

# Kraftwerksstrategie und flexible Biogas-Speicherkraftwerke

Vertiefende Eckdaten

Berlin / Kassel, Mai 2024

Eine umfassende Kraftwerksstrategie setzt ergänzend zu Wind- und PV-Strom auf

- verlässliche erneuerbaren Strom aus Biogas, Wasserkraft und H<sub>2</sub>-Verstromung
- Speicher wie Batterien und Pumpspeicher sowie
- Stromimport und Demand Side Management.

Im Weiteren wird die Flexibilisierung der Biogas-Verstromung vertieft und mit den Kosten der H<sub>2</sub>-Verstromung verglichen.

## Die heutige Biogasmenge reicht für mehr als 18 GW flexible Kapazität

Biogas- und Biomethan-Kraftwerke erzeugen heute mit 6 GW und 4.500 Vollaststunden etwa 31 TWh/a (vorrangig im Grundlast-Modus). Mit derselben Substratmenge und leistungsstärkeren Generatoren bieten diese Anlagen 18 GW flexible Kapazität.

Biogas und Biomethan	Stand heute	umgerüstet, bei gleicher Substratmenge
Erzeugung (TWh/a)	30,7 <sup>1</sup>	30,7
Kapazität (GW)	6,8 <sup>1</sup>	17,5
Vollast-Stunden (h/a)	4.547	1.750 <sup>2</sup>

Dieser Aufbau erfordert eine Investition von ca. 1.500 €/kW flexible Kapazität<sup>3</sup>

Komponente	Investition / kW
BHKW (Motor + Generator)	800
Gasspeicher z.B. für 3 Tage	200
Biomassespeicher (saisonal)	vorhanden
Wärmespeicher z.B. für 3 Tage	250
Infrastruktur (Leitungen, Steuerung)	150
Planung, Genehmigungen	100
<b>Gesamt</b>	<b>1.500</b>

## Praktikabilität der Umsetzung

- Die bisherigen *Standorte* sind meist Bauernhöfe im ländlichen Raum und haben in der Regel genügend Platz für die Um- und Aufrüstung der Anlagen.
- Die *Genehmigungen* sind trotz verzichtbarer Hemmnisse machbar und möglich.
- *Finanzierung* - Ein Anreiz im EEG mobilisiert private Investitionen schnell und mit starkem Hebel auf Konjunktur und positiver Rückkopplung auf den Haushalt.
- *Gesetzgeberisch* ist die Anpassung einfach im EEG umsetzbar: Erhöhung des Flex-Zuschlags auf 120 €/kW und der Ausschreibungsmengen für flexible Biogas-Speicherkraftwerke auf 3 GW pro Jahr<sup>4</sup>.
- *Bereitschaft der Branche* - Auf Basis eines Flexibilitätszuschlag von 120 €/kW pro Jahr sieht der Fachverband Biogas<sup>5</sup> nach uns vorliegenden Aussagen eine klare Bereitschaft seiner Mitglieder zu investieren und die Anlagen von Grundlast auf Spitzenlast umzustellen.

<sup>1</sup> S. 6, DBFZ, Anlagenbestand Biogas und Biomethan, Fachgespräch Flexibilisierung von Biogas und Biomethan, BMWK, Berlin den 22.05.24.

<sup>2</sup> Jahresbetriebsstunden für flexible Kapazität abgeleitet als Mittelwert aus §8 KWKG (Zuschlag für nicht mehr als 2.500 Betriebsstunden in 2030) und mindestens 1.000 Stunden nach §50 EEG

<sup>3</sup> Erfahrungswerte [Flexperten](#)

<sup>4</sup> Nach Aussagen der BHKW-Hersteller 2G, Innio-Jenbacher, MTU und MWM wären 6 GW/Jahr leistbar.

<sup>5</sup> [https://www.biogas.org/edcom/webfbv.nsf/id/de\\_homepage](https://www.biogas.org/edcom/webfbv.nsf/id/de_homepage)

## Dauer der Umsetzung

Die typische Umsetzungsdauer pro Anlage beträgt 1 - 2 Jahre. Mit einer jährlichen Vergabe von 3 GW flexibler Biogas-Kapazität beginnt dieser Ausbau 2025 und ist bis Ende 2030 umgesetzt.

## Je stärker Biogas-Speicherkraftwerke ausgebaut werden, umso weniger relativ teure Wasserstoff-Kraftwerke sind erforderlich

Die Langfristszenarien der Bundesregierung und Szenarien des Fraunhofer Instituts sehen flexible Erzeugungskapazität von 60<sup>6</sup> bis 160<sup>7</sup> GW vor. Dazu können Wasserkraft, Geothermie, Biogaskraftwerke und Stromleitungen ins Ausland jeweils einen Beitrag leisten. Je mehr diese beitragen, umso weniger ist von der teuren Rückverstromung von grünem H<sub>2</sub> erforderlich.

## Flexibilisierung ist ein „no regret move“ – 10 GW Biogas-Speicherkraftwerke kosten über 20 Jahre 65 Mrd. € weniger als 10 GW H<sub>2</sub>-Kraftwerke

Sowohl die Anfangsinvestition als auch die laufenden Kosten sind bei umgerüsteten Biogasanlagen deutlich günstiger als grüne Wasserstoffkraftwerke: Bei 10 GW und 1.750 Vollaststunden erfordert die Biogas-Option 14 Mrd. € weniger Investition und über 20 Jahre Betrieb 51 Mrd. € weniger lfd. Kosten. Volkswirtschaftlich sind die 10 GW flexible Biogas-Speicherkraftwerke über 20 Jahre somit insgesamt 65 Mrd. € günstiger als grüne H<sub>2</sub>-Kraftwerke.

Dies gilt ähnlich für die von der Bundesregierung vorgesehenen H<sub>2</sub>-Ready Erdgaskraftwerke: bei Bau bis 2030 und Umstellung auf grünen H<sub>2</sub> bis 2035 sind Baukosten sowie die Betriebskosten über 15 von 20 Jahren wie unten kalkuliert. Sogar wenn die Erdgaskosten für die ersten 5 Jahre null wären, sind die Biogas-Speicherkraftwerke über 20 Jahre um 42 Mrd. € günstiger. Auch wenn man nur die Hälfte dieser Vorteile ansetzt, ist die Umrüstung der Biogaskraftwerke somit ein „no regret move“.

Mrd. €	grüne H <sub>2</sub> -Kraftwerke	Flexibilisierung Biogas	Vorteil flexibilisiertes Biogas vs. grüne H <sub>2</sub> -Kraftwerke
Investition	29	15	14
lfd. Kosten	117	66	51
<b>Ausgaben gesamt</b>	<b>146</b>	<b>81</b>	<b>65</b>

Diese Rechnung ist konservativ: einige Kosten von grünen H<sub>2</sub>-Kraftwerken und einige Nutzen von Biogas-Speicherkraftwerken sind nicht berücksichtigt.

Die Ableitung der Werte ist Anlage 1 zu entnehmen.

<sup>6</sup> S. 14 Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland, Energieangebot, 15.02.24

<sup>7</sup> S. 27, Szenario „Referenz“, Wege zu einem klimaneutralen Stromsystem, Fraunhofer ISE, 2020

## Effekte auf den Bundeshaushalt

Hier werden folgende Alternativen unterschieden:

- Flexibilisierung Biogas-Speicherkraftwerke über das EEG finanzieren (jährliche Zahlungen) anstatt Bau und Betrieb von 10 GW H<sub>2</sub>-Ready Erdgaskraftwerken ausschreiben (Einmalzahlung für den Kraftwerksbau bis 2030 und für den Bau der Elektrolyseure bis 2035): *Einsparung 36 Mrd. €*

(Mrd. €)	Bis 2030	2031-2050
H2-Ready Erdgaskraftwerke	4,5	118,4
Biogas-Speicherkraftwerke	3,0	84,2
<b>Einsparung durch Biogas-Speicherkraftwerke</b>	<b>1,5</b>	<b>34,2</b>

- Flexibilisierung Biogas-Speicherkraftwerke über das EEG (jährliche Zahlungen) finanzieren anstatt neben 10 GW H<sub>2</sub>-Ready Erdgaskraftwerken den Bau und Betrieb weiterer 10 GW grüne H<sub>2</sub>-Kraftwerke ausschreiben: *Einsparung 59 Mrd. €*

(Mrd. €)	Bis 2030	2031-2050
Grüne H2-Gaskraftwerke	29	117
Biogas-Speicherkraftwerke	3	84
<b>Einsparung durch Biogas-Speicherkraftwerke</b>	<b>26</b>	<b>33</b>

- Berechnung Marktprämie nach Börsenpreis zum Zeitpunkt der Einsparung anstatt nach Marktmittelwert: *Einsparung 1,9 Mrd. €/a* (additiv zu den o.a. Effekten)

Marktmittelwert 2023 (Cent/kWh)	9,5
Durchschnitts-Strompreis in den 1.750 Stunden mit dem höchsten Strompreis (Cent/kWh)	15,6
Erzeugung Biogas-Speicherkraftwerke (TWh/a)	30,7
<b>Einsparung bei Marktprämie (Mrd. €/a)</b>	<b>1,9</b>

## Wirkung auf den Strompreis

Wenn Biogaskraftwerke als flexible Kapazität bei geringer Residuallast abgeschaltet und bei hoher Residuallast zugeschaltet werden, sinken die Extreme an der Strompreisbörse in den Hochpreisphasen spürbar (18 GW mehr Leistung verfügbar) und in den Niedrigpreisphasen etwas (6 GW weniger Grundlast im System). Bei Bedarf können die Preiseffekte konkreter simuliert werden.

### **Wenn die Biogaskraftwerke nicht flexibilisiert werden, ist die Erzeugung von 38 TWh/a erneuerbarem Strom und 24 TWh/a erneuerbarer Wärme gefährdet!**

Die ersten Biogas-Kraftwerke laufen jetzt schon aus der EEG-Förderung. Die Verlängerungsoption ist für viele Betreiber unattraktiv, weil sie mit einer deutlichen Senkung der Betriebsstunden und damit der Einnahmen verbunden ist. Deshalb würden sich die Betreiber nach Einschätzung der Flexperten ohne ein Bioenergiepaket mehrheitlich gegen eine Verlängerung entscheiden! In einer Situation, in der 2023 de facto die 1,5 Grad Erderwärmung bereits erreicht<sup>8</sup> wurde, kann der Rückbau nicht Ziel und Anspruch der Bundesregierung sein.

<sup>8</sup> <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>

## Anlage 1

Bei grünen H2-Kraftwerken sind die Anfangsinvestitionen pro kW und die laufenden Kosten pro kWh aus diesen Werten abgeleitet.

	Elektrolyse <sup>9</sup>	H2-Rückverstromung <sup>10</sup>
<b>Faktoren</b>		
Investitionen in € pro kWel	676	451
Zinssatz	2,4 % <sup>11</sup>	2,4 %
Volllaststunden pro Jahr	1.750 <sup>12</sup>	1.750
Lebensdauer (in Jahren)	26	40
Jährliche Betriebskosten (in % Investitionen)	3,4%	2,0%
Wirkungsgrad	70 % <sup>13</sup>	40 %
<b>Ausgaben pro erzeugter kWh (H2 bzw. Strom)</b>		
Investitionen (€/kW-out)	967	2.869
Invest über Lebenszyklus (Cent/kWh-out)	2,1	6,0
Kosten der Stromerzeugung (Cent/kWh-out)	10,5	26,4
Laufende Ausgaben (Cent/kWh-out)	2,5	7,1
<b>Gesamtkosten (Cent/kWh-out)</b>	<b>15,2</b>	<b>39,5</b>

In dieser Rechnung sind für den bei der Elektrolyse eingesetzten volatilen PV- und Wind-Strom („Nutzen statt abregeln“) der Mix und die EEG-Ausschreibungsergebnisse von 2023 angesetzt:

<b>Energieträger</b>	<b>Stromerzeugung 2023 (TWh/a)</b>	<b>Ausschreibungsergebnisse EEG 2023 (Cent/ kWh)</b>	<b>Durchschnittliche Kosten Stromerzeugung Wind und PV 2023 (Cent/kWh)</b>
PV Freifläche	55,2	<b>6,5</b>	<b>7,4</b>
Wind Onshore	118,8	<b>7,3</b>	
Wind Offshore	23,5	<b>9,8</b>	

<sup>9</sup> Soweit nicht anders spezifiziert: Elektrolyse, Werte für 2025 -

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Anhang-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem.pdf>

<sup>10</sup> H2-Rückverstromung (Gasturbine), Werte für 2025 -

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Anhang-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem.pdf>

<sup>11</sup> 10-jährige Bundesanleihe (fällig 2034): 2,36% - siehe <https://www.bundesbank.de/de/service/bundeswertpapiere/kurse-und-renditen>

<sup>12</sup> Annahme: Lasttäler symmetrisch zu Lastspitzen - also dieselbe Volllast-Stunden wie bei H2-Rückverstromung

<sup>13</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluesel-im-kuenftigen-energiesystem#Rolle>

Für die Investition wurden angesetzt:

- Bau grüner H2-Kraftwerke: 2.869 €/kW
- Flexibilisierung Biogaskraftwerke: 1.500 €/kW

Für die laufenden Kosten wurden angesetzt:

- grüne H2-Kraftwerke: 33,5 Cent/kWh (o.a. Gesamtkosten abzgl. 6,0 Cent/kWh für die Investition)
- Flexibilisierte Biogaskraftwerke: 18,9 Cent/kWh (realisierte EEG-Ausschreibungsergebnisse 2023)

Beides wurde mit der Strommenge von 350 TWh multipliziert, die sich aus 10 GW mit 1.750 Volllaststunden pro Jahr über 20 Jahre ergibt.

Diese Rechnung ist zu Lasten flexiblierter Biogas-Speicherkraftwerke konservativ:

- Bei den grünen H2-Kraftwerken sind null Netzentgelte und null Kosten für die Wasserstoff-Infrastruktur unterstellt.
- Bei den Biogaskraftwerken sind weitere Nutzen nicht quantifiziert, wie z.B.
  - reduzierte Ausgaben für Wärmenetze, weil die Abwärme dieser dezentralen Anlagen dort häufig genutzt wird
  - durch die dezentrale Erzeugung reduzierte Netzausbaukosten
  - Stärkung des ländlichen Raums

Dies ergibt dann die oben bereits gezeigten Ergebnisse:

Mrd. €	grüne H2-Kraftwerke	Flexibilisierung Biogas	Vorteil flexibilisiertes Biogas vs. grüne H2-Kraftwerke
Investition	29	15	14
lfd. Kosten	117	66	51
<b>Ausgaben gesamt</b>	<b>146</b>	<b>81</b>	<b>65</b>

Wenn die H<sub>2</sub>-Ready Erdgaskraftwerke für 5 von den 20 Jahren mit Erdgas zu 0 Cent/kWh betrieben werden, beträgt die Einsparung bei den Energiekosten gegenüber den gezeigten Ergebnissen 10 GW x 1.750 Volllaststunden x 26 Cent/kWh = 23 Mrd. €. Damit sind die flexibleren Biogaskraftwerke im Vergleich immer noch 42 Mrd. € günstiger.