



# die volle ernte der bioenergien einfahren



gutes säen



**rentenbank**

# vorwort

Die Welt verändert sich in rasendem Tempo. Um zukunftsfähig zu bleiben, wollen wir uns resilient und nachhaltig aufstellen. Das gilt auch für unsere Energieversorgung.

Der Biogassektor spielt dabei eine entscheidende Rolle. Die Energiegewinnung in Biogasanlagen bietet eine nachhaltige Alternative zu fossilen Energieträgern. Landwirtschaftliche Reststoffe und organische Abfälle werden zusammen mit nachwachsenden Rohstoffen zu wertvollen nachhaltigen Energiequellen. Diese Energiequellen tragen dazu bei, unsere Abhängigkeit von fossiler Energie und damit von geopolitischen Verwerfungen zu verringern.

Gleichzeitig ist Bioenergie flexibel für den Grundlastbedarf einsetzbar und speicherbar. Durch ihre Regelbarkeit und die Möglichkeit, das erzeugte Gas zu speichern, kann gezielt auf Leistungsschwankungen von Wind- und Solarenergie reagiert werden. Das trägt nicht nur zu einer hohen Versorgungssicherheit bei, sondern entlastet auch die Stromnetze.

Mit dem Auslaufen der Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz steht die Biogasbranche vor einer Entwicklungs- und Transformationsphase. Damit Bioenergieanlagen auch in Zukunft ihren Beitrag zur Energiewende und Versorgungssicherheit leisten können, ist es notwendig, wirtschaftlich tragfähige Konzepte zu entwickeln und zeitnah umzusetzen. Hier sind technologische Innovationen gefragt. Denn sie sind unverzichtbar, wenn es darum geht, den Bioenergiesektor effizient weiterzuentwickeln und erfolgreich für die Zukunft aufzustellen.

Der folgende Bericht „Die volle Ernte der Bioenergien einfahren“ zeigt die großen ungenutzten Potenziale der Bioenergie als dezentraler, lastflexibler, netzausgleichender und potenziell klimaneutraler Energieträger auf.

Wir, die Landwirtschaftliche Rentenbank, unterstützen den Umbau zu einer nachhaltigen Energieversorgung mit einem breiten Förder- und Beratungsangebot.

**NIKOLA STEINBOCK**

Sprecherin des Vorstands, Rentenbank



# vorwort

Struktureller Wandel ist oft nur einen Gedanken entfernt. Innovation ist der Katalysator, der die Unmöglichkeiten von gestern in die wesentlichen Lösungen von morgen verwandelt. In diesem Pioniergeist nähert sich Extantia allen Herausforderungen. Die vorliegende Studie ist ein weiterer Beleg dafür, dass neues Denken zu wagen ungeahnte Potenziale hervorbringen kann.

Lange Zeit wurde die Energiegewinnung vom Land als verdeckte Subvention abgetan, deren Substanz infrage gestellt wurde. Das galt im besonderen Maße für die Gewinnung von Biogas.

Diese Studie will einen Beitrag zur Debatte leisten und Entscheidungsträgern neue Möglichkeiten aufzeigen – Möglichkeiten, die eine grüne und gerechte Energieversorgung ermöglichen, frei von Trassen und Protesten, aber mit einer deutlich effizienten Infrastruktur, die Deutschland signifikant Euro und CO<sub>2</sub>-Budget einspart.

Unser Land ist der größte Schatz, den wir verwalten dürfen. Der technologische Fortschritt ermöglicht es uns, diesen Schatz ökonomisch und ökologisch verantwortlich zu nutzen. Bioenergie kann neben anderen heimischen Ressourcen wie Wind, Wasser, Sonne oder Geothermie einen relevanten Beitrag zum Energiemix der Zukunft leisten und ebnet uns dadurch den Weg zu einem resilienten Energiemarkt, nicht nur in Deutschland, sondern in vielen anderen Ländern dieser Erde.

Mit dieser Studie möchten wir zeigen, dass durch innovative Ansätze und die bewusste Nutzung unserer natürlichen Ressourcen eine nachhaltige und effizientere Zukunft möglich ist. Wir laden Sie ein, gemeinsam mit uns Pionier zu sein und mit Technologie „Made in Germany“ die Potenziale zu erkunden, die eine umsichtige und zukunftsorientierte Energiepolitik bieten kann.



**SEBASTIAN HEITMANN**

Partner, Extantia





# inhalt

---

<b>Im Überblick</b>		<b>8</b>
<b>Kapitel 1</b>	Die Notwendigkeit der Energiewende zur Bekämpfung des Klimawandels – Europa will die Netto-Null bis 2050 erreichen	<b>10</b>
<b>Kapitel 2</b>	Bioenergie kann zur Erhöhung der Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit beitragen	<b>13</b>
<b>Kapitel 2.1</b>	Bioenergie im Energiesystem – bedeutende Auswirkungen jenseits des Stromnetzes	<b>13</b>
<b>Kapitel 2.2</b>	Bioenergie in schwer zu dekarbonisierenden Sektoren	<b>18</b>
<b>Kapitel 2.3</b>	Rohstoffe für Bioenergie	<b>20</b>
<b>Kapitel 3</b>	Optimierung des Energie-Trilemmas: Zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Kostensenkung in der Bioenergie werden Innovationen gebraucht	<b>22</b>
<b>Kapitel 4</b>	Um die technologische Entwicklung zu beschleunigen, wurden in der gesamten Europäischen Union und darüber hinaus regulatorische Signale und Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt	<b>27</b>
<b>Kapitel 5</b>	Schlussfolgerungen und nächste Schritte	<b>29</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>33</b>

---



## Im Überblick

Angesichts der Notwendigkeit der Energiewende zur Bekämpfung des Klimawandels kommt der Rolle der Bioenergie – durch Biogas und Biomethan – eine enorme Bedeutung für das kostengünstige Erreichen dieser Ziele zu.

Die Europäische Union strebt bis 2050 das Erreichen von Netto-Null-Emissionen an, während Deutschland sich sogar ein Ziel bis 2045 gesetzt hat. Dieses Ziel entspricht den Vorgaben des Pariser Klimaabkommens, das eine globale Temperaturerhöhung auf unter 2 Grad Celsius begrenzen will. Die Energiewende erfordert erhebliche Investitionen in erneuerbare Energien, Elektrifizierung und Energieeffizienz, wobei der prognostizierte Investitionsbedarf jährlich auf 9 Billionen US-Dollar steigt. Die Energiekrise nach der russischen Invasion der Ukraine verdeutlicht den Bedarf an bezahlbarer und sicherer Energie und drängt die Europäische Union dazu, den Einsatz erneuerbarer Energien zu beschleunigen und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren. Die Elektrifizierung wird weiterhin ein dauerhafter Trend sein, wobei erneuerbare Energien bis 2050 voraussichtlich die Stromproduktion dominieren werden. Das macht wiederum flexible Energielösungen erforderlich.

Bioenergie bietet dabei ungehobene Potenziale zur Stärkung der Energiesicherheit. Der Strombedarf in Deutschland wird steigen und erfordert somit einen umfangreichen Ausbau erneuerbarer Energien. Flexible Lösungen wie Biogas und Biomethan können zuverlässige, bedarfsgerechte Energie liefern, indem sie bestehende Gasnetze nutzen und den Bedarf an neuer Infrastruktur verringern. Das stärkt die Energieresilienz, indem es die Importe fossiler Brennstoffe reduziert. Zudem fördert Biomethan lokale Wirtschaftskreisläufe, indem es Landwirten und dem Abfallwirtschaftssektor neue Möglichkeiten eröffnet. In schwer zu dekarbonisierenden Bereichen kann Biomethan Erdgas ersetzen und bestehende Infrastrukturen nutzen. Flüssige Biokraftstoffe bieten im Verkehrssektor Alternativen zu fossilen Brennstoffen und tragen zur Emissionsminderung bei, ohne größere Umbauten bestehender Infrastrukturen zu erfordern, was die lokale wirtschaftliche Entwicklung fördert und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen senkt. Der vorliegende Bericht identifiziert die Verfügbarkeit von Rohmaterialien als entscheidend für die Skalierbarkeit der

Bioenergie und stellt die anaerobe Vergärung, die Verbrennung/Vergasung von Biomasse sowie flüssige Biokraftstoffe heraus. EU-Verordnungen fördern nachhaltige, fortschrittliche Rohstoffe und konzentrieren sich auf Effizienz, um das Potenzial der Bioenergie voll auszuschöpfen. Technologische Fortschritte in der anaeroben Vergärung könnten die Produktion erheblich steigern.

**Die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Bioenergie ist entscheidend für einen effizienten Übergang zu erneuerbaren Energien. Innovationen entlang der Bioenergie-Wertschöpfungskette zielen darauf ab, die Kosten um 10 bis 50 Prozent zu senken. Die anaerobe Vergärung birgt erhebliches Potenzial zur Kostenreduzierung, wobei Brennstoffzellen möglicherweise die Effizienz von Biogas zu Strom verbessern und Biomethan zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-neutralen Energiequelle machen.**

Verschiedene Anreize wie Einspeisetarife, Verpflichtungen und Steuergutschriften sind entscheidend für die Durchsetzung der Bioenergie. Beispiele hierfür sind das Einspeisetarifsystem in Deutschland und der US-amerikanische „Renewable Fuel Standard“, die sowohl die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen verringern als auch die Biomethanproduktion fördern. Die Integration von Biomethan in Klimaschutzabkommen und das Bereitstellen finanzieller Förderungen können das Wachstum und die Wettbewerbsfähigkeit des Sektors weiterhin stärken.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Effizienz ein Schlüsselaspekt für nachhaltige Energiesysteme ist. Effektive Subventionen sollten gezielt auf Hochleistungstechnologien ausgerichtet sein, um Innovationen zu fördern, die Kosten senken und die Skalierbarkeit erhöhen. Biogas und Biomethan, mit ihrem erheblichen Potenzial zur Kostenreduktion und ihrer weitreichenden Verfügbarkeit in Deutschland, sind ideal positioniert, um eine zentrale Rolle in der Energiewende zu übernehmen. Politische Strategien sollten auf technologische Fortschritte abzielen, um Biomethan zu einer wettbewerbsfähigen, erneuerbaren Energiequelle zu entwickeln und den Übergang zu einem nachhaltigeren und effizienteren Energiesystem zu unterstützen.

## Kapitel 1

# Die Notwendigkeit der Energiewende zur Bekämpfung des Klimawandels – Europa will die Netto-Null bis 2050 erreichen

Die Notwendigkeit einer Energiewende, um die Folgen des Klimawandels und der globalen Erwärmung zu begrenzen, wird von Wissenschaftlern einhellig anerkannt. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe für die Energieerzeugung ist eine Hauptquelle für Treibhausgasemissionen, die Wärme in der Atmosphäre speichern und die globale Erwärmung vorantreiben. Um die Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren, ist ein Umstieg auf erneuerbare Energiequellen, die deutlich weniger Treibhausgase ausstoßen, unerlässlich.

