

Kommunen innovativ



Leitfaden zur Erstellung ländlicher Energiekonzepte

**Fokus: Synergetische Nutzung von biogenen Ressourcen aus
Landwirtschaft, Abfall und Abwasser in ländlichen Gebieten**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

**Bauhaus-
Universität
Weimar**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
1. Einführung	3
1.1 Zielgruppe	4
1.2 Vorgehen	4
2. Erstellung ländlicher Energiekonzepte	6
2.1 Bestandsanalyse	7
2.1.1 Erfassung bestehender Stoffströme & Infrastrukturen	7
2.1.2 Erfassung der institutionellen Situation	8
2.2 Potenzialanalyse	9
2.3 Konzeption und Konzeptbewertung	10
2.3.1 Ableitung geeigneter technologischer Konzepte	10
2.3.2 Sensitivitätsanalyse	12
2.3.3 Beispielhafte Ergebnisübersicht	14
3. Organisationale Aspekte zur Umsetzung von Technologieoptionen.	17
Schlusswort und weiterführende Informationen	22

Lesehilfe

Der Herausgeber*innen bekennen sich ausdrücklich zum Gender Mainstreaming. Sie verwenden eine gendersensible Sprache und geschlechterinklusive Formulierungen mit Genderstern. Bei Begriffen mit Sachbezug wie Organisationen und Institutionen erfolgt die Bezeichnung entsprechend ihrem grammatischen Geschlecht.

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,
werte Leser*innen,

mit dem vorliegenden Leitfaden werden die Ergebnisse des gut 2-jährigen Forschungsprojekts OLE (Organisation ländlicher Energiekonzepte) präsentiert. Aufbauend auf unseren konkreten Projektergebnissen möchten wir Ihnen:

- über die gemeinsame Verwertung von biogenen Reststoffen aus der Abfall-, Abwasser- und/oder Landwirtschaft nachdenken,
- erfahren möchten, wie das energetische Potenzial bestimmt werden kann,
- die wirtschaftlichen und ökologischen Effekte solcher Konzepte identifizieren möchten,
- mehr über rechtliche Herausforderungen zur gemeinsamen Verwertung erfahren möchten,
- verstehen möchten, welche institutionellen Rahmenbedingungen für diesen Vewertungsansatz gelten.

Viel Freude bei der Lektüre!

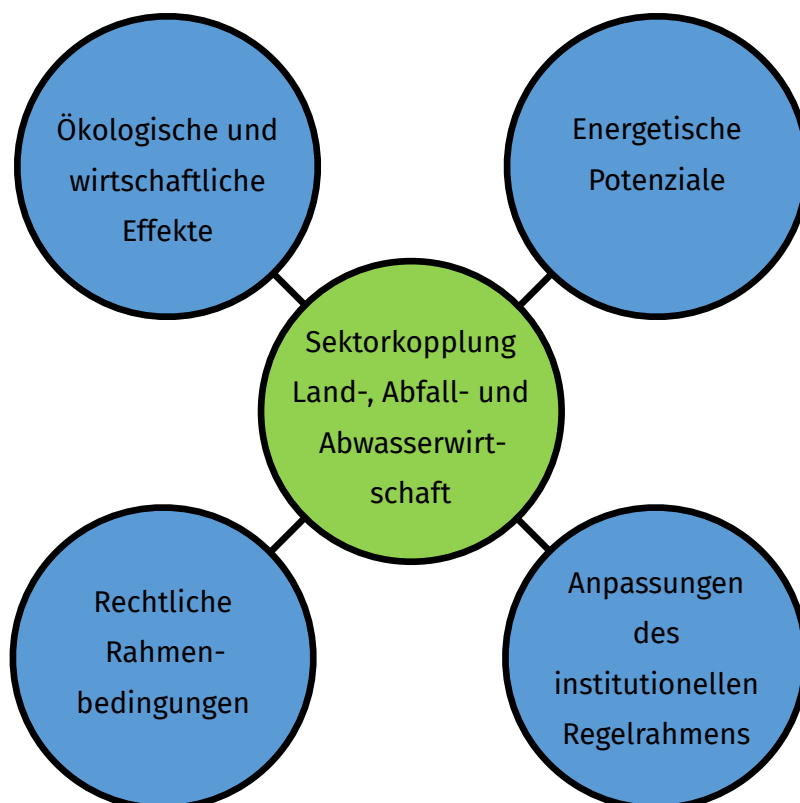


Abbildung 1: Themenfelder von OLE

1

Einführung



1.1 Zielgruppe

Ziel des vorliegenden Leitfadens ist es, fachlichen Einblick für die Organisation von Energiekonzepten im ländlichen Raum zu geben. Er richtet sich an Gemeinden (Politik und Verwaltung) und kommunale Akteure sowie Wärmeversorgungsunternehmen, Zweckverbände, als auch Planer*innen, landwirtschaftliche Akteure und das interessierte Publikum. Er soll jenen als Informationsgrundlage dienen, die der Frage nachgehen, ob eine Zusammenführung biogener Ressourcen in einem selbstgewählten Betrachtungsraum wirtschaftlich und ökologisch zielführend wäre.

1.2 Vorgehen

Um Energiekonzepte für den ländlichen Raum zu entwickeln, wurde das nachfolgend dargestellte Vorgehen gewählt:

- **Bestandsanalyse** zur Erfassung der aktuellen technischen Infrastrukturen und biogenen Ressourcen im Untersuchungsgebiet,
- **Potenzialanalyse** mit Identifizierung geeigneter Technologieoptionen zur Umwandlung biogener Rückstände in energetisches Potenzial,
- **Konzeption** von Energiekonzepten und deren Unterkonzepten,
- **Konzeptbewertung** zur Identifizierung von Vor- und Nachteilen jedes Unterkonzepts im Vergleich zum aktuellen System.
- **Querschnittsthema 1:** Institutionelle Situation bei der Kopplung der genannten Sektoren,
- **Querschnittsthema 2:** Rechtliche Rahmenbedingungen zur Implementierung.

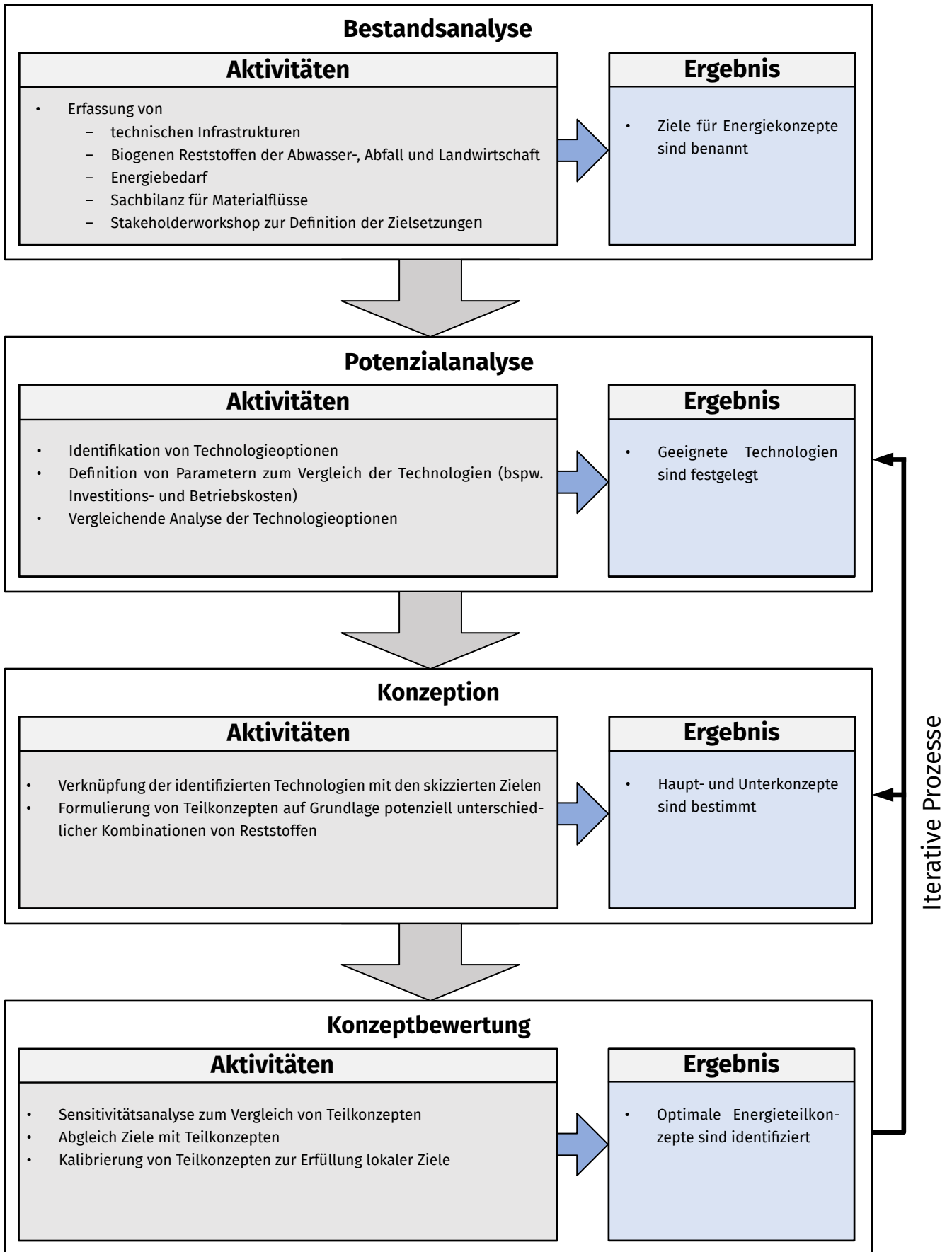


Abbildung 2: Vorgehen und erzielte Ergebnisse zur Entwicklung von Energiekonzepten im ländlichen Raum



Erstellung ländlicher Energiekonzepte

2

Erstellung ländlicher Energiekonzepte

2

2.1 Bestandsanalyse

2.1.1 Erfassung bestehender Stoffströme & Infrastrukturen

Die umfassende Erfassung und Analyse der Infrastrukturen und Stoffströme in den Sektoren Abfallwirtschaft, Abwasserwirtschaft und Landwirtschaft sowie des Energiebedarfs bilden die Grundlage für die Entwicklung eines effizienten und nachhaltigen regionalen Energie- und Ressourcenkonzepts.

Im Bereich der **Abfallwirtschaft** liegt der Fokus auf den biogenen Stoffströmen wie Bioabfall und privater bzw. kommunaler Grünschnitt. Die Erfassung schließt die Analyse der jeweiligen Sammelsysteme, Entsorgungswege und die zurückzulegenden Wegstrecken ein. Besonderes Augenmerk wird auf vorhandene Behandlungsanlagen gelegt, insbesondere solche mit energetischem Output wie Biogasanlagen. Hierbei dienen Daten der zuständigen Entsorger und Hausmüllanalysen auf Kreisebene als wichtige Informationsquellen.

In der **Abwasserwirtschaft** spielen die Mengen und Zusammensetzungen der Klärschlämme eine entscheidende Rolle. Die Erfassung erstreckt sich über Vorbehandlungen, Entsorgungswege und die zurückzulegenden Wegstrecken. Zudem werden Klärschlammbehandlungsanlagen für Entwässerung, Trocknung und Faulung im Betrachtungsgebiet erfasst. Zukünftige Entwicklungen wie der Neubau von kommunalen Kläranlagen oder der Rückbau von Kleinkläranlagen mit möglichen Änderungen des Klärschlammmanfalls fließen ebenfalls in die Analyse ein. Datenquellen für Mengen und Zusammensetzungen der Klärschlämme sind hier vor allem die lokalen Abwasserentsorger.

In der **Landwirtschaft** werden vor allem bisher unverwertete Stoffströme betrachtet,

darunter Gülle, Mist, Reststroh und Landschaftspflegematerial. Ebenso werden bestehende landwirtschaftliche Biogasanlagen und ihre Einsatzstoffe erfasst. Daten von Landwirtschaftsbetrieben, des Online-Tools Transformation im ländlichen Raum ([TRAIL](#)) und des Deutschen Biomasseforschungszentrums ([DBFZ](#)) sind geeignete Quellen.

Der **Energiebedarf** in der Modellregion ist maßgeblich für die Auswahl und Verwendung neuer Energiekonzepte. Besonders relevant sind lokal zu verbrauchende Energieformen wie Wärme und Kraftstoff. Die Bestimmung des Wärmebedarfs erfolgt räumlich scharf aufgelöst (mittels Geoinformationssystem) und kann mithilfe statistischer Kennwerte erfolgen (beispielsweise von TRAIL) oder basiert auf bereits existierenden kommunalen Wärmeplanungen.

Neben der detaillierten Erfassung der Infrastruktur, Stoffströme und Energiebedarfe der öffentlichen Aufgabenträger und privaten Haushalte sollte ebenfalls eine umfassende Analyse für potenziell relevante Gewerbe- und Industriebetriebe erfolgen.

	Energie	Abwasser	Abfall	Landwirtschaft
Stoff-/ Energieströme	Energiebedarf (Strom, Wärme, Kraftstoff) <ul style="list-style-type: none"> • Private Haushalte • Kommune • Gewerbe & Industrie 	Klärschlamm	<ul style="list-style-type: none"> • Bioabfall • Privater Grünschnitt • Kommunaler Grünschnitt 	<ul style="list-style-type: none"> • Gülle • Mist • (Rest-)Stroh • Landschaftspflegematerial
Infrastruktur	vorhandene Energieerzeugungsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbehandlungen • Entsorgungspfade • Behandlungsanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Sammelsysteme • Entsorgungspfade • Behandlungsanlagen 	Biogasanlagen
Datenquellen	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunale Wärmeplanung • TRAIL 	Abwasserentsorger	Entsorger	<ul style="list-style-type: none"> • Landwirtschaftsbetriebe • TRAIL • DBFZ

Tabelle 1: Übersicht über zu erfassende Infrastrukturen und Stoffströme

2.1.2 Erfassung der institutionellen Situation

Bei der Erfassung des Bestands sind institutionelle Aspekte von Bedeutung. In Abhängigkeit von der geplanten Integration verschiedener Stoffströme sind unterschiedliche Infrastruktursektoren zu berücksichtigen, wobei die dort geltenden Vorschriften und Regelungen eine maßgebliche Rolle spielen. In der Folge ist eine Interaktion bzw. eine Einbindung unterschiedlicher Akteure notwendig. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die verschiedenen Sektoren im Status quo sehr unterschiedlich organisiert sind. So sind in der Landwirtschaft regelmäßig private Akteure tätig, während im Bereich Abwasser oder Abfall wesentliche Aufgaben durch öffentliche Akteure wahrgenommen werden bzw. denen umfangreiche Rechte (und Pflichten) zugeordnet sind. Die Organisation in den einzelnen Sektoren sowie die jeweils aktuellen Regelungen haben zum Teil erhebliche

Auswirkungen auf die Gestaltung von Konzepten zur Einbindung von lokalen (Rest-)Stoffströmen in die lokale Energieversorgung.

Ferner sind die aktuellen Entwicklungen im Status quo der kommunalen Wärmeplanung sowie ggf. der finanziellen Förderung von (Fern-)Wärmnetzen zu berücksichtigen. So ist zukünftig von jeder Kommune eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen, sodass bereits bei dieser Planung geprüft werden kann, ob und wie lokal anfallende (Rest-)Stoffströme für die lokale Wärmeversorgung genutzt werden können.

2.2 Potenzialanalyse

Ziel der Potenzialanalyse ist es, verschiedene Technologieoptionen (Konversionstechnologien) zu identifizieren, die eine energetisch optimierte Behandlung und Verwertung von Stoffströmen ermöglichen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Technologien, die eine kombinierte Behandlung von Stoffströmen aus unterschiedlichen Sektoren erlauben. Zusätzlich zielt die Analyse darauf ab, eventuell notwendige Technologien zur Vorbehandlung (Bereitstellungstechnologien) der Stoffströme zu identifizieren. Darüber hinaus sollen potenzielle Nutzungstechnologien ermittelt werden, anhand derer die Energie nutzbar gemacht wird.

Auf der Grundlage einer Literaturrecherche wurden Biogasanlagen mit Stromerzeugung in Blockheizkraftwerken (BGA + BHKW), Ver-

gärung mit Aufbereitung zu Biomethan, Vergasung, hydrothermale Karbonisierung (HTC) und Pyrolyse (+ Verbrennung) als geeignete **Konversionstechnologien** für die partielle gemeinsame Behandlung der relevanten Stoffströme im Fallstudiengebiet identifiziert. Ihre spezifischen Eigenschaften wurden in Technologiesteckbriefen dokumentiert.

Für bestimmte Stoffströme sind **spezifische Aufbereitungsschritte vor der Konversion** erforderlich. Zudem ist nur ein Teil der Technologien für bestimmte Stoffströme geeignet. Mit den verschiedenen Konversionstechnologien können unterschiedliche Produkte bereitgestellt werden. Diese Erkenntnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

	BGA + BHKW	Biomethan-anlage	Verbrennung	Vergasung	HTC	Pyrolyse
Bioabfall	Zerkleinerung, Störstoffabtrennung	Zerkleinerung, Störstoffabtrennung	Nein	Trocknung	Ja	Trocknung
Grünschnitt	Zerkleinerung, Störstoffabtrennung	Zerkleinerung, Störstoffabtrennung	Trocknung	Trocknung	Ja	Trocknung
Klärschlamm	Ja	Ja	Trocknung	Trocknung	Ja	Trocknung
Schwarzwasser	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Gülle Rind	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Gülle Schwein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Stroh	Zerkleinerung	Zerkleinerung	Ja	Ja	Ja	Ja
Output						
Wärme	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein
Strom	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Kraftstoff	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja
Dünger/ Bodenverbesserer	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja

Tabelle 2: Eignungsmatrix berücksichtigter Umwandlungstechnologien

Um die jeweiligen Stoffströme und die resultierenden Produkte effizient zu nutzen, bedarf es einer Reihe von **Gewinnungs- und Verwertungstechnologien**. Als Gewinnungstechnologien wurden die getrennte Sammlung von Bioabfällen und die Strohgewinnung berücksichtigt. Zu den möglichen Verwertungstechnologien für die oben genannten Produkte zählen ein Wärmenetz, ein mobiler Wärmespeicher, eine Biomethan-Tankstelle und die Einspeisung von Biomethan in das Gasnetz.

Für alle identifizierten Technologieoptionen (Gewinnung, Konversion, Verwertung) wurden für die Bewertung relevante Parameter ermittelt. Hierzu gehören Investitionskosten, Betriebskosten, Einnahmen, Lebensdauer, Treibhausgasemissionen, Kohlenstoffgutschriften und Energieverbrauch. Diese Faktoren werden in Bezug auf lokale Gegebenheiten wie die Mengen der zu behandelnden Stoffströme, Transportentfernungen usw. bestimmt.

2.3 Konzeption und Konzeptbewertung

2.3.1 Ableitung geeigneter technologischer Konzepte

In diesem Arbeitsschritt werden die Hauptkonzepte formuliert, indem die identifizierten Technologieoptionen mit den von den regionalen Akteuren definierten Zielen abgeglichen werden. Alle Stoffströme, die nicht in der zentralen Konversionstechnologie behandelt werden, fließen zusammen mit ihren existierenden Verwertungspfaden in die Hauptkonzepte ein. So wird sichergestellt, dass für jedes Konzept eine umfassende Bilanz aller betrachteten Stoffströme erstellt wird.

Darüber hinaus werden Teilkonzepte entwickelt, in denen Kombinationen von behandelten Stoffströmen mit den Konversions- und potenziellen Verwertungstechnologien variiert werden.

Die Entwicklung der Hauptkonzepte kann in Workshops erfolgen. In jedem Fall ist

eine ortsangepasste, individuelle Betrachtung nötig.

Für das Modellgebiet wurden drei Hauptkonzepte aufgestellt, mit welchen jeweils eine oder mehrere Zielstellungen der lokalen Akteure adressiert werden. So soll in Konzept 1 mittels eines Wärmenetzes basierend auf der Abwärme einer bestehenden Biogasanlage sowie eines Biomasseheizwerks die nachhaltige Wärmeversorgung einer Ortschaft sichergestellt werden. Mit Konzept 2 wird das Ziel verfolgt, durch die Vergärung von Schweinegülle Treibhausgasemissionen zu vermeiden und Energie bereitzustellen. In Konzept 3 soll die Klärschlamm Entsorgung durch eine Vorbehandlung optimiert organisiert werden, um so Emissionen und Kosten einzusparen (vgl. Abb. 5).

Durch Variation der jeweils zu berücksichtigenden Stoffströme und gleichwertiger Technologieoptionen konnten ausgehend von diesen drei Hauptkonzepten 73 Unterkonzepte abgeleitet werden (vgl. Abb. 4).

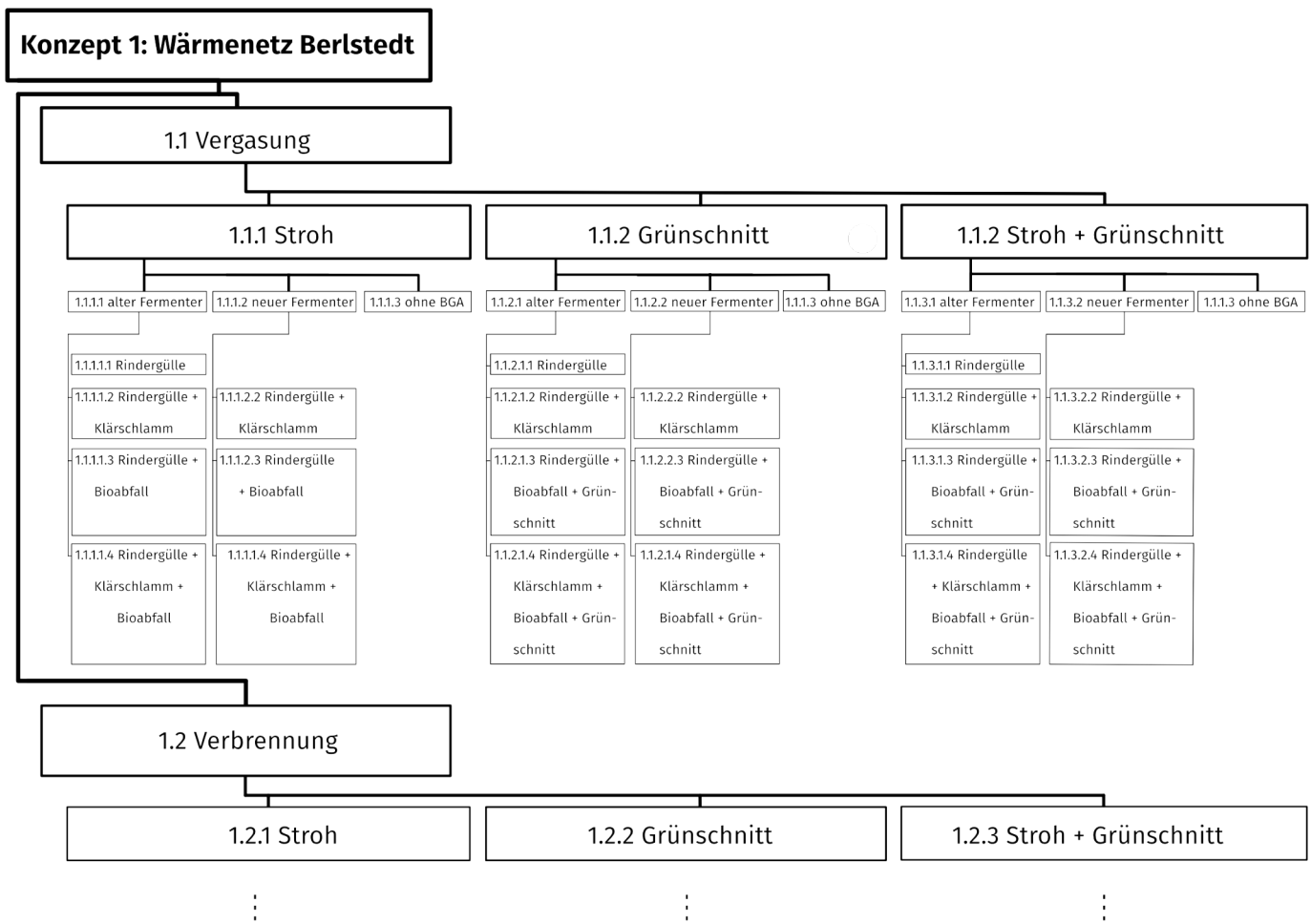


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Unterkonzepte zu Konzept 1

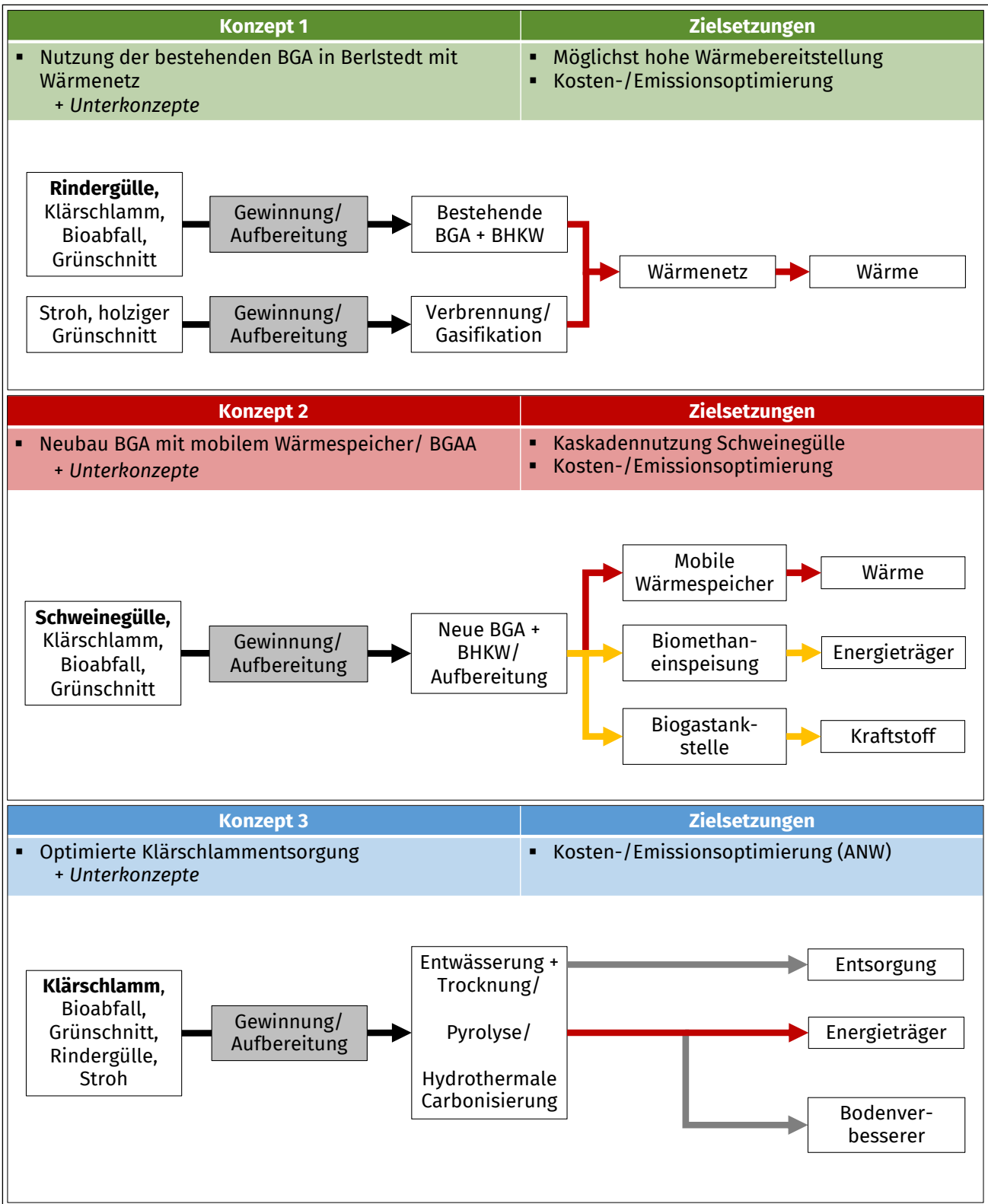


Abbildung 5: Schematische Darstellung der identifizierten Konzepte

2.3.2 Sensitivitätsanalyse

Auf Basis eines erstellten Excel-Tools wurden für alle Teilkonzepte die notwendigen Investitionskosten, die diskontierten Kosten und Erlöse sowie die Treibhausgasemissionen und kumulierten Energieaufwendungen für jeden gasvermeidung und Energieeinsparungen abge-

leitet. Die Ergebnisse sind in dem nachfolgenden Diagramm dargestellt. Das Diagramm veranschaulicht das jährliche Potenzial zur Reduzierung von Treibhausgasen auf der x-Achse und die spezifischen Kosten zur Reduzierung von Treibhausgasen auf der y-Achse. Die Größe der Kreise repräsentiert die Investitionskosten, die für die Umsetzung jedes Unterkonzepts

erforderlich sind. Die Farbe gibt ihre Zuordnung zu den Hauptkonzepten an. Hier zeigt sich, dass fast alle Unterkonzepte negative Kosten für die Reduzierung von Treibhausgasen aufweisen. Dies bedeutet, dass diese Unterkonzepte mit finanziellen Einsparungen bzw. Einnahmen verbunden sind.

Mit diesen Ergebnissen können die Konzepte anhand verschiedener Kriterien bzw. Zielstellungen priorisiert werden, wie beispielsweise das höchste Potenzial zur Einsparung von Treibhausgasen, das beste Verhältnis von Treibhausgaseinsparungen zu Investitionskosten oder das optimale Verhältnis von Treibhausgasvermeidungskosten zu Investitionskosten. Es wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Wirtschaftlichkeit zu untersuchen. Hier-

bei wurden die Parameter Energiekosten, Transportkosten, Preissteigerungen, Zinssatz und Betrachtungszeitraum analysiert, um zu verstehen, wie Veränderungen in diesen Variablen die Ergebnisse beeinflussen können.

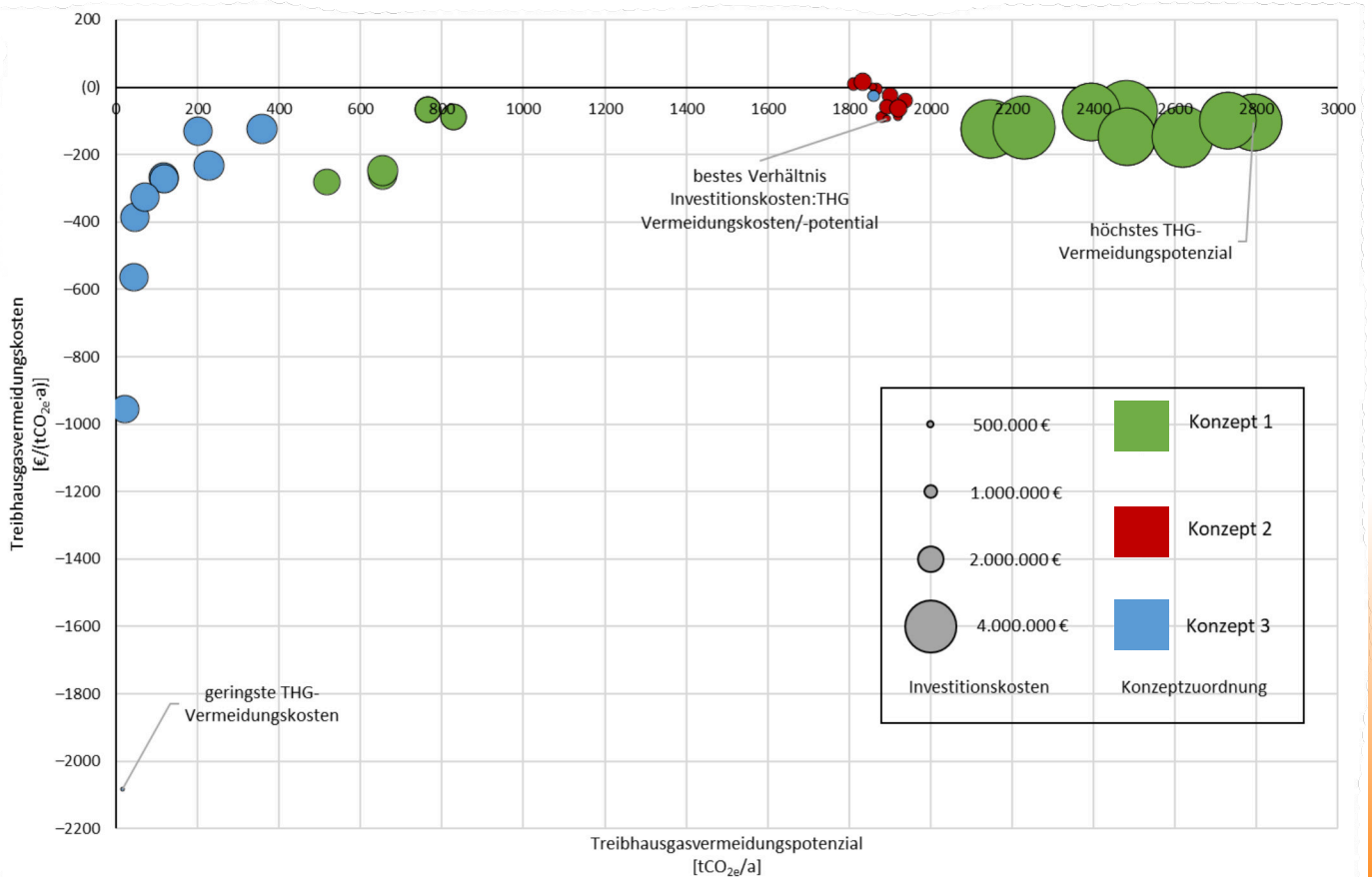


Abbildung 6: Berechnungsergebnisse Konzeptvergleich

2.3.3 Beispielhafte Ergebnisübersicht

Im konkreten Untersuchungsgebiet wurden drei Hauptkonzepte entwickelt, deren generische Zielsetzung eine Übertragbarkeit auf andere Kommunen bieten soll. Im Folgenden werden sie exemplarisch vorgestellt.

Hauptkonzept 1: Maximale Wärmebereitstellung

Ausgehend von dem in der Bestandsanalyse ermittelten hohen Wärmebedarf und unter Berücksichtigung der strukturellen Eignung eines Dorfes im Fallstudiengebiet wird mit Konzept 1 das Ziel verfolgt, durch den Aufbau eines Nahwärmenetzes die maximale Wärmemenge

im betrachteten Dorf bereitzustellen. Mögliche Wärmequellen umfassen die überschüssige Wärme aus der bestehenden Biogasanlage (optional: die Erweiterung dieser Anlage zur Nutzung aufbereitungspflichtiger Stoffströme) und den Bau eines neuen Heizwerkes.

Ergebnis: Der Aufbau eines Nahwärmenetzes, welches auf der Verbrennung von Stroh und Grünabfällen sowie der Vergärung von Rindergülle, organischen Abfällen und Grünabfällen basiert, ermöglicht die höchsten Treibhausgasminderungen. Diese Option ist jedoch mit sehr hohen Investitionen verbunden. Der Klärschlamm wird wie bisher ohne Vorbehandlung extern entsorgt und die Schweinegülle wird in diesem Hauptkonzept nicht energetisch verwertet.

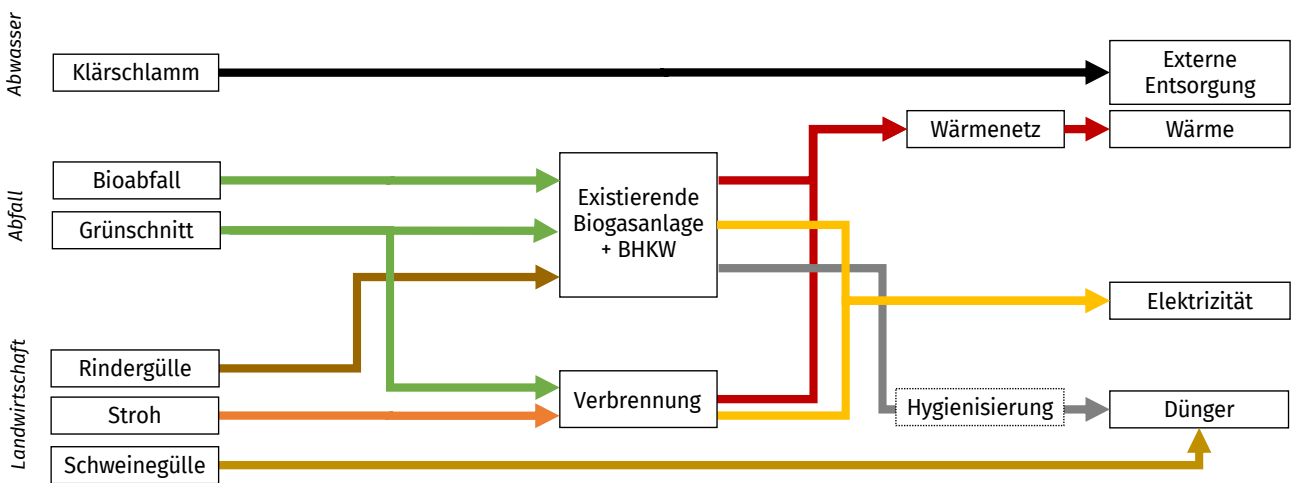


Abbildung 7: Flussdiagramm Konzept 1: Maximale Wärmebereitstellung

Hauptkonzept 2: Emissionsminimierung durch Verwertung von Schweinegülle

Mit der Ausbringung von unbehandelter Schweinegülle im Fallstudiengebiet gehen hohe Emissionen einher. Daher bietet die Vergärung dieses Materials ein erhebliches Potenzial zur Minimierung von Treibhausgasemissionen. Durch die Mitvergärung anderer behandlungsbedürftiger Stoffe können Synergieeffekte erzielt werden, die zu erheblichen Kosteneinsparungen und zusätzlichen Emissionsminderungen führen. Darüber hinaus bietet dieser Ansatz die Möglichkeit zur Erzeugung klimaneutraler Energieprodukte, einschließlich aufbereitetem Biogas sowie von Strom und Wärme.

Ergebnis: Die Co-Vergärung von Schweinegülle und Klärschlamm weist das beste Verhältnis von Investitionskosten zu Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen und Minderungskosten auf. Das erzeugte Biogas wird aufbereitet und anschließend als Treibstoff vertrieben. Die Entsorgungswege für die übrigen Stoffströme bleiben in diesem Hauptkonzept unverändert gegenüber dem bestehenden System.

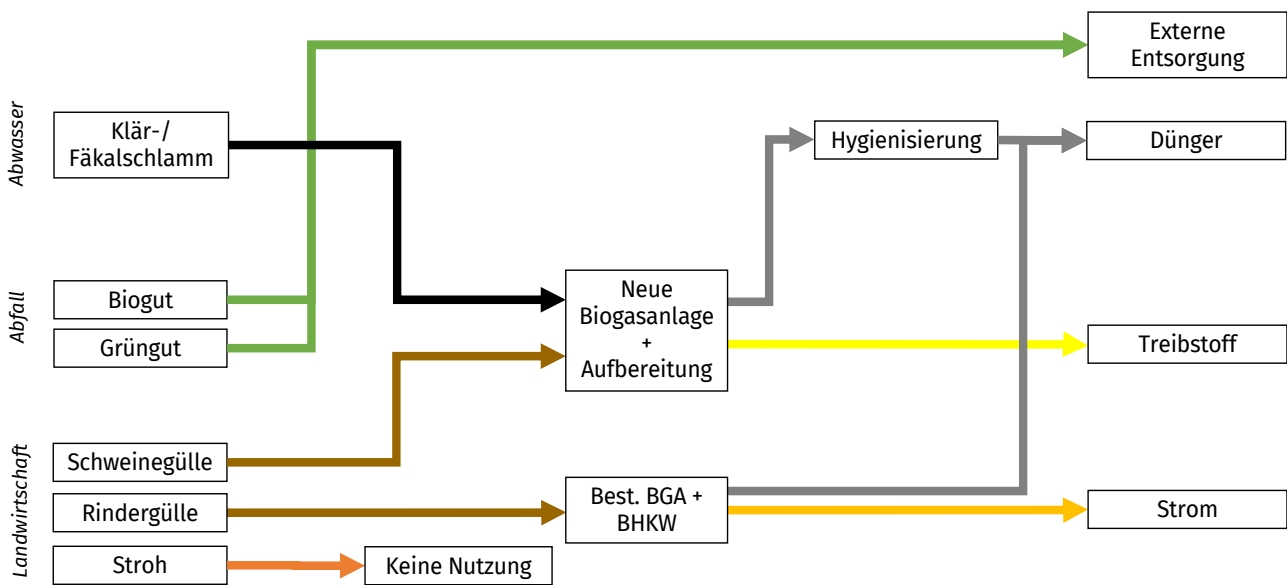


Abbildung 8: Flussdiagramm Konzept 2: Emissionsminimierung durch Verwertung der Schweinegülle

Hauptkonzept 3: Optimierte Schlammbehandlung

Die externe Klärschlamm Entsorgung ist eine der größten Kostenpositionen im bestehenden System. Eine effizientere Behandlung des Klärschlammes vor Ort könnte durch die Nutzung vorhandener Abwärmequellen (bspw. die bestehende Biogasanlage) oder den Einsatz anderer bisher ungenutzter Biomassepotenziale erreicht werden.

Ergebnis: Die Entwässerung und Trocknung des Klärschlammes unter Nutzung der Abwärme der bestehenden Biogasanlage bietet die geringsten THG-Vermeidungskosten und ermöglicht erhebliche finanziellen Einsparungen bei überschaubarem Aufwand. Dazu werden Klärschlamm entwässerungs- und

-trocknungsanlagen installiert, die die benötigte Wärme aus der bestehenden Biogasanlage beziehen. Der getrocknete Klärschlamm wird weiterhin extern entsorgt. Die verbleibenden Stoffströme werden wie im bestehenden System behandelt oder entsorgt.

Die drei dargestellten Konzepte stellen verschiedene Ansätze dar, wie organische Reststoffe sektorübergreifend energetisch verwertet bzw. bestehende Verwertungswege effizienter gestaltet werden können. Sie weisen dabei sowohl aus Klimaschutz- als auch ökonomischer Sicht deutliche Vorteile gegenüber dem Bestandssystem auf. Die Umsetzung dieser ist jedoch nicht allein von technischen, sondern auch von organisationalen und rechtlichen Aspekten abhängig, welche im folgenden Kapitel betrachtet werden.

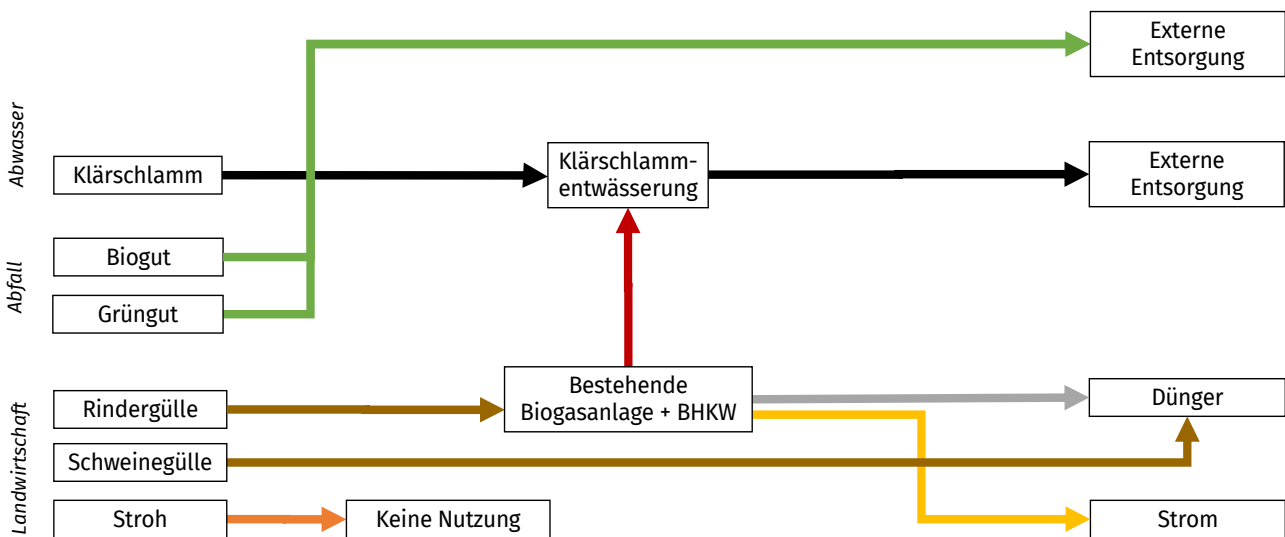


Abbildung 9: Flussdiagramm Konzept 3: Optimierte Klärschlamm Entsorgung

Organisationale Aspekte zur Umsetzung der Technologieoptionen

3



Organisationale Aspekte zur Umsetzung der Technologieoptionen

3

Bei der Planung und Umsetzung von Technologieoptionen für lokale Energie- und Wärmeverversorgung spielen neben technisch-systemischen Überlegungen auch die institutionellen Aspekte eine entscheidende Rolle. Folgend sollen ausgewählte Punkte kurz angeschnitten werden, die aus ökonomischer und rechtlicher Sicht von Relevanz sind.

Vorabbemerkung: Ausgewählte Erkenntnisse aus den sogenannten („BIG 5“-)Klimastudien zur Nutzung von (gasförmiger) Biomasse im zukünftigen Energiesystem

In den sogenannten („Big 5“-)Klimastudien wird auch die Rolle von fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse im zukünftigen Energiesystem in Deutschland betrachtet. Der Umfang dazu in den Studien variiert jedoch stark. Grundsätzlich ist allerdings ein Konsens über die Studien hinweg festzustellen: Biomasse wird zukünftig ein wertvoller und eher knapper Rohstoff sein, der vor allem in den Anwendungsfällen genutzt werden sollte, für die nach aktuellem Wissensstand absehbar keine oder nur sehr teure Substitute zur Verfügung stehen werden. Als typische Anwendungsfälle werden häufig der energetische und stoffliche Bedarf im Industriesektor, der Einsatz für den Flug- und Schiffverkehr (Teile des Verkehrssektors) und die Anwendung zur Abdeckung der Residuallast im Stromsektor genannt. Es ist noch anzumerken, dass sich die Klimastudien hinsichtlich Details der Nutzung von Biomasse und potenzieller Substitute wie bspw. Wasserstoff oder Power-to-Liquid bzw. -Gas (PtL/PtG) zum Teil deutlich unterscheiden, was jedoch nicht der vorstehenden Grundaussage entgegensteht.

Ein eher begrenztes Angebot und die zunehmend erwartete Nachfrage aus den

genannten Sektoren werden dazu führen, dass (gasförmige) Biomasse mittel- bis langfristig ein knappes Gut sein wird. Auch aufgrund der erwarteten Preisentwicklung bei möglichen Substituten für die genannten Anwendungsfälle dürfte damit der Preis für (gasförmige) Biomasse mittel- bis langfristig weiter ansteigen. Für die Frage der Nutzung von gasförmiger Biomasse aus lokalen (Rest-)Stoffströmen sind neben dem Preis für die Biomasse außerdem die Kosten für Aufbereitung sowie die Transportmöglichkeiten bzw. -kosten zu beachten. Sollte aus gesamtsystemischer Sicht trotz steigender Preise für Biomasse aufgrund von Aufbereitungs- und Transportkosten ein Aufbau einer Transportinfrastruktur nicht vorteilhaft sein, wird es überwiegend zu einer lokalen Nutzung der gasförmigen Biomasse kommen.

Zudem können politische Entscheidungen dazu führen, dass Biomasse in weiteren Sektoren bzw. Anwendungsbereichen zukünftig umfangreich genutzt werden soll. Dies würde auch zu einer weiteren Verknappung von Biomasse und damit zu einer weiter steigenden Preisentwicklung führen.

Auswirkungen der mittel- bis langfristigen Entwicklungen auf Entscheidungen kommunaler Akteure

Die vorstehend beschriebenen Risiken hinsichtlich der mittel- bis langfristigen Verfügbarkeit und den erwartbar steigenden Preisen für (gasförmige) Biomasse sind bei der Ausgestaltung und Nutzung von Technologieoptionen zu beachten. Dies gilt für Technologieoptionen, die lokale (Rest-)Stoffströme in die lokale Energie- und Wärmeversorgung integrieren; insbesondere, wenn sie eine leitungsgebundene Infrastruktur wie ein Wärmenetz erfordern und

dadurch spezifische und langlebige Investitionen für die Umsetzung zu tätigen sind.

Außerdem ist zu erwarten, dass auf bundespolitischer Ebene die Weiterentwicklung des institutionellen Rahmens in nicht unerheblichem Umfang unter Berücksichtigung des Wissens aus den langfristigen Klimastudien erfolgen wird (bzw. sich verstärkt in diese Richtung entwickeln wird). Werden auf kommunaler Ebene Entscheidungen getroffen und Konzepte verfolgt, die diesen Entwicklungen entgegenstehen, besteht ein zusätzliches Investitionsrisiko. Da unklar ist, inwieweit bereits getätigte Investitionen der Vergangenheit auf kommunaler Ebene bei Anpassungen des institutionellen Rahmens auf Bundes- und ggf. Landesebene mitberücksichtigt werden.

Aufgrund der genannten Risiken kann daher aus (institutionen-)ökonomischer Sicht empfohlen werden, dass bereits bei der Planung des lokalen Energiesystems eher langfristige Entwicklungen – z. B. im Rahmen einer zu erstellenden kommunalen Energie- bzw. Wärmeplanung – mitgedacht werden sollten und bspw. über mögliche Szenariobetrachtungen mögliche Risiken in der mittleren bis langen Frist abgeschätzt werden.

Sofern die Planungen der lokalen Energie- bzw. vor allem Wärmeversorgung (weiterhin) eine umfangreiche Nutzung von lokalen (Rest-)Stoffströme vorsehen, sollte zusätzlich in jedem Fall bereits heute überlegt werden, wie diese Anteile – bei einer Realisierung der vorstehend beschriebenen Risiken – substituiert werden könnten. Unter Umständen sollten diese Überlegungen auch zu einer Anpassung der ursprünglich angestrebten technischen Vorzugslösung führen.

(Ausgewählte) Institutionelle Aspekte einer kurzfristigen Perspektive

Die betrachteten lokalen (Rest-)Stoffe weisen aufgrund ihrer Eigenschaften eine eher begrenzte Transportbarkeit auf, um wirtschaftlich nutzbar zu sein. In der Folge liegt ein lokal begrenztes Angebot vor und gleichzeitig dürfte auch die Anzahl der (lokalen) Nachfrager nach diesen lokalen (Rest-)Stoffen begrenzt sein. Es

besteht damit eine hohe Spezifität in der Beziehung zwischen den Akteuren, die die Verfügungsrechte an den lokalen (Rest-)Stoffen besitzen und potenziellen Nachfragern nach diesen.

Diese Spezifität in Verbindung mit der langen Abschreibungs- und Nutzungsdauer von Investitionen zur Nutzbarmachung der lokalen (Rest-)Stoffe (bspw. eine Biogasanlage) spricht aus (institutionen-)ökonomischer Sicht entweder für langfristige Verträge oder eine vertikale Integration der Wertschöpfungsstufen (lokale (Rest-)Stoffströme/Bezugsquellen, Wärmeerzeugung, Wärmenetz und Wärmevertrieb), um die mit den notwendigen Investitionen verbundenen Risiken abzusichern. Gleichzeitig sind bei einer möglichen Nutzung von lokalen (Rest-)Stoffen verschiedene Vorgaben aus dem derzeitigen rechtlichen Rahmen zu beachten, die teilweise einer ökonomisch sinnvollen Absicherung von Risiken entgegenstehen können. Folgend sollen ausgewählte rechtliche Aspekte kurz benannt werden:

- **Vergaberechtliche Anforderungen beim Bezug der lokalen (Rest-)Stoffe:**
Bei Bio- und Grüngut sowie Klärschlamm sind der jeweilige Landkreis (bzw. ein Abwasserzweckverband) als Entsorgungspflichtiger zuständig und müssen bei Überlassung von (Rest-)Stoffströmen an Dritte diese zur ordnungsgemäßen Verwertung verpflichten. Der damit entstehende Verwertungsvertrag ist entweder ein Dienstleistungsauftrag oder eine -konzession. In diesem Kontext sind vergaberechtliche Anforderungen aus dem Kartellvergaberecht bzw. ggf. dem Landesvergaberecht zu beachten. Zusätzlich kann bei potenziell grenzüberschreitendem Interesse das EU-Primärrecht von Relevanz sein. Abhängig von der Summe des Dienstleistungsauftrags bzw. der -konzession besteht ab bestimmten Schwellenwerten eine Ausschreibungspflicht der Entsorgungsaufgabe. Zusätzlich sehen die vergaberechtlichen Anforderungen keine Ewigkeitsverträge vor, sodass Vorgaben zur Laufzeitbegrenzung zu beachten sind.

Bei Konzessionen sind grundsätzlich höchstens 5 Jahre und bei Rahmenvereinbarungen grundsätzlich höchstens 4 Jahre zulässig. Bei entsprechender Begründung sind auch längere Laufzeiten denkbar, wenn diese als angemessen gelten. Eine Inhouse-Lösung zur Adressierung der vergaberechtlichen Vorgaben ist grundsätzlich möglich, jedoch mit bestimmten Voraussetzungen verknüpft, die bei vielen der hier betrachteten Konzepte häufig nicht einfach zu erfüllen sein werden.

Die derzeitigen vergaberechtlichen Anforderungen und die begrenzten Vertragslaufzeiten stellen eine Herausforderung für die langfristige Absicherung von Investitionen für die Umsetzung der Technologieoptionen dar. Dies erhöht das Risiko für potenzielle Betreiber, die ein Konzept umsetzen möchten, welches umfassend auf dem Einbezug lokaler (Rest-)Stoffe basiert. Eine potenzielle Gegenmaßnahme wäre eine möglichst umfangreiche Diversifizierung der Bezugsquellen bei den lokalen (Rest-)Stoffen, was jedoch nur in seltenen Fällen problemlos realisierbar sein wird oder eine umfangreiche interkommunale Zusammenarbeit notwendig macht. Dies würde häufig mit deutlich erhöhten Koordinations- und Transaktionskosten einhergehen.

- **Materiell- und formell-rechtliche Zulässigkeiten bei der Errichtung von Neubauten oder Änderung von Bestandsanlagen (z. B. Biogasanlage):**

Bei der materiell-rechtlichen Zulässigkeit ist insbesondere ist zu prüfen, inwiefern in Abhängigkeit der Nutzung verschiedener lokaler (Rest-)Stoffströme nach Bauplanungsrecht eine planungsrechtliche Privilegierung vorliegt, da die Zulassung nicht privilegierter Vorhaben eher unwahrscheinlich ist. Bei der formell-rechtlichen Zulässigkeit sind immissionsschutzrechtliche Genehmigungspflichten und u. a. Genehmigungspflichten nach Bauordnungs- oder Naturschutzrecht zu beachten.

- **Lokale energetische Verwertung mittels Wärmenetz:**

Wird eine energetische Verwertung mittels eines Wärmenetzes angestrebt, sind weitere Aspekte zu beachten. Zunächst sind nach aktuellem Stand bei der kommunalen Wärmeplanung Grenzen für den Einsatz von Biomasse in Wärmenetzen vorgesehen. Gleiches gilt auch bei der Inanspruchnahme von Fördermitteln des Bundes für Wärmenetze. Diese Punkte sind jedoch Bestandteil aktueller politischer Diskussionen und können daher zeitnah noch angepasst werden.

Für einen wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes ist regelmäßig ein Anschluss- und Benutzungszwang (ABZ) notwendig, der nur möglich ist, wenn das Wärmenetz als öffentliche Einrichtung der Gemeinde betrieben wird. Ein ABZ führt zu einer Garantenstellung der Gemeinde für eine sichere Wärmeversorgung zu bezahlbaren Preisen. In der Folge geht die Gemeinde nicht unerhebliche wirtschaftliche Risiken ein und muss das Wärmenetz als öffentliche Einrichtung konzipieren sowie bei einer möglichen Einbeziehung privater Akteure einen starken kommunalen Einfluss sicherstellen.

Fazit: Der aktuelle institutionelle Rahmen erschwert die (sinnvolle) Nutzung von lokalen (Rest-)Stoffströmen

Im aktuellen institutionellen Rahmen bestehen verschiedene Hindernisse, die einer Nutzbarmachung von lokalen (Rest-)Stoffströmen entgegenstehen, obwohl die Nutzung dieser Stoffe laut verschiedener Klimastudien (langfristig) für die Dekarbonisierung vorgesehen bzw. notwendig ist. Diese Hemmnisse sollten daher abgebaut und der institutionelle Rahmen so weiterentwickelt werden, dass für die lokalen Akteure Anreize bestehen, die Potenziale der lokalen (Rest-)Stoffe auf eine sinnvolle Art und Weise zu nutzen.

Hierbei ist noch anzumerken, dass es laut verschiedener Klimastudien aus gesamtsystemischer Sicht vorteilhaft ist, wenn Bio-

masse längerfristig grundsätzlich in den Sektoren bzw. Bereichen genutzt wird, in denen keine bzw. nur teurere CO₂-neutrale Substitute existieren bzw. existieren werden. Aus diesem Grund wird über die Studien hinweg vor allem eine stoffliche und energetische Nutzung in der Industrie, für ausgewählte Bereiche im Mobilitätsbereich (vor allem Flugverkehr und Schifffahrt) sowie für die Residuallast im Stromsektor gesehen. Eine Vor-Ort-Nutzung von lokal anfallender gasförmiger Biomasse wird nur dann vorteilhaft sein, wenn die Kosten für eine Aufbereitung des Biogases sowie den Transport zu weiter entfernten Nachfragern zu groß sind. In diesem Fall stellt eine lokale Nutzung auch die gesamtsystemische beste Option dar. Da diese Abwägung von vielen und sich im Zeitverlauf ggf. ändernden Faktoren abhängig ist, besteht eine hohe Unsicherheit für Investitionen in Konzepte zur Nutzbarmachung von lokalen (Rest-)Stoffströmen.

Sofern bei der Planung und kurzfristigen Umsetzung von Konzepten für die lokale Energie- und Wärmeversorgung lokale (Rest-)Stoffströme eine umfassende Rolle spielen sollen, sind aufgrund der häufig langen Abschreibungs- und Nutzungsdauern der notwendigen Investitionen stets auch die mittel- bis langfristigen Risiken zu berücksichtigen. Dazu gehören zum Beispiel Preisentwicklungen und die Verfügbarkeit lokaler (Rest-)Stoffe, um Fehlinvestitionen und zusätzliche Kosten für kommunale Akteure zu vermeiden. Derartige Betrachtungen zu (langfristigen) Risiken können beispielsweise durch szenariobasierte Berechnungen im Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung erfolgen.

Schlusswort und weiterführende Informationen

Sehr geehrte Leser*innen,

mit der Kurzdarstellung der Ergebnisse zur Erstellung ländlicher Energiekonzepte konnten wir Ihnen hoffentlich eine gute Übersicht zu möglichen Erarbeitungsschritten technischer, rechtlicher und ökonomischer Aspekte aufzeigen.

Weitergehende Informationen finden Sie hier:

- Berechnungstool für die technischen Konzepte (auf Anfrage bei Hr. Moritz Pollack)
- [Virtueller Rundgang zu unseren Projektergebnissen](#)
- [Projekthomepage](#)
- [Homepage Kommunen innovativ](#)
- [Landgemeinde Am Ettersberg](#)
- [Abwasserzweckverband Nordkreis Weimar](#)

Mit besten Grüßen des Redaktionsteams.

Impressum

Die vorgestellten Ergebnisse entstanden im Rahmen des Forschungsprojektes Organisation innovativer ländlicher Energiekonzepte (OLE).

Projektpartner



Bauhaus-Universität Weimar
Professur Ressourcenwirtschaft
Professur Bauphysik
Professur Infrastrukturwirtschaft und
-management



Landgemeinde Am Ettersberg



Abwasserzweckverband Nordkreis-Weimar

Gefördert von

Das Forschungsprojekt Organisation ländlicher Energiekonzepte (OLE) wurde innerhalb der BMBF-Forschungsstrategie Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA) im Rahmen der Fördermaßnahme Kommunen Innovativ gefördert.

Förderkennzeichen: 33L229

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

KOMMUNEN INNOVATIV

Herausgeber

Bauhaus-Universität Weimar

Bauhaus Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is)
Professur Ressourcenwirtschaft
Goetheplatz 7/8
99423 Weimar

Projektleitung:

Prof. Dr. Eckhard Kraft, b.is

Redaktion und Gestaltung:

Dr. Andrea Lück, Moritz Pollack, Nils Bieschke, Mario Wolf, Radu Paul Simon Reinhardt

Tabellen und Schemata:

Bauhaus Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is)

Bildnachweis:

Bilder auf Seite 3, 17, sowie Titelbild von Florian Wehking
Bild auf Seite 6 von Mario Wolf

Weimar, 2024