

Klimaschutz durch Sektorenkopplung: Optionen, Szenarien, Kosten

Spätestens seit dem Pariser Klimaschutzabkommen aus dem Jahr 2015 erstreckt sich die Diskussion rund um **mögliche Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Energiesystems** nicht mehr nur auf den Stromsektor, sondern auch auf die Sektoren Wärme und Verkehr. Die Sektorenkopplung ist damit ein wesentlicher Baustein der Energiewende geworden. Eine durch die **enervis energy advisors GmbH** (enervis) veröffentlichte **Studie mit dem Titel „Klimaschutz durch Sektorenkopplung“ [1]** setzt sich vor diesem Hintergrund mit verschiedenen technologischen Umsetzungspfaden auseinander und beleuchtet die Wechselwirkungen der Sektoren sowie die resultierenden volkswirtschaftlichen Kosten.

von: Julius Ecke, Sebastian Klein, Dr. Werner Klein & Tim Steinert (alle: enervis energy advisors GmbH)

Im Fokus der aktuellen Diskussion steht in erster Linie die Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrssektors. Jedoch bietet auch die Nutzung erneuerbarer/synthetischer Gase Vorteile und Chancen, die es zu mobilisieren gilt, wenn die angestrebte Dekarbonisierung erfolgreich verlaufen soll. enervis hat die Entwicklung des Strom- und Wärmesektors bis zum Jahr 2050 in verschiedenen Szenarien modelliert und sowohl eine Elektrifizierung des Wärmemarktes als auch eine Versorgung des Wärmemarktes mit erneuerbaren/synthetischen Gasen analysiert und verglichen. Ziel war es, die Wechselwirkungen mit dem Strommarkt zu identifizieren und die Systemkosten eines solchen weitreichenden Systemwechsels zu beziffern und zu vergleichen. Darüber hinaus wurden die Wechselwirkungen mit einem Kohleausstieg untersucht.

Szenarioausgestaltung

Der Studie liegen sechs betrachtete Szenarien zugrunde, um die folgenden Fragestellungen beleuchten zu können:

- Welche Auswirkungen hat die Geschwindigkeit des Kohleausstiegs auf die Dekarbonisierungsanstrengungen?
- Welche Effekte auf den Strommarkt folgen aus einer schwachen oder starken Elektrifizierung des Wärmemarktes?
- Welche Rolle kann synthetisches Gas im Jahr 2050 im Wärmemarkt spielen?
- Welche Kosten verursachen die unterschiedlichen Entwicklungspfade?
- Wie entwickeln sich dabei die CO₂-Emissionen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein breites Feld von Szenarien definiert. So unterscheiden sich die Szenarien anhand der Geschwindigkeit des Kohleausstiegs, anhand des Umfangs der Elektrifizierung der Wärmerzeugung sowie den zugrunde gelegten CO₂-Zielen. Vier Szenarien erreichen dabei eine Reduktion zwischen 75 und 82 Prozent gegenüber dem Jahr 1990. Zwei Szenarien zielen auf eine Reduktion um 95 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 ab, wobei dieses Ziel einmal durch die Nutzung synthetischer Gase im Wärmemarkt („Grünes Gas“) und einmal durch eine weitreichende Elektrifizierung („Grüne Vollelektrifizierung“) erreicht wird. **Abbildung 1** verdeutlicht die hier beschriebenen Szenarien.

Insbesondere die Szenarien „Grünes Gas“ und „Grüne Vollelektrifizierung“ sind als Extremszenarien zu betrachten und wurden bewusst so ausgewählt, um die ganze Breite der möglichen Umsetzungspfade miteinander vergleichen zu können. Allen Szenarien liegt eine identische Entwicklung des Verkehrssektors zugrunde: So sind 50 Prozent des Individualverkehrs im Jahr 2050 elektrifiziert. Soll aber eine vollständige Dekarbonisierung erreicht werden, so müssten die Anstrengungen noch über das nachfolgend dargestellte Maß hinausgehen.

