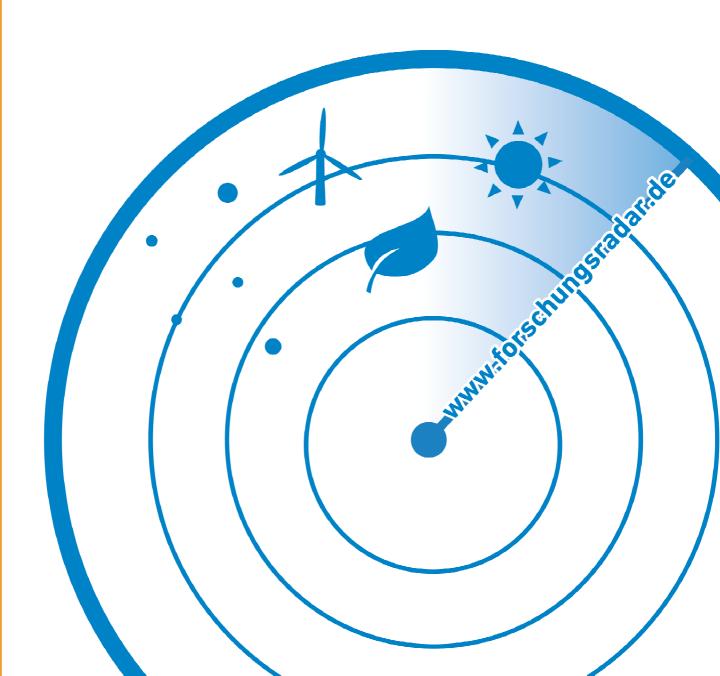
METAANALYSE

März 2018

Die Rolle erneuerbarer Gase in der Energiewende Zusammenfassung





Einleitung

Die Transformation der Energieversorgung im Stromsektor hin zu Erneuerbaren Energien erfordert Technologien zum Ausgleich der fluktuierenden Einspeisung aus Wind- und Solarenergie. Zudem benötigen die Bereiche Wärme und Mobilität klimaschonende Alternativen zu Erdöl und Erdgas. Erneuerbare Gase (Biogas und Biomethan, Wasserstoff und synthetisches Methan) können dabei eine wichtige Rolle spielen. Damit die Pariser Klimaschutzziele erreicht werden können, muss der Gasverbrauch bis zum Jahr 2050 nach und nach von fossilen auf erneuerbare Gase umgestellt werden.

Der zukünftige Bedarf an erneuerbaren Gasen in den drei Sektoren Strom, Wärme und Verkehr hängt von der Ausgestaltung der Energiewende ab. Wie stark wird die Energieeffizienz gesteigert? Wird der Energiebedarf im Wärme- und im Verkehrssektor in Zukunft überwiegend durch erneuerbaren Strom abgedeckt oder kommen hier auch Methan und Wasserstoff breit zum Einsatz? Und wie ambitioniert sind die Klimaschutzziele?

Für den Transport erneuerbarer Gase können die bereits bestehenden Kapazitäten der deutschen Gasinfrastruktur genutzt werden. Deutschland verfügt über eine Gasspeicherkapazität von rund 267 Mrd. kWh, was in etwa dem Endenergieverbrauch von Gas in den deutschen Haushalten im Jahr 2016 entspricht. Das Ausbaupotenzial der Gasspeicherkapazität wird auf 337 Mrd. kWh geschätzt.¹

Diese Metaanalyse beschäftigt sich mit den Aussagen verschiedener aktueller Studien zu:

- dem zukünftigen Verbrauch biogener Gase in den Sektoren Strom, Wärme, Verkehr und Industrie
- dem zukünftigen Verbrauch synthetischer Gase in den Sektoren Strom, Wärme, Verkehr und Industrie und die jeweiligen Anteile von Methan und Wasserstoff
- den Kohlenstoffquellen für die Methanisierung,
- der installierten Kapazität an Elektrolyseuren,
- den benötigten Strommengen für Elektrolyse und Methanisierung,
- · den Investitionskosten von Power-to-Gas-Anlagen,
- den erwarteten Wirkungsgraden von Power-to-Gas-Anlagen,
- der Auslastung (Volllaststunden) der Elektrolyseure und Biogasanlagen,
- der installierten Gaskraftwerkskapazität und
- den Power-to-Gas-Importen.

