

Hochschule Ulm



HOCHSCHULE ULM
FAKULTÄT PRODUKTIONSTECHNIK UND ORGANISATION
Masterstudiengang Sustainable Energy Competence

Kurzfassung Projektarbeit 1

im 2. Fachsemester

eingereicht am 15.06.2012

Thema:

Methanisierung von Wasserstoff: Speicherung von erneuerbarer Energie

Verfasser:

Carsten Schöninger

Matr.-Nr.: 3107900

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. M. Müller

I. Kurzfassung der Arbeit: Methanisierung von Wasserstoff

Warum Einsatz von Speichern?

Der Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Strommarkt beträgt knapp 20% (2011), soll bis 2020 auf 45-50 % steigen und nach Plänen der Bundesregierung bis 2050 auf 80 % anwachsen. Das Umweltbundesamt (UBA) hält eine vollständig auf erneuerbaren Energien beruhende Stromversorgung im Jahr 2050 bei einer dem heutigen Niveau entsprechenden Versorgungssicherheit für technisch möglich.

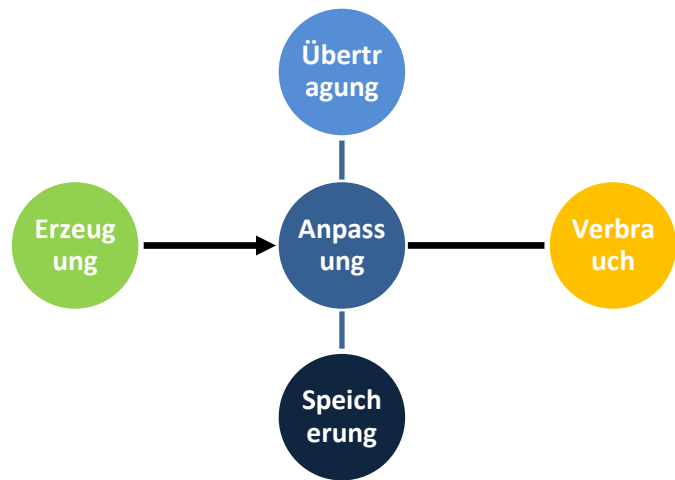
Durch den Zubau von erneuerbaren Energien, in der Leistung überwiegend von Windkraft und Photovoltaik, werden Überschüsse aus der Produktion im Netz vorherrschen. Momentan werden Windkraftanlagen abgeregelt bzw. völlig vom Netz entkoppelt, wenn Angebot und Abnahme von elektrischer Energie nicht übereinstimmen. Diese Entwicklung ist energetisch und wirtschaftlich nicht tragbar. Daher bedarf es großer Speicher, welche die Überschüsse aufnehmen, dann zu einem späteren Zeitpunkt und Bedarf rückspeisen können. Zum einen sind kurzfristige Überschüsse (Stunden / Tage) schon in naher Zukunft auszugleichen, zum anderen langfristige (wöchentlich / saisonal). Dabei bleibt die Herausforderung mit größeren Schwierigkeiten in der Langzeitfluktuationen.

Aufgaben von Speichersystemen sind:	Energieformen / Speichertechnologien:
<ul style="list-style-type: none">- Glättung der Residuallasten- Vermeidung Teillastbetrieb von Kraftwerken- Verringerung Anfahrverluste von Kraftwerken- EE-Überschüsse aufnehmen- Bedarfsgerechte Abgabe gesp. Energie- Spitzenlastbedarf reduzieren	<ul style="list-style-type: none">- Elektrische Energie (Kondensator/Spule)- Mechanische Energie (Druckluft/Schwungrad)- Potenzielle Energie (Pumpspeicher/Wasserkraft)- Elektrochemische Energie (Batterie)- Chemische Energie (Brennstoff: fossil, biogen, synthetisch)- Thermische Energie: Wärmespeicher (sensibel, latent, thermochemisch)

Die heute vorhandene Stromspeicherkapazität beträgt 40 GWh. Rechnerisch lässt sich damit der gesamte Strombedarf Deutschlands für weniger als eine Stunde abdecken. Bei 100%-iger Versorgung durch EE sind etwa 20 TWh Speicherkapazität erforderlich (Faktor 500). Das deutsche Erdgasnetz verfügt mit mehr als 245.000 km Erdgasleitungen und umfangreichen Gasspeichern über eine Kapazität von 220 TWh, was einer Reichweite von mehr als 80 Tagen entspricht. Wird auf dieses Po-

tential zugegriffen, dann sind ausreichende Kapazitäten für Stromtransport und -speicherung erschlossen und bereits heute vorhanden.

Grundsätzlich sind drei Maßnahmen zu ergreifen, um das gesetzte Ziel (evtl. auch 100% EE) in der Realität umzusetzen: bedarfsgerechter Netzausbau, Erzeugungs- und Lastmanagement sowie Ausbau und Integration von Speichersystemen. Alle Bausteine müssen unter Berücksichtigung von Umwelt-, Versorgungssicherheits- sowie Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten bewertet werden, um die Marktberechtigung und -akzeptanz zu erhalten.



