



C.A.R.M.E.N.

Ökonomischer und energetischer Vergleich von Biogasleitungen mit Warmwasserleitungen zur besseren Wärmeverwertung

Robert Wagner

robert.wagner@carmen-ev.bayern.de

Stand: 16.01.08

1. Hinführung

Erfreulicherweise steht heute nicht mehr zur Diskussion, ob eine Wärmenutzung aus Biogasanlagen notwendig ist. Nun wird bereits um die beste Art und Weise gerungen, wie diese Nutzung erfolgen und die Wärme zum Kunden transportiert werden kann. C.A.R.M.E.N. e.V. hat sich vergleichsweise früh und lange vor der Idee, Biogasleitungen den Technologiebonus zu gewähren, mit dem Thema beschäftigt, anstelle der Wärme das Biogas über eine Leitung zu transportieren und das BHKW beim Wärmeverbraucher aufzustellen. Zwischenzeitlich hat der Referentenentwurf zur neuen Novelle des EEG vorgesehen, eben diese Konstellation mit dem Technologiebonus zu versehen. Die ökonomische Vorzüglichkeit von Biogasleitungen wäre damit sicherlich sehr schnell gegeben gewesen. Im Entwurf des Bundeskabinetts wurde der Technologiebonus für Biogasleitungen wieder fallen gelassen. Anstelle dieses Bonus hat Bundesumweltminister Siegmund Gabriel am 05.12.07 im Rahmen der neuen Richtlinie des Marktanzreizprogramms zur Förderung Erneuerbarer Energien¹ sowohl Wärme- als auch Biogasleitungen mit Investitionszuschüssen bzw. Teilschulderläsen versehen.¹ Mit dieser neuen Situation ist es wieder notwendig, die Vorzüglichkeit von Biogas- bzw. Wärmeleitung eigens zu berechnen, was nachfolgend erfolgen soll.

2. Allgemeines

Zur Projektierung und Auslegung von Wärmeleitungen gibt es einige Veröffentlichungen, so dass an dieser Stelle nicht besonders darauf eingegangen werden muss.^{2,3,4,5} Als Hilfestellung für die Wärmeleitungsrohrdimensionierung gibt es z. B. ®Design und ®Baum⁶. Da es wenig Referenzprojekte für Biogasleitungen gibt, sind besondere Genehmigungsfragen nicht allgemein bekannt und ggf. von Region zu Region unterschiedlich. In Abbildung 1 ist eine Auflistung von besonderen Genehmigungsfragen von Biogasleitungen aus Sicht der Thüga dargestellt.⁷

- Sofern die Biogasleitung über die Grenzen des eigenen Grund und Bodens verlegt wird, fällt die Biogasleitung unter § 2 Abs. 2 EnWG als „Energieanlage“.
- Dafür könnte eine Genehmigung nach § 3 EnWG nötig sein.
- Die Biogasleitung ist nach DVGW-Richtlinien zu errichten und zu betreiben:
 - Planung durch Sachkundige (Planungsbüro und/oder Gasversorger)
 - Bau durch DVGW-Unternehmen (GW 301, G 472)
 - Betrieb durch Unternehmen nach G 1000; z.B. auch 24 h Entstördienst
 - DVGW-Rohrmaterial (PE)

Abbildung 1 Besondere Genehmigungsfragen bzw. Anforderungen - Biogasleitungen⁷

¹ Zum 16.01.08 war eine Antragstellung über die KfW noch nicht möglich.

In jedem Fall wird empfohlen, diese Genehmigungsfragen prüfen zu lassen. Ggf. kann der örtliche Gasnetzbetreiber hinzugezogen werden. Vermutlich kommt für einen 24 h Entstördienst für die Biogasleitung ebenso nur der Gasnetzbetreiber in Frage.

Daneben gibt es Aufgabenbereiche, die sowohl Biogas- als auch Wärmeleitungen gleichermaßen betreffen: Gesellschaftsgründungen, Gestattungsverträge, Wärmelieferverträge⁸, Contracting⁹, Technische Anschlussbedingungen¹⁰, Lastgangbeschreibung der Wärmekunden, Abdeckung von Spitzen- und Reservelast u.a. Als Hilfestellung für die Erstellung von geordneten Jahresdauerlinien gibt es z.B. folgendes Programm: Wdesign¹¹. Da im Nachfolgenden nur auf die Unterschiede zwischen Biogas- und Wärmeleitung eingegangen werden soll, bleiben diese Aufgabenbereiche hier unbehandelt.