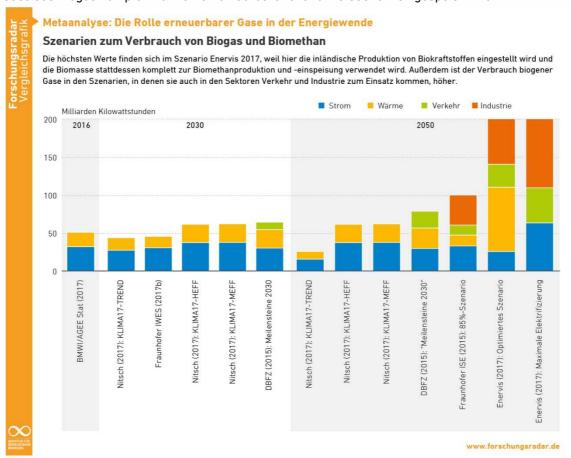
Ziel der Metaanalyse ist es, die Bandbreite von Szenarien zur energiewirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Gase im Energiesystem der Zukunft sowie zu deren ökonomischen Perspektiven abzubilden. Sie soll die Bandbreite der Expertendiskussion verdeutlichen und für mehr Transparenz in der energiepolitischen Debatte sorgen.

¹ FENES/Energy Brainpool (2015).

Biogas- und Biomethanverbrauch in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr

Im Jahr 2016 summierte sich die bereitgestellte Menge an Strom, Wärme und Kraftstoffen aus Biogas und Biomethan auf rund 52 Mrd. kWh, wobei 32 Mrd. kWh allein auf den Strombereich entfielen. Der Wärmeverbrauch auf Basis von Biogas und Biomethan lag bei 20 Mrd. kWh. Der Biomethanverbrauch im Verkehr fiel mit 0,4 Mrd. kWh noch kaum ins Gewicht.

In allen Studien wird biogenen Gasen eine relevante Rolle in der Energieversorgung der Zukunft zugesprochen. In den Klimaschutzszenarien steigt die Energiebereitstellung aus Biogas und Biomethan bis 2030 auf über 60 Mrd. kWh an. Im Jahr 2050 liegt sie in den Szenarien zwischen 26 Mrd. kWh (Nitsch 2017: TREND-17) und 200 Mrd. kWh (Enervis 2017). Neben der Energiemenge bestehen wesentliche Unterschiede zwischen den Szenarien in der Art der Nutzung der biogenen Gase. Während bei Nitsch (2017) das Biogas direkt in Kraft-Wärme-Koppelungs-(KWK-)Anlagen in Strom und Wärme umgewandelt wird, gehen Enervis (2017) und Fraunhofer ISE (2015) davon aus, dass das Biogas komplett zu Biomethan aufbereitet und ins Gasnetz eingespeist wird.



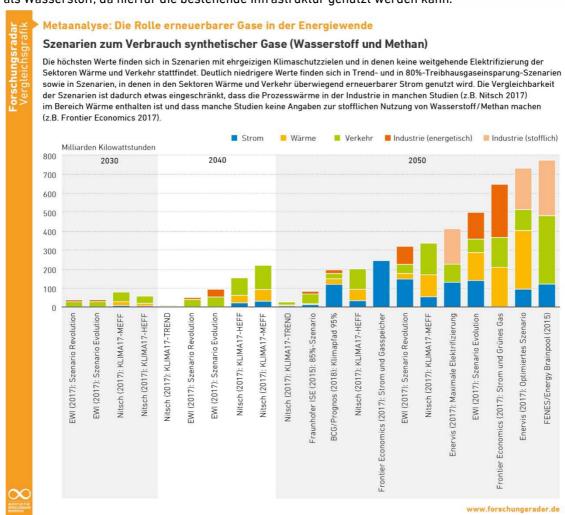
Auslastung der Biogas- und Biomethan-BHKW

