnoZ) GmbH, Vattenfall Europe Innovation GmbH, Schneider Electric Deutschland GmbH, TU- Berlin DAI-Labor, TU-Berlin SENSE, TU-Campus EUREF gGmbH, Reiner Lemoine Institut gGmbH
Brandenburg	Prenzlau	B	<u>Herstellung:</u> H2 <u>Nutzungspfad:</u> Strom-, Wärme- und Treibstoffherzeugung (H2 Tankstelle), Betrieb von 2 BHKW i. V. mit Biogas (Strom + Wärme für Fernwärmenetz) <u>Anlagendaten:</u> alkalische Elektrolyse- technik; Produktionsmenge: max. 120 m ³ /h Strombezug von drei WEA	Auftraggeber/Anlagen- betreiber: ENERTRAG AG; Projektfinanzierer: ENERTRAG AG, Vattenfall Europe Innovation GmbH, TOTAL Deutschland GmbH, Deutsche Bahn AG (Umweltzentrum), BMVI, MWE BB (i. V. mit EU Fond Investition in ihre Zukunft) Forschungspartner: BTU Cottbus TOTAL Mitglied CEP
	Falken- hagen	B (Projektende 2015)	<u>Herstellung:</u> H2 <u>Nutzungspfad:</u> Einspeisung in das Erd- gashochdrucknetz; <u>Anlagendaten:</u> Alkalische Elektrolyse- technik; Produktionsmenge: max. 360 m ³ /h; Strombezug von regionalen WEA	Auftraggeber/Koordinator E.ON SE Anlagenbetreiber E.ON Energy Storage GmbH Projektpartner E.ON edis AG, E.ON New Build & Technology GmbH

Fortsetz. Tab. 2

Bundesland	Ort	In Betrieb (B) / In Planung (P)	Prozess, Produkt, Nutzungspfad, Anlagendaten	Beteiligte
Brandenburg	Flughafen Berlin- Brandenburg	B	<u>Herstellung:</u> H2; <u>Nutzungspfad:</u> Elektroladesäulen und Wasserstofftankstelle, H2 - Abfüllung in Flaschen/ Trailer, H2 für BHKW (Strom+Wärme); <u>Anlagendaten:</u> alkalische Elektrolyse- technik; Produktionsmenge H2: 104 m ³ /h; Strombezug aus ENERTRAG - Windpark Uckley mit 46 WEA.	Auftraggeber/Anlagen- betreiber: TOTAL Deutschland GmbH; Projektmitfinanzierer: Linde AG, ENERTRAG AG Förderung im Rahmen des NIP Total Mitglied CEP
	BTU Cottbus	B	<u>Herstellung:</u> H2 <u>Nutzungspfad:</u> Verstromung ohne Abwärmenutzung; <u>Anlagendaten:</u> Alkalische Druck- elektrolysetechnik; Produktionsmenge H2: max. 30 m ³ /h	F+E-Projekt zum Einsatz der alkalischen Druck- elektrolyse: gefördert durch: Land Brandenburg, BMBF, EU-Regionalfond EFRE; Kooperation mit ENERTRAG AG-Projekt Prenzlau
MV	Grapzow (Werder/ Kessin/ Altentreptow)	B	Herstellung: H2; Nutzungspfad: Einspeisung in das Erdgashochdrucknetz, H2 für Wasserstoff- tankstelle, Abfüllung in Flaschen/Trailer; Nutzung für Heiz- zwecke; H2 für BHKW (Strom+Wärme) Anlagendaten: alkalische Elektrolyse- technik; Produktionsmenge H2: max. 210 m ³ /h; Strombezug aus 28 WEA.	Auftraggeber: Windprojekt- gruppe; Anlagenbetreiber: Wind- Wasserstoff-Projekt GmbH & Co. KG; Förderung durch NOW GmbH

Quellen: 1.DVGW: Power-to-Gas-Projekte in Deutschland, in: <http://www.dvgw-innovation.de/presse/power-to-gas-landkarte/>; Abruf: 27.10.2014;

2. dena: Strategie Plattform Power-to-Gas, Projektkarte: <http://www.powertogas.info/power-to-gas/interaktive-projektkarte.html>; Abruf: 27.10.2014;

3. dena: Integration erneuerbaren Stroms in das Erdgasnetz, Berlin Mai 2012.

