

Potenzialanalyse 2025/26

N° 3/4

bioeconomy deep dives

Bio-LNG



ROOTCAMP



rentenbank

inhalt

Zusammenfassung	4
Summary	6
1. Einleitung	8
1.1 Bioökonomie: Definition und Motivation	9
1.2 Bioeconomy Deep Dives	10
1.3 Bio-LNG: Einführung	11
1.3.1 Energieerzeugung aus Biomasse in Deutschland	12
1.3.2 Bio-LNG: Eigenschaften und Status Quo in Deutschland	13
1.3.3 Umweltverträglichkeit und Bedeutung von Bio-LNG für die Bioökonomie	17
1.4 Zielsetzung	19
2. Methode und Daten	20
3. Ergebnisse	21
3.1 Bio-LNG Wertschöpfungskette	21
3.2 SWOT-Analyse	24
3.3 Exkurs: Pro- und Contra zu zentralen vs. dezentralen Anlagen	26
3.4 Innovationslücken und Skalierungshemmnisse	30
3.4.1 Innovationslücken	32
3.4.2 Skalierungshemmnisse für Deutschland	35
4. Fazit	41
4.1 Empfehlungen	41
4.2 Limitationen	45
Quellenverzeichnis	46
Liste Interviewpartner	49

Zusammenfassung

Um die Ernährungssicherheit bei gleichzeitiger Deckung des steigenden Material- und Energiebedarfs der Industrie zu gewährleisten, muss die Produktion durch biologische Systeme erhöht und die Nutzung von Ressourcen effizienter gestaltet werden. Diese zukunftsweisende Wirtschaft, die auf biobasierten Ressourcen und zirkulären Prozessen basiert, wird Bioökonomie genannt. Um das Potenzial geeigneter Wertschöpfungsketten zu heben, müssen Skalierungshemmnisse aufgelöst und Innovationslücken geschlossen werden. Zu diesem Zweck hat das RootCamp als Innovationshub mit den Bioeconomy Deep Dives ein Format entwickelt, das auf einer zukunftsgerichteten Analyse basiert und die Identifikation dieser Limitationen ermöglicht.

Unter direkter Beteiligung relevanter Akteurinnen und Akteure aller Wertschöpfungsstufen werden verschiedene Problemstellungen im Bereich der Bioökonomie analysiert, um die konkrete Umsetzung von Lösungsansätzen zu ermöglichen. Die Bioeconomy Deep Dives wurden von der Landwirtschaftlichen Rentenbank und dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) in Auftrag gegeben. Nachdem zunächst die Themengebiete Nutzhanf und Lignin näher betrachtet wurden, wird im dritten Durchgang des Formats die Bio-LNG-Wertschöpfungskette untersucht.

Bio-LNG ist ein verflüssigter Kraftstoff, der aus biogenen Rohstoffen gewonnen wird. Eine positive Wirkung im Sinne der Bioökonomie und des Klimaschutzes kann Bio-LNG insbesondere dann entfalten, wenn für die Produktion Rest- und Nebenstoffe wie Wirtschaftsdünger, Erntereste oder Haushaltsabfälle genutzt werden. Sinnvoll ist der Einsatz als Kraftstoff in schwer elektrifizierbaren Anwendungen in der Industrie, im maritimen Sektor und im Schwerlastverkehr.

Im Rahmen dieser Potenzialanalyse wurden einige Innovationslücken und auch substanzielle Skalierungshemmnisse identifiziert. So bestehen im Bereich der Verflüssigungstechnologien, insbesondere bei kleinskaligen Lösungen, in der Nebenstromverwertung und in der CO₂-Nutzung noch Potenziale, die bislang nicht ausgeschöpft wurden. Da Bio-LNG ebenso wie fossiles LNG hoch flüchtig ist und als Methan eine starke Klimawirkung entfaltet, sind Innovationen im Bereich des sogenannten Methanschlupfes entlang der Wertschöpfungskette gefragt. Expertinnen und Experten zufolge ist die Technologie jedoch bereits weitestgehend ausgereift. Ihrer Skalierung stehen insbesondere eine starke regulatorische Unsicherheit und erschüttertes Marktvertrauen entgegen. Akteurinnen und Akteure im Markt für Bio-LNG kritisieren, dass die Kosten- und Förderstrukturen im internationalen Wettbewerb und die aktuelle Mautregelung privatwirtschaftliche Investitionen bremsen.

Insbesondere durch die Stärkung von Energiewirtinnen und Energiewirten könnte mit Bio-LNG aus Rest- und Nebenströmen die regionale Wertschöpfung gesteigert werden und eine dezentralere Energieproduktion für mehr Resilienz sorgen. Neben der Förderung von Innovationen entlang der Wertschöpfungskette empfiehlt sich eine klare politische Priorisierung, um das Potenzial dieser Wertschöpfungskette zu heben. Durch eine Überarbeitung der Regulatorik sollten insbesondere Planungs- und Investitionssicherheit sowohl auf der Produktions- als auch der Nachfrageseite geschaffen und faire und transparente Förder- und Kostenstrukturen im In- und Auslandshandel hergestellt werden.

Das BMLEH hat den vorliegenden Bericht als Informationsunterlage von den Verfassern, RootCamp und Landwirtschaftliche Rentenbank, entgegengenommen.

Summary

To ensure food security while simultaneously meeting the growing demand from the energy and processing industries, production through biological systems must be increased and resource use made more efficient. This forward-looking economy, relying on bio-based resources and circular processes, is referred to as the bioeconomy. To unlock the potential of suitable value chains, scaling barriers must be removed and innovation gaps closed. For this purpose, the innovation hub RootCamp developed the Bioeconomy Deep Dives. Based on a future-oriented analysis, this format enables the identification of these limitations. Through the direct involvement of relevant actors from all stages of the value chain, various challenges in the field of bioeconomy are analyzed to facilitate the concrete implementation of solution approaches. The Bioeconomy Deep Dives are commissioned by Landwirtschaftliche Rentenbank and the Federal Ministry of Agriculture, Food and Regional Identity (BMLEH). Following the analyses on the value chains of industrial hemp and lignin, the third round of the format centres on the bio-LNG value chain.

Bio-LNG is a liquefied fuel produced from biogenic raw materials. Positive effects regarding the bioeconomy and climate protection can be expected when waste and by-products such as farm manure, crop residues, or household waste are used in its production. It makes most sense to use it as a fuel in applications that are difficult to electrify in industry, the maritime sector and heavy-duty transport.

This potential analysis identified several innovation gaps as well as substantial scaling barriers. For instance, there remains untapped potential in liquefaction technologies – particularly in small-scale solutions – as well as in side-stream utilization and CO₂ utilization. Just like fossil LNG, bio-LNG is highly volatile and has a considerable climate impact. Thus, innovations are needed to address methane leakage throughout the value chain.

However, according to experts, the technology is already largely mature. As part of this potential analysis, several factors were identified that hinder scaling up, most notably significant regulatory uncertainty and shaken market confidence. Stakeholders in the bio-LNG market criticize the fact that, in the face of international competition, cost and subsidy structures as well as the current duty regulations are holding back private-sector investment.

In particular, by strengthening energy producers, bio-LNG derived from residual and by-product streams could increase regional value creation and ensure more decentralized energy production for greater resilience. In addition to promoting innovation along the value chain, clear political prioritization is recommended to unlock the potential of this value chain. A revision of regulations should create planning and investment certainty on both the production and demand sides, establishing fair and transparent subsidy and cost structures in domestic and international trade.

The BMLEH has received the present report as an informational document from the authors, RootCamp and Landwirtschaftliche Rentenbank.

1. Einleitung

Die deutsche Landwirtschaft und Industrie befinden sich in einer angespannten Lage: Klimawandel, geopolitische Unsicherheiten, unzureichende Anreize für privatwirtschaftliche Investitionen und Fluktuationen in der Versorgung mit fossilen Rohstoffen führen zu Herausforderungen und Risiken im Markt. In diesem Kontext gewinnt das Modell der Bioökonomie als zukunftsfähige Grundlage für ein resilienteres und nachhaltigeres Wirtschaften an Bedeutung. Aufgrund der angestrebten nachhaltigen und zirkulären Nutzung biologischer Ressourcen liegt ein besonderer Schwerpunkt auf der Verwertung biologischer Abfälle, Rückstände und Nebenströme aus der Produktion von Lebensmitteln, Energie und Industriegütern.

Dies ist insbesondere für den Verkehrssektor relevant. In Deutschland entfallen 22 % der Treibhausgasemissionen auf diesen Sektor. Damit verursacht er gemäß Definition der Sektoren des Klimaschutzgesetzes nach der Energiewirtschaft (39 %) und der Industrie (23 %) die dritthöchsten Emissionen. Mit einer absoluten Minderung von 10,9 % seit 1990 weist der Verkehrssektor zudem die geringste Reduktion bei den Treibhausgasemissionen auf. Zwar gab es substanzielle Verbesserungen in der Fahrzeugtechnik und in der Nutzung effizienterer Kraftstoffe und Antriebsarten, jedoch ist die absolute Zahl der Fahrzeuge im Straßenverkehr – insbesondere im Individual- und Schwerlastverkehr – deutlich gestiegen. Dies führt dazu, dass der Sektor derzeit seine Klimaziele verfehlt (Bundesministerium für Verkehr (BMV), 2025; Umweltbundesamt, 2025a).

Zudem ist dieser Sektor, der insbesondere in Deutschland noch maßgeblich auf fossilen Ressourcen basiert, aufgrund aktueller geopolitischer Krisen, fluktuierender Rohstoffpreise und einer substanziellen Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern in besonderem Maße vulnerabel. Eine hohe Importabhängigkeit Deutschlands erhöht die Anfälligkeit für Preisschwankungen und gefährdet die Energiesicherheit. Beispiele hierfür sind die russische Invasion der Ukraine im Jahr 2022 oder die Blockade der Straße von Hormus im Frühjahr 2026. Sich verändernde, ehemals als zuverlässig betrachtete Beziehungen zu öl- und gasliefernden Ländern müssen neu bewertet werden und stellen nicht nur die Resilienz des deutschen Verkehrssektors, sondern auch der Gesamtwirtschaft infrage.

Hier kann die Bioökonomie ansetzen. Fortschrittliche, aus Nebenströmen und Abfällen produzierte Biokraftstoffe – allen voran Bio-LNG – bieten substantielles Potenzial für die Dekarbonisierung des Verkehrs. Unter geeigneten Rahmenbedingungen könnte die Wertschöpfungskette von Bio-LNG ihr Potenzial entfalten, die Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen verringern, einen resilienteren und effizienteren Schwerlast- und Schiffsverkehr ermöglichen sowie zum Klima- und Umweltschutz beitragen.

1.1 Bioökonomie: Definition und Motivation

Die im November 2025 von der Europäischen Kommission veröffentlichte Strategie für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Bioökonomie zielt darauf ab, Innovationen zu fördern und europäische Unternehmen bei der Transformation zu unterstützen (Europäische Kommission, 27.11.2025). Wichtig ist, die heimische Innovations- und Investitionskraft zu nutzen, um die notwendige Transformation des Wirtschaftssystems hin zu mehr Nachhaltigkeit voranzutreiben (Bioökonomie.de, 27.04.2020; Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 2020).

Bioökonomie-Definition der Bundesregierung

Die Bioökonomie umfasst die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und Systeme, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen. Sie hat das Ziel, Ökonomie und Ökologie für ein nachhaltiges Wirtschaften zu verbinden.

(BMBF und BMEL, 2020)

Die in der Land- und Forstwirtschaft produzierte pflanzliche Biomasse bildet eine zentrale Grundlage der Bioökonomie. Die Landwirtschaftliche Rentenbank möchte als Förderbank für die deutsche Agrarwirtschaft und den ländlichen Raum die stoffliche und energetische Nutzung von Agrarerzeugnissen sowie Nebenprodukten fördern und den Übergang zu einer biobasierten, emissionsarmen Kreislaufwirtschaft mitgestalten. Vor diesem Hintergrund hat die Landwirtschaftliche Rentenbank im Auftrag des BMLEH die vom Innovationshub RootCamp entwickelten Bioeconomy Deep Dives beauftragt.

1.2 Bioeconomy Deep Dives

Wertschöpfungsketten sind stetigem Wandel unterworfen. Jeder Impuls breitet sich über die bilateralen Kontaktpunkte der Wertschöpfungsstufen aus, sodass sich Angebot und Nachfrage ausgleichen und die Effekte technologischer Neuerungen verbreitet werden. Aktuell summieren sich jedoch mehrere externe Faktoren wie Bevölkerungswachstum, geopolitische Konflikte, die Klimakrise und das Schwinden natürlicher Ressourcen bei gleichzeitig hoher Dynamik zu einem bislang unbekannten Transformationsdruck. Parallel dazu können zukunftssträchtige Wertschöpfungsketten ihr Potenzial noch nicht entfalten.

Die Bioeconomy Deep Dives zielen darauf ab, geeignete Wertschöpfungsketten zu analysieren und gemeinsam mit den relevanten Akteurinnen und Akteuren Skalierungshemmnisse sowie ungenutzte Potenziale zu verstehen, zu benennen und zu priorisieren. Durch die direkte Beteiligung aller Wertschöpfungsstufen können Innovationslücken identifiziert, überbrückt und Hemmnisse beseitigt werden.

Für das Format geeignete Wertschöpfungsketten zeichnen sich durch ein hohes Veränderungspotenzial des bestehenden Status quo aus. Die Bewertungsstruktur berücksichtigt Faktoren wie technologische Entwicklungen und Marktveränderungen sowie externe Einflüsse wie Infrastruktur, Energie, Regularien und Umwelt. Die kritische Masse wird durch ein ausreichendes Gesamtvolumen eines homogenen Materialflusses, eines Nutzungspfads oder regionaler Konzentration erreicht.

Durch die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette entlang des Stoffstroms werden alle relevanten Stakeholder berücksichtigt und ein multilateraler Austausch ermöglicht. Die verschiedenen Perspektiven können sich so ergänzen. Unter Annahme einer mittelfristig möglichen skalierten Entwicklung werden Herausforderungen und Chancen skizziert und mögliche Auswirkungen direkt adressierbar gemacht. Regulatorische Hemmnisse, fehlende Verarbeitungsinfrastrukturen, Bedarf an Kooperationen, Innovationslücken, technologische Lösungen oder Entwicklungsbedarfe werden sichtbar und können priorisiert sowie gemeinschaftlich angegangen werden. Die der Transformation zugrunde liegenden global wirkenden Herausforderungen werden spezifisch und fokussiert bearbeitet, sodass Entscheidungstragende innerhalb der Wertschöpfungskette aktiv werden können.

1.3 Bio-LNG: Einführung

Wurden im Zuge der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert noch in hohem Maße fossile Energieträger wie Kohle, Erdgas und Öl genutzt, nahm im 20. Jahrhundert das Interesse an erneuerbaren Energien zu. Während Menschen seit jeher Pflanzen und Tierdung verbrannten, um Wärme zu erzeugen, begann mit einem steigenden Bedarf an Alternativen zu fossilen Ressourcen die systematische Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung.

1.3.1 Energieerzeugung aus Biomasse in Deutschland

Die Energieerzeugung aus Biogas wird durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert, das im Jahr 2000 das seit 1991 gültige Stromeinspeisungsgesetz ersetzte. In den vergangenen Jahrzehnten wurde das EEG mehrfach novelliert, um beispielsweise Anpassungen hinsichtlich Kosteneffizienz und Wirtschaftlichkeit vorzunehmen oder Ausschreibungssysteme weiterzuentwickeln. Die letzte Novelle erfolgte im Jahr 2023. Geförderte erneuerbare Energiequellen sind neben der Bioenergie auch Windenergie, Wasserkraft, Geothermie und Solarenergie.

Wie Abbildung 1 zu entnehmen ist, beträgt der Anteil erneuerbarer Energiequellen an der Bruttostromerzeugung 57,2 %. Dabei hat die Windenergie den größten Anteil an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, während die Bioenergie mit 9,5 % der Bruttostromerzeugung einen vergleichsweise geringen Anteil aufweist (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), 2026; Umweltbundesamt, 2023).

Anteil der Bioenergie an der Bruttostromerzeugung Deutschlands (2025)

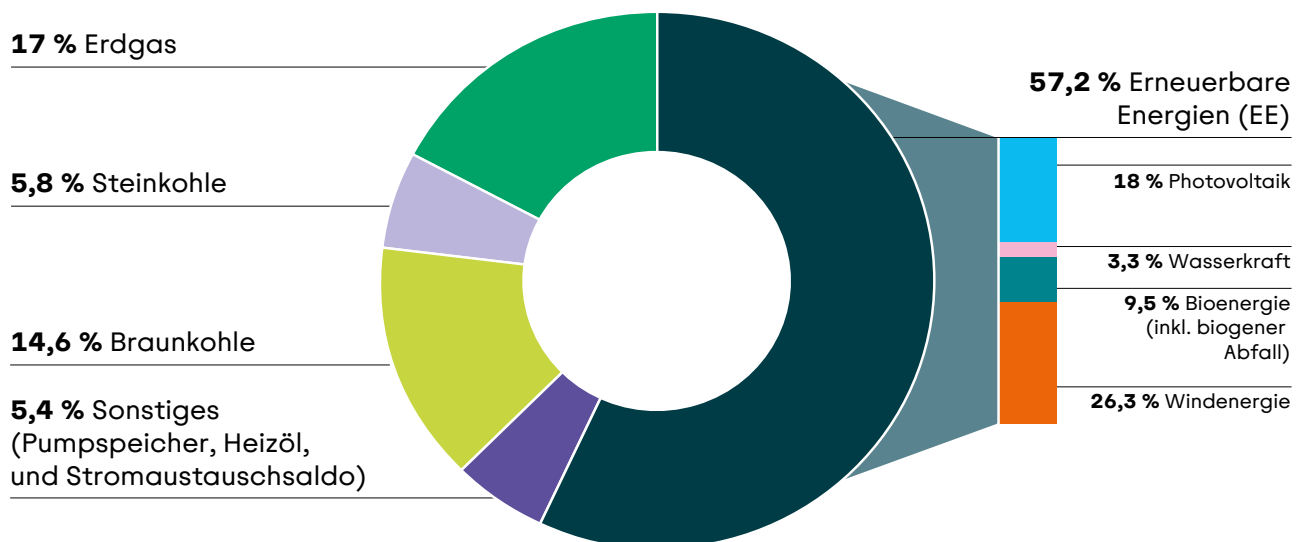


Abbildung 1: Anteil der Bioenergie an der Bruttostromerzeugung Deutschlands (2025) (Quelle: FNR, 2026)

Biogas entsteht, wenn Biomasse in Biogasanlagen unter anaeroben Bedingungen mithilfe von Bakterien abgebaut wird. Abhängig vom Ursprungsmaterial erzeugen die Bakterien Biogas mit einem Methangehalt zwischen 50 und 75 % (Umweltbundesamt, 2024). Im Jahr 2025 gab es in Deutschland 9.605 Biogas- und 290 Biomethananlagen (Fachverband Biogas e.V., 2026). Der Anteil von Biogas beziehungsweise Biomethan am Gasverbrauch in Deutschland beträgt derzeit 11,34 % (Tagesschau, 20.02.2026).

Befürwortende der Bioenergie heben insbesondere die flexible Energieversorgung hervor: In Wetterlagen mit unzureichendem Wind- und Solaraufkommen zur Energieproduktion – auch als Dunkelflaute bezeichnet – kann Bioenergie einspringen, um flexibel erneuerbare Energie bereitzustellen. Dies gilt für Wärme, Strom und die in dieser Potenzialanalyse im Fokus stehende Kraftstoffgewinnung in Form von Bio-LNG.

1.3.2 Bio-LNG: Eigenschaften und Status Quo in Deutschland

Die Abkürzung LNG steht für Liquefied Natural Gas. Dabei handelt es sich um ein auf $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ heruntergekühltes fossiles Gas, das in flüssiger Form vorliegt. Die Qualität von LNG hängt von der Zusammensetzung des Gases ab, die hauptsächlich aus Methan sowie Anteilen an Ethan, Propan und weiteren langkettigen Alkanen besteht. Bio-LNG wird durch eine weitere Aufbereitung von Biomethan gewonnen.

Aufgereinigtes und verflüssigtes Erdgas beziehungsweise Biogas in Form von LNG oder Bio-LNG hat ein etwa 600-fach geringeres Volumen als im gasförmigen Zustand und ist somit gut transportfähig. Es wird bei atmosphärischem Druck in thermisch isolierten Tanks gelagert und transportiert. Fossiles LNG wird von Deutschland derzeit vorwiegend aus den USA über die LNG-Terminals in Wilhelmshaven, Rügen und Brunsbüttel importiert (Statista, 09.07.2025). Bio-LNG hingegen wird häufig dezentral direkt an den Biogasanlagen aus Biomethan hergestellt. Erfolgt die Verflüssigung nicht unmittelbar, kann das Biomethan zunächst in das Erdgasnetz eingespeist, massenbilanziell nachverfolgt und später verflüssigt werden.

Exkurs: Unterscheidung Bio-LNG, Bio-CNG und Bio-LPG

Da aktuell mit Bio-CNG, Bio-LNG und Bio-LPG drei verschiedene biogene Energieträger besonders intensiv diskutiert werden, ist eine kurze Definition und Abgrenzung sinnvoll. Die Unterscheidung liegt insbesondere im physikalischen Zustand, der Energiedichte, der Logistik und der typischen Einsatzfelder dieser Energieträger.

Bio-LNG (Liquefied Natural Gas) ist durch Abkühlung verflüssigtes Biomethan. Dadurch erhöht sich die Energiedichte erheblich, was größere Reichweiten ermöglicht. Bio-LNG wird daher primär im Schwerlastverkehr, im Ferntransport und in der Schifffahrt eingesetzt – also in Bereichen, in denen CNG (siehe unten) und batterieelektrische Lösungen aktuell an ihre Grenzen stoßen. Zudem ist Bio-LNG besser für den internationalen Transport geeignet, da es effizient über größere Distanzen verteilt werden kann.

Bio-CNG (Compressed Natural Gas) besteht aus komprimiertem Biomethan und wird unter hohem Druck gespeichert. Es eignet sich insbesondere für den Einsatz im Straßenverkehr bei Pkw, leichten Nutzfahrzeugen und im kommunalen Verkehr, etwa bei Bussen oder Müllfahrzeugen. Aufgrund der vergleichsweise geringeren Energiedichte ist die Reichweite begrenzt, weshalb Bio-CNG vor allem im regionalen und urbanen Einsatz genutzt wird, wo eine dichte Tankstelleninfrastruktur vorhanden ist. Darüber hinaus ist CNG im Gegensatz zu LNG vom Erdgasnetz abhängig. Insbesondere Tankstellen entlang von Autobahnen verfügen aufgrund fehlender Gasnetzanschlüsse zumeist nicht über CNG.

Bio-LPG (Liquefied Petroleum Gas) wird derzeit im Kontext der Novelle des Gebäudeenergiegesetzes beziehungsweise des Gebäudemodernisierungsgesetzes verstärkt diskutiert. Bio-LPG unterscheidet sich grundlegend von den beiden anderen Optionen, da es chemisch kein Methan ist, sondern hauptsächlich aus Propan und Butan besteht. Es fällt häufig als Nebenprodukt bei der Verarbeitung von Biomasse oder biogenen Ölen an. Bio-LPG wird vor allem im Wärmemarkt (zum Beispiel zur Beheizung in ländlichen Gebieten ohne Gasnetzanschluss), in der Industrie sowie in bestimmten Nischenanwendungen im Verkehr genutzt, etwa bei Autogasfahrzeugen.

Aktuell gibt es in Deutschland etwa 290 Anlagen, die Biogas zu Biomethan aufbereiten und dieses in der Regel in das Erdgasnetz einspeisen. Laut dem Fachverband Biogas e.V. wären diese kurzfristig in der Lage, ihre Auslastung weiter zu erhöhen und somit über 14,5 TWh heimisches Biomethan zu erzeugen. Des Weiteren gibt es dem Fachverband zufolge deutschlandweit derzeit 16 Anlagen, die Biomethan zu rund 250.000 Tonnen Bio-LNG verflüssigen (Fachverband Biogas e.V., 2026).

Entwicklung der Biomethananlagen und der kumulierten Rohgasaufbereitungskapazität

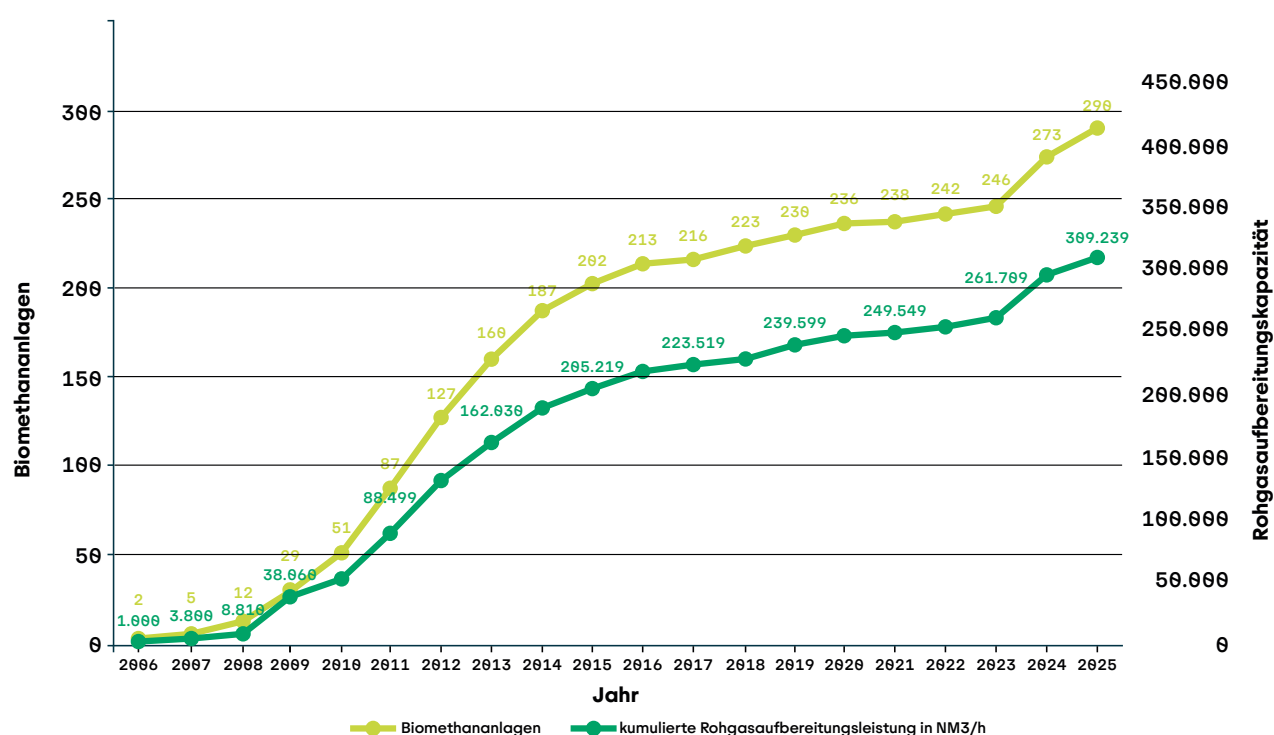


Abbildung 2: Entwicklung der Biomethananlagen und der kumulierten Rohgasaufbereitungskapazität (Quelle: Fachverband Biogas e.V. 2026)

In Abbildung 2 ist die Entwicklung der heimischen Biomethananlagen sowie deren kumulierte Rohgasaufbereitungskapazität abgebildet. Es ist hervorzuheben, dass es insbesondere zwischen den Jahren 2010–2015 und 2023–2025 einen starken Anstieg gab. Letzterer ist unter anderem auf die russische Invasion der Ukraine zurückzuführen. Wie in Abbildung 3 vom Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) zu sehen, weist Biomethan in Form von CNG und LNG im Vergleich zur Nutzung von anderen Biokraftstoffen einen leicht ansteigenden Trend auf, hatte jedoch bis zum Ende des Erhebungszeitraums im Jahr 2022 nur einen marginalen Anteil. In der 2026 veröffentlichten Studie des DBFZ wird prognostiziert, dass Biokraftstoffe aus

heimischen und importierten biogenen Reststoffen nach der Elektromobilität die zweitgünstigste Möglichkeit der THG-Minderung darstellen. Diesen Modellierungen zufolge könnte die Biokraftstoffnutzung zunehmen, ebenso wie der Einsatz von Biomethan (Meisel et al., 2026).

Biokraftstoffnutzung in Deutschland

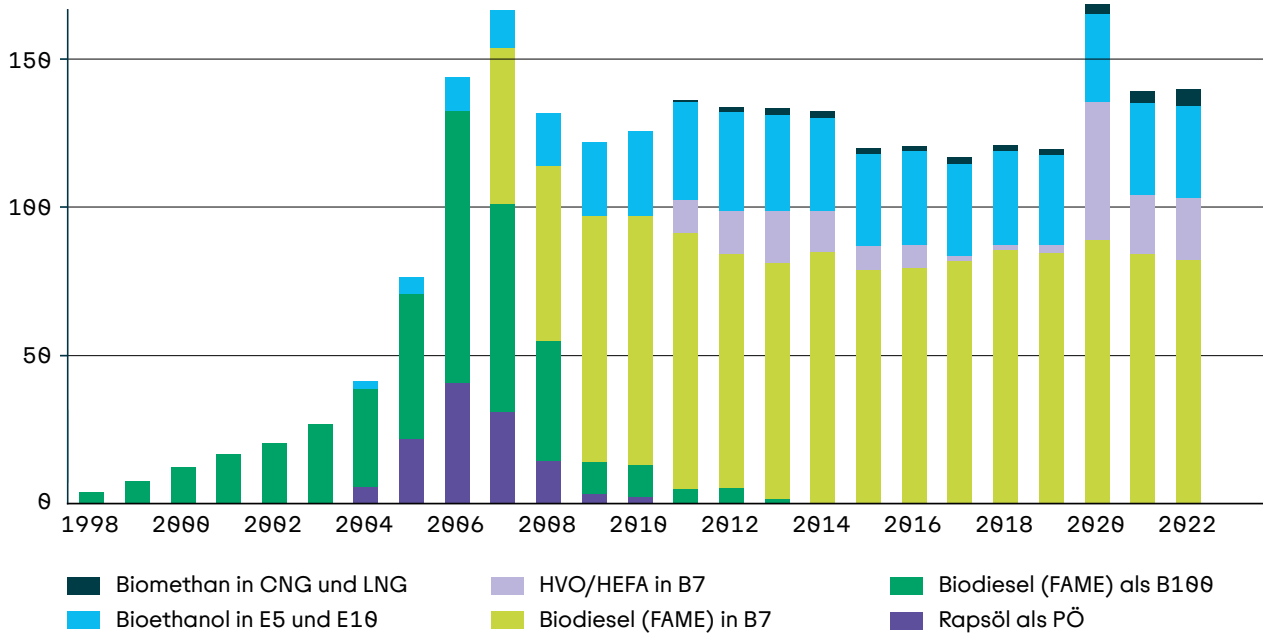


Abbildung 3: Biokraftstoffnutzung in Deutschland (Quelle: Schröder & Görsch, DBFZ, 2025)

1.3.3 Umweltverträglichkeit und Bedeutung von Bio-LNG für die Bioökonomie

Eine pauschale Bewertung der Umweltverträglichkeit von Bioenergie ist nicht ratsam und wird schnell äußerst komplex – entscheidend bei der Betrachtung sind die verwendeten Rohstoffe, deren Herkunft sowie die Art der Nutzung des Endproduktes. Kontrovers diskutiert wird die Nutzung von Biomasse insbesondere im Zusammenhang mit Energiepflanzen, allen voran Mais, der auf fruchtbaren Ackerflächen angebaut wird. Kritiker führen an, dass der Anbau nicht nur in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion beziehungsweise zum Futtermittelbedarf steht, sondern auch zu stofflichen Nutzungen, zum Beispiel für Textilien oder Chemikalien. Verdrängungseffekte, die durch einen zusätzlichen Bedarf an Rohstoffen ausgelöst werden, werden als indirekte Landnutzungsänderungen (englisch Indirect Land Use Change, kurz iLUC) bezeichnet.

Die Umwandlung natürlicher Ökosysteme in Ackerflächen zur Gewinnung von Bioenergieträgern setzt zusätzliche Treibhausgasemissionen frei und kann potenzielle Umweltvorteile der Bioenergie schnell zunichtemachen¹. Allerdings ist stets eine Einzelfallbetrachtung erforderlich, und Modellrechnungen sind häufig komplex. Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie III (Renewable Energy Directive III, kurz RED III) der Europäischen Union schreibt verbindliche Nachhaltigkeitsanforderungen für Bioenergieträger vor.

Im Rahmen der Bioökonomie ist es sinnvoll, Rohstoffe möglichst lange im Kreislauf zu halten und – sofern möglich – einer Kaskadennutzung zuzuführen. Nach der Nutzung als Nahrungsmittel sollte Biomasse idealerweise zunächst stofflich genutzt werden, bevor sie energetisch verwertet wird. Dies gilt beispielsweise für Biomassequellen wie Gülle und Mist, bei deren Vergärung neben der Energiegewinnung auch ein gut bodenverträglicher Dünger entsteht. Weitere ökologisch sinnvolle Formen der Energiegewinnung aus Reststoffen sind etwa die Nutzung biogener Abfälle aus Siedlungen oder der Industrie sowie die Verwertung von Grünschnitt aus der Landschaftspflege (Fehrenbach et al., 2019; Umweltbundesamt, 2024).

¹Die Umwandlung von Grünland ist seit 2015 durch die Greening-Regelungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU beschränkt. Die Erhaltung von Grünland ist Voraussetzung für den Erhalt von Direktzahlungen. Verstöße gegen das Verbot des Grünlandumbruchs sind Ordnungswidrigkeiten, jedoch sind Ausnahmen und Befreiungen möglich (Umweltbundesamt, 2025b).

In Abbildung 4 wird die Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz) für Strom aus Biogas auf Basis von Wirtschaftsdünger beziehungsweise Gärsubstratmischungen mit Wirtschaftsdünger veranschaulicht. Je höher der Anteil an Wirtschaftsdünger im Gärsubstrat von Biogasanlagen ist, desto stärker werden Treibhausgasemissionen gesenkt. Zur weiteren Emissionsminderung können neben dem Substratmix auch eine optimierte Rohstoffherzeugung und -nutzung sowie die Minimierung von Methanschluß – also das Entweichen des hoch flüchtigen Gases in die Atmosphäre – beitragen (FNR, 2025).

THG-Bilanz von Biogas aus Wirtschaftsdüngern

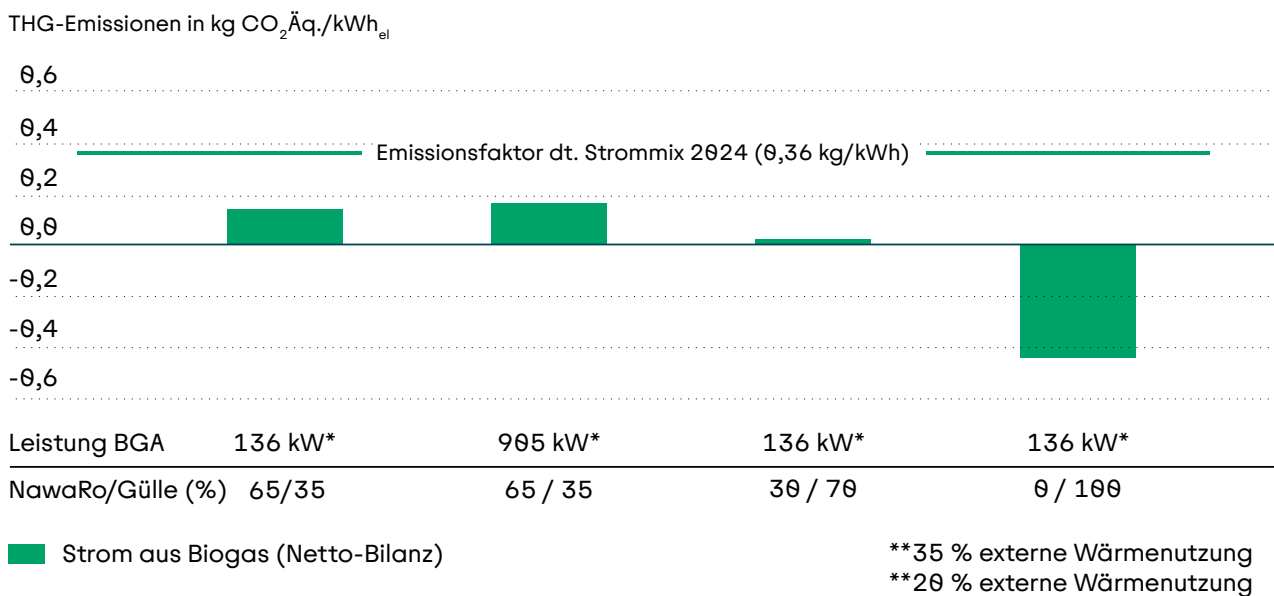


Abbildung 4: THG-Bilanz von Biogas aus Wirtschaftsdüngern (Quelle: FNR, 2025)

Der Gesetzgeber verpflichtet die Mineralölwirtschaft mit der Treibhausgasminderungs-Quote (THG-Quote), die Kraftstoffemissionen zu reduzieren. Im Wettbewerb um möglichst emissionsarme Biokraftstoffe ist der Einsatz von Reststoffen und herkömmlichen Abfällen anstelle von Energiepflanzen sowie die Nutzung erneuerbaren Stroms zur Aufbereitung und Verarbeitung der Ressourcen vorteilhaft (FNR, o.D.). Aus organischen Reststoffen wie Gülle oder Ernteabfällen produziertes Bio-LNG verursacht als Kraftstoff 100 bis 180 % weniger Treibhausgasemissionen als fossiler Diesel (Edel et al., 2019) und wird teilweise sogar als klimapositiv beworben. Für eine belastbare Bewertung müsste jedoch die gesamte Kette von der Kraftstoffproduktion bis zur Nutzung berücksichtigt werden. Dies trifft in der aktuellen Emissionsbewertung nicht zu. Die Thematik der unterschiedlichen Bewertung von Kraftstoffen im Rahmen der Maut wird in Kapitel 3 detaillierter erläutert.

In einer Studie der Deutschen Energie-Agentur (dena) wird prognostiziert, dass sich der Einsatz von Bio-LNG im Schwerlastverkehr die Biokraftstoffmenge bis 2030 verdoppeln könne. Der Anteil von aus Rest- und Abfallstoffen gewonnenen Biokraftstoffen könne von 30 % (Stand 2019) auf über 50 % gesteigert werden. So ließen sich im Jahr 2030 rund 7 Millionen Tonnen CO₂ zusätzlich einsparen (Edel et al., 2019).

Von Kritikern wird angemerkt, dass eine Förderung von Bio-LNG die Umstellung von Verbrennungsmotoren hin zum elektrifizierten Verkehr verzögern könnte. Zudem könnten Anreize für eine Ausweitung der Tierhaltung entstehen, da durch die energetische Verwertung von Wirtschaftsdüngern ein zusätzlicher Einkommensstrom erschlossen wird. Bei einer Skalierung von Bioenergie im Allgemeinen und Bio-LNG im Speziellen ist daher darauf zu achten, diese Bedenken zu berücksichtigen und aus den Debatten der vergangenen Jahrzehnte zu lernen, um für tatsächliche Nachhaltigkeit und gesellschaftliche Akzeptanz zu sorgen. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Potenzialanalyse zu Bio-LNG, welche Bedeutung dieser Kraftstoff für die Bioökonomie haben kann, ohne Nutzungskonflikte zu verschärfen oder zusätzliche Emissionen zu verursachen.

1.4 Zielsetzung

Anhand dieser Potenzialanalyse soll ein besseres Verständnis der Wertschöpfungskette von Bio-LNG erarbeitet werden. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Rolle, die Bio-LNG als Kraftstoff aus Rest- und Nebenstoffen bei der Transformation hin zu einer Bioökonomie einnehmen kann. Diese potenzielle Rolle wird umfassend beleuchtet, und es werden aktuelle Entwicklungen, Innovationspotenziale sowie Skalierungshemmnisse in Deutschland und im Ausland dargestellt.

Zudem verfolgt die vorliegende Potenzialanalyse das Ziel, potenzielle Lösungsansätze zu skizzieren. Durch einen integrativen Ansatz, die Vernetzung relevanter Akteurinnen und Akteure sowie die Förderung des Wissensaustauschs soll die energetische Nutzung von Bio-LNG im Sinne der Bioökonomie in Deutschland gezielt gestärkt werden.

2. Methode und Daten

Zur Identifizierung relevanter Stakeholderinnen und Stakeholder entlang der Wertschöpfungskette wurde zunächst eine Marktrecherche durchgeführt. In den anschließenden Interviews kamen Gesprächsleitfäden zum Einsatz, die zentrale Fragen abdeckten und Orientierung boten, gleichzeitig jedoch ergebnisoffene Gespräche ermöglichten. Zusätzlich wurden die Befragten gebeten, weitere potenzielle Expertinnen und Experten, Ressourcen oder Kontaktpersonen in ihrem unmittelbaren Umfeld innerhalb der Wertschöpfungskette zu empfehlen.

Um Stakeholder der gesamten Bio-LNG-Wertschöpfungskette zusammenzubringen, fand am 14. Januar 2026 in den Räumlichkeiten der RootCamp GmbH in Hannover ein Workshop statt. Der Workshop wurde inhaltlich und zeitlich in zwei Teile gegliedert: Am Vormittag wurde der Status quo analysiert, während am Nachmittag der Blick in die Zukunft der Wertschöpfungskette gerichtet sowie Innovationslücken und Skalierungshemmnisse diskutiert und potenzielle Lösungen erörtert wurden. Die Erkenntnisse aus dem Workshop fließen unmittelbar in den vorliegenden Bericht ein.

Um die Wertschöpfungskette besser zu verstehen und Innovationslücken sowie Skalierungshemmnisse herauszuarbeiten, wurden die Erkenntnisse sowohl aus den Expertinnen- und Experteninterviews als auch aus dem Workshop in Form einer SWOT-Analyse (Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats) aufgearbeitet. Als Instrument der strategischen Planung kann diese Analyse als Grundlage für die Positionsbestimmung und Strategieentwicklung eingesetzt werden.

3. Ergebnisse

3.1 Bio-LNG Wertschöpfungskette

Im Rahmen der Analyse der Bio-LNG-Wertschöpfungskette wurden sechs Hauptbereiche identifiziert. Diese umfassen die Substratbereitstellung (1), in der Regel in Form von Wirtschaftsdünger aus tierhaltenden Betrieben, aber auch organische Reststoffe aus der Industrie oder Haushaltsabfälle. Es folgen die Biogasproduktion (2), die Aufbereitung zu Biomethan (3) und die Verflüssigung zu Bio-LNG (4). Die Schritte (2)-(4) können an einzelnen Standorten beziehungsweise in unterschiedlichen Unternehmen stattfinden. In der Praxis ist es für Energiewirtinnen und Energiewirte (häufig Cluster aus mehreren Energiewirtinnen und Energiewirten) oder Konzerne jedoch häufig sinnvoll, alle diese Schritte zu integrieren, um Zwischenschritte und Transaktionskosten für Netzeinspeisung und Zwischenspeicherung einzusparen. Nach der Verflüssigung folgt der Schritt Logistik und Distribution (5), bei dem das Bio-LNG verteilt beziehungsweise direkt vor Ort vertankt wird, bevor es zu den Abnehmenden (6) gelangt. Diese werden in dieser Betrachtung vereinfachend mit den Endnutzenden gleichgesetzt und können beispielsweise Speditionen sein, Unternehmen, die diese beauftragen, oder Betriebe mit eigenen LNG-Lkw-Fuhrparks.

Die sechs Hauptbereiche in der Bio-LNG Wertschöpfungskette

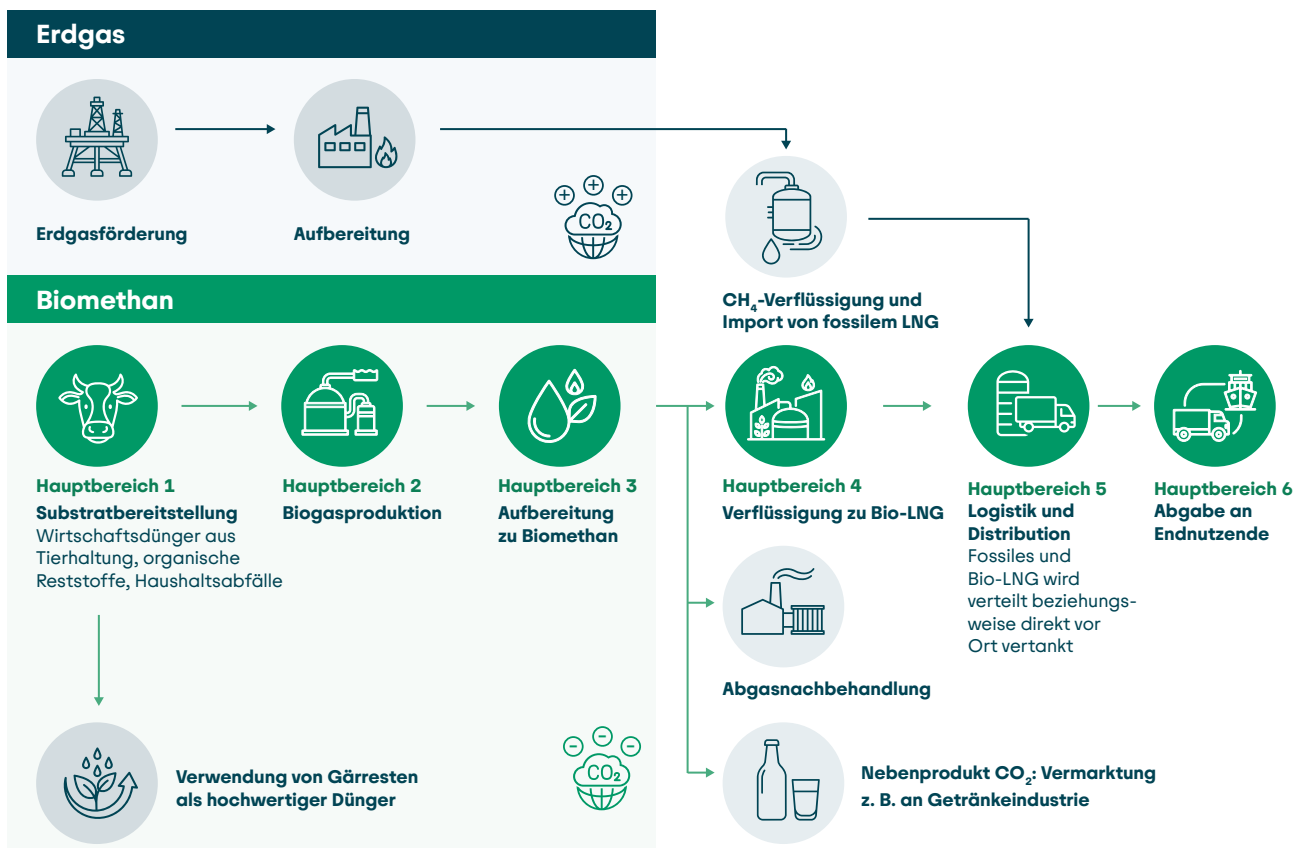


Abbildung 5: Die sechs Hauptbereiche in der Bio-LNG Wertschöpfungskette (Quelle: eigene Darstellung)

Weitere Akteurinnen und Akteure im Umfeld der Wertschöpfungskette sind Anlagen- und Fahrzeugbauer, Unternehmen für Monitoring, Zertifizierung und Handel sowie beratende, vernetzende oder forschende Institutionen. Externe, nicht unmittelbar der Wertschöpfungskette zuzuordnende Gruppen waren beispielsweise Politik, Investierende oder Akteurinnen und Akteure, die bewusst außerhalb der Wertschöpfungskette agieren. Letztere wurden befragt, um zu verstehen, aus welchen Gründen sich Unternehmen und Institutionen gegen Bio-LNG entscheiden beziehungsweise aussprechen. Insgesamt wurden 43 Personen und Einrichtungen entlang der Wertschöpfungskette befragt beziehungsweise nahmen am Workshop teil. Wie in Tabelle 1 illustriert, konnten für diese Potenzialanalyse Perspektiven aus jedem Bereich der Wertschöpfungskette abgebildet werden. Am Präsenz-Workshop in Hannover nahmen 11 Expertinnen und Experten teil.

Teilnehmende des Interviews und Workshops nach Wertschöpfungsstufe

	Interview	Teilnahme am Workshop
Substratbereitstellung	6	1
Biogasproduktion	13	3
Aufbereitung zu Biomethan	10	4
Verflüssigung zu Bio-LNG	10	4
Logistik & Distribution	8	1
Abnehmende & Endnutzung	7	1
Andere Akteurinnen und Akteure der Wertschöpfungskette		
Anlagen & Fahrzeugbau	4	2
Monitoring, Zertifizierung & Handel	5	2
Forschung, Beratung & Vernetzung	8	2
Externe	6	1

Tabelle 1: Teilnehmende des Interviews und Workshops nach Wertschöpfungsstufe
(Quelle: eigene Darstellung)

Hinweis: Die Akteurinnen und Akteure der Wertschöpfungskette ordneten sich oft mehr als einem der Bereiche beziehungsweise Stufen zu. Daher übersteigt in dieser Darstellung die Anzahl der Teilnehmenden pro Stufe an den Interviews und dem Workshop die Gesamtanzahl der einzelnen Gespräche (43) und der Workshopteilnehmenden (11).

3.2 SWOT-Analyse

Auf Basis der Interviewaussagen und des Workshops wurde eine SWOT-Analyse erstellt (siehe Abbildung 5). Die Darstellung basiert auf Ansichten und subjektiven Erfahrungen der Interviewpartner und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Diese Analyse dient der Strukturierung und dem besseren Verständnis von Stärken und Chancen sowie Schwächen und Risiken der Branche sowie als Grundlage für die Erarbeitung der Innovationslücken und Skalierungshemmnisse, die in den folgenden Unterkapiteln detaillierter diskutiert werden.

SWOT-Analyse auf Basis von Interviewaussagen



Stärken

- Nutzung vorhandener Biogas- und Gasnetz-Infrastruktur ermöglicht Weiterverarbeitung zu Biomethan und Bio-LNG sowie zentrale Verflüssigung mit Skaleneffekten
- Bio-LNG eignet sich insbesondere für Schwerlast- und Schifffahrtsanwendungen, in denen Elektrifizierung schwieriger ist
- Produktion aus Wirtschaftsdüngern (Gülle/Mist) bietet hohe Potenziale für Treibhausgasminderungen
- Regionale Wertschöpfung
- Resilienz: Geringere Importabhängigkeit und Abschwächung von Dunkelflauten



Schwächen

- Hohe Investitionskosten (Capex) für Aufbereitung, Verflüssigung und Infrastruktur; Verflüssigungsanlagen sind teuer und eher für große Volumina wirtschaftlich
- Energieintensive Produktionsprozesse (Biogas → Biomethan → LNG) verschlechtern teilweise Umweltbilanz und Wirtschaftlichkeit
- Fehlende **Planungssicherheit** und unerwartete Steigerung der Finanzierungs- und Betriebskosten führen zu Investitionsrückgang und Stilllegung von Anlagen
- Begrenzttes Gesamtpotenzial von Biogas/Biomethan im Vergleich zum gesamten Gasbedarf; kann fossiles Gas mengenmäßig nicht vollständig ersetzen
- Vermarktung und Zertifizierung komplex, regulatorisch aufwendig und mit hohen administrativen Anforderungen verbunden



Chancen

- Erwarteter Nachfrageanstieg durch strengere Emissionsvorgaben im Schwerlast- und maritimen Verkehr sowie Unternehmens-Net-Zero-Strategien
- RED-Regulierung, CO₂-Bepreisung oder Fördermechanismen könnten Marktchancen verbessern
- Ausbau großskaliger Verflüssigungsanlagen in Europa ermöglicht Kostensenkungen und größere Absatzmärkte
- Ausbau dezentraler Produktion ermöglicht regionale Wertschöpfung und Risikostreuung
- Nutzung **zusätzlicher Feedstock-Potenziale** (z. B. Haushaltsabfälle) kann Produktion ausweiten
- Erschließung **zusätzlicher Wertschöpfungsströme** durch Nutzung von biogenem CO₂ (z. B. direkter Verkauf des CO₂ oder Nutzung für die Methansynthese) oder Verkauf bodenverträglichen Düngers



Risiken

- Starke Abhängigkeit von politischer Regulierung (z. B. Maut), Förderpolitik und CO₂-Preissystemen führt zu **hoher Marktunsicherheit**
- **Zertifikatsbetrugsfälle und Marktverwerfungen** (z. B. durch Importzertifikate) haben Preise stark gedrückt und Vertrauen beschädigt
- **Schwierige Wettbewerbsbedingungen** durch subventionierte Produktion in anderen Ländern und günstigere fossile Alternativen
- Begrenztes Angebot geeigneter Fahrzeug- und Schiffstechnologien bzw. **Flottenumrüstung als Markthemmnis**
- Konkurrenz durch Elektrifizierung oder alternative Kraftstoffe (z. B. Methanol, Wasserstoff) in bestimmten Verkehrssegmenten
- CO₂-Bemessungsgrundlage: Tank-to-Wheel- statt Well-to-Wheel-Betrachtung und somit Gleichsetzung mit fossilen Kraftstoffen
- **Methanschlupf** entlang der Wertschöpfungskette (Produktion, Verflüssigung, Nutzung) reduziert Klimateffizienz

Abbildung 6: SWOT-Analyse auf Basis von Interviewaussagen (Quelle: eigene Darstellung)

3.3 Exkurs: Pro- und Contra zu zentralen vs. dezentralen Anlagen

Die Entscheidung zwischen zentralen und dezentralen Verflüssigungsanlagen ist zugleich industriepolitisch, klimapolitisch und sicherheitspolitisch relevant. Dies ist in den Experteninterviews und im Workshop zutage getreten. Abbildung 6 bietet einen Überblick über die Vor- und Nachteile der jeweiligen Ansätze.

Wie untenstehend abgebildet, erscheinen zentrale Anlagen wie die von Shell im Energy and Chemicals Park Rheinland zunächst rational: Durch Mengenbündelung, spezifische Kostensenkungen und die Nutzung von Skaleneffekten arbeiten großtechnische Verflüssiger effizienter pro Tonne Bio-LNG. In den vergangenen Jahren, in denen diese Marktlogik dominierte und Wettbewerbsfähigkeit sowie Kostendruck maßgeblich waren, galten diese Argumente als überzeugend. Großskalige zentrale Verflüssigungsanlagen im industriellen Maßstab bringen Bio-LNG schnell in relevante Marktvolumina und senken die Kosten.

Diese Effizienz geht jedoch mit Nebenwirkungen einher: Zentralisierung bedeutet auch eine Konzentration von Wertschöpfung und kritischer Infrastruktur. In Zeiten, in denen Energieinfrastruktur ein geopolitisches Ziel geworden ist – sei es durch Cyberangriffe oder physische Sabotage –, muss umgedacht werden. Im Gegensatz dazu war die dezentrale Bioenergieproduktion in den letzten Jahren zwar noch stark subventionsabhängig und insgesamt weniger kapitalkräftig, jedoch werden dadurch Risiken verteilt. Fällt eine einzelne Anlage aus, gefährdet dies nicht das Gesamtsystem der Energieversorgung.

Klima- und ressourcenpolitisch betrachtet sind große Anlagen durch Clusterbildung energetisch effizienter und wirtschaftlicher, während kleine Verflüssigungsanlagen ländliche Räume und regionale Kreislaufwirtschaften stärken, landwirtschaftliche Reststoffe nah am Entstehungsort nutzen und Transportemissionen reduzieren.

Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von dezentraler und zentraler Verflüssigung

	Dezentrale Verflüssigungsanlage	Zentrale Verflüssigungsanlage
Infrastruktur	+ Unabhängigkeit vom Gasnetz, da Verflüssigung direkt an der Biogasanlage möglich + Ermöglicht Verflüssigung auch in Regionen ohne leistungsfähige Netzinfrastruktur + Vermeidung hoher Netzananschlusskosten (wenn nicht schon vorhanden) + Vermeidung von Netzentgelten + Verringerung von Logistikkosten - Kein Netzausgleich bei Produktionsschwankungen	+ Anbindung an europäisches Gasnetz ermöglicht flexible Beschaffung von Biomethan: keine Abhängigkeit von einzelnen Produktionsstandorten, sondern ein flexibles, stabiles Versorgungssystem + Massenbilanzierungssystem erlaubt dezentrale Einspeisepunkte und zentrale Verflüssigung zu kombinieren - Abhängigkeit von Netzzugang und Einspeisekapazitäten
Skalierbarkeit & Kosteneffizienz	+ Modular erweiterbar und schrittweiser Ausbau entlang regionaler Rohstoffpotenziale möglich + Regionale Wertschöpfung und Einsparung von Gastransport über lange Distanzen - Kleinteilige Struktur der Betriebe und Anlagen, aufwändige bürokratische Prozesse müssen allein gestemmt werden → höhere spezifische Investitionskosten pro Einheit Bio-LNG	+ Hohe Effizienz, profitiert von Skaleneffekten, hohe gleichmäßige Auslastung zentraler Hubs - Hohe Capex (Anfangsinvestition), aber dann geringere Opex (laufende Kosten) pro Einheit - Netzengpässe könnten Skalierung begrenzen

Umsetzungs- geschwindigkeit	+ Schnellere Realisierungsmöglichkeit im Vergleich zum Gasnetzzugang bei modularer Skalierbarkeit	+ Standardisierte industrielle Umsetzung - Lange Genehmigungsprozesse
Klimawirkung	+ Reduktion von Methanschlupf durch kurze Transportwege + Nutzung von Reststoffen nahe Entstehungsort	+ Anspruchsvolle Standards zur Emissionsreduktion leichter umsetzbar, bei gebündelter Produktion mit modernster Technik und umfangreichen personellen Ressourcen
Resilienz	+ Hoch durch dezentrale Energie- und Kraftstoffversorgung, weniger angreifbar als zentralisierte Anlagen + Ausfall einer Anlage gefährdet Gesamtsystem kaum + Regionale Krisenresistenz	+ Professionalisierter Betrieb - Höhere Vulnerabilität bei technischen Störungen
Praxisbeispiel	Die Bioenergie Geest, ein Zusammenschluss von 27 Landwirtinnen und Landwirten, produziert seit 2012 Biomethan. Seit einer Umstrukturierung im Jahre 2023 wird das Biomethan auf Basis regional anfallender Gülle- und Mistmengen erzeugt. Zur weiteren Veredelung des Biomethans wird es am Standort zu Bio-LNG verflüssigt. In einer weiteren Anlage wird das ebenfalls im Prozess anfallende CO ₂ aufbereitet und ebenfalls verflüssigt, sodass es in technischen Anwendungen und der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden kann.	Shell betreibt im Energy and Chemicals Park Rheinland die größte Bio-LNG-Anlage Deutschlands, die 2024 in Betrieb gegangen ist. Der Verflüssiger wird vollständig über das Massenbilanzierungsprinzip versorgt: Biomethan aus Deutschland, Dänemark, den Niederlanden, Frankreich und vielen weiteren europäischen Ländern fließt über das Gasnetz zusammen und wird zentral zu Bio-LNG verarbeitet.

Referenzen	Bioenergie Geest, Landesverband Erneuerbare Energien Nieder- sachsen / Bremen e.V., eigene Recherche	Shell Deutschland, eigene Recherche
------------	---	--

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von dezentraler und zentraler Verflüssigung
(Quelle: Eigene Darstellung)

Beide Konzepte sind schlüssig. Entscheidend für die Klimawirkung der Verflüssigung ist jedoch weniger die Größe als die Regulierung und konkrete Ausgestaltung. Methan ist ein potentes Klimagas. Wie kann Methanschlupf entlang der Wertschöpfungskette reduziert werden? Woher stammt die Biomasse – handelt es sich um Wirtschaftsdünger und landwirtschaftliche Reststoffe oder um nachwachsende Rohstoffe? Welcher Energiemix wird für die Verflüssigung verwendet? Sind diese Ketten einwandfrei nachvollziehbar, und bestehen keine Risiken für Betrug, Greenwashing sowie ein schleichendes Abrutschen in eine stärkere Abhängigkeit von Gasen fossilen Ursprungs?

Eine strategische politische Entscheidung zur Förderung von Bioenergie im Allgemeinen und Bio-LNG im Speziellen liegt daher nicht in einem Entweder-oder, sondern im bewussten Design hybrider Versorgungssysteme. Während mehrere geografisch verteilte, mittelgroße Anlagen die Resilienz der Energieversorgung stärken können, kann eine zentrale und großskalige Erzeugung die Wettbewerbsfähigkeit erhöhen und Kosten im gesamten System senken.

3.4 Innovationslücken und Skalierungshemmnisse

Die folgenden Innovationslücken und Skalierungshemmnisse traten im Laufe der Analyse hervor. In den nächsten beiden Unterkapiteln wird detaillierter auf die jeweiligen Punkte eingegangen und Best Practice Beispiele vorgestellt.

Innovationslücken

1 Verflüssigungstechnologien und Prozessinnovation

- Für ländliche Wertschöpfung und unter Gesichtspunkten der Resilienz und Risikominimierung besteht ein Bedarf an kleinskaligen, dezentralen Lösungen.
- Kleine, dezentrale Anlagen sind aktuell wirtschaftlich schwer darstellbar.

2 Nebenstromverwertung und CO₂-Nutzung

- Die Stufe der Verflüssigung wird als technologisch unausgereiftester Teil der Wertschöpfungskette beschrieben.
- Innovationspotenzial besteht sowohl bei der Identifizierung und stärkeren Ausnutzung von Inputs wie Haushaltsabfällen als auch bei der Valorisierung von Outputs wie CO₂.

3 Methanschlupf-Reduktion entlang der Wertschöpfungskette

- Entweichungen von hoch flüchtigem Methan in die Atmosphäre stellen nicht nur einen Energieverlust dar, sondern haben auch eine starke Klimawirkung.

Skalierungshemmnisse für Deutschland

1 Regulatorische Unsicherheit und Marktvertrauen

- Komplexe und teilweise widersprüchliche Nachweissysteme führen zu einer gleichzeitigen Über- und Unterregulierung der Branche.
- Im Zusammenhang mit CO₂-Zertifikaten sind Betrugsfälle aufgetreten.

2 Kosten- und Förderstrukturen im internationalen Wettbewerb

- Heimische Produzenten von Bio-LNG geraten durch unvorteilhafte Förderregime und Konkurrenz mit internationalen Akteuren in eine nachteilige Position.
- Massenbilanzierungssysteme und insbesondere die virtuelle Verflüssigung von LNG erlauben derzeit kein „Level-Playing-Field“ und somit keine faire Preisgestaltung für Betreiber von Bio-LNG-Anlagen.

3 Begrenzte Nachfrage- und Flottenbasis

- Die Nachfrage nach Bio-LNG und Investitionen in Lkw-Flotten stieg zunächst an, ist nach der Einführung einer neuen Mautregelung jedoch wieder rückläufig.
- Aktuell werden THG-Emissionen für Mautzwecke nach „Tank-to-Wheel“, also von der im Tank gespeicherten Energie bis zum Rad, berechnet anstatt nach der weiter gefassten „Well-to-Wheel“-Betrachtung. Die aktuelle Praxis benachteiligt Bio-LNG-Antriebe gegenüber anderen Antriebsformen.

3.4.1 Innovationslücken

1. Verflüssigungstechnologien und Prozessinnovation

Die Errichtung von Verflüssigungsanlagen ist kostenintensiv. Darüber hinaus sind diese aus Logistik- und Infrastrukturgründen häufig auf große Volumina ausgelegt. In der Praxis wird daher oft eine Clusterbildung mehrerer Energiewirtinnen und Energiewirte beobachtet, die gemeinsam in Anlagen zur Methanisierung und Verflüssigung investieren. Ein Beispiel ist die Bioenergie Geest aus dem Praxisbeispiel in Abbildung 6. Hier produziert ein Zusammenschluss von 27 Landwirtinnen und Landwirten Biomethan und Bio-LNG. Wie im vorangehenden Kapitel beschrieben, besteht insbesondere im Hinblick auf ländliche Wertschöpfung sowie unter Gesichtspunkten der Resilienz und Risikominimierung ein Bedarf an kleinskaligen, dezentralen Lösungen.

Noch kleinere dezentrale Anlagen sind dagegen aktuell wirtschaftlich schwer darstellbar. Ein Ansatz ist beispielsweise das Startup ecomates, das kompakte Biogasanlagen für das Gastgewerbe konzipiert. Diese Technologie steckt zwar noch in der Pilotphase, verspricht jedoch eine Senkung der Entsorgungskosten durch die Vergärung organischer Abfälle bei gleichzeitiger Gewinnung von eigenem Strom (ecomates, 2026). Ähnliche Innovationen im Bereich der Methangewinnung oder Verflüssigung konnten im Rahmen dieser Recherche jedoch nicht identifiziert werden.

2. Nebenstromverwertung und CO₂-Nutzung

Von Akteurinnen und Akteuren der Wertschöpfungskette wird die Stufe der Verflüssigung als technologisch am wenigsten ausgereifter Teil der Kette beschrieben. Hier bestünde noch Potenzial für Innovationen. Dies gilt insbesondere für die Nutzung von Haushaltsabfällen als Input für die Vergärung. In Deutschland werden derzeit überwiegend Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger verwendet. Potenziell könnten jedoch organische Haushaltsabfälle stärker genutzt werden. Als Beispiel aus dem Ausland wurden die Stadt Stockholm beziehungsweise das Unternehmen Biokraft genannt: Essensreste und Schlachtabfälle aus der schwedischen Hauptstadt werden genutzt, um Bio-LNG für den Schwerlasttransport zu produzieren (Biokraft, 2023; Alternoil, 24.08.2023).

Auch die Nutzung von Nebenströmen ist vielerorts noch nicht vollständig ausgeschöpft. Neben Bio-LNG entsteht in der Biogasproduktion auch hochreines, biogenes CO₂. Unter dem Begriff Carbon Capture and Utilization (CCU) werden die Abscheidung, der Transport und die anschließende Nutzung von Kohlenstoff aus industriellen Prozessen verstanden. Eine

Studie, die vom Hauptstadtbüro Bioenergie in Auftrag gegeben wurde, kommt zu dem Schluss, dass die Nutzung biogenen Kohlenstoffs als Chance für zusätzliche Wertschöpfung bewertet werden sollte. Sofern die Rahmenbedingungen gesetzt sind, könnten Bioenergieanlagen zu CO₂-Lieferanten werden – entweder für eine dauerhafte Einlagerung (negative Emission), die potenziell auf EU-Ebene erfasst und monetarisiert werden könnte, oder für Kohlenstoffrecycling in der Industrie (Hauptstadtbüro Bioenergie, 2026).

Wie Wirtschaftsdünger als Substrat genutzt wird und neben der Vermarktung von Bio-LNG auch CO₂ einen Einkommensstrom für Energiewirtinnen und Energiewirte darstellen kann, beschreibt das untenstehende Best-Practice-Beispiel des Kraftstoffproduzenten und Logistikunternehmens Alternoil.

In Putenställen in Rosenheim entsteht täglich etwas, das die meisten als lästiges Nebenprodukt sehen: Trockenkot. Der bayrische Landwirt hat das Potenzial erkannt. Gemeinsam mit Mist und Gülle von umliegenden viehhaltenden Betrieben wird dieser „Abfall“ zur wertvollsten Ressource des Unternehmens – nämlich zum Rohstoff für Bioenergie.

Die Biogasanlage ist das Herzstück einer Kreislaufwirtschaft, die konventionelle Denkweisen überwindet. Hier entsteht aus landwirtschaftlichen Reststoffen Biomethan, das als hochwertiger Biokraftstoff REEFUEL® (Bio-LNG) in Lastkraftwagen landet. Das ist nicht nur ökologisch sinnvoll – es verhindert, dass Methan aus Gülle und Mist in die Atmosphäre entweicht und dort als potentes Treibhausgas wirkt.

Doch die Geschichte endet nicht beim Kraftstoff. Die Gärreste, die nach der Biogasproduktion übrigbleiben, werden zu hochwertigem Dünger. Diese natürliche Nährstoffquelle kehrt auf die Felder der Partnerlandwirte zurück – und spart damit chemische Düngemittel ein. Das Beste: Auch das biogene CO₂, das bei der Biogasproduktion anfällt, wird nicht einfach freigesetzt. Es wird verflüssigt und an eine nahegelegene Brauerei geliefert. Dort dient das Kohlendioxid als nachhaltiger Ersatz für konventionelle CO₂-Quellen – beim Karbonisieren von Bier.

Was hier passiert, ist Reststoffverwertung auf höchstem Niveau: Nichts wird verschwendet, alles wird genutzt. Ein Modell für die Zukunft der Logistik und der regionalen Wertschöpfung.

Dr. Henrik Bramlage, Alternoil

3. Methanschlupf-Reduktion entlang der Wertschöpfungskette

Bio-LNG aus Wirtschaftsdüngern und organischen Abfällen hat – verglichen mit fossilen Alternativen oder Bio-LNG aus Energiepflanzen – eine negative CO₂-Bilanz. Über den gesamten Lebenszyklus des Kraftstoffs wird also deutlich mehr CO₂ gebunden beziehungsweise länger genutzt (siehe Abbildung 4).

Jedoch ist zu beachten, dass sowohl fossiles als auch biogenes LNG hoch flüchtig sind. Bei der Produktion, beim Transport und der Nutzung können substanzielle Mengen an Methan entweichen. Dieser Methanschlupf ist schwer zu beziffern. Akteurinnen und Akteure der Wertschöpfungskette nennen übliche Verlustraten von 1 bis 3 %, in Einzelfällen bis zu 10 %. Dies bedeutet nicht nur einen Energieverlust, sondern vor allem auch ein Klimaproblem: Methan hat in der Atmosphäre über einen Zeitraum von 20 Jahren gerechnet eine etwa 84-mal stärkere Treibhausgaswirkung als CO₂ (Paschotta, 04.05.2025). Emissionen sollten daher bestmöglich minimiert werden.

Anfällig für Methanschlupf sind alle Punkte entlang der Wertschöpfungskette, an denen LNG entweder über längere Zeit gelagert wird, zum Beispiel in nicht gründlich abgedichteten Tanks, aber auch beim Transport des Gases. Daher wird das Potenzial von LNG als Antrieb insbesondere im kaum elektrifizierbaren Schwerlastverkehr auf langen Strecken und im maritimen Sektor gesehen. Weniger sinnvoll erscheint hingegen die Nutzung im Individualverkehr mit Pkw, im Teillastbetrieb oder beim Betrieb von Maschinen, die unter Umständen über einen längeren Zeitraum stillstehen, wie es beispielsweise bei Traktoren in der Landwirtschaft der Fall wäre.

Trotz technischen Fortschritts bei der Sicherung der Anlagen, einer kontinuierlichen Emissionsmessung und dem Monitoring von Leckagen gibt es laut Expertinnen und Experten noch Innovationslücken und technischen Spielraum, um den Methanschlupf und die damit verbundene schädliche Klimawirkung weiter zu verringern.

3.4.2 Skalierungshemmnisse für Deutschland

Trotz der oben beschriebenen Innovationslücken bewerten Teilnehmende der Wertschöpfungskette die Technologie als ausreichend ausgereift, um skalieren zu können. Demnach liegen die größten Hürden für die Skalierung der Bio-LNG-Wertschöpfungskette nicht in fehlenden Innovationen. Vielmehr hemmen insbesondere in Deutschland eine komplexe Regulatorik, hohe Kosten und lange Genehmigungszeiträume beim Bau von Anlagen, eine ungleiche Behandlung von Akteurinnen und Akteuren im In- und Ausland sowie der Verlust an Vertrauen in den Markt und unklare politische Signale das Wachstum und die Investitionsbereitschaft.

1. Regulatorische Unsicherheit und Marktvertrauen

Eine starke regulatorische Unsicherheit und erschüttertes Marktvertrauen führen zu fehlender Planungssicherheit bei Akteurinnen und Akteuren entlang der Wertschöpfungskette und begrenzen die Skalierung von Bio-LNG. Beide Faktoren stehen in enger Wechselwirkung und betreffen zentrale Elemente der Wertschöpfungskette – von der Produktion über die Zertifizierung bis hin zur Vermarktung.

So drängte die Branche lange auf eine zeitnahe Umsetzung der europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie RED III in deutsches Recht. Nach der Veröffentlichung im Oktober 2023 durch die EU war die Umsetzung in Deutschland für Mai 2025 angekündigt worden, hatte sich jedoch seither zum Bedauern der Branche weiter verzögert. Der neue Gesetzesentwurf zur Weiterentwicklung der THG-Quote wurde Ende April 2026 vom Bundestag angenommen. Dieser beinhaltet, dass die THG-Quote bei Kraftstoffen im Straßenverkehr bis 2040 schrittweise auf 65 % angehoben werden soll (Deutscher Bundestag, 2026).

Anknüpfend an den Bedarf, die deutsche Regulatorik zügig an das EU-Recht anzugleichen, zeigt sich zudem die Notwendigkeit, robustere und harmonisierte Zertifizierungs- und Trackinglösungen entlang der Wertschöpfungskette zu etablieren. Komplexe und teilweise widersprüchliche Nachweissysteme führen zu einer gleichzeitigen Über- und Unterregulierung der Branche. Dabei ist ein verlässliches Regelwerk dringend notwendig, um schwere Marktverwerfungen durch Betrugsfälle und Zertifikatsschwindel zu beenden, mit Instrumenten wie THG-Quoten wirkliche Perspektiven zu eröffnen und Investitionssicherheit zu schaffen.

Inländische Produzenten von Bio-LNG berichten von langwierigen Genehmigungsprozessen sowie hochkomplexen Auflagen und Quotensystemen. Zugleich entsteht der Eindruck, dass Wettbewerber aus dem Ausland weniger kontrolliert und Betrugsversuche nur unzureichend geahndet werden. So haben Betrugsfälle um gefälschte CO₂-Zertifikate und falsch deklarierte Biokraftstoffimporte Investitionen und Geschäftsmodelle hierzulande unrentabel gemacht, einzelne Unternehmen in die Insolvenz getrieben und die Investitionsbereitschaft deutlich geschwächt (unter anderem nachzulesen bei der Initiative Klimabetrug Stoppen, o.D.) An eine Skalierung ihrer Aktivitäten im Bio-LNG-Bereich denken daher aktuell nur wenige deutsche Produzenten.

Zudem wird beklagt, dass das aktuelle Biokraftstoff-Quotensystem die Substratmärkte verzerrt. Der Transport von Gülle und Mist aus Veredelungsregionen quer durch Deutschland werde ebenso angeregt wie die künstliche Mitterzeugung zur Erzielung einer hohen Quote. Davor warnen Stakeholderinnen und Stakeholder der Wertschöpfungskette ebenso wie Kritikerinnen und Kritiker von Biokraftstoffen. Das System sei eklatant betrugsanfällig.

Insgesamt zeigen der hohe bürokratische Aufwand, komplexe Nachweissysteme und die gleichzeitige Anfälligkeit des Systems für Betrugsfälle einen hohen Bedarf an robusteren harmonisierten Zertifizierungs- und Trackinglösungen entlang der Wertschöpfungskette. Ohne stabile politische Rahmenbedingungen und nachvollziehbare Marktmechanismen bleibt der Hochlauf von Bio-LNG in Deutschland strukturell gehemmt.

2. Kosten- und Förderstrukturen im internationalen Wettbewerb

Die Skalierung des Bio-LNG-Sektors in Deutschland wird maßgeblich durch nachteilige Kostenstrukturen und unzureichende Fördermechanismen im internationalen Vergleich gehemmt. Während andere europäische Länder wie Dänemark den Ausbau von heimischem Biomethan und Bio-LNG aktiv unterstützen, verliert die deutsche Branche zunehmend an Wettbewerbsfähigkeit.

Ganz zentral zeigt sich ein deutlicher Wettbewerbsnachteil durch unterschiedliche Förderregime. In Europa wird Bio-LNG zunehmend subventioniert, was sich direkt in den Marktpreisen niederschlägt. So liegt der Preis für subventioniertes Bio-LNG aus dem Ausland maßgeblich unter den von Deutschland in den Markt gebrachten unsubventionierten Mengen.

Durch das CO₂-Zertifikatssystem ist Deutschland jedoch wiederum für Nachbarländer ein sehr attraktives Abnehmerland. Mit dieser Art der Doppelförderung, also einer subventionierten Produktion im Ausland und zugleich einer subventionierten Abnahme in Deutschland, kann ein deutscher Bio-LNG-Produzent nicht mithalten. Die Preisunterschiede führen zudem dazu, dass Marktakteurinnen und Marktakteure – etwa im maritimen Sektor – gezielt subventioniertes Bio-LNG aus Dänemark oder Großbritannien kaufen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Für deutsches Bio-LNG ohne vergleichbare Förderkulissen entsteht dadurch ein struktureller Nachteil.

Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Rolle von Massenbilanzierungssystemen (Mass balance systems). Innerhalb der EU bildet dieses Prinzip die Grundlage für die Zertifizierung nachhaltiger Biomethanmengen. Es stellt sicher, dass eingespeiste und entnommene Mengen bilanziell verknüpft sind und Nachhaltigkeitseigenschaften entlang der Gasinfrastruktur nachvollziehbar bleiben. Wie in Kapitel 3.3 erwähnt, ist dies zunächst sinnvoll, da es erlaubt, dezentrale Einspeisepunkte und zentrale Verflüssigung zu kombinieren. Gleichzeitig ermöglicht dieses System jedoch neue Marktmechanismen, die den Wettbewerb beeinflussen und das Risiko bergen, sich verstärkt auf den Import fossiler Gase zu verlassen.

Hierzu zählt insbesondere die virtuelle Verflüssigung (Virtual Liquefaction), auch Equivalent Liquefaction genannt. Dabei wird kein Biomethan physisch verflüssigt, sondern lediglich dessen Nachhaltigkeitseigenschaften auf fossiles LNG übertragen, welches an LNG-Terminals verarbeitet wird. Diese Praxis erlaubt es, Bio-LNG bilanziell bereitzustellen, ohne in teure physische Verflüssigungsanlagen investieren zu müssen. Befürworter sehen darin einen wichtigen Hebel, um LNG zu skalieren. Gleichzeitig bestehen auf der Gegenseite erhebliche Kritikpunkte hinsichtlich Transparenz, Greenwashing fossiler Gase und der tatsächlichen Emissionsbilanz, da Prozessschritte wie Verflüssigung und Transport nicht immer vollständig berücksichtigt werden.

Im internationalen Wettbewerb wirkt die virtuelle Verflüssigung daher als Kostenhebel zugunsten anderer Standorte: Länder mit Zugang zu großen LNG-Terminals oder bestehenden Importinfrastrukturen können kostengünstig Bio-LNG „erzeugen“, während physische Anlagen zur Verflüssigung von Biomethan deutlich kapitalintensiver sind. Zudem sind physische Verflüssigungsprozesse mit höheren Kosten und Genehmigungsanforderungen verbunden. Dieses Ungleichgewicht in der Kostenstruktur führt dazu, dass viele Verflüssigungsanlagen für Biomethan, insbesondere von mittelständischen Investoren in Deutschland, stillstehen.

Insgesamt zeigt sich, dass Deutschland im Bio-LNG-Sektor unter strukturellen Kostennachteilen leidet, die durch unzureichende Fördermechanismen und intransparente Marktmodelle verstärkt werden. Ohne gezielte Anpassungen droht der Konkurs von heimischen Bio-LNG Produzenten und eine Verlagerung der Wertschöpfung ins Ausland.

3. Begrenzte Nachfrage- und Flottenbasis

Zwar hatte sich Bio-LNG im Schwerlastverkehr zunächst etabliert, jedoch stagniert beziehungsweise sinkt der Absatz seit mehreren Jahren. Im Jahr 2025 wurden an deutschen LNG-Tankstellen rund 167.000 Tonnen verkauft – etwas weniger als die etwa 177.000 Tonnen im Vorjahr. Gleichzeitig lag der Anteil von Bio-LNG bei etwa 98-99 %, was zeigt, dass der Kraftstoff technisch verfügbar und bereits weitgehend dekarbonisiert ist (Nieß, 23.02.2026). Dennoch bleibt die Nachfrage hinter den Erwartungen zurück, was auf strukturelle Hemmnisse auf der Nachfrageseite hinweist.

Als wesentlicher Faktor für die fehlende Nachfrage wird die aktuelle Mautregelung genannt. Während LNG-Lkw in der Vergangenheit von einer Mautbefreiung profitierten – einem entscheidenden Treiber für die Markteinführung –, wurde diese Förderung wieder abgeschafft. Seit 2024 müssen Flottenbetreiber den vollen Mautsatz zahlen, wodurch sich die Betriebskosten gegenüber Dieselantrieben deutlich verschlechtert haben. Branchenvertretende sehen hierin einen zentralen Grund für die stagnierende Nachfrage und fordern eine stärkere Berücksichtigung von Bio-LNG in der CO₂-basierten Mautsystematik.

Akteurinnen und Akteure der Wertschöpfungskette kritisieren die Bewertung der Klimawirkung verschiedener Kraftfahrzeug- und Antriebstypen. Anstelle der aktuellen Betrachtung nach „Tank-to-Wheel“, also von der im Tank gespeicherten Energie bis zum Rad, solle der gesamte Lebenszyklus des Kraftstoffs über die „Well-to-Wheel“-Betrachtung, das heißt vom Bohrloch bis zum Rad, berücksichtigt werden. Bio-LNG bietet in ebendieser Gesamtbilanz („Well-to-Wheel“) erhebliche Vorteile, da bei der Nutzung biogener Reststoffe signifikante Treibhausgasminderungen erzielt werden können. Dennoch orientieren sich regulatorische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen – ebenso wie die aktuelle Mautregelung – häufig an „Tank-to-Wheel“-Emissionen, bei denen alternative Antriebe wie batterieelektrische Fahrzeuge deutlich besser abschneiden. Bio-LNG hingegen wird durch den CO₂-Ausstoß am Auspuff mit fossilen Antrieben gleichgesetzt. Diese Diskrepanz führt dazu, dass Bio-LNG trotz realer Klimavorteile in der Gesamtbetrachtung regulatorisch benachteiligt wird und somit geringere Investitionsanreize für Flottenbetreiber gesetzt werden.

Paradoxerweise besteht gleichzeitig eine gut ausgebaute Infrastruktur: Deutschland verfügt über rund 180-200 öffentliche LNG-Tankstellen entlang zentraler Transportkorridore (dena, 2025). Hinzu kommen private Tankstellen. Damit ist die Versorgung grundsätzlich gesichert und eine infrastrukturelle Basis vorhanden. Die Nachfrage bleibt jedoch zurück.

Weshalb ein Unternehmen dennoch die Umstellung auf umweltfreundlichere Bio-LNG-Antriebe wagt und wie es dabei vorgeht, illustriert das Best-Practice-Beispiel der EDEKA Minden-Hannover in Zusammenarbeit mit dem Tankstellenbetreiber Alternoil und dem Fahrzeughersteller IVECO.

Mit einem Außenumsatz von rund 12,24 Milliarden Euro und rund 76.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (einschließlich des selbstständigen Einzelhandels und fast 3.400 Auszubildenden) ist die EDEKA Minden-Hannover die umsatzstärkste von insgesamt sieben Regionalgesellschaften im genossenschaftlich organisierten EDEKA-Verbund. Die EDEKA Minden-Hannover engagiert sich wegweisend in Sachen Nachhaltigkeit und Klimaschutz.

Emissionsreduktion

Ziel des Transformationsprozesses von EDEKA Minden-Hannover ist es, die CO₂-Emissionen der Lkw-Flotte signifikant zu reduzieren. Die Nutzfahrzeuge haben an den Gesamtemissionen des Unternehmens den größten Anteil und sollen ab 2027 bis zu 45.000 t CO₂ pro Jahr weniger emittieren (im Vergleich zum Betrieb mit fossilem Diesel), bei ausfallsicherem Betrieb mit erprobter Technik. Die Umstellung ermöglicht einen CO₂-neutralen Lieferverkehr und ist Teil der strategischen EDEKA Nachhaltigkeitsziele.

Auswahl der nachhaltigen Antriebsoptionen

EDEKA Minden-Hannover hat für den Betrieb ihrer 650 Nutzfahrzeuge batterieelektrische Lkw (BEV), Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV), Gas-Lkw und HVO100 als Optionen bewertet, um ihre Emissionsreduktionsziele erreichen zu können. Die Entscheidung des Unternehmens fiel aus folgenden Gründen auf den Einsatz von Bio-LNG:

- Zentrale Parameter wie die Reichweite und die Betankungszeiten sind vergleichbar mit denen von Dieselantrieben und damit betrieblich geeigneter als die Parameter von batterieelektrischen oder brennstoffzellenbetriebenen Lkw.

- Das eingesetzte Bio-LNG wird aus mit Wind- oder Sonnenenergie erzeugtem grünen Wasserstoff sowie aus mit biologischen Abfallprozessen erzeugtem Biomethan gewonnen. Es kann einen wesentlichen und kurzfristigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. In der Gesamtbetrachtung wird bei der Herstellung von Bio-LNG CO₂ aus der Atmosphäre entnommen und kein zusätzliches CO₂ emittiert. Das eingesetzte Bio-LNG wird nicht aus Futterpflanzen, sondern aus Abfall- und Reststoffen produziert; es gibt keinen zusätzlichen Flächenverbrauch und keine ethischen Konflikte (Tank oder Teller).
- Der Aufbau der Tankinfrastruktur auf dem firmeneigenen Gelände war in allen sechs Logistikstandorten schnell umsetzbar. Als Alternative ist bundesweit ein öffentliches LNG-Tankstellennetz vorhanden.
- Eine Umstellung auf E-Antrieb war und ist bis heute aufgrund der fehlenden Stromkapazitäten unmöglich – im Schnitt könnten pro Standort leider nur 10 E-Lkw in den Einsatz gebracht werden.

Thomas Steinlein, Edeka Minden-Hannover

4. Fazit

4.1 Empfehlungen

Bio-LNG hat das große, wenn auch noch weitgehend ungenutzte Potenzial, eine wichtige Rolle in der Transformation zur Bioökonomie zu spielen. Darüber hinaus ist es ein dezentraler, netzausgleichender, lastflexibler und – wenn Reststoffe als Substrate zum Einsatz kommen – klimafreundlicher Energieträger, der in vielen Anwendungen die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen reduzieren kann. In der Politik, national wie europäisch, darf der Blick nicht auf strombasierte Antriebe verengt werden. Vielmehr sollten auch Biokraftstoffe aus Wirtschaftsdünger und Reststoffen als klimafreundlichere Antriebe für Verbrennungsmotoren berücksichtigt werden.

Bei der Skalierung sollte jedoch auch kritischen Stimmen zugehört werden, denn die Nutzung von Bio-LNG birgt Risiken, und aus vergangenen Fehlern bei der Regulierung und Gesetzgebung zur Anreizsetzung sollten die richtigen Schlüsse gezogen werden. So müssen sowohl Betrugsversuche mit gefälschten Zertifikaten als auch die Rechtmäßigkeit der Vergabe, insbesondere im Ausland, stärker geprüft werden. Außerdem sind durchdachte Konzepte gefragt damit Systeme wie Massenbilanzierung und virtuelle Verflüssigung keine Benachteiligung für deutsche Produzenten bedeuten.

Sowohl Gegnerinnen und Gegner als auch Befürwortende der Wertschöpfungskette sind der Ansicht, dass Bioenergie im Allgemeinen und Bio-LNG im Speziellen nicht den Markt für die Energie- und Kraftstoffversorgung dominieren wird. Während für Erstere Bio-LNG eher eine unerwünschte Verlängerung des Verbrennungsmotors darstellt, sehen Letztere Bio-LNG zumindest als Übergangstechnologie, in vielen Fällen jedoch auch als wertvolle und unverzichtbare Ergänzung. Expertinnen und Experten zufolge kann und sollte nicht jeder Anwendungsfall im Verkehrssektor elektrifiziert werden. Bio-LNG sollte daher nicht als Konkurrenz zum E-Antrieb gesehen werden, sondern vielmehr als Wegbereiter oder als sinnvoll eingesetzte komplementäre Antriebsoption auf dem Pfad zur Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen.

Im Rahmen dieser Potenzialanalyse und mit der Fragestellung, inwiefern Bio-LNG ein wichtiger Eckpfeiler der Transformation zur Bioökonomie werden

kann, kristallisieren sich die folgenden Empfehlungen mit potenziell starker Hebelwirkung für die gesamte Wertschöpfungskette heraus:

(I) Schaffung von Planungssicherheit und klarer politischer Priorisierung

- Ziel: Investitionssicherheit und Wiederherstellung von Marktvertrauen
- Begründung: Die aktuelle Planungsunsicherheit erhöht das Investitionsrisiko und die Kapitalkosten erheblich. Geschäftsmodelle basieren stark auf regulatorischen Rahmenbedingungen (THG-Quote, Zertifikate). Deren Instabilität, ein substanzieller Preisverfall für heimische Produzenten und Importdruck haben die Wirtschaftlichkeit privatwirtschaftlicher Projekte stark beeinträchtigt.
- Vorschläge für Maßnahmen:
 - Schnellere Umsetzung und langfristige Planungssicherheit bei Rahmenwerken wie der RED III weit über 2030 hinaus
 - Verlässliche Übergangsregelungen für bestehende Anlagen
 - Stabilisierung und Reform des Quotenmarktes (zum Beispiel Mindestpreis-Mechanismen oder Preiskorridore)
 - Einführung klarer politischer Zielbilder für erneuerbare Gase im Verkehr

(II) Etablierung transparenter und wettbewerbsfähiger Förder- und Kostenstrukturen

- Ziel: Herstellung internationaler Wettbewerbsfähigkeit und Sicherung der inländischen Wertschöpfung
- Begründung: Deutsche Anlagen stehen unter starkem Wettbewerbsdruck durch subventionierte Importe und fossiles LNG. Ohne gezielte Anpassung drohen Stilllegungen und Verlagerung der Wertschöpfung ins Ausland.
- Vorschläge für Maßnahmen:
 - Investitionsförderung für Aufbereitung und Verflüssigung
 - Ausgleich von Wettbewerbsnachteilen gegenüber subventionierten Importen von Bio-LNG und Unterbindung von Mehrfachanrechnungen von Umweltleistungen
 - Ausgleich von Wettbewerbsnachteilen gegenüber fossilem LNG und Unterbindung von Greenwashing
 - Regulierung und konsequente Kontrollen
 - Schnelle und wirksame Sanktionen bei Betrugsfällen (inklusive internationaler Durchsetzung)

(III) Stärkung der Nachfrageseite

- Ziel: Aufbau einer stabilen und planbaren Nachfragebasis im Schwerlastverkehr
- Begründung: Die Nachfrage ist aktuell weniger durch Technologie als durch ökonomische Rahmenbedingungen limitiert. Fehlanreize (zum Beispiel aktuelle Mautsystematik) verhindern den Markthochlauf trotz vorhandener Infrastruktur.
- Vorschläge für Maßnahmen:
 - Einführung einer konsequenten Well-to-Wheel-basierten CO₂-Bepreisung im Verkehr
 - Mautdifferenzierung zugunsten klimafreundlicher Kraftstoffe
 - Förderprogramme für Flottenumstellungen
 - Weiterer gezielter Ausbau und Sicherstellung der Auslastung der Tankinfrastruktur

(IV) Förderung von Innovation entlang der Wertschöpfungskette

- Ziel: Senkung der Produktionskosten und Verbesserung der Klimabilanz
- Begründung: Technologische Fortschritte sind entscheidend, um Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Alternativen und internationalen Anbietern zu erreichen und ökologische Vorteile voll auszuschöpfen.
- Vorschläge für Maßnahmen:
 - Unterstützung von F&E in den Bereichen
 - kostengünstige modulare Verflüssigung
 - Methanschleupf-Reduktion entlang der gesamten Kette
 - CO₂-Nutzung (CCU)
 - Unterstützung der Skalierung erfolgreicher Pilotprojekte in den Markt

(V) Entwicklung regionaler Rohstoff- und Wertschöpfungscluster

- Ziel: Effiziente, resiliente und nachhaltige Rohstoffbasis sichern und sektorale Konkurrenz durch Priorisierung steuern
- Begründung: Die Verfügbarkeit und Organisation von Reststoffen ist ein zentraler Erfolgsfaktor. Regionale Cluster können Transportkosten senken, Versorgung sichern und zusätzliche Wertschöpfung generieren. Des Weiteren sollte begrenzte Biomasse dort eingesetzt werden, wo

sie am kosteneffizientesten und klimafreundlichsten Wirkung entfalten kann. Sektorale Konkurrenz und die Schaffung von Fehlanreizen zur Überproduktion von Gülle und Mist sind zu vermeiden.

- Vorschläge für Maßnahmen:
 - Systematische Erfassung und Mobilisierung von Reststoffpotenzialen
 - Förderung regionaler Kooperationsmodelle zwischen Landwirtschaft, Energie und Logistik
 - Entwicklung von Clusterstrategien mit zentralen Aufbereitungs- und Verflüssigungspunkten
 - Langfristige Lieferverträge zur Absicherung von Feedstock und Investitionen
 - Integration landwirtschaftlicher Betriebe als aktive Partner der Wertschöpfungskette

4.2 Limitationen

Trotz einer umfassenden Literatur- und Marktrecherche sowie zahlreicher Experteninterviews im Rahmen der Bioeconomy Deep Dives sind einige Limitationen zu berücksichtigen. So konzentriert sich die Untersuchung primär auf Deutschland, Interviews mit internationalen Akteurinnen und Akteuren wurden also nur in begrenztem Umfang durchgeführt. Dadurch fließen zwar vereinzelt internationale Perspektiven und Ansätze ein, jedoch steht der deutsche Markt im Fokus der Analyse. Des weiteren war der Zeitrahmen der Erhebungen auf ein halbes Jahr begrenzt. Insbesondere bei den Innovationslücken und Skalierungshemmnissen stützt sich der Bericht auf die Aussagen und Erfahrungen der Interviewpartnerinnen und Interviewpartner. Aus diesem Grund erhebt dieser Bericht keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die inhaltliche Redaktion dieser Potenzialanalyse wurde am 15. Mai 2026 abgeschlossen. Politische oder wirtschaftliche Rahmenbedingungen, die sich nach diesem Stichtag ereignet haben, wurden nicht mehr berücksichtigt. Diese Limitationen sollten bei der Interpretation der Ergebnisse und Empfehlungen berücksichtigt werden.

Quellenverzeichnis

Alternoil (24.08.2023). Start of delivery of REEFUEL® Bio-LNG worth 250 million euros. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://www.alternoil.de/n625-start-of-delivery-of-reefuel-bio-lng-worth-250-million-euros-en>

BMBF und BMEL (2020). Nationale Bioökonomiestrategie. Berlin/Bonn. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter https://www.bmftr.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/7/31576_Nationale_Biooekonomiestrategie_Langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=6

BMV (2025) Überblick: Klimaschutz im Verkehr. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Klimaschutz-im-Verkehr/klimaschutz-im-verkehr-ueberblick.html>

Bioökonomie.de (27.04.2020). Was ist Bioökonomie? Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://biooekonomie.de/themen/was-ist-biooekonomie>

dena. 2025. Einsatz von Bio-LNG im Schwerlastverkehr. Factsheet. Zuletzt abgerufen am 15.05.2026 unter <https://www.dena.de/infocenter/einsatz-von-bio-lng-im-schwerlastverkehr/>

Deutscher Bundestag. 2026. Bundestag stimmt Anhebung der Treibhausgas-minderungs-Quote zu. Zuletzt abgerufen am 11.05.2026 unter <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2026/kw17-de-treibhausgasminderungsquote-1166788>

Edel, M.; Jegal, J.; Siegemund, S.; Schmidt, P.; Weindorf, W. (2019). Bio-LNG – eine erneuerbare und emissionsarme Alternative im Straßengüter- und Schiffsverkehr. Potenziale, Wirtschaftlichkeit und Instrumente. dena (Hrsg.) <https://www.dena.de/PUBLIKATION454>

Europäische Kommission (27.11.2025). Ein strategischer Rahmen für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Bioökonomie in der EU. Zuletzt abgerufen am 15.05.2026 unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52025DC0960>

Fachverband Biogas (2026). Branchenzahlen 2025. Zuletzt abgerufen am 15.05.2026 unter https://www.biogas.org/fileadmin/redaktion/dokumente/presse/branchenzahlen/26-03-06_Branchenzahlenreport_2025_final.pdf

Fehrenbach, H.; Giegrich, J.; Köppen, S.; Wern, B.; Pertagnol, J.; Baur, F.; Hünecke, K.; Dehoust, G.; Bulach, W.; Wiegmann, K. (2019). BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor). Zuletzt abgerufen am 15.05.2026 unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biorest-verfuegbarkeit-nutzungsoptionen-biogener>

FNR (o.D.). THG-Quote. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://biokraftstoffe.fnr.de/klimaschutz/thg-quote>

FNR (2025). THG-Bilanz von Biogas aus Wirtschaftsdüngern. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://mediathek.fnr.de/grafiken/bioenergie/klimaschutz/thg-emissionen-von-biogasanlagen-im-vergleich-zum-deutschen-strommix.html>

FNR (2026). Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://mediathek.fnr.de/stromerzeugung-aus-erneuerbaren-energien.html>

Hauptstadtbüro Bioenergie (Hrsg.) (2026). CO₂-Abscheidung aus Biomasse: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Kurzstudie zur Wirtschaftlichkeit der CO₂ Abscheidung aus Biomasse (Holzenergie-, Biogas- und Biokraftstoffanlagen) in Deutschland. Zuletzt abgerufen am 15.05.2026 unter [https://www.hauptstadtbuero-bioenergie.de/application/files/6817/7305/3274/2026.03.14_Kurzstudie_Wirtschaftlichkeit_von_CO₂-Abscheidung.pdf](https://www.hauptstadtbuero-bioenergie.de/application/files/6817/7305/3274/2026.03.14_Kurzstudie_Wirtschaftlichkeit_von_CO2-Abscheidung.pdf)

Initiative Klimabetrug Stoppen e.V. (o.D.). Hintergrund. Zuletzt abgerufen am 15.05.2026 unter <https://carbonleaks.de/hintergrund>

Meisel, K.; Jordan, M.; Günther, S.; Cyffka, K.-F.; Röder, L. S.; Wollnik, R.; Karras, T.; Schindler, H.; Thrän, D. (2026). Szenarien zum optimalen Einsatz von Biomasse in der Bioökonomie bis 2050. Leipzig: DBFZ. VIII, 9–59 S. (DBFZ-Report, 56). ISBN: 978–3–949807–41–1. DOI: 10.48480/17m2-3058.

Nieß, F. (23.02.2026). LNG-Absatz rückläufig trotz 98,5 Prozent Bio-Anteil. Eurotransport. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://www.eurotransport.de/fahrzeuge/lkw/bio-LNG-im-schwerlastverkehr-LNG-absatz-rueckklaeufig-trotz-98-5-prozent-bio-anteil/>

Paschotta, R. (04.05.2025). Methanschlupf. Energie-Lexikon. Zuletzt abgerufen am 15.05.2026 unter <https://www.energie-lexikon.info/methanschlupf.html>

Schröder, J. & Görsch, K. (Hrsg.) (2025). Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht. Leipzig: DBFZ. ISBN: 978- 3–949807–23–7. DOI: 10.48480/w11j-9w27.

Statista (09.07.2025). Woher bezieht Deutschland sein Gas? Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://de.statista.com/infografik/30706/taegliche-gasimporte-nach-deutschland-nach-herkunft/>

Tagesschau.de (20.02.2026). Biogas als Alternative für die Energieversorgung? Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/energie/gasspeicher-biogas-100.html>

Umweltbundesamt (2023). Erneuerbare-Energien-Gesetz. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-gesetz#erfolg>

Umweltbundesamt (2024). Bioenergie. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#bioenergie-ein-weites-und-komplexes-feld->

Umweltbundesamt (2025a). Emissionen des Verkehrs. Zuletzt abgerufen am 20.03.2026 unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#verkehr-belastet-luft-und-klima-minderungsziele-der-bundesregierung>

Umweltbundesamt (2025b). Grünlandumbruch. Zuletzt abgerufen am 31.03.2026 unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/gruenlandumbruch#kologische-bedeutung-des-grnlands>

Liste Interviewpartner

In Ergänzung zur Auswertung von Fachliteratur und Studien hat RootCamp für den vorliegenden Bericht explorative Expertengespräche geführt. Die 45–60-minütigen Interviews wurden im Zeitraum von November 2025 bis Februar 2026 geführt. Ziel war es, den Status quo der Wertschöpfungskette Bio-LNG zu skizzieren sowie Skalierungshemmnisse und Innovationspotenziale zu identifizieren und in der Tiefe zu verstehen.

Die Landwirtschaftliche Rentenbank und das RootCamp danken allen Beteiligten herzlich für ihre Bereitschaft zur Teilnahme an den Interviews, am Workshop und an den Hintergrundgesprächen!

Firma oder Institution	Name
AB Energy Deutschland GmbH	Thomas Rücker
Agora Agrar	Tom Hollander
Agora Verkehrswende	Dr. Ulf Neuling
agriportance GmbH	Henning Dicks
agriportance GmbH	Maximilian Wigbert Becker
Alternoil	Dr. Henrik Bramlage
B I O G A S – A K A D E M I E®	Rainer Casaretto
Bioenergie Geest GmbH & Co. KG	Sven Plorin
bmp greengas GmbH	Jan Horstmann
clever bioTechnologies	Alberto Meola
DAH Gruppe	Julius v. der Osten-Sacken
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH	Dr. René Backes
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH	Karin Naumann
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)	Toni Reinholz

DHL Group	Markus Döhn
DHL Group	Frank Wegner
EDEKA Handelsgesellschaft Minden-Hannover mbH	Thomas Steinlein
EnBW Energie Baden-Württemberg AG	Tatiana Demeusy
EnviTec Biogas AG	Sönke Hartkamp
Exeler Agrarservice GmbH & Co. KG	Roland Grundmann
Extantia Capital Management GmbH	Nina Litman-Roventa
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.	Dr. Simon Zielonka
Fluxys	Alexandre Leruth
Green Planet Projects GmbH	Paul Alvermann
Hapag-Lloyd AG	Ilyas Muhammad
HKL-Gruppe	Cord-Heinrich Heitzhausen
Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft und Energie eG	Friedrich Brandes
Landesverband Erneuerbare Energien Niedersachsen Bremen e.V.	k.A.
Markus Peters Consulting	Dr. Markus Peters
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU)	Dr. Dr. Magnus Buhlert
Reverion GmbH	Joris Weynen
Reverion GmbH	Sarah-Luise Grimm

Selbstständige Beraterin	Lena Friedmann
Shell Deutschland GmbH	Svenja Gerdes
Shell Deutschland GmbH	Felix Hofmann
T & E	Felix Klann
top agrar	Hinrich Neumann

Hinweis: Insgesamt wurden 43 Expertinnen und Experten für die Studie befragt. Hier aufgelistet sind ausschließlich Personen, die einer namentlichen Nennung explizit zugestimmt haben.

Landwirtschaftliche Rentenbank

Theodor-Heuss-Allee 80
60486 Frankfurt am Main

Postfach 101445
60014 Frankfurt am Main

Telefon +49 (0)69 2107-0
office@rentenbank.de

Autoren und Projektteam RootCamp GmbH

Dr. Annkathrin Wahbi, Dr. Philipp Ritterhaus

Projektteam Landwirtschaftliche Rentenbank

Lukas Hoyos, Carla Isenberg, Lena Büning

Stand: 30.06.2026