Die Erreichung dieser Ziele erfordert erhebliche Investitionen in alternative Energiequellen wie Solarenergie, Windenergie und Bioenergie sowie in Maßnahmen zur Elektrifizierung und Steigerung der Energieeffizienz. Nach Schätzungen der Climate Policy Initiative müssen die jährlichen Klimafinanzierungen von 1,3 Billionen US-Dollar im Jahr 2021/2022 auf 9 Billionen US-Dollar angehoben werden (Climate Policy Initiative, 2023).

### Deutschland: Ziele für Klimaneutralität bis 2045

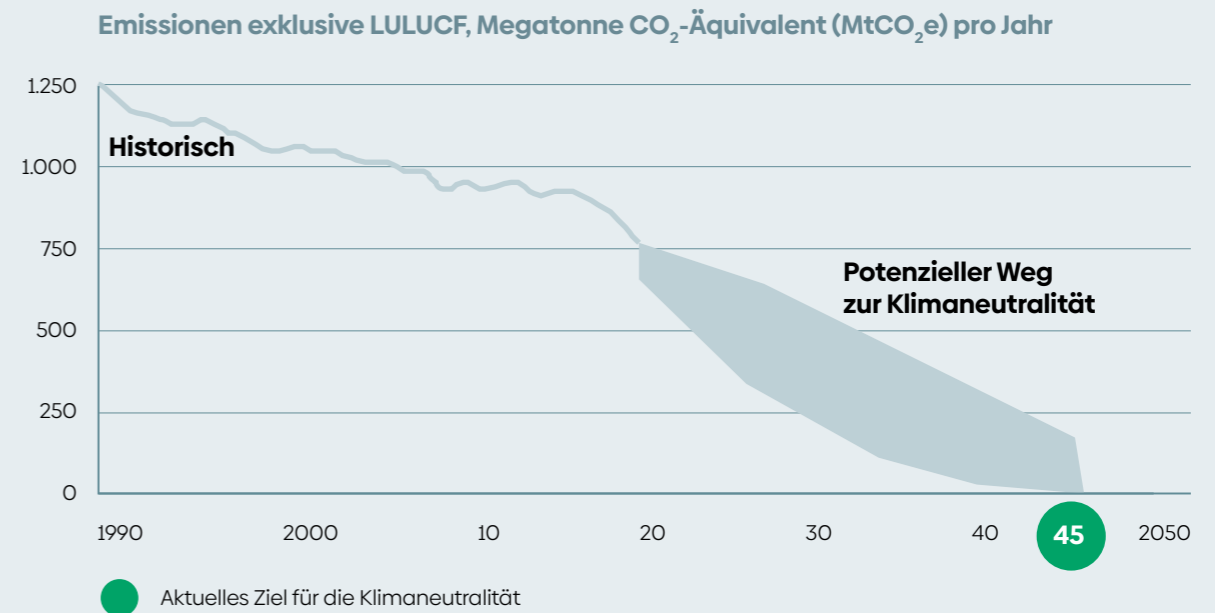


Abbildung 1: Emissionen exkl. LULUCF, MtCO<sub>2</sub>e/Jahr. (Climate Policy Initiative, 2023), Extantia-Schätzung

Die Umstellung auf erneuerbare Energiequellen trägt nicht nur dazu bei, die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern, sondern eröffnet auch neue wirtschaftliche Perspektiven und schafft Arbeitsplätze. Erneuerbare Energien werden zunehmend eine wettbewerbsfähige Alternative zu fossilen Brennstoffen, und die Kosten für erneuerbare Energietechnologien sind in den letzten Jahren deutlich gefallen. Diese Entwicklung macht es für Länder zunehmend attraktiver, in erneuerbare Energiequellen zu investieren und sich von der Abhängigkeit fossiler Brennstoffe zu lösen.

Neben der Nachhaltigkeit hat die Energiekrise nach der russischen Invasion der Ukraine die Bedeutung von Bezahlbarkeit und Versorgungssicherheit in den Vordergrund gerückt. Die Preise für fossile Brennstoffimporte sind stark gestiegen, und viele Länder haben in zusätzliche Infrastrukturen wie neue Terminals für verflüssigtes Erdgas investiert, um ihre Energieversorgung zu diversifizieren. Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union haben die Umsetzung ihrer Ziele für erneuerbare Energien und für die inländische Produktion von Energiequellen wie Bioenergie beschleunigt, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffimporten zu reduzieren. Obwohl die Kosten für erneuerbare Energien in den letzten Jahren deutlich gefallen sind und ihre Wettbewerbsfähigkeit erhöht haben, stehen einige Länder aufgrund des hohen anfänglichen Investitionsbedarfs weiterhin vor Herausforderungen bei der Energiewende.

Um eine gelungene Energiewende zu gewährleisten, muss der Dekarbonisierung der wachsenden Energienachfrage Priorität eingeräumt werden. Die Elektrifizierung ist dabei einer der wichtigsten Hebel, um das zu erreichen. Nach Prognosen der Internationalen Energieagentur (IEA) wird die Stromnachfrage bis 2050 um 80 bis 100 Prozent steigen (IEA, World Energy Outlook, 2023; IEA, Renewables 2023, 2023). Erneuerbare Energien, insbesondere Solarenergie und Windenergie, sind inzwischen so kostengünstig geworden, dass sie in den meisten Märkten die günstigste Option zum Ausbau neuer Kapazitäten darstellen. Folglich wird erwartet, dass erneuerbare Energien bis 2050 in allen Szenarien der IEA-Weltenergieprognosen 70 bis 89 Prozent des Energiemixes ausmachen werden (IEA, World Energy Outlook, 2023).

**Trotz der wachsenden Dominanz erneuerbarer Energien erfordert ihre intermittierende Natur eine hohe Systemflexibilität und die Bereitstellung abrufbarer Lasten. Das bedeutet, dass flexible Erzeugungskapazitäten, Energiespeicherung und -management erforderlich sind, um Schwankungen in der Energienachfrage und der intermittierenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen, insbesondere während der Spitzenlastzeiten, auszugleichen. Die Integration solcher flexibler Lösungen ist entscheidend, um ein zuverlässiges und stabiles Energiesystem zu gewährleisten und eine nachhaltige sowie effiziente Energiewende zu realisieren.**

In Sektoren, in denen die Elektrifizierung technisch und/oder wirtschaftlich nicht umsetzbar ist, sind saubere Alternativen zu fossilen Brennstoffen gefragt. Nachhaltige Kraftstoffe, die auf Biomasse oder Wasserstoff basieren, bieten eine Möglichkeit, bestehende Flotten von Flugzeugen, Lastwagen und Seeschiffen zu dekarbonisieren. Sie können auch Erdgas in bestehenden Versorgungsnetzen ersetzen, um den Energieverbrauch in Gebäuden und der Industrie zu reduzieren.

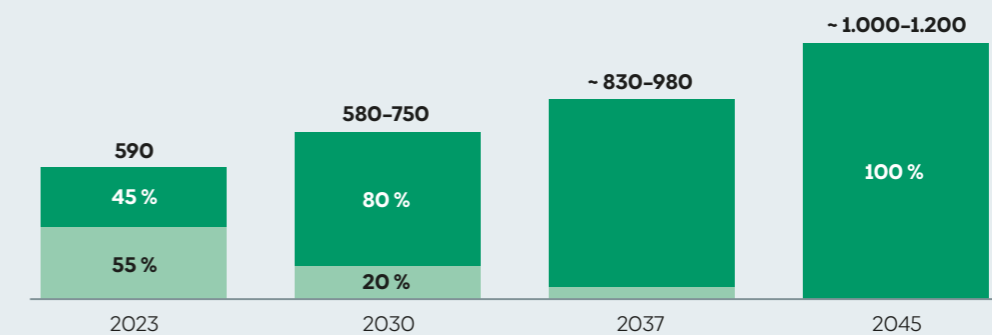
## Kapitel 2 Bioenergie kann zur Erhöhung der Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit beitragen

### Kapitel 2.1 Bioenergie im Energiesystem – bedeutende Auswirkungen jenseits des Stromnetzes

Die Stromnachfrage in Deutschland wird in den kommenden zwei Jahrzehnten voraussichtlich signifikant steigen. Während viele Quellen eine deutliche Zunahme prognostizieren, zeigen sich Unterschiede in der Bandbreite der Vorhersagen. Die deutsche Bundesregierung erwartet, dass die Stromnachfrage bis 2030 auf 750 Terawattstunden (TWh) ansteigt und bis 2045 gemäß den Szenarien der Bundesregierung von 2023 bis 2037/2045 über 1.000 Terawattstunden (TWh) erreichen könnte (Bundesnetzagentur, 2022). Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI schätzt andererseits, dass die Nachfrage bis 2030 je nach Szenario zwischen 580 und 715 Terawattstunden (TWh) liegen wird (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, 2023). Dieses Wachstum wird maßgeblich durch die zunehmende Elektrifizierung in Industrie und Privathaushalten, den Anstieg der Elektromobilität und die Entwicklung von Elektrolysekapazitäten getrieben.

**Bis zum Jahr 2030 soll Deutschland 80 Prozent seines Stroms aus erneuerbaren Quellen beziehen und bis 2045 auf eine CO<sub>2</sub>-freie Versorgung zielen**

Netto-Stromverbrauch und -erzeugung, Terawattstunden (TWh)



<sup>1</sup>Inklusive Solar, Wind, Biomasse, Abfall, Hydro, Wasserstoff

● Erneuerbare Quellen<sup>1</sup> ● Fossile Brennstoffe und andere

**Abbildung 2:** Netto-Stromverbrauch, TWh (IEA, World Energy Outlook, 2023) (Bundesnetzagentur, 2022) (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, 2023) (Energiewende, 2023) (dena-Leitstudie, 2021) (Netzentwicklungsplan, 2024)

Um den beträchtlichen Strombedarf mit reduzierter Kohlenstoffintensität zu decken, ist in Deutschland ein massiver Ausbau der Kapazitäten für Solar-energie und Windenergie notwendig. Die deutsche Bundesregierung plant, dass bis 2030 80 Prozent der Stromversorgung aus erneuerbaren Quellen stammen sollen (BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022). Um dieses Ziel zu erreichen, erwartet die Bundesregierung, dass bis 2035 über 500 Gigawatt (GW) an Solar- und Windenergiekapazitäten in Deutschland installiert werden. Ein alternatives Szenario, das das Handelsblatt hervorhebt, deutet darauf hin, dass eine Optimierung der Gesamtsystemkosten zu einem zurückhaltenderen Ausbau der erneuerbaren Energien führen könnte, wobei ein stärkerer Beitrag von bedarfsgesteuerten Energiequellen erwartet wird (Handelsblatt, 2024). In einem solchen Szenario würde die Bedeutung bedarfsgesteuerter Energiequellen zunehmen.

**Substanzieller Ausbau der erneuerbaren Energien ist erforderlich – ein optimiertes Stromsystem könnte Klimaziele in greifbare Nähe rücken**

Stromerzeugungskapazitäten im Jahr 2035, Gigawatt (GW)

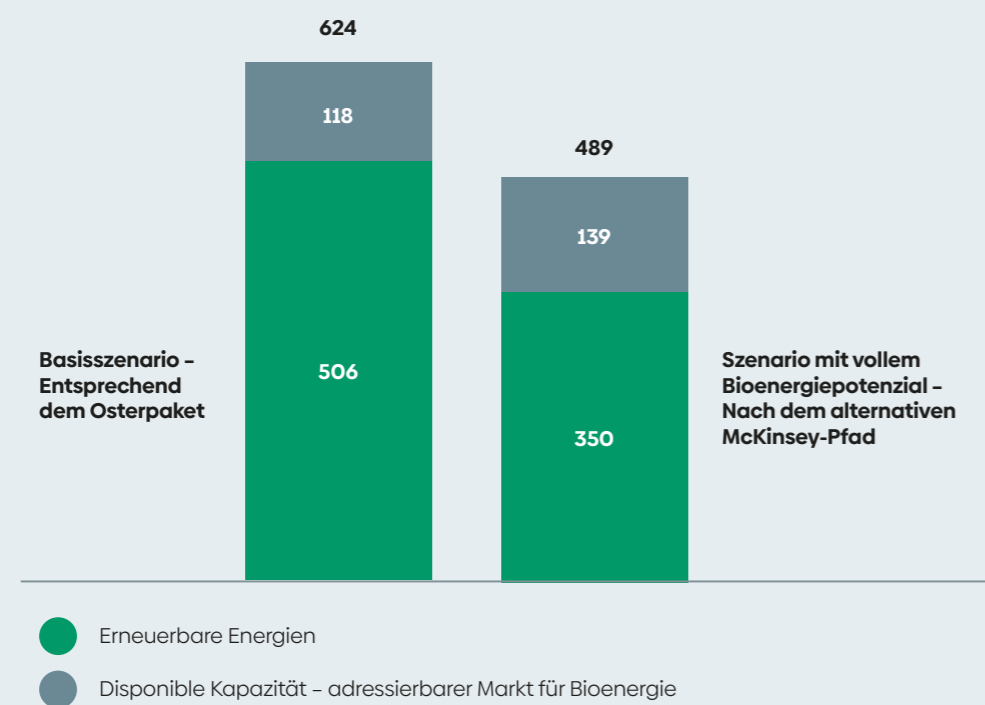


Abbildung 3: Zusammensetzung der Stromerzeugungskapazität im Jahr 2035, GW. (Handelsblatt, 2024) (McKinsey & Company, 2024)

Es gibt verschiedene Technologien und Lösungen, die zur bedarfsgesteuerten flexiblen Energie beitragen. Gasturbinen und -motoren können kostengünstige Flexibilitätslösungen sein, die andere Technologien wie zum Beispiel Wasserkraft, Batterien oder flexible Lasten von Elektrofahrzeugen ergänzen. Biogas oder Biomethan sowie sauberer Wasserstoff sind erneuerbare Alternativen zu Erdgas für Gasturbinen und -motoren. Die kürzlich angekündigte Kraftwerksstrategie der Bundesregierung umfasst mindestens 10 Gigawatt (GW) an wasserstoffbereiten Gaskraftwerkskapazitäten, die bedarfsgesteuerte Energie liefern können, um das Netz auszubalancieren. Dieser Bericht analysiert die mögliche Rolle von Biogas und Biomethan im Energiemix und verwendet durchgehend den Begriff „Bioenergie“, um diese Energiequellen zu beschreiben. Um die Zukunft der bedarfsgesteuerten Energie in Deutschland zu beleuchten, haben wir zwei Szenarien entwickelt, die das Potenzial der Bioenergie evaluieren.

Die Szenarien basieren auf den aktuellen Plänen der deutschen Bundesregierung sowie auf einem konservativeren Ansatz für den Ausbau erneuerbarer Energien, um die potenziellen Entwicklungen zu bewerten:

**Das Basisszenario** berücksichtigt die aktuellen Erwartungen hinsichtlich der Kostenentwicklung von Biogas, Biomethan, Wasserstoff und Batterien als Alternativen zu Gas-OCGT, die üblicherweise in Spitzenlastzeiten und/oder zu Zeiten geringerer erneuerbarer Energieerzeugung eingesetzt werden und damit Flexibilität im Energiemix bieten. Das Basisszenario bewertet die Wettbewerbsfähigkeit dieser Optionen im Laufe der Zeit unter Berücksichtigung des Potenzials zur Emissionsreduktion, der erwarteten Lernraten der Technologie, die im Laufe der Zeit zu Kostenreduktionen führen, sowie der Verfügbarkeit von Biostoffen und der Hochskalierung der Technologie. Dieses Szenario spiegelt die derzeitige Ambition der Bundesregierung für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG 2023 als Teil des Osterpakets (BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022)) und den entsprechenden Bedarf an bedarfsgesteuerter Energie wider.

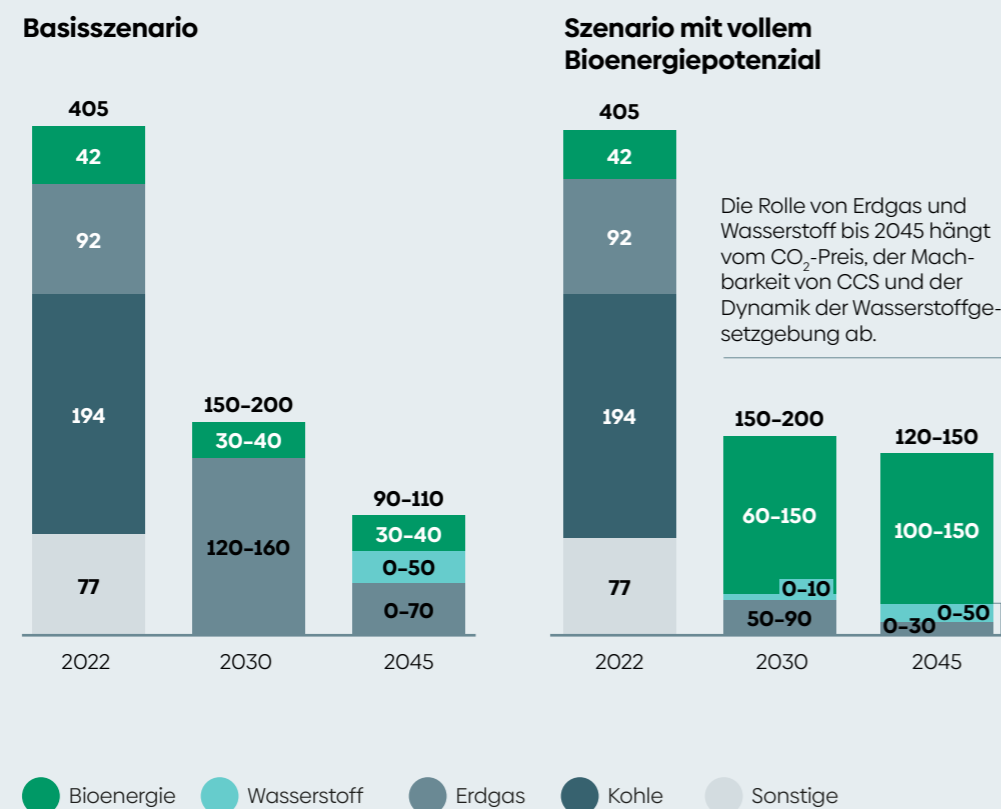
**Das Szenario des vollen Bioenergiepotenzials** berücksichtigt eine beschleunigte Lernkurve der Technologie unter Verwendung einiger jüngster Beispiele für technologische Innovationen als Proxy. Diese Innovationen könnten zu deutlich wettbewerbsfähigeren Kosten und damit zu einer schnelleren Annahme und Wachstum der Biogas- und Biomethanindustrie führen. Der Schlüssel zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit wäre die Steigerung der Energieeffizienz und die Senkung der Gesamtkosten für Bioenergie. Das könnte durch regulatorische Signale freigesetzt werden, um eine flexible Energiequelle mit geringer Kohlenstoffintensität und reduzierter Importabhängigkeit zu schaffen. Dieses Szenario geht von einem optimierten Ener-



gemix mit niedrigeren Systemkosten aus, einem leicht niedrigeren Einsatz von Wind- und Solarenergie im Vergleich zu den derzeitigen staatlichen Ambitionen und einem höheren Anteil an flexiblen Energieerzeugungsquellen ohne Kohlenstoffemissionen.

**Die Transformation der Bioenergie: Von einem stabilen Beitrag zu einer bedeutenden, flexiblen Null-Kohlenstoff-Stromquelle aus lokalen Ressourcen**

**Nicht-intermittierende und disponible Stromerzeugung, Terawattstunden (TWh)**



**Abbildung 4:** Nicht-intermittierende und bedarfsabhängige Stromerzeugung, TWh. (IEA, World Energy Outlook, 2023) (BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022) (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, 2023)

Die Szenarien, in denen Biomethan zusammen mit Wasserstoff als Ersatz für Erdgas eingesetzt wird, haben weitreichende Auswirkungen über das Stromnetz hinaus. Ein bedeutender Vorteil ist die erhöhte Nutzung bestehender Gasnetze, was den Bedarf an neuen, speziell für Wasserstoff entwickelten

Infrastrukturen reduziert. Das ist besonders relevant, da der Aufbau neuer Wasserstoffnetze sowohl kosten- als auch zeitaufwendig ist – nach Schätzungen der Übertragungsnetzbetreiber belaufen sich die Kosten auf 19,8 Milliarden Euro (BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Wasserstoffnetz für die Energiewende, 2024). Durch den Einsatz von Biomethan als Erdgasersatz kann das vorhandene Gasnetz adaptiert werden, um erneuerbares Gas zu transportieren und zu verteilen. Das trägt dazu bei, die Nutzung der bestehenden Infrastruktur zu maximieren und den Bedarf an zusätzlichen Investitionen in neue Pipelines und Lagerstätten zu minimieren. Zudem ermöglicht es einen nahtloseren Übergang von fossilen zu erneuerbaren Energiequellen, da die erforderliche Infrastruktur bereits vorhanden ist.

Zusätzlich kann die Verwendung von Biomethan als Ersatz für Erdgas die Abhängigkeit von Importen fossiler Brennstoffe verringern. Viele Länder sind auf importiertes Erdgas angewiesen, um ihren Energiebedarf zu decken, was Risiken für die Energiesicherheit mit sich bringen und die Anfälligkeit für Preisschwankungen erhöhen kann, wie die Energiekrise in Europa nach der russischen Invasion der Ukraine schmerzhaft gezeigt hat. Als Reaktion auf die Krise und zur Diversifizierung der Gasversorgung der Europäischen Union im Rahmen des REPowerEU-Plans (European Union, 2022), hat sich die Union das Ziel gesetzt, bis 2030 eine jährliche Produktion von 35 Milliarden Kubikmetern Biomethan oder Biogas zu erreichen. Durch die inländische Produktion von Biogas oder Biomethan kann ein Land seine Abhängigkeit von importierten Brennstoffen verringern und seine Energie-Resilienz und -Sicherheit erhöhen.

Darüber hinaus bietet die Verwendung von Biomethan eine lokale Wertschöpfungskette. Biomethan kann aus organischen Abfällen, landwirtschaftlichen Rückständen und Energiepflanzen sowie anderen Rohstoffen hergestellt werden. Das eröffnet Möglichkeiten für lokale Landwirte, Abfallwirtschaftsunternehmen und andere Interessengruppen, sich an der Produktion und Lieferung von Biomethan zu beteiligen. Das kann zur Entwicklung lokaler Wirtschaften und zur Schaffung von Arbeitsplätzen beitragen.

Die Gesamtinvestitionen, die für diese Umstellung erforderlich sind, werden signifikant sein. Um die Ambitionen der deutschen Bundesregierung aus dem Osterpaket von 2022 für den Ausbau erneuerbarer Energien zu erreichen, sind erhebliche Investitionen in neue erneuerbare Kapazitäten sowie in den Ausbau von Übertragungs- und Verteilungsnetzen erforderlich.

Laut des McKinsey-Berichts „Zukunftspfad Stromversorgung“ (McKinsey & Company, 2024) würde ein Stromversorgungssystem, das auf die niedrigsten Kosten für den Übergang zur Energieoptimierung ausgerichtet ist und weniger auf neuen intermittierenden Quellen erneuerbarer Energie und mehr auf

disponible Kapazitäten setzt, eine um 150 Milliarden Euro niedrigere Investition benötigen, die zwischen 2023 und 2035 anfällt. Ein höherer Bedarf an bedarfs-gesteuerter Energie könnte dann durch kosteneffiziente Biogas-/Biomethan-Lieferungen gedeckt werden, die zuverlässige emissionsfreie Energie zu niedrigeren Systemkosten bieten.

**Ein erheblicher Ausbau der Kapazität erneuerbarer Energien wird benötigt – ein optimiertes System könnte die erforderlichen Investitionen um bis zu 300 Milliarden Euro minimieren**

Investitionen benötigt 2023 bis 2035, Milliarde Euro

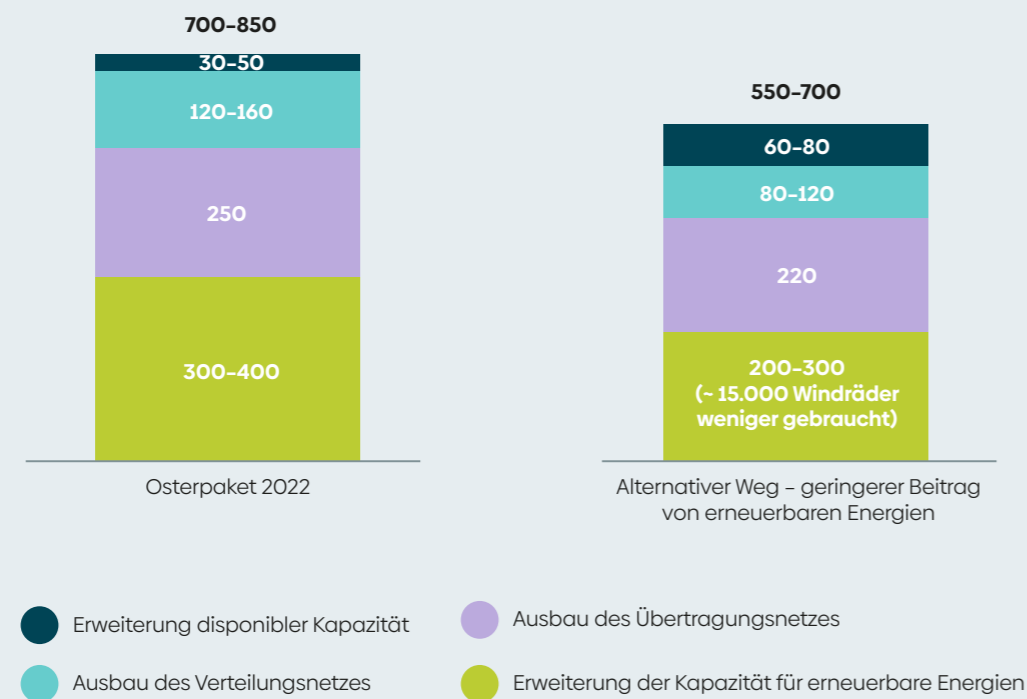


Abbildung 5: Bioenergie als Anteil am Gesamtenergieverbrauch im Szenario des vollen Bioenergiepotenzials, TWh. (IEA, World Energy Outlook, 2023) (Bundesnetzagentur, 2022) (Hydrogen Council, 2023) (Gas For Climate, 2023) Extantia Schätzung)

**Kapitel 2.2 Bioenergie in schwer zu dekarbonisierenden Sektoren**

Jenseits der Stromerzeugung wird Methan weiterhin eine bedeutende Rolle in anderen Sektoren wie Gebäuden, Industrie und Verkehr (Straßenverkehr und Seeschifffahrt) spielen. In diesen Bereichen kann Biomethan als Ersatz für Erdgas verwendet werden, um die Dekarbonisierung unter Verwendung vorhandener Infrastruktur wie dem Netz, LNG- und CNG-betriebenen Fahrzeugen/Schiffen sowie Kesseln zu ermöglichen.

Neben Biomethan bieten auch flüssige Biokraftstoffe eine Alternative zu fossilen Brennstoffen in Schlüsselverkehrssektoren wie der Luftfahrt, Seeschifffahrt und dem Lkw-Verkehr. Diese Biokraftstoffe können aus einer Vielzahl von Biomasse-Rohstoffen hergestellt werden, einschließlich landwirtschaftlicher Nutzpflanzen, Forstrückständen und Ölen. Der Herstellungsprozess involviert typischerweise die Umwandlung dieser Rohstoffe in einen flüssigen Kraftstoff durch Techniken wie Umesterung oder Hydrierung. Ein entscheidender Vorteil von flüssigen Biokraftstoffen ist ihre Kompatibilität mit bestehenden Motoren und Infrastrukturen ohne signifikante Anpassungen. Das macht sie zu einer praktikablen Option, um die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor zu senken, ohne dass eine umfassende Überarbeitung der bestehenden Infrastruktur notwendig ist. Zudem können flüssige Biokraftstoffe die Abhängigkeit von importierten fossilen Brennstoffen reduzieren und durch die Verwendung heimischer Rohstoffe lokale Wirtschaften stärken.

**Das Potenzial der Bioenergie variiert je nach Sektor und könnte zwischen 15 und 20 Prozent des Energieverbrauchs erreichen**

Anteil an Gesamtenergieverbrauch im Szenario des vollen Bioenergiepotenzials, Terawattstunden (TWh)

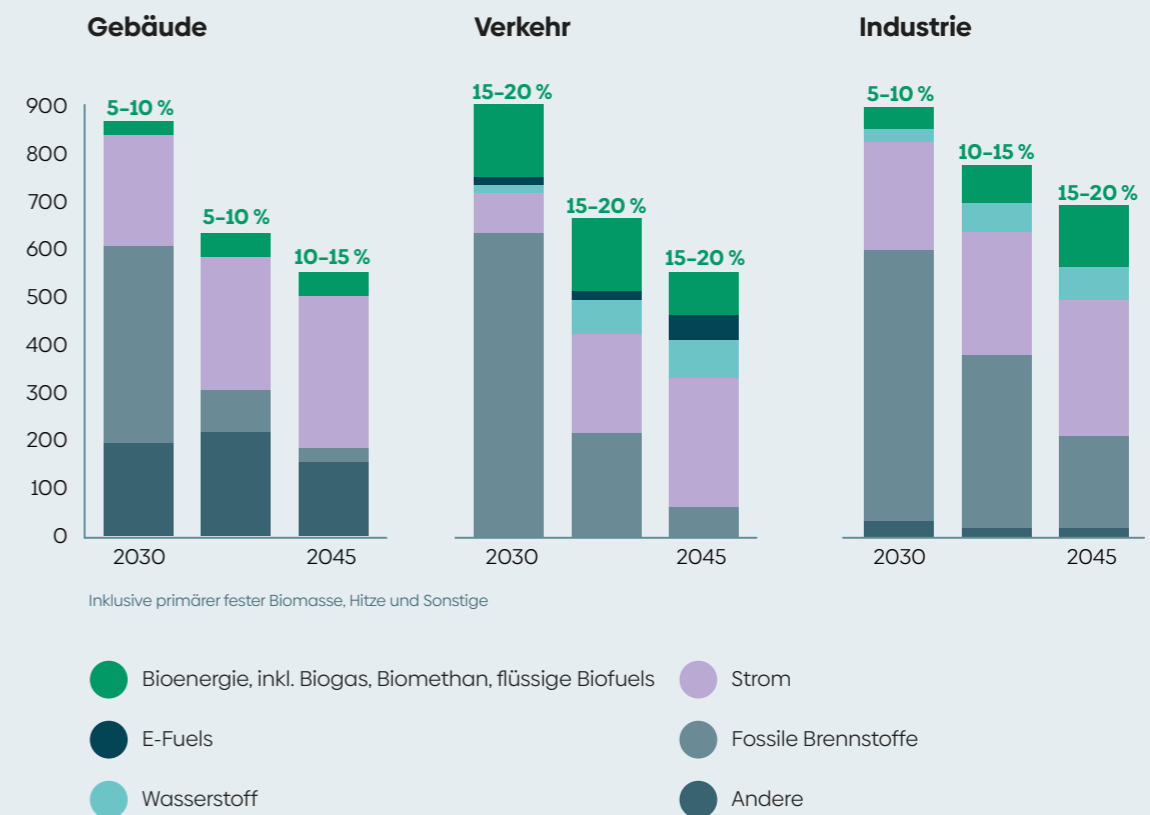


Abbildung 6: Bioenergie als Anteil am Gesamtenergieverbrauch im Szenario des vollen Bioenergiepotenzials, TWh. (IEA, World Energy Outlook, 2023) (Bundesnetzagentur, 2022) (Hydrogen Council, 2023) (Gas For Climate, 2023) Extantia-Schätzung

## Kapitel 2.3 Rohstoffe für Bioenergie

Bei der Einschätzung des Potenzials von Bioenergie ist die Verfügbarkeit von Rohstoffressourcen entscheidend. Die verfügbare Menge an Rohstoffen bestimmt den Umfang und die Machbarkeit der Produktion von Bioenergie. Faktoren wie die Verfügbarkeit von Land, Ernteerträge sowie die Verfügbarkeit von Abfall- und Reststoffen spielen eine zentrale Rolle für das Potenzial der Bioenergie. Es gibt drei primäre Verfahren in der Bioenergiegewinnung: anaerobe Vergärung, Vergasung und Verbrennung von Biomasse sowie die Produktion flüssiger Biokraftstoffe. Jedes dieser Verfahren nutzt spezifische Kernrohstoffe.

1. Gasförmige Biokraftstoffe: Bei der Herstellung von Biomethan kommen Rohstoffe wie Mist, landwirtschaftliche Rückstände, der organische Teil kommunaler Abfälle, Klärschlamm und weitere organische Materialien zum Einsatz. Diese werden durch anaerobe Vergärung verarbeitet, wobei zunächst Biogas entsteht, das anschließend zu Biomethan aufbereitet wird.
2. Feste Biomasse durch Verbrennung und Vergasung: Diese Verfahren nutzen Holz und andere lignozellulosehaltige sowie organische Materialien mit hohem Trockenmassegehalt. Diese Rohstoffe sind sowohl für Verbrennungs- als auch für Vergasungsprozesse geeignet. Bei der Verbrennung wird die Biomasse direkt verbrannt, um Wärme oder Strom zu erzeugen. Die Vergasung hingegen ist eine Form der unvollständigen Verbrennung, die Biomasse in Synthesegas umwandelt. Dieses Gas kann dann für verschiedene Energieanwendungen weiterverarbeitet werden. Die Entscheidung zwischen Verbrennung und Vergasung basiert auf Faktoren wie den Flexibilitätsanforderungen, dem gewünschten Energieprodukt (Gas, Wärme, Strom oder komplexe Moleküle) und der vorhandenen Infrastruktur.
3. Flüssige Biokraftstoffe: Flüssige Biokraftstoffe werden aus Ölen und anderen flüssigen Abfällen und Rückständen hergestellt. Diese Rohstoffe können durch Prozesse wie Umesterung oder Hydrierung in Biokraftstoffe umgewandelt werden. Flüssige Biokraftstoffe finden Anwendung im Transportwesen und können als Ersatz für fossile Brennstoffe verwendet werden.

In der Europäischen Union existieren Vorschriften, die den Einsatz nachhaltiger Rohstoffe für die Bioenergieproduktion sicherstellen sollen. Nachhaltige Rohstoffe sind solche, die nicht zu Nahrungsmittelknappheit führen oder negative Auswirkungen auf die Landwirtschaft haben. Die EU-Richtlinie für erneuerbare Energien setzt Grenzen für den Einsatz von Rohstoffen der ersten Generation im Transportsektor: Deren Verwendung darf das Niveau von 2020 plus 1 Prozent nicht überschreiten, mit einem Höchstwert von 7 Prozent der gesamten Transportenergie.

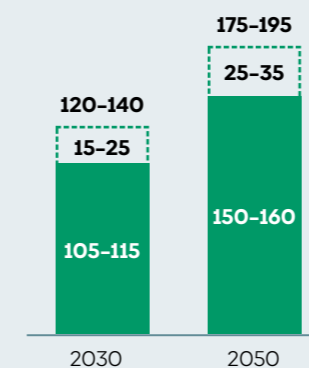
Fortgeschrittene Rohstoffe, die in Anhang IX Teil A der Richtlinie aufgeführt sind, wie beispielsweise landwirtschaftliche Rückstände oder lignozellulosehaltige Abfälle, sind hingegen bevorzugt. Speziell für die Produktion von Biogas und Biomethan wird die Nutzung von Ernterückständen wie Stroh anstelle von Energiepflanzen gefördert.

Angesichts der Knappheit der Rohstoffe wird eine effiziente Nutzung entscheidend sein. Die Konzentration auf Energieeffizienz wird erforderlich sein, um das Potenzial der Bioenergie zu maximieren. Auf der Seite von Biogas und Biomethan könnten Verbesserungen im Ertrag der anaeroben Vergärung sowie ein Wechsel von der Technologie, die Biogas in Elektrizität umwandelt, den Stromertrag um bis zu plus 140 Prozent steigern (European Biogas Association, 2023) (Gas For Climate, 2023).

### Neue Technologien können eine höhere Biogaserzeugung aus verfügbaren Rohstoffen ermöglichen und die Effizienz der Stromerzeugung verbessern, um das Potenzial der Bioenergie optimal auszuschöpfen

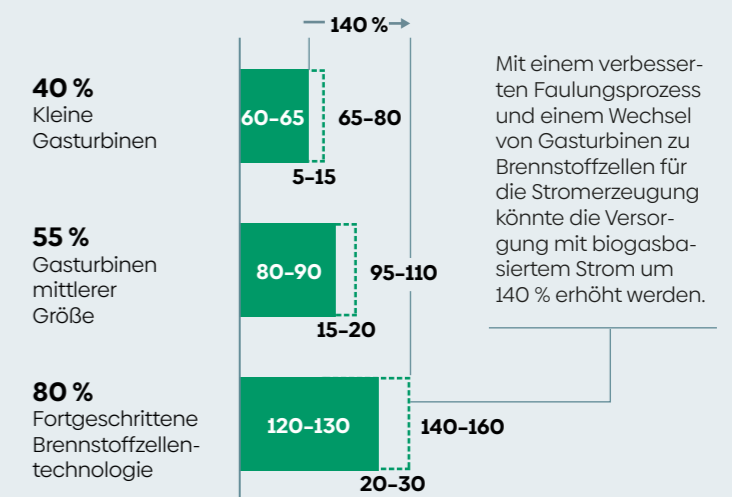
#### Rohstoffverfügbarkeit Terawattstunden (TWh) an thermischer Primärenergie von Biogas

Das REPowerEU-Ziel der Europäischen Union für Biogas/Biomethan bis 2030 beträgt 35 Mrd. m<sup>3</sup> (~ 336 TWh)



#### Stromerzeugungspotenzial aus Biogas in Deutschland im Jahr 2050, Terawattstunden (TWh) Strom

Effizienz der Umwandlung von primärer Energie von Biogas in Strom:



Zusätzliches Biogaspotenzial, das durch Verbesserungen bei Ertrag und Geschwindigkeit des Gärprozesses freigesetzt wird

Abbildung 7: Verfügbarkeit von Rohstoffen in Deutschland, TWh in thermischer Primärenergie von Biogas; Elektrizitätserzeugungspotenzial aus Biogas, TWh elektrischer Energie. (Gas For Climate, 2023) (European Biogas Association, 2023) (European Union, 2022)

### Kapitel 3

## Optimierung des Energie-Trilemmas: Zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Kostensenkung in der Bioenergie werden Innovationen gebraucht

Eine effiziente Energiewende muss für Erschwinglichkeit sorgen und Wettbewerbsfähigkeit ermöglichen. Mit zunehmender Notwendigkeit der Dekarbonisierung und steigenden Preisen für Kohlendioxid werden fossile Energiequellen teurer. Gleichzeitig wird anhaltende Innovation die Kosten für neue Energien senken (Hydrogen Council, 2023).

**Bis 2040 hat die Bioenergie das Potenzial, zur kostengünstigsten Quelle für flexible, klimafreundliche Energie zu werden**

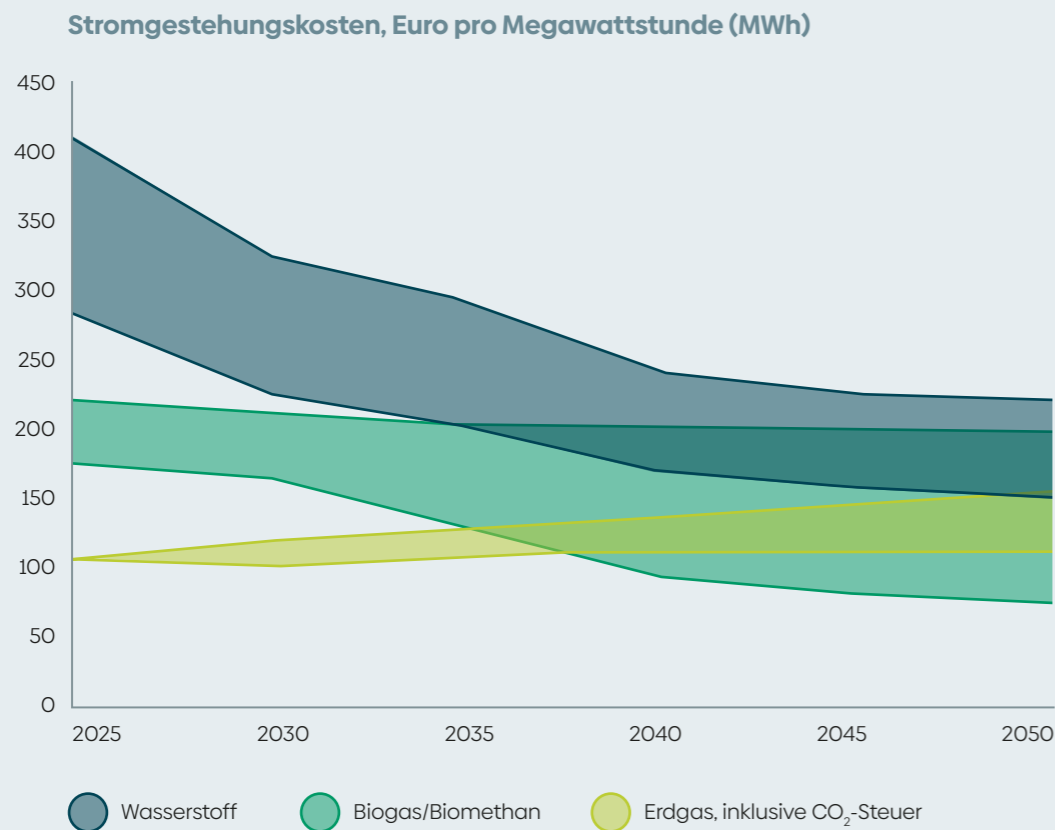


Abbildung 8: Stromgestehungskosten, EUR/MWh. (Hydrogen Council, 2023) (IEA, World Energy Outlook, 2023) Extantia-Schätzung

Spezifisch für Bioenergien erwarten wir einen Kostenrückgang von 10 bis 50 Prozent in den kommenden Jahren aufgrund von Effizienzsteigerungen und Innovationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, einschließlich der Biomasseerfassung, effizienteren Anlagenkonfigurationen und einer besseren Nutzung des Energiepotenzials der jeweiligen Rohstoffe.

Die Gesamtkostenstruktur von Bioenergien umfasst die Kosten für Rohstoffe, Transport, Verarbeitung und Verteilung. Innovationen in jedem dieser Bereiche können dazu beitragen, die Gesamtkosten von Bioenergien zu senken. Auf der anderen Seite steigen die Kosten für die Verwendung fossiler Brennstoffe mit dem Preis für Kohlenstoff, da viele Länder und Regionen Mechanismen zur Kohlenstoffpreisbildung eingeführt haben, wie zum Beispiel Kohlenstoffsteuern oder Emissionshandelssysteme, um die Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu fördern.

**Erwarteter Rückgang der Kosten für Bioenergie im Laufe der Zeit**

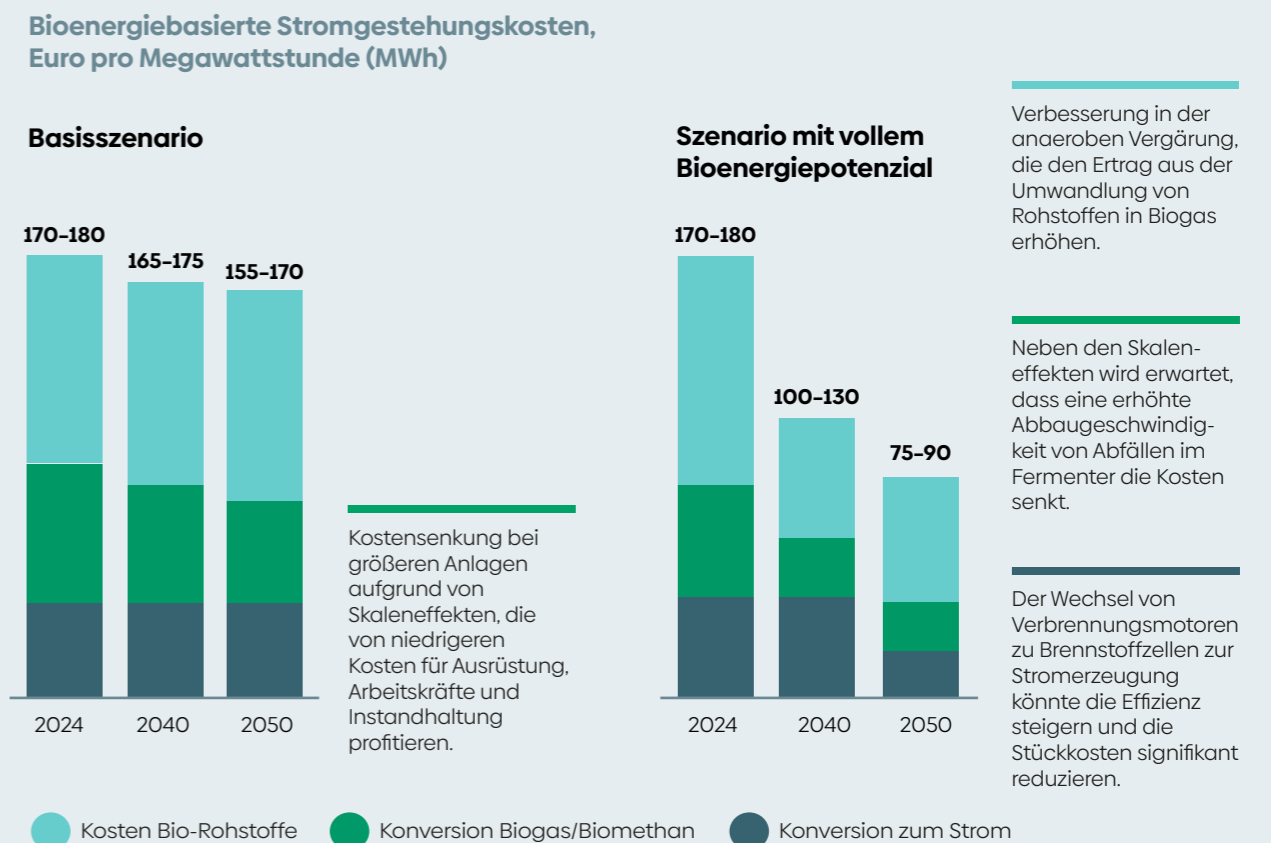


Abbildung 9: Stromgestehungskosten auf Basis von Bioenergie, EUR/MWh. (Engie, 2021) (Gas For Climate, 2023) (European Biogas Association, 2023) Extantia-Schätzung.



Die Verbesserungen in der Wertschöpfungskette der Bioenergie können dazu beitragen, die Kosten zu senken und die Effizienz zu steigern. Die anaerobe Vergärung ist eine etablierte Technologie, die seit vielen Jahren zur Umwandlung von organischen Abfällen in Biogas eingesetzt wird. In den nächsten Jahrzehnten besteht das Potenzial für Kostensenkungen aufgrund von Skaleneffekten, bei denen größere Anlagen von niedrigeren Kosten für Ausrüstung, Arbeitskräfte und Wartung profitieren können. Neben dem Potenzial für Kostensenkungen durch Skaleneffekte besteht auch das Potenzial für eine verbesserte Anlageneffizienz und eine bessere Erfassung von Futtermitteln und Gärresten durch Aggregatoren.

Das kann die Leistung der anaeroben Vergärungsanlage optimieren und die Qualität des produzierten Biogases verbessern. Es besteht jedoch auch das Potenzial für höhere Futtermittelpreise aufgrund erhöhter Konkurrenz. Mit dem Bau weiterer Anlagen und der steigenden Nachfrage nach Futtermitteln könnten die Futtermittelpreise steigen. Das könnte einige der Kostensenkungsvorteile durch Skaleneffekte potenziell ausgleichen. Es ist wichtig zu beachten, dass sich die Auswirkungen höherer Futtermittelpreise je nach den spezifischen Marktbedingungen und der Verfügbarkeit alternativer Futtermittel unterscheiden werden. Insgesamt wird der geschätzte Effekt des Kostensenkungspotenzials durch Skaleneffekte bei größeren Anlagen rund 5 bis 10 Prozent der durchschnittlichen heutigen Kosten für Biomethan betragen. Das entspricht 10 bis 15 Euro pro Megawattstunde thermisch (Engie, 2021).

Die wichtigsten ungehobenen Potenziale in der anaeroben Vergärungstechnologie umfassen die Maximierung des gesamten Biomassepotenzials, die Beschleunigung des Vergärungsprozesses und die Verbesserung der Effizienz der Umwandlung von Biogas in Strom. Diese Verbesserungen können durch verschiedene Strategien und Technologien erreicht werden:

- **Ertragsverbesserungen für die anaerobe Vergärung** – Ein wichtiger Bereich zur Verbesserung ist die Maximierung des Biomassepotenzials. Verbesserungen bei der anaeroben Vergärung können die Effizienz der Umwandlung von Rohstoffen in Biogas erhöhen (entweder durch Verbesserung des Methanertrags pro Tonne oder Rohstoff, Erhöhung des Methangehalts im Rohgas oder Extrahieren der verbleibenden Energie aus den Gärresten) durch ein besseres Verständnis, bessere Kontrolle und bessere Beeinflussung/Anregung des Gärungsprozesses. Neue Technologien und Prozesselemente können auch den anaeroben Vergärungsprozess und die Zeit, die im Fermenter benötigt wird, um das 2–3-Fache beschleunigen. In den letzten Jahren wurden mehrere wissenschaftliche Beiträge zu verbesserten und fortgeschrittenen Gärungsprozessstudien in verschiedenen Ländern und für verschiedene Rohstoffarten veröffentlicht. Mehrere Unternehmen (sowohl

etablierte Biomethanproduzenten als auch neue Start-ups auf dem Markt) haben Innovationen vorgestellt, die zu erheblichen Effizienzsteigerungen des Gärungsprozesses im Vergleich zu den heutigen Standards führen könnten. Beispiel-Unternehmen: Bio Capital, WASE, SGTech, Vertus Energy, Aquature.

- **Verbesserungen der Effizienz von Biogas zu Strom** – Die derzeitige Verbrennung von Biogas bietet eine Effizienz von 30 bis 40 Prozent. Verbesserungen bei der Umwandlung könnten die Kosten erheblich senken und eine neue Lösung für die bestehende 30-Terawattstunden-Stromerzeugung aus Biogasanlagen in Deutschland darstellen, die nach einer zwanzigjährigen Förderperiode auslaufen. Ein vielversprechender Ansatz ist die Anwendung von Brennstoffzellen anstelle von Verbrennungseinheiten zur Umwandlung von Biogas in Strom, was die Stromumwandlungseffizienz potenziell auf bis zu 80 Prozent (mit etwas Restwärme) erhöhen könnte. Brennstoffzellen haben bereits ein bestimmtes Maß an technischer Reife erreicht, aber es besteht weiterhin Potenzial zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung durch Skalierung der Produktion, Reduzierung der Materialkosten, Verbesserung der Effizienz des Fertigungsprozesses und der Abwärmerückgewinnung. Beispiel-Unternehmen: Reverion, Bloom Energy, FuelCell Energy, Sunfire, Aisin, Bosch.

**Mit Verbesserungen im Biogasprozess und einem Wechsel zu effizienterer Stromerzeugung können die Kosten für bioenergiebasierte Energie bis 2050 halbiert werden**

Bioenergiebasierte Stromgestehungskosten, Euro pro Megawattstunde (MWh)

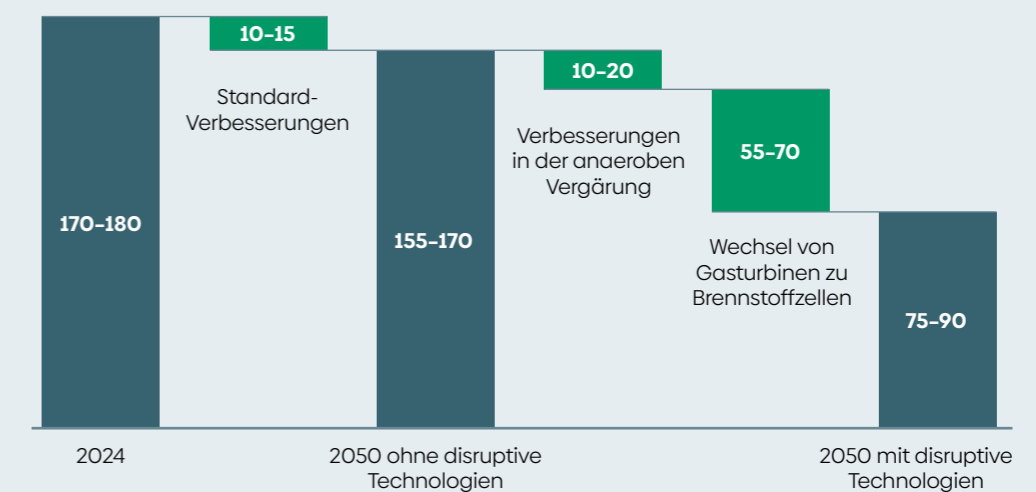
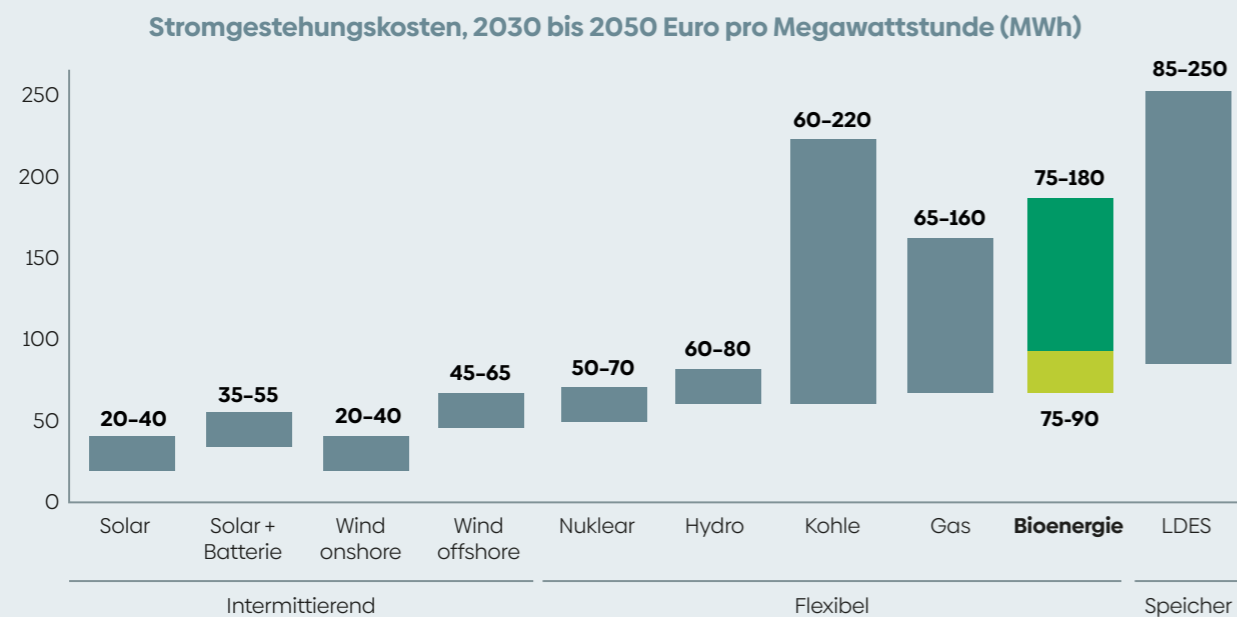


Abbildung 10: Stromgestehungskosten auf Basis von Bioenergie, EUR/MWh. (Engie, 2021) (European Biogas Association, 2023) (Gas For Climate, 2023) Extantia-Schätzung

Bei reduzierten Kosten können Bioenergie, insbesondere Biogas und Biomethan, zu einer wettbewerbsfähigen Quelle für klimafreundliche Energie im Energiesystem werden (DNV, 2023). Das gilt insbesondere, wenn die Kosten für die Stabilisierung intermittierender Energiequellen wie Wind und Sonne berücksichtigt werden. Stabilisierung bezieht sich auf den Prozess, eine stabile und konsistente Stromversorgung aus intermittierenden Quellen durch Hinzufügen von Batterien oder anderen Langzeitspeichern (LDES) sicherzustellen, was herausfordernd und kostspielig sein kann. Biomethan hingegen kann eine stabile und zuverlässige Stromquelle liefern, die auf Abruf bereitgestellt werden kann, was es zu einer attraktiven Option zur Deckung des Energiebedarfs macht. Darüber hinaus kann Biomethan bei reduzierten Kosten mit alternativen flexiblen Stromquellen wie Erdgas oder Kohle konkurrieren. Das kann dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und den Übergang zu einem nachhaltigeren Energiesystem zu fördern.

**Zu den niedrigsten Kosten könnte Bioenergie auch jenseits des Bedarfs an abrufbarer Leistung mit alternativen Stromquellen konkurrieren**



**Abbildung 11:** Stromgestehungskosten nach Technologie, 2030 bis 2050, EUR/MWh. (DNV, 2023) (Afray, 2022) (Engie, 2021) Extantia-Schätzung

**Abschließend können Innovationen in der Wertschöpfungskette der Bioenergie dazu beitragen, Kosten zu senken und die Effizienz zu steigern. Verbesserungen im Bereich der Rohstoffe, Prozessoptimierungen bei den Kapital- und Betriebsausgaben sowie Verbesserungen am Ende der Wertschöpfungskette können allesamt dazu beitragen, Bioenergie erschwinglicher zu machen und sie sogar wettbewerbsfähiger oder günstiger als Alternativen zu gestalten.**

## Kapitel 4 Um die technologische Entwicklung zu beschleunigen, wurden in der gesamten Europäischen Union und darüber hinaus regulatorische Signale und Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt

Anreize und Programme zur Unterstützung verschiedener Bioenergieprodukte sind entscheidend für ihre weit verbreitete Einführung und ihr Wachstum. Diese Anreize können verschiedene Formen annehmen wie zum Beispiel Einspeisetarife, Quoten und Steuergutschriften.

Einspeisetarife sind einer der häufigsten Anreize zur Unterstützung erneuerbarer Energiequellen, einschließlich Bioenergie. Einspeisetarife sind Richtlinien, die Energieversorgungsunternehmen dazu verpflichten, erneuerbare Energie zu einem festen Preis zu kaufen, oft über den Markt, um die Entwicklung erneuerbarer Energiequellen zu fördern. Das kann dazu beitragen, die höheren Kosten für die Entwicklung und Bereitstellung neuer Bioenergietechnologien auszugleichen.

**Quoten sind eine andere Art von Richtlinie, die zur Unterstützung von Bioenergieprodukten verwendet werden kann. Diese Richtlinien erfordern einen bestimmten Prozentsatz an Energie aus erneuerbaren Quellen, was die Nachfrage nach Bioenergieprodukten steigern kann. Da kann einen Markt für Bioenergieprodukte schaffen und Investitionen in den Sektor fördern.**

Steuergutschriften werden ebenfalls häufig verwendet, um die Entwicklung und Nutzung von Bioenergieprodukten zu fördern. Diese Gutschriften bieten Unternehmen und Einzelpersonen finanzielle Vorteile, die in Bioenergietechnologien investieren.

Diese Anreize und Programme werden weltweit umgesetzt, mit unterschiedlichem Erfolg, zum Beispiel:

**Deutschland** war erfolgreich darin, die Nutzung von Bioenergie durch sein Einspeisetarifsystem zu fördern, was zu einem erheblichen Wachstum im Biogassektor geführt hat. Das Einspeisetarifsystem in Deutschland bietet finanzielle Anreize für die Produktion erneuerbarer Energien, einschließlich Biogas.

Das Einspeisetarifsystem garantiert attraktive Einspeisetarife für einen Zeitraum von 20 Jahren, was die Produktion und Nutzung von Biogas im Land gefördert hat. Als Ergebnis hat Deutschland zwischen 2004 und 2014 eine 13-fache Zunahme der Produktion erneuerbarer Energien erlebt. Allerdings haben jüngste Änderungen der Politik, wie die Ersetzung des Einspeisetarifsystems durch ein Ausschreibungssystem für größere Anlagen, das historische Wachstum der Biogas- und Biomethanproduktion im Land verlangsamt. Der Wechsel zu einem wettbewerbsorientierten Ausschreibungssystem hat Unsicherheit bei der Planung geschaffen, und ausgewählte Biogasproduktionsstandorte sollen außer Betrieb genommen werden, sobald sie aus dem zwanzigjährigen garantierten Einspeisetarifzeitraum herausfallen.

**In Dänemark** ist die positive Entwicklung des dänischen Biogasmarktes, insbesondere die Einspeisung von Gas, unter anderem auf das im Jahr 2012 eingeführte Einspeisetarifsystem und die Aufhebung der Förderobergrenze zurückzuführen (Bau großer Biomethan-Anlagen, zum Beispiel von Ørsted und E.ON). Seit 2020 wird aus Kostengründen ein neues Förderregime in Form von Kapazitätsauktionen angewendet. Das neue Regime ist auf klimaneutrale Gase in Form von Biomethan oder E-Methan beschränkt. Aufgrund der Kapazitätsobergrenze wird ein leichter Wachstumsrückgang erwartet.

**Der Renewable Fuel Standard (RFS)** in den Vereinigten Staaten ist eine Richtlinie, die die Verwendung von Biokraftstoffen im Transport vorschreibt, was die Nachfrage nach Biokraftstoffen im Land vorantreibt. Gemäß dem „Renewable Fuel Standard“ muss ein bestimmter Prozentsatz der Kraftstoffe im Transportwesen aus Biokraftstoffen stammen, und diese Anforderung hat einen Markt für Biokraftstoffe in den Vereinigten Staaten geschaffen. Der „Renewable Fuel Standard“ umfasst Mechanismen wie das „Blenders Tax Credit“ (BTC), um die Produktion und Verwendung von Biokraftstoffen zu fördern.

Die Subventionierung des Biomethansektors unterstützt nicht nur die Entwicklung dieser Branche, sondern kommt auch dem lokalen landwirtschaftlichen Sektor zugute. Das liegt daran, dass Biomethan in der Regel aus organischen Abfallstoffen wie landwirtschaftlichen Rückständen und Gülle hergestellt wird, die von Farmen bezogen werden. Durch die Bereitstellung von Subventionen für den Biomethansektor können Landwirte zusätzliche Einnahmen aus dem Verkauf ihrer Abfallstoffe für die Biomethanproduktion erzielen. Darüber hinaus kann die Entwicklung des Biomethansektors bestehende Unterstützung für den landwirtschaftlichen Sektor ersetzen oder ergänzen und den Landwirten neue Möglichkeiten zur Einnahmegenerierung bieten. Darüber hinaus hat Biomethan das Potenzial, als Technologie zur CO<sub>2</sub>-Reduktion zu dienen. Das liegt daran, dass der Biomethan-Aufbereitungsprozess biogenes Kohlendioxid erfasst, das ein Treibhausgas ist und natürlich durch biologische

Prozesse entsteht. Durch die Erfassung dieses Kohlendioxids und seine Speicherung kann der Prozess zu einer kohlenstoffnegativen Lösung führen. Das bedeutet, dass die Produktion und Verwendung von Biomethan tatsächlich zu einer Nettoerzeugung der Treibhausgasemissionen führen kann, was es zu einer attraktiven Option zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks und zur Bekämpfung des Klimawandels macht.

## Kapitel 5

### Schlussfolgerungen und nächste Schritte

Effizienz spielt eine zentrale Rolle bei der Förderung nachhaltiger Energiesysteme. Eine hohe Effizienz und ein hoher Energieertrag tragen dazu bei, die Vorteile dieser Systeme zu maximieren und ihre Nachhaltigkeit langfristig sicherzustellen. Subventionen und Anreize sollten darauf ausgerichtet sein, den effizienten Einsatz von Ressourcen zu fördern, Abfall zu reduzieren und die Nachhaltigkeit zu verbessern. Ein solcher Ansatz kann wesentlich dazu beitragen, die Umweltauswirkungen von Energiesystemen zu minimieren und den Übergang zu einem nachhaltigeren Energiesystem zu beschleunigen.

Effektive Subventionen sind solche, die nicht dauerhaft erforderlich sind. Indem sie finanzielle Unterstützung für Innovationen bieten, die anfangs bedeutende Investitionen erfordern, aber mit fortschreitender Skalierung und Übernahme kostengünstiger werden, können Subventionen die Adoption und Marktdurchdringung dieser Innovationen erleichtern. Sobald die Technologie effizienter und kosteneffektiver wird, tragen diese Maßnahmen dazu bei, ein nachhaltigeres und effizienteres Energiesystem zu schaffen.

Biogas/Biomethan stellt bereits eine kosteneffektive erneuerbare Energiequelle dar, wobei die Energiegestehungskosten (Levelized Cost of Electricity, LCOE) in Deutschland derzeit etwa 80 bis 90 Euro pro Megawattstunde (thermisch) betragen, was ungefähr 170 bis 180 Euro pro Megawattstunde (elektrisch) entspricht. Durch weitere Entwicklungen und technologische Fortschritte, insbesondere die Optimierung des anaeroben Vergärungsprozesses und den Einsatz von Brennstoffzellen für die Stromerzeugung anstelle von Verbrennungsmotoren, könnten die Energiegestehungskosten (LCOE) signifikant reduziert werden. Eine Verbesserung der Prozesseffizienz und die Verringerung der Systemverluste könnten die Kosten potenziell auf 50 bis 60 Euro pro Megawattstunde (thermisch) senken, was etwa 5 bis 95 Euro pro Megawatt-

stunde (elektrisch) entspricht. Diese mögliche Kostensenkung macht Biogas/ Biomethan zu einer besonders attraktiven Option für den Übergang zu einem nachhaltigeren Energiesystem.

Biogas/Biomethan ist auch in Deutschland bereits weitverbreitet und verfügt über eine Obergrenze von 150 Terawattstunden (thermisch) (15 Milliarden Kubikmeter Gas). Zudem besteht weiteres Steigerungspotenzial durch Landflächen, die derzeit für den Anbau von Energiepflanzen genutzt werden. Das unterstreicht, dass Biogas/Biomethan das Potenzial hat, zukünftig eine bedeutende Rolle in der Energieversorgung Deutschlands zu spielen. Basierend auf unseren Modellen und Preisprognosen für Alternativen hat Biomethan das Potenzial, die wettbewerbsfähigste erneuerbare Energiequelle zu werden. Um dieses Potenzial vollständig zu realisieren, sollten Energiewende-Strategien Technologie-Durchbrüche und Verbesserungen durch verschiedene Mittel fördern, wie zum Beispiel:

**Capex-Investitionszuschüsse** sind finanzielle Unterstützungen, die speziell für Investitionen in Sachanlagen (Capex) bei verschiedenen Projekten oder Initiativen vergeben werden. Diese Zuschüsse zielen darauf ab, die Entwicklung und Implementierung neuer Technologien oder Infrastrukturen zu fördern und zu unterstützen. Im Bereich von Biogas und Biomethan könnten solche Investitionszuschüsse eingesetzt werden, um die finanziellen Mittel für den Bau und die Einrichtung von Anlagen wie anaerobe Vergärer oder Brennstoffzellensysteme zur Stromerzeugung bereitzustellen. Dadurch können die initial hohen Kosten für den Aufbau von Biogas- und Biomethan-Produktionsinfrastrukturen ausgeglichen und die Projekte für Investoren sowie Entwickler finanziell attraktiver gestaltet werden.

**Innovationszuschüsse und Fördermittel** sind finanzielle Anreize, die speziell darauf ausgerichtet sind, Innovationen zu fördern und zu unterstützen. Diese Unterstützungsmechanismen sollen die Entwicklung und Einführung neuer Ideen, Produkte oder Prozesse in verschiedenen Branchen oder Sektoren vorantreiben, um positive Veränderungen oder Fortschritte zu erzielen. Im Bereich Biogas/Biomethan könnten solche Zuschüsse und Fördermittel eingesetzt werden, um Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zu unterstützen, die auf eine Verbesserung der Effizienz, Kosteneffektivität und Skalierbarkeit von Biogas-/Biomethan-Produktionstechnologien abzielen. Möglichkeiten umfassen die Finanzierung von Pilotprojekten, Demonstrationsvorhaben oder gemeinschaftlichen Forschungsinitiativen, die neue Ansätze oder Technologien in der Biogas-/Biomethan-Produktion erforschen.

**Abnahmegarantien/Feed-in-Prämien** beziehen sich auf Mechanismen oder Anreize, die einen garantierten Markt für die Ausgabe oder Produktion eines bestimmten Projekts oder einer bestimmten Branche gewährleisten. Feed-in-Prämien sind zusätzliche Zahlungen oder Anreize, die den Produzenten erneuerbarer Energien für den Strom, den sie erzeugen und ins Netz einspeisen, gewährt werden. Diese Mechanismen zielen darauf ab, die Rentabilität und Wirtschaftlichkeit von Projekten für erneuerbare Energien zu unterstützen. Im Kontext von Biogas/Biomethan könnten Abnahmegarantien/Feed-in-Prämien verwendet werden, um finanzielle Anreize für Produzenten von Biogas/Biomethan zu schaffen und so eine stabile und vorhersehbare Einnahmequelle für ihre Produktion sicherzustellen. Das kann dazu beitragen, die höheren Kosten für die Biogas-/Biomethan-Produktion im Vergleich zu konventionellen fossilen Brennstoffen auszugleichen und sie wirtschaftlich attraktiver für Produzenten zu machen.

**Die proaktive Einbeziehung von Biomethan in „Carbon Contracts for Difference“ (CCfD) möglicherweise in Verbindung mit Innovationen** bezieht sich auf die Aufnahme von Biomethan in Kohlenstoff-Vertrags-Differenz-Schemata. CCfD-Schemata sind Mechanismen, die finanzielle Unterstützung für Projekte zur Stromerzeugung aus kohlenstoffarmen Quellen bieten. Durch die Einbeziehung von Biomethan in diese Schemata wird die Produktion und Nutzung dieses erneuerbaren Gases gefördert, was möglicherweise zu Innovationen im Biomethan-Sektor führt.

Diese Einbeziehung könnte finanzielle Anreize oder Subventionen für Biomethan-Produzenten basierend auf der Differenz zwischen dem Marktpreis für Biomethan und einem vorher festgelegten Ausübungspreis beinhalten. Das kann dazu beitragen, die Kostenschere zwischen Biomethan und konventionellen fossilen Brennstoffen zu überbrücken. Abschließend bieten Kapitalzuschüsse für Investitionen, Innovationszuschüsse und -finanzierungen, Abnahmegarantien/Einspeisevergütungen sowie die Integration von Biomethan in „Carbon Contracts for Difference“-Schemata vielfältige Möglichkeiten, die Entwicklung und Einführung von Biogas/Biomethan als erneuerbare Energiequelle zu unterstützen. Diese Instrumente stellen finanzielle Anreize und Unterstützungsmechanismen bereit, die es ermöglichen, die hohen Anfangskosten für die Produktion von Biomethan zu bewältigen, Innovationen in der Branche voranzutreiben, einen stabilen Markt für Biogas-/Biomethan-Produzenten zu sichern und Biomethan im Energiemarkt wettbewerbsfähiger zu gestalten. Durch die Implementierung dieser Maßnahmen können Regierungen und politische Entscheidungsträger den Übergang zu einem nachhaltigeren und effizienteren Energiesystem wirksam fördern. Schließlich sind die Förderung von Effizienz und die Unterstützung von marktreifen Technologien entscheidend, um nachhaltige Energiesysteme



zu fördern. Subventionen und Anreize sollten speziell auf hocheffiziente und energierückgewinnende Systeme zugeschnitten sein. Investitionen in Forschung und Entwicklung sind unerlässlich, um Innovationen zu beschleunigen und die Skalierbarkeit sowie Kosteneffizienz von Energietechnologien zu steigern. Durch die Umsetzung dieser Ansätze können wir die Potenziale von Energiesystemen voll ausschöpfen und einen bedeutenden Beitrag zum Übergang zu einem nachhaltigeren Energiesystem leisten.

## Literaturverzeichnis

Afry. (2022). The Benefits of Long Duration Electricity Storage.

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2022). Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2023.

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2024). Wasserstoffnetz für die Energiewende – wichtige Weichen für koordinierten und privatwirtschaftlichen Aufbau sind gestellt. Retrieved from <https://www.bmwk.de/>: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2024/02/07-wasserstoffnetze-energiewende.html>

Bundesnetzagentur. (2022). Genehmigung des Szenariorahmens 2023–2037/2045.

Climate Policy Initiative. (2023). Global Landscape of Climate Finance 2023. dena-Leitstudie. (2021). Aufbruch Klimaneutralität.

DNV. (2023). Energy Transition Outlook 2023.

Energiewende, A. (2023). Climate-neutral power system 2035.

Engie. (2021). Biogas potential and costs in 2050.

European Biogas Association. (2023). EBA Statistical Report 2023.

European Union. (2022). REPowerEU Plan. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/>: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3A-FIN&qid=1653033742483>

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, C. G.-I.-u. (2023). Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3.

Gas For Climate. (2023). 2023 Market state and trends in renewable and low-carbon gases in Europe.

Handelsblatt. (2024). Is Germany spending too much on the energy transition? Retrieved from <https://www.handelsblatt.com/>: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/mckinsey-analyse-gibt-deutschland-zu-viel-fuer-die-energiewende-aus/100002547.html>

Hydrogen Council. (2023). Hydrogen Insights 2023.

IEA. (2023). Renewables 2023.

IEA. (2023). World Energy Outlook.

McKinsey & Company. (2024). Zukunftspfad Stromversorgung.

Netzentwicklungsplan. (2024). Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045.

## **Landwirtschaftliche Rentenbank**

Theodor-Heuss-Allee 80  
60486 Frankfurt am Main

Postfach 101445  
60014 Frankfurt am Main

Telefon 069 2107 0  
Telefax 069 2107 6444

[office@rentenbank.de](mailto:office@rentenbank.de)  
[www.rentenbank.de](http://www.rentenbank.de)

**gutes säen**



**rentenbank**