

# Regionale Methan-Wirtschaft

Eine Kohlenwasserstoffwirtschaft haben wir doch heute schon! Wollten wir davon nicht wegkommen?

## Inhaltsverzeichnis

Regionale Methan-Wirtschaft.....	1
Post-Fossile Überlegungen.....	2
Ein integriertes Energieversorgungssystem auf Basis erneuerbarer Energiequellen .....	3
Der Kohlenstoff-Wasserstoff-Sauerstoff-Kreislauf .....	3
Die Außenschnittstellen.....	4
Die Wärmeversorgung.....	6
Rückgriff auf Bewährtes .....	6
Lokale chemische Industrie .....	7
Die Ökonomie der Transformation .....	7
Bausteine und Meilensteine.....	9

## Post-Fossile Überlegungen

Heute basiert unsere Energieversorgung bis auf einen kleinen Bruchteil auf der Fütterung mit fossilen Brennstoffen, die chemisch gesehen nichts anderes sind als Kohlenstoff- und Wasserstoffhaltige Substanzen. Kohle, Erdgas und Erdöl sind jedoch endliche Rohstoffe. Weit vor ihrem Ende werden wir mit dem Fördermaximum jedes dieser Rohstoffe zu kämpfen haben. Darunter versteht man den Moment in der Industriegeschichte, wo sich die Geschwindigkeiten, mit der wir die Rohstoffe aus dem Boden holen, nicht mehr steigern lassen. Beim Erdöl wird dieser Punkt zuerst eintreten. Bereits heute steigt die Tagesausbeute der konventionellen Ölförderung nicht mehr. Nur noch unkonventionelle Fördertechniken wie der Abbau von Ölsanden in Kanada, die Förderung in extremer Tiefsee oder das unterirdische Aufbrechen von Gesteinsschichten per Fracking lassen noch ein kleines Wachstum der weltweiten Ölförderung erwarten. Selbst die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe mahnt:

Erdöl ist der einzig nichterneuerbare Energierohstoff, dessen Nachfrage nicht mehr gedeckt werden kann. Und: Eine Steigerung der Ölförderung ist bis maximal 2036 möglich.

In Europa stellt sich diese Situation besonders krass dar, weil der Kontinent sein Fördermaximum bereits 1996 erreicht hat. Seit 2002 sinkt die Tagesausbeute. Heute wird in Europa nur noch die Hälfte dessen gefördert, was vor 10 Jahren der Fall war. Wenn wir nicht durch globalen Handel Öl aus anderen Weltregionen zukaufen könnten, müssten wir heute schon unsere Lebensweise auf die Hälfte des Ölverbrauchs von vor 10 Jahren angepasst haben. Auch die europäische Gasförderung schrumpft seit 2004 und liegt heute etwa 20% niedriger als zum Gasfördermaximum. Dabei ist (Methan-)Gas sowohl für die Wärme- wie für die Stromversorgung Europas derzeit unabkömmlich!

### Erdöl- und Erdgasförderung in Europa

Rückgang seit 2002 und 2004, Quelle: EIA

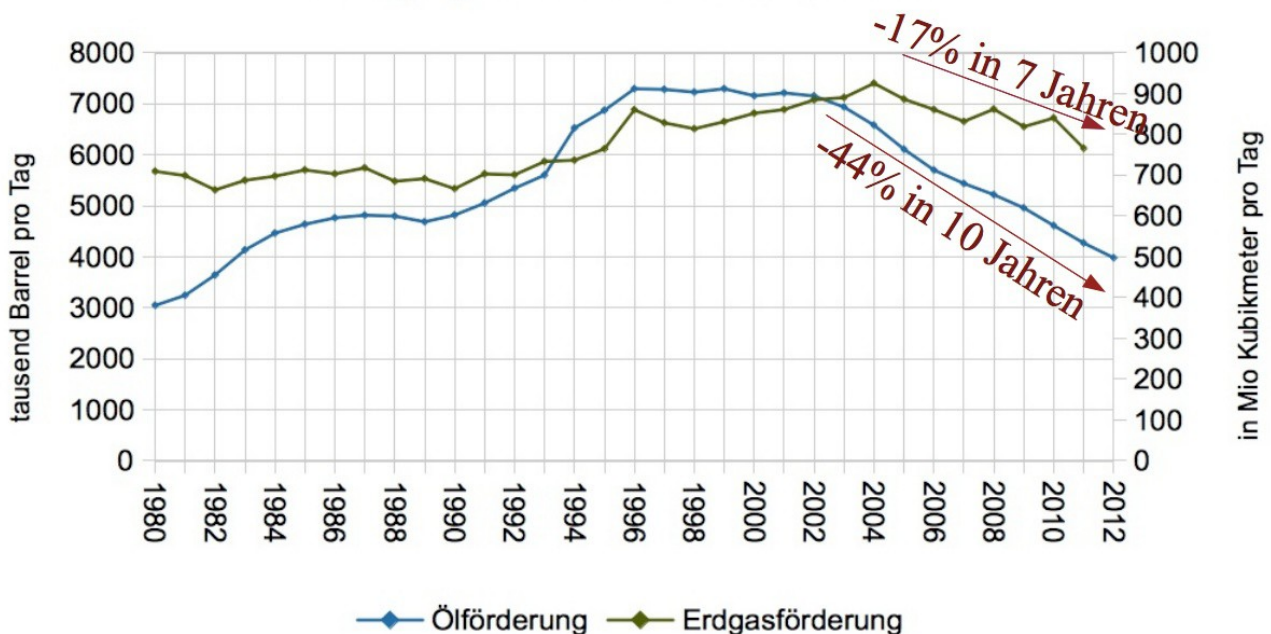


Abbildung 1: Erdöl- und Erdgasförderung in Europa seit 2002 und 2004 schrumpfend

Es ist nur eine Frage der Zeit, bis wir mit unserer Ölversorgung in Engpässe geraten. Das ist deshalb besonders bedrohlich, weil nahezu unser gesamtes Verkehrssystem auf Mineralöl als Treibstoff beruht. Eine Reduzierung des Ölangebots bedeutet entsprechend eine Reduzierung des Ölverbrauchs und dies bedeutet im Verkehrsbereich: Weniger Verkehr. Unsere heutigen Versorgungsstrukturen sind jedoch nicht von heute auf morgen so umstellbar, dass sie mit der Hälfte

der verfügbaren Treibstoffmengen dieselbe Transportleistung erbringen können. Vielmehr ist es wahrscheinlich, dass weniger Fahrten und kürzere Strecken unsere künftige Wirtschafts- und Lebensweise prägen werden.

Den Ausweg sollen Erneuerbare Energien aufzeigen. Dort wurden in den letzten Jahren beachtliche technologische und infrastrukturelle Fortschritte gemacht. Um jedoch den tatsächlichen Umfang der Energiewende zu verstehen, macht es Sinn, sie von ihrem Ende her zu denken: Von dem Moment an, wo keine nennenswerten Mengen an Erdöl, Kohle und Erdgas mehr verfügbar sind. Dieses Gedankenexperiment zwingt uns, ein komplett auf Erneuerbaren Energien basierendes System zu denken. Wie kann das aussehen?

## ***Ein integriertes Energieversorgungssystem auf Basis erneuerbarer Energiequellen***

Zuersteinmal macht es Sinn, dieses System im Kleinen zu denken. Leopold Kohr hat einmal gesagt: Der Mensch ist klein, daher sollten auch die Strukturen, in denen sich der Mensch bewegt, klein sein. Aus Sicht des einzelnen Individuums ist in diesem Zusammenhang wohl die Kommune die wichtigste Ebene: Dort lebt er, dort arbeitet er, dort wohnen Freunde und Familie, die Kommune ernährt ihn (indem sie die Einkaufsinfrastrukturen bereitstellt), wärmt ihn und versorgt ihn mit Energie.

Wie sähe ein System aus, mit dem sich eine Kommune allein auf erneubaren Energiequellen versorgt? Natürlich benötigt sie Maschinen zur Energieerzeugung: Photovoltaik, Windkraft, Tiefengeothermie, Wasserkraft. All die genannten liefern in erster Linie Elektrizität, teilweise - die Geothermie - auch Wärme. Nun liefern jedoch die meisten der genannten Techologien stark schwankende Energieerträge. Das gilt sowohl im Tagesverlauf wie auch im Jahresverlauf: Nachts weniger Energie als tags, Sommers mehr Energie als Winters. Um diese Schwankungen auszugleichen braucht es zweierlei:

1. Überkapazitäten der Erzeugungstechnik, um in energieschwachen Zeiten Energie für die spätere Nutzung vorzuerzeugen
2. Puffer, also: Speicher, um die vorab bereitgestellte Energie zu speichern

In der öffentlichen Wahrnehmung dominiert die Vorstellung, Batterien - also elektrochemische Speicher - würden künftig die Speicherung von Elektrizität übernehmen. Doch Batterien brauchen teils sehr seltene Stoffe, leiden unter Selbstentladung und ihre Energiedichte ist so gering, dass Langzeitspeicher in Größenordnungen, um saisonale Schwankungen in der Energieversorgung auszugleichen, kaum vorstellbar sind.

Vorstellbar ist dagegen, die Speicherung in chemischen Substanzen vorzunehmen, die wir bereits kennen und handhaben: Methan! (Erd-)Gas. Demnach würde der Überschussstrom des Sommers in Methan umgewandelt und dieses gespeichert, um damit Nachts und im Winter über einen Generator sowohl Wärme wie auch elektrische Energie zu erzeugen. Im Sommer würde mit den Überschusskapazitäten der Energieerzeugungsanlagen also der Gas-Speicher gefüllt, im Winter der Gas-Speicher geleert, um mit seinem Energiegehalt die Energielücke des Winters abzumildern oder sogar auszugleichen.

## ***Der Kohlenstoff-Wasserstoff-Sauerstoff-Kreislauf***

Allerdings benötigen die dabei ablaufenden chemischen Prozesse drei Elemente, und zwar in möglichst reiner Form:

- Kohlenstoff
- Wasserstoff
- Sauerstoff

Die Umwandlung von Kohlenstoff und Wasserstoff zu leicht speicherbarem Methan passiert bei der Energiespeicherung, also im Sommer. Die Umwandlung von Methan in Wasser und Kohlendioxid passiert bei der Verbrennung des Methans, wenn der zu Methan verbundene Kohlenstoff und Wasserstoff mit Sauerstoff reagieren. Für die Methanisierung ist also Wasserstoff notwendig und Kohlenstoff. Wasserstoff läßt sich per Elektrolyse aus Wasser erzeugen, wozu der Überschussstrom eingesetzt wird. Kohlenstoff ist jedoch nicht einfach zu gewinnen. Er steckt im Kohlendioxid, welches sich natürlicherweise in der Luft befindet. Doch auch wenn der Kohlenstoffgehalt in der Luft seit Beginn der Industrialisierung stark gestiegen ist, ist die Konzentration für die chemische Nutzung dennoch sehr gering. Gerade einmal 400 Teilchen Kohlendioxid finden sich unter einer Millionen Teilchen Luft. Um ausreichend Kohlenstoff für den Methanisierungsprozess verfügbar zu machen, lohnt es sich, den Kohlenstoff im Kreislauf zu führen. Das heißt: Das bei der Verbrennung des Methans freiwerdende Kohlendioxid wird nicht in die Atmosphäre entsorgt, sondern es würde gespeichert, um es im Methanisierungsprozess einzusetzen. Je reiner das Kohlendioxid ist, je weniger Anteile von anderen Substanzen enthalten sind, umso besser läuft der Methanisierungsprozess ab. Daher wäre es hilfreich, wenn die Verbrennung des Methans nicht mit Luft stattfindet (was ja ein Gas-Gemisch ist, in welchem beispielsweise auch Stickstoff vorkommt, was bei der Verbrennung zu giftigen Stickoxiden reagiert). Idealerweise würde die Verbrennung mit möglichst reinem Sauerstoff geschehen, denn dann würden  $\text{CH}_4$  (Methan) und  $\text{O}_2$  zu nichts anderem als  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ , also Wasser, reagieren. Sauerstoff wird frei, wenn Wasser mit Hilfe des Überschussstroms in einem Elektroliseur aufgespalten wird. Demnach sollte nicht nur der entstehende Wasserstoff für den Methanisierungsprozess zwischengespeichert werden, sondern auch der entstehende Sauerstoff. Dieser würde im Generator eingesetzt, um das Methan zu verbrennen und das entstehende Kohlendioxid wird in einem Kohlendioxid-Speicher aufbewahrt. Die Speicher für Sauerstoff und Kohlendioxid könnten dabei möglicherweise ergänzend und rollierend eingesetzt werden, denn: Während im Sommer der Kohlendioxid-Speicher geleert wird, um den Kohlenstoff im Methanisierungsprozess zu verwenden, entsteht gleichzeitig bei der Elektrolyse der zu speichernde Sauerstoff. Im Winter leert sich der Sauerstoff-Speicher bei der Methan-Verbrennung, während für das entstehende Kohlendioxid Speicherplatz benötigt wird. Die bereitzustellenden Speicher sollten also im Idealfall sowohl für Sauerstoff wie für Kohlendioxid geeignet sein, dann ließe sich der benötigte Speicherraum für diese beiden „Optimierungs-Stoffe“ etwa halbieren - weil sie ihn sich rollierend teilen.

Damit wäre ein Kreislauf geschaffen, in welchem Methan, Kohlendioxid, Wasserstoff und Sauerstoff zwischengespeichert werden. Sofern kein Gas entweicht, können alle Substanzen im Kreislauf geführt werden, ohne dass Stoffe von außen zugeführt werden oder nach außen abgeleitet werden. Einzig die EE-Erzeugungsanlagen führen diesem System etwas zu: Elektrizität für den Elektrolyse-Prozess und die benötigten Prozessabläufe.

## **Die Außenschnittstellen**

Allerdings ist es wahrscheinlich, dass dieser idealisierte Kreislauf nicht in jedem Fall beibehalten werden kann. Beispielsweise kann das entstehende Methan benutzt werden, um Fahrzeuge anzutreiben. Gas-Fahrzeuge werden heute bereits in Serie hergestellt. Auch existieren Brennstoffzellen, die mit Methan gefüttert werden, um Elektrizität zu gewinnen. Es dürfte unpraktikabel sein, das beim Antrieb entstehende Kohlendioxid aufzufangen, daher wird es in die Atmosphäre entweichen. Dem zuvor umrissenen Kohlenstoff-Wasserstoff-Sauerstoff-Kreislauf fehlt es dann an Kohlenstoff. Er müßte aus anderen Quellen zugeführt werden.

Hierfür bietet sich eine Biogas-Anlage an. Sie wird insbesondere Winters eingesetzt, um Wärme und Strom aus leicht speicherbarer Biomasse zu erzeugen. Das beim Vergasungsprozess entstehende Methan wird dem Speicher und dem zum System gehörenden Blockheizkraftwerk zugeführt. Das beim Vergasen und Verbrennen entstehende Kohlendioxid wird aufgefangen und dem Speicherkreislauf zugeführt. Somit kann eine Biogasanlage jenen Kohlenstoffverlust ausgleichen, der durch (Erd-)Gasfahrzeuge entsteht. Allerdings ist das Ausgleichspotential limitiert:



Über die bereits angesprochene Fahrzeugflotte besteht zudem eine Schnittstelle vom lokalen Energiesystem zum Verkehrssystem. Die Menge an Elektrizität und Methan, die in dem lokalen System erzeugt werden kann, limitiert die möglichen Verkehrsstrecken. Zu erwarten ist, dass Gasfahrzeuge größere Reichweiten schaffen als Batteriefahrzeuge, zudem ist ihre Leistung aufgrund der größeren Energiedichte des Methans größer. Zu erwarten wäre, dass insbesondere Nutzfahrzeuge und Langstreckenfahrzeuge gasbetrieben fahren, während Kurzstreckenfahrzeuge elektrisch fahren.

## **Die Wärmeversorgung**

Gesondert zu betrachten ist die Wärmeversorgung. Wärme wird bei verschiedenen Prozessen in dem oben beschriebenen System frei. Zuerst einmal liefert eine Geothermie-Anlage in erster Linie Wärme. Strom kann sie nur dann liefern, wenn es sich um Tiefengeothermie handelt, bei der die Temperaturen so hoch sind, dass ein Generator angetrieben werden kann. Wärme wird zudem frei bei der Erzeugung des Wasserstoffs im Elektroliseur und beim Methanisierungsprozess. Wärme entsteht auch in der Biogasanlage und im Blockheizkraftwerk, wo das gespeicherte Methan verbrennt. Zusätzliche Wärme kann bereitgestellt werden durch Solarthermieanlagen oder durch den Einsatz von Überschussstrom in sogenannten Stromkesseln, in Nachtspeicheröfen sowie durch den Einsatz von Wärmepumpen.

Wärme wird insbesondere im Winter benötigt, steht aber im Sommer in rauen Mengen in der natürlichen Umwelt zu Verfügung. Daher sollten möglichst im Winter jene Prozesse ablaufen, bei denen Wärme frei wird und im Sommer sollten diese Prozesse vermieden werden. Das gilt insbesondere für den Einsatz der Biomasseanlage, die möglichst im Winter statt im Sommer laufen sollte, da für die eingesetzte Biomasse das Speicher-Problem bereits gelöst ist: Biomasse wird schlicht zwischengelagert.

Andockbar an dieses System sind darüber hinaus saisonale Wärmespeicher beispielsweise im Erdboden, die im Sommer thermisch aufgeladen und im Winter (verlustbehaftet) per Wärmepumpen entladen werden.

Das skizzierte System ist eine Mischung aus dezentralen und zentralen Elementen auf lokaler Ebene. Zentral werden die Speicher, der Methanisierer, die Biomasseanlage und das Blockheizkraftwerk sein. Dezentral verteilt sind alle Verbraucher aber auch die Energieerzeugungsanlagen und vielleicht kleinere, lokale Speicher. Verbunden werden sollten die Wärmeproduzenten mit den Wärmeverbrauchern daher über ein Nahwärmenetz, um die erzeugte Wärme möglichst optimal zu nutzen.

## **Rückgriff auf Bewährtes**

Das umrissene System setzt weitgehend auf Technologien, die bereits bekannt sind. Insbesondere mit Erdgas wird seit mehreren Jahrzehnten hantiert, ein weit verzweigtes Gasnetz und große Kavernen-Speicher werden heute bereits genutzt. Auch Blockheizkraftwerke, Biogasanlagen, Photovoltaik und Windkraftanlagen sind Stand der Technik, einzig Elektrolyse und Methanisierung sowie die Feinheiten der Steuerung und Gas-Speicherung sowie das Zusammenspiel aller genannten Bausteine sind noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium.

Gegenüber der heute oft forcierten Batterietechnik hat die Methan-Speicherung den Vorteil, dass sie vergleichsweise robust ist und sowohl große wie auch kleine Energiemengen technisch gespeichert werden können. Damit liegen sogar schon langjährige Erfahrungen vor. Zudem sind an einer Gas-Infrastruktur zwei wichtige Elemente leicht andockbar: Die Fahrzeugflotte, für die Serienfahrzeuge auf Gas-Basis bereits existieren, sowie die Chemie-Industrie.

## **Lokale chemische Industrie**

Die heutige Chemieindustrie beruht zu über 70% auf dem Input von Kohlenwasserstoffen, insbesondere Erdöl. Kohlenstoff und Wasserstoff sind die Hauptelemente dieser organischen Chemie. Kohlenstoff und Wasserstoff fallen in dem umrissenen Energieversorgungssystem explizit an, es wäre daher denkbar, chemische Prozesse zur Herstellung komplexerer Moleküle anzudocken. Heute konzentriert sich die industrielle Nutzung von Kohlenwasserstoffen an wenigen Großstandorten der Chemieindustrie. Künftig könnte die Miniaturisierung der Anlagen dazu führen, dass chemische Prozesse auch lokal ablaufen können, was zu einer Dezentralisierung der Chemieindustrie führen und neue lokale Industriezweige hervorbringen kann.

Auch hier gilt, was bereits bei den Erdgasfahrzeugen gesagt war: Um das Versorgungsgleichgewicht mit Kohlenstoff nicht zu (zer-)stören darf nicht mehr Kohlenstoff aus dem System entnommen werden, als per Biomasse auf anderem Wege zugeführt wird. Dennoch könnte sich ein Aufbau einer lokalen chemischen Industrie lohnen, um die Versorgung mit chemischen Produkten lokal anzudenken.

## **Die Ökonomie der Transformation**

Im Jahr 2012 wurden nach Deutschland Erdöl, Erdgas und Kohle im Wert von 100 Milliarden Euro importiert. Das entspricht 1200 Euro pro Kopf. (Zugleich wurden 20 Milliarden Euro für die EEG-Förderung innerhalb des Landes umgeschichtet.) Eine Gemeinde von 10.000 Einwohnern könnte also 12 Millionen Euro Kaufkraft jährlich freimachen, wenn sie ihren Energiebedarf aus ihrem eigenen Einflussbereich decken würde. Wenn wir annehmen, eine solche Gemeinde würde Investitionen in ein lokales integriertes Energieversorgungssystem aus den Einsparungen für die Fossil-Importe finanzieren und würde dafür einen Zeithorizont von 20 Jahren ansetzen, so stünden 20 mal 12 Millionen Euro, also 240 Millionen Euro in dieser 10.000-Seelen-Gemeinde zur Verfügung.

Es gilt zu untersuchen, ob diese Summe ausreichend wäre, um:

- Nahversorgungsnetze für Wärme, Gas und Strom sowie zur Speicherung von Kohlendioxid, Methan, Wasserstoff und Sauerstoff zu bauen
- Stromerzeugungsanlagen zu bauen, die die Eigenversorgung im Sommer sowie die Erzeugung von Überschussstrom für die Energiespeicherung für den Winter ermöglichen
- Elektroliseur, Methanisierer und Blockheizkraftwerk zu bauen
- eine Erdgasfahrzeugflotte (z.B. nach dem CarSharing-Prinzip) bereitzustellen
- Speicher bereitzustellen

Je nach Planungshorizont können jedoch viel größere Summen eingeplant werden. Die Energiewende vom Ende her zu denken bedeutet, dass die Zukunft jeder Gemeinde auf diesem Planeten nicht mehr in der Nutzung fossiler Brennstoffe liegt, sondern in der Versorgung durch integrierte Energieversorgungssysteme auf Basis lokaler erneuerbarer Energiequellen. Die Frage nach den Investitionskosten bleibt wichtig, aber sie rückt in den Hintergrund, wenn deutlich wird: In dem absehbaren post-fossilen Zeitalter werden fossile Energieträger schlicht nicht mehr verfügbar sein. Den einzigen Zugang zu Energie ermöglichen dann nur noch Systeme auf Basis erneuerbarer Quellen. Nicht zu investieren bedeutet also, auf künftige Energieversorgung zu verzichten.

Statt 20 Jahre als Refinanzierungszeitraum anzusetzen, könnten prinzipiell auch 100 oder 1000 Jahre angesetzt werden. Jede Kommune, die einen Umbau ihrer lokalen Versorgungsstrukturen entsprechend dieses Modells vornimmt, erspart sich den Import der Energierohstoffe und damit den Abfluss von Kaufkraft - und zwar bis in alle Ewigkeit. Natürlich müssen auch die hier beschriebenen Maschinen und Strukturen gepflegt, repariert, vielleicht auch mal ersetzt und

weiterentwickelt werden, aber der Import von Energierohstoffen und die damit verbundenen Kosten können um Größenordnungen zurückgefahren werden. Bei einem sehr langfristigen Blickwinkel lohnt sich die Investition bereits heute: Sie senkt die Kaufkraftabflüsse und sorgt für den Aufbau eines lokalen, redundanten Energieversorgungssystems.

Das skizzierte System zeigt, wie ein enkeltaugliches Energieversorgungssystem aussehen kann. Alle technischen Bausteine sind heute bereits existent. Es mag ihnen an Wirkungsgrad mangeln. Und es wird notwendig sein, technische Feinheiten auszufeuern. Doch funktionsfähig wäre ein solches System bereits heute und könnte jene Kommunen, die sich auf den Weg machen, es zu entwickeln, zu den Vorreitern echter postfossiler Gesellschaftsstrukturen machen.

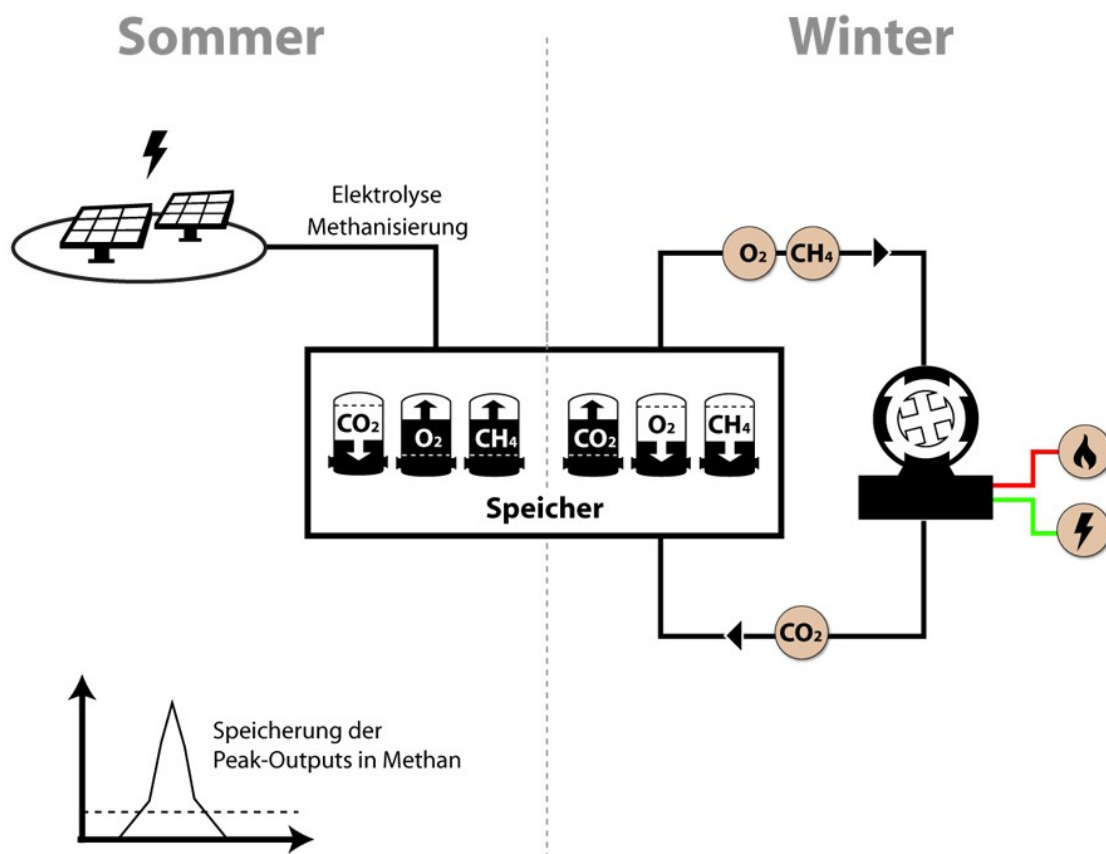


Abbildung 3: Sommer-Winter-Betrachtung: Speicherung der Peak-Outputs in Methan



## **Bausteine und Meilensteine**

Folgende Bausteine werden für die Umsetzung des umrissenen Systems benötigt:

- Gasfahrzeuge / Fahrzeuge mit Brennstoffzelle, Elektrofahrzeuge
- EE-Erzeugungsanlagen
  - Photovoltaik
  - Windkraftanlagen
  - Wasserkraft
  - (tiefe) Geothermie
  - Biomasseanlagen
  - Solarthermie
- Netze
  - Stromnetz
  - Gasnetz
  - Wärmenetz
- Speicher
  - Methan
  - Kohlendioxid
  - Wasserstoff
  - Sauerstoff
  - Biomasse

Eine Kommune, die diesen Weg einschlagen will, wäre gut beraten, den Weg in Teil-Abschnitte zu gliedern. Ein Andocken an das existierende Erdgas-Netz, den Aufbau eines Blockheizkraftwerks, die Installation eines Nahwärmenetzes sind Bausteine, die absolut mit dem bestehenden fossilen Energieversorgungssystem kompatibel sind. Der Ausbau der Erzeugung erneuerbarer Energien kann problemlos soweit getrieben werden, wie die lokale Lastkurve oberhalb der Erzeugungskurve liegt. Sobald die Erzeugung (auch zwischenzeitlich) mehr liefert, als lokal verbraucht wird, müssen Speicher integriert werden. Dann ist der Zeitpunkt gekommen, Methanisierungsanlagen vorzusehen.

Das oben dargestellte Gesamtbild eines lokalen Energieversorgungssystems skizziert die Vision, auf die gearbeitet werden kann. Dabei liegt es im Willen der lokalen Akteure, diese Vision langsamer oder schneller zu erreichen. Angesichts der schrumpfenden Verfügbarkeit von Gas und Öl und ständig steigender Preise für diese fossilen Energierohstoffe ist es jedoch ratsam, die Eigenproduktion von Methan nicht auf die lange Bank zu schieben.

Dresden, 09.09.2013, Norbert Rost  
[rost@enfo.biz](mailto:rost@enfo.biz), 0152 / 53 95 11 40