8. Zum Ausbau von Power-to-Gas

Im Rahmen des sozial-ökologischen Umbaus ist der Ausbau von Power-to-Gas nur sinnvoll - was auch für andere neue Energietechnologien gilt -, soweit er energieeffizient und effektiv in die Energiewende und Verwendung von erneuerbaren Energien integriert wird. Entscheidend ist das Ziel 2050. Bis zu diesem Zeitpunkt sollten mit Blick auf den Klimaschutz die Treibhausgas-Emissionen um mindestens 95 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 reduziert sein. Darauf haben sich strategisch alle Maßnahmen zu konzentrieren. Dabei kommt der effektiven Nutzung von künftig immer größeren Mengen an Überschussstrom Bedeutung zu. Da das Power-to-Gas Verfahren mit zum Teil relativ hohen Energieverlusten verbunden ist, sollten für die Verarbeitung und Speicherung von kleinen und größeren Mengen an Überschussstrom vorrangig lokal und regional grundsätzlich alle Verfahren zum Einsatz kommen, die weniger Energieverluste mit sich bringen. Im Einzelfall können andere Entscheidungen sinnvoll sein. Dafür maßgeblich sind dann Energieeffizienz und Höhe der möglichen Wertschöpfung.

Vorrang für Verfahren mit weniger Energieverlusten

Als Verfahren mit weniger Energieverlusten kommen Power-to-Heat, Wärmepumpen und Redox-Flow-Batterien bzw. allgemein Batterien in Frage. Damit können in den Bereichen Wärme und Verkehr wichtige Beiträge dazu geleistet werden, die bislang noch hohen fossilen Energieverbräuche samt Freisetzung von Kohlendioxid erheblich zu senken. Elektromobilität weist die höchste Energieeffizienz auf. Schwerpunktsetzungen sollten sich auf Ballungsgebiete richten und hier auf Busse im ÖPNV, auf CarSharing-Flotten, E-Taxi- und Mietwagenflotten. Damit lassen sich zudem große Mengen an Fahrzeugabgasen wie Feinstäube und Stickoxide wirksam mindern.

Vor diesem Hintergrund sollte – wie oben dargelegt - die Nutzung von Überschussstrom für die Herstellung von Wasserstoff oder Methan anhand des Power-to-Gas Verfahrens nachrangig bleiben. Das gilt auch für Förderung des Ausbaus von Fahrzeugen, die mit Brennstoffzellen ausgerüstet sind und mit erneuerbarem Wasserstoff betrieben werden. Vor diesem Hintergrund sind diesbezügliche Pläne der Dena-Plattform Power-to-Gas wie auch die des Beirats der NOW GmbH von ihrem Umfang her abzulehnen. Überdies ist bis ein breiter Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft im Verkehrsbereich Energie- und Ressourcenverschwendung aufgrund der teuren Infrastrukturen und aufwendigen Tankausrüstungen für Fahrzeuge. Sinnvoll dagegen ist die Bereitstellung von Strom und

Wärme durch kleinere Brennstoffzellenkraftwerke, die zudem erheblich weniger Energie als mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren betriebene Blockheizkraftwerke benötigen. Außerdem fallen beim Betrieb mit der Brennstoffzellentechnologie drastisch weniger Luftschadstoffe an.

Große Möglichkeiten für Power-to-Gas auf lange Sicht

Langfristig und mit Blick auf die Zeit nach 2050 bietet der Ausbau von Power-to-Gas große Möglichkeiten zur Versorgung mit Energie und Stoffen. Gerade „die Verknüpfung verschiedener Sektoren wie bspw. Strom, Wärme, Mobilität, Industrie, Landwirtschaft etc. durch Power-to-Gas ermöglicht eine immense Effizienzsteigerung“ (BVES, S. 6, 2014). Power-to-Gas-Anlagen können zeitgleich oder wechselnd in mehrere Märkte eingebunden sein. Es ist deshalb sinnvoll, die Technik heute schon zu entwickeln und für das Morgen heranreifen zu lassen.

Mit dem Power-to-Gas Verfahren fallen bei der Spaltung von Wasser mit Strom in Wasserstoff die Nebenprodukte Sauerstoff und Wärme an. Die anschließende Umsetzung von CO₂ mit Wasserstoff zu Methan setzt ebenfalls viel Wärme frei. Beide Nebenprodukte können vermarktet werden. Sauerstoff kann beispielsweise an Klärwerke verkauft und dort zur Belüftung von Belebungsbecken verwendet werden. Die entstehende Abwärme kann in vorhandene Nahwärmenetze eingespeist oder anderweitig für Prozesswärme genutzt werden.