Der Wärmemarkt

Der im enervis-Wärmemarktmodell abgebildete Wärmebedarf umfasst den Raumwärme- und Warmwasserbedarf des Gebäudebestands sowie den Prozesswärmebedarf der Industrie. Allen

SZENARIEN		SCHWACHE ELEKTRIFIZIERUNG	STARKE ELEKTRIFIZIERUNG	ZIELERFÜLLUNG BIS 2050
SPÄTER KOHLEAUSSTIEG (nach 2050)	„Weiter wie bisher“	„Graue Elektrifizierung“	85 % EE-ANTEIL IM STROM	
FRÜHER KOHLE-AUSSTIEG (bis 2035)	„Weiter wie bisher und Kohleausstieg“	„Grüne Elektrifizierung“	75–82 % CO ₂ -MINDERUNG	
	„Grünes Gas“	„Grüne Vollelektrifizierung“	95 % CO ₂ -MINDERUNG	

Quelle: eneravis

Abb. 1: Übersicht der Szenarien

Szenarien liegen dabei die gleichen Effizienzanstrengungen im Gebäudesegment und industriellen Bereich zugrunde, im Ergebnis sinkt daher der Wärmebedarf – trotz weiter steigender Wirtschaftstätigkeit – um ca. 25 Prozent bis zum Jahr 2050.

In allen Szenarien ohne forcierte Elektrifizierung setzen sich gasbasierte Technologien zur Wärmeerzeugung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet durch. Auch in Szenarien mit 80 Prozent Reduktion und teilweise forcierte Elektrifizierung des Wärmemarktes ist Erdgas dabei eine kosteneffiziente Option zur CO₂-Reduktion und spielt auch langfristig weiterhin eine relevante Rolle.

Auswirkungen auf den Stromverbrauch und die Spitzenlast

Eine teilweise Elektrifizierung des Wärmemarktes führt zu einem moderaten Anstieg des Stromverbrauchs auf gut 600 Terawattstunden (TWh) im Jahr 2050. Dies betrifft die beiden Szenarien „Graue“ bzw. „Grüne Elektrifizierung“. Im Szenario der „Grünen Vollelektrifizierung“ steigt der Bedarf erheblich auf 790 TWh im Jahr 2050 – Dies vor dem Hintergrund, dass bei einer vollständigen Elektrifizierung der Wärmeerzeugung nicht nur Niedrigtemperatur-Wärmesegmente betroffen sind, sondern auch höhere Temperaturniveaus mit elektrischen Direktheizern erschlossen werden.

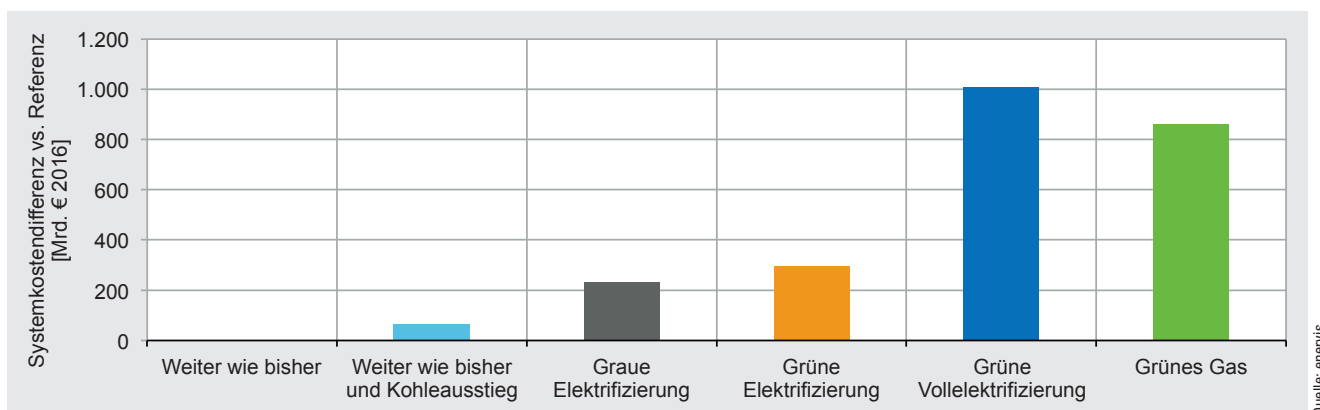
Im Szenario „Grünes Gas“ wiederum wird die Wärmeerzeugung beim Endkunden weiterhin

durch gasbasierte Technologien abgedeckt. Um jedoch die vorgegebenen Reduktionsziele zu erreichen, werden synthetische Gase über die Power-to-Gas-Technologie bereitgestellt; hierdurch steigt der Stromverbrauch deutlich auf ca. 1.450 TWh im Jahr 2050 an.

