

# Energiespeicher Windgas

## Eine Untersuchung der Unsicherheit als Herausforderung für die Unternehmensstrategie am Beispiel der Chemieindustrie und der Energiewirtschaft.

Dorothea Schostok\*<sup>1</sup>, Prof. Dr.-Ing. Manfred Fishedick

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Döppersberg 19 - 42103 Wuppertal, 0202 – 2492 – 227, [dorothea.schostok@wupperinst.org](mailto:dorothea.schostok@wupperinst.org), [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

**Kurzfassung:** Dieser Beitrag untersucht auf aggregierter Ebene mit welchen Unsicherheiten das Technologiekonzept „Windgas“, als möglicher Bestandteil unseres zukünftigen Energiesystems, konfrontiert wird. Ausgehend vom Status-quo werden zunächst ökonomische, technische und regulatorische Unsicherheitsdimensionen sowie Entwicklungspotenziale, insbesondere für die Energiewirtschaft und die Chemieindustrie dargestellt, die im Zuge der Umsetzung der Energiewende auftreten. Erste Ergebnisse aus einer Literaturanalyse und der Untersuchung von Energieszenarien, zusammen mit Erkenntnissen aus qualitativen Experteninterviews bilden den Hintergrund für spezifische, auf „Windgas“ bezogene Ansätze und Konzepte zur Unsicherheitsreduktion, durch die eine Verbesserung der strategischen Planung angestrebt wird.

**Keywords:** Windgas, Power-to-Gas, Unsicherheit, Energiewende

### 1 Einleitung

Die nachhaltige Wirtschaftsform (*green economy*), als ein dekarbonisiertes, ressourceneffizientes und sozial einvernehmliches neues Wirtschaftsmodell, ist das globale Ziel der Vereinten Nationen (UNEP 2011). Auch die Europäische Union und die Bundesrepublik Deutschland setzten auf eine nachhaltige Gesamtstrategie. Dies schließt eine langfristige Orientierung zur Entstehung eines dynamischen und flexiblen Energiemix ein, der sich insbesondere technologieoffen und marktorientiert auf allen Nutzungspfaden wie Strom, Wärme und Verkehr entfalten kann (BMW / BMU 2010: 1f.). Um die von der Bundesregierung angestrebten ambitionierten Klimaschutzziele in Deutschland zu erreichen, besteht u.a. die Notwendigkeit, die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien signifikant zu erhöhen und den Stromverbrauch sowie die Treibhausgasemissionen zu senken. (BMW 2012: 16)<sup>2</sup> Die Energiewende – so die feste Überzeugung vieler Akteure - kann nicht nur zur Erreichung der ambitionierten Klimaschutzziele und zu einer Risikominimierung (u.a. durch den Ausstieg aus der Kernenergie) beitragen, sondern auch die Innovationsdynamik

---

<sup>1</sup> Hinweis: Nachwuchsautor mit (\*) kennzeichnet

<sup>2</sup> Treibhausgasemissionen um 40% bis 2020, um 80% bis 2050 jeweils gegenüber dem Jahr 1990; Primärenergieverbrauch um 20% bis 2020 und um 50% bis 2050 jeweils gegenüber dem Jahr 2008; Brutto-Stromverbrauch um 10% bis 2020 und um 25% bis 2050 zu senken.

erhöhen. Darüber hinaus ist die Energiewende selbst ein „systemischer Innovationsprozess“ (Göbbling-Reisemann et. al. 2013: 368). Für sie fehlt bisher das Erfahrungswissen und Blaupausen für den Umsetzungsprozess stehen nicht zur Verfügung.

## 1.1 Fragestellung

Um die notwendigen Maßnahmen der Energiewende umzusetzen und damit nicht zuletzt die Klimaschutzziele zu erreichen, erwartet die Bundesregierung einen Investitionsanstieg von 20 Mrd. € pro Jahr, welcher eine positive Auswirkung auf Wachstum und Beschäftigung haben (soll). (BMW / BMU 2010: 5) Das Fraunhofer IWES (2014:27) stellt dar, dass „[...] die Energiewende nicht nur bezahlbar ist, sondern, dass sie vielmehr eine große globale Geschäftschance [...]“ ist. Das vom Fraunhofer IWES (2014:16) analysierte „Geschäftsmodell Energiewende“ sieht in der Energiewende sogar insgesamt ein Investitionsvolumen von 1.500 Mrd. € ohne Einbeziehung der Kapitalkosten<sup>3</sup>. Den mit der Energiewende einhergehenden Potenzialen stehen jedoch ebenso vielfältige Herausforderungen und Unsicherheiten in der Umsetzung gegenüber, die einen erheblichen Einfluss auf die strategische Planung und damit auf Geschäftsmodelle von Unternehmen haben.

Die Energiewirtschaft kann auf Grund ihrer starken Einbindung in das gesamte Wirtschaftssystem die o.g. Minderungs- und Ausbaupotenziale allerdings nicht im Alleingang verwirklichen. Auf dem Weg zu einer *green economy* ist es notwendig auch außerhalb der energetischen Wertschöpfungskette die Minderungs- und Ausbauziele zu verwirklichen bzw. mindestens zu unterstützen. Die durch die Energiewende veränderten Rahmenbedingungen, die Verantwortungen im Umsetzungsprozess und die Unsicherheiten wirken sich letztlich auch auf andere Branchen aus. Eine differenzierte Betrachtung von einzelnen Schlüsselbranchen ist demnach unabdingbar, um die branchenübergreifenden Chancen und Potenziale, aber auch den Umgang mit Unsicherheiten und vielschichtigen Herausforderungen zu untersuchen. Insbesondere die chemische Industrie (WZ-Code 20) ist als eine der energieintensivsten Industrien stark von der Energiewende betroffen. Durch ihr vielfältiges Produktportfolio trägt sie jedoch zur positiven Umsetzung der Energiewende bei. (Brüning 2011) Als eine besonders interessante Fallstudie an der Schnittstelle zwischen Energiewirtschaft und chemische Industrie, kann die Erzeugung und Nutzung von Windgas gelten. Die hier durchgeführte Fallstudienuntersuchung trägt dazu bei, geschäftsfeldspezifisch Unternehmensstrategien der Energie- und Chemiewirtschaft im Rahmen der Energiewende am realen Beispiel Windgas als innovatives Technologiefeld künftiger Energiespeicherung zu analysieren und den gemeinschaftlichen Handlungsbedarf beider Branchen aufzuzeigen. Denn erst wenn Unsicherheiten erkannt werden, können sie in ein kalkulatorisches Risiko transformiert werden und dadurch als Chance genutzt werden (Canter 2013: 299).

## 1.2 Methodische Vorgehensweise

Auf Grund dessen, dass die Energiewende selbst ein systemischer Innovationsprozess ist, existieren noch kaum bis keine Erfahrungsberichte und Zeitreihen, die ausführliche

---

<sup>3</sup> Kapitalkosten werden in diesem Fall als Zinsen, z.B. für Fremdkapital verstanden (Fraunhofer IWES 2014: 22f.).

quantitative (Post-) Analysen zulassen. Deshalb wird in der Fallstudie Windgas zunächst auf aggregierter Ebene untersucht, welche Unsicherheiten für die Energiewirtschaft und die Chemieindustrie entlang der Wertschöpfungskette im Zuge der Umsetzung der Energiewende auftreten und wie diese durch Verbesserung strategischer Planung und innovativer Geschäftsmodelle bewältigt werden können. Die methodische Herangehensweise zur Identifikation der Unsicherheiten fundiert auf der Analyse von (Energie-) Szenarien und der systematischen Untersuchung der ihnen zugrundeliegenden Annahmen, wobei versucht wird eine Bandbreite möglicher Zukunftsentwicklungen abzudecken. Zur Analyse der strategischen Unternehmensentscheidungsstruktur, speziell im Hinblick auf die Wahl zukünftiger Geschäftsmodelle, ist zudem eine qualitativ empirische Analyse der Multiplikatoren- und Unternehmenslandschaft notwendig. Mit Hilfe von Experteninterviews explorativer Art, werden die bisherigen Erkenntnisse aus Literatur- und Branchenstrukturanalyse weiter entwickelt und neue Geschäftsmodelle für die Fallstudie Windgas abgebildet. Die Offenheit und Flexibilität qualitativer Interviews ermöglicht dabei unbekannte Sachverhalte aufzudecken und einen tieferen Informationsgehalt zu ermitteln.

Die erste Phase der Experteninterviews basiert hauptsächlich auf Institutionen der Wissenschaft, deren Hintergrundwissen aus einer übergeordneten Perspektive Aufschluss über aktuelle Geschäftsmodelle gibt und Veränderungen im Innovationsprozess Windgas mit Unsicherheiten und Potenzialen verknüpft. In der zweiten Phase der Experteninterviews sind die Erkenntnisse der institutionellen Experteninterviews um die unternehmensspezifische Perspektive zu erweitern, mit dem Ziel Instrumente zur Unsicherheitsreduktion bei der strategischen Unternehmensplanung entlang des Technologieentwicklungspfades weiter zu entwickeln. Um einen möglichst großen Einblick in die Ergebnisse der Experteninterviews zu geben, sind die Erkenntnisse aus Literaturanalyse und explorativen Interviews für diese Analyse verdichtet worden. Sie werden nachfolgend auszugsweise dargestellt. Sofern keine Literaturangaben gemacht werden, handelt es sich um Extraktionen aus den Experteninterviews.

## **2 Windgas im Innovationsprozess**

Die Klassifizierung von Windgas im Innovationsprozess startet mit der Beschreibung des Status-quo, zeigt Entwicklungen und Veränderungen auf, so dass erste Weiterentwicklungspotenziale und Unsicherheitsfaktoren technologiespezifisch sichtbar werden.

Unter dem Oberbegriff Power-to-Gas wird Windgas als Umwandlung von Strom aus fluktuierenden erneuerbaren Energieüberschüssen (in diesem Fall Windstrom) in einen Energieträger mit gasförmigem Aggregatzustand (z.B. Wasserstoff oder Methan) verstanden. (Kostka et al. 2012: 100).<sup>4</sup> Windgas gilt dabei auch als eine Option, um die notwendige Systemintegration fluktuierender erneuerbarer Energien voranzutreiben. Die Power-to-Gas Pioniere sind insbesondere das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung und das Fraunhofer IWES, die im Jahr 2008 maßgeblich die Vorreiterrolle bei der Entwicklung folgender Energiespeicherkonzepte eingenommen haben:

---

<sup>4</sup> Die Begriffe Windgas und Power-to-Gas werden im Folgenden synonym verwendet.

*„Regenerativer Strom spaltet Wasser über eine Elektrolyse in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff. Der Wasserstoff kann entweder direkt genutzt und bis zu einem begrenzten Anteil ins Erdgasnetz eingespeist werden oder er wird mit CO<sub>2</sub> über die Methanisierung zu Methangas – einem Erdgassubstitut konvergiert.“*  
(Sternier et. al. 2011: 5, Sternier 2009)

Um das Stadium von Windgas und damit den Stand und die mögliche Entwicklung von Power-to-Gas als Energiespeicher im Innovationsprozess zu identifizieren, ist eine differenzierte Betrachtung der Komponenten notwendig. Die folgenden Erkenntnisse basieren auf den Ergebnissen der explorativen Experteninterviews.

Die technischen Basiskomponenten, wie z.B. die das Verfahren der Elektrolyse ist vom Prinzip her eine sehr alte Technologie, die seit vielen Jahrzehnten zu einem bewährten Standardverfahren in der Industrie gehört. Ein gutes Beispiel aus der chemischen Produktion ist die Chloralkali-Elektrolyse, die etabliert und in der Anwendung stabil und beherrschbar ist. Die Elektrolyseanlagen, die allerdings zur Integration von fluktuierenden erneuerbaren Energien ins Energiesystem notwendig sind, stehen durch die spezifischen Anforderungen des Elektrizitätsmarktes noch relativ am Anfang des Innovationsprozesses. Die bewährte Technik muss in einen neuen Anwendungsfall überführt werden. Eine entscheidende Spezifizierung und damit notwendige Weiterentwicklung ist die dargebotsabhängige und damit diskontinuierliche Fahrweise des Elektrolyseurs. Abgesehen von Reparatur- oder Wartungstätigkeiten laufen Elektrolyseanlagen im Normalfall kontinuierlich durch. Die neue Eigenschaft, die für das Power-to-Gas Konzept von Elektrolyseanlagen abverlangt wird, ist eine flexible Fahrweise der Anlage, die ein häufiges An- und Abfahren, aber auch unterschiedlich Last-/ Teillastläufe zulässt. Dieses Nachfahren des regenerativen Stromangebotes ist untypisch für solche Anlagen und damit eine bedeutende Herausforderung, die zu bewältigen ist. Neben der flexiblen Fahrweise ist ein sehr hoher Teillastwirkungsgrad notwendig, um eine hinreichend hohe Ausbeute realisieren zu können.

Die Frage nach der Effizienz der Anlagen ist zu klären, und zwar nicht nur in Bezug auf die Hauptkomponente, sondern zudem unter Einbezug der Hilfsaggregate. Für die Elektrolyseure besteht zudem die Notwendigkeit sich auf den Weg von einer Manufaktur in eine Industrie zu entwickeln. Anders formuliert: Der bislang relativ begrenzte Markt der Elektrolyse muss in einen Massenmarkt transferiert werden. Ziel ist weiter die Reduktion der Kosten unter Ausschöpfung der Skaleneffekte.

Im Hinblick auf die Eingruppierung von Windgas in den Innovationsprozess ist ferner die systemwirtschaftliche Komponente zu betrachten. Eine derart enge Kopplung von Gas- und Stromnetz ist (in diesem Ausmaß) neu. Obwohl sich Power-to-Gas zu einem regelrechten „Hype“ entwickelt hat und mittlerweile in aller Munde ist, sind die regulatorischen Rahmenbedingungen zurzeit noch nicht ausreichend formuliert und ausdifferenziert. Der aktuelle Koalitionsvertrag der Bundesregierung schreibt Power-to-Gas als eine Option für Langzeitspeicher fest, mit der Notwendigkeit der technologischen Weiterentwicklung und Optimierung bis hin zur Marktreife. Aktuelle und neue Demonstrationsprojekte sind ausdrücklich gewünscht und „das bereits angelegte Forschungsprogramm wird fortgeführt“ (CDU et al. 2013: 41). Trotzdem zeigen die Experteninterviews, dass einigen Akteuren trotz den noch frühen Entwicklungsstadiums bereits heute die Klarheit über die zukünftigen

Rahmenbedingungen fehlen, die u.a. auch hinreichend für den Aus- und Neubau von Demonstrationsanlagen sind.

Heute werden die Betreiber von Windgasanlagen, auch dann wenn sie Strom lediglich in Wasserstoff umwandeln und ihn anschließend für andere Sektoren wie die Mobilität nutzen, als Stromletztverbraucher klassifiziert. Damit sind sie verpflichtet, die Letztverbraucherabgaben zu zahlen. An dieser Stelle sind zunächst ausdifferenzierte und für alle Akteure akzeptierte Abgrenzungen von Windgas als Energiewandler und Windgas als Energieverbraucher notwendig. Ferner sind die aus den regulatorischen Rahmenbedingungen entstehenden Kosten tiefgreifend zu analysieren und industriepolitisch abzuwägen. Es gibt bereits heute mehrere Lösungsvorschläge, die allerdings auch bei den befragten Experten nicht einheitlich bewertet worden sind. Gemeinsam mit Akteuren aus Wirtschaft, Politik und Forschung könnten durch partizipativ angelegte Prozesse Richtlinien in einem Konsensverfahren erarbeitet werden, die für alle Beteiligten akzeptabel und für die Technologienentwicklung nachhaltig positiv sind.

Windgas kann als Energiespeicher zur zeitlichen Verbrauchsverlagerung beitragen und eine Unterstützung zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit des deutschen Energiesystems darstellen. Durch die Betrachtung des Innovationsprozesses Windgas sind bereits einige Stellschrauben und Weiterentwicklungspotenziale aufgezeigt worden, durch die sich Chancen aber auch Unsicherheiten ergeben. Im folgenden Kapitel werden maßgebliche Unsicherheiten ausführlich dargestellt, bevor im letzten Kapitel erste Handlungsempfehlungen zur Reduktion dieser Unsicherheiten gegeben werden.

### **3 Unsicherheit als strategische Herausforderung**

#### **3.1 Ungewissheit als Teilmenge der Unsicherheit**

Der Begriff Unsicherheit gliedert sich in zwei Komponenten - Risiko und Ungewissheit. Unsicherheit wird hier im engeren Sinn als Ungewissheit verstanden, bei der im Gegensatz zum Risiko, keine Annahmen über Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Zukunft getroffen werden können (Knight 1921: 20f., 233).<sup>5</sup> Der Inhaltsumfang des Ungewissheitsbegriff entspricht nicht dem reinen Risiko im Sinne eines reinen Schadensausmaßes, da dieser durch den exklusiven Blick auf den Schaden, die Chancen und Potenziale, die aus unsicheren Phänomenen resultieren könnten, komplett ausschließen würde (Jonen 2007: 24ff.). Für die Untersuchung der Unsicherheit als Herausforderung für die Unternehmensstrategie wäre das allerdings eine zu eng gefasste Definition, da kein Unternehmen seine strategische Planung nur auf die Projekte analysieren und auslegen würde, die mit einem potenziellen Misserfolg verbunden wären (Meier 2001: 18). Auf die zu bestimmenden Randbereiche wird Unsicherheit daher im Fall einer Zielabweichung sowohl als negative als auch als positive Zielverfehlung (Schaden vs. Chance) aufgefasst.

#### **3.2 Unsicherheitsdimensionen**

Ableitend aus den Annahmen aktueller Energieszenarien für Deutschland, den vorläufigen Ergebnissen der Experteninterviews und der Informationsverdichtung aus Literaturanalysen,

---

<sup>5</sup> Im Nachgang der Begriffsdefinition werden 'Unsicherheit' und 'Ungewissheit' synonym verwendet.

werden die Energiewirtschaft und die Chemieindustrie insbesondere mit folgenden Unsicherheitsfaktoren konfrontiert.<sup>6</sup>

Auf übergeordneter Ebene können Unsicherheiten identifiziert werden, wie Klima- und Wetterveränderungen. Mittlerweile können *wir* langfristige klimatische Veränderungen prognostizieren und kurz- bis mittelfristige Wettervorhersagen treffen. Jedoch sind *wir* nicht in der Lage die Veränderungen punktgenau, geschweige denn kurzfristig nach unserem Gusto zu steuern. Trivialerweise können wir dementsprechend Windkraft nur dann für die Stromerzeugung nutzen wenn auch der Wind weht.

### 3.2.1 Ökonomische Unsicherheit

Ökonomische Unsicherheiten sind hingegen nicht so einfach einzuordnen. Die Entwicklung der Strompreise hat sich in den letzten Jahren erheblich verändert. Strompreise hängen heute nicht mehr nur maßgeblich von der Entwicklung des Rohstoffpreises ab. Heute wird der Strompreis von zahlreichen direkten und indirekten Determinanten mit Wechselwirkungen bestimmt, wie z.B.:

- Erzeugung, Transport, Vertrieb des Stroms
- Höhe der Förderung und Umlagen aus EEG, KWKG, §19-Umlage (StromNEV-Umlage)
- Netzentgelte, Steuern, Abgaben wie Konzessionsabgaben und der Stromsteuer
- Preis für CO<sub>2</sub> Zertifikate
- Entwicklung der Brennstoffmärkte (Gaspreise, Rohölpreise, Kohlepreise),
- Wetter und damit der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien
- Kraftwerke / Netze (Revision, technische Nichtverfügbarkeit)
- Stromnachfrage (inklusive konjunkturellen und witterungsbedingten Schwankungen)
- Verbraucherverhalten (BMWi 2012; Löschel et al. 2012).

Für energieintensive Unternehmen kommen darüber hinaus Unsicherheiten im Bezug auf die Konsistenz und zukünftige Ausgestaltung der heute geltenden Entlastungsregeln hinzu. Im Fall eines Wegfalls der Entlastungsregeln würde dieses z.B. für die Chemieindustrie Folgen in großem Ausmaß haben können (zumindest für solche Zweige, die sehr stromkostenintensiv sind und sich im internationalen Wettbewerb befinden), wie die nachfolgende Abbildung zeigt:

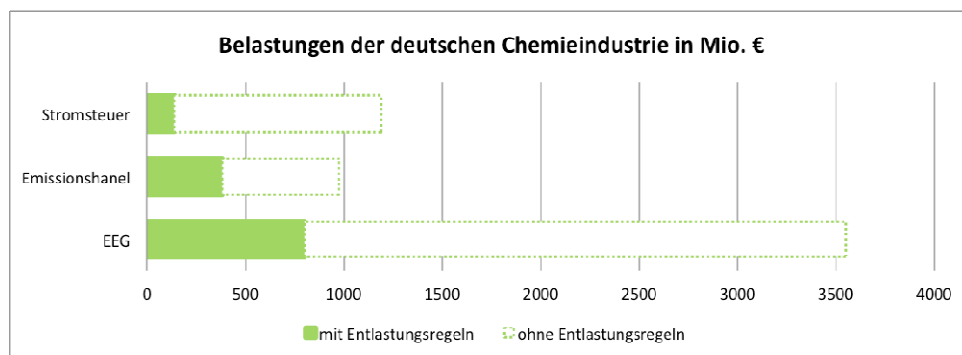


Abbildung 1: „Belastungen aus EEG, Emissionshandel und Stromsteuer - mit und ohne Entlastungsregeln für die Deutsche chemische Industrie, 2013“ - eigene Darstellung in Anlehnung an: (VCI 2013: 2).

---

<sup>6</sup> Trotz ausführlicher Recherchen wird auf Grund der Fülle der Möglichkeiten, besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit gelegt.

Der Strompreis ist insgesamt zu einer schwer abschätzbaren Größe geworden. Im Grunde darf nicht mehr von einem Preisrisiko sondern von einer Preisungewissheit gesprochen werden. Neben den Einflussdeterminanten auf den Strompreis ergibt sich auch eine Ungewissheit für die Preisbildung auf dem Strommarkt. Wie wird überhaupt ein zukünftiges Strommarktdesign respektive Stromsystemdesign aussehen? Der reine Energy-Only-Markt wird zukünftig zum Auslaufmodell und *wir* müssen „den Aufbau und Erhalt von sicheren Kraftwerkskapazitäten ökonomisch anders bewerten [...]“ (Fischedick / Thomas 2013: 296). Zudem stellt sich auch außerhalb der deutschen Grenzen die Frage wie der Ausbau des EU Strom-Verbundes konkretisiert wird.

Unsicherheiten ergeben sich auch für die Wettbewerbskräfte im Markt. Wie sehen die Strategien der Wettbewerber aus und welche Marktmacht haben und werden Lieferanten und Kunden haben? Windstromerzeuger und Anlagenbauer wachsen stetig, werden selbst zu großen Akteuren. Sie sind auf dem besten Weg in Richtung Augenhöhe mit den Gasversorgern oder dem traditionellen Kraftwerkbau zu agieren. Dies gilt für den Windenergieanlagenbau, aber auch zunehmend für die Betreiber von Windkraftwerken, die häufig in großen Fonds organisiert sind. Wie nehmen die Endverbraucher diese größer werdenden Unternehmen wahr? Spielt die Unternehmensgröße, wendet man die Kriterien Nachhaltigkeit und Klimaschutzbeitrag an, eine Rolle und besteht nicht die Gefahr, dass die Akzeptanz schwinden könnte? Darüber hinaus ist die Akzeptanz der Bevölkerung im Hinblick auf Großprojekte, z.B. Infrastrukturmaßnahmen – Ausbau des Stromnetzes, generell eher eingeschränkt.

Energiebedarfsprognosen und Energienachfrageverhalten sind unsichere Größen, mit denen viele Energiemarktakteure konfrontiert werden, insbesondere die Energiewirtschaft und die energieintensive Industrie. Jährliche Effizienzsteigerungen sowie die Entwicklung der Brennstoffe zur Wärmebereitstellung und des Kraftstoffverbrauchs in der Mobilität unterliegen einer unsicheren Entwicklung. Diese Größen werden in Energieszenarien anhand von möglichen Zukunftskorridoren in einer Vielzahl von Entwicklungsmöglichkeiten abgebildet.

Hinzu kommt die Ungewissheit welche Menge an Langzeitspeichern benötigt wird. Das hängt unter anderem damit zusammen „[...] ab welchem Anteil von erneuerbaren Energien der Einsatz von Speichern erforderlich ist“ (SRU 2013: 50). Es kann auf Grund der hohen Kosten für Windgas bislang davon ausgegangen werden, dass sich der Einsatz derartiger Speichertechnologien erst ab einem erneuerbaren Energien Anteil von ca. 70% an der Stromnachfrage rentiert (Agora Energiewende 2012: 8). Doch wie sicher sind diese Zahlen, hängen die Berechnungen doch von vielen unsicheren Annahmen und Setzungen ab? Welchen Energiemix werden wir zukünftig in Deutschland haben, wie hoch wird der (Rest-)Anteil fossiler Kraftwerke sein? Wird die CCS-Technologie zukünftig eine Rolle spielen und ab wann wird sie einsetzbar sein? Wann wird es eine 70% erneuerbaren Energien Quote geben und welche Rolle spielt dann Power-to-Gas und welche mögliche Alternativen wie beispielsweise der starke Zugriff auf Wasserkraftwerkskapazitäten in Skandinavien?

*„Zusammengenommen addieren die offenbarten Ambitionen der Bundesländer sich auf 77 % in 2024; extrapoliert ergibt das einen Wert von 100 % für das Jahr 2030. (...) Der Anteil für die FEE, also für PV und die beiden Wind-Optionen, wird bis 2030 in der Größenordnung von 65 % zu liegen kommen. Angesichts dieser ‚Planungen‘*

*erhält eine Quote von 100 % Erneuerbarer Energie an Aktualität und verliert ihren fiktionalen Charakter.“ (Luhmann et al. 2014)*

Im Vollversorgungsszenario nimmt das Fraunhofer IWES ebenfalls eine 100%ige erneuerbare Quote an. Außerdem soll Power-to-Gas sektorübergreifend eine tragende Rolle im „Geschäftsmodell Energiewende“ spielen. Bei den energiesystemtechnischen Infrastrukturannahmen wird „Power-to-Gas zur Deckung des sektorübergreifenden Restbedarfs an chemischen Energieträgern sowie „[...] der verbleibenden ´positiven Residuallast´ in allen Sektoren (Strom, Wärme, Verkehr) eingesetzt“ (Fraunhofer IWES 2014: 14). Der Ausbau erneuerbarer Energien scheint grundsätzlich sicher – wie, wann, wie viel – da herrschen unterschiedliche Meinungen und Prognosen. Wird der Ausbau erneuerbarer Energien in Richtung der 100% Marke gesteuert, stellt sich mittel- bis langfristig die Frage nach der Ausgestaltung eines diskriminierungsfreien Wettbewerbs zwischen den erneuerbaren Optionen untereinander, einem Intra-Wettbewerb erneuerbarer Energien (Luhmann et al. 2014).

Die benötigte Langzeitspeicherkapazität ist zum anderen unsicher, „[...] insbesondere weil der Speicherbedarf davon abhängt, in welchem Umfang die anderen dargestellten Flexibilitätsoptionen erschlossen werden. Bei einem hohen Grad an Flexibilität sind weit weniger Speicher notwendig als bei einem inflexiblen Gesamtsystem.“ (SRU 2013: 50) Das führt zu einem Wettbewerb der verschiedenen (Langzeit-)Speichertechnologien untereinander und steuert bereits heute zu Unsicherheiten bei Investitionsentscheidungen. Ohne chemische Energiespeicher wird es keine Energiewende geben, da sind sich die befragten Experten einig. Doch wie viel Kapazität benötigt wird, wie viele Elektrolyseure gebaut werden müssen, kann nicht abgeschätzt werden. Es existiert (noch) keine Roadmap die konkrete Ziele und überprüfbare Meilensteine für Windgas als Langzeitspeicher vorhält. Die Anlagenbauer müssen auf der einen Seite bestenfalls von einer Manufaktur hin zu einer Industrie wachsen und die Technologie in der praktischen Umsetzung direkt am Anwendungsfall weiterentwickeln. Auf der anderen Seite ist nicht sicher welche technologischen Meilensteine wann abgeschossen sein müssen. Die Grundlagenforschung im Bereich Windgas ist heute weit fortgeschritten, verglichen mit der kurzen Zeit für die Windgas in dieser Form überhaupt den Anforderungen des Energiemarktes gerecht zu werden versucht. Unabhängig davon, wann und in welchem Ausmaß Windgas als Speichertechnologie den Markteintritt erreicht, ist die Weiterentwicklung der Technologie erforderlich.

### **3.2.2 Technische Unsicherheit**

Die Flexibilität, insbesondere bei der Fahrweise von Elektrolyseanlagen muss erhöht werden, damit Windgas über die Option Langzeitspeicher hinaus einen Beitrag zur Systemstabilität und Versorgungssicherheit leisten kann. „Für die Elektrolyseure besteht hierbei Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Sie sollten Strom-schwankungen gut folgen und auch in unteren Teillastbereichen arbeiten können“ (DVGW 2013: 3). Technische Unsicherheiten die einer forschungsgeleitenden Klärung bedürfen sind z. B: Wie viel Zeit benötigt die Anlage von Stand-by auf Volllast zu fahren? Wie häufig ist das rauf-/ und runter fahren möglich? Wie hoch ist der Strombedarf der Anlage im Stand-by Zustand? Ab welcher Stillstandzeit und -häufigkeit ist ein Kaltstart gegenüber einem länger andauernden Stand-by Betrieb sinnvoll?



Das Betriebskonzept Windgas muss sicherstellen, dass es sich bei dem produzierten Gas um grünes Gas und nicht um Graugas (auf Basis fossiler Energieträger hergestelltes Gas) handelt. Graugas können weder wirtschaftliche noch nachhaltige Vorteile zugeschrieben werden. Ob es für eine Übergangszeit, für eine Erprobungszeit zur Technologieentwicklung, jedoch sinnvoll wäre für eine bestimmte Zeit mit Graugas zu forschen, ist nicht eindeutig zu beantworten. An dieser Stelle besteht aus Systemperspektive noch Analysebedarf.

Windgas steht in direkter Konkurrenz mit dem Ausbau von Wasserkraftwerken in Skandinavien und massivstem Leitungsnetzausbau über die europäischen Grenzen hinaus. Zudem kann die Erschließung unkonventioneller Fördertechniken z.B. aus sensiblen Ökosystemen Unsicherheiten in der Technikentwicklung bewirken. Ratsam ist die Entwicklungspfade andere Speichertechnologien mit Aufmerksamkeit zu verfolgen. Einhergehend mit der technischen Weiterentwicklung ergeben sich bereits heute vielfältige Anwendungsfälle, dessen Ausdifferenzierung auch in Zukunft verfeinert wird. Welche Interaktions- und Synergieeffekte können sich aus den Technologie- und Anwendungskonzepten Power-to-Gas, Power-to-Heat, Power-to-Chemicals und Power-to-Fuels ergeben?

### **3.2.3 Regulatorische Unsicherheit**

Der sektorspezifische CO<sub>2</sub> Verbrauch, die Entwicklung des Emissionshandelssystems, der CO<sub>2</sub> Preise und die CO<sub>2</sub> Minderungsziele sind weitere Unsicherheitsfaktoren, die sowohl die Energie- als auch die chemische Industrie betreffen. CO<sub>2</sub> ist für die Chemieindustrie nicht nur ein „Abfallprodukt“, sondern auch ein Rohstoff. Durch neue Geschäftsmodelle können Unternehmen einen Beitrag zur Reduktion der ungewissen CO<sub>2</sub> Preisentwicklung und regulatorischen Entwicklungen leisten. Neue Geschäftsmodelle können durch die Nutzung von CO<sub>2</sub>-freiem Wasserstoff, CO<sub>2</sub>-neutralem Methan und anderen Power-to-Chemicals Anwendungen, neue Synergien und Potenziale erschließen die Branchen und die Umwelt positiv(er) beeinflussen.

Weitere regulatorische Unsicherheiten sind in der Ausgestaltung von Genehmigungsverfahren und im Hinblick auf Standortfragen besetzt. Die Konvergenz von Strom- und Gasnetz muss auf systemtechnischer Ebene verbessert werden. Neue Infrastrukturanforderungen entstehen aus „stärker verschwimmende Grenzen“ und „mehr Schnittstellen zwischen Strom-/ Gas und Wärmeinfrastrukturen“, die sich in einer Komplexitätssteigerung des Gesamtsystems wider spiegeln (Fischedick / Thomas 2013: 297). Bisher speisen nur punktuell Elektrolyseure auch tatsächlich ins Netz ein. Das stellt Netzbetreiber und den Netzausbau vor neue, ungewisse Herausforderungen. „Der zukünftige Netzausbaubedarf ist mit Unsicherheiten behaftet, unter anderem weil zukünftige technologische Entwicklungen Änderungen im Bedarf bewirken können“ (SRU 2013: 72). Das betrifft sowohl den Gas- als auch den Stromnetzausbau. Windgas kann dazu beitragen den Ausbaubedarf elektrischer Netze zu senken. „Das ökonomische Optimum zwischen Energietransport über Stromnetze vs. Gasnetze samt Speichern ist [allerdings] noch zu bestimmen“ (Sterner 2011: 10). Konkrete Beimischungsgrenzen für Wasserstoff werden im DVGW-Regelwerk normiert. Nach Einschätzung der Experten kann zukünftig mit einem Wasserstoffbeimischungssatz im oberen einstelligen Bereich gerechnet werden. Ist die Beimischungsgrenze erreicht, wird die Methanisierung zur kostengünstigeren Alternative werden, da der Ausbau der Beimischungsgrenze in einen zweistelligen Bereich hohe

Modifikationskosten im Gasnetz erfordert (Sterner 2011: 4). Das Regelwerk wird sich in Zukunft an die Expertenmeinungen anpassen. An dem Abstimmungsprozess über etwaige Veränderungen der Gaszusammensetzungen wird die Chemieindustrie, die einen Teil des Erdgasbezugs stofflich nutzt, einbezogen werden.

Darüber hinaus wird regulatorische Unsicherheit durch die Infragestellung der Konsistenz politischer Entscheidungen aufgeworfen. Wie konsistent sind die politischen Strategien und Ziele? Die von der Bunderegierung mit Maßnahmen und Instrumenten flankierten Klimaschutzziele werfen insbesondere für Investoren enorme Unsicherheiten auf. Für Investoren ist nicht eindeutig klar, ob sie langfristig auf die Zuwendungsoptionen vertrauen können, oder ob gar Zuwendungsoptionen rückwirkend aufgehoben werden. Es ist unsicher wie sich das Fördersystem erneuerbarer Energien (EEG und KWK-G) entwickeln wird. Eine erneute Novellierung des EEG soll zum 1. August 2014 in Kraft treten (BMW 2013). Neben der Entwicklung des EEG ist die Entwicklung Förderschwerpunkten und allgemeinen Förderinstrumenten nicht mit Sicherheit festgeschrieben. Betreiber von Windanlagen rechnen mit einer Reduktion der EEG-Förderung, so dass sie Wege finden (müssen) eine Abregelung zu vermeiden. Insbesondere in Zeiten negativer Strompreise ist es sinnvoll Alternativen für die Nutzung der Windstromüberschüsse zu finden.

Die Fülle der Unsicherheiten und Entwicklungspotenziale verdeutlicht, dass eine Langzeitplanung erschwert wird. Klassische Konzepte der strategischen Planung und ihrem Beitrag zur Unsicherheitsreduktion müssen kritisch evaluiert und neue Strategiekonzepte sowie Geschäftsmodelle müssen kreiert werden. Erste Ergebnisse sind auszugsweise im nachfolgenden Kapitel beschrieben. Eine ausführlichere Darstellung ist unter Einbeziehung der Ergebnisse aus der zweiten Runde der Experteninterviews an einer anderen Stelle auszuführen.

## **4 Erste Handlungsempfehlungen**

### **4.1 Reduktion technologischer Unsicherheit**

Technische Weiterentwicklungspotenziale und damit auch Unsicherheiten die Windgas tangieren, lassen sich vereinfacht auf drei Variablen reduzieren: Kosten, Anlagenfahrweise und Effizienz. Zur Bewältigung von technischen Unsicherheiten zeigt sich, dass Erkenntnisse aus dem Anwendungsfall Windgas verwandten Technologiepfaden nützlich sein können. Wenn die chemische Energiespeicherung auf Basis von Windstromüberschüssen spätestens im Jahr 2050 einen wesentlichen Baustein unseres Energiesystems bilden soll, ist es nicht zuletzt aufgrund der starken Wechselwirkungen im System zudem notwendig, bereits heute die infrastrukturellen Grundlagen dafür zu legen und Marktstrukturen sowie Erzeuger-/Verbraucherbeziehungen vorzudenken. Dabei sind mit Blick auf die chemische Industrie als zukünftiger Verbraucher auch die Entwicklung alternativer Anwendungsfälle wie Power-to-Fuels und Power-to-Chemicals zu untersuchen.

### **4.2 Reduktion der regulatorischen Unsicherheit**

Bisherige Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass Unsicherheiten, die das Technologiefeld Windgas tangieren, nicht nur technischer Art sind. Maßgeblich kann für die

Technologie- und Marktentwicklung insbesondere auch die Ausgestaltung der regulatorischen Rahmenbedingungen sein. Dabei zeigt sich, dass wenn Akteure durch einen aktiven, transparenten und konsensfähigen Partizipationsprozess früh in die Ausarbeitung einer Entscheidungsgrundlage für die regulatorischen Rahmenbedingungen eingebunden werden, die Chance gesehen wird, durch passgenaue Regelungen im erheblichen Umfang selber zur Unsicherheitsreduktion beitragen zu können. Mit partizipativen Verfahren können Unternehmen und insbesondere KMU nicht nur pro-aktiv an der (regulatorischen) Zukunftsgestaltung im Bereich Power-to-Gas mitwirken und dadurch Unsicherheiten mildern, sondern damit auch zielgerichtet Beiträge zur Marktentwicklung leisten. Partizipative Konzepte gehen damit über die klassische Strategiedimension „Shape the Future“ (Marcus 2011:11) der Minimierung regulatorischer Unsicherheiten hinaus.

Durch eine demokratische Partizipation entsteht die Chance Akzeptanz zu erhöhen und Unsicherheit zu senken (SRU 2013: 121). Ein gutes Praxisbeispiel für ein partizipativ angelegtes Verfahren ist der Klimaschutzplan in Nordrhein-Westfalen. In einem konstanten Feedback-Prozess sind politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Akteure in die Identifikation und Festlegung von Strategien und Maßnahmenfeldern sowie der Ausgestaltung der möglichen Entwicklungspfade zum Schutz des Klimas eingebunden worden. Auf dieser Basis sind in einem weiteren, schrittweisen mit weiteren Feedback-Schleifen versehenen Prozess, Szenarien/-korridore erstellt worden die auf einer gemeinsamen Vision der beteiligten Akteure basieren (Fischedick 2013). Die Ergebnisse aus dem Prozess zum Klimaschutzplan dienen der Landesregierung Nordrhein-Westfalen als weitere Inputgröße zur Ausgestaltung eines rechtswirksamen Klimaschutzplans im Sinne eines konkreten Umsetzungsprogramms zum Klimaschutzgesetz NRW, das im Januar 2013 verabschiedet wurde.

*„Die verbindliche Verankerung der Ziele in einem Klimaschutzgesetz könnte eine strategisch angelegte Legitimationsquelle auch für die Steuerung und Koordinierung der Strommarktreform darstellen und somit Unsicherheiten bezüglich der Reversibilität der Energiewendeziele reduzieren.“ (SRU 2013: 132)*

Für eine gute Integration der Technologie Windgas in das Energiesystem ist ein partizipativer Beteiligungsprozess sinnvoll, um regulatorische Unsicherheiten zu reduzieren. Die Bundesnetzagentur hat auf ihrer Internetseite einen Aufruf zur öffentlichen Konsultation ihres 'Positionspapier zur Anwendung der Vorschriften der Einspeisung von Biogas auf die Einspeisung von Wasserstoff und synthetischem Methan in Gasversorgungsnetze' gestartet. Mit der Begründung das Rechtsunsicherheiten in der Vergangenheit zu Investitionshemmnissen auf Seiten potentieller Einspeiser geführt haben, versucht die Bundesnetzagentur mit einem partizipativen Verfahren regulatorische Unsicherheiten zu minimieren (BNetzA 2013). Aufbauend auf der Konsultation und einem einheitlichen Rechtsverständnis kann ein weiterer Punkt auf der zu bearbeitenden Agenda, die (partizipative) Ausgestaltung einer RoadMap mit konkreten Entwicklungszielen für Windgas sein.

## 5 Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende (2012): 12 Thesen zur Energiewende. Ein Diskussionsbeitrag zu den wichtigsten Herausforderungen im Strommarkt. Kurzfassung. [http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Impulse/12\\_Thesen/Agora\\_12\\_Thesen\\_Kurzfassung\\_2.Auflage\\_web.pdf](http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Impulse/12_Thesen/Agora_12_Thesen_Kurzfassung_2.Auflage_web.pdf) (2014-01-28)
- BMBF (2013): Technologien für Nachhaltigkeit und Klimaschutz – Chemische Prozesse und stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub>,  
[http://www.bmbf.de/pub/technologien\\_nachhaltigkeit\\_klimaschutz.pdf](http://www.bmbf.de/pub/technologien_nachhaltigkeit_klimaschutz.pdf) (2013-11-10)
- BMWi / BMU (2010): Energiekonzept 2050,  
<http://www.bmu.de/energiekonzept/doc/46394.php> (2010-11-30)
- BMWi (2012): Erster Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“,  
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/erster-monitoring-bericht-energie-der-zukunft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (2013-11-05)
- BMWi (2013): <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Erneuerbare-Energien/eeg-reform.html> (2014-01-30)
- BNetzA (2013): Einspeisung von Wasserstoff und synthetischem Methan. Konsultation.  
[http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/NetzzugangundMesswesen/Gas/Einspeisung\\_v\\_H2\\_u\\_synth\\_CH4/Einspeisung\\_v\\_H2\\_u\\_synth\\_CH4.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangundMesswesen/Gas/Einspeisung_v_H2_u_synth_CH4/Einspeisung_v_H2_u_synth_CH4.html) (2014-01-30)
- Brüning, A. (2011): Interview zum Jahr der Chemie „Eines der größten Probleme der Menschheit lösen“ mit Professor Ferdi Schütz, Max Planck-Institut, in Frankfurter Allgemeine <http://www.fr-online.de/wissenschaft/interview-zum-jahr-der-chemie--eines-der-groessten-probleme-der-menschheit-loesen-,1472788,7171580.html> (2012-10-16)
- Canter, U. (2013): Innovationsentscheidungen und Innovationspfade - Zwischen Unsicherheit und Risiko, S. 295 – 312, in: Exploring Uncertainty, Jeschke, S., Jakobs, E.-M., Dröge, A. (Hrsg.), Springer Fachmedien Wiesbaden
- CDU / CSU / SPD (2013): Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 18. Legislaturperiode, „Deutschlands Zukunft gestalten“,  
<https://www.cdu.de/sites/default/files/media/dokumente/koalitionsvertrag.pdf> (2014-01-28)
- DVGW (2013): DVGW konkret 2/2013.  
[http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/presse/konkret/dvgw\\_konkret\\_1302.pdf](http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/presse/konkret/dvgw_konkret_1302.pdf) (2014-01-28)
- Fischedick, M., Thomas, S. (2013): Energiewende in Deutschland, eine komplexe Transformationsaufgabe und die besondere Rolle der Energieeffizienz, S. 295 – 307, in: Handbuch Energiewende, Kästner, T. / Rentz, H. (Hrsg.), etv Energieverlag Essen.
- Fischedick, M. (2013): Vorstellung der Vorgehensweise bei der Erstellung von Klimaschutzszenarien und –maßnahmen. Vortragsfolien zur 4. Sitzung des Klimaschutzplan Koordinierungskreis, 25.11.2013 [http://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download-Dokumente/Sonstiges/3\\_Vortrag\\_Fischedick\\_Klimaschutzplan\\_Vorstellung\\_MF\\_2\\_CH.PDF](http://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download-Dokumente/Sonstiges/3_Vortrag_Fischedick_Klimaschutzplan_Vorstellung_MF_2_CH.PDF) (2014-01-29)

Fraunhofer IWES (2014): Geschäftsmodell Energiewende. Eine Antwort auf das „Die-Kosten-der-Energiewende“-Argument.

[http://www.iwes.fraunhofer.de/content/dam/iwes/de/documents/Studie\\_Geschaeftsmodell\\_Energiewende\\_IWES\\_20140121\\_final.pdf](http://www.iwes.fraunhofer.de/content/dam/iwes/de/documents/Studie_Geschaeftsmodell_Energiewende_IWES_20140121_final.pdf) (2014-01-28)

Gößling-Reisemann, S., Stührmann, S., Wachsmuth, J., von Gleich, A. (2013): Vulnerabilität und Resilienz von Energiesystemen, in: Die deutsche „Energiewende“ nach Fukushima - der wissenschaftliche Diskurs zwischen Atomausstieg und Wachstumsdebatte, Jörg R. / Hennig, B. (Hrsg.)

Jonen, A. (2007): Semantische Analyse des Risikobegriffs: Strukturierung der betriebswirtschaftlichen Risikodefinitionen und literaturempirischen Auswertung, Beiträge zur Controlling-Forschung, No.11, 2. Auflage

Knight, F.H. (1921): Risk, Uncertainty and Profit, Houghton-Mifflin, Boston

Kostka, J., Antoni, J. (2012): Wege zur Wirtschaftlichkeit von Power-to-Gas Anlagen, in: energie / wasser-praxis 12/2012 - DVFW Jahresrevue, S.100-102

Löschel, A., Erdmann, G., Staiß, F., Ziesing, H.J. (2012): Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“. Stellungnahme zum ersten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2011, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/monitoringbericht-stellungnahme-kurz,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (2014-01-28)

Luhmann, H.J., Schostok, D., Schaube, P. (2014): Vom Inter- zum Intra-Wettbewerb – Stufen der Integration Erneuerbarer Energien im Strombereich, in: UmweltWirtschaftsForum Heft 1/2014, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Marcus, A., Aragon-Correa, J.A., Pinkse, J. (2011): Firms, Regulatory Uncertainty, and the Natural Environment, S. 5-16, in: Calofonia Management Review, Vol 54 No. 1

Meier, Günter (2001): Markt und Trends im Risk-Management. In: Wertorientiertes Risiko-Management für Industrie und Handel. Methoden, Fallbeispiele, Checklisten. Hrsg.: Gleißner, Werner; Meier, Günter, Gabler Verlag, Wiesbaden, 1. Auflage S. 17-26.

SRU (2013): Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen: Den Strommarkt der Zukunft gestalten. Deutscher Bundestag 18. Wahlperiode, Drucksache 18/281 v. 13.12.2013, Unterrichtung durch die Bundesregierung, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/002/1800281.pdf> (2014-01-29)

Sterner, M., Jentsch, M., Holzhammer, U. (2011): Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung eines Windgas-Angebotes. Gutachten. Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Kassel, [http://wiki.imwe.me/media/ee:greenpeace\\_energy\\_gutachten\\_windgas\\_fraunhofer\\_sterner.pdf](http://wiki.imwe.me/media/ee:greenpeace_energy_gutachten_windgas_fraunhofer_sterner.pdf) (2014-01-28)

Sterner, M. (2009): Bioenergy and renewable power methane in integrated 100% renewable energy systems. Limiting global warming by transforming energy systems. Kassel, University, Dissertation Kassel, 2009. Kassel: Kassel University Press (Erneuerbare Energien und Energieeffizienz, 14). <http://www.uni-kassel.de/upress/publi/abstract.php?978-3-89958-798-2> (2014-01-13)

UNEP (2012): Towards a green economy. Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication,  
[http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER\\_synthesis\\_en.pdf](http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER_synthesis_en.pdf) (2012-07-13)

VCI (2013): Daten und Fakten zum Thema: Energiewende umgestalten.  
[https://www.vci.de/Downloads/Top-Thema/DF\\_Energiewende\\_umgestalten.pdf](https://www.vci.de/Downloads/Top-Thema/DF_Energiewende_umgestalten.pdf) (2014-01-13)