Die Auslastung von Biogas- und Biomethan-BHKW liegt heute laut Fraunhofer ISE (2015) im Durchschnitt bei 7.650 Stunden pro Jahr. Das bedeutet, dass die meisten BHKW größtenteils in Grundlast Strom und Wärme bereitstellen. Sinkende Volllaststunden zeigen den Grad der Flexibilisierung der BHKW an. So geht Fraunhofer ISE (2015) davon aus, dass sich die Volllaststunden bis 2030 in etwa auf 3.880 halbieren werden. Die Auslastung flexibilisierter Biogasanlagen liegt im Studienvergleich zwischen 2.000 und 5.500 Volllaststunden. Von der

höchsten Auslastung im Jahr 2050 geht die Studie DBI et al. (2017) aus (min. 5.500 h/a). DBFZ (2015) rechnet mit 2.000 bis 5.000, acatech (2017) mit 2.000 bis 4.000 Volllaststunden. Die Agentur für Erneuerbare Energien (2015) geht für ein Szenario mit einer hundertprozentig erneuerbaren Stromversorgung (ohne konkrete Jahresangabe) von 2.400 Volllaststunden aus.

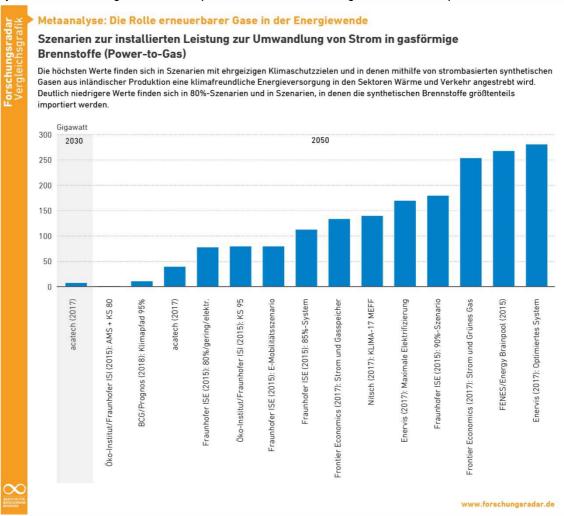
Verbrauch synthetischer erneuerbarer Gase in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr

In den untersuchten Trendszenarien und in den Szenarien, in denen nur eine CO₂-Emissionsreduktion um 80 Prozent angestrebt wird, kommt PtG auch im Jahr 2050 kaum oder gar nicht zum Einsatz. Die ausgewerteten Klimaschutzszenarien gehen von einem Endenergieverbrauch von strombasierten Gasen von mindestens 200 Mrd. kWh aus (Nitsch 2017: HEFF/BCG/Prognos 2018: Klimapfad 95%). Den höchsten Bedarf im Jahr 2050 sieht das Szenario FENES/Energy Brainpool (2015) mit 773 Mrd. kWh. Hinter der zukünftigen Rolle von PtG im Wärmebereich steht ein besonders großes Fragezeichen. In drei Klimaschutzszenarien wird auch im Jahr 2050 kein direkter Einsatz synthetischer Gase im Wärmemarkt gesehen: Enervis (2017): Maximale Elektrifizierung, Frontier Economics (2017): Strom und Gasspeicher und FENES/Energy Brainpool (2015). Die Mehrheit der Studien, die synthetischem erneuerbarem Gas eine größere Bedeutung beimisst, geht davon aus, dass synthetisches Methan eine größere Rolle spielen wird als Wasserstoff, da hierfür die bestehende Infrastruktur genutzt werden kann.



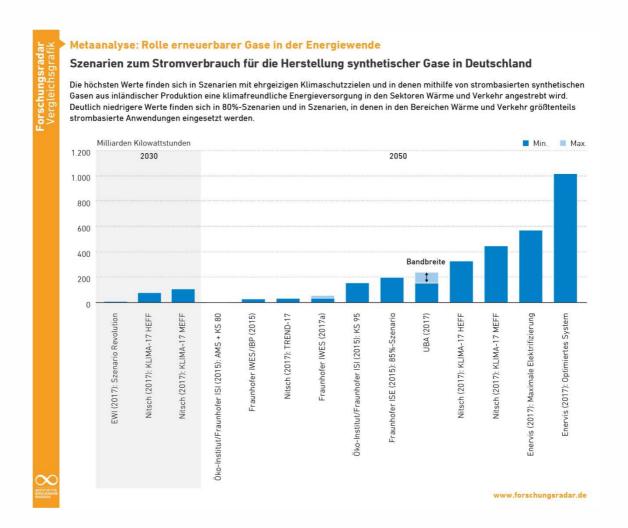
Installierte Kapazität von Elektrolyseuren