3. Rahmenannahmen

In den nachfolgenden Betrachtungen soll herausgearbeitet werden, in welchen Fällen die betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit für eine Wärmeleitung auf Warmwasserbasis bzw. für eine Biogasleitung spricht. Dabei zeigt sich, in welchen Fällen eine Wärmeleitung bzw. eine Biogasleitung zur Überbrückung von Distanzen besser ist. Es wurde nicht überprüft, ob das Vorhaben an sich wirtschaftlich ist. Ebenso wurden keine Gewerke mit in die Kalkulationen aufgenommen, die für beide Varianten identisch sind.

Für die Abschätzung der Vorzüglichkeit wurden die Annahmen gemäß Tabelle 1 und Tabelle 2 für den Basisfall unterstellt.

Tabelle 1 Wesentliche Unterschiede zwischen Biogas- und Wärmeleitungsvariante (Basisfall)

Biogasanlage	Leitung (1.000 m)	Wärmeverbraucher (~3.100 MWh/a)	
Variante Wärmeleitung:			
BHKW <u>535</u> kW _{el} (7.900 Vbh/a)	<u>Netzpumpe</u>	Wärmeübergabestation mit Wärmetauscher	
aktive Gasentwässerung	<u>Wärmeleitung</u>		
Stromnetzanschluss <u>535</u> kW _{el}			
Notkühler für <u>535</u>			
Variante Biogasleitung:			
BHKW <u>100</u> kW _{el} (wärmegeführt, 3.000 Vbh/a, Zündstrahl)	<u>Biogasleitung</u>	BHKW <u>535</u> kW _{el} (7.330 Vbh/a)	Wärmeübergabestation mit Wärmetauscher
aktive Gasentwässerung	<u>Gasverdichter (50 mbar_ü)</u>	Stromnetzanschluss <u>535</u> kW _{el}	
Stromnetzanschluss <u>100</u> kW _{el}		Notkühler für <u>535</u>	
Notkühler für <u>100</u>			

(unterstrichene Elemente unterscheiden sich voneinander)

In der Variante Biogasleitung wurde unterstellt, dass das BHKW 100 ausschließlich zur Wärmeversorgung der Fermenter (< 10 %) dient. Beim Wärmeverbraucher wird dann das BHKW 535 installiert. Im Gesamten steht in beiden Varianten die gleiche Biogasenergie zur Verfügung. Dies bedeutet in der Variante Biogasleitung, dass dem BHKW 535 weniger Biogasenergie zur Verfügung steht, was an den Vollbenutzungsstunden erkennbar ist.¹¹ Der Wärmebedarf des

¹¹ Theoretisch könnte man beim Wärmeverbraucher ein etwas kleineres BHKW kalkulieren. Dies wurde unterlassen, da dieses wiederum einen schlechteren elektrischen Wirkungsgrad aufweisen wird. Gleichzeitig wurde angenommen, dass diese geringen

Verbrauchers beträgt hier 70 % der Wärmeproduktion des BHKW 535 in Variante Biogasleitung.

Die beiden Varianten unterscheiden sich ökonomisch in den Punkten aus Tabelle 2.

