

Motivation und Zielsetzung der Studie

KURZFASSUNG:

Es besteht Konsens über die Notwendigkeit, künftige Versorgungsengpässe im deutschen Stromsystem durch den Aufbau zusätzlicher Reservekraftwerks-Kapazitäten zu vermeiden. Die Bundesregierung plant dazu in Ihrer Kraftwerksstrategie vom 5.2.2024 die Ausschreibung neuer „H2-Ready Gaskraftwerke“ mit einer Kapazität von 10 GW_{el}. Dies steht im Widerspruch zu früheren Planungen und Empfehlungen, die höhere Reserve-Kapazitäten von 23,8 GW_{el} bis 2035 vorsahen. Der Fachverband Biogas empfiehlt in seiner Pressemitteilung vom 22.2.2024 durch die Flexibilisierung bestehender Biogasanlagen Reservekapazitäten von 12 GW_{el} bis 2030 und bis 24 GW_{el} bis 2040 zu etablieren.

Zielsetzung dieser Studie ist es, notwendige Reserven und den möglichen Beitrag der Flexibilisierung bestehender Biogasanlagen aufgrund der Annahmen des Netzentwicklungsplans (NEP) der Netzbetreiber und der Fraunhofer-Studie „Neues Strommarkt Design“ vom November 2021 zu quantifizieren und wirtschaftlich zu bewerten.

Versorgungssicherheit im künftigen Stromsystem

Durch den künftigen Ausbau erneuerbarer Energien müssen in Deutschland große Speicherkapazitäten entstehen, die in der Lage sind, Überschussstrom aus der Erzeugung von Windkraft und Photovoltaik zu speichern und nachts oder während sogenannter „Dunkelflauten“ wieder bereitzustellen. Als „Dunkelflauten“ werden Perioden von mehreren Tagen bis zu zwei Wochen bezeichnet, die überwiegend in den Wintermonaten bei geringer solarer Strahlung und windarmen Phasen auftreten.

Während für die tägliche Speicherung von Photovoltaikstrom für die Nachtstunden Batteriespeicher gut geeignet sind, ist für die Überbrückung längerer Knappheitssituation

wie beispielsweise „Dunkelflauten“ oder andere, längerdauernde Versorgungsengpässe – beispielsweise bei Produktionsengpässen im Ausland – die Nutzung chemischer Speicher zur Speicherung von Strom aus erneuerbaren Quellen naheliegender.

Mit chemischen Speichern wie Wasserstoff, Wasserstoffderivaten oder biogenen Gasen können generell bei moderaten Kosten viel höhere Energiemengen (= „**Kilowattstunden**“) gespeichert werden, als mit Batteriespeichern. Die einfache und dauerhafte Lagerung chemischer Energiespeicher wie Wasserstoff oder Biogas gilt als Voraussetzung dafür, auch mehrtägige oder mehrwöchige Versorgungsengpässe im Stromsystem besichern zu können. Nachteil der chemischen Energiespeicherung sind die hohen Verluste bei der Umwandlung von Elektrizität in das Speichermedium und bei der nachfolgenden Rückverstromung.

Naheliegender ist die Nutzung gasförmiger Energiespeicher. Gasförmige Energiespeicher wie Wasserstoff, synthetisches Methan oder Biogas können für die Speicherung ganz oder teilweise existierende Infrastrukturen nutzen. Für die Rückverstromung sind Gaskraftwerke und Gasmotoren technisch etabliert und in großen Leistungen flexibel einsetzbar.

Aktuelle Empfehlungen zur Besicherung des Stromsystems

Aktuelle Empfehlungen zur Besicherung des Stromsystems schlagen in der Regel den flexiblen Einsatz von Gaskraftwerken – zunächst mit fossilem Erdgas und später mit erneuerbaren Gasen wie grünem Wasserstoff oder grünen Wasserstoffderivaten vor.

Der **Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW)** betont in seinem Diskussionspapier „Eckpunkte zur Kraftwerksstrategie 2023“ vom 13.7.2023 die „*Notwendigkeit Investitionen in flexible Kraftwerksleistung*“¹ zu tätigen. Der BDEW deklariert einen „*einem Bedarf zwischen 16 – 40 Gigawatt (GW) an zusätzlicher installierter gesicherter Nettoleistung in Deutschland bis zum Jahr 2030, wenn gemäß des Koalitionsvertrags die Kohleverstromung „idealerweise“ bis zum Jahr 2030 beendet werden soll*“.

Auch der **Nationale Wasserstoffrat** schlägt vor, für die Überbrückung von Dunkelflauten Gaskraftwerke zu installieren, die mit grünem Wasserstoff betrieben werden. In der Fortschreibung der „Nationalen Wasserstoffstrategie“ vom Juli 2023² und in der Stellungnahme

vom 19.1.2024³ empfiehlt der Rat das Festhalten an der Kraftwerksstrategie der Bundesregierung vom 1.8.2023⁴ und die Installation von insgesamt 15 GW_{el} „H₂-Ready“-Gaskraftwerken, 4,4 GW_{el} H₂-„Hybridkraftwerken“ und 4,4 GW_{el} „H₂-Sprinter“-Kraftwerken bis 2035.

Im Rahmen des vom BMWK geförderten Projektes „**Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland**“ wurden verschiedene Szenarien für die zukünftige Entwicklung des Energiesystems modelliert, mit denen die energie- und klimapolitischen Ziele erreicht werden können. Zur Besicherung des Stromsystems müssen im Jahr 2050 laut der Studie szenarioabhängig zwischen 26 und 58 GW_{el} installierte Leistung zur Rückverstromung von grünem Wasserstoff bereitgehalten werden [1].

Am **05.07.2024** hat sich die Bundesregierung im Rahmen des Wachstumspakets für die Wirtschaft auch auf die **Kraftwerksstrategie** geeinigt. Diese sieht die Ausschreibung von 12,5 GW_{el} Kraftwerkskapazität und 500 MW_{el} Langzeitspeicher vor. Davon sind 5 GW_{el} neue H₂-Ready-Kraftwerke, 2 GW_{el} H₂-Ready-Modernisierungen, 0,5 GW_{el} H₂-Sprinter und 5 GW_{el} Gaskraftwerke. Diese sollen über einen Kapazitätsmechanismus zukünftig zusätzlich vergütet werden.

Die vom Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. in Auftrag gegebene **Fraunhofer-Studie „Neues Strommarktdesign“** deklariert zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit einen Bedarf an Wasserstoff-Gaskraftwerken von etwa 10 GW_{el}. Als Alternative wird die stärkere Überbauung von Biogasanlagen in

¹ https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-Eckpunktepapier_KWS2023_oA.pdf, abgerufen am 16.4.2024

² <https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf>, abgerufen am 16.4.2024

³ https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2024/2024-01-19_NWR-Stellungnahme_Kraftwerkstrategie.pdf, abgerufen am 16.4.2024

⁴ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/08/20230801-rahmen-fuer-die-kraftwerksstrategie-steht.htm>, abgerufen am 16.4.2024

Kombination mit einem Anschluss dieser Anlagen an Gasspeicher über das Gasnetz vorgeschlagen [2].

Der **Netzentwicklungsplan 2037/2045** behandelt das Thema der Versorgungssicherheit nicht primär, sondern fokussiert sich vor allem auf den sicheren Betrieb des Übertragungsnetzes. Die dort definierten Szenarien orientieren sich jedoch an den Zielstellungen der Bundesregierung. Wesentliche Eckpunkte des definierten Szenariorahmens in 2037 stellen dabei zum einen die durch Haushalte (bis ca. 80 GW_{el}), Batteriespeicher (91,6 GW_{el}) und Industrie (5 bis 7,2 GW_{el}) bereitgestellten Flexibilitäten dar. Zum anderen wird die Verfügbarkeit von 38,4 GW Erdgas oder wasserstoffbasierter Kraftwerke angenommen [3].

Aktuelle Planungen der Bundesregierung

Um die Dekarbonisierung und Versorgungssicherheit unseres Stromsystems aufrecht zu erhalten, verständigte sich die Bundesregierung mit ihrer Einigung zur Kraftwerksstrategie vom 5.2.2024 darauf, „Konzepte für einen marktlichen, technologieneutralen Kapazitätsmechanismus“ zu erarbeiten, „die bis spätestens 2028 operativ sein sollen“. Dazu sollen „neue Kraftwerkskapazitäten im Umfang von bis zu 4 mal 2,5 GW als „H₂-ready“-Gaskraftwerke im Rahmen der Kraftwerksstrategie kurzfristig ausgeschrieben werden“, die bis spätestens 2040 „vollständig auf Wasserstoff“ umgestellt werden sollen.⁵

Die Kraftwerksstrategie der Bundesregierung reduziert die geplante Reservekapazität für „H₂-Ready“-Kraftwerke gegenüber früheren Planungen und dem Vorschlag des Nationalen Wasserstoffrates also signifikant von 15 auf 10 GW_{el}. Anstelle von insgesamt 8,8 GW_{el} H₂-„Hybridkraftwerken“ und „H₂-Sprinter“-Kraft-

werken sollen nurmehr 0,5_{el} GW aus den Mitteln des Klima- und Transformationsfonds finanziert werden.

Es besteht also Einigkeit über die Notwendigkeit zusätzlicher Reservekapazitäten zur Besicherung des deutschen Stromsystems.

Diskutiert werden aktuell der Umfang notwendiger Reserve-Kapazitäten, konkrete technischen Lösungen und der zeitliche Rahmen der Umsetzung.

Alternativer Vorschlag des Fachverbands Biogas

In der Pressemitteilung vom 22.2.2024 schlägt der Fachverband Biogas vor, die installierte Leistung der Motoren an bestehenden Biogasanlagen bis 2030 auf 12 GW_{el} und bis 2040 auf 24 GW_{el} zu erhöhen, um die notwendigen wasserstoffbasierten Reservekapazitäten zu reduzieren und den Fortbestand des existierenden Biogasanlagen-Parks mit knapp 10.000 Anlagen zu gewährleisten⁶. Der Vorschlag basiert auf der Idee, bestehende Biogasanlagen zu nutzen, ohne gleichzeitig die Menge der eingesetzten Substrate zu erhöhen. Um notwendige Investitionen in die „Überbauung“ bestehender Biogasanlagen – also die Installation von Gasspeichern und zusätzlicher Biogasmotoren – zu initiieren, empfiehlt der Fachverband Biogas eine Erhöhung des Ausschreibungsvolumens für Biogasanlagen und die Erhöhung der Flexibilitätsprämie auf 120 €/kW_{el}.

Zielsetzung der Studie

Die vorliegende Studie wurde vom Fachverband Biogas beauftragt, um die in der Pressemitteilung vom 22.2.2024 vorgeschlagenen Ziele zur Flexibilisierung des Biogassektors

⁵ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/02/20240205-einigung-zur-kraftwerksstrategie.html>, aufgerufen am 16.4.2024

⁶ <https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE-Dezentrale-Biogasanlagen-statt-neue-Gaskraftwerke?>, abgerufen am 16.4.2024

Biogas im künftigen Energiesystem

technisch und wirtschaftlich zu bewerten und mit dem ausschließlichen Aufbau wasserstoffbasierten Reservekapazitäten zu vergleichen. Ziel der Studie ist es, beide Konzepte auf Basis der

- zu erwartenden Investitionskosten,
- der zu erwartenden Stromerzeugungskosten

und der resultierenden

- CO₂-Bilanz

zu bewerten.

Resultierende Fragestellungen

Die unterschiedlichen Bewertungen notwendiger Reservekapazitäten resultieren vor allem aus unterschiedlichen Annahmen zur Entwicklung des künftigen deutschen Stromsystems und aus den Unsicherheiten des Transformationspfades für den künftigen Aufbau einer leistungsfähigen Wasserstoffwirtschaft.

Die Annahmen zur künftigen Stromerzeugung und vor allem zum künftigen Stromverbrauch bestimmen im Wesentlichen die notwendige Reservekapazität. Auch die Unsicherheiten des Transformationspfades der Wasserstoffwirtschaft werden maßgeblich das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch beeinflussen und damit signifikant künftige Stromerzeugungskosten bestimmen. Um diesen Einflüssen gerecht zu werden, werden im Folgenden die Annahmen des „Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045“ (Version 2023, zweiter Entwurf) und der Fraunhofer-Studie "Neues Strommarkt Design" vom November 2021 verwendet, um

1. den möglichen Beitrag zur Deckung des Speicherbedarfs durch die Flexibilisierung bestehender Biogasanlagen zu ermitteln

und

2. resultierende Investitionen und spezifische Stromerzeugungskosten durch die Flexibilisierung

zu bestimmen und mit den zu erwartenden Kosten der Bereitstellung von Speicherkapazität mit wasserstoffbasierten Gaskraftwerken zu vergleichen.

Dazu wird im Abschnitt *„Entwicklung des Speicherbedarfs für die deutsche Stromversorgung“* zunächst der künftige Speicherbedarf und der Beitrag flexibler Biogasanlagen abgeschätzt. Die Abschnitte *„Technische Optionen für die Flexibilisierung von Biogasanlagen“* und *„Kosten flexibler Wasserstoffkraftwerke und Biogasanlagen“* erklären die Grundlagen für die Abschätzung der künftigen Kosten für die Besicherung der Stromversorgung mit flexiblen Biogasanlagen und wasserstoffbasierten Gaskraftwerken.

Schließlich soll aus den Szenarien für die künftige Erzeugung und Verbrauch im Abschnitt *„Einfluss flexibler Wasserstoffkraftwerke und Biogasanlagen auf künftige Strompreise“* der Einfluss flexibler Biogasanlagen und wasserstoffbasierter Gaskraftwerke auf die Strompreise und im Abschnitt *„CO₂-Bilanz der Flexibilisierung von Biogasanlagen“* künftige CO₂-Emissionen quantifiziert werden.

Die „Zusammenfassung und Fazit“ werden Handlungsoptionen diskutiert und weitere technische Optionen zusammengefasst, die geeignet wären flexible Wasserstoffkraftwerke und flexibilisierte Biogasanlagen zu ergänzen.