Das Power-to-Gas Verfahren sollte im Rahmen von Demonstrationsanlagen vor allem dort erprobt, einsatzbezogen zur Reife gebracht und später kommerziell betrieben werden, wo prozessbedingt viel Kohlendioxid in hoher Konzentration anfällt und das nicht vermieden, sondern nur verringert werden kann. Hierfür bieten sich eine Fülle von Anlagen an. Das ist der Fall insbes. bei Biogasanlagen, Klärwerken, Brauereien, Kalkbrennereien, Ziegeleien und Zementwerken. Nicht in Frage kommen Verbrennungsanlagen, die Kohle und Erdöl als Energieträger einsetzen. Sinnvoll wäre es nur, im Übergang ins postfossile Zeitalter das Kohlendioxid emissionsarmer Gaskraftwerke zu nutzen, die sowohl mit fossilem Erdgas als auch eventuell bereits erneuerbarem Methangas betrieben werden. Sinnvoll ist auch die Einbeziehung von Holzverbrennungsanlagen, die Holzreste verfeuern und deren freigesetztes Kohlendioxid aus dem Verbrennungsprozess genutzt werden kann. Kurzum, geeignete Anlagen können zum Ausgangspunkt einer künftig in großem Maßstab angelegten Produktion

von erneuerbarem Methan oder Wasserstoff gemacht werden. Damit wird ein bedeutsamer Beitrag dazu geleistet, sich unabhängiger vom Import fossilen Erdgases zu machen.

Soweit das **Power-to-Liquid** Verfahren zum Tragen kommen soll, dann bietet es sich an, daraus bevorzugt Methanol herzustellen. Methanol hat eine hohe Energiedichte und kann vielseitig als Brennstoff im Energiesektor und Kraftstoff im Verkehrsbereich oder als Grundstoff zur Herstellung vieler Chemikalien eingesetzt werden.

10. Literatur:

Agora Energiewende: Stromspeicher in der Energiewende, Berlin September 2014;

Baake, Rainer: Kostenfrage entscheidet Speicherfrage, in:

http://mobil.energate.de/news/148181/Baake-Kostenfrage-entscheidet-Speicherdebatte?Energate_Mobile_Session=1e90e9405898f0c0359820e80005e121&Energate_Mobile_Session=1e90e9405898f0c0359820e80005e121; Abruf: 01.11.2014;

Bimboes, Detlef: <http://nachhaltig-links.de/index.php/erneuerbare-energie/1566-postfossile-moderne-bimboes>, Berlin 2014;

BVES (Bundesverband Energiespeicher): Stellungnahme des BVES zur Speicherstudie der AGORA Energiewende: "Marktoptionen fördern, lokale Wertschöpfung stärken, Abhängigkeiten reduzieren, Berlin 18.07.2014, in: <http://www.bves.de/news-reader-31/items/agora-pm.html>, Abruf: 01.11.2014;

CEP (Clean-Energy Partnership): <http://cleanenergypartnership.de/home/>; Abruf: 27.10.2014;

Dena (Deutsche Energie-Agentur): Die Bedeutung von Stromspeichern im Energiesystem. Standpunkte der Deutschen Energie-Agentur (dena) zur aktuellen Speicherdiskussion, Berlin, Oktober 2013;

Dena (Deutsche Energie-Agentur): Strategieplattform Power to Gas-Positionspapier, S.4, Berlin 26.02.2013;

Dena (Deutsche Energie-Agentur): Pilot- und Demonstrationsprojekte im Power-to-Gas-Konzept, in: <http://www.powertogas.info/power-to-gas/energiesystem-der-zukunft.html>; Abruf: 27.10.2014;

Dena Strategieplattform Power to Gas: Eckpunkte einer Roadmap Power to Gas: (<http://www.powertogas.info/roadmaps.html>); Abruf: 14.11.2014;

Dena Strategieplattform Power to Gas: Stellungnahme zum Entwurf eines Zwölften Gesetzes zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Berlin 09.09.2014;

DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.): Power-to-Gas-Projekte in Deutschland, in: <http://www.dvgw-innovation.de/presse/power-to-gas-landkarte/>; Abruf: 27.10.2014;

DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.): Studie Entwicklung von modularen Konzepten zur Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff und Methan ins Erdgasnetz, Bonn 2013;

Energate Mobil: Verbände widersprechen Agoras Speicherstudie, Pressemitteilung vom 19.09.2014, in: http://mobil.energate.de/news/147643/Verb%20widersprechen-Agoras-Speicherstudie?Energate_Mobile_Session=1e90e9405898f0c0359820e80005e121&Energate_Mobile_Session=1e90e9405898f0c0359820e80005e12; Abruf: 02.11.2014;

Eurosolar: Memorandum zur Energiemarktreform – „Neue Energiemarktordnung für die dezentrale Energiewende“, Bonn 2013;

Eurosolar: Agora-Untersuchung basiert auf umstrittenem Bedarfsplan, Pressemitteilung, Bonn 18.09.2014;

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (FhG IWES) gemeinsam mit dem Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) der RWTH Aachen und der Stiftung Umweltenergierecht Würzburg: Roadmap Speicher – Speicherbedarf für Erneuerbare Energien – Speicheralternativen – Speicheranreiz – Überwindung Rechtlicher Hemmnisse, Kurzzusammenfassung, Berlin Juni 2014;

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (FhG IWES); Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) der RWTH Aachen; Stiftung Umweltenergierecht Würzburg: Roadmap Speicher, S. 9, Stakeholderworkshop, Berlin 16.06.2014;

NOW GmbH (Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie): <http://www.now-gmbh.de/de/>; Abruf: 27.10.2014;

NOW GmbH: Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien – Tragende Säulen der Energiewende 2.0; Weiterentwicklung NIP, Berlin Juni 2013;

NOW GmbH (Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie): Pläne der Fahrzeugindustrie, in: <http://www.now-gmbh.de/de/gesamtkonzepte/verkehr-und-energie/einfuehrung-neuer-antriebe/plaene-derfahrzeugindustrie.html>; Abruf: 13.11.2014;

SFV (Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.): SFV-Kritik an „Roadmap Speicher“ des BMWi – wie die Notwendigkeit von Stromspeichern wegdiskutiert wird, in:

http://www.sfv.de/artikel/sfv-kritik_an_roadmap_speicher_des_bmwi.htm; Abruf: 31.10.2014;

Sterner, Michael; Specht, Michael u. a.: Erneuerbares Methan – eine Lösung zur Integration und Speicherung Erneuerbarer Energien und ein Weg zur regenerativen Vollversorgung, in: Solarzeitalter Nr. 11, S. 51 – 58, 2010;

Sterner, Michael; Gerhardt, Norman; Pape, Dr. Carsten; Jentsch, Mareike; Trost, Tobias; Schwinn, Rainer: Netzausbau vs. Speicher vs. Energiemanagement? Ausgleichsoptionen für die Integration erneuerbarer Energien, Vortrag auf dem 4. Göttinger Energietagung mit EFZN und Bundesnetzagentur, Göttingen 22.03.2012;

Sterner, Michael: Power-to-Gas – Perspektiven einer jungen Technologie; Vortrag auf der DPG Tagung Arbeitskreis Energie, Dresden 05.03.2013a;

Sterner, Michael: Meilenstein in der Energiewende; Vortrag bei Solarfreunde Moosburg e.V., Moosburg 14.03.2013b;

Sterner, Michael: Power-to-Heat als Flexibilitätsoption zur Systemerweiterung, Vortrag auf 3. Energiekongress „Neue Energien brauchen neue Wege“, IZES Saarbrücken 12.03.2014;

VKU (Verband kommunaler Unternehmen e.V.): Power to Gas – Chancen und Risiken für kommunale Unternehmen, Berlin Mai 2013;

Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: Aktueller Begriff Power to Gas, Information Nr. 10/12 (16. Mai 2012), aktualisierte Fassung vom 11. Dezember 2012;

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und

	Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BTU	Brandenburgische Technische Universität Cottbus
BVES	Bundesverband Energiespeicher
CEP	Clean Energy Partnership
dena	Deutsche Energie-Agentur
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
CO ₂	Kohlendioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
FhG IWES	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
H ₂	Wasserstoff
IAEW	Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der RWTH Aachen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MWE BB	Ministerium für Wirtschaft und Energie Brandenburg
m ³	Kubikmeter
NIP	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NOW GmbH	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
PEM	Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyseur
SFV	Solarenergie-Förderverein
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
VKU	Verband kommunaler Unternehmen e.V.
WEA	Windenergieanlagen
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

Einheiten

GJ	Gigajoule	10 ⁹ Milliarden Joule
Gt	Gigatonne	10 ⁹ Tonnen
GW	Gigawatt	1 GW = 10 ⁹ Watt)

GWh	Gigawattstunde	1 GWh = 3,6 TJ
kJ	Kilojoule	1 kJ = 10 ³ Joule
kW	Kilowatt	1 kW = 10 ³ Watt
kWh	Kilowattstunde	1 kWh = 3,6 MJ
MJ	Megajoule	10 ⁶ Millionen Joule
MW	Megawatt	1MW = 10 ⁶ Watt
MWh	Megawattstunde	1 MWh = 3,6 GJ
PJ	Petajoule	10 ¹⁵ Billionen Joule)
t	Tonne	10 ³ kg
TJ	Terajoule	10 ¹² Billionen Joule
TWh	Terrawattstunde	1 TWh = 3,6 PJ
W	Watt	1 W = 1 Joule pro Sekunde
Wh	Wattstunde	1 Wh = 3,6 kJ

Bearbeitungsschluss: 01.12.2014

Verfasser: Dr. Detlef Bimboes, Diplombiologe, Mitglied der Ökologischen Plattform bei der Partei DIE LINKE