

Warum Windgas die Energiewende sicher macht und Kosten senkt

Kurzfassung der Studie

„Bedeutung und Notwendigkeit von Windgas für das Gelingen der Energiewende“

Im Auftrag von Greenpeace Energy eG

von der Forschungsstelle für Energienetze und Speicher der OTH Regensburg
und Energy Brainpool, Berlin

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

bis 2050 will die Bundesregierung einen Anteil von 80 Prozent erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung erreicht haben. Dies mag aus heutiger Sicht ehrgeizig klingen. Es ist dennoch nicht ausreichend. Tatsächlich notwendig für wirksamen Klimaschutz ist ein Stromsystem mit 100 Prozent erneuerbaren Energien. Die gute Nachricht, welche uns die nun vorliegende Studie gibt: 100 Prozent Erneuerbare im Strombereich sind nicht nur unerlässlich, sondern zudem auch noch erheblich günstiger als die Kombination 80 Prozent erneuerbarer / 20 Prozent fossiler Energieanteil – und dies bei voller Versorgungssicherheit für den Industriestandort Deutschland.

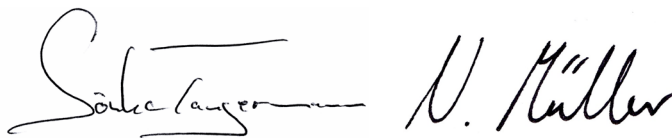
Wir brauchen die erneuerbare Vollversorgung im Strombereich, weil sich andere Sektoren unserer Industriegesellschaft nur unter erheblich größeren Schwierigkeiten dekarbonisieren lassen. Verkehr, Chemie und weitere Bereiche werden zunehmend elektrische Energie nutzen, wollen sie die dringend notwendigen Treibhausgas-Reduktionen schaffen. Dafür müssen wir vor allem die Wind- und Solarenergie zügig auszubauen. Aber wenn die Energiewende erfolgreich sein soll, benötigen wir darüber hinaus auch eine Speicherwende. Denn Wind- und Solarenergie stehen wetterbedingt nicht kontinuierlich zur Verfügung. Wenn sie in Zukunft einen immer größeren Anteil an der Stromer-



zeugung übernehmen, müssen in Phasen, in denen sie mehr Strom erzeugen als verbraucht wird, wachsende Mengen an überschüssiger Energie gespeichert werden. Das funktioniert vor allem in Form von Windgas, also per Elektrolyse erzeugtem Wasserstoff, der in einem weiteren Schritt zu Methan gewandelt werden kann. Damit lässt sich der deutsche Energiebedarf bei Windflauten oder in Phasen mit wenig Sonnenlicht aus diesen erneuerbaren Speichern volkswirtschaftlich günstig decken, auch über längere Zeiträume, wie die neue Studie zeigt.

Darin haben die Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES) an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg (OTH) und das Berliner Analyseinstitut Energy Brainpool im Auftrag von Greenpeace Energy untersucht, welche Bedeutung Windgas für eine erfolgreiche Energiewende in Deutschland hat. Die Energiegenossenschaft Greenpeace Energy bietet schon heute neben Ökostrom das Gasprodukt *proWindgas* an, mit dem unsere Kunden die Windgastechnologie fördern. Auch deshalb sind wir an Antworten auf diese Fragen so interessiert: Ab wann wird Windgas als erneuerbarer Stromspeicher wichtig? Welche Speicherkapazitäten gibt es mittel- und langfristig in Deutschland? Wie entwickelt sich die Wirtschaftlichkeit der Windgas-Technologie? Und welche weiteren Sektoren der Wirtschaft hilft Windgas zu dekarbonisieren, also klimaschädliche CO₂-Emissionen zu vermeiden?

Die Wissenschaftler zeigen, dass die Zeit drängt: Damit die Windgas-Produktionskapazitäten entstehen, die in Zukunft erforderlich ist, müssen Politik und Marktakteure schon heute handeln. Es gilt, regulatorische Hemmnisse zu beseitigen, die der Entwicklung dieser für die Energiewende zentralen Technologie noch im Wege stehen. Anfängliche Mehrkosten vor allem für den Aufbau der Windgas-Kapazitäten werden sich schnell amortisieren, sobald wir mehr als 70 Prozent erneuerbarer Energien im Stromsystem erreicht haben. Ab dann werden wir mit Windgas im Stromsystem jährlich hohe Milliardenbeträge einsparen. Jedenfalls, wenn wir jetzt die politische Weitsicht und den unternehmerischen Mut beweisen, den Windgas-Ausbau zu starten – und damit die Basis für den Erfolg der Energiewende zu legen.



Sönke Tangermann + Nils Müller
Vorstand Greenpeace Energy eG

Inhalt

S. 4	1 – Ab wann Windgas als Stromspeicher für eine erfolgreiche Energiewende wichtig wird
S. 7	2 – Zubau-Szenario von Wind- und Solarkraftwerken sowie Windgas-Anlagen
S. 8	3 – Die deutschen Speicherkapazitäten für Windgas
S. 10	4 – Weitere Einsatzmöglichkeiten für Windgas
S. 12	5 – Die Kostenentwicklung von Windgas
S. 14	6 – Kostenvorteile von Windgas für das Stromsystem und die Auswirkung auf die Energiewendekosten
S. 17	Fazit und Maßnahmen
S. 19	Zentrale Definitionen
S. 20	Impressum

1 — Ab wann Windgas als Stromspeicher für eine erfolgreiche Energiewende wichtig wird

1.1 Die Klimaziele der Bundesregierung

Im Kampf gegen den Klimawandel hat sich die Bundesregierung zu eigenen energiepolitischen Zielen bekannt: Demnach sollen die deutschen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 um 40 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 sinken und bis zum Jahr 2050 um 80-95 Prozent (Bundesregierung 2013). Der Stromverbrauch soll in dieser Zeit im Vergleich zum Jahr 2008 um ein Viertel sinken (10 % bis 2020, 25 % bis 2050). Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung soll zugleich bis zum Jahr 2025 auf 40-45, bis 2035 auf 55-60 und bis 2050 auf 80 Prozent steigen (§1 EEG 2014). Im Wärmesektor wird als Ziel eine Senkung des Endenergieverbrauches um 80 Prozent bis zum Jahr 2050, im Verkehrssektor um 40 Prozent im selben Zeitraum angestrebt (Energiekonzept der Bundesregierung 2010).

Dies reicht – bezogen auf den deutschen Anteil an den CO₂-Emissionen – jedoch nicht aus, um die gefährlichen Folgen des Klimawandels zu vermeiden (wie in Kapitel 4 ausführlicher begründet). Notwendig und möglich ist eine Stromversorgung zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2050. Und auch für die Sektoren Verkehr und Industrie müssen die Ziele deutlich ehrgeiziger und konsequenter umgesetzt werden als bisher.

Die tragenden Säulen der Energiewende werden Wind- und Solarenergie sein, da sie das größte Potenzial unter den erneuerbaren Energien aufweisen und dieses zu den geringsten Kosten in Form von Strom erschließen können. Eine der Hauptaufgaben der Energiewende ist es deshalb, das fluktuierende (also je nach Wetter schwankende) Dargebot von Wind- und Solarstrom bei gleichbleibend hoher Versorgungssicherheit in das Strom- und Energiesystem zu integrieren. Unter den hierbei verfügbaren Flexibilitätsoptionen (siehe Definition S. 19) gewinnen Stromspeicher zunehmend an Bedeutung.

1.2 Grundlegende Annahmen für die Studie

Der Bedarf an regenerativen Stromspeichern ist unter anderem abhängig von folgenden Annahmen: Wie viel erneuerbare Energien werden in den nächsten Jahren zugebaut? Welcher Netzausbau findet national und länderübergreifend statt? Wie stark kann die Verbraucherseite eingebunden werden und welche zusätzlichen Verbraucher kommen hinzu? Noch gibt es auf diese Fragen keine verlässlichen Antworten, wie sich erst jüngst anhand der Debatte um den Netzausbau zwischen den Windkraftstandorten im Norden und den Industriezentren im Süden („Südlink“) zeigte. Deshalb kann eine Angabe, zu welchem Zeitpunkt Windgas als Stromspeicher zwingend notwendig ist, nur innerhalb einer gewissen Bandbreite gemacht werden.