Tabelle 2 ökonomisch relevante Unterschiede

Unterschied (Vergleich Biogasleitung zu Wärmeleitung)	Diskussion
Leitungs- und Tiefbauinvestitionskosten deutlich geringer	Hier unterstellte Relationen: <i>Leitungskosten</i> Biogas : Wärme = 1 : 3 <i>Tiefbaukosten</i> Biogas : Wärme = 2 : 3
höhere spezifische Investitionskosten für 2 BHKW	nach allgemein üblichen Kostensätzen berücksichtigt
höhere spezifische Instandhaltungskosten für 2 BHKW	nach allgemein üblichen Kostensätzen
geringerer elektrischer Wirkungsgrad für 2 BHKW	berücksichtigt nach allgemein üblichen Kostensätzen berücksichtigt
ggf. zusätzliche Netzanschlusskosten für 2 BHKW	hier <u>keine</u> Mehrkosten angesetzt
ggf. zusätzliche Einhausungskosten für 2 BHKW	hier <u>keine</u> Mehrkosten angesetzt
Höhere Investitionskosten durch Gasverdichter anstelle von Netzpumpe	nach allgemein üblichen Kostensätzen berücksichtigt
U.U. höhere Entwässerungskosten für das Biogas (Literatur: ¹²)	Hier wurde unterstellt, dass für die BHKW-Verstromung ohnehin ein aktive Gasentwässerung notwendig ist, deren Entwässerungsleistung auch für den Biogastransport über die Leitung ausreicht – <u>keine</u> Mehrkosten angesetzt
U.U. 24 h-Rufbereitschaft für Entstördienst	Nach Kenntnisstand von C.A.R.M.E.N. e.V. werden hier keine Kosten in relevanten Größenordnungen anfallen – <u>keine</u> Mehrkosten berücksichtigt.
Mehraufwendungen durch zusätzliche Genehmigungsfragen	Hier wurden etwas erhöhte Planungs- und Verwaltungskosten abgeschätzt.
Ggf. höhere Investitionskosten durch intensive Minderung der Lärmemissionen (Literatur ¹³)	hier <u>keine</u> Mehrkosten angesetzt
Ggf. 2 BHKW als zwei EEG-Anlagen – Mehreinnahmen durch geringere Degression (Basisvergütung und Nawaro-Bonus)	in der Basisvariante nicht unterstellt
Ggf. höhere Lohnkosten durch Betreuung eines 2. BHKW-Standorts	hier <u>keine</u> Mehrkosten angesetzt
Ggf. Ersparnis eines Wärmetauschers	dies wurde hier nicht berücksichtigt, da i.d.R. eine hydraulische Trennung von Vorteil ist
Ggf. etwas höherer Elektrizitätsbedarf für Notkühlerbetrieb für die Vernichtung von zusätzlich < 240 MWh/a. (Diese werden in der Wärmeleitungsvariante als Abstrahlverluste vernichtet.)	hier <u>keine</u> Mehrkosten angesetzt

Vollbenutzungsstunden von 7.330 Vbh/a nicht zu einem erhöhten Betrieb des BHKW in Teillast mit geringerem elektrischen Wirkungsgrad führen.

4. Ökonomische Vorzüglichkeit

Die jeweiligen Investitions-, Kapital- und Instandhaltungskosten für die jeweiligen Varianten sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 dargestellt. Der kalkulatorische Zinssatz wurde mit 5,0 % angesetzt.

Tabelle 3 Investitions-, Kapital- und Instandhaltungskosten Variante Wärmeleitung (Basisfall)

Hauptgewerk	Anschaffungskosten	Nutzungsdauer ^{III}	Annuität (Gleichung 1)	Kapitalkosten	Instandhaltung ¹⁴	
Wärmeleitung	84.000 €	20,0 a	8,0%	6.720 €/a	1,0%	840 €/a
Tiefbaukosten	126.000 €	20,0 a	8,0%	10.080 €/a	1,0%	1.260 €/a
Summen bzw. Mittelwerte	210.000 €		8,0%	16.800 €/a	1,0%	2.100 €/a

Tabelle 4 Investitions-, Kapital- und Instandhaltungskosten Variante Biogasleitung (Basisfall)

Hauptgewerk	Anschaffungskosten	Nutzungsdauer	Annuität (Gleichung 1)	Kapitalkosten	Instandhaltung ¹⁴	
Biogasleitung	28.000 €	20,0 a	8,0%	2.240 €/a	1,0%	280 €/a
Tiefbaukosten	84.000 €	20,0 a	8,0%	6.720 €/a	1,0%	840 €/a
2. BHKW für Fermenterbeheizung (wärmegeführt)	80.000 €	10,0 a	13,0%	10.400 €/a	2,2%	1.778 €/a
Gasverdichter-Mehrkosten	18.000 €	12,0 a	11,3%	2.034 €/a	5,0%	900 €/a
Planungsmehrkosten	6.000 €	20,0 a	8,0%	480 €/a	0,0%	0 €/a
Summen bzw. Mittelwerte	216.000 €		10,1%	21.874 €/a	1,8%	3.798 €/a

$$Annuität = \frac{\left[\left(\frac{\text{Zinssatz}}{100\%} + 1 \right)^{\text{Nutzungsdauer}} \right] \cdot \frac{\text{Zinssatz}}{100\%}}{\left(\left(\frac{\text{Zinssatz}}{100\%} + 1 \right)^{\text{Nutzungsdauer}} - 1 \right)} \cdot 100\%$$