Die analysierten Studien rechnen im Jahr 2050 mit einer PtG-Anlagenleistung zwischen 0 GW (Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2015: AMS und KS 80) und 281 GW (Enervis 2017: Optimiertes System). Die sehr hohen Leistungen sind auf Szenarien beschränkt, in denen ein hohes Klimaschutzniveau angestrebt wird, in denen die synthetischen Gase in Deutschland erzeugt und in denen sie in großen Mengen im Wärme- und Verkehrssektor eingesetzt werden (Enervis 2017, FENES/Energy Brainpool 2015 und Frontier Economics 2017). Die deutlich niedrigeren Werte finden sich in Szenarien, die eine Treibhausgaseinsparung um 80 Prozent bzw. 85 Prozent annehmen (z.B. Fraunhofer ISE 2015 und acatech 2017) und in Szenarien, in denen die synthetischen Gase größtenteils importiert werden (BCG/Prognos 2018: Klimapfad 95 %).



Stromnachfrage von Power-to-Gas-Anlagen

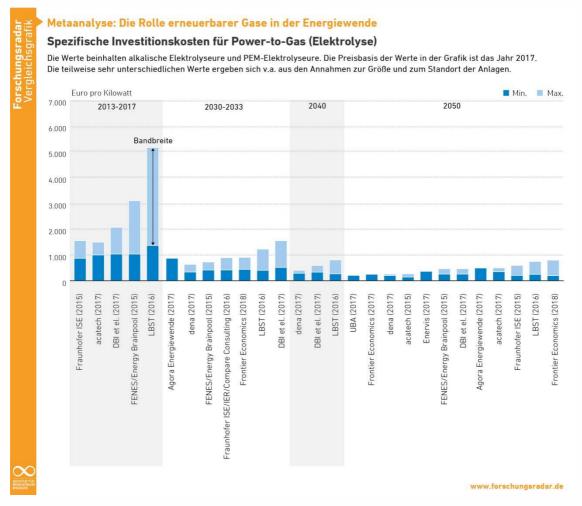
Der ausgewiesene Stromverbrauch von PtG-Anlagen reicht in den ausgewerteten Studien im Jahr 2050 von 0 (Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2015: AMS und KS 80) bis zu 1.020 Mrd. kWh (Enervis 2017: Optimiertes System). Der Stromverbrauch des PtG-Verfahrens ist wie die installierte Leistung von PtG-Anlagen stark von den Klimaschutzzielen, den Klimaschutzpfaden (Elektrifizierung oder Technologiemix) und der Importmenge abhängig.

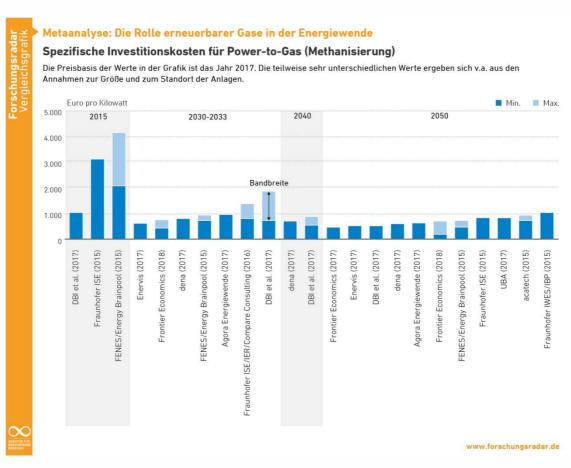


Investitionskosten für Power-to-Gas-Anlagen

Die Annahmen zu den aktuellen Investitionskosten von Elektrolyseuren schwanken zwischen rund 870 €/kW (Fraunhofer ISE 2015) und 3.100 €/kW (FENES/Energy Brainpool 2015). Den Erwartungen aller untersuchten Studien zufolge werden die Investitionskosten für Elektrolysesysteme künftig stark fallen. Bereits bis 2030 würden die Kosten im günstigsten Fall auf 338 €/kW (dena 2017) sinken. 2050 bewegen sich die Erwartungen zwischen rund 145 €/kW (acatech 2015) und 800 €/kW (Frontier Economics 2018).