Um eine eigene, richtungsweisende Aussage über die Rolle von Windgas als Energiespeicher für die Energiewende treffen zu können, wird in dieser Studie eine vereinfachte Betrachtung vorgestellt: das Stromsystem in Deutschland mit und ohne Windgas. Dabei werden alternative Speicher-, aber auch andere Flexibilitätsoptionen zur Schärfung des Bildes außen vor gelassen. Der Vorteil dieser Vereinfachung ist, dass auf diese Weise der Effekt von Windgas auf das System klar herausgestellt wird.

Die Vorgehensweise ist auch sinnvoll, weil Windgas als einzige Flexibilitätsoption in Deutschland über ausreichend Kapazität verfügt, den gesamten Ausgleichsbedarf zu decken. Das vorliegende Szenario spiegelt in der Folge einen maximalen Ausbaubedarf von Windgas-Anlagen im Stromsystem wider. So wird deutlich, wieviel der Ausgleich der Erzeugungsschwankungen erneuerbarer Energien im Maximalfall kostet – verglichen mit einem Szenario, in dem die Versorgungssicherheit teilweise per fossilem Erdgas hergestellt wird. In der Realität würde das erneuerbare Stromsystem durch in bestimmten Situationen günstigeren Flexibilitätsoptionen wie Lastverschiebung oder steuerbare erneuerbare Energieanlagen entsprechend billiger.

Grundlage des Ausbaupfades bildet die tatsächliche Erzeugungssituation im Jahr 2013 sowie ein auf Basis von Vorgaben der Umweltorganisation Greenpeace e.V. entwickeltes Trend-Szenario für das Jahr 2050 (s. Tabelle 1):

Trend-Szenario: 100 Prozent erneuerbare Energien im Stromsektor

	GW		Stromproduktion in TWh		VLS
	Trend-Szenario 100 %	(2013)	Trend-Szenario 100 %	(2013)	Trend-Szenario 100 %
Wind Onshore	131	33,66 ²⁾	262	49,8 ¹⁾	2000
Wind Offshore	30	0,52 ²⁾	120		4000
Photovoltaik	135	35,9 ²⁾	135	28,3 ¹⁾	1000
Wasserkraft	5,6	5,6 ²⁾	22,4	21,2 ¹⁾	4000
Biomasse	8,1	8,1 ²⁾	48,5	42,6 ¹⁾	6000
Geothermie	3	0,031 ²⁾	18	0,04 ²⁾	6000
Summe EE-Erzeugung			606 TWh	147,1 [*]	
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch			100%	23,4% ¹⁾	

Tabelle 1:

Trend-Szenario für 100 % erneuerbare Energien nach Vorgaben der Umweltorganisation Greenpeace e.V. mit Annahmen zu installierter Leistung in GW, Bruttostromerzeugung in TWh und Volllaststunden (VLS) verschiedener regenerativer Energieerzeugungsanlagen in einer erneuerbaren Vollversorgung. Zum Vergleich zusätzlich gesicherte Angaben für das Jahr 2013. Quellen: 1) AG Energiebilanzen, 2) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2014).

Das Trend-Szenario geht davon aus, dass vor allem Wind- und Solarenergie ausgebaut werden, während für Biomasse und Wasserkraft aus ökologischen Gründen kein weiterer Ausbau vorgesehen wird und Geothermie nur in beschränktem Maße an Bedeutung gewinnen wird. Eine weitere wichtige Randbedingung ist, dass innerhalb Deutschlands der notwendige Netzausbau laut aktuellem Netzentwicklungsplan vollständig umgesetzt ist. Zudem ist der grenzüberschreitende Austausch von Strommengen über sogenannte Kuppelstellen zulässig, Deutschland weist dabei jedoch eine im Jahresmittel ausgeglichene Export-/Import-Bilanz aus.

* Inklusive hier nicht aufgeführter sonstiger erneuerbarer Quellen wie bspw. Hausmüllverwertung (Differenz: 5,2 TWh).

Unter diesen Annahmen fallen bis zum Jahr 2050 den Berechnungen der Studie zufolge Stromüberschüsse von knapp 154 TWh mit Leistungsspitzen bis zu 134 GW an. Das entspricht rund 20 Prozent der deutschen Bruttostromerzeugung im Jahr 2012. Auch andere Studien prognostizieren bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien Stromüberschüsse von 80-100 TWh und mehr pro Jahr¹.

Steigende Stromüberschüsse aus Windkraft- und Solaranlagen

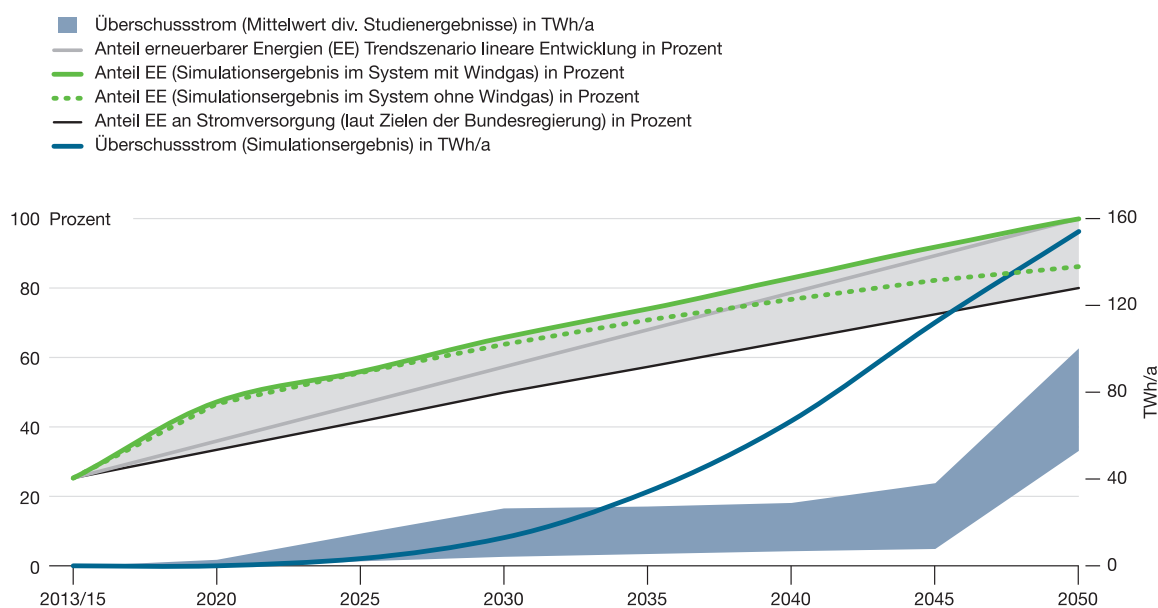


Abbildung 1:

Überschussmengen und maximale jährliche Überschussleistung auf Basis des Trend-Szenarios. Die Schwankungen gegenüber dem Trend kommen durch gleichbleibende meteorologische Daten und jährlich variierende Feiertagstermine zustande.

Keine andere Technologie als Windgas ist in der Lage, die exponentiell zunehmenden Überschussmengen in dem anfallenden Umfang kostengünstig zu speichern. Einzig die Nutzung der skandinavischen Wasserkraft böte eine Ausgleichsoption in entsprechender Größenordnung, wofür aber ein erheblicher Netzausbau in den entsprechenden Ländern notwendig wäre, was auf ähnliche Akzeptanzprobleme stieße wie in Deutschland. Deshalb ist das Speichersystem Windgas auch als einziger nationaler Speicher absehbar in der Lage, Versorgungssicherheit und Systemstabilität selbst über länger anhaltende „Dunkelflauten“ zu gewährleisten. Aus diesem Grund wird Windgas in jedem Falle systemrelevant, um die Ziele der Energiewende zu erreichen. Sollte sich der erforderliche Netzausbau verzögern, werden massive Engpässe und Überschüsse im Stromsystem bereits für die 2020er-Jahre prognostiziert. Entsprechend würden Stromspeicher bei gleichbleibendem Ausbau erneuerbarer Energien in großem Umfang erheblich früher gebraucht.

¹ Die hierfür ausgewerteten Forschungsarbeiten finden Sie in der Langfassung der Studie in Abbildung 3.4

2 – Zubau-Szenario von Wind- und Solarkraftwerken sowie Windgas-Anlagen

Um jede überschüssige Erzeugungsspitze der fluktuierenden erneuerbaren Energien in Wasserstoff umzuwandeln, ist eine sehr große Zahl von Windgas-Anlagen erforderlich. Die benötigten installierten Kapazitäten zur Aufnahme dieses Überschussstromes im Vergleich zu den kumulierten Kapazitäten der Wind- und Solarenergie sind in Abbildung 2 dargestellt:

Bedarf an Windgas-Anlagen im Maximalfall

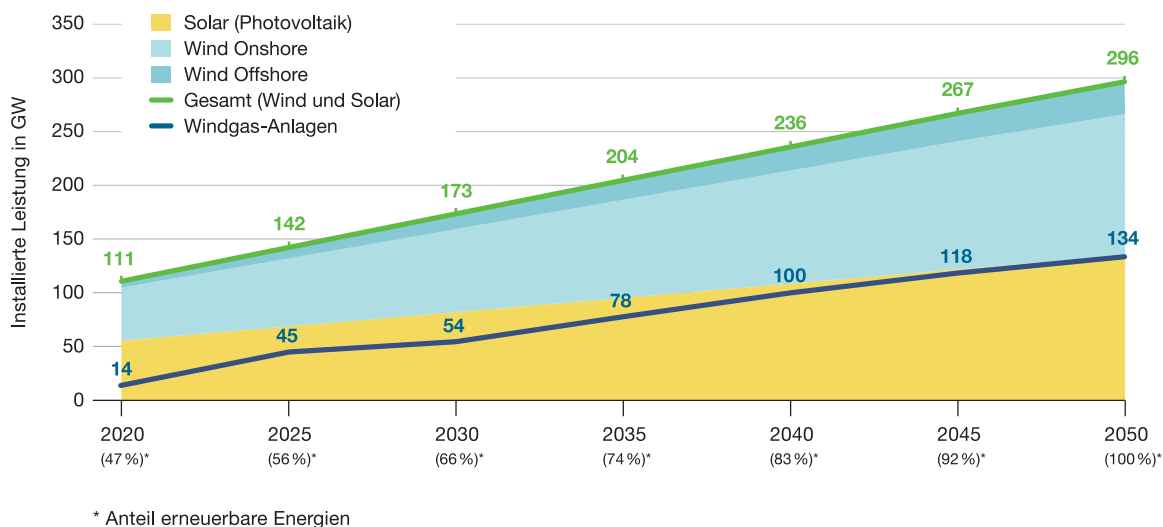


Abbildung 2:

Zur Aufnahme des Überschussstromes aus fluktuierenden Energien im Vergleich zur kumulierten Kapazität von Wind- und Solarenergie benötigte Leistung von Windgas-Anlagen (nach ausgeglichener Import-/Exportbilanz): Ausbaupfad für Windgas von heute hin zu einer erneuerbaren Vollversorgung im Stromsystem in der Maximalvariante.

Die tatsächlich benötigte Windgas-Anlagenleistung zur Integration von Überschüssen im Stromsystem wird voraussichtlich aufgrund der Nutzung alternativer Flexibilitätsoptionen niedriger liegen als durch das Ergebnis der Simulation in Abbildung 2 angegeben. Der dort errechnete Bedarf von 134 GW installierter Leistung an Windgas-Anlagen ist als oberer Grenzwert zu verstehen, um im vorgegebenen Rahmen die Überschüsse vollständig aufzunehmen.

Selbst wenn diese hohe Leistung von Windgas-Anlagen für den klassischen Stromsektor in Deutschland allein nicht benötigt wird, ergibt sich aus der notwendigen Dekarbonisierung von Wirtschaftssektoren wie Verkehr und Chemieindustrie ein noch deutlich größerer Windgasbedarf (siehe Kapitel 4, ab Seite 10), sodass der Aufbau bedeutender Kapazitäten von Windgas-Anlagen volkswirtschaftlich in jedem Falle sinnvoll erscheint.

3 – Die deutschen Speicherkapazitäten für Windgas

Deutschland importiert 88 Prozent seines Gasbedarfs. Knapp 40 Prozent der Einfuhren stammen aus Russland, der Rest größtenteils aus europäischen Ländern wie Norwegen oder den Niederlanden.

Die Versorgungssicherheit im Gassektor gewährleisten große Untertagespeicher. Sie können die nationale Erdgasnachfrage derzeit theoretisch für 37 Tage decken (s. Sedlacek 2013). Die Speicher gleichen die Über- und Unterangebote aus und gewährleisten so eine zuverlässige Versorgung.

Die Untertagespeicher dienen in dieser Studie zur Abschätzung der Kapazitäten für die Speicherung von Windgas: Zunächst wurde die vorhandene Speicherkapazität im deutschen Erdgasnetz erfasst. Davon ausgehend wurde die potenzielle Aufnahmefähigkeit dieser Speicher für Windgas analysiert und daraus eine maximale elektrische Einspeicherleistung ermittelt.

Bereits heute verfügbare (Windgas-) Speicherkapazität im deutschen Erdgasnetz

Seit der Inbetriebnahme der ersten Großspeicher im deutschen Erdgasnetz im Jahr 1955 hat das Arbeitsgasvolumen dieser Untertagespeicher stetig zugenommen. Derzeit liegt dessen Maximum in deutschen Gasspeichern bei 23,8 Mrd. m³(Vn). Etwa 55 Prozent (13,2 Mrd. m³(Vn)) davon entfallen auf Kavernenspeicher, die übrigen 45 Prozent (10,6 Mrd. m³(Vn)) auf Porenspeicher (s. Sedlacek 2013).

Poren- und Aquiferspeicher sind in der Regel ehemalige Erdöl- oder Erdgaslagerstätten. Die räumliche Verteilung der Speicher erweist sich dabei als günstig: Während sich in Süddeutschland nur wenige Gasspeicher befinden, meist in der Ausführung als trägere, für den saisonalen Grundlast-Ausgleich geeignete Porenspeicher, kommen im Norden und Westen der Republik aufgrund der geologischen Gegebenheiten vorwiegend Kavernenspeicher zum Einsatz, die auch auf tageszeitliche Spitzenlastschwankungen flexibel reagieren können. Die Nähe der Kavernenspeicher zu guten Windenergiestandorten in Nord-, West- und Ostdeutschland ist insofern ideal, als dass hier Überschüsse in räumlicher Nähe zu den On- und Offshore-Windparks abgefangen werden können.

Langfristig verfügbare Windgas-Speicherkapazität in deutschen Erdgasspeichern

Ausgehend von einem mittel- bis langfristig in Deutschland vorhandenen Erdgasspeichervolumen² von 30,6 Milliarden Kubikmetern Normvolumen Wasserstoff (m³(Vn)) resultiert aus der volumetrischen Einspeisebeschränkung für Wasserstoff im Erdgasnetz (max. 2 Vol.-%) und ausschließlicher Wasserstoff-Einspeisung ein Speicherpotenzial für H₂-Windgas von ca. 612 Millionen m³(Vn) (s. Tabelle 2). Bei einer Anhebung der volumetrischen Einspeisegrenzen auf 10 Vol.-% Wasserstoff stünden in deutschen Gasspeichern 3,06 Mrd. m³(Vn) zur Verfügung.

² Dies bezieht sich auf die Speichereinrichtungen (Poren- und Kavernenspeicher). Das Puffervermögen und ggf. Restriktionen wegen mangelnder Übertragungskapazität im Erdgasnetz werden an dieser Stelle nicht betrachtet.

Windgas-Speicherkapazitäten in Deutschland

Speicher	Speicherbares Volumen langfristig	darin Speicherkapazität Wasserstoff in TWh	Speicherkapazität Methan in TWh
Porenspeicher/Aquifere	10,8 Mrd. m ³ (Vn)	—	119
Kavernenspeicher	19,8 Mrd. m ³ (Vn)	70,3	218
Summe	30,6 Mrd. m ³ (Vn)		337
Gasspeicher gesamt 2 Vol.-%-Wasserstoff	612 Mio. m ³ (Vn)	2,17	
Gasspeicher gesamt 10 Vol.-%-Wasserstoff	3,06 Mrd. m ³ (Vn)	10,9	

Tabelle 2:

In Deutschland langfristig verfügbare Windgas-Speicherkapazität in Poren- und Kavernenspeichern. Berechnung anhand der oberen Brennwerte von Wasserstoff (3,55 kWh/m³(Vn)) und Methan (11,0 kWh/m³(Vn)). Quelle: (Sedlacek 2013).