Gleichung 1 Annuität¹⁴

In den nachfolgenden Kalkulationen der jährlichen Kosten wurden die Unterschiede von Wärme- zu Biogasleitungsvariante für verschiedene Rahmenannahmen („Fälle“) herausgearbeitet, um die Vorzüglichkeit festzustellen. Je Fall wurde nur eine Rahmenannahme bezogen auf den Basisfall verändert. (Ggf. wurde es durch die Veränderung einer Annahme notwendig, andere Parameter hierzu anzupassen, z.B. Leitungsdruck).

Im Gegensatz zur Wärmeleitungsvariante weist die Variante Biogasleitung einen Block an Kapitalkosten auf, der nahezu unabhängig von der Trassenlänge ist. Zudem sind die spezifischen Kapitalkosten für die Biogasleitung deutlich geringer, als die für die Wärmeleitung. Dadurch ist mit zunehmender Trassenlänge dieser Schnittpunkt der Änderung der Vorzüglichkeit möglich. Dieser Schnittpunkt wurde ebenso zu jedem Fall berechnet und ausgewiesen.

Die gesamten jährlichen Kosten für den Basisfall (nach Tabelle 2) sind in Tabelle 5 dargestellt. In dem Basisfall zeigt sich keine Vorzüglichkeit für die Biogasleitungsvariante. Trotz nahezu i-

^{III} Abweichend von VDI 2067, Blatt 1 ¹⁴ – dort werden 50 Jahre vorgeschlagen

dentischer Investitionskosten weist die Biogasleitungsvariante höhere jährliche Kapitalkosten auf. Dies ist auf die Komponenten mit geringeren Nutzungsdauern als 20 Jahre zurückzuführen. Die höheren verbrauchsgebundenen Kosten für die Biogasleitungsvariante sind durch die Zündölkosten begründet. Im Basisfall weist die Biogasleitungsvariante eine Vorzüglichkeit ab 2.400 m auf.

Tabelle 5 jährliche Kosten

Kosten	Basis (1 km Trasse, 50 mbar _ü) Vorzüglichkeit Biogasleitung ab 2.400 m	
	Wärmeleitung	Biogasleitung
Spezifische Leitungskosten (Gleichung 3)	84 €/m	28 €/m
Spezifische Tiefbaukosten (Gleichung 4)	126 €/m	84 €/m
Kapitalkosten	16.800 €/a	21.874 €/a
Instandhaltungskosten	2.100 €/a	3.798 €/a
verbrauchsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	2.503 €/a	5.166 €/a
Einnahmenausfall (Gleichung 2)		676 €/a
betriebsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	210 €/a	1.410 €/a
Summe:	21.613 €/a	32.924 €/a

$$\text{Einnahmenausfall} = \text{Vergütung EEG}_{\text{Wärmeleitung}} - \text{Vergütung EEG}_{\text{Biogasleitung}}$$

Gleichung 2 Einnahmenausfall

$$\text{spezifische_Leitungskosten} = \frac{\text{Leitungskosten}}{\text{Trassenlänge}}$$

Gleichung 3 spezifische Leitungskosten

$$\text{spezifische_Tiefbaukosten} = \frac{\text{Tiefbaukosten}}{\text{Trassenlänge}}$$

Gleichung 4 spezifische Tiefbaukosten

In Tabelle 6 wurde in dem Fall „Biogasbrenner“ das BHKW 100 zur Beheizung der Fermenter in der Variante Biogasleitung durch einen Gasbrenner ersetzt. Dies führt zu geringen Kapitalkosten. Der Einnahmenausfall durch die ausschließliche Verbrennung eines Teils des Biogases übersteigt jedoch diese Verminderung der Kapitalkosten. Die Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante zeigt sich in diesem Fall ab 3.400 m.

