



Institut für Biogas
Kreislaufwirtschaft & Energie

Leitfaden zur Realisierung von Rohbiogas- Sammelleitungen in der Praxis

**Technische und administrative Umsetzung, Planungsgrundlagen, Genehmigungsprozesse,
Wirtschaftlichkeit, Dokumentation und Erfolgskriterien für die Anlagenpraxis**

Autoren:

**Dr.-Ing. Frank Scholwin, M.Eng. Georg Siegert, M.Sc. Angela Clinkscales –
Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft und Energie**

November 2024

**Das Vorhaben wurde gefördert durch den Freistaat Thüringen und das Ministerium für
Infrastruktur und Landwirtschaft.**

Freistaat
Thüringen



Ministerium
für Infrastruktur
und Landwirtschaft

Inhalt

1	Einführung	6
1.1	Ziel des Vorhabens	6
1.2	Ausgangssituation	6
2	Rohgassammelleitungen als Option für den Weiterbetrieb von Biogasanlagen	7
2.1	Vor- und Nachteile von Rohbiogasleitungen.....	7
2.2	Konzepte mit Einsatz von Rohbiogasleitungen	10
2.3	Betreibermodelle für eine Rohgassammelleitung mit Biogasaufbereitungsanlage.....	11
2.4	Technische Anlagen für den Betrieb einer Rohbiogasleitung	13
2.5	Genehmigungsplanung.....	17
2.6	Finanzierung	21
2.7	Erforderliche Verträge.....	21
2.8	Besonderheiten bei Zertifizierung und Dokumentation	23
3	Beispielrechnung Rohgassammelleitung mit zentraler Biogasaufbereitungsanlage im Vergleich zu drei Einzelanlagen.....	25
4	Fördermöglichkeiten	30
5	Steuern	31

Tabellen

Tabelle 1: Übersicht über Vor- und Nachteile von Rohgassammelleitungen gegenüber Einzelprojekten an Standorten	8
Tabelle 2: Vertragsinhalte von Rohgaslieferverträgen im Überblick	21
Tabelle 3: Weitere Verträge neben dem Rohbiogas-Liefervertrag, die für die Leitungsverlegung und Verwertung des Biogases wichtig sein können	23
Tabelle 4: Summe der Investitionskosten von Biogasaufbereitungsanlage, Netzanschluss und Planung für drei Einzelstandorte und einen zentralen Standort mit Biogasaufbereitungsanlage im Vergleich (in Euro, wenn nicht anders ausgewiesen, Stand 2024)	25
Tabelle 5: Betriebskosten der Biogasaufbereitungsanlage für drei Einzelstandorte und einen zentralen Standort im Vergleich (in Euro pro Jahr, wenn nicht anders ausgewiesen, ohne Berücksichtigung von Preissteigerungsraten, Stand 2024):	27
Tabelle 6: Betriebskosten der Biogaserzeugung für drei Einzelstandorte und einen zentralen Standort im Vergleich (in Euro pro Jahr, wenn nicht anders ausgewiesen, ohne Berücksichtigung von Preissteigerungsraten, Stand 2024):	27
Tabelle 7: Erlöse, Kosten und Gewinn für drei Einzelstandorte und einen zentralen Standort im Überblick (in Euro pro Jahr, ohne Berücksichtigung von Preissteigerungsraten, Stand 2024):	28
Tabelle 8: Darstellung der Biomethanherstellungskosten in Euro je Jahr und Cent je Kilowattstunde für den einzelnen Biogasanlagenstandort (ohne Berücksichtigung von Preissteigerungsraten, Abschreibungsdauer 10 Jahre, Stand 2024):	29

Abbildungen

Abbildung 1: Räumliche Verteilung der Biogasanlagen in Thüringen	7
Abbildung 2: Schema des Modells bei der Übernahme der Investitionen in das Rohgasnetz und Biogasaufbereitungsanlage	11
Abbildung 3: Schema des Modells bei der Übernahme der Investitionen in die Aufbereitungsanlage durch einen externen Investor oder ein Teil der Anlagenbetreiber und das Rohgasnetz durch die restlichen angeschlossenen Biogasanlagenbetreiber	12
Abbildung 4: Schema des Modells, bei welchem die Investitionskosten und Betriebskosten für die Rohbiogasleitung und die Verwertungseinheit von der Gesellschaft getragen werden	12



Das Wichtigste in Kürze

- Der Zusammenschluss mehrerer Biogasanlagen über eine Rohgassammelleitung und Zuführung des Rohbiogases zu einer **zentralen Verwertungseinheit** bietet viele Vorteile in Bezug auf
 - **Skalierungseffekte,**
 - **verringerte Investitions- und Betriebskosten,**
 - **verringerte Einzelrisiken,**
 - **höhere Schlagkraft** und
 - **volkswirtschaftlich deutlich verringerte Gemeinkosten** durch gemeinsame Netzanschlüsse von Biogasaufbereitungsanlagen.
- Dabei gibt es mehrere **Betreibermodelle**, die in Frage kommen. Sie hängen stark von den spezifischen Gegebenheiten ab, wie der Größe der beteiligten Anlagen, den vorhandenen Investitionsmöglichkeiten und -willigkeiten der Betreiber der Biogasanlagen sowie den lokalen Wärme- und Eigenenergiebedarfen.
- Es ist wichtig klare Regelungen zu haben, vor allem für:
 - Schnittstelle des **Eigentumsübergangs** des Gases
 - **Abrechnungsregelungen**
 - **Verantwortlichkeit für die Planungsaufgaben und den Betrieb**
 - und das **Management** der Rohbiogasproduktionsanlagen, der Gasreinigung, des Rohbiogasleitungsnetzes und der zentralen Verwertungseinrichtung.
- Für eine Rohbiogasleitung bzw. ein Rohbiogasleitungsnetz sind verschiedene technische Einrichtungen erforderlich. Die wesentlichen Komponenten sind die **Gasreinigung**, die **Gaskühlung**, die **Verdichtung**, die **Rohrleitungen** selbst, der **Gasspeicher** und die für die korrekte Abrechnung erforderliche **Messtechnik**. Diese Komponenten werden unter Abschnitt 2.4 genauer charakterisiert.
- Wesentlicher Teil der **Planung** der Rohbiogasleitung ist die **Trassenführung**. Dazu gehört u.a. die Erteilung der **Leitungsrechte** von allen Grundstückeigentümern. Hinweise dazu sowie zur Überquerung von anderer **Infrastruktur wie Gewässer, Straßen und Bahnlinien** sind unter 2.5 zu finden.
- Die sorgfältige Erarbeitung des **Vertragswerks**, z.B. für die Rohgaslieferung, Leitungsrechte, Netzanschluss, Zertifizierung sowie ggf. Gesellschaftervertrag, können bei der **Vermeidung von Risiken und Unstimmigkeiten** hilfreich sein. Mehr dazu unter Abschnitt 2.7.

Zusammenfassung

Für viele Biogasanlagen laufen in den nächsten Jahren die garantierten 20 Jahre EEG-Vergütung aus oder sind schon ausgelaufen und viele Betreiber suchen nach wirtschaftlichen Weiterbetriebsoptionen für ihre Biogasanlagen. Der Zusammenschluss mehrerer Biogasanlagen über eine Rohgassammelleitung und Zuführung des Rohbiogases zu einer zentralen Verwertungseinheit bietet viele Vorteile in Bezug auf Skalierungseffekte, verringerte Investitions- und Betriebskosten, verringerte Einzelrisiken, höhere Schlagkraft und volkswirtschaftlich deutlich verringerte Gemeinkosten durch Netzanschlüsse von Biogasaufbereitungsanlagen.

Nicht jede Biogasanlage bzw. nicht jede Region eignet sich zur Bündelung von Rohgasvolumenströmen. Neben der geografischen Lage und dem Abstand der Biogasanlagen zueinander sind der tatsächlich frei verfügbare Biogasvolumenstrom und der zeitliche Planungshorizont der einzelnen Betreiber ein wichtiges Kriterium für die erfolgreiche Umsetzung der Rohgasbündelung. Auch die Verfügbarkeit einer sinnvollen zentralen Verwertung über eine Biogasaufbereitungsanlage am Erdgasnetz, ein Wärmenetz mit hohem Grundlastbedarf, ein Industrie- oder Gewerbebetrieb mit hohem Energiebedarf oder eine KWK-Anlage sind eine wichtige Voraussetzung, um eine Rohgassammelleitung erfolgreich umzusetzen.

Sobald sich mehrere Betreiber mit dem gleichen Interesse an einer Bündelung ihrer Biogasmengen zusammengetan haben, stellen sich verschiedene Fragen hinsichtlich der Kostenaufteilung von Investitions- und Planungskosten sowie der notwendigen Vertragsunterlagen. Die Wahl des Betreibermodells ist eine zu Anfang der Planung zu klärende zentrale Frage: sowohl die Planung und Errichtung des Biogasleitungssystems und der Verwertungseinheit durch einen Betreiber oder Investor als auch durch eine separat gegründete Gesellschaft durch alle beteiligten Biogasanlagenbetreiber stellen Möglichkeiten zur Umsetzung des Projektes dar. Auch die rechtliche und gesellschaftliche Trennung von Biogasleitungssystem und Verwertungseinheit und Errichtung durch die Gesamtheit der Biogasanlagenbetreiber, einen einzelnen Anlagenbetreiber oder einen dritten Investor sind praktisch umsetzbar. Nach der Wahl des Betreibermodells sind verschiedene Verantwortlichkeiten, Kostenteilungen und Lieferbeziehungen vertraglich zu regeln. Eine zentrale Rolle spielt hierbei der Liefervertrag für das Rohgas an die Verwertungseinheit, in welchem neben Mengenkorridoren, Preisen, Verfügbarkeiten, Gasqualitäten, technischen Parametern auch die Regelungen zur Erbringung von Nachweisen hinsichtlich der Qualitäten von erzeugtem Strom, Wärme, Kraftstoff oder Biomethan durch die Verwertungseinheit fest vereinbart werden. Daneben sind Verträge für Gestattungen von Hindernissen wie Bahntrassen oder Straßen durch die Rohgasleitung, Gesellschaftsverträge, Netzanschluss- und Anschlussnutzungsverträge, Dienstleistungs- und Finanzierungsverträge notwendig.

Der Leitfaden soll neben all den oben genannten Fragestellungen auch zu technischen Fragen zur Errichtung der Rohgasleitung anhand von Beispielen aus der Praxis Antworten geben. Die Komponenten von der Kühlung und Entschwefelung über die Messeinrichtungen und Rohgasleitung bis zum Speicher vor der Verwertungseinheit können je nach Region, Größe des Netzes und der Art der Verwertungseinheit variieren. Daneben sind in der Planung und Genehmigung in den meisten Fällen Hindernisse wie Bahnschienen, Straßen oder Flüsse zu queren. Dazu sollen verschiedene Hinweise aus Praxisbeispielen und Verweise auf Ansprechpartner unterstützen. Eine Beispielrechnung zur Wirtschaftlichkeit zum Zusammenschluss mehrerer Anlagen gegenüber Einzelprojekten macht den Vorteil der Rohgasbündelung deutlich. Hinweise zur Finanzierung sowie die Besonderheiten bei der Bilanzierung und Zertifizierung sind weiterhin Thema des Leitfadens.

1 Einführung

1.1 Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens ist es, eine Hilfestellung für Praktiker zu erstellen, um die Realisierung von Rohbiogassammelleitungen und Verknüpfungsleitungen für das Pooling von Biogasanlagen zu erleichtern. Neben Erfahrungen aus konkreten Projekten der Autoren sollen öffentlich zugängliche Informationen gebündelt und so ein Fahrplan für eine Realisierung erstellt werden. Zudem sollen erforderliche und marktverfügbare Techniken erläutert sowie notwendiges Vertragswerk zusammengetragen werden. Daneben soll eine Übersicht zu Besonderheiten bei der Zertifizierung, der Erstellung von Nachhaltigkeitsnachweisen sowie erforderlicher Dokumentation entstehen, welche besonders nach der Errichtung der technischen Anlagen und im laufenden Betrieb besonders wichtig sind.

Anhand einer Beispielrechnung soll ein Vergleich zwischen einer einzelnen Realisierung mehrerer Projekte und einem Sammelleitungsprojekt erfolgen und die Vorteile der Bündelung von Kapazitäten deutlich gemacht werden.

1.2 Ausgangssituation

In Thüringen gibt es über 250 Biogasanlagen, welche überwiegend, zu ca. 70 Masseprozent, mit Wirtschaftsdüngern betrieben werden. Die Regionale Verteilung der Biogasanlagen wird in Abbildung 1 deutlich. Die für 20 Jahre garantierte EEG-Vergütung läuft für viele Anlagen in den nächsten Jahren aus bzw. ist schon ausgelaufen und es stellt sich für viele Thüringer Anlagenbetreiber die Frage nach der Zukunft ihrer Biogasanlage. Nicht wenige denken konkret über die Stilllegung der Anlage nach oder haben diese bereits stillgelegt – die Folge ist das Wegbrechen eines wirtschaftlichen Standbeins, das Wegbrechen der für die Energiewende so wichtigen Bereitstellung erneuerbaren Stroms und Wärme sowie das Freisetzen erheblicher Klimagasemissionen aus der Lagerung und Ausbringung unbehandelter Wirtschaftsdünger. Darüber hinaus fallen Arbeitsplätze weg. Weiterhin ist die Vorteilhaftigkeit der Biogasanlage in ihrer Nutzungskette der Exkremate aus der Tierhaltung nachweislich gegeben – sowohl zur Verbesserung der Düngeeigenschaften von Mist und Gülle als auch hinsichtlich der Minderung der Kreislaufführung von pathogenen Keimen, was auch einen Beitrag zur Verbesserung des Tierwohls in den Betrieben leistet. Eine Verschlechterung dieser Effekte als Folge der Stilllegung von Bestandsbiogasanlagen sollte unbedingt vermieden werden.

Neben einer enormen Steigerung der Anforderungen an Sicherheitstechnik und Emissionsschutz und damit verbundene Investitionen in den zurückliegenden und kommenden Jahren führt besonders die sinkende EEG-Vergütung bei steigenden laufenden Kosten zur Unwirtschaftlichkeit des Biogasanlagenbestandes. Daneben sorgen zusätzliche Einschränkungen der Vergütung von Strom im EEG und Flexibilisierungszwänge mit zusätzlichem Investitionsbedarf in BHKW-Technik sowie Wärme- und Gasspeicher für eine stärkere wirtschaftliche Belastung der Biogasanlagen. Durch die deutlich absinkende Gewinnaussicht im Zusammenhang mit älter werdenden Anlagen und einem erhöhten Risiko von Produktionsausfällen oder Maschinenbruch scheuen viele Biogasanlagenbetreiber höhere Investitionsvolumen in Ihre Anlage. Das führt häufig zu einer negativen Flexibilisierung von Bestandsanlagen ohne wesentliche Investitionen und einem damit verbundenen deutlichen Absinken der erzeugten Strommenge und bei einigen Anlagen zum Aufgeben, da der Stand der Technik nicht mehr wirtschaftlich zu erreichen ist.

Eine Möglichkeit des Weiterbetriebs der Biogasanlagen ist die Sammlung des Rohbiogases von mehreren Produktionsanlagen über eine Leitung mit Zuführung zu einer zentralen Verwertungseinheit. Der Vorteil dieses Zusammenschlusses ist ein deutlicher Skaleneffekt bei den Investitionskosten in die Verwertungseinheit z.B. BHKW oder häufiger eine Biogasaufbereitungsanlage. Zudem sinkt der Planungsaufwand für eine zentrale Anlage gegenüber mehreren dezentralen Anlagen.

Durch den Zusammenschluss mehrerer Biogasanlagen sinkt der Kostendruck je Anlage. Die Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebs sowie die wirtschaftliche Perspektive besonders kleinerer Anlagen sind deutlich positiv.

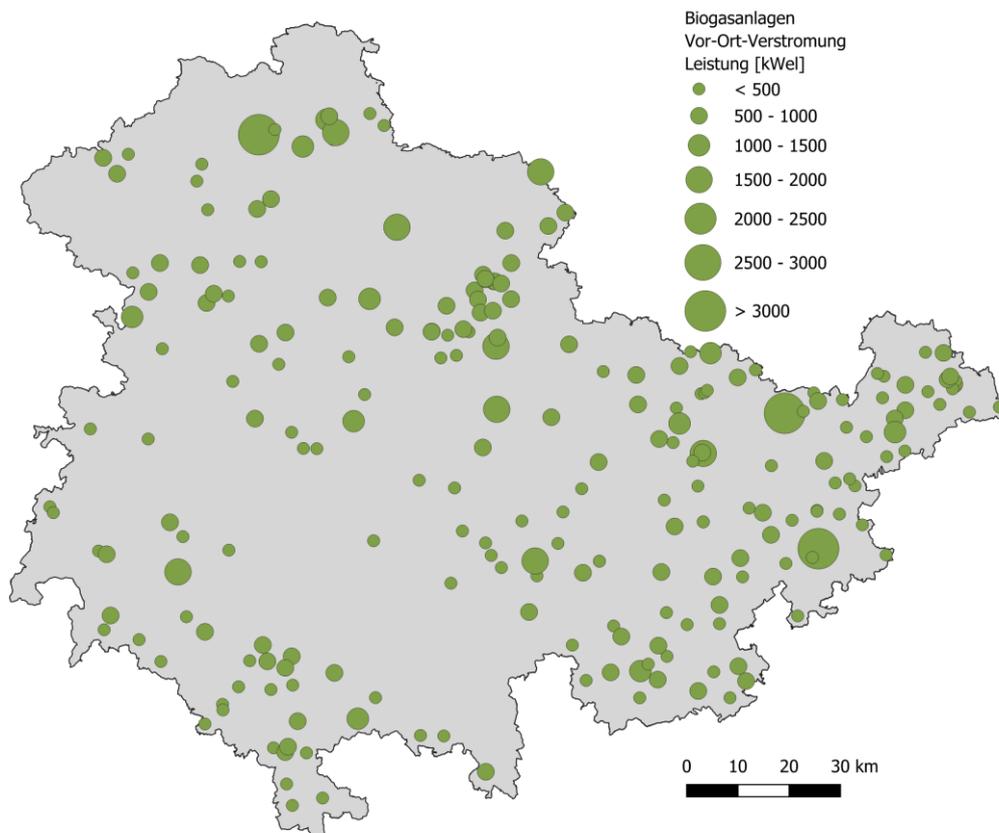


Abbildung 1: Räumliche Verteilung der Biogasanlagen in Thüringen

2 Rohgassammelleitungen als Option für den Weiterbetrieb von Biogasanlagen

2.1 Vor- und Nachteile von Rohbiogasleitungen

Der Zusammenschluss mehrerer Biogasanlagen über eine Rohgasleitung bringt viele Vorteile aber auch einige Nachteile mit sich, welche in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Übersicht über Vor- und Nachteile von Rohgassammelleitungen gegenüber Einzelprojekten an Standorten

	Einzelbetrieblicher Weiterbetrieb vor Ort	Rohbiogas und - sammelleitungen
Personaleinsatz	-	±
Energiebedarf	±	±
Betrieb der Verwertungseinheit	-	+
Wartungskosten Verwertungseinheit	--	++
Wartungskosten Biogasanlage	±	±
Planung und Genehmigungsaufwand vor Ort	-	++
Planung und Genehmigungsaufwand Leitungen	++	--
Investitionskosten	-	+
Risikostreuung Investition	-	+
Notwendiges Vertragswerk	±	+
Aufwand für Zertifizierungen	-	+
Komplexität der Entscheidungsfindung	++	±

Der Personaleinsatz für eine Biogasanlage teilt sich auf den technischen und administrativen Teil auf. Bei einer ausschließlichen Rohgaserzeugung entfällt die Wartung und regelmäßige Kontrolle von mehreren BHKWs, sodass neben der Beschickung der Anlage mit Substrat nur der verhältnismäßig geringe technische und administrative Aufwand einer regelmäßigen Kontrolle der vergleichsweise wartungsarmen Biogasbehälter und des Substrat- sowie Gärrestmanagements bestehen bleibt. Der Aufwand der Administration der Biogasanlage verringert sich um alle Tätigkeiten die mit der Vermarktung und Abrechnung des Endproduktes zu tun haben, z.B. Stromabrechnung mit Netzbetreiber oder Direktvermarkter.

Der Energiebedarf für die Verwertung des Rohbiogases an den einzelnen Standorten verringert sich durch die Zentrale Verwertungseinheit deutlich und es sind mit der größeren Verwertungseinheit zudem Skaleneffekte zu erwarten, welche den Energiebedarf je Kubikmeter Rohgas verringern. Durch die Zuführung des Rohbiogases an eine zentrale Stelle und damit verbundene zusätzliche technische Anlagen heben diesen Vorteil der Sammelleitung mindestens teilweise auf.

Der Betrieb einer zentralen Verwertungseinheit erhöht die Betriebssicherheit bei Ausfall einer Rohbiogaserzeugung. Zudem sind größere Einheiten in der Regel etwas teillastfreundlicher und

betriebsicherer. Dem gegenüber steht der Ausfall der zentralen Verwertungseinheit, welcher bei allen Rohgas liefernden Betrieben zu Herausforderungen führt. Die Kosten für die Sicherstellung einer erhöhten Betriebssicherheit einer zentralen Anlage sind aber spezifisch auf die Energieeinheit gesehen geringer als bei Einzelanlagen.

Die Wartungskosten für die Verwertungseinheit (BHKW oder Biogasaufbereitungsanlage) lassen sich bei einer zentralen Anlage deutlich verringern, da diese zwar höhere absolute Wartungskosten aufweist als eine kleine Verwertungseinheit, aber deutlich geringere Kosten als zwei, drei oder noch mehr kleine Einheiten. Die Wartungskosten der Rohbiogassammelleitung sind zu vernachlässigen. Die Wartungskosten der Biogasanlage sind bei beiden Varianten gleich, sofern die Substratmischung bei einer Umstellung von vor-Ort-Verstromung auf Biogasaufbereitung aus Vermarktungsgründen des Biomethans nicht umgestellt wird.

Der Planungs- und Genehmigungsaufwand ist für eine zentrale Verwertungseinheit des Rohbiogases nicht grundsätzlich geringer als für mehrere dezentrale Biogasverwertungseinheiten, wenn ohne die Zentrale Einheit die am häufigsten anzutreffende vor-Ort-Verstromung nicht weiter angepasst würde. So entstehen kaum Kosten für Planung oder Genehmigung, wenn die Verstromung vor Ort zum Beispiel negativ flexibilisiert wird. Werden drei dezentrale Biogasaufbereitungsanlagen gegenüber einer zentralen Aufbereitungsanlage betrachtet, ist der Planungsaufwand für eine Anlage in der Regel um mindestens 50 % geringer. Zudem sinken die volkswirtschaftlichen Kosten für nur einen zentral realisierten Netzanschluss an das Gasnetz enorm. Natürlich ist der Planungs- und Genehmigungsaufwand für die Rohgassammelleitung zu berücksichtigen. Dieser hat aber in Bezug auf Luft-, Lärm oder sonstige Emissionen kaum genehmigungsrechtliche Auswirkungen.

Die Investitionskosten für eine zentrale Verwertungseinheit verhalten sich ähnlich wie die Wartungskosten, sodass ein enormes Einsparpotenzial realisiert werden kann gegenüber der Investition in mehrere dezentrale Anlagen. Die zusätzlichen Investitionskosten in die Rohgassammelleitung sind hierbei zu berücksichtigen, sodass neben rein geographischen Hürden auch eine übermäßige Länge der Leitung zu überbordenden Investitionskosten und damit Investitionshürden führt. Mit Verringerung der Investitionskosten durch eine dezentrale Verwertungseinheit gegenüber mehreren dezentralen Verwertungseinheiten verringert sich auch das Risiko für die beteiligten Betriebe, dass bei Ausfall einer Biogasanlage über eine längere Zeit das Gesamtprojekt unwirtschaftlich wird.

Das für den Betrieb der zentralen Verwertungseinheit nur einmal benötigte Vertragswerk gegenüber Netzbetreiber, Biomethanhändlern oder Direktvermarktern ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber mehreren dezentralen Anlagen. Allerdings ist für die Rohgaslieferung an die zentrale Einheit ein Vertrag zwischen der Einheit und jedem einzelnen Lieferanten erforderlich, welcher im Fall mehrerer dezentraler Einheiten nicht notwendig wäre. Dieses Vertragswerk kann bei einem Grundvertrauen unter den Geschäftspartnern allerdings vergleichsweise kurz ausfallen. Auch die Entscheidungsfindung der Ausrichtung der zentralen Anlagen bei mehreren Eigentümern bzw. Mitgesellschaftern ist stark davon abhängig, auf welcher Vertrauensbasis die gemeinsame Geschäftsbeziehung aufbaut. Doch selbst bei einer sehr guten Vertrauensbasis zum Zeitpunkt der Entscheidung für das gemeinsame Projekt sollten alle Verträge gewissenhaft so erarbeitet werden, dass für die Zukunft – und ein gemeinsames Projekt wird die Partner für mehr als 10 Jahre zusammenbringen – die meisten möglichen Fragen klar und zweifelsfrei geregelt sind, da davon auszugehen ist, dass die handelnden Personen irgendwann wechseln werden.

Der organisatorische und administrative Aufwand für die Dokumentation, der Prozess der Zertifizierung sowie die Erstellung von Nachhaltigkeitsnachweisen ist für eine zentrale

Verwertungsanlage deutlich geringer und kostengünstiger als für mehrere einzelne Verwertungseinheiten.

2.2 Konzepte mit Einsatz von Rohbiogasleitungen

Es existieren verschiedene sinnvolle Ansätze für die Realisierung einer Rohgassammelleitung, die auf unterschiedlichen Verwertungseinheiten basieren. Zu den möglichen Verwertungseinheiten gehören beispielsweise:

- Blockheizkraftwerke (BHKW)
- Industrieabnehmer
- Heizanlagen für z.B. Wärmenetze
- Biogasaufbereitungsanlagen

Eine Rohgassammelleitung kann mehrere Biogasanlagen miteinander verbinden und das Biogas an ein oder mehrere BHKW leiten. Dabei kann der BHKW-Standort an einer der Biogasanlagen sein oder ganz separat von den Biogaserzeugungsanlagen, im letzten Fall wird auch von Satelliten-BHKW gesprochen. Dabei lassen sich folgende Szenarien unterscheiden:

- BHKW mit nahezu vollständiger Wärmeverwertung und Fokus auf der Wärmenutzung. Diese befinden sich an Standorten, an denen die Wärme vollständig genutzt wird, beispielsweise in Industrieanlagen mit einem häufig ganzjährigen Wärmebedarf oder an Nah- bzw Fernwärmenetzen.
Vorteil: Effiziente Wärmenutzung
Nachteile: Standortabhängigkeit von der Wärmesenke, ggf. starke saisonale Schwankungen im Wärmebedarf
- BHKW zur lastabhängigen Stromeinspeisung, sogenanntes Flex-BHKW, mit dem Fokus auf der Stromerzeugung und bestenfalls weitgehender Wärmenutzung
Vorteil: Große gebündelte Stromerzeugungsleistung an einem Standort, hohe Flexibilität in der Stromeinspeisung, Mitnahme von Marktstrom-Hochpreisphasen
Nachteil: Starke Schwankungen in der Wärmebereitstellung, ggf. großer Wärmepufferspeicher erforderlich und keine ganzjährige Wärmenutzung zu erwarten; Verfügbarkeit eines leistungsfähigen Stromnetzanschlusses

Ein weiteres Konzept ist die direkte Versorgung eines Industriebetriebs mit hohem Strom-, Wärme- und/oder Erdgasbedarf. Beispiele sind Kalkwerke oder Betonwerke, bei denen eine relevante Versorgung von Brenneranlagen erreicht werden kann. Hier ist aber der Jahresgang des Gasbedarfes genau zu prüfen, da ggf. keine alternative Gasverwertung existiert und damit eine starke Abhängigkeit von einem Einzelabnehmer entsteht.

Alternativ kann auch die alleinige Nutzung des Gases zur Wärmebereitstellung für z.B. ein Fernwärmenetz attraktiv sein, sofern der Bedarf ganzjährig sichergestellt werden kann – auch in solch einem Fall besteht eine starke Abhängigkeit von einem Einzelkunden.

Der häufigste Grund für einen Zusammenschluss mehrerer Biogasanlagen über eine Rohgassammelleitung ist die Möglichkeit einer zentralen Aufbereitung des Gases auf Erdgasqualität und Einspeisung in das Erdgasnetz. Biogasaufbereitungsanlagen spielen eine zunehmend zentrale Rolle bei der wirtschaftlichen und nachhaltigen Nutzung von Rohbiogas. In diesen Anlagen wird das Rohbiogas aufbereitet und in hochwertiges Biomethan umgewandelt, das als Erdgasäquivalent in das Gasnetz eingespeist oder vor Ort genutzt werden kann. Die Vorteile einer zentralen Biogasaufbereitung liegen vor allem in der Effizienzsteigerung durch Skaleneffekte und der

Möglichkeit, Biogas als vielseitige Energiequelle für Strom, Wärme, Kraftstoff oder industrielle Anwendungen bereitzustellen. Insbesondere durch die Bündelung mehrerer Biogasanlagen in einer zentralen Anlage können Kosten gesenkt, Zertifizierungsprozesse vereinfacht und volkswirtschaftliche Vorteile durch einen einzigen Netzanschluss erzielt werden. Dies gilt sowohl für die Einspeisung des Gases in das Erdgasnetz wie auch die Bereitstellung von Biomethan als Kraftstoff gasförmig als Bio-CNG oder verflüssigt als Bio-LNG. Auch die Kopplung von Nutzungsanlagen für das vom Rohbiogas abgeschiedene CO₂ lässt sich an einer zentralen Anlage deutlich effizienter realisieren als an mehreren dezentralen kleinen Anlagen.

2.3 Betreibermodelle für eine Rohgassammelleitung mit Biogasaufbereitungsanlage

Für die Umsetzung eines Rohgassammelleitungs-Konzeptes kommen unterschiedliche Betreibermodelle in Betracht. In der Praxis dienen Rohgassammelleitungen überwiegend dazu, dass Rohgas mehrerer Biogasanlagen einer zentralen Biogasaufbereitungsanlage zuzuführen, welche dieses auf Erdgasqualität aufgereinigt und anschließend eine Einspeisung in das nahegelegene Erdgasnetz erfolgt. Deshalb wird nachfolgend beispielhaft von einer Verwertung des Rohbiogases durch eine Biogasaufbereitungsanlage ausgegangen. Nachfolgend werden drei Varianten als Betreibermodelle beschrieben:

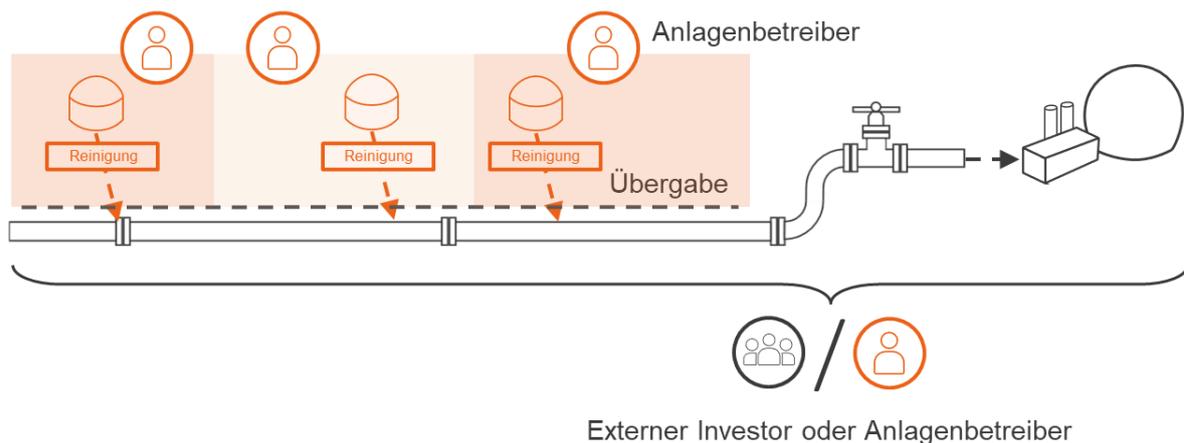


Abbildung 2: Schema des Modells bei der Übernahme der Investitionen in das Rohgasnetz und Biogasaufbereitungsanlage

1. **Ein einzelnes Unternehmen übernimmt die Investition in die Biogasaufbereitungsanlage und das Rohgasleitungsnetz.** Dieses Unternehmen kann entweder ein Biogasanlagenbetreiber, ein Zusammenschluss aller oder eines Teils der Biogasanlagenbetreiber oder ein Dritter ohne eigene Biogasanlage sein. Es kauft das Rohgas von den anderen Standorten, übergeben an den einzelnen Rohbiogaserzeugungsanlagen vor der Rohbiogasleitungsverdichtung.
 - **Vorteil:** Klare, zentrale Kontrolle über die Rohbiogasbereitstellung ab Übernahme von der Biogasproduktionsanlage, Optimierung des Netzbetriebes einfach möglich
 - **Nachteil:** Investitionsrisiko ist ungleichmäßig verteilt, Abrechnungsmessungen müssen an allen einzelnen Biogasanlagen erfolgen

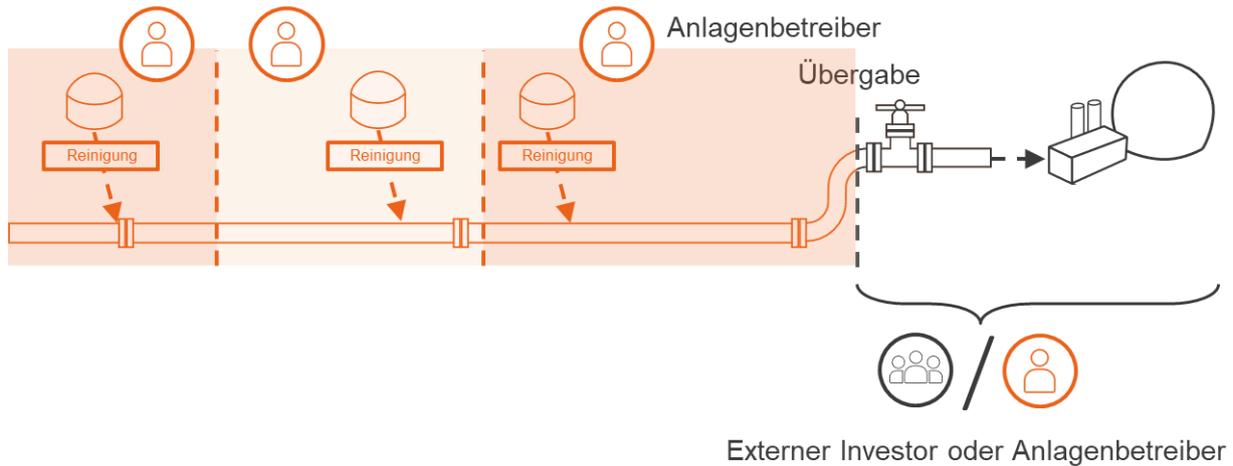


Abbildung 3: Schema des Modells bei der Übernahme der Investitionen in die Aufbereitungsanlage durch einen externen Investor oder ein Teil der Anlagenbetreiber und das Rohgasnetz durch die restlichen angeschlossenen Biogasanlagenbetreiber

2. Ein Unternehmen (entweder ein Biogasanlagenbetreiber, ein Zusammenschluss aller oder eines Teils der Biogasanlagenbetreiber oder ein externer Investor) investiert in die Biogasaufbereitungsanlage, während die anderen Biogasanlagenbetreiber in das Rohgasleitungsnetz investieren. Die Kosten für das Leitungsnetz werden z.B. nach Meterlänge und gelieferter Menge berechnet und aufgeteilt. Die zentrale Biogasaufbereitungsanlage kauft das Rohgas von den anderen Standorten am Übergabepunkt direkt an die Biogasaufbereitungsanlage.
 - *Vorteil:* Investitionskosten werden nach Entfernung zur Biogasaufbereitungsanlage „fair“ aufgeteilt
 - *Nachteil:* Aufwändige Abstimmung bei der Kostenaufteilung (z.B. Planung und Genehmigung), Zuständigkeit bei Problemen im Rohbiogasnetz nicht sicher bestimmt, obwohl alle Lieferanten gleichermaßen betroffen sein können



Abbildung 4: Schema des Modells, bei welchem die Investitionskosten und Betriebskosten für die Rohbiogasleitung und die Verwertungseinheit von der Gesellschaft getragen werden

3. **Gesellschaftsmodell, bei welchem die Investitionskosten und Betriebskosten für die Rohbiogasleitung und die Verwertungseinheit von der Gesellschaft getragen werden.** Alle beteiligten Biogasanlagenbetreiber tragen das Risiko mit und sowohl Gewinn als auch Kosten werden aufgeteilt. Hier lassen sich die Verantwortungsgrenzen am einfachsten definieren, wenn die zentrale Rohbiogasnutzung an einem abgrenzbaren Standort, ggf. einem Standort außerhalb aller Produktionsanlagen errichtet wird
 - *Vorteil:* Gleichmäßige Verteilung von Risiko und finanzieller Verantwortung
 - *Nachteil:* Höherer organisatorischer Aufwand für die Gründung und Verwaltung der Gesellschaft; klare Definition der administrativen Verantwortlichkeiten und fortwährende Absprachen zu Projektstand notwendig.

Fazit

Die Wahl des Betreibermodells hängt stark von den spezifischen Gegebenheiten ab, wie der Größe der beteiligten Anlagen, den vorhandenen Investitionsmöglichkeiten und -willigkeiten der Betreiber der Biogasanlagen sowie den lokalen Wärme- und Eigenwärmebedarfen. Wichtig ist dabei immer die klare Definition der Punkte des Eigentumsüberganges des Gases sowie der Verantwortlichkeit für den Anlagenbetrieb und das Management der Rohbiogasproduktionsanlagen, der Gasreinigung, des Rohbiogasleitungsnetzes und der zentralen Verwertungseinrichtung.

2.4 Technische Anlagen für den Betrieb einer Rohbiogasleitung

Für eine Rohbiogasleitung bzw. ein Rohbiogasleitungsnetz sind verschiedene technische Einrichtungen erforderlich. Die Wesentlichen Komponenten sind die Gasreinigung, die Gaskühlung, die Verdichtung, die Rohrleitungen selbst, Gasspeicher und die für die korrekte Abrechnung erforderliche Messtechnik. Diese Komponenten werden nachfolgend genauer charakterisiert.

Gasreinigung (Schwefel und VOC): Die Entschwefelung bis zu einem definierten Grenzwert (z.B. 100 ppm oder 10 ppm oder noch geringer) sollte vor der Verdichtung in die Rohgasleitung erfolgen, um zum einen die Kosten für die Entschwefelung beim jeweiligen Biogaslieferanten zu belassen und um eine Korrosion an nachgeschalteten Verdichtern und Messeinrichtungen zur Bestimmung von Gasparametern zu vermeiden. Dazu kann ggf. eine bereits an den Biogasproduktionsanlagen vorhandene Entschwefelung für die bisher betriebenen BHKW verwendet werden. Die Entschwefelung kann bis unter 5 ppm Schwefel erfolgen. Aus einem Projekt ist eine Entschwefelung bis auf 100 ppm vor Kompression in die Rohgasleitung bekannt. In diesem Projekt war die Maßgabe für eine einwandige, sehr kosteneffiziente Verlegung der Rohre, dass die Sauerstoffkonzentration im Rohgas sehr niedrig ist.

Die Entschwefelung erfolgt in vielen Biogasanlagen über die Zudosierung von Luftsauerstoff bei Ausfall von elementarem Schwefel im Behälterdach oder in externen Entschwefelungskolonnen. Diese Methode führt in der Regel zu einem Eintrag von bis zu 2 % Stickstoff ins Biogas, welcher danach nicht mehr ausgeschleust werden kann. Im Fall der Biogasaufbereitung des Rohbiogases und einer Verdopplung des Stickstoffanteils durch die Abtrennung von CO₂ ist ggf. der Grenzwert für den Stickstoffanteil und der erforderliche Brennwert im Biomethan nicht einzuhalten. Deshalb sollte bei einer Entschwefelung mit Luft geprüft werden, welche Anteile an Sauerstoff und Stickstoff sich nach der Entschwefelung noch im Rohgas befinden. Häufig erfolgt die Entschwefelung auch mit Eisenhydroxid oder -chlorid, welches nach Bedarf dosiert werden kann. Mit der Zugabe von Eisensalzen wird ein Eintrag von Störgasen in das Biogas vermieden. Die Entschwefelung mit Aktivkohle ist die teuerste Form der Entschwefelung und sollte nur für Restgehalte im Rohbiogas verwendet werden.

Für den Fall der Biogasaufbereitung auf Erdgasqualität im Anschluss an die Rohbiogasleitung ist die Reinsauerstoffdosierung sinnvoll, da an den Schwefelgehalt im Biogas angepasste Menge an Sauerstoff exakt dosiert werden kann, ohne einen Eintrag von Stickstoff und ohne hohen Chemikalieneinsatz. Eine Entschwefelung an der Biogasanlage vor einer Verdichtung und Verbringung in die Rohgasleitung ist sinnvoll, da die Entschwefelungseinheiten in der Regel bereits vorhanden sind und die Neuerrichtung einer vollständigen Entschwefelung an der Biogasaufbereitungsanlage abgesehen von einem immer vorzusehenden Polzeifilter in der Regel nochmal einen niedrigen sechsstelligen Investitionsbedarf fordert.

Sofern im Rohbiogas VOC zu erwarten sind (z.B. aus einer Abfallverwertungsanlage) sollte eine Abscheidung der VOC vor der Rohbiogasleitung erfolgen, um Ablagerungen langkettiger Kohlenwasserstoffe (als Biofilm) in der Rohrleitung zu vermeiden und zusätzlich eine Vermischung eines höherbelasteten Rohbiogases mit einem gering belasteten Rohbiogas zu vermeiden. Ansonsten müsste statt einer gezielten VOC-Abscheidung an einer Anlage in einem kleinen Filter nach der Zusammenführung der Gase eine viel größere und teurere VOC-Abscheidung errichtet und betrieben werden.

Gaskühlung: Die Gaskühlung ist grundlegend wichtig, um Feuchtigkeit im wassergesättigten Biogas aus den Gärbehältern auszuschneiden, welche in anderer Anlagentechnik zu Korrosion führt. Gängige Praxis ist neben einer aktiven Kühlung mittels Kaltwassersatz oder Belüftung die passive Kühlung in einer erdverlegten Biogasleitung. Eine aktive Kühlung erreicht in der Regel eine größere Kondensatabscheidung und ist für längere Rohbiogasleitungen zu empfehlen, wenn auch aus der Praxis mehrere Kilometer lange Leitungen ohne aktive Gaskühlung bekannt sind. Bei einer Verbindung mehrerer Biogasanlagen über eine Rohgassammelleitung ist die Installation eines oder mehrerer Kondensatschächte an den am tiefsten liegenden Stellen der Leitung vorzusehen und sowohl die technische Verbringung des Kondensats mittels Pumpe oder mobiler Technik zurück in eines der Gärrestlager sowie die vertragliche Regelung, welcher Partner dafür die Verantwortung wie auch die Kosten trägt, zu organisieren. Auch bei technischer Kühlung vor der Gasübergabe in die Rohbiogasleitung ist immer mit Kondensatbildung zu rechnen. Bei Rohrverlegung in geneigtem Gelände können Kondensatschächte leicht an den tiefsten Punkten der Gasleitung installiert werden. Bestenfalls ist dies an einem oder beiden Enden der Rohrleitung der Fall, dann kann das Kondensat leicht auf dem eigenen Grundstück verwertet werden. Sofern Leitungen in ebenem Gelände verlegt werden lässt sich ein Gefälle nicht sicher realisieren und die Rohrverlegung führt trotz aller Sorgfalt immer zu unebener Leitungsverlegung, so dass sich Kondensat ansammeln kann. Ganz besonders ist das zu erwarten, wenn eine Rohbiogasleitung unter einem Gewässer hindurchverlegt werden muss. Derartige Leitungen sind so zu errichten, dass regelmäßig ein sogenanntes Molchen (d.h. das Durchschießen eines Reinigungsstopfens) erfolgen kann, um das Wasser aus der Leitung zu entfernen. Das Vorhandensein von Kondensatmengen, die den Leitungsquerschnitt verschließen, lässt sich später im Betrieb leicht an starken und kontinuierlichen Druckschwankungen am Ausgang der Rohbiogasleitung feststellen. Auch bei Leitungsverlegung im Gelände sollte sicherheitshalber die Installation so erfolgen, dass ein späteres Molchen möglich ist, das kann hohe Umbaukosten im Zweifelsfall ersparen.

Ein Kondensatschacht ist nicht immer zwangsläufig notwendig. Aus einem Rohgasprojekt ist bekannt, dass auf die Kondensatschächte verzichtet wurde, da das Biogas vor der Kompression auf 5-6 °C gekühlt wird und – laut Betreiber - kein Kondensatausfall erfolgt.

Nach der Kühlung muss eine Nacherwärmung des Biogases erfolgen.

Verdichtung: Je nach Leitungsdruck kommen Seitenkanalverdichter oder Hubkolbenverdichter zum Einsatz. Die in einer Biogasanlage vorhandenen Vorverdichter für den BHKW-Betrieb reichen in der

Leistung häufig nicht aus, bei geringen Gasmengen und kurzen Leitungen von wenigen 100 m können sie aber ggf. auch weitergenutzt werden. Grundsätzlich muss der Reibungswiderstand in der Gasleitung durch Verdichtung überwunden werden, so dass am Ausgang der Rohbiogasleitung ausreichend Druck z.B. für die Übergabe des Gases an einen Gasspeicher, eine Biogasaufbereitungsanlage oder ein BHKW ohne weitere Verdichtung erfolgen kann. Je länger und je dünner die Rohbiogasleitung dimensioniert ist, je höher muss der Vordruck sein. Da am Leitungsausgang oft 50-100 mbar Druck erforderlich sind, werden in der Praxis Rohbiogasleitungen oft mit einem Eingangsdruck von 100-400 mbar ausgelegt. Wird ein neuer Verdichter für die Biogasleitung verbaut, ist dessen Leistungsdimensionierung abhängig von der transportierten Menge an Biogas (Volumenstrom in m^3/h), dem Leitungsdurchmesser und der Länge sowie dem Verlauf der Leitung. Als Stromanschluss 400 V/ 32 A vorgesehen werden, dies ist aber auch der Spezifikation des Verdichters (ggf. zuzüglich Gaskühlung und -entschwefelung) zu entnehmen.

Rohrleitungen: Der Rohrleitungsdurchmesser muss im engen Zusammenhang von Gasmenge, Druck und Leitungslänge dimensioniert werden. Viele Rohbiogasleitungen in der Praxis für Gasmengen zwischen $100 \text{ m}^3/\text{h}$ und $300 \text{ m}^3/\text{h}$ weisen bei den oben genannten Drücken Durchmesser von 150 und 180 mm auf. Beispielsweise ist ein Fall bekannt, bei dem $650 \text{ m}^3/\text{h}$ in einer 180 mm Leitung mit 250 mbar Startdruck über 6,5 km gefördert werden.

Oft werden Biogasanlagen an ein Rohbiogasnetz angeschlossen, bei denen ein BHKW weiterbetrieben wird. Um zukünftigen Veränderungen (z.B. der Entscheidung gegen einen BHKW-Weiterbetrieb) vorzubeugen kann es sinnvoll sein, in den sowieso gegrabenen Rohrgraben gleich eine zweite Gasleitung ähnlichen Durchmessers zu legen, so dass in der weiteren Zukunft kein Problem mit einer vorhandenen zu kleinen Rohrleitung auftritt. Darüber hinaus kann dies die Möglichkeit eröffnen, Rohbiogas, das aus Mist und Gülle erzeugt wurde und als Biomethan teurer vermarktet werden kann, zu einer Biogasaufbereitungsanlage zu fördern und Rohbiogas z.B. aus nachwachsenden Rohstoffen in der zweiten Leitung aus einer anderen Biogasanlage parallel zurückzuführen, um den Eigenenergiebedarf am Standort der Rohbiogasproduktion zu decken.

Der Rohrleitungsbau wird normalerweise in PE ausgeführt. Die Kosten für die Verlegung der Leitung teilen sich auf folgende Bereiche auf: Planung und Genehmigung sowie Sicherung von Grundstücksrechten, Tiefbau und Material. Die projektspezifischen Kosten für Rohbiogasleitungen und deren Verlegung variieren nach Aussagen von Betreibern sehr stark. Es sind Kosten zwischen 80 und 300 €/m je nach Geländetyp, Oberflächenbefestigung und Untergrund bekannt.

Rohgasspeicher: Üblicherweise wird die Rohbiogaslieferrung von mehreren Biogasanlagen Schwankungen aufweisen, die aus technischen Gründen (Havarie, Wartung), biologischen Gründen (Fütterungsänderungen, prozessbiologische Störungen) oder anderen Gründen eintreten können. Daher wird am Endpunkt der Rohbiogasleitungen meist ein Rohbiogasspeicher errichtet. Die Speichergröße hängt stark von der zu erwartenden Gesamtgasmenge, der Speicherkapazitäten der einzelnen Erzeugungsanlagen und der verfügbaren Fläche für die Errichtung ab, aber letztlich auch von der Finanzierbarkeit. Speicher in Größen zwischen 1.000 und 20.000 m^3 sind bekannt. Eine Pufferung eines Ausfalls der Gasverwertungseinrichtung sollte für mehrere Stunden (z.B. bei Wartung) möglich sein. Dabei kann die Pufferung über einen zentralen Speicher aber auch über die Speicher in den Produktionsanlagen erfolgen. Hinsichtlich der für die Abrechnung erforderlichen Messtechnik, die meist nur für eine Flussrichtung vorgesehen ist, scheint es praktisch schwierig zu sein, die Gasspeicher der Produktionsanlagen auch für die Zwischenspeicherung anderer Produktionsanlagen vorzusehen. Das Speicherkonzept sollte, insbesondere auch hinsichtlich der Abstimmung der Anlagensteuerungen, vor Projektrealisierung überlegt werden.

Für die Steuerung der Biogasaufbereitungsanlage erscheint es zudem sinnvoll, ggf. eine elektrische Füllstandsmessung an Behälter-Gashauben nachzurüsten.

Messtechnik zur Erfassung der Energiemenge und Gasqualität: Wichtig ist die kalibrierte Erfassung der Durchflussmenge des Rohbiogases sowie mindestens dessen Methankonzentration, um die abrechnungsrelevante Energiemenge zu erfassen. Zudem ist die Erfassung von CO₂- und Sauerstoffgehalt sowie die Schwefelwasserstoff-Konzentration sinnvoll. (Sensor für Gasfeuchte, Mengenumwerter und Gasanalysegerät). Nicht zu unterschätzen ist zusätzlich die Notwendigkeit der Datenbereitstellung für die THG-Zertifizierung, z.B. im Fall der Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz. Da für die Zertifizierung eine Massenbilanz erstellt werden muss ist es unabdingbar, dass ein Messkonzept realisiert wird, das zweifelsfrei die in jeder Biogasproduktionsanlage erzeugte Energiemenge (ggf. Strom, Wärme und abgegebenes Gas) dem Substrateinsatz der jeweiligen Biogasproduktionsanlage gegenübergestellt werden kann. Im Zweifelsfall ist es sinnvoll, den Zertifizierer bereits bei der Erstellung des Messkonzeptes mit einzubinden.

Die Mengenerfassung muss für jeden einzelnen Lieferanten erfolgen, um eine saubere Abrechnung gewährleisten zu können. Dabei kann die Messung am Ein- oder Ausgang der Rohgasleitung erfolgen. Sofern mehrere Leitungen an einem Punkt, z.B. an einer Biogasaufbereitungsanlage, zusammengeführt werden, kann die Messung zentral an dieser Stelle erfolgen. Dies hat Synergien bei der Messwertverarbeitung in einem Gerät und hinsichtlich der Gasqualität kann ein Messgerät mit mehreren Messkanälen verwendet werden. Damit sind sowohl Investitions- als auch Betriebs- und Wartungskosten geringer. Falls ein Rohbiogasnetz aufgebaut wird, an das mehrere Anlagen an eine Leitung angeschlossen sind, ist eine Messung an jeder einzelnen Produktionsanlage unumgänglich. Falls gleichartige Substrate eingesetzt werden und ähnliche Verweilzeiten bei den Biogasanlagen vorliegen kann die Qualitätskontrolle des Gases ggf. auch zentral erfolgen. Dabei wird eine Fehlergröße von ca. 2-3 % hinsichtlich der abrechenbaren Energiemenge in Kauf genommen. Die zentrale Qualitätskontrolle an einer Sammelleitung hat aber die besondere Herausforderung, dass bei einer Anlieferung „schlechten“ Gases, z.B. mit hoher Schwefelwasserstoffkonzentration, nicht sofort der Verursacher identifiziert werden kann. Insofern scheint eine Messung von Gasmenge und Gasqualität an jeder Produktionsanlage sinnvoll zu sein. Gegebenenfalls kann eine Messung am Einspeisepunkt jeder einzelnen Biogasanlage sowie eine Messung vor dem Gasspeicher vor der Biogasaufbereitungsanlage erfolgen, sodass ein ggf. auftretender Verlust beim Transport erkannt werden kann und ein Mittelwert aus beiden Messwerten für die Abrechnung gebildet bzw. die Zweitmessung zur Plausibilitätskontrolle der Erstmessung verwendet werden kann.

Wichtig erscheint bei Unstimmigkeiten der Abrechnung der Gasmengen, dass an allen Messpunkten die gleichen Messgeräte verbaut wurden, sodass ein potenzieller Messgerät-spezifischer Toleranzbereich für die abrechnungsrelevanten Parameter an allen Biogasanlagen gleich gemessen wird. Es ist bis heute keine eichfähige Messtechnik für Rohbiogas am Markt erhältlich, damit ist für alle Projektpartner zu akzeptieren, dass die Messungen fehlerbehaftet im Rahmen der durch die Kalibrierung der Messgeräte erreichbaren Genauigkeit sein können. Mit Ungenauigkeiten im Bereich von 1-2 % ist zu rechnen, wobei bei Einsatz der gleichen Messtechnik an allen Messstellen der Fehler für alle Projektbeteiligten in etwa gleich sein sollte und damit keine Benachteiligung einer Seite eintreten sollte. Die Plausibilitätsprüfung der gemessenen Werte sollte aber regelmäßig erfolgen, so dass Fehler schnell aufgedeckt und beseitigt werden. Die zusätzliche Investition in eine automatische Kalibrierung ist empfehlenswert.

Die Messtechnik ist einzuhausen, um Witterungseinflüsse zu verringern und Korrosion zu verhindern. Die Messtation sollte mit einem Glasfaseranschluss ausgestattet sein, um Signale in Echtzeit an die Biogasaufbereitungsanlage senden zu können.

2.5 Genehmigungplanung

Wesentlicher Teil der Planung der Rohbiogasleitung ist die Trassenführung, die letztlich auch über die technische Konzeption entscheidet. Für die Trassenführung müssen von allen Grundstückseigentümern die Leitungsrechte erteilt werden. Dies sollte vertraglich mit den Flächeneigentümern geregelt werden, so dass über ein Notariat ein Eintrag in das jeweilige Grundbuch erfolgt. Dabei ist eine Entschädigung üblich, die meist in der Größenordnung von 2-5 € pro Meter Leitungslänge liegt, aber frei verhandelbar ist und auch nicht unbedingt erforderlich ist. Im Grundbuch wird ein Leitungsrecht mit üblicherweise 3 m Breite für die Leitung eingetragen. Je nach Bauzeitraum ist zusätzlich auch eine einmalige Entschädigung für die in der Bauphase zerstörte Ackerkultur zu verhandeln. Die Adressdaten der Grundstückseigentümer werden in der Regel vom Katasteramt auf Antrag herausgegeben. Leider sind nicht immer alle Eigentümer kontaktierbar, so dass in Einzelfällen eine alternative Leitungsführung gewählt werden musste, um ein Grundstück zu umgehen. Daher ist es sehr sinnvoll, so früh als möglich die aktuellen Besitzer ausfindig zu machen und zu kontaktieren. Die Besitzer sind nicht gezwungen, die Leitungsverlegung zu ermöglichen.

Sofern die Leitungsführung in der Nähe von Gewässern erfolgt sollte unbedingt geprüft werden, ob im Boden Dränagen installiert sind. Falls diese sehr alt sind, ist oft die genaue Lage nicht mehr feststellbar. Die Leitungsverlegung parallel zu einem Gewässer oder Vorfluter kann zu einer Zerstörung aller quer zum Gewässer mündenden Dränagen führen und damit zu erheblichem Mehraufwand in der Wiederherstellung.

Hinsichtlich der Tiefe der Verlegung der Rohrleitungen sind in jedem Bundesland eigene Bestimmungen zu beachten. In Niedersachsen sind beispielsweise alle Rohrleitungsverlegungen in einer Tiefe von mehr als 2 Metern beim Bergbauamt des Bundeslandes anzumelden.



Grundsätzlich bei Querung von **Gewässern**:

- Untere Wasserbehörde kontaktieren, Vorhaben beschreiben und Genehmigungsunterlagen abfragen; in einem konkreten Fall war die Genehmigungsantrag komplett formlos erfolgreich
- notwendig ist in Thüringen eine wasserrechtliche Genehmigung nach § 36 WHG i.V.m. § 28 ThürWG durch die untere Wasserbehörde; außerdem ist eine wasserrechtliche Genehmigung nach § 78 Abs. 5 WHG auf Grund der Lage im per Rechtsverordnung festgesetzten Überschwemmungsgebiet notwendig, sofern die Querung eines Überschwemmungsgebietes erfolgt
- Anträge sind als Antrag auf Gewässerquerung 1. Ordnung und ggf. Bau im Überschwemmungsgebiet zustellen
- beteiligte Behörden sind z.B.: die untere Wasserbehörde, die Naturschutzbehörde, Bodenschutzbehörde, Jagd- und Fischereibehörde und die Behörde zur Gewässerbewirtschaftung
- technische Lösung ist von einem Planungsbüro vorzulegen einschließlich Zeichnungen und eines Plans für die Baustellenausführung (wg. Hochwasserschutz ist darzulegen, an welchen Stellen und in welcher Form der Boden geöffnet werden soll und dass er erdbodengleich anschließend wieder verschlossen wird und wie lange er offen sein wird); dazu muss eine Querschnittszeichnung sowie ein Lageplan der Leitungsverlegung vorgelegt werden.



Grundsätzlich bei Querung von **Straßen** bis hin zu **Autobahnen**:

- Anfrage der Gestattung für Versorgungsleitungen beim jeweiligen Straßenbaulastträger (meistens Gemeinde, Stadt- oder Landesverwaltung), i.d.R. handelt es sich um eine Sondernutzung die erlaubnispflichtig ist; bei Autobahnen bei der Autobahn GmbH; bei Bundes- und Landesstraßen in Thüringen beim Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr; in Thüringen 2024 in 4 Bereiche eingeteilt (Kontaktdaten: <https://infrastruktur-landwirtschaft.thueringen.de/unsere-themen/mobilitaet/verkehrsinfrastruktur/strassenbauverwaltung>); sonst Anfrage beim Bauamt/Straßenverwaltung des jeweiligen Kreises/Stadt
- Rechtsgrundlage für die Kreuzung von Straßen durch Versorgungsleitungen sind: § 23 Thüringer Straßengesetz (ThürStrG) und §8 Bundesfernstraßengesetz (FStrG)
- Gebühren für die Genehmigung fallen ggf. aufgrund der Gebührensatzung der Kommune oder des Bundesfernstraßengesetzes an (i.d.R. mehrere hundert Euro)
- über die Nutzung des Bodens der Straße wird ein privatrechtlicher Gestattungsvertrag mit dem jeweiligen Baulastträger geschlossen
- Formulare für die Beantragung zur Gestattung der Versorgungsleitungen stellen einige Behörden auf Ihrer Internetseite zur Verfügung; um langes Suchen zu vermeiden, sollte direkter telefonischer Kontakt gesucht werden. Bei einigen Gemeinden ist ein formloser Antrag ausreichend (mit Angaben zum Antragsteller, Ansprechpartner, Lagebezeichnung (Straße/ Hausnummer bzw. Beschreibung der Örtlichkeit, Gemarkung, Flur, Flurstück, Lageplan mit Kennzeichnung der betroffenen Fläche der Inanspruchnahme mit einem Auszug aus der Stadtgrundkarte mit Katasterangaben oder Leitungsplan)
- Beispiel für Gera:
<https://www.gera.de/serviceportal/sondernutzungserlaubnis-auf-oeffentlichen-strassen-und-plaetzen-unterirdische-sondernutzung-beantragen-leitungen-wie-werksleitungen-rohr-und-kabelleitungen-fuer-strom-gas-fernwaerme-wasser-und-abwasser-mit-hausanschlussen-1742813>



Grundsätzlich bei Querung von **Bahnlinien**:

- Verlegung von Leitungen auf Gelände der Deutschen Bahn; Deutsche Bahn stellt dafür Leitfaden als Checkliste zur Verfügung; Grundlage für die Planung ist die RiL 877 Gas- und Wasserleitungskreuzungsrichtlinien (GWKR 2012)
- sinnvoll ist die Beauftragung eines erfahrenen Ingenieurbüros, die Planung muss durch einen vom Eisenbahn-Bundesamt zugelassenen Prüfenieur für Baustatik geprüft sein und entsprechende Prüfvermerke tragen
- Im Online Portal der Deutschen Bahn müssen neben dem Antragsformular mindestens ein Erläuterungsbericht und ein Lageplan beigelegt werden; alle weiteren notwendigen Unterlagen variieren je nach der angefragten Gestattung (Onlineportal unter: <https://www.deutschebahn.com/de/geschaefte/immobilien/Leistungsspektrum/Gestattungen-7174688>)
- regionaler Ansprechpartner für Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen zum Stand 2024: DB.DBImm.Gestattungen-Suedost@deutschebahn.com
- für die Prüfung der Gestattung fällt ein Prüféntgelt an; nach positivem Bescheid wird ein Gestattungsentgelt für die eingeräumte Gestattung fällig

2.6 Finanzierung

Die Finanzierung des Vorhabens ist abhängig vom Betreibermodell der Rohbiogassammelleitung mit oder ohne Biogasaufbereitungsanlage. Für die Ertüchtigung der Biogasanlagen hinsichtlich sicherheitsrelevanter Gesetze und Verordnungen kommen die einzelnen Betreiber immer vollständig selbst auf.

Die Finanzierung erfolgt in aller Regel zu einem größeren Anteil aus Fremdkapital, welches häufig von einer Bank zur Verfügung gestellt wird. Diese verlangt zur Absicherung des Kredites häufig einen bereits unterschriebenen Biomethan- bzw. Energieliefervertrag, welcher durch die Abnahmeverpflichtung einer gewissen Menge der Energie den Kredit absichert. Um als Betreiber flexibel am Markt teilnehmen zu können wird empfohlen, dass nur 70-80% des Biomethans vertraglich fest vermarktet werden.

Hinsichtlich des Realisierungszeitraumes weisen Projekte zur Biogasaufbereitung und Netzeinspeisung einige Besonderheiten auf. Da ein solches Vorhaben mit Errichtung einer Rohbiogassammelleitung häufig über drei Jahre von der Planung bis zur Inbetriebnahme in Anspruch nimmt, variieren die Abnahmepreise für den Biomethanliefervertrag in diesem Zeitraum. Um den langfristigen Biomethanliefervertrag zu einem günstigen Zeitpunkt mit hohen Marktpreisen abschließen zu können, ist ggf. eine andere Sicherheit für die Bank einzuräumen. Häufig wird in diesem Fall eine Anzahl Hektar Land von der finanzierenden Bank als Sicherheit genutzt.

2.7 Erforderliche Verträge

Rohbiogaslieferversvertrag

Der Rohbiogaslieferversvertrag der einzelnen Anlagenbetreiber gegenüber der zentralen Verwertungsanlage dient der Absicherung der Qualitäten des Rohbiogases, sowohl im technischen Bereich z.B. zur Einspeisung in das Gasnetz als auch bei der Definition der Gasqualität im Biomethanmarkt. Zudem sollen Mengen, Preise, Sanktionen, zu erbringende Nachweise, Fristen und allgemeine Bestimmungen wie die Geheimhaltung zu Vertragsinhalten definiert werden. Eine Übersicht der wesentlichen Vertragsgegenstände gibt die nachfolgende Tabelle.

Tabelle 2: Vertragsinhalte von Rohgaslieferverträgen im Überblick

Inhaltlich wichtige Vertragsgegenstände	
Definitionen	<ul style="list-style-type: none"> - Übergabepunkt des Rohbiogases - Gesetze als Grundlage des Vertrages (RED II/III, 37./38. BImSchV, BioSt-NachV, Biokraft-NachV, Biomasse-V, GEG) - Beginn und Ende Liefertag/Lieferjahr - Umrechnungsfaktoren Energie (Heizwert, Brennwert)
Liefermengen und Preise	<ul style="list-style-type: none"> - Zielliefermenge, max. und min. Tages-/Jahresliefermenge (Jahresmengen nach Qualitäten: Kraftstoff-/EEG-/Wärmemarkt...) - max. Schwankungsbreiten - Sanktionen für Über-/Unterschreitung bzw. Umgang damit (Mengen und Qualitäten) - Regelung Zahlungsziele - Regelung zu anfallenden Entgelten/Abgaben/Steuern nach Übergabepunkt und Änderungen derselben

Inhaltlich wichtige Vertragsgegenstände	
	<ul style="list-style-type: none"> - Abrechnungsunterlagen (monatlich/jährlich)
Technische Parameter	<ul style="list-style-type: none"> - max./min Inhaltsstoffe des Rohbiogases (Hinweis zu G 260/G 262 und Netzbetreiberdaten bei Biogaseinspeiseprojekten) - Erfassung von Inhaltsstoffen zur technischen Überwachung/zur Abrechnung - Umgang mit „Schlechtgas“ und Folgen einer Schlechtgaslieferung - Umgang mit Kondensat in der Rohbiogasleitung - Regelmäßige Kalibrierung von Messgeräten
Zu erbringende Nachweise	<ul style="list-style-type: none"> - Betriebstagebücher - Nachhaltigkeitsnachweise - Notwendige Daten für die Zertifizierung nach REDcert oder SURE (Mengen an Substraten, eingesetztem Strom, eingesetzter Wärme, etc.) - Intervall/Deadline der Datenerfassung
weitere Bestimmungen	<ul style="list-style-type: none"> - Laufzeit und Kündigung, Vertragsfortsetzung - Rücktrittsrecht bei Verzögerungen - Umgang mit höherer Gewalt - Mitteilungspflichten bei technischem Ausfall/erwarteten Lieferschwierigkeiten - Haftung und Versicherung - Aufschiebende Bedingung bei Finanzierungsschwierigkeiten - Geheimhaltung von Vertragsinhalten - Loyalitäts- und Wirtschaftlichkeitsklausel - Vereinbarungen zum Ersatz unwirksamer Bestimmungen - Gerichtsstand und Anerkennung Recht der Bundesrepublik Deutschland

Weitere vertragliche Regelungen

Im Rahmen von Projekten mit Rohgas-Sammelleitungen bzw. den jeweiligen Verwertungseinheiten gibt es weitere vertragliche Regelungen, die erforderlich sein können, um die Verlegung der Biogasleitung oder die Verwertung des Biogases zu organisieren. Die folgende Übersicht gibt einen Einblick in die potenziell notwendigen Verträge, die für eine reibungslose Planung, Umsetzung und den Betrieb solcher Vorhaben von Bedeutung sind. Die Details sollten auf die jeweiligen Anforderungen und Verantwortlichkeiten der beteiligten Akteure abgestimmt werden.

Tabelle 3: Weitere Verträge neben dem Rohbiogas-Liefervertrag, die für die Leitungsverlegung und Verwertung des Biogases wichtig sein können

Verträgliche Regelungen	
Gestattungsverträge	<ul style="list-style-type: none"> - Gestattungsverträge zur Querung von Bahnlinien werden von der Deutschen Bahn AG/DB Immobilien bereitgestellt. - Gestattungsverträge zur Querung von Straßen werden vom jeweiligen für die Straße zuständigen Baulastträger zur Verfügung gestellt. - Gestattungsverträge mit allen Grundstückseigentümern der Grundstücke, welche die Rohgasleitung kreuzt
Netzanschluss- und Anschlussnutzungsverträge	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Belieferung einer Biogasaufbereitungsanlage: Netzanschluss- und Anschlussnutzungsverträge mit dem Gasnetzbetreiber und ggf. ein neuer Anschlussvertrag für den Stromnetzanschluss
Bei Belieferung eines neuen Satelliten-BHKW	<ul style="list-style-type: none"> - Neuer Anschlussvertrag für die Stromabnahme bei Einspeisung in das Stromnetz; Abnahmeverträge für die Wärmeabnahme
weitere Verträge	<ul style="list-style-type: none"> - Wartungsverträge für technische Anlagen - Dienstleistungsverträge z.B. Betriebsführung oder laufende Zertifizierung - Finanzierungsverträge, - Gesellschaftsverträge für gemeinsame Gesellschaften

2.8 Besonderheiten bei Zertifizierung und Dokumentation

Rohgasleitungen und Rohgasleitungsnetze erfordern hinsichtlich der technischen Sicherheit die gleiche Dokumentation wie alle Rohbiogasleitungen in der Biogasanlagen. Insofern sind auch hier z.B. Dichtigkeitsprüfungen und entsprechende Abnahmen einschließlich Protokollierung erforderlich, die zur Inbetriebnahme nach §14 Betriebssicherheitsverordnung und bei der wiederkehrenden Prüfung nach Betriebssicherheitsverordnung vorliegen müssen. Zu Berücksichtigen sind hier alle typischen Anforderungen an Ex-Schutz, Arbeits- und Betriebssicherheit, Berücksichtigung in der sicherheitstechnischen Stellungnahme nach TRAS 120 sofern für den Standort erforderlich, je nach technischer Ausstattung Konformitätserklärungen und CE-Kennzeichnung. Eine persönliche Abstimmung der zu erfassenden und zu prüfenden Informationen vor Beginn der Installation der Rohbiogasleitungen mit der zuständigen Prüfstelle bzw. dem zuständigen Prüfenieur ist sehr empfehlenswert.

Sofern im Rohgasleitungsnetz ein Eigentumsübergang des Rohbiogases, d.h. der enthaltenen Energie, stattfindet, erfordert dies auch eine eindeutige Dokumentation der Übergabestelle, der für die Abrechnung verwendeten Messtechnik sowie der Art und Weise der Datenerfassung, -speicherung und -verwendung, z.B. in Kalkulationstabellen. Es sollten auch immer die technologiebedingten Messtoleranzen erfasst und dokumentiert werden sowie Maßnahmen der Kalibrierung und Plausibilitätsprüfung der Messtechnik einschließlich ggf. erkannter Abweichungen mit Datum, Uhrzeit und einer Kurzbeschreibung der Maßnahme sowie gemachter Beobachtungen. Bei einer sauberen

Dokumentation liegt sowohl dem Rohbiogaslieferanten als auch dem Rohbiogaskäufer eine sichere Basis für die Abrechnung vor.

Besonderheiten für Rohbiogasnetze resultieren aus den immer weiter zunehmenden Anforderungen an die Nachhaltigkeits-Nachweisführung. Unabhängig von der Art der Nachhaltigkeitsnachweisführung ist immer damit zu rechnen, dass alle vorgelagerten Informationen (z.B. Substratanbau und -herkunftsnachweise, Nachhaltigkeitsbescheinigungen, Betriebstagebücher, technische Informationen über Substratlagerung, Rohbiogaserzeugung, Gärrestverwertung) für die Prozesse vor Übergabe des Rohbiogases in das Leitungssystem dem Betreiber der Gasverwertungsanlage zur Verfügung zu stellen sind, damit dieser einen lückenlosen Nachweis führen kann. Dies gilt gleichermaßen für den Betrieb von BHKW wie auch Biogasaufbereitungsanlagen am Endpunkt der Rohbiogasleitungen.

Essentiell für die Nachweisführung für die Herkunft von Biomethan im Erdgasnetz bzw. an einer Biomethan-Tankstelle ist die Massenbilanz. Die Massenbilanz stellt die Biomethaneinspeisung den eingesetzten Substraten in den Biogasanlagen und deren Gaserzeugung gegenüber. Da die Biogasanlagen in der Regel neben der Rohgaslieferung ein Eigenstrom-BHKW oder einen Biogaskessel vor Ort betreiben, ist die Massenbilanzierung etwas komplexer als bei der Betrachtung der Aufbereitung des Gases einer einzelnen Biogasanlage. Die für die Abrechnung der von den einzelnen Biogasanlagenbetreibern gelieferten Energiemengen notwendigen Messwerte sind die Basis für die Massenbilanzierung. Da in mehreren Biogasanlagen üblicherweise Substrate sehr unterschiedlicher Qualität und Herkunft eingesetzt werden, kann es bei Abweichungen der kalkulierten Methanerträge von den theoretisch aus den Substraten resultierenden Methanerträgen erforderlich sein, Gaserträge einzelner Substrate zur Plausibilisierung der Gasmengen zu bestimmen. Daraus lassen sich dann ggf. gut begründete Korrekturfaktoren ableiten.

Eine entsprechend höhere Komplexität hat auch die Berechnung einer Treibhausgas-Bilanz (THG-Bilanz) in einem Rohbiogasnetz. Für alle Anlagen der Rohbiogaslieferanten und die jeweils eingesetzten Substrate und Anlieferungswege ist zusätzlich zur Biogasaufbereitungsanlage eine gemeinsame THG-Bilanz aufzustellen. Hierbei sind alle technischen Komponenten, ggf. unterschiedliche Eigenenergiebereitstellungspfade für die Produktionsanlagen (z.B. Eigenstrom- oder Netzstrombezug, eigene Photovoltaik etc) und die zusätzlichen Komponenten der Rohbiogasleitung (Verdichter mit Strombezug, ggf. zusätzliche Kühler) zu berücksichtigen. Insbesondere bei getrennter Vermarktung unterschiedlicher Gasqualitäten (z.B. Güllegas für den Kraftstoffsektor und Nawaro-Gas für Biomethan-BHKW) ist eine korrekte Erfassung der aus den verschiedenen Substraten produzierten Gasmengen (immer bezogen auf deren Energiegehalt) unumgänglich, da jeder Gasmenge meist ein individueller THG-Wert zugeordnet wird. Es ist zu entscheiden, ob für alle Anlagen gemeinsam ein Qualitätsmanagement-Handbuch (QM-Handbuch) für die THG-Zertifizierung oder für jede Anlage ein einzelnes QM-Handbuch erstellt werden soll (dann gilt die Biogasaufbereitungsanlage auch als einzelne Anlage, solange sie nicht direkt mit einer Biogasproduktionsanlage verbunden ist). Dementsprechend wird auch die Massenbilanz getrennt oder gemeinsam geführt.

Hinsichtlich der Vermarktung und Nachweisführung in Biomethanregistern (z.B. Nabisy und dena-Biogasregister, ab 2025 voraussichtlich Unionsdatenbank, Emissionshandelsstelle am UBA, Datenbanken von REDcert und SURE) gilt nur die Biogasaufbereitung mit Biogaseinspeisung als eine Anlage. Für die Einspeisung werden in einem sogenannte CMT (Chargenmanagement-Tool) alle Produktionsdaten zusammengefasst und den Zertifizierungsstellen zur Prüfung und weiteren Verwendung vorgelegt.

3 Beispielrechnung Rohgassammelleitung mit zentraler Biogasaufbereitungsanlage im Vergleich zu drei Einzelanlagen

Anhand eines Beispiels soll dargestellt werden, welche Vorteile eine Rohgas-Sammelleitung zu einer zentralen Biogasaufbereitungsanlage gegenüber der Errichtung von 3 einzelnen Anlagen aus wirtschaftlicher Sicht hat.

Drei Biogasanlagenstandorte mit einer Kapazität von 250 m³ Biogas/h (entspricht 550 kW_{el}) und einem Abstand von je 4 km zueinander betreiben in Summe 4 BHKWs mit Einspeisung des Stromes zu Konditionen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass alle drei Anlagen im selben Jahr in Betrieb gegangen sind und am Standort die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung eingestellt und nur ein Biogaskessel zur Beheizung der Behälter und des Betriebsgeländes zurückbleibt (40 m³/h Rohgas = 1.700.000 kWh/a Wärme). Es wird angenommen, dass die Biogasaufbereitungsanlage auf einem Grundstück eines der beteiligten Betriebe mit unter 1 km Anschlussleitung an das Gasnetz realisiert wird. Es wird weiter angenommen, dass 30 % des Rohbiogases für die Biogasaufbereitungsanlage aus Wirtschaftsdüngern (27,7 m³ Biogas/m³; Methangehalt 60 % im Rohbiogas; 10.929.922 kWh_{H₂}) stammt und 70 % aus nachwachsenden Rohstoffen (220 m³ Biogas/t; Methangehalt 54 % im Rohgas; 22.915.085 kWh_{H₂}). Das Biogas für die Wärmebereitstellung stammt ebenfalls aus nachwachsenden Rohstoffen. Der Biogasaufbereitungsanlage wird eine Aufbereitungseffizienz von 99 % unterstellt. Es wird eine Abschreibung der Investitionen über 10 Jahre und ein Zinssatz von 3 % unterstellt.

Eine kurze Erläuterung des Zahlenwerkes folgt anschließend an die Berechnungstabellen.

Tabelle 4: Summe der Investitionskosten von Biogasaufbereitungsanlage, Netzanschluss und Planung für drei Einzelstandorte und einen zentralen Standort mit Biogasaufbereitungsanlage im Vergleich (in Euro, wenn nicht anders ausgewiesen, Stand 2024)

	3 einzelne Standorte für Rohbiogasverwertung	1 zentraler Standort für Rohbiogasverwertung
Investitionsbedarf Biogasaufbereitungsanlage (Membran) inkl. Schwachgasnachbehandlung	3 x 1.200.000 =3.600.000	1 x 2.000.000
Investitionsbedarf externer Gasspeicher	0	150.000
Investitionsbedarf Rohgas-Sammelleitung	0	1.200.000
Baunebenkosten (Tiefbau Biogasaufbereitungsanlage)	3 x 84.000 =252.000	1 x 140.000
Planung und Genehmigung BGAA-Standort	3 x 96.000 =288.000	1 x 160.000
Planung und Genehmigung Rohgas-Sammelleitung	0	1 x 96.000
Erstellen der Zertifizierungsunterlagen	3 x 10.000	25.000

	3 einzelne Standorte für Rohbiogasverwertung	1 zentraler Standort für Rohbiogasverwertung
(Massenbilanz, THG-Bilanz, CMT, QM-Handbuch)	=30.000	
Kosten für Biogaskessel zur Wärmebereitstellung	3 x 50.000 =150.000	3 x 50.000 =150.000
Netzschlusskosten (2 x unter 1 km, 1 x über 1 km; Netzanschlusskosten 4 Mio. €)	2 x 250.000 + 4.000.000*0,25 =1.500.000	1 x 250.000
Summe Investitionen ohne Netzanschluss	=4.320.000	=3.921.000
Abschreibung (über 10 Jahre)	=432.000	= 392.100
Summe Investitionen mit Netzanschluss	=5.820.000	=4.171.000
Abschreibung (über 10 Jahre)	=582.000 €/a	=417.100 €/a
Mittlere Kapitalkosten (1,5 % bei 3 % Zinsen)	=87.300 €/a	=62.565 €/a
Investitionsbedarf pauschal je Biogasanlage für Modernisierung und Biogas-Übergabestation	3 x 500.000 =1.500.000	3 x 500.000 =1.500.000
Abschreibung (über 10 Jahre)	=150.000 €/a	=150.000 €/a
Mittlere Kapitalkosten (1,5 % bei 3 % Zinsen; Laufzeit Kredit 10 Jahre)	22.500 €/a	22.500 €/a
Summe Investitions- und Kapitalkosten aller 3 Biogasanlagen (mit Netzanschluss)	=838.350 €/a	=652.165 €/a

Tabelle 5: Betriebskosten der Biogasaufbereitungsanlage für drei Einzelstandorte und einen zentralen Standort im Vergleich (in Euro pro Jahr, wenn nicht anders ausgewiesen, ohne Berücksichtigung von Preissteigerungsraten, Stand 2024):

	3 einzelne Standorte für Rohbiogasverwertung	1 zentraler Standort für Rohbiogasverwertung
Wartung und Instandhaltung (Vollwartungsvertrag)	3 x 40.000 =120.000	1 x 70.000
Stromkosten (25 ct/kWh)	386.316 (0,28 kWh/m ³)	358.722 (0,26 kWh/m ³)
Personalkosten Administrativ + technisch	(3 x 1 h + 3 x 1 h) x 35 €/h =76.650	3 x 1 h + 1 x 1 h) x 35 €/h =51.100
Versicherung (0,5 % von Investition)	20.010	18.200
Kosten für jährliche Rezertifizierung nach REDCert und SURE	3 x 8.000 =24.000	1 x 15.000
Bilanzkreisführung	3 x 10.000 =30.000	1 x 15.000
Summe jährliche Betriebskosten	656.976	528.022

Tabelle 6: Betriebskosten der Biogaserzeugung für drei Einzelstandorte und einen zentralen Standort im Vergleich (in Euro pro Jahr, wenn nicht anders ausgewiesen, ohne Berücksichtigung von Preissteigerungsraten, Stand 2024):

	3 einzelne Standorte für Rohbiogasverwertung	1 zentraler Standort für Rohbiogasverwertung
Substratkosten	1.004.895+ 59.845 =1.064.740	1.004.895 + 59.845 =1.064.740
Maissilage (220,0 m ³ Biogas/t; 54 % Methangehalt; 45 €/t)	22.331 t/a x 45 € =1.004.895	22.331 t/a x 45 € =1.004.895
Rindergülle (27,7 m ³ Biogas/t; 60 % Methangehalt; 1 €/m ³)	59.845 m ³ /a x 1 € =59.845	59.845 m ³ /a x 1 € =59.845
Zusatzstoffe (Spurenelemente; Eisenhydroxid, etc.)	50.000	50.000
Wartung	3 x 70.000 =210.000	3 x 70.000 =210.000

	3 einzelne Standorte für Rohbiogasverwertung	1 zentraler Standort für Rohbiogasverwertung
Stromkosten (25 ct/kWh bei 250.000 kWh/a)	3 x 250.000 x 0,25 =187.500	3 x 250.000 x 0,25 =187.500
Personalkosten	3 x 50.000 =150.000	3 x 50.000 =150.000
Versicherung	3 x 10.000 =30.000	3 x 10.000 =30.000
Sonstige Kosten pauschal	3 x 20.000 = 60.000	3 x 20.000 =60.000
Summe Betriebskosten aller 3 Biogasanlagen	=1.752.240	=1.752.240

Table 7: Erlöse, Kosten und Gewinn für drei Einzelstandorte und einen zentralen Standort im Überblick (in Euro pro Jahr, ohne Berücksichtigung von Preissteigerungsraten, Stand 2024):

	3 einzelne Standorte für Rohbiogasverwertung	1 Zentraler Standort für Rohbiogasverwertung
Biomethanerlös (jährlich)	3.481.537	3.481.537
Davon Wirtschaftsdünger (13 ct/kWh)	1.419.180	1.419.180
Davon NawaRo (9 ct/kWh)	2.062.357	2.062.357
Erlös Vermiedene Netznutzungsentgelte (0,7 ct/kWh)	235.661	235.661
Gesamtkosten aller 3 Biogasanlagen (jährlich)	841.800 + 656.976 + 1.752.240 =3.251.016	652.165 + 528.022 + 1.752.240 =2.932.427
Gewinn aller 3 Biogasanlagen (€/a)	=466.182	=784.771
Wärme für Anlagenbetrieb/Agrarbetriebe (€/a)	0	0

Table 8: Darstellung der Biomethanherstellungskosten in Euro je Jahr und Cent je Kilowattstunde für den einzelnen Biogasanlagenstandort (ohne Berücksichtigung von Preissteigerungsraten, Abschreibungsdauer 10 Jahre, Stand 2024):

	Einzelner Standort mit Biogasaufbereitungsanlage	Zentraler Standort mit Biogasaufbereitungsanlage
Abschreibung + Kapitalkosten Biogasaufbereitungsanlage und Peripherie (ohne Netzanschluss)	165.600 €/a	150.305 €/a
Abschreibung + Kapitalkosten Netzanschluss (bei < 1km Netzanschlusslänge)	28.750 €/a	28.750 €
Abschreibung + Kapitalkosten Modernisierung Biogasanlage (pauschal)	57.500 €/a	57.500 €/a
Abschreibung + Kapitalkosten Gesamt	251.850 €/a	236.555 €/a
Kosten je kWh Biomethan	2,23 ct/kWh _{HS}	2,10 ct/kWh _{HS}
Betriebskosten + administrative Kosten Biogasaufbereitung	218.992 €/a	176.007 €/a
Betriebskosten + administrative Kosten Biogasaufbereitung	1,94 ct/kWh _{HS}	1,56 ct/kWh _{HS}
Betriebskosten + administrative Kosten Biogasbereitstellung	584.080 €/a	584.080 €/a
Betriebskosten + administrative Kosten Biogasbereitstellung	5,18 ct/kWh _{HS}	5,18 ct/kWh _{HS}
Gesamtkosten Anlagenbetrieb	1.054.922 €/a	996.642
Gesamtkosten Anlagenbetrieb	9,35 ct/kWh _{HS}	8,83 ct/kWh _{HS}

Die Kosten für die Übergabestation an den einzelnen Biogasanlagen sind bei der Ertüchtigung der Anlagen mit enthalten.

Die Kosten für die Verlegung der Rohgasleitung je laufendem Meter sind je nach Bodentyp, Gelände, Länge der Leitung und Anzahl an „Hindernissen“ zwischen 80 und 300 €/m zu bewerten. Besonders kurze Rohgasleitungen unter 1.000 m sind aufgrund der von der Länge der Leitung unabhängigen Kosten für z.B. Baustellenreinrichtung besonders teuer in der Investition je laufendem Meter. Grundsätzlich ist die Verlegung über freies Feld deutlich günstiger als über in verschiedenen Formen versiegelte Fläche. Die Kosten für Planung und Genehmigung steigen je zu querender Straße, Bahnlinie oder Gewässer deutlich an gegenüber einer Verlegung auf landwirtschaftlicher Fläche.

Die Kosten für die Biogasaufbereitungsanlage sind abhängig von der gewählten Aufbereitungstechnologie. Von den fünf am Markt etablierten Aufbereitungstechnologien Membranverfahren, Aminwäsche, Druckwasserwäsche, physikalische Wäsche und Druckwechseladsorption ist die Membrananlage aufgrund der vergleichsweise kompakten Bauweise tendenziell die günstigste Technologie für kleine Biogasaufbereitungsanlagen. Allerdings fallen bei einer Membranaufbereitungsanlage höhere Kosten für den laufenden Betrieb dominiert durch die Stromkosten an. Vor der Entscheidung für eine Technologie sollte ein auf den Standort angepasster Angebotsvergleich verschiedener Hersteller der Verfahren erfolgen. Insbesondere für zentrale große Biogasaufbereitungsanlagen führt u.a. auch in Abhängigkeit vom kalkulierten Strombezugspreis der detaillierte Angebotsvergleich standortabhängig zur Vorteilhaftigkeit verschiedener Technologien.

Die überschlägige Kalkulation macht deutlich, dass ein Zusammenschluss der 3 Biogasanlagenstandorte durch die 8 km lange Rohgasleitung einen wirtschaftlichen Vorteil von ca. 350.000 €/a gegenüber der getrennten Realisierung einer Biomethaneinspeisung an allen drei Standorten und damit eine Verdopplung des Gewinns bedeutet. Volkswirtschaftlich betrachtet verringern sich die Kosten für den Netzanschluss um ca. 8 Mio. Euro, wenn nur ein Netzschluss realisiert werden muss gegenüber drei einzelnen Anschlüssen. Zudem verringern sich die Betriebskosten für eine größere Biogasaufbereitungsanlage gegenüber drei Einzelanlagen deutlich, da die Wartung in der Regel über einen herstellerseitigen Vollwartungsvertrag angeboten wird und dieser für eine Aufbereitungsanlage mit der dreifachen Leistung in der Regel nur ca. 1,5-fach teurer ist. Auch der Aufwand in der technischen Betreuung einer größeren Biogasaufbereitungsanlage unterscheidet sich kaum von einer Anlage mit geringerer Leistung, sodass sich dieser Aufwand bei drei Einzelanlagen verdreifacht. Auch die Kosten für Bilanzierung, Zertifizierung und Bilanzkreisführung fallen bei 3 einzelnen Biogasaufbereitungsanlagen deutlich höher aus, als wenn eine größere Biogasaufbereitungsanlage betrachtet wird.

Weiterhin ist die Personalsituation an den Biogasanlagen ein wesentlicher Faktor für die Entscheidung zu einer zentralen Biogasaufbereitungsanlage. Die Komplexität des Biomethan- und THG-Quotenmarktes sowie der Bilanzierung müssen an einer zentralen Anlage nur von einem kleinen Personenkreis kognitiv durchdrungen werden. Damit verringert sich der administrative Aufwand deutlich, da nicht drei voneinander getrennte Entscheidungseinheiten den Prozess sowie Markt verstehen müssen.

Vorteilhaft an einer zentralen Aufbereitungsanlage ist zudem, dass die Anlage an der am nächsten zum potenziellen Einspeisepunkt gelegenen Biogasanlage installiert werden kann.

Nachteilig an einer zentralen Biogasanlage ist die Verlegung der Rohgasleitung bei schwierigem Gelände wie dicht besiedelten Gebieten oder Naturschutzgebieten. Hier sind die örtlichen Gegebenheiten sowie die Kooperationsbereitschaft der zuständigen Behörden entscheidend für die Machbarkeit des Zusammenschlusses der Biogasanlagen.

4 Fördermöglichkeiten

Zur Fertigstellung dieser Information ist eine direkte Förderung als Investitionszuschuss nur über das Förderprogramm BioMeth Bayern für Biogasanlagen in Bayern möglich. Die Mindestlänge für die Biogasleitung muss dabei mindestens 300 m betragen. Die Förderung für die Biogasleitung ist auf maximal 100 €/m gedeckelt und für die Übergabestation kann ein Zuschuss von maximal 50.000 € in Anspruch genommen werden. Es sind maximal 100 % der förderfähigen Kosten zuwendungsfähig. Die Förderobergrenze für eine Biogas- oder Biomethanleitung mit Übergabestationen beträgt 200.000 €.

Daneben ist die Biogasaufbereitungsanlage für eine Kapazität ab 350 m³ Rohbiogas/h mit maximal 500.000 € und bei einer Kapazität ab 700 m³ Rohbiogas/h bis 800.000 € förderfähig.

Es gilt eine Fördergrenze von 300.000 € innerhalb von 3 Steuerjahren (De-minimis-Beihilfen).

Weiterhin gibt es auf Bundesebene indirekte Förderprogramm zur Elektrifizierung von Bestandsanlagen mit fossilen Energien: In Modul 4 der Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) wird der Austausch von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen auf Basis von fossilen Energien durch erneuerbare Energien. Förderkriterien von Biogasleitungen sind nicht direkt definiert. Es wird allgemein vorgegeben, dass ein Contracting-Nehmer beliefert werden muss und dieser 100 % der Biogasmenge abnimmt. Der Contracting-Nehmer muss damit fossile Energieträger ersetzen. Das Biogas wird ausschließlich zur Eigenbedarfsdeckung des Contracting-Nehmers eingesetzt und die Gesamtfeuerungswärme der Biogasanlage ist kleiner 2 MW.

Zudem kann der KfW-Kredit Nr. 270 („Erneuerbare Energien - Standard“) in Anspruch genommen werden. Der Kredit ist für Anlagen zur Erzeugung, Aufbereitung und Einspeisung von Biogas sowie Biogasleitungen nutzbar. Der aktuelle effektive Jahreszins zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Information beträgt 4,53 %.

5 Steuern

Bei der Belieferung eines anderen Unternehmens mit Biogas, welches dieses als Endverbraucher zur Wärme und/oder Stromerzeugung sowie als Kraftstoff nutzt, ist die Energiesteuer nach Energiesteuergesetz zu zahlen. Dabei gelten folgende Abgabensätze

- Erdgas und andere gasförmige Kohlenwasserstoffe nicht zum Heizen oder für Anwendungen in Verbrennungsmotoren zur Stromerzeugung (§2 Absatz 1 Satz 8): 31,80 €/MWh (ab 2027; in den Jahren 2023-2026 jeweils Anstieg der Energiesteuer)
- Erdgas und andere gasförmige Kohlenwasserstoffe zum Heizen oder in Verbrennungsmotoren zur ausschließlichen Stromerzeugung/mit Jahresnutzungsgrad von >60 % für Strom- und Wärmeerzeugung (§2 Absatz 3 Satz 4): 5,50 €/MWh
- Steuerbefreiung für Biokraft- und Bioheizstoffe zum Heizen oder in Verbrennungsmotoren zur ausschließlichen Stromerzeugung/mit Jahresnutzungsgrad von >60 % für Strom- und Wärmeerzeugung (§28 Absatz 1 Satz 1)
- Steuerentlastung für produzierendes Gewerbe/Land- und Forstwirtschaft, die nachweislich Brennstoff zu 5,50 €/MWh (§2 Absatz 3 Satz 4) versteuert haben (§ 54): 1,38 €/MWh