Bei der Betrachtung der Spitzenlast ergibt sich hingegen ein gegenläufiges Bild. So steigt die nationale Spitzenlast, bereinigt um den Beitrag der erneuerbaren Energien, im Szenario „Vollelektrifizierung“ in einem für den Wärmemarkt relevanteren Kaltjahresszenario auf 104 Gigawatt (GW); im Szenario „Grünes Gas“ liegt die Spitzenlast bis zu 50 GW niedriger. Obwohl der Stromverbrauch hier also hoch liegt, sind die Effekte auf die Spitzenlast niedrig, da systemdienlich eingesetzte Power-to-Gas-Anlagen ihren Stromverbrauch flexibel an die Einspeisung der erneuerbaren Energien anpassen.

Ausbau der erneuerbaren Energien

Um die notwendigen Strommengen aus erneuerbaren Quellen zu decken und die CO₂-Ziele zu erreichen, ist ein erheblicher Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung notwendig. Insbesondere in Elektrifizierungsszenarien nimmt der Nutzen jeder weiteren erneuerbaren Anlage jedoch ab, da der Bedarf des Wärmemarktes und die Bereitstellung durch erneuerbare Energien nur bedingt gleichzeitig auftreten. Im Ergebnis müssen im Szenario „Grüne Vollelektrifizierung“ daher umfassende Mengen an erneuerbarer Energie abgeregelt werden. Über Power-to-Gas hingegen können die Speicher- und



Quelle: entervis

Abb. 2: Mehrkosten der Klimaschutzenszenarien gegenüber dem Szenario „Weiter wie bisher“

Infrastrukturpotenziale der Gaswirtschaft nutzbar gemacht werden, sodass im Szenario „Grünes Gas“ die Erzeugung erneuerbarer Energien fast vollständig genutzt werden kann.

Schlussendlich stellt dies heraus, dass nicht nur die Effizienz der Endkundenapplikation (Wärmepumpe vs. Gasbrennwerttherme) im Fokus der Diskussion stehen darf. Vielmehr müssen weitreichendere Effekte auf das Gesamtsystem betrachtet werden.

CO₂-Emissionen

Ohne weitere Anstrengungen verfehlt das „Weiter wie bisher“-Szenario die Klimaschutzziele bis zum Jahr 2050. Dennoch wird in diesem Szenario ein Rückgang der CO₂-Emissionen durch die altersbedingte Abschaltung von Kohlekraftwerken, dem Neubau effizienterer Technologien und den Effizienzanstrengungen im Wärmemarkt erzielt. Der Rückgang der CO₂-Emissionen der Strom- und Wärmerzeugung um 71 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zeigt jedoch, dass zusätzliche Anstrengungen notwendig sind, um Ziele jenseits der 80 oder gar 95 Prozent zu erreichen.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass ein beschleunigter Kohleausstieg für die Dekarbonisierung der Strom- und Wärmesektoren notwendig ist. Daneben stellt ein beschleunigter Kohleausstieg eine Basis für den Ausbau der Sektorenkopplung dar. So zeigen die Szenarien, dass die Sektorenkopplung von Strom und Wärme zu einer stärkeren Auslastung der Kohlekraftwerke führen kann.

Systemkosten der Szenarien

Abbildung 2 stellt die Mehrkosten der Szenarien gegenüber dem Szenario „Weiter wie bisher“ dar.

Beide 95-Prozent-Reduktionsszenarien (blauer und grüner Balken) führen zu einem ähnlichen Systemkostenniveau. Die Vollelektrifizierung des Wärmemarktes verursacht gegenüber dem Szenario „Weiter wie bisher“ mittlere Mehrkosten von 30 Mrd. Euro/a bis zum Jahr 2050. In Summe belaufen sich die zusätzlichen Kosten dieses Szenarios im Zeitraum bis 2050 auf rund eine Billion Euro. Das Szenario „Grünes Gas“ weist hier leichte Kostenvorteile gegenüber der reinen Elektrifizierung auf.

Insbesondere die beiden Szenarien zur weitreichenden Dekarbonisierung der Märkte über verschiedene technologische Pfade zeigen, dass eine technologische Vorfestlegung, wie z. B. auf eine reine Elektrifizierung, zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht sein könnte, liegen doch die Kosten auf einem ähnlichen Niveau. Weiterhin lässt die Analyse der Extremszenarien „Grüne Vollelektrifizierung“ und „Grünes Gas“ den Schluss zu, dass eine effiziente Mischung und Nutzung der Technologien kosteneffizientere Ergebnisse erzielt. Dies gilt es weiterführend zu untersuchen.

Fazit

Grundsätzlich müssen die Technologieoffenheit und damit der Wettbewerb zwischen den verschiedenen Technologien aufrechterhalten werden. Eine Vorfestlegung auf eine ausschließliche Elektrifizierung führt hingegen zum skizzierten Extremszenario und ist damit nicht kosteneffizient.

Die tiefen Dekarbonisierungsszenarien werden zu Kosten erreicht, die aus heutiger Sicht recht hoch liegen. Den technologischen Fortschritt und die damit verbundenen Kostendegressionen gilt es daher weiter zu beschleunigen. Vor diesem Hintergrund lassen sich aus den durchgeführten Analysen drei Kernthesen ableiten:

- Ohne einen beschleunigten Kohleausstieg ist eine effiziente und effektive Dekarbonisierung des Strom- und Wärmesektors nicht möglich. Der Kohleausstieg ist daher energiewirtschaftlich vorrangig.
- Erdgas bleibt bis mindestens zum Jahr 2040 die kosteneffizienteste CO₂-Vermeidungsoption für Wärme und bis 2050 und darüber hinaus ein kosteneffizienter und CO₂-armer Energieträger für Back-Up-Kraftwerke.
- Um die Klimaschutzziele kosteneffizient zu erreichen, gilt es, Vorfestlegungen zu vermeiden und Technologieoffenheit sicherzustellen: So stellt die Gasinfrastruktur eine wichtige Flexibilitätsoption für die Flankierung der erneuerbaren Energien dar. Eine dekarbonisierte Welt mit Power-to-Gas kann volkswirtschaftlich günstiger sein als eine Welt ohne Gas. ■

Literatur

[1] Ecke, J.; Klein, S.; Klein, S. W.; Steinert, T.: Klimaschutz durch Sektorenkopplung: Optionen, Szenarien, Kosten. Studie im Auftrag von: DEA, EWE, Gascade, Open Grid Europe, Shell, Statoil, Thüga und VNG. Online unter www.enervis.de/images/stories/enervis/pdf/publikationen/gutachten/170321_enervis_Studie_Klimaschutz_durch_Sektorenkopplung.pdf, abgerufen am 24. Juli 2017.

Die Autoren

Julius Ecke ist Prokurist bei der enervis energy advisors GmbH und verantwortet den Bereich Politik.

Sebastian Klein ist Prokurist bei der enervis energy advisors GmbH und verantwortet den Bereich Gas & Wärme.

Dr. Werner Klein ist bei der enervis energy advisors GmbH für die Modellentwicklung im Gas- & Wärmesektor zuständig.

Tim Steinert ist bei der enervis energy advisors GmbH für die Modellierung des Strommarktes zuständig.

Kontakt:

Sebastian Klein
 enervis energy advisors GmbH
 Schlesische Str. 29
 10997 Berlin
 Tel.: 030 695175-15
 E-Mail: sebastian.klein@enervis.de
 Internet: www.enervis.de

JA, wir VERPACKEN eine steife BRISE.

**ERDGAS
 KANN MEHR
 WIR AUCH**

Mit dem weiteren Ausbau der Windenergie an Land und auf See wächst der Bedarf an Speichermöglichkeiten und Flexibilität. Unser sehr gut ausgebautes Gasnetz und unsere Gasspeicher werden damit zur Kerninfrastruktur der Energiewende, denn sie können große Mengen erneuerbaren Strom mittels Power-to-Gas (Windgas) langfristig speichern, transportieren und sektorenübergreifend nutzbar machen.

Erdgas kann mehr. Wir auch. Ihre VNG-Gruppe aus Leipzig.

ERDGAS 

VNGGRUPPE

VNG – Verbundnetz Gas Aktiengesellschaft | Braunstraße 7 | 04347 Leipzig | Telefon +49 341 443-0 | info@vng.de | www.vng-gruppe.de/erdgas-kann-mehr-wir-auch