

# Die Rolle von Biogas für ein klimaneutrales, 100 % erneuerbares Stromsystem 2035

Karin Arnold, Christine Krüger, Martin Dotzauer und Tino Barchmann

*Die Bundesregierung verfolgt das ambitionierte Ziel einer Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf 80 % bis 2030 bzw. einer nahezu vollständig erneuerbaren Stromversorgung 2035. Im Zuge der avisierten Elektrifizierung anderer Sektoren wie Wärme und Mobilität im Rahmen der Sektorenkopplung nimmt die Bedeutung des Stromsektors weiter zu. Angesichts der aktuellen geopolitischen Umwälzungen und den sich abzeichnenden Knappheiten für fossiles Gas wird in einer Kurzstudie evaluiert, welchen Platz Biogas in einem langfristig zukunftsfähigen Energiesystem einnehmen kann.*

## Klimaneutralität bedingt Erdgas-Ausstieg

Deutschland hat sich verpflichtet, bis 2045 klimaneutral zu wirtschaften – nur so besteht eine Chance, den Klimawandel abzubremesen und den Temperaturanstieg auf ein vertretbares Maß zu begrenzen. Die äußerst ambitionierte Vorgabe erfordert einen Ausstieg aus allen fossilen Energieträgern zum frühestmöglichen Zeitpunkt. Renommiertere Energie-Langfristszenarien (BMWK Langfristszenarien [1]; Klimaneutrales Deutschland 2045 [2]; dena Leitstudie 2021 [3], BDI Klimapfade 2.0 [4]) haben daher bereits vor Beginn des Krieges in der Ukraine und der damit einhergehenden Verknappung von Erdgas einen Ausstieg aus der Nutzung von Erdgas hierzulande einkalkuliert – aus dem Grund, dass Deutschland als Industrieland sich diese Emissionen nicht mehr leisten kann.

Die Verschärfung der Situation durch die gezielte Verknappung von Erdgas durch Russland wirkt an mehreren Stellen auf die Ausstiegs-Szenarien ein, wobei die Auswirkungen unterschiedliche Ausprägungen haben. Ein Effekt sind die Bemühungen um den Zukauf von Liquefied Natural Gas (LNG), die kurzfristig verständlich sind, aber auf mittlere bis lange Sicht die Gefahr eines Lock-In mit sich bringen.

Ein anderer Effekt ist, dass sich die öffentliche Aufmerksamkeit verstärkt auf den heimischen Energieträger Biogas/Biomethan richtet. Inwieweit kann in Deutschland erzeugtes Biogas das bisher genutzte russische Erdgas ersetzen?

Diese Frage ist im Laufe des Jahres 2022 oft gestellt worden, zeigt aber nach Ansicht der

Bild in "et", Heft 1-2, verfügbar

**Biogas kann flexibel auf verschiedener Basis erzeugt werden, ist gut zu speichern und dadurch zur Spitzenlasterzeugung bzw. für den Ausgleich schwankender Residuallasten einsetzbar**

*Bild: Adobe Stock*

Autorinnen und Autoren nicht immer in die richtige Richtung – vor allem wegen des so wieso notwendigen Ausstiegs aus der Erdgas-Nutzung, welcher vielfach nicht berücksichtigt wird. Erfolgt lediglich die monokausale Betrachtung, eine Methanquelle kurzfristig durch eine andere zu ersetzen, geht die Fokussierung des dringend benötigten Umbaus des Energiesystems („weg vom Erdgas“) sowie die langfristig effizienteste Nutzung des Energieträgers Biogas verloren.

Die Kurzstudie zur Rolle von Biogas für ein klimaneutrales, 100 % erneuerbares Stromsystem 2035 [5] stellt daher die Frage, welchen Platz Biogas in einem langfristig zukunftsfähigen Energiesystem dauerhaft und nachhaltig einnehmen kann, über den reinen „Ersatz“ von Erdgas hinaus.

Der Betrachtungszeitraum 2035 ist so gewählt, dass der Umbau des Stromsystems auf 100 % erneuerbare und größtenteils fluktuierende Energieträger schon in weiten Teilen erfolgt ist, wenn auch noch ein Rest an Erdgas für die Deckung von Lastspitzen eingesetzt wird.

Für den Anlagenpark der Biogas- und Biomethananlagen ist 2035 ein relevanter Zeitpunkt in der Hinsicht, dass bis dahin der bestehende Anlagenpark so weiterentwickelt bzw. umgerüstet sein muss, um auch weiterhin zukunftsfähig aufgestellt zu sein.

Biogas und Biomethan unterscheiden sich darin, dass Biogas das direkte Produkt der Biogasanlage bezeichnet, welches neben Methan noch einen erheblichen Anteil an CO<sub>2</sub> enthält. Die Umwandlung zu Strom (die hier im Vordergrund der Betrachtung steht)

erfolgt bei Vor-Ort-Verstromungsanlagen über ein Blockheizkraftwerk (BHKW) direkt am Standort der Biogasbereitstellung. Dagegen wird Biomethan soweit aufbereitet, dass – vor allem nach Entfernen des CO<sub>2</sub> – das entstehende Produkt sich in seiner chemischen Zusammensetzung von Erdgas praktisch nicht mehr unterscheidet. Biomethan kann in das vorhandene Erdgasnetz eingespeist werden, so dass dessen Nutzung von der Erzeugung räumlich getrennt erfolgen kann.

### Was braucht das erneuerbare Stromsystem in 2035?

Das Stromsystem der Zukunft beruht vor allem auf den Säulen aus Wind- und Sonnenenergie, die in den oben genannten Energie-Langfristszenarien den überwiegenden Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung liefern. Das ergibt sich vor allem aus den dort noch vorhandenen Ausbaupotentialen und günstigen Stromgestehungskosten dieser beiden Erzeugungsarten. Die Mehrheit der Szenariostudien sieht Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie in der Größenordnung von einigen 100 TWh. Biomasse ist dagegen nur begrenzt verfügbar (siehe folgenden Abschnitt) und wird daher rein mengenmäßig eine andere Rolle als Windenergie und PV im Stromsystem spielen.

Dies gilt insbesondere, wenn nur nachhaltig erzeugte Biomasse eingesetzt werden soll, wie es dem Verständnis eines nachhaltigen, zukunftsfähigen Energiesystems entspricht. Die Stärke der Stromerzeugung aus Biomasse liegt darin, dass sie im Vergleich zu Wind- und Solarenergie flexibel und regelbar eingesetzt werden kann und damit eine bedeutende Flexibilitätsoption darstellt.

Unter den verschiedenen einsetzbaren Biomassen sind Biogas sowie Biomethan besonders flexibel auf Basis verschiedener Substrate zu erzeugen und über lokale Gasspeicher oder das Gasnetz gut zu speichern und bedarfsgerecht einsetzbar. Damit geht die Möglichkeit einher, diese Energieträger zur Spitzenlastherzeugung bzw. für den Ausgleich schwankender Residuallasten einzusetzen.

Im Rahmen der vorliegenden Betrachtungen wird insbesondere auf die Residuallast fokussiert. Dies ist die verbleibende Last, welche als Differenz von Angebot an Strom aus erneuerbaren Energien und der Nachfrage gebildet

wird – also vereinfacht gesagt, der Strom, der im Moment der Nachfrage nicht durch Wind und Sonne bereitgestellt werden kann.

Um diesen Ausgleich zu schaffen, stehen dem Stromsystem vielfältige Flexibilitätsoptionen zur Verfügung: die Speicherung von Strom (in Pumpspeichern, Batterien, etc.), der flexible Einsatz neuer, regelbarer Lasten (Wärmepumpen, Elektrolyseure oder gesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen) sowie die Option, mit (erneuerbaren) Gasen betriebene Kraftwerke als steuerbare Erzeuger. Letzteres könnte (teilweise) von Biogas oder Biomethan übernommen werden.

Um diese Rolle auszufüllen, sollten Biogasanlagen (BGA) über flexibilisierte Anlagenkonfigurationen verfügen, die eine möglichst bedarfsgerechte Stromerzeugung ermöglichen. Im Wesentlichen gibt es dazu zwei Stellschrauben:

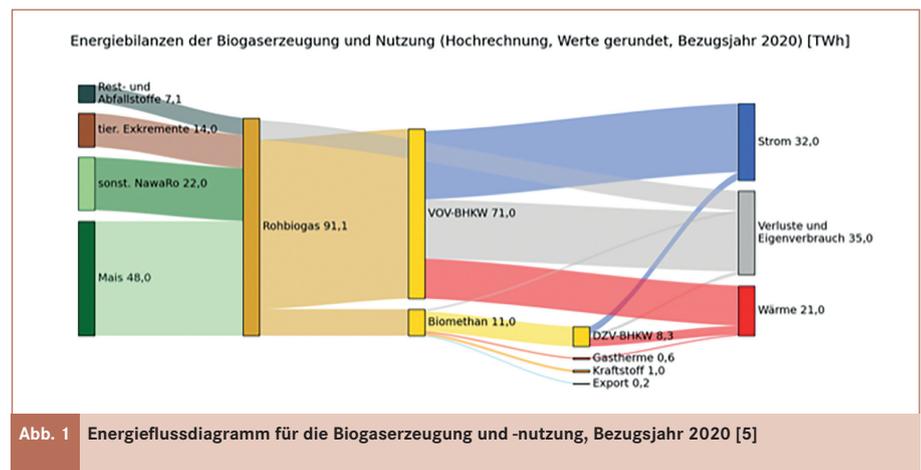
- **Überbauung:** Durch zusätzliche oder größere BHKW an der BGA kann die Erzeugungsleistung gegenüber der (mittleren) Bemessungsleistung erhöht werden. Die gleiche Biogasmenge kann dann in kürzerer Zeit mit höherer Leistung verstromt werden.
- **Gasspeicher:** Das erzeugte Gas wird nicht direkt im BHKW umgesetzt, sondern im Gasspeicher zwischengespeichert, über diesen Speicher können also Zeiten überbrückt werden, in denen das BHKW stillsteht, während der biologische Prozess weiter Gas erzeugt. Weiterhin dient der Speicher auch dazu, den erhöhten Gasbedarf des überbauten BHKW mit zu bedienen, da die mittlere Gasproduktion bei flexiblen BGA dafür nicht mehr ausreicht.

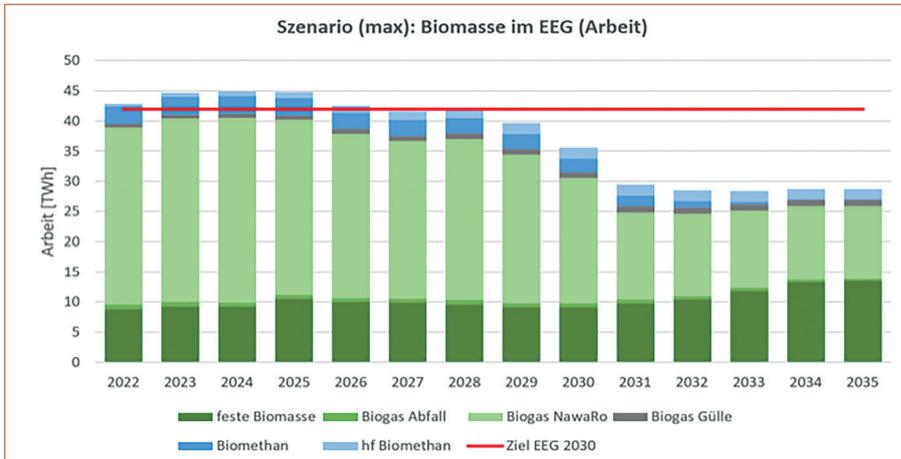
Beide Optionen sind in der Praxis bereits etabliert und ein wachsender Anteil der Anlagen ist damit bereits in der Lage, Strom sehr gezielt in Hochpreisphasen zu erzeugen. Eine Visualisierung der Flexibilität ausgewählter Biogasanlagen bietet das Visuflex-Portal der FNR [6]. Da hier aber nur ein kleiner Teil des gesamten Anlagenbestandes repräsentiert wird und es auch noch etliche unflexible BGA gibt, besteht hier noch ein deutliches Optimierungspotenzial.

Sowohl die Residuallast als Funktion des Anteils an erneuerbaren Energieträgern als auch die benötigte Anlagenkonfiguration der BGA werden sich mit dem sich dynamisch entwickelnden Stromsystem im Ausblick verändern. Die Residuallast wird erratischer; Unterschiede zwischen Sommer und Winter werden stärker. Damit nehmen auch die Anforderungen an die bereitzustellende Flexibilität zu. Das dann benötigte Profil für BGA ist bisher noch nicht im Detail untersucht, da bisher vor allem die inntägigen Preis- bzw. Residuallastschwankungen im Vordergrund standen. Das Kurzprojekt nach [5] hat dazu einen Beitrag geleistet, indem es aus Sicht des Stromsystems Rückschlüsse auf den Anlagenpark der BGA betrachtet hat.

### Potential an Biogas und Biomethan

Für die Bereitstellung von Biogas kommen unterschiedliche Rohstoffe zum Einsatz, die grob in vier Kategorien unterteilt werden können: Rest- und Abfallstoffe, tierische Exkremente, nachwachsende Rohstoffe (exkl. Mais) und Mais. In Summe wurden aus diesen Rohstoffen über 90 TWh Biogas in Bezug auf den





**Abb. 2** Hochrechnung der Bestandsentwicklung der Bioenergieanlagen unter optimistischen Annahmen in Bezug auf die Stromerzeugung nach EEG 2021 (Maximalszenario) [5] Bild: Quelle

Heizwert generiert (vgl. Abb. 1). Der größte Teil des erzeugten Rohgases (über 75 %) wird dann direkt vor Ort in BHKW zu Strom und Wärme umgewandelt. Der restliche Anteil der Rohgasmenge wird in Biomethananlagen auf Erdgasqualität aufbereitet, wobei wiederum der Einsatz zur Strom- und Wärmeerzeugung in BHKW dominiert. In geringem Umfang wird Biomethan auch im Kraftstoffsektor oder zur reinen Wärmeerzeugung eingesetzt. Knapp 2 % des Biomethans werden exportiert.

In der zu Grunde liegenden Kurzstudie wurde eine Hochrechnung zur Bestandsentwicklung erstellt, die optimistische Annahmen zu den Beteiligungen an den zukünftigen EEG-Ausschreibungen unterstellt. Die bisherigen Ausschreibungsrunden für Biomasse waren allerdings bislang konsequent unterzeichnet.

Auf Basis dieser Hochrechnung ergeben sich für die Jahre bis 2035 bestimmte Werte für die installierte elektrische Leistung und die durch die Anlagen verrichtete Arbeit. In Abb. 2 ist dazu die Entwicklung der Strommengen aus allen Bioenergieanlagen dargestellt, wo-

bei sehr deutlich wird, dass die erzeugten Mengen aus Biogas- und Biomethananlagen deutlich rückläufig sind. Hauptursachen dafür sind zum einen, dass das Ausschreibungsdesign des EEG schon rein rechnerisch nicht genügend kumuliertes Gebotsvolumen bietet, um alle Bestandsanlagen in die Anschlussförderung zu überführen. Ein zweiter Grund ist, dass die obligatorische Flexibilisierung mit einem Überbauungsfaktor von mindestens 2,25 dafür sorgt, dass die bezuschlagten Volumina geringer ausgelastet werden als das heute im Bestand der Fall ist.

Zusätzlich zum Rückgang der Stromproduktion sind derzeit noch eine Reihe ungenutzter Rest- und Abfallstoffe verfügbar, die unter Berücksichtigung konkurrierender Nutzungsansprüche für die Biogasproduktion mobilisiert werden können. In Summe könnten so etwa 17,5 TWh in Bezug auf den in den Stoffgruppen enthaltenen Biogaspotentiale dafür genutzt werden, um den derzeit noch dominierenden nachwachsenden Rohstoffe schrittweise zu substituieren. Die mögliche Umstellung der Einsatzstoffbasis kann in Kombi-

nation mit dem Rückgang der erzeugten Strommengen aus BGA dazu genutzt werden, die Biogasproduktion zukünftig fast vollständig auf Rest- und Abfallstoffe umzustellen. Die in der Kurzstudie dargestellten Beiträge zur erneuerbaren Spitzenlastbereitstellung in 2035 sind damit prinzipiell langfristig verfügbar und die derzeit noch bestehenden Rückkopplungen zu den Agrarmärkten können weitgehend abgebaut werden.

### Biogas als Flexibilitätsoption im Stromsystem

Im Kontext der Einsatzmöglichkeiten von Biogas im Stromsystem wurden zwei Aspekte untersucht:

- Welche Anlagenkonfigurationen sollten flexibilisierte Biogasanlagen haben, um die Residuallast im Jahr 2035 bestmöglich zu decken?
- Welcher Anteil der Residuallast wird in 2035 noch durch Erdgas gedeckt und wie viel davon ließe sich durch den Anlagenpark Biogas ersetzen?

Für den ersten Aspekt wird insbesondere untersucht, welchen Einfluss der Überbauungsfaktor und die Speicherdauer von BGA auf die Energieversorgung im Stromsystem 2035 haben. Führt eine stärkere Flexibilisierung der BGA zu einer Verringerung der Residuallast und damit zu einer Verringerung der Stromerzeugung aus Erdgas?

Um sich dieser Frage zu nähern, wird der angenommene Anlagenpark im Betrachtungsjahr 2035 entsprechend der zuvor dargestellten Bestandsentwicklung zugrunde gelegt (siehe Tab.). Dabei wird nur für das mittlere und große Anlagensegment eine Variation in Überbauung und Speichergröße angelegt, während die kleinen, gülledominierten Anlagen als vergleichsweise „unflexibel“ und die Biomethananlagen als hochflexibel eingestuft werden.

Das Ergebnis der Variationen zeigt Abb. 3 als Zusammenhang der beiden Flexibilitäts-Konfigurationen mit der Minderung der Residuallast, bezogen auf eine zweifache Überbauung mit 12 Stunden Speichergröße. Dabei wird sichtbar, dass sowohl die zweifache als auch die vierfache Überbauung positive Effekte auf die Residuallastminderung hat, die mit stei-

Kategorie	Jahres-Stromerzeugung	Überbauungsfaktor	Speichergröße
Güllebetonte BGA mit inflexibler Fahrweise bis 80 kW	1.100 GWh	1,23	0
hochflexible Biomethan-BHKW („Biomethan-Peaker“)	1.800 GWh	6,57	∞
mittleres und größeres Anlagensegment ab 80 kW	12.300 GWh	Varianten: 2, 4, 6, 8	Varianten [h]: 12, 24, 36, 48, 72

**Tab.** Angenommener Anlagenpark im Jahr 2035 und Annahmen zur Überbauung und Speichergröße

genger Speichergröße verstärkt ausgenutzt werden können. Höhere Überbauungsfaktoren oberhalb von vier zeigen dagegen nur noch einen geringen Effekt auf die Residuallastglättung.

Das bedeutet, dass es zwar aus betriebswirtschaftlicher Sicht (die hier nicht untersucht wurde) für die Anlagen sinnvoll sein kann, höhere Überbauungen anzulegen – aus Sicht des Residuallastausgleichs und damit volkswirtschaftlich sind diese aber nicht mit einem höheren Nutzen verbunden. Für die Speichergröße ist dieser Effekt nicht zu sehen – je größer der Speicher, desto größer ist auch der Nutzen für das Stromsystem.

Im zweiten Aspekt wird spezifischer nach dem mengenmäßigen Ersatz von Erdgas gefragt. Dazu wird zunächst die Charakteristik des Einsatzes von Erdgas zur Stromerzeugung aufbereitet und dann in Bezug zum Anlagenpark gesetzt. Welche zusätzlichen Energiemengen müssten durch Biogas aufgebracht und welche Flexibilitätsanforderungen erfüllt werden, um Erdgas in seiner Funktion zur Deckung der Spitzenlasten im Jahr 2035 theoretisch vollständig zu ersetzen?

Die Rahmenbedingungen werden wiederum in Anlehnung an das aktuelle Klimaschutz-Szenario des Wuppertal Instituts SC4-KN [7] modelliert. Die modellierte Stromerzeugung aus Erdgas im Jahr 2035 – unter Einbeziehung der Biogasmengen mit einer Basis-Flexibilität mit zweifacher Überbauung und 12 h Speicher – beträgt 22,1 TWh, wofür

eine Spitzenleistung von 49,7 GW mit nur 443 Volllast-Stunden genutzt wird [8]. Es ist damit deutlich zu erkennen, dass Erdgas nur noch als Backup-Kraftwerk mit sehr geringer Auslastung eingesetzt wird. Würde diese Systemfunktion auf Biogas übertragen, müssten folgende Annahmen getroffen werden:

- Es müssten zusätzliche Stromerzeugungsmengen von ca. 22 TWh realisiert werden (insgesamt ca. 37 TWh Stromerzeugung aus Biogas; gegenüber rund 30 TWh in 2020 bzw. 15 TWh in der Abschätzung für 2035).
- Eine Erzeugung dieses Biogases in konstanter oder moderat flexibilisierter Weise wäre jedoch nicht geeignet, die Erzeugungsschwankungen aus Wind und PV auszugleichen. Stattdessen müsste die Biogas-Stromerzeugung massiv flexibilisiert werden.
- Die Biogas-Speicher müssten auf mehrere Tausend Stunden ausgelegt werden. Das ist nur möglich, wenn das Biogas zu Biomethan aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist wird. Das bestehende Erdgasnetz kann dabei als unendlich großer Speicher gesehen werden.
- Die Anlagen müssten etwa 20-fach überbaut werden. Für eine Band-Stromerzeugung von 22 TWh wären 2,5 GW elektrische Leistung notwendig, für den Ersatz der Erdgas-Kraftwerke müssten allerdings etwa 50 GW vorgehalten werden. Dazu kommen zusätzliche Kapazitäten, die in Erdgas-

Kraftwerken für die Versorgungssicherheit vorgehalten werden. Durch eine saisonale Biogaserzeugung und einer angenommenen Verdopplung der Gasleistung im Winter gegenüber Sommer wäre „nur noch“ eine zehnfache Überbauung vonnöten.

Diese Annahmen sind extrem ambitioniert und sehr wahrscheinlich in der Praxis nicht wirtschaftlich umsetzbar. Es besteht aber die Möglichkeit, die Anlagen zumindest tendenziell in diese Richtung weiter zu entwickeln und durch ein gezieltes Fütterungsmanagement und damit einer gesteuerten Biogaserzeugung die oben genannten Beiträge zur Residuallastdeckung noch zu übertreffen.

Betriebswirtschaftlich liegt eine große Herausforderung in der geringen Volllaststundenzahl, die durch spezifische höhere Marktwerte durch eine strompreisgeführte Fahrweise kompensiert werden kann, sofern die Anlagenkonfiguration sich optimal an den zukünftigen Preissignalen der Strombörse ausrichtet.

Aus heutiger Sicht müsste der gesamte Anlagenpark quantitativ erhalten und qualitativ ausgebaut und ertüchtigt bzw. zum großen Teil auf Biomethan umgestellt werden. Dennoch ist offen, ob eine umfassende Ertüchtigung des Biogasanlagenparks oder eine Forcierung der Biomethaneinspeisung sich als zielführend erweisen würde. Dazu sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

- *Kein vollständiger Ersatz von Erdgas:* Mit den hier angestellten Betrachtungen könnte Erdgas in der Stromerzeugung ersetzt werden. Der Einsatz von Erdgas in der Industrie bestünde weiterhin.
- *Potentielle Gefahr von Lock-In:* Bei der Betrachtung handelt es sich um eine Projektion bis zum Jahr 2035. Wie eingangs beschrieben, wird nach diesem Zeitpunkt rechnerisch keine Stromerzeugung aus Erdgas mehr stattfinden bzw. Erdgas wird nicht mehr als Energieträger im Stromsystem genutzt. Biogas steht damit nur noch in Konkurrenz zu anderen Flexibilitätsoptionen des Residuallast-Ausgleichs.

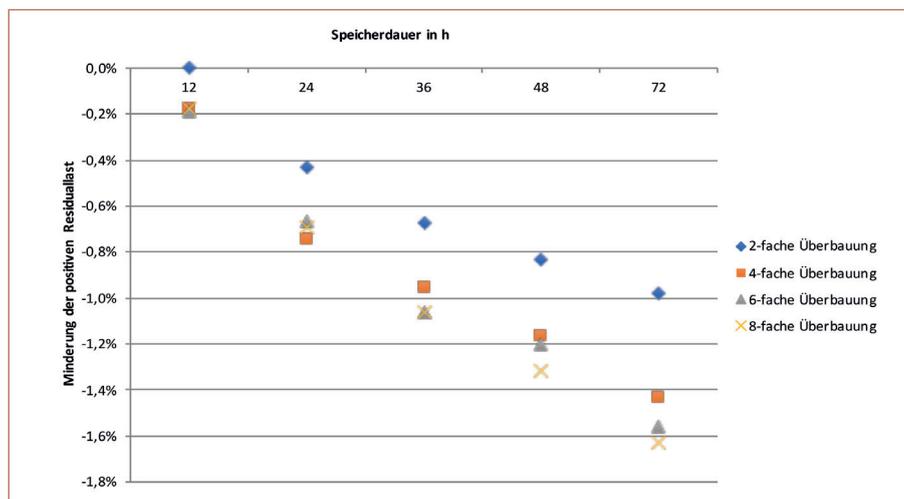


Abb. 3 Zusammenhang von Minderung der Residuallast und Überbauung sowie Speichergröße (Modellierungsergebnis)

- **Verfügbarkeit Erdgasnetz:** Die flächen-deckende Verfügbarkeit des Gasnetzes ist perspektivisch zu hinterfragen. Es wird angenommen, dass es in weiten Teilen zurückgebaut bzw. zum Wasserstoff-Netz umgewidmet wird. Daher ist der Zugang zum Erdgasnetz als Distributionsinfrastruktur für Biomethan zukünftig nicht unbedingt gesichert und sind die Nutzmöglichkeiten von Biomethan deutlich eingeschränkt.
- **Szenarien-Annahmen:** Einschränkend ist zu den hier vorgestellten Ergebnissen zu betonen, dass verschiedene Szenarien eine große Bandbreite des möglichen Erdgaseinsatzes im Jahr 2035 sehen. Je nach Entwicklung des deutschen und europäischen Energiesystems können durchaus auch größere Stromerzeugungsmengen aus Erdgas notwendig sein.

## Kernbotschaften

Die Rolle sowohl von Biogas als auch Biomethan im Stromsystem der Zukunft besteht in der flexiblen Strombereitstellung zur Glättung der Residuallast und damit im mittleren Ausblick als Ersatz für Erdgas in der Spitzenlast. Einen vollständigen Ersatz von Erdgas durch Biogas anzustreben, ist nicht dauerhaft zielführend und wird der langfristigen Rolle von Biogas nicht gerecht.

Unter Fortschreibung der aktuellen Regelungen im EEG ist für Biogas mit einer stagnierenden Leistung bei gleichzeitigem Rückgang der Stromproduktion durch die Flexibilisierung zu rechnen. Dieser Rückgang der Biogasverstromung führt zu sinkenden Rohstoffbedarfen, gleichzeitig kann ein vermehrter Einsatz von Rest- und Abfallstoffen nachwachsende Rohstoffe substituieren.

Im Anlagenbestand besteht ein erhebliches Potential zur weitergehenden Flexibilisierung. Ohne Anpassung des Regulierungsrahmens und wegen den dadurch hohen Investitionsrisiken für notwendige Investitionen kann dieses aber nur teilweise für das Energiesystem mobilisiert werden.

Aus Sicht des Stromsystems ist – nach den vorliegenden Ergebnissen – eine Überbauung mit einem Faktor um vier sinnvoll. Höhere Überbauungen werden vom Stromsystem ohne eine simultane Flexibilisierung der Gaserzeugung wahrscheinlich nicht nachgefragt.

## Anmerkungen/Literatur

- [1] BMWK (2022): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Berlin. <https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/dokumente/>

- [2] Agora Energiewende (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Prognos, Wuppertal Institut, Öko-Institut. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045/>, accessed May 17, 2022.
- [3] dena (2021): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. <https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/energiesysteme/dena-leitstudie-integrierte-energiewende/>, accessed May 13, 2022.
- [4] BDI (2021): Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm Für Klima Und Zukunft. [https://issuu.com/bdi-berlin/docs/211021\\_bdi\\_klimapfade\\_2.0\\_-\\_gesamtstudie\\_-\\_vorabve](https://issuu.com/bdi-berlin/docs/211021_bdi_klimapfade_2.0_-_gesamtstudie_-_vorabve), accessed July 26, 2022.
- [5] Dotzauer, M.; Arnold, K.; Barchmann, T. et al. (2022): Kurzstudie zur Rolle von Biogas für ein 100% Erneuerbares Stromsystem 2035. Leipzig/ Wuppertal: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum und WI Wuppertal Institut.
- [6] <https://visuflex.fnr.de>
- [7] Bisher unveröffentlicht. Die Ergebnisse werden zeitnah unter [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org) sowie <https://www.energy4climate.nrw/industrie-produktion/in4climatenrw/ergebnisse-des-thinktanks> publiziert.
- [8] Die Erdgaskraftwerke erzeugen also nur 5 % der theoretisch in 8.760 h erzeugbaren Energiemenge.

*K. Arnold, C. Krüger, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal; M. Dotzauer, T. Barchmann, DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig*  
**Kontakt: [Karin.arnold@wupperinst.org](mailto:Karin.arnold@wupperinst.org)**