Der erwähnte Netzausbau ist so zu gestalten, dass große Mengen elektrischer Energie zum Zeitpunkt der Erzeugung zu den Lastzentren transportiert werden können. Dies wird unter dem Gesichtspunkt zentraler Energiewandlung (Stichwort: Offshore Windparks) wichtig. Der direkte Verbrauch erzeugter elektrischer Energie ist grundsätzlich der Speicherung vorzuziehen um Wandlungsverluste zu minimieren wie auch konventionelle Kraftwerke ersetzen zu können.

Die effiziente Nutzung von Energie bei den Verbrauchern ist im Grundsatz bereits heute Stand der Technik. Ein intelligenter Einsatz der benötigten Energie wird zunehmend thematisiert. In der jüngeren Vergangenheit wurde spätestens seit der Liberalisierung des Strommarktes in Deutschland, bei Großverbrauchern durch die Möglichkeit der Lastverschiebung, der Leistungspreis für elektrische Energie gesenkt. Zukünftig wird es Lösungen geben, Lastspitzen zunehmend abzuflachen um Regenergie kleinstmöglich einsetzen zu müssen.

Vorteile der Methanisierung:

- Uneingeschränkte Nutzung der Erdgasinfrastruktur einschließlich aller Verbrauchsgeräte (!).
- Strom aus erneuerbaren Energien wird plan und regelbar.
- Stromproduktion und -verbrauch werden zeitlich und räumlich entkoppelt.

- Weiterer Ausbau von erneuerbaren Energien einschließlich daraus resultierender CO₂-Einsparung.
- Bidirektionale Nutzung möglich: Strom-Gas-Strom somit positive und negative Regelenergie.

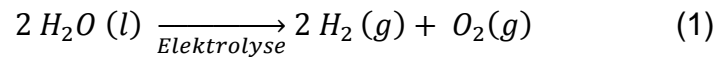
Vergleich Speichertechnologien

Technologie	Entladezeit	Kapazität	Vorteil	Nachteil	Einsatz
Schwungräder (Fly Wheels)	Wenige Sekunden bis Minuten	100 KWh	Mobiler Einsatz	Bewegte Masse - Verluste	Anfahrphasen – z.B. für Busse
Batterien	Wenige Stunden	0,03 TWh _{el}	Hohe Effizienz	- Sehr teuer - Begrenzte Lebensdauer	- Schwarzstart - Notstrom
Batterien mit E-KFZ (45Mio Fahrzeuge à 100 kW)	6 Stunden	0,45 TWh _{el}			
Druckluftspeicher (CAES)	Wenige Minuten	0,0006 TWh _{el}	Weiterer Ausbau möglich	- Effizienz - Teuer - nur Kurzzeitsp. wg. Wärmerückgewinnung	Tagesausgleich Windflauten
Pumpspeicher (PHS)	Wenige Stunden	0,04 TWh _{el}	- Effizienz - Verfügbarkeit - wirtschaftlichster Kurzzeitspeicher	- Begrenzte Flächen - begrenzte mögl. Standorte	Tagesausgleich von PV
Biomasse	Jahrzehnte	- Weltweit max. 20% am Energiemix	- CO ₂ neutral - hohe Kapazität - Technologie verfügbar - Mobilität/Wärme + Stromversorgung	- Begrenzt - Ineffizienz der natürl. Speicherung - Platzbedarf	- Kraftwerke - Privathaushalt - mobiler Sektor - Wärmeversorgung
Wasserstoff (H₂)	Wochen bis Monate	50 TWh _{el}	- geringe Verluste bei Erzeugung - Saubere Verbrennung - Mobilität/Wärme + Stromversorgung	- hohe Verluste bei Speicherung - keine Infrastruktur - Technologie teuer - nicht kompatibel mit heutigen Technologien	- Privathaushalt - mobiler Sektor - Wärmeversorgung
Synthetisches Methan (RPM)	Monate bis Jahre	220 TWh _{el}	- Nutzung bestehender Infrastruktur - Langzeitspeicherung - Übertragungskapazität - mit Landwirtschaft kombinierbar - CO ₂ neutral	Verluste	- Kraftwerke - Privathaushalt - mobiler Sektor - Wärmeversorgung - Stunden bis Monatsausgleich von EE

Ohne die Umwandlung von EE-Strom zu Erdgas könnte der produzierte Stromüberschuss nicht genutzt werden. Vor diesem Hintergrund sollte der Wirkungsgrad (ca. 60%) von Elektrolyse und Methanisierung betrachtet werden. Eine Abschaltung würde eine wesentlich schlechtere Energiebilanz aufweisen.

Technik Elektrolyse:

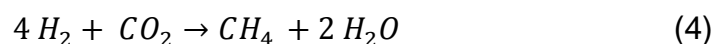
Bei der Elektrolyse wird durch Zugabe elektrischer Energie, Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt.



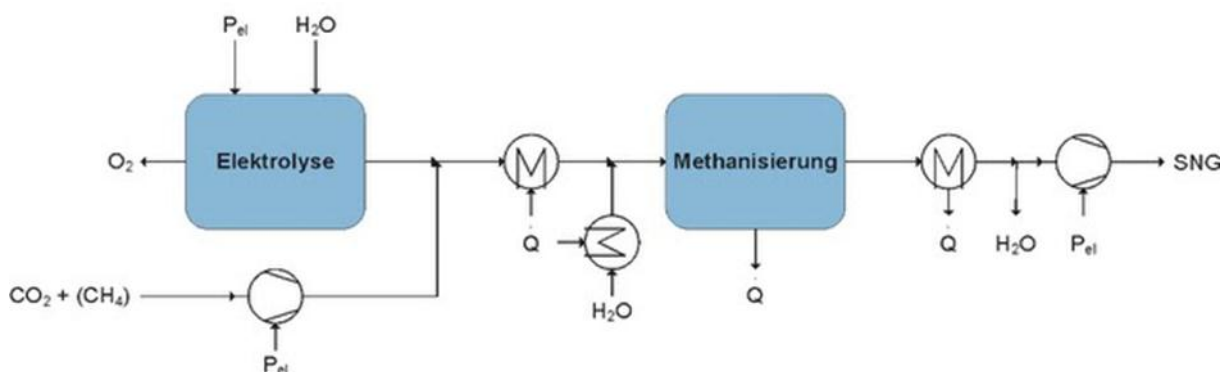
Direkte Nutzung des Wasserstoffs: Der ins Erdgasnetz eingespeiste Anteil an Wasserstoff darf nicht zu hoch sein, damit Reaktionen mit Leitungskomponenten verhindert werden. Des Weiteren würde ein zu hoher Anteil bei bestimmten Anwendungen Probleme verursachen: Veränderung von Flammlängen, Beeinflussung sensibler Industrieprozesse, Gasverdichter, Aquiferspeicher, Klopfneigung von Motoranwendungen, Brennwertänderung, Wärmefreisetzung in der Haustechnik, uvm.

Technik Methanisierung:

Aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid wird Methan und Wasser. Das Verfahren läuft bei erhöhter Temperatur und Druck ab, im sogenannten Sabatier-Prozess. Wasserstoff wird in einem Reaktor mit Kohlenstoffdioxid, unter Einwirkung eines Katalysators, Druck und Temperatur zur chemischen Reaktion gebracht.



Es wird erneuerbares Methan erzeugt, welches voll kompatibel mit dem Erdgas in den Netzen ist. Dieses kann universell z.B. zur Rückverstromung, zur Wärmeerzeugung oder als Treibstoff verwendet werden. Die Technologien sind Stand der Technik und kommerziell verfügbar. CO₂ ist Kreislaufmedium und Reaktionsmittel.



CO2-Quellen:

Eine Vielzahl von Möglichkeiten ist denkbar. Eine Pilotanlage bezieht den CO2 direkt aus der Atmosphäre (Umgebungsluft). Dabei sind aufgrund geringerer Konzentration, Wirkungsgradverschlechterungen hinzunehmen. Ohnehin stattfindende Industrieprozesse wie Zement- und Stahlindustrie, aber auch Biogasanlagen sind potenzielle CO2-Quellen. CO2-Gewinnung aus fossilen Kraftwerken ist ebenso denkbar, aber aus Sicht der Verdrängung und möglicher Bestandsrechtfertigung nicht sinnvoll.

Anwendungen:

In den nächsten Jahren wird es darum gehen, Anlagen mit zunehmend größeren Leistungen zu bauen, um Erfahrungen zu sammeln, die Technik zu optimieren und zu vergrößern. Ziel ist die Weiterentwicklung hin zu einer energiewirtschaftlich sinnvollen Größe. Momentan in Fertigstellung, befindet sich die Beta-Anlage: mit einer Anschlussleistung von 6,3 MW und einem geplanten Wirkungsgrad von >54%. Kommerzielle Anlagen werden modular bis zu einer Größe von 20 MW und einem Wirkungsgrad von mehr als 60% zur Verfügung stehen.

Wirkungsgrad:

Bei Annahmen für Energieeinsatz für Elektrolyse, Methanisierung und Speicherung ergibt sich ein Speicherwirkungsgrad ($\eta_{\text{Speicher,ges}}$) von 51%. Nachfolgende Tabelle zeigt Rückverstromungs- wie den Gesamtwirkungsgrad:

Technologie / Prozessschritt	Gasturbine	Gasmotor	GuD-Anlage
$\eta_{\text{Elektrolyse+Methanisierung}}$	0,51	0,51	0,51
$\eta_{\text{Rückverstromung}}$	0,35	0,42	0,55
Gesamtwirkungsgrad	0,179	0,214	0,281