Zu unterscheiden sind hierbei Windgas-Wasserstoff (H₂-Windgas) und Windgas-Methan (CH₄-Windgas): Während Kavernenspeicher theoretisch für beide erneuerbaren Gase geeignet sind, können die großen Porenspeicher nach derzeitigem Kenntnisstand nur Windgas-Methan aufnehmen. Somit könnten heute bereits 2,2 TWh (2 % Grenze) bzw. 11 TWh (10 % Grenze) Windgas-Wasserstoff oder 337 TWh Windgas-Methan gespeichert werden, was bei einer Rückverstromung über hocheffiziente Gas- und Dampfkraftwerke mit einem Wirkungsgrad von 60 Prozent einer gespeicherten Strommenge von 1,3-6,6 TWh (Windgas-Wasserstoff) bzw. 202 TWh (Windgas-Methan) entspricht. Damit könnte eine rein erneuerbare Stromversorgung über Windgas in Gaskraftwerken mit der errechneten Backup-Leistung von 66 GW bis zu über drei Monaten abgesichert werden. Die heute vorhandenen Pumpspeicherwerke können hingegen nur ein Zehntel dieser Leistung für durchschnittlich sechs Stunden erbringen. Die Gasspeicher verfügen damit über die 33- bis 5.000-fache Speicherkapazität aller Pumpspeicher. Dies verdeutlicht die bereits heute verfügbare immense Speicherkapazität von Windgas.

Als langfristig technisch-ökologisches Ausbaupotenzial für Windgas-Kavernenspeicher in Deutschland geben Sterner und Stadler (2014) für das Jahr 2050 42 Mrd. m³ für die Nutzung von Wasserstoff (in Salzkavernen) an und 53 Mrd. m³ für die Nutzung von Methan (Salzkavernen und Porenspeicher). Das entspricht einer speicherbaren chemischen Energiemenge von 126 TWh in Form von Wasserstoff und 530 TWh in Form von Methan. Diese Speicherkapazitäten wären heute mit entsprechenden Auspeichereinheiten wie Gaskraftwerken und Blockheizkraftwerken (BHKW) theoretisch in der Lage, die deutsche Stromversorgung über drei Monate stabil aufrecht zu erhalten.

Die für eine Methanisierung notwendigen CO₂-Quellen sind vorhanden und aufgrund des geschlossenen CO₂-Kreislaufs für die Klimabilanz nicht relevant. Vielmehr ist der Bezug von erneuerbarem Strom entscheidend, so, wie dies auch für alle anderen Flexibilitäts- und Speicheroptionen der Fall ist – ob Elektromobilität, Batteriespeicher oder Wärmepumpen.

4 – Weitere Einsatzmöglichkeiten für Windgas

Um die CO₂-Ziele der Bundesregierung zu erreichen und zudem eine erneuerbare Vollversorgung für alle Wirtschaftsbereiche umzusetzen, müssen auch in den Sektoren Wärme, Verkehr und Industrie fossile Rohstoffe mittel- bis langfristig durch erneuerbare Rohstoffe ersetzt werden.

In der Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“ (Benndorf et al. 2014) wird angenommen, dass allein im Verkehrssektor im Jahr 2050 Stromkraftstoffe mit einem Energiegehalt von 360 TWh/a mit Hilfe von Windgas erzeugt werden, um damit Diesel, Benzin sowie Kerosin zu ersetzen. Dieser Pfad wird auch als Power-to-Gas, Power-to-Liquid oder Power-to-Fuel bezeichnet.

Darüber hinaus verbraucht die chemische Industrie große Mengen fossiler Rohstoffe, die in einem treibhausgasneutralen Szenario vollständig zu ersetzen sind. Benndorf geht für das Jahr 2050 allein in diesem Sektor von einem Rohstoffeinsatz mit dem Energieäquivalent von etwa 293 TWh aus – die nahezu ausschließlich von der Windgas-Technologie geliefert werden. Mit diesen Werten als Gradmesser ergibt sich je nach implementierter Technologie (Wasserstoff oder Methan) eine benötigte Windgas-Anlagenleistung im Bereich von 56-61 GW für den Chemiesektor und von 71-78 GW im deutschen Verkehrsbereich.

Im Maximalfall muss für das Ziel einer Vollversorgung aller Sektoren der deutschen Volkswirtschaft mit erneuerbaren Energien bei gleichzeitig nahezu vollständiger Dekarbonisierung der Industrie eine Kapazität an Windgas-Anlagen von mehr als 268 GW Einspeicherleistung aufgebaut werden. Zur Deckung dieser Bedarfe außerhalb des Stromsektors (643 TWh) wären 643 GW zusätzliche PV-Leistung (1000 Volllaststunden) oder 214 GW zusätzliche Windleistung (3000 Volllaststunden, Mittel aus On- und Offshore Windkraft) zu installieren (s. Tabelle 1, S. 5). Das technische Potenzial ist für beide Fälle in Deutschland vorhanden.

Diese große Leistung ist langfristig notwendig, weil nur so der große Energiebedarf in Chemie und Verkehr zu decken ist, der auch nach dem direkten Einsatz von Strom (z.B. für die Elektromobilität) und Biomasse (als Kraft- und Rohstoff) noch verbleibt. Daraus ergibt sich ein möglicher oberer Ausbaupfad für Windgas in Abbildung 3. Im Stromsektor selbst ist davon auszugehen, dass neben Windgas auch andere Flexibilitäts- und Speicheroptionen genutzt werden und der Bedarf dort deshalb voraussichtlich deutlich niedriger ausfallen wird.

Maximaler Windgas-Zubau in den Bereichen Strom, Mobilität und Chemie

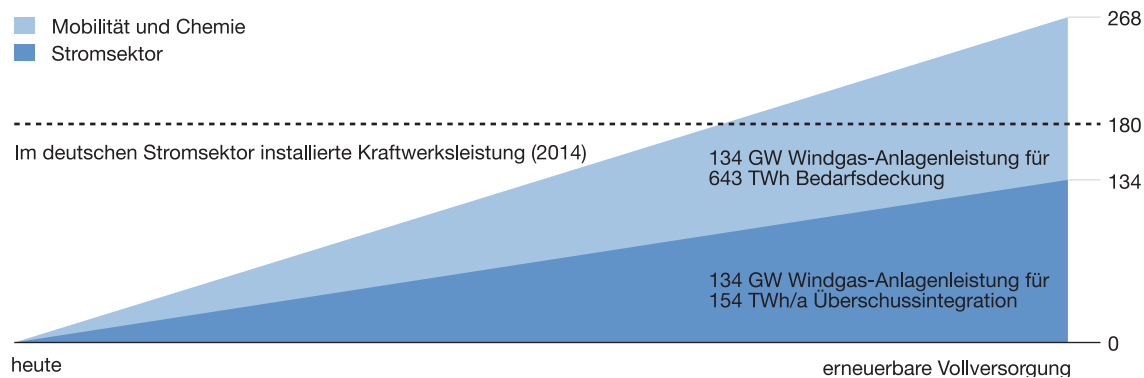


Abbildung 3:

Ausbaupfad für Windgas-Einspeicherleistung mit langfristiger Perspektive zu erneuerbarer Vollversorgung (ca. 2050). Anlagen im Stromsektor werden aufgrund des fluktuierenden Dargebots mit geringerer Auslastung betrieben, weshalb sich zur Aufnahme der Überschüsse ein Bedarf von 134 GW ergibt. Zur Dekarbonisierung des Verkehrs- und Chemiesektors mit Windgas sind neben Elektromobilität und Biomasse Windgas-Anlagen mit weiteren 134 GW Leistung zu installieren. Die Aufnahme von Stromüberschüssen wird dort nicht mehr ausreichen, weshalb eigens regenerative Stromerzeugungsanlagen zu errichten sind, die mit höherer Auslastung zur Produktion von Windgas betrieben werden.

Die Dekarbonisierung außerhalb des klassischen Stromsektors ist ohne Windgas als Ausgangsstoff und chemischen Energieträger kaum denkbar: sowohl Wasserstoff als auch Methan und daraus zu erzeugende Produkte wie Diesel, Kerosin oder Ethen sind Grundprodukte der Mineralöl- und Chemieindustrie und können dort den Einsatz von Erdöl und Erdgas substituieren.

Mit Strom als hochwertiger Primärenergie werden die heute noch getrennt betrachteten Versorgungsstrukturen für Strom, Wärme, Mobilität und Chemie zunehmend zu einem einzigen Energiesektor verschmelzen. Windgas als verbindendes Element wird dabei eine Schlüsselrolle einnehmen, indem es die Wandlung von Strom als Ausgangsprodukt in die jeweils benötigte Energieform ermöglicht.

Der Beginn des Ausbaus von Windgas-Anlagen bzw. Elektrolyseuren und Methan-Synthesen ist bereits jetzt notwendig, um die oben genannten Energie- und Leistungskapazitäten dann tatsächlich in relevantem Umfang bereitstellen zu können, wenn sie benötigt werden.

5 – Die Kostenentwicklung von Windgas

Auf Basis des Ziels einer zu 100 Prozent regenerativen Stromversorgung, gilt es, die Entwicklung der Investitionskosten für Windgas-Anlagen und den für einen wirtschaftlichen Betrieb notwendigen Bereich der Strombezugskosten abzuschätzen. In die Berechnungen dazu fließen die Bandbreiten der Wirkungsgrade und Investitionskosten ein (siehe Tabelle 4.1 in der Langfassung dieser Studie).

Investitionskosten

Die Investitionskosten für Windgas-Anlagen hängen grundsätzlich von Größe und Anzahl der gebauten Anlagen ab. Für die zukünftige Kostenentwicklung in diesem Bereich sind vor allem Lerneffekte, Effizienzsteigerungen und neue, kostensenkende Entwicklungen durch Forschung und Marktaufbau ausschlaggebend. Als progressive Leitplanke für eine Windgas-Lernkurve wird an dieser Stelle die Kostendegression der Photovoltaik-Technologie im Zeitfenster von 1980 bis 2013 nach (Fraunhofer ISE 2014) zugrunde gelegt: Dort sanken die Kosten um etwa 20 Prozent pro Verdoppelung der installierten Leistung. Die untere Schranke markiert eine konservative Abschätzung mit fünf Prozent Kostendegression. Als realistisch im Falle eines funktionierenden Marktes für Windgas kann hier entsprechend eine Kostensenkung von 13 Prozent pro verdoppelter installierter Leistung angenommen werden, was ein durchschnittlicher Wert in der Entwicklung von verfahrenstechnischen Anlagen ist.

Kostenentwicklung von Windgas

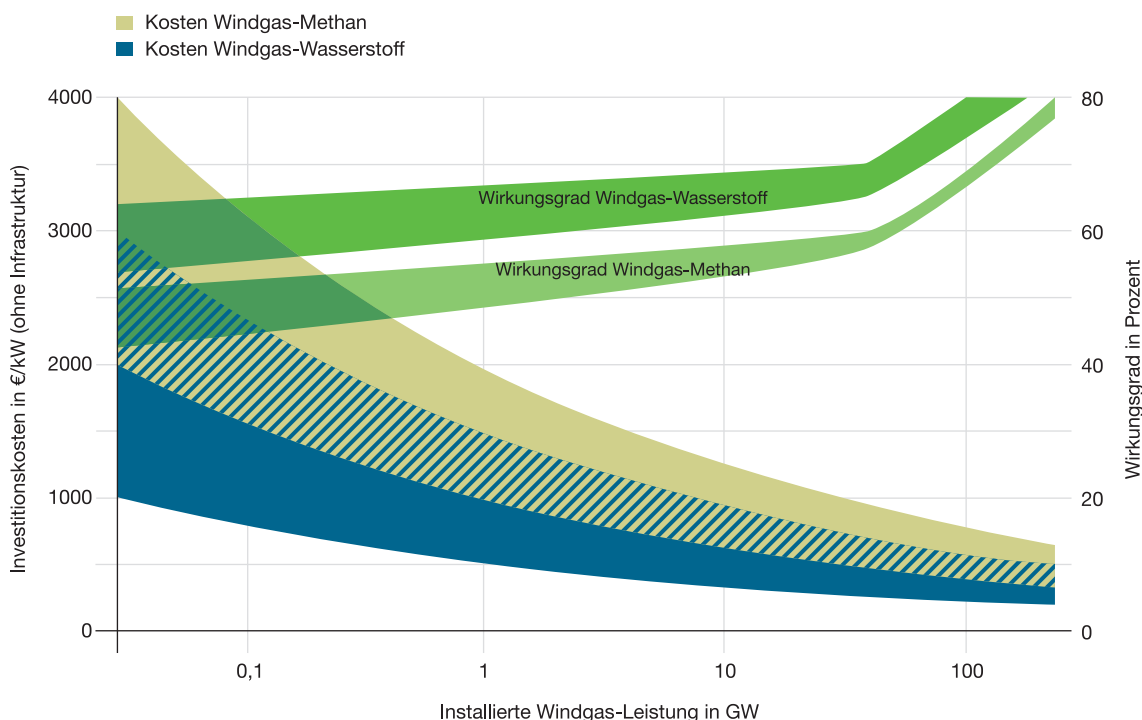


Abbildung 4:

Vergleich der Kostenentwicklung zwischen H_2 -Windgas (blau) und CH_4 -Windgas (gelb) bei einer Kostendegression von 13 % pro Verdopplung der installierten Leistung.

Strombezugskosten

Derzeit sind die Investitionskosten für Windgas-Anlagen noch so hoch, dass ein rentabler Betrieb nur in Nischen möglich ist. Wenn die Kosten für die installierte Einspeicherleistung durch Lerneffekte sinken und sich die Preise für fossile Energie und CO₂-Emissionszertifikate verteuern, wie (Agora Energiewende 2014) annimmt, zeigt sich, wie viel eine Kilowattstunde im Strombezug kosten darf, damit Windgas ohne Förderung konkurrenzfähig zu seinem fossilen Pendant ist.

Um Windgas-Anlagen bereits heute wirtschaftlich betreiben zu können, wären fiktiv konstant negative Strompreise notwendig. Das ist zumindest heute nicht gegeben. Mit zunehmendem Reifegrad der Technologie und damit fallenden Investitionskosten können die für Windgas-Anlagen bezahlbaren Strompreise bei steigender Anlagenauslastung auf etwa 5 €-ct/kWh steigen; bei ebenfalls steigenden CO₂-Zertifikatspreisen sogar auf bis zu 7 €-ct/kWh.

(Agora ISE 2015) prognostiziert, dass große Photovoltaikanlagen bis 2025 Strom für 4 bis 6 €-ct/kWh liefern können, bis 2050 theoretisch für 2 bis 4 €-ct/kWh. Tritt bei der Windenergie eine ähnliche Kostensenkung ein, liegt ein wirtschaftlicher Betrieb von Windgas-Anlagen in Reichweite. Die Voraussetzung dafür ist aber, dass ein Markt geschaffen wird, damit die Entwicklung der Technologie zu den erforderlichen Kostenreduktionen führt. Bei den Angaben handelt es sich um die Vollkosten der Stromerzeugung mittels der jeweiligen Technologie. Der Marktwert insbesondere von dargebotsabhängigen Energien wie Wind- und Solarstrom liegt schon heute deutlich unter den genannten Werten und wird mit fortschreitendem Ausbau weiter fallen. Ob Windgas-Anlagen dennoch mit Vollkosten plus EEG-Umlage kalkuliert werden müssen, wie es heute der Fall ist, ist eine politische Entscheidung.

Aus technischer Sicht ist die Windgas-Technologie bereits heute reif für die Markteinführung. Der klassische Speicherbetrieb im Arbitragegeschäft (Einspeichern bei niedrigen Strompreisen, Ausspeichern bei hohen Strompreisen) rechnet sich vor allem aufgrund der schlechten Bedingungen an den Strombörsen für Windgas derzeit aber noch nicht. Aufgrund der hohen Abgabenlast sind allenfalls im Bereich der Regel- und Ausgleichsmärkte, in der Mobilität sowie auf dem Wärmemarkt Nischenangebote möglich.

Dies ist das Dilemma, das es energiepolitisch aufzulösen gilt: Aus volkswirtschaftlicher Sicht handelt es sich bei Windgas um eine zukünftig notwendige und sinnvolle Technologie, die sich heute aufgrund unpassender Rahmenbedingungen jedoch betriebswirtschaftlich noch nicht lohnt.

Momentan tragen Pioniere in Nischen die Kosten der Windgas-Einführung und ebnen damit den Weg für den Markteintritt von Windgas. Die Windgas-Branche bietet eine Chance, in Deutschland eine wichtige Zukunftstechnologie für den letztendlich globalen Markt zu etablieren, um die Technologieführerschaft zu bewahren und damit hierzulande Wertschöpfung zu schaffen.

6 – Die Kostenvorteile von Windgas als Stromspeicher im Stromsystem und seine Auswirkung auf die Energiewende-Kosten

Für eine Bewertung der Frage, ob Windgas einen Kostenvorteil in einem zunehmend erneuerbaren Energieversorgungssystem bringt und wenn ja, welchen, wurden zwei Varianten gerechnet⁴ mit dem Ziel, die sich jeweils unterscheidenden Systemkosten mit und ohne Windgas-Anlagen zu vergleichen. Für Variante 1 wurden die Systemkosten eines Stromsystems ohne Windgas-Anlagen ermittelt, im Vergleich dazu für Variante 2 die Kosten eines Stromsystems mit Windgas-Anlagen. In beiden Fällen wurde die Ausbaurate der erneuerbaren Energien gleich hoch angesetzt, ebenso die benötigte Anzahl an Gaskraftwerken als Stromlieferanten für Phasen mit zu geringer Einspeisung aus erneuerbaren Energien. Der Stromnetzausbau ist innerhalb Deutschlands vollständig umgesetzt und der Austausch mit den europäischen Nachbarländern im Rahmen ausgeglichener Handelsbilanzen gewahrt. Womöglich günstigere alternative Flexibilitätsoptionen wurden im Rahmen einer konservativen Abschätzung ebenso wenig betrachtet wie weitere kostensenkende Effekte von Windgas durch die in einem realen Netzbetrieb anfallenden vermiedenen Redispatchkosten (Kosten für Umplanung des Kraftwerkeinsatzes).

In der Variante 1 ohne Windgas-Anlagen werden auftretende Versorgungslücken mit Strom aus Erdgas unter Zukauf von Emissionszertifikaten gefüllt. In der Variante 2 mit Windgas-Anlagen verstromen die Gaskraftwerke hingegen gespeichertes Windgas. In der Variante ohne Windgas-Anlagen verfallen die überschüssigen Strommengen, welche in der Variante mit Windgas-Anlagen genutzt und vergütet werden können. Zusätzlich sind in der Variante 2 mit Windgas-Anlagen die Investitions- und Betriebskosten für die Windgas-Anlagen zu beachten. In beiden Varianten werden zudem für jene überschüssigen Strommengen, die nicht in Windgas-Anlagen genutzt werden können, die jeweils üblichen Vergütungen gezahlt.

Die beiden Parameter „Kosten für Überschussstrom“ und „installierte Windgas-Leistung“⁵ wurden für das obige Ergebnis im Sinne einer konservativen Abschätzung hoch angesetzt. Außerdem werden bei der Berechnung 100 Prozent der Stromüberschüsse per Windgas-Anlagen in Windgas umgewandelt. Bereits ab Vergütungen von 35 €/MWh für Überschussstrom können Gaskraftwerke Strom aus Windgas günstiger als aus Erdgas erzeugen. Da die Windgas-Anlagen jedoch mit „überschüssigem“ Strom laufen – Strom für den es ansonsten keinen Abnehmer gibt – wäre aus ökonomischer Sicht auch ein Preis von Null Euro zu rechtfertigen. Entsprechend ergibt sich eine Bandbreite.

4 Den Szenarien zugrunde liegende Parameter sind in Tabelle 3-2 in der Langfassung zusammengefasst.

5 Die Kostenfaktoren finden sich in den Tabellen 3-3, 3-4 und 3-5 in der Studien-Langfassung.

Die langfristigen Kostenvorteile des Stromsystems mit Windgas

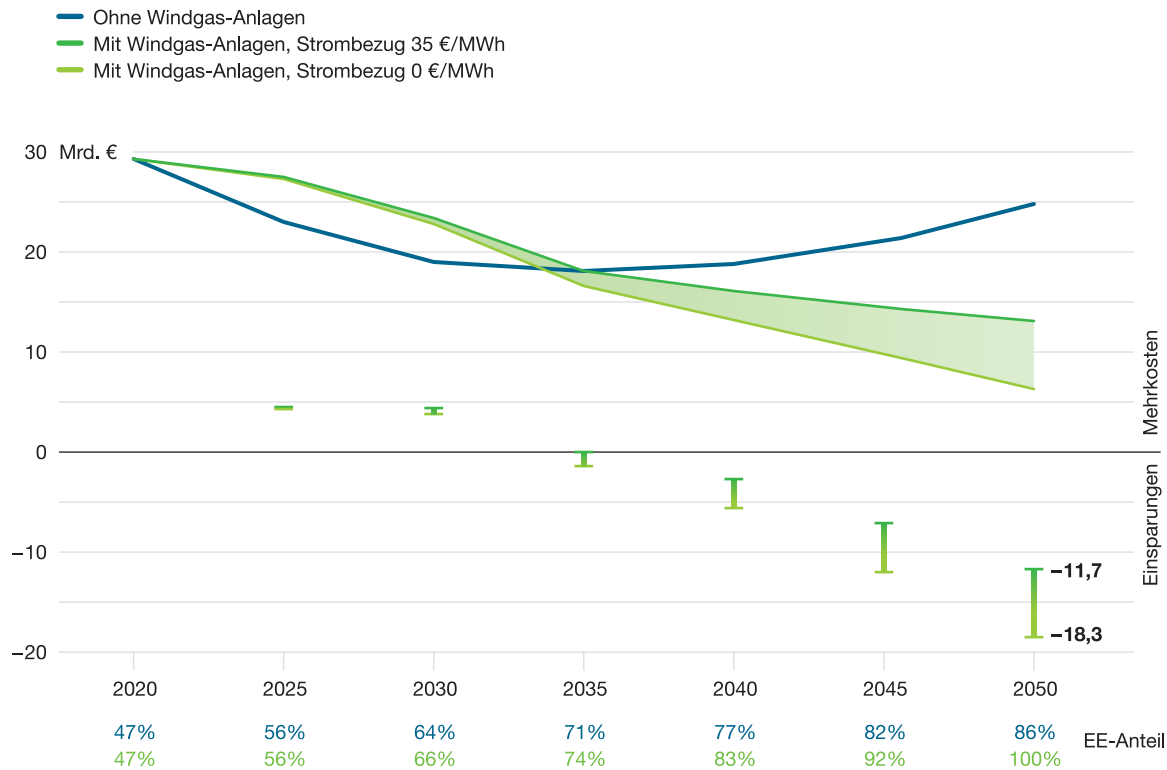


Abbildung 5:

Kosten für den Ausgleich der schwankenden Einspeisung erneuerbarer Energien – einmal durch fossiles Erdgas, andererseits durch erneuerbares Windgas. Die Bandbreite für das Stromsystem mit Windgas ergibt sich aus unterschiedlichen Kosten für Überschussstrom, die von Windgas-Anlagen bezahlt werden. Diese wurden zu 0 und 35 €/MWh angesetzt.

Die betrachteten Kosten nehmen in beiden Varianten zunächst ab, da die erneuerbaren Energien zunehmend die teurere Stromerzeugung aus Erdgas verdrängen (an dieser Stelle wurde vereinfachend nur Erdgas betrachtet, weil Kohle aufgrund der unten diskutierten CO₂-Preise unrentabel würde). Zwischen 2020 und 2035 macht der Ausbau von Windgas-Anlagen zur Stromspeicherung das Stromsystem im Vergleich zunächst teurer. Ab diesem Zeitpunkt kommen in der Variante ohne Windgas-Anlagen jedoch erhebliche Kosten für die vergüteten Abregelungen der Überschussmengen hinzu. Zudem müssen die verbleibenden Lücken durch Verstromung von Erdgas gedeckt werden, um die notwendige Versorgungssicherheit zu dem Zeitpunkt zu garantieren. In der Bilanz führt der weitere Ausbau von Windgas zwar erst einmal zu höheren Investitionen, jedoch werden diese Kosten durch das Ersetzen von Erdgas und die Nutzung der Stromüberschüsse aus Wind- und Solarenergie mehr als ausgeglichen. Überschussenergie, die andernfalls durch Abregelung verloren ginge, kann durch Windgas zum Füllen der Lücken von Wind- und Solarstrom und anderen Anwendungen genutzt werden.

Wie die Ergebnisse aus den Simulationen zeigen, wird ein Stromsystem ab einem Anteil von rund 70 Prozent erneuerbaren Energien mit Windgas als Speicher⁶ kostengünstiger als ein System, welches dann stattdessen fossiles Erdgas verfeuert. Gemäß dem Szenario „Trends to 2015“ der EU-Kommission (2013) wurde dabei ein Preis für CO₂-Emissionszertifikate von 100 €/t CO₂⁷ berücksichtigt.

Doch selbst unter den ungünstigeren Annahmen ergibt die Simulation, dass Windgas in einer konsequent zu Ende gedachten Energiewende im Stromsystem mit erneuerbarer Vollversorgung kostensenkend wirkt. In etwa vom Jahr 2035 an, so ergeben die Berechnungen, ist ein Stromsystem mit Windgas günstiger als eines ohne. Schon vom Jahr 2040 an liegt die jährliche Ersparnis zwischen zwei und sechs Milliarden Euro und steigt bis zum Jahr 2050 auf knapp zwölf bis gut 18 Milliarden Euro an.

Im Ergebnis dieser Studie ist eine Energiewende mit Windgas als Langzeitspeicher mittel- bis langfristig die volkswirtschaftlich deutlich preisgünstigere Option als ein Stromsystem ohne Windgas. Der wegen minimaler Selbstentladung konstante Gesamtwirkungsgrad der Windgas-Technologie erweist sich im Langzeitspeicherbereich als signifikanter Vorteil gegenüber Batterien oder Pumpspeichern, die im Kurzzeitspeicherbetrieb effizienter sind, deren Speicherkapazität aber für Wochen und Monate unbezahlbar wäre im Vergleich zu Windgas. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass mit der vorhandenen Gasinfrastruktur sowohl Speicher- als auch Ausspeichereinheiten für Windgas bereits vorhanden sind und diese Investition aus dem fossilen Zeitalter nicht erneut getätigt werden muss.

Die Studie des Fraunhofer IWES Kassel „Geschäftsmodell Energiewende – Eine Antwort auf das ‚Die-Kosten-der-Energiewende‘-Argument“ (Gerhardt et al. 2014) schreibt die Energiewende bis 2050 fort und betrachtet alle Energiesektoren einschließlich Strom, Wärme und Verkehr. Darin werden die Investitionen für grüne Technologien und Infrastruktur wie Netze und Speicher den eingesparten Brennstoffkosten für fossile und nukleare Energieträger gegengerechnet. Diese Importkosten betragen in der EU etwa 400 Milliarden Euro jährlich, wovon 100 Milliarden Euro allein auf Deutschland entfallen. Selbst unter strikt konservativen Annahmen, zum Beispiel gleich bleibenden Kosten für Brennstoffe und CO₂-Abgaben, erzielen Investitionen in die Windgas-Technologie eine inflationsbereinigte Rendite von 2,3 Prozent, die unter der realistischen Annahme von in Zukunft steigenden Brennstoff- und CO₂-Kosten auf 4 bis 6,7 Prozent steigt.

Die eingesparten Kosten fossiler und nuklearer Brennstoffe sowie die sinkenden Kosten für Wind- und Solarstrom öffnen also ein Zeitfenster zur Gegenfinanzierung der zu Beginn noch kostenintensiven, aber volkswirtschaftlich sinnvollen Speichertechnologie Windgas.

6 Ohne Berücksichtigung anderer Flexibilitätäten bei vollem innerdeutschen Netzausbau und mit grenzübergreifendem Stromhandel bei ausgeglichener Import-/Exportbilanz

7 Laut der Annahmen im Greenpeace-Trend-Szenario, siehe Tabelle 3-3 in der Langfassung

Fazit und Maßnahmen

Die Klimaziele der Bundesregierung erfordern bis zum Jahr 2050 einen konsequenten Ausbau der erneuerbaren Energien. Allerdings sind die von der Bundesregierung angestrebten 80 Prozent Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung nicht ausreichend. Für einen konsequenten Klimaschutz sind 100 Prozent erneuerbare Energien im Strom- und darüber hinaus im gesamten Energiesektor unumgänglich. Dazu müssen vor allem die im Vergleich zu anderen Optionen günstigen Potenziale von Wind- und Solarenergie genutzt werden. Wind und Sonne bieten ihre Energie wetterbedingt jedoch „fluktuierend“ dar: Bei starkem Wind und in Phasen intensiver Sonneneinstrahlung wird im Zuge der Energiewende immer mehr überschüssiger Strom produziert werden, der zum Zeitpunkt der Produktion nicht verbraucht werden kann.

Damit bei einem wachsenden Anteil von Wind- und Solarkraftwerken die Versorgungssicherheit auch während längerer Flauteperioden oder zu Zeiten mit wenig Sonneneinstrahlung gewährleistet werden kann, müssen die stetig wachsenden Mengen von überschüssigem Strom kostengünstig eingespeichert werden und über längere Zeiträume zur Verfügung gestellt werden können.

Dabei erweist sich die Windgas-Technologie als preisgünstigste Option, die große Mengen von per Elektrolyse und Synthesen erzeugtem Wasserstoff oder Methan produzieren und ins vorhandene Gasnetz sowie in großen Kavernen- und Porenspeichern einspeisen kann (siehe Tabelle 3). Windgas ist samt den weiterführenden Prozessschritten (Power-to-X) zudem mit die einzige Möglichkeit, auch in den Sektoren Verkehr, Wärme und (Chemie-)Industrie aus erneuerbaren Quellen in großem Maßstab fossile Kraft-, Brenn- und Rohstoffe mit hoher Energiedichte zu ersetzen. Windgas ist die ideale Ergänzung zu Elektromobilität, Wärmepumpen und begrenzt verfügbarer nachhaltiger Biomasse.

Zu Beginn der Markteinführung von Windgas bei vergleichsweise geringen Windgasanteilen im Gasnetz wird sich im Stromsektor der zu diesem Zeitpunkt noch hohe Preis des Windgases nicht auf die Merit-Order (kostenbedingte Einsatzreihenfolge) der flexiblen Gaskraftwerke auswirken. Erst zu späteren Zeitpunkten wird Windgas in relevanten Mengen Gaskraftwerke versorgen, im Zuge der Dekarbonisierung wird das verbleibende Erdgas dann allerdings bereits zwingend ersetzt werden müssen. Zugleich wird Windgas dann zu niedrigeren Preisen verfügbar sein.

Aus diesen Gründen wäre es heute falsch, die Markteinführung von Windgas aus Kostengründen in die Zukunft zu verschieben. Vielmehr müssen schon bald die nötigen Investitionen in Windgas angeschoben und entsprechende Elektrolysekapazitäten aufgebaut werden, damit die in Zukunft erforderlichen Windgasmengen dann auch zur Verfügung stehen, wenn sie gebraucht werden.

Wie die Resultate relevanter Forschungsarbeiten sowie eigene Berechnungen für diese Studien zeigen, ist Windgas spätestens ab dem Jahr 2035 nicht nur notwendig für eine stabile Stromversorgung mit sehr hohem erneuerbaren Anteil, sondern auch für die Dekarbonisierung des Verkehrs- und Chemiesektors, die bisher kaum Alternativen erschließen konnten. Zudem wird das gesamte Energiesystem mit Windgas kostengünstiger und spart ab diesem Zeitpunkt mehrere Milliarden Euro jährlich im Vergleich zu einem Stromsystem ohne Windgas (siehe Abbildung 5).

Mit Windgas wird die Energiewende günstiger

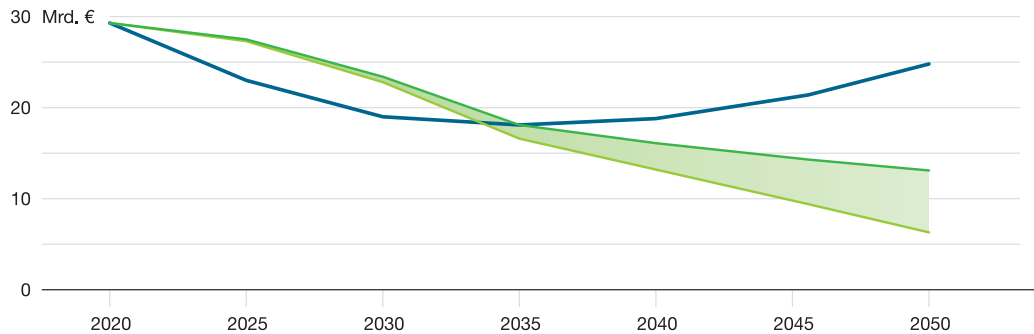


Abbildung 6:

Kosten für den Ausgleich der schwankenden Einspeisung erneuerbarer Energien – einmal durch fossiles Erdgas, andererseits durch erneuerbares Windgas. Die Bandbreite für das Stromsystem mit Windgas ergibt sich aus unterschiedlichen Kosten für Überschussstrom, die von Windgas-Anlagen bezahlt werden. Diese wurden zu 0 und 35 €/MWh) angesetzt.

Das deutlich günstigere Stromsystem mit Windgas ermöglicht zudem im Jahr 2050 einen Anteil von 100 Prozent erneuerbaren Energien, während ohne Windgas maximal 86 Prozent erreichbar sind.

Ein konsequenter Einstieg in die Windgas-Technologie ist also eindeutig geboten:

1. Windgas ermöglicht einen höheren Anteil von erneuerbaren Energien im Stromsystem.
2. Windgas ist die einzige Speichertechnologie, die einen räumlichen und zeitlichen Ausgleich des Strombedarfs und damit Versorgungssicherheit ermöglicht – und dies über längere Zeiträume.
3. Der Einsatz von Windgas führt zu deutlich geringeren Kosten des Stromsystems insgesamt.
4. Windgas ermöglicht eine umfassende Dekarbonisierung des Verkehrs- und Chemiesektors.

Um der Windgas-Technologie faire Marktbedingungen zu verschaffen, sollten durch verbesserte Rahmenbedingungen bestehende Hemmnisse für Windgas-Projekte zu beseitigen werden:

1. Geringere Strombezugskosten:

Windgas-Anlagen laufen idealtypisch mit überschüssigem Wind- (oder Solar-)Strom. Der Marktwert dafür ist in Überschusszeiten nahe null Euro oder sogar negativ. Dennoch müssen Windgas-Anlagen heute für Windstrom bis zu 16 ct/kWh (inkl. EEG-Umlage) zahlen. Die Rahmenbedingungen sollten so geändert werden, dass sie für Windstrom nur den jeweiligen Marktwert zahlen müssen.

2. Besserer Zugang zu Regelenenergie- und Reservemärkten:

Windgas-Anlagen können positive wie negative Regelenenergie bereitstellen. Hindernisse sind zu hohe Mindestkapazitätsanforderungen und – vor allem für das Angebot positiver Regelleistung – zu lange Fristen. Ein technologieutraler Wettbewerb zwischen Kraftwerken, erneuerbaren Anlagen, Lastmanagement und Speichern wäre im Sinne der marktwirtschaftlichen Grundordnung.

3. Erleichtertes Windgas-Angebot im Wärme- und Mobilitätsbereich:

Windgas in Wärmeversorgung sollte im EEWärmeG als „erneuerbar“ anerkannt werden. Windgas im Mobilitätssektor sollte analog zu Elektromobilität behandelt werden.

4. Investitionssicherheit für Windgas-Anlagen:

Bei Änderungen der Durchflussmengen im Gasnetz darf Windgas-Anlagen die genehmigte Mindesteinspeisemenge für Wasserstoff aufgrund von Netzrestriktionen jederzeit gekürzt oder gestrichen werden. Das stellt eine erhebliche Investitionsunsicherheit dar. Soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist, sollte der Gasnetzbetreiber Maßnahmen ergreifen müssen, die Mindesteinspeisemenge für Wasserstoff zu ermöglichen.

5. Erleichterte Projekt-Entwicklung und Genehmigung für Windgas-Projekte:

Der Gasnetzbetreiber sollte zu echter Hilfestellung bei der Identifizierung geeigneter Standorte verpflichtet sein. Genehmigungsverfahren für Windgas-Anlagen sind zu vereinfachen und zu verkürzen.

6. Strategische Weiterentwicklung des Gasnetzes:

Das Gasnetz kann perspektivisch für höhere Wasserstoff-Beimischungen ertüchtigt werden. Dafür sollte bei Ersatzinvestitionen vorgeschrieben sein, die jeweils wasserstofffreundlichste Lösung zu installieren (soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar).

7. Bedeutung von Windgas politisch anerkennen:

Windgas muss in den Energieszenarien der Bundesregierung und im künftigen Strommarktgesetz angemessen berücksichtigt werden.

Definitionen

Überschüssiger Strom

Überschüssiger Strom ist Strom aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen, der im Stromnetz, respektive am Strommarkt, etwa aufgrund fehlender Flexibilitätsoptionen oder technischer bzw. marktbedingter Restriktionen nicht abgenommen werden kann. Er darf nicht aus fossiler Erzeugung durch ständig laufende Grundlastkraftwerke stammen (Must-run-Kapazitäten) und sollte daher einen Wert an der Strombörse unterhalb den Grenzkosten der günstigsten fossilen Kraftwerke (heute Braunkohle, langfristig Erdgas) haben. Im Rahmen der Direktvermarktung erneuerbarer Energie kann auch beim Ausgleich des Prognosefehlers für erneuerbare Erzeugungsanlagen überschüssiger Strom anfallen. Dann ist über die real vermarktete Strommenge hinausgehend erzeugter Strom „überschüssig“.

Windgas

Da die zu erwartenden Überschüsse aus der regenerativen Stromerzeugung auf den entsprechend hohen Spannungsebenen voraussichtlich primär von Seiten der Windkraft erzeugt werden, wurde für das Konzept wie für den Energieträger selbst der Begriff „Windgas“ geprägt. Es kann aber auch elektrische Energie aus anderer regenerativer Erzeugung genutzt werden, etwa aus Photovoltaikanlagen. Das Energiespeichersystem Windgas umfasst eine Einspeichereinheit (Elektrolyseur), eine Speichereinheit (Gasspeicher, Gasnetz) und eine Ausspeichereinheit (unterschiedlich je nach Nutzung des erzeugten Gases, z. B. eine KWK-Anlage) und kann in zwei verschiedene Grundkonzepte gegliedert werden: die Erzeugung, Speicherung und weitergehende Verwertung von erstens Wasserstoff oder zweitens Methan. Windgas kann in großen Mengen in bestehenden unterirdischen Kavernen und Porenspeichern eingelagert werden und kann so dem Zweck dienen, das fluktuierende Dargebot der erneuerbaren Energien zu glätten, an den Verbrauch anzupassen und so die Versorgungssicherheit und -qualität zu gewährleisten. Daneben kann auch der Einsatz von Windgas-Anlagen für die Bereitstellung positiver wie negativer Regenergie sinnvoll sein, da dadurch fossile Must-Run-Kapazitäten ersetzt werden.

Flexibilitätsoptionen

Flexibilitätsoptionen ermöglichen es, die Dargebotsschwankungen fluktuierender erneuerbarer Energien auszugleichen.

Beispiele: Lastmanagement bestehender und neuer Verbraucher, steuerbare EE-Kraftwerke oder Speicher.

Flexibilitätssteigernde Maßnahmen schaffen die technischen oder systemischen Voraussetzungen, um bei Bedarf Flexibilitätsoptionen nutzen zu können. Beispiele: Netzoptimierung, Ertüchtigung bestehender Kraftwerke oder Verbesserung von Lastprognosen.

Impressum

Herausgeber:

Greenpeace Energy eG
Hongkongstraße 10
20457 Hamburg

Tel. 040 / 808 110 – 600

Fax 040 / 808 110 – 666

E-Mail: info@greenpeace-energy.de

Internet: www.greenpeace-energy.de

Redaktion: Michael Friedrich (verantwortlich)

Foto (Seite 2): Enver Hirsch / Greenpeace Energy eG

Studienerstellung:

- Forschungsstelle für Energienetze und Energiespeicher (FENES)
an der OTH Regensburg
- Energy Brainpool

Autoren:

Prof. Dr. Michael Sterner, Martin Thema, Fabian Eckert
(alle FENES / Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg,
Postfach 120327, 93053 Regensburg)

Thorsten Lenck, Philipp Götz
(alle Energy Brainpool GmbH & Co. KG,
Brandenburgische Straße 86/87, 10713 Berlin)

Layout und Grafiken: Carsten Raffel

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Druck und Verarbeitung: Zollenspieker Kollektiv GmbH, Hamburg

Stand: August 2015