Im Fall „Hackschnitzelkosten“ wurde das BHKW 100 durch einen Hackschnitzelkessel ersetzt, der Wärme zu 5 CENT/kWh zur Verfügung stellen kann. Damit reduzieren sich die Kapitalkosten, erhöhen sich jedoch die verbrauchsgebundenen Kosten. Die Vorzüglichkeit der Wärmeleitungsvariante erhöht sich im Vergleich zum Basisfall. Die Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante zeigt sich in diesem Fall ab 2.500 m.

Tabelle 6 jährliche Kosten – „Biogasbrenner“ bzw. „Hackschnitzelkessel“

Kosten	Biogasbrenner Vorzüglichkeit Biogasleitung ab 3.400 m		Hackschnitzelkessel Vorzüglichkeit Biogasleitung ab 2.500 m	
	Wärmeleitung	Biogasleitung	Wärmeleitung	Biogasleitung
Kapitalkosten (Gleichung 1)	16.800 €/a	12.203 €/a	16.800 €/a	11.314 €/a
Instandhaltungskosten	2.100 €/a	2.144 €/a	2.100 €/a	2.020 €/a
verbrauchsgebundene Kosten	2.586 €/a	620 €/a	2.684 €/a	19.757 €/a
Einnahmenausfall (Gleichung 2)		25.408 €/a		0 €/a
betriebsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	210 €/a	1.339 €/a	210 €/a	1.330 €/a
Summe:	21.696 €/a	41.714 €/a	21.794 €/a	34.421 €/a

In Tabelle 7 wurde unterstellt, dass die zwei BHKW aus der Biogasvariante als zwei Biomasseanlagen nach § 8 EEG gelten, was zu höheren Stromeinnahmen führt.^{IV} Die Vorzüglichkeit der Wärmeleitungsvariante ändert sich dadurch jedoch nicht grundsätzlich. Die Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante zeigt sich in diesem Fall ab 1.800 m. In einem weiteren Fall wurde in Tabelle 7 unterstellt, dass die Tiefbaukosten deutlich geringer ausfallen, als dies allgemein üblich ist.^V Insgesamt sind die jährlichen Kosten geringer als im Basisfall - die Vorzüglichkeit der Wärmeleitungsvariante steigt dadurch jedoch an, da in der Biogasleitungsvariante andere Kosten als Tiefbaukosten überwiegen. Die Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante zeigt sich in diesem Fall ab 3.800 m.

Tabelle 7 jährliche Kosten – „2 BHKW gelten als 2 Biomasseanlagen“ bzw. „deutlich reduzierte spezifische Tiefbaukosten“

Kosten	2 BHKW gelten als 2 Biomasseanlagen Vorzüglichkeit Biogasleitung ab 1.800 m		deutlich reduzierte spezifische Tiefbaukosten Vorzüglichkeit Biogasleitung ab 3.800 m	
	Wärmeleitung	Biogasleitung	Wärmeleitung	Biogasleitung
Spezifische Leitungskosten (Gleichung 3)	84 €/m	28 €/m	84 €/m	28 €/m
Spezifische Tiefbaukosten (Gleichung 4)	126 €/m	84 €/m	15 €/m	10 €/m
Kapitalkosten	16.800 €/a	21.874 €/a	7.920 €/a	15.794 €/a
Instandhaltungskosten	2.100 €/a	3.798 €/a	990 €/a	3.058 €/a
verbrauchsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	2.503 €/a	5.166 €/a	2.503 €/a	5.166 €/a
Einnahmenausfall (Gleichung 2)		-3.854 €/a		676 €/a
betriebsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	210 €/a	1.410 €/a	99 €/a	1.336 €/a
Summe:	21.613 €/a	28.394 €/a	11.512 €/a	26.030 €/a

Ähnliches gilt für den Fall nach Tabelle 8. Dort wurde unterstellt, dass die angekündigte Förderung¹ für diesen Fall und in voller Höhe bewilligt würde.^{VI} Die Vorzüglichkeit der Wärmeleitungsvariante ändert sich nicht, da auch für die Wärmeleitungsvariante eine Förderung gewährt werden soll. Die Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante zeigt sich in diesem Fall ab 3.100 m.

^{IV} Dieser Sachverhalt ist rechtlich nicht eindeutig geklärt und im Einzelfall mit dem Stromversorger abzustimmen.

^V Es ist zu überprüfen, ob ein Tiefbau in Eigenleistung gemäß Abbildung 1 zulässig ist.

^{VI} Reduktion der Kapitalkosten in voller Höhe der Förderung bei Leitungs- und Tiefbaukosten. Reduktion der Verdichterkapitalkosten nur durch Minderung der Zinskosten in Höhe der Förderung – keine Minderung der Abschreibung.

Tabelle 8 jährliche Kosten – „angekündigte Förderung“

Kosten	Förderung Vorzüglichkeit Biogasleitung ab 3.100 m	
	Wärmeleitung	Biogasleitung
Kapitalkosten	12.000 €/a	19.202 €/a
Instandhaltungskosten	2.100 €/a	3.798 €/a
verbrauchsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	2.503 €/a	5.166 €/a
Einnahmenausfall (Gleichung 2)		676 €/a
betriebsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	150 €/a	1.376 €/a
Summe:	16.753 €/a	30.218 €/a

In Tabelle 9 wurde unterstellt, dass anstatt 70 % der Überschusswärme BHKW 535 (Biogasleitungsvariante) 100 % der Überschusswärme vermarktet werden kann. Dann zeigt sich die Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante deutlich. In der Biogasleitungsvariante wird bedingt durch den schlechteren elektrischen Wirkungsgrad und aufgrund des Zündölanteils mehr Wärme produziert. Zudem entstehen in der Biogasleitungsvariante keine Abstrahlverluste in der Leitung. Diese müssen in diesem Fall in der Wärmeleitungsvariante durch einen fossilen Spitzenlastkessel mit mindestens Wärmegestehungskosten in Höhe von 7,5 CENT/kWh produziert werden. Die Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante besteht in diesem Fall bereits ab 700 m.

Tabelle 9 jährliche Kosten – „100 % Überschusswärme vermarktbar“ bzw. „Beheizung Fermenter „kostenneutral““

Kosten	100 % Überschusswärme vermarktbar Vorzüglichkeit Biogasleitung ab 700 m		Beheizung Fermenter „kostenneutral“ Vorzüglichkeit Biogasleitung ab 300 m	
	Wärmeleitung	Biogasleitung	Wärmeleitung	Biogasleitung
Spezifische Leitungskosten (Gleichung 3)	84 €/m	28 €/m	84 €/m	28 €/m
Spezifische Tiefbaukosten (Gleichung 4)	126 €/m	84 €/m	126 €/m	84 €/m
Kapitalkosten (Gleichung 1)	16.800 €/a	21.874 €/a	16.800 €/a	11.314 €/a
Instandhaltungskosten (in Anlehnung an ¹⁴)	2.100 €/a	3.798 €/a	2.100 €/a	2.020 €/a
verbrauchsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	24.397 €/a	5.166 €/a	2.684 €/a	645 €/a
Einnahmenausfall (Gleichung 2)		676 €/a		0 €/a
betriebsgebundene Kosten (in Anlehnung an ¹⁴)	210 €/a	1.410 €/a	210 €/a	1.330 €/a
Summe:	43.507 €/a	32.924 €/a	21.794 €/a	15.309 €/a

Ähnlich ändert sich die Vorzüglichkeit zu Gunsten der Biogasleitung, wenn die Beheizung der Fermenter anderweitig sichergestellt ist, wie dies in Tabelle 9 unterstellt wurde. Dies ist oft dann der Fall, wenn Biogasanlagen erweitert werden und bereits mindestens ein ausreichend großes BHKW an den Fermentern installiert ist, was der Fermenterbeheizung dienen soll.^{VII} Dieser Fall gilt grundsätzlich auch dann, wenn der Investor ohnehin zwei BHKW installieren wollte, wie dies bei moderneren Zündstrahl-BHKW manchmal der Fall ist. Die Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante besteht in diesem Fall bereits ab 300 m.

^{VII} Dabei wurde nicht berücksichtