

## **GEMEN (GEbäudepark und MEthangasNetz)**

René L. Kobler, Ralf Dott, Prof. Dr. Achim Geissler, Gregor Steinke

Institut Energie am Bau - FHNW, 4132 Muttenz, [rene.kobler@fhnw.ch](mailto:rene.kobler@fhnw.ch), [www.fhnw.ch/iebau](http://www.fhnw.ch/iebau)

### Zusammenfassung

### Abstract

Das Forschungsprojekt GEMEN ist ein Startprojekt, in dem die Plausibilisierung der Anwendung von Power-to-Gas für Raumwärme und Warmwasser im Gebäudebereich untersucht wird. Das verbindende Element ist dabei das Gasnetz Schweiz. Die grundsätzlichen Wirkungsprinzipien von erneuerbarem Gas und dessen saisonale Speicherung werden anhand eines Teils des Gebäudeparks untersucht und Potentiale für den Weg zur Energiewende aufgezeigt. Dabei geht es um die Förderung erneuerbarer Energien im Bereich von 10 TWh/a, eine Einsparung von Treibhausgasemissionen von rund 2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr und die Abstimmung der Effizienz auf der Bedarfsseite Gebäudepark bis 2050. GEMEN untersucht in erster Linie das Potential. Darauf aufbauend können je nach Ergebnis Folgeprojekte für die Realisierung ausgelöst werden.

The research project GEMEN is a startup project in which the plausibility of the power-to-gas application is investigated for space heating and domestic hot water in buildings. The connective element is the Swiss gas grid. The functional principles of renewable gas usage and its seasonal storage are investigated by focusing on a part of the building stock. Future potentials for the energy transition are shown. This involves the promotion of renewable energies in the range of 10 TWh/a, a CO<sub>2</sub>-reduction of about 2 million tons per year and furthermore, the adaption of the efficiency on the demand side of the building stock until 2050. GEMEN examines primarily potentials. Based on the results, concrete projects for realization can be released in future.

# 1. Ausgangslage

## 1.1 Das Methangasnetz in der Schweiz

Wie sieht die Kombination Gebäudepark und Methangasnetz im Jahr 2050 aus? In den Gasnetzen wird heute in der Schweiz noch praktisch rein fossiles Methangas geführt. Der Endenergieverbrauch pro Jahr beträgt etwas mehr als 30 TWh. Davon gehen rund 11 TWh an die am Gasnetz angeschlossenen Haushalte, vorwiegend zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser (Kochen vernachlässigbar). Die CORE<sup>1</sup> empfiehlt mittelfristig den Verzicht auf fossile Energieträger für die Erzeugung von Raumwärme. In diesem Bereich ist dies von Bedeutung für die insgesamt 13-20 Mrd. CHF teure, bestehende Gasnetzinfrastruktur. Unklar ist dabei der zukünftige Erhaltungs- und Erweiterungsbedarf bezüglich des Auftrags der Energiewende.

## 1.2 Neue Technologie: Power-to-Gas

Für das Verständnis von GEMEN ist die grobe Kenntnis des Power-to-Gas Verfahrens (P2G) erforderlich. Das heutige P2G wurde im Zusammenhang mit nicht nutzbaren Überkapazitäten aus Windkraftanlagen entwickelt (theoretische Entwicklung z.B. Michael Sterner [1], Anlagenproduktion z.B. ETOGAS Stuttgart). Dabei wird überschüssiger Strom durch Hydrolyse in Wasserstoff umgewandelt. Dieser kann dann mit atmosphärischem CO<sub>2</sub> in einem Methanisierungsprozess zu Methangas umgewandelt werden. Dabei wird ein CO<sub>2</sub> Kreislauf geschlossen, was einer der bedeutenden Unterschiede zu fossilem Methangas ist. Wird beim P2G-Verfahren erneuerbarer Strom und atmosphärisches CO<sub>2</sub> verwendet, entsteht ein erneuerbares Methangas (EE-Gas, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>). Das Methangas kann uneingeschränkt in die bestehenden Gasnetze eingebracht werden. Das fossile Methangas wird somit durch erneuerbares substituiert. Der Wirkungsgrad Strom/EE-Methangas liegt bei rund 60%.

Das P2G-Verfahren selber wird in GEMEN nicht untersucht. Dies wird bereits an anderen kompetenten Stellen getan. Die für den Gebäudeparkanteil relevanten Ergebnisse werden aber dort eingeholt.

## 1.3 Anwendung des P2G im Gebäudepark?

Das Verfahren kommt ursprünglich aus dem Bereich der Stromwirtschaft. Es hat das Ziel, überschüssigen Strom nutzen zu können und so diese Energie mit EE-Gas zu speichern um dieses später für eine Rückverstromung zu verwenden. Die für Deutschland geschätzte Speicherkapazität von Methangas soll etwas mehr als 200 TWh betragen. Die Entwicklung des P2G-Verfahrens ist noch im Gange. Auch die Mobilität könnte von erneuerbarem Methangas profitieren. Die Gewichtung, in welchen Mengen mittelfristig und langfristig EE-Gas tatsächlich verwendet resp. aufgeteilt werden soll kann zum heutigen Zeitpunkt noch nicht seriös beantwortet werden. Erneuerbares Methangas kann aber auch direkt für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser im Gebäudebereich verwendet werden. Die Technologie der Gasendgeräte ist bereits vorhanden und ebenso die Infrastruktur. Aufgrund von dezentralen, grossen Speichermöglichkeiten und eines neuen erneuerbaren Energieträgers bietet diese neue Technologie auch Potential für nachhaltige Lösungsstrategien bis 2050 im Gebäudepark. Eine Besonderheit der Anwendung im Gebäudebereich wäre die Möglichkeit, diese Energie *saisonal* zu speichern. Überschüssige Energie im Sommer könnte für die Erzeugung von Wärme im Winter genutzt werden. Mit dem P2G-Verfahren ergibt sich die Aussicht, Raumwärme und Warmwasser für die am Methangasnetz angeschlossenen Gebäude nun aus erneuerbarer Energie zu produzieren.

## 1.4 Forschungsbedarf

Zurzeit ist unklar, wie die Umsetzung im Gebäudepark aussieht, resp. ob diese folgerichtig ist. Die Endenergie für Raumwärme und Warmwasser der am heutigen Gasnetz angeschlossenen Haushalte beträgt etwas mehr als 11 TWh/a. Das Institut Energie am Bau der Fachhochschule

---

<sup>1</sup> Eidg. Energieforschungskommission, (Commission fédérale pour la recherche énergétique)

Nordwestschweiz hat den Schwerpunkt auf dem Gebiet der effizienten Nutzung von Energie und dem Einsatz erneuerbarer Energien im Gebäudebereich.

Es muss untersucht und beurteilt werden, ob die Anwendung von EE-Gas zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser im Gebäudepark sinnvoll ist und ob die Infrastruktur Gasnetz mit dem Gebäudepark zu einem wechselwirkenden Energiesystem geführt werden könnte, die den Zielen der Energiewende entsprechen. Mit dieser expliziten Untersuchung könnte auch eine erste Grundlage als Gegenentwurf zu einem eventuellen Rückbau von Gasnetzen entstehen. Die Bedingungen zu dieser Erfüllung sind immer aus Sicht der Substitution des fossilen Methangases durch erneuerbares zu sehen. Dazu sind die folgenden Bereiche zu prüfen:

- Substitution von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energieträger für die am heutigen Gasnetz angeschlossenen Gebäude möglich?
- Potential von saisonaler Energiespeicherung für Raumwärme und Warmwasser?
- Unterstützung der Vier-Säulenstrategie zur Energiewende des Bundesrates?
- Anforderungen an die künftige Erweiterung der Infrastruktur Methangasnetz zur Förderung von erneuerbarem Methangas?

Damit kann die Ausgangslage bezüglich Ausbau/Rückbau des Methangasnetzes neu angesetzt werden:

1. Muss das Gasnetz rückgebaut oder ausgebaut werden?
2. Könnte es durch eine Total-Substitution von fossilem Erdgas durch EE-Gas sogar ein Beitrag im Sinne der allgemeinen Energiewende sein?

Unter diesen Aspekten werden die Elemente innerhalb der in Abbildung 1 dargestellten Systemgrenze genauer betrachtet.

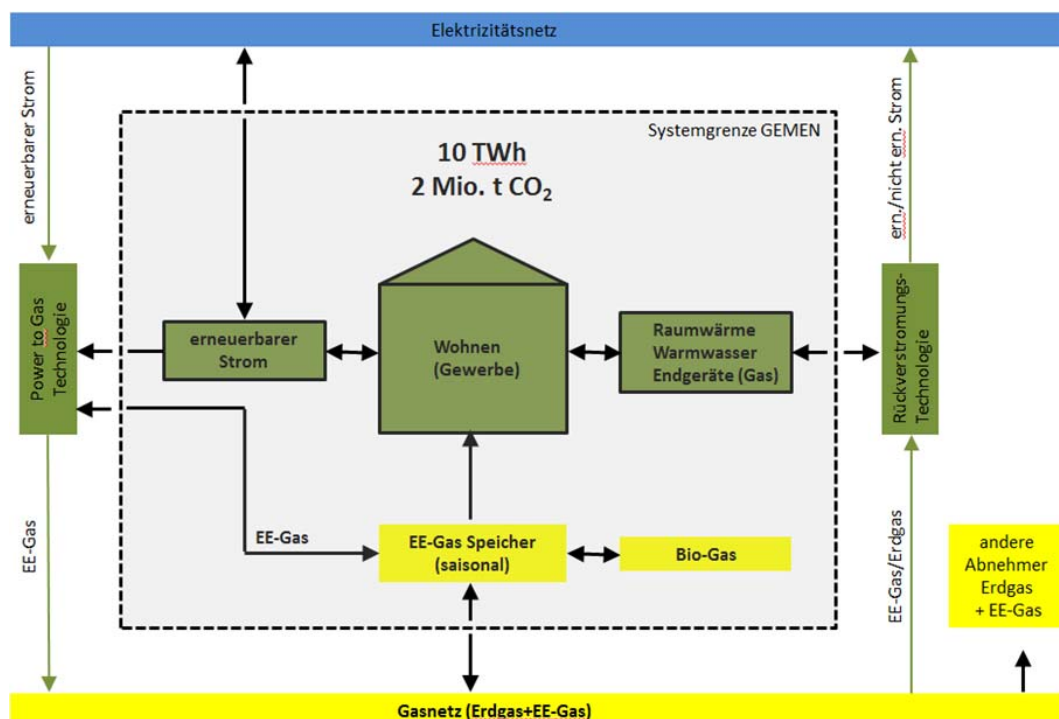


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet und Systemgrenzen GEMEN

Das Projekt wird vom Bundesamt für Energie finanziert und vom Verband der Schweizer Gasindustrie unterstützt.

## 2. Vorgehen

GEMEN ist ein Startprojekt, in dem die Plausibilisierung der Anwendung von Power-to-Gas und dessen Speicherung im konkreten Zusammenhang mit Gebäuden untersucht wird. Dazu wird mit dem Prinzip der angewandten Forschung und interdisziplinärer Zusammenarbeit mit den betroffenen Akteuren eine systematische Suche nach Lösungsoptionen für oben genannte Ziele und Antworten auf die Schlüsselfragen verfolgt.

Das Vorgehen besteht aus zwei Hauptzweigen. Dies sind die Anwendung der Hypothesenprüfung und die der Exploration. Die Hypothese beruht auf den oben hergeleiteten Zielgrössen. Sie lautet:

*Der heute am Methangasnetz angeschlossene Teil der Haushalte kann mit rein erneuerbarem Gas bedient und so rund 2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr gegenüber heute eingespart werden.*

Bedingungen dazu sind, dass das in Entwicklung befindende P2G-Verfahren wirtschaftliche Marktreife erlangt, dass die erforderlichen Speicher im bestehenden Netz ergänzt werden und dass hinreichend erneuerbarer Strom zur Produktion von EE-Gas zur Verfügung steht. Die Berechnungen beruhen auf technischer Evaluation und Modellen.

Die explorative Methode ist begleitend und hat zum Ziel, auf dem Erkenntnisweg noch unklare Ursachen und deren Zusammenhänge bei der Kombination von EE-Gas und Gebäudepark zu dokumentieren. Damit werden Grundlagen für spätere, gezielte Fragestellungen in Forschung und Wirtschaft abgeleitet. Dies betrifft die Bereiche Systembeschreibung, Systemvernetzung und kreative Lösungsentwicklung. In GEMEN werden die später bei der Realisierung relevanten Akteure partizipiert. Die Partizipation mit praxisnahen Akteuren findet über Fallstudien statt (z.B. Regio-Energie, [2])

Die Hauptkriterien zur Beurteilung der Resultate beruhen auf der Vier-Säulenstrategie und deren drei Zielen der Energiewende des Bundesrates (*Tabelle 1*).

## 3. Resultate

Das Projekt GEMEN ist noch in der Ausführung, daher werden zu diesem Zeitpunkt nur die Zwischenschritte mit den wichtigsten Erkenntnissen dargestellt, die für die Diskussion für längerfristige Problemstellungen relevant sind und als schon ziemlich sicher gelten. Die endgültigen Schlussfolgerungen, Daten, Resultate und Details für Handlungsoptionen werden im April 2015 in einem BFE-Schlussbericht [3] veröffentlicht.

Unter folgenden Punkten werden Bereiche untersucht. Die Fokussierung auf den Gebäudepark beruht darauf, dass hier schon eine etablierte, weiter verwendbare Technologie installiert ist (Gasnetze und Gasendgeräte) und die Empfehlung der CORE ansteht. Zudem eignet sich das Thema Raumwärme wegen der relevanten Dimension (Gesamtendenergieanteil in der Schweiz rund 80 TWh, BFE 2011). Zusätzlich kommt auch noch im Zusammenhang mit der Anforderung der saisonalen Speicherung (Sommer/Winter) eine grosse Speicherdimension dazu. Des weiteren senkt ein Direkteinsatz von erneuerbarem Methangas bei der Erzeugung von Raumwärme sofort den CO<sub>2</sub> Ausstoss. Dies ist insofern günstig, da die heutige Sanierungsrate nur 1% beträgt (gem. Gebäudeprogramm, 2013, [4]) und unsanierte Wohngebäude aus der Mitte des letzten Jahrhunderts mit Verbräuchen bis 800 MJ/(m<sup>2</sup>a), oder geschützte Objekte, so zumindest im

Bereich der CO<sub>2</sub> Reduktion einbezogen werden könnten. Eine grobe Einschätzung gemäss oben beschriebener Hypothese macht den Vergleich zum CO<sub>2</sub> Einsparpotential deutlich.

Folgende Bereiche wurden durchgeführt oder sind in Bearbeitung:

- Analyse, Bewertung und Darstellung der grundsätzlichen Funktion und des Potenzials zur Erreichung der Energiewende-Ziele für das Gasnetz Schweiz in Verbindung mit dem Gebäudepark unter Einbezug von EE-Gas und saisonaler Speicherung.
- Wie kann der Energieaustausch zwischen Gasnetz und Gebäudepark gestaltet werden?
- Welches sind die Hürden für eine Umsetzung beim Gasnetz und Gebäudepark?
- Wo ist weiterer Forschungsbedarf für eine Umsetzung?

Im Zusammenhang mit der vier Säulenstrategie und seinen drei Zielen des Bundesrates zur Energiewende kann folgendes im Grundsatz festgehalten werden:

Säulen und Ziele	Grundlegende Erkenntnisse
Säule 1: Energieeffizienz	Die Effizienz der Gebäudehülle und der Haustechnik muss trotz des Umstiegs auf erneuerbare Energien vorangetrieben werden, damit der Druck auf die zusätzliche Erzeugung von erneuerbarem Strom so gering wie möglich gehalten werden kann.  Zur Erhöhung des Wirkungsgrades des P2G-Verfahrens von rund 60% auf rund 80% sollten die Netze Strom-, Methangas-, und Fernwärme in Energieknotenpunkten zusammengeführt werden.
Säule 2: Erneuerbare Energien	Die Substitution des fossilen Methangases durch EE-Gas entspricht dieser Anforderung, bei Einhaltung von Kriterien, wie Verwendung von atmosphärischem CO <sub>2</sub> und erneuerbarem Strom. Die Energiesubstitution des fossilen Methangases geht mit einer relativ grossen Anforderung an die Produktion von erneuerbarem Strom einher.
Säule 3: Ersatz und Ausbau von Grosskraftwerken	Es existieren noch keine P2G Anlagen. Das schweizerische Methangasnetz verfügt heute auch über deutlich zu wenig saisonale Speicher. Im Ausbau mit P2G Anlagen müssen diese in der CH gebaut oder gem. 4. Säule verhandelt werden.
Säule 4: Energieaussenpolitik	Es ist noch unklar, wie der Handel mit erneuerbarem Strom und saisonalen Speicher für Methangas (im Zusammenhang mit 1.Ziel) gewichtet werden soll. Auch aus Sicht, dass ein Druck auf die Lösung von Problemen im Inland erhalten bleiben sollte.
Ziel 1: Versorgungssicherheit	Durch Erhöhung der inländischen Produktion und Speicherung und dadurch erhöhter, zeitlicher Selbstbestimmung des Energieabrufes kann die Versorgungssicherheit unterstützt werden.
Ziel 2: Verminderung von Treibhausgasen	Die Substitution durch EE-Methangas mit einem geschlossenen CO <sub>2</sub> Kreislauf (unter Verwendung von atmosphärischem CO <sub>2</sub> ) reduziert um nahezu den gleichen Betrag die Treibhausgasemission.  In der Zeit des Umstieges von fossilem Methangas auf EE-Methangas wird beim Wechsel von Ölheizung auf Gasheizung eine rund 25%ige CO <sub>2</sub> -Reduktion erreicht.
Ziel 3: Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern	Inländisch produziertes EE-Gas senkt die Abhängigkeit von fossilem Methangas und fossilem Heizöl.

Tabelle 1: Grobbewertung Aufgrund des Zwischenstandes der Erkenntnisse anhand der Vier-Säulen- Strategie und seinen drei Zielen des Bundesrates.

## 4. Diskussion

### *Vorsorgeprinzip Umwelt*

Vor der definitiven Einführung des P2G-Verfahrens im grossen Massstab sind mögliche Umweltauswirkungen auf grundsätzlicher Ebene zu betrachten. Damit kann zumindest nach Stand der Kenntnisse ein eventuell negativer Rebound-Effekt vermieden oder gelöst werden. Dies betrifft vorerst die Bereiche Rohstoffe, energetische Ressourcen, Abfall, Klimaveränderung, photochemische Ozonbildung, Säurebildung, Eutrophierung, Versalzung, Bodenfruchtbarkeit, Artenvielfalt, Radioaktivität, Flächenbedarf.

Es konnten bis zu diesem Zeitpunkt keine wirklichen Antagonismen entdeckt werden. Neue Erkenntnisse sind aber nicht ausgeschlossen und könnten durch Interventionsstudien im Sinne des Vorsorgeprinzips zur Problemlösungsfindung beitragen.

### *Anforderungen an die zusätzliche Produktion von erneuerbarem Strom*

Die Energiemengen des ersetzten fossilen Energieträgers müssen in einer anderen Form wieder eingebracht werden und es entsteht hier somit ein Bedarf an erneuerbarem Strom, der in der Grössenordnung von grob 3 - 20 TWh/a liegt. Die grosse Spannweite ist vorwiegend darin begründet, wie gut die Gebäudehülleeffizienz bis 2050 ist und ob eine Wirkungsgraderhöhung mit Anbindung der Fernwärme ausgeführt wird. Der Druck auf die Erzeugung von erneuerbarem Strom bei PV und Windkraft führt schliesslich auch zu Druck z.B. auf die Landschaft, was einer indirekten Umweltauswirkung auf den Flächenbedarf entspräche.

### *Speicher*

Die dezentralen Methangasspeicher müssten als saisonale Speicher realisiert werden. Die Dimensionen entsprechen etwa der gleichen Energiemengengrössenordnung wie beim Strom benannt. Das entspricht der gleichen pro Kopf Speichermenge, wie sie heute in Deutschland schon vorhanden ist. Förderlich wäre die gleichzeitige Nutzung der Speicher für andere Energiebereiche wie z.B. die Rückverstromung. Betreffend 3. Säule der Energiewende vom Bundesrat (Tabelle 1) könnte hier die Turbinierung mit EE-Gas betrieben werden, was dann die CO<sub>2</sub> Diskussion deutlich entschärft und auch die Versorgungssicherheit gemäss Säule 1. unterstützt.

### *Gewährleistung nachhaltiger CO<sub>2</sub> Kreislauf*

Dies ist nicht eine nur für den Gebäudepark spezifische Frage. Für die Sicherstellung eines nachhaltig geschlossenen CO<sub>2</sub> Kreislaufes müsste beim Methanisierungsprozess atmosphärisches CO<sub>2</sub> (aus der Umgebungsluft entnommen) zugeführt werden. Andere Quellen wie z.B. Ableitung aus dem CCS<sup>2</sup> Verfahren führen nicht zu einem geschlossenen Kreislauf.

### *Baubewilligungsverfahren*

Sollen die Anlagen für die Produktion des EE-Methangases, inklusive derer für erneuerbare Energien, im Inland realisiert werden, ist das Baubewilligungsverfahren auch eine der grossen Fragen. Kann das Baubewilligungsverfahren im Hinblick auf Grossanlagen für die Energiewende grundsätzlich geordneter durchgeführt werden?

---

<sup>2</sup> Carbon Capture and Storage

## 5. Ausblick

Die definitiven Resultate und Erkenntnisse werden in einem BFE-Bericht im April 2015 publiziert [3]. Dieser wird ein Beitrag für die Beurteilung der Implementierung von EE-Gas im Gebäudebereich sein. Die verantwortlichen Akteure im Bau- und Energiebereich erhalten aufbereitetes Grundwissen zu diesem Thema.

Sollte GEMEN schlussendlich zu einer mehrheitlich positiven Bilanz des P2G-Verfahrens im Gebäudepark kommen, müssen weiter differenzierte Projekte für das zukünftige EE-Methangasnetz generiert werden, die eine angemessene Gesamtentwicklung bis 2050 begleiten. Das könnte in Form von Demonstrationsprojekten, Impulse für Entwicklung von Gasendgeräten, Unterlagen für Infrastrukturinvestitionen im Sinne des NFP 54 (dort waren keine Angaben für Erweiterungsbedarf für Gasversorgung bis 2030 verfügbar), usw. sein.

Des weiteren ist absehbar, dass die Energie von fossilen Trägern durch andere Energiequellen erzeugt werden muss (abzüglich des eingesparten Anteils durch Effizienzsteigerung). In diesem Fall läuft der Zugang über den Strombereich. Andere, wie Ersatz von Kernkraftwerken oder eine Elektrifizierung der Mobilität, sind dazu kommende Beispiele, die einen Ausbau von erneuerbarem Strom unausweichlich zu machen scheinen, wenn er nicht nur über die Aussenpolitik verhandelt werden soll.

### Literatur

- [1] Renewable Energies and Energy Efficiency, Sterner Michael (2009), University of Kassel
- [2] Hybridwerk-Aarmatt, Fallstudie Solothurn, Informationen dazu unter <http://www.ee-news.ch/de/article/26502/regio-energie-solothurn-strom-gas-und-waermenetz-verknuepfen>, (Juli 2013)
- [3] GEMEN Factsheet, Institut Energie am Bau FHNW, GEMEN BFE Schlussbericht, als PDF abladbar, <http://www.fhnw.ch/habg/iebau/afue/gruppe-bau/gemen> , ab April 2015
- [4] Gebäudeprogramm, EnDK, Jahresbericht 2013