Die Investitionskosten für Methanisierungsanlagen, lagen im Jahr 2017 bei ca. 1.000 €/kW (DBI et al. 2017) bis 4.150 €/kW (FENES/Energy Brainpool 2015). Bis 2030 werden die Kosten im günstigsten Fall auf 430 €/kW (Frontier Economics 2018) sinken, bis 2050 auf bis zu 190 €/kW (Frontier Economics 2018). Von den höchsten Investitionskosten im Jahr 2050 geht die Studie Fraunhofer IWES/IBP (2015) mit 1.034 €/kW aus.



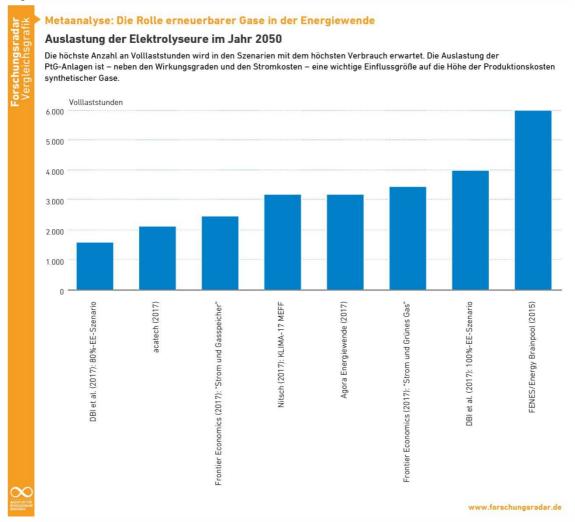


Wirkungsgrade von Power-to-Gas-Anlagen für Elektrolyse und Methanisierung

Der Wirkungsgrad von Elektrolyse und Methanisierung wird sich nach Einschätzung der ausgewerteten Studien weiter verbessern. Heute liegt der Wirkungsgrad der Elektrolyse zwischen 59 und 82 Prozent. Bis 2030 wird er den Studienannahmen zufolge auf 70 bis 93 Prozent ansteigen, bis 2050 auf 76 bis 93 Prozent. Der Prozessschritt der Methanisierung erreicht heute einen Wirkungsgrad zwischen 70 und 83 Prozent. Bis 2030 werden zwischen 84 und 89 Prozent erwartet, bis 2050 bis zu 90 Prozent.

Auslastung von Power-to-Gas-Anlagen

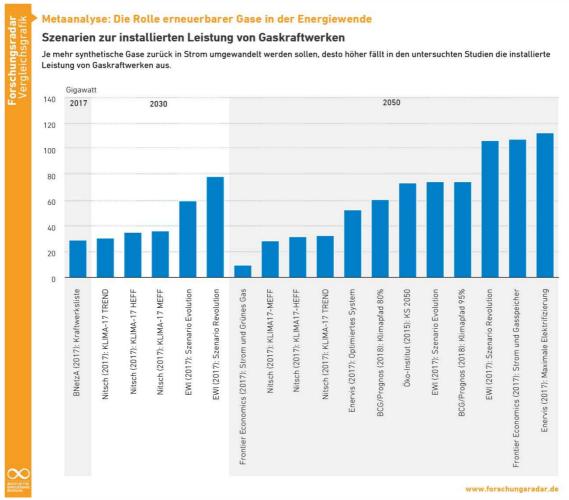
Die Kosten synthetischer Gase werden, außer von den Strombezugs- und den Investitionskosten, im Wesentlichen auch von der Auslastung der Anlagen bestimmt. Im Szenarienvergleich geht die Studie DBI et al. (2017) im "80 %-EE-Szenario" mit 1.600 h/a von der geringsten Auslastung der Elektrolyseure aus, von der höchsten geht acatech (2017) mit bis zu 7.009 h/a aus. Die höchste Anzahl an Volllaststunden wird in den Szenarien mit dem höchsten Verbrauch synthetischer Gase angenommen.



Kapazität von Gaskraftwerken

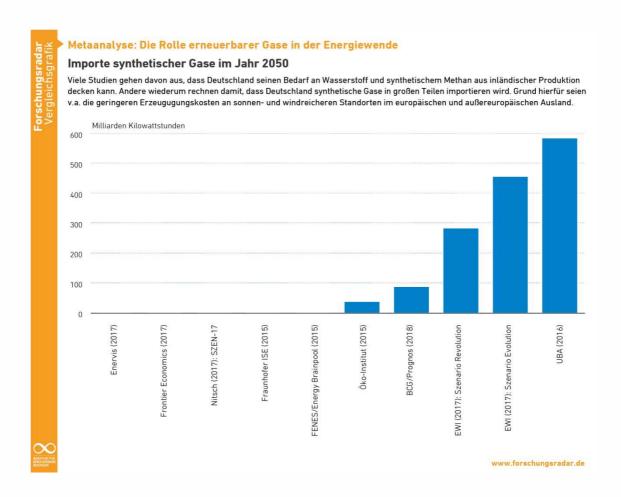
Bereits im heutigen Kraftwerkspark existieren Gaskraftwerke mit einer installierten Leistung von

knapp 30 GW. Künftig können diese Kraftwerke mit synthetischem oder biogenem Methan befeuert werden. Die höchste Gaskraftwerksleistung findet sich mit 107 GW bis 113 GW in den Szenarien, die ein hohes Klimaschutzniveau anstreben und in denen eine weitgehende Elektrifizierung der Sektoren Wärme und Verkehr angenommen wird. In den Szenarien, in denen synthetische Gase in großem Umfang direkt in den Bereichen Wärme und Verkehr eingesetzt werden, sind die Werte mit 10 GW bis 75 GW deutlich niedriger. Eine geringere installierte Leistung von Gaskraftwerken nehmen auch die Szenarien an, in denen der Energieverbrauch bis 2050 deutlich gesenkt werden kann (Nitsch 2017 und Öko-Institut/Fraunhofer ISI 2015).



Importe synthetischer erneuerbarer Gase

Die Studien Enervis (2017), Frontier Economics (2017) und FENES/Energy Brainpool (2015) gehen davon aus, dass Deutschland seinen Bedarf an synthetischen erneuerbaren Gasen zu 100 Prozent aus inländischer Produktion decken kann. Im Gegensatz dazu wird der Bedarf an synthetischem Methan in der Studie UBA (2016) mit einer Gesamtmenge von 588 Mrd. kWh komplett durch Importe gedeckt. In den EWI-Szenarien "Revolution" und "Evolution" werden 286 von 319 Mrd. kWh bzw. 459 von 498 Mrd. kWh – und somit ca. 90 Prozent des Wasserstoffs und des synthetischen Methans – aus dem europäischen und nicht-europäischen Ausland importiert. Im Klimapfad 95% von BCG/Prognos (2018) wird mit 90 Mrd. kWh knapp die Hälfte des Bedarfs erneuerbarer Gase durch Importe gedeckt.



Schlussfolgerungen

Die Rolle der biogenen Gase (Biogas und Biomethan) für die Energiewende wird sich fundamental ändern. Heute wird Biogas fast ausschließlich zur Stromerzeugung und zur Wärmebereitstellung in KWK-Anlagen eingesetzt. Mengenmäßig wird es hier voraussichtlich keine großen Zuwächse mehr geben. Stattdessen wird Biogas in Zukunft flexibel als Lückenfüller für die wetterabhängige Wind- und Solarenergie eingesetzt oder, aufbereitet zu Biomethan, ins bestehende Gasnetz eingespeist. Potenzial für eine signifikante Nachfragesteigerung besteht nur im Verkehr und in der Industrie.

Für die zukünftige Rolle synthetischer Gase in den einzelnen Sektoren lassen sich noch keine eindeutigen Trends erkennen. Relativ klar ist nur, dass in einem weitgehend dekarbonisierten Energiesystem PtG im Stromsektor als Ausgleich der fluktuierenden erneuerbaren Stromerzeugung gebraucht wird. Auch im Verkehr werden die strombasierten Gase einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten. Die Wärme ist der einzige Sektor, indem auch Klimaschutzszenarien ohne PtG auskommen. In Summe wird das größte Potenzial für die synthetischen Gase im Verkehr und in der Industrie gesehen.

Für die Höhe des Bedarfs an synthetischen erneuerbaren Gasen lassen sich aus dem Studienvergleich drei entscheidende Annahmen identifizieren:

- 1. Das angestrebte Klimaschutzniveau: Ob eine CO₂-Reduktion um 80 Prozent oder um 95 Prozent angestrebt wird, macht einen enormen Unterschied.
- Der eingeschlagene Klimaschutzpfad: In den Szenarien, in denen eine weitestgehende Elektrifizierung der Sektoren Wärme und Verkehr angenommen wird, spielen synthetische erneuerbare Gase eine deutlich geringere Rolle als in den Szenarien, in denen ein offener Technologiemix angenommen wird.
- Der Energieverbrauch: In den Szenarien, in denen die Energieeffizienz deutlich gesteigert und der Energieverbrauch deutlich gesenkt werden kann, ist auch der Bedarf an synthetischen Gasen geringer.

Für die Höhe des Bedarfs an PtG-Produktionskapazitäten sowie des Strombedarfs der PtG-Anlagen sind ebenfalls dieses drei Annahmen ausschlaggebend. Hinzu kommt hier aber ein weiterer Faktor: Von welcher Importmenge gehen die Szenarien aus? Wird Wasserstoff oder synthetisches Methan weitgehend importiert, so reduziert sich auch der Bedarf an inländischen PtG-Anlagen und an heimischem erneuerbarem Strom drastisch.

5 Ausgewertete Studien

- acatech (2015): Energiespeicher. Technologiesteckbrief zur Analyse "Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050"
- acatech/Leopoldina/Akademieunion (2017): >> Sektorkopplung << Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems
- Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (2015): Die Neue Stromwelt. Szenario eines 100% erneuerbaren Stromversorgungssystems
- Agora Energiewende/Öko-Institut (2017): Erneuerbare vs. fossile Stromsysteme: ein Kostenvergleich
- ▶ Boston Consulting Group/Prognos (2018): Klimapfade für Deutschland
- DBI et al. (2017): KonStGas. Integration fluktuierender erneuerbarer Energien durch konvergente Nutzung von Strom- und Gasnetzen – Konvergenz Strom- und Gasnetze –
- dena/EWI/ITG/FIW (2017): Gebäudestudie. Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Ressourcenschutzpolitik
- dena (2016): Potenzialatlas Power to Gas
- Deutsches Biomasseforschungszentrum (2015): Meilensteine 2030. Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen und nachhaltigen Bioenergiestrategie
- ▶ Enervis (2017): Erneuerbare Gase ein Systemupdate der Energiewende
- ► EWI (2017): Energiemarkt 2030 und 2050 Der Beitrag von Gas- und Wärmeinfrastruktur zu einer effizienten CO₂-Minderung
- <u>FENES/Energy Brainpool (2015): Bedeutung und Notwendigkeit von Windgas für die Energiewende in</u> Deutschland
- Fraunhofer ISE/IER/Compare Consulting (2016): Stromspeichertechnologien
- Fraunhofer ISE (2015): Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050
- Fraunhofer ISI/Consentec/ifeu/BMWi (2017): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland
- Fraunhofer IWES (2017a): Analyse eines europäischen -95%-Klimazielszenarios über mehrere Wetterjahre
- Fraunhofer IWES (2017b): Beitrag von Biogas zu einer verlässlichen erneuerbaren Stromversorgung
- Fraunhofer IWES / Fraunhofer IBP / IFEU / SUER (2015): Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr
- Frontier Economics/IAEW/FourManagement/EMCEL (2017): Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende in Deutschland
- Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten synthetischer Brennstoffe
- Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (2016): Renewables in Transport 2050. Empowering a sustainable mobility future with zero emission fuels from renewable electricity
- Nitsch, Joachim (2017): Erfolgreiche Energiewende nur mit verbesserter Energieeffizienz und einem klimagerechten Energiemarkt – Aktuelle Szenarien 2017 der deutschen Energieversorgung
- Nymoen/Zukunft ERDGAS (2017): Delphi-Kurzstudie: Praxis und Potenzial von Power-to-Gas
- ▶ Öko-Institut/Fraunhofer ISI (2015): Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht
- Umweltbundesamt (2016): Integration von Power-to-Gas/Power-to-Liquid in den laufenden Transformationsprozess
- Umweltbundesamt/Öko-Institut/Fraunhofer ISE (2017): Klimaneutraler Gebäudebestand

Bearbeiter:

Magnus Maier

Weitere Informationen und Grafiken finden Sie im Forschungsradar Energiewende: www.forschungsradar.de.

Kontakt:

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

Magnus Maier

Referent für Energiewirtschaft

Tel: 030-200535-55

E-Mail: m.maier@unendlich-viel-energie.de

www.unendlich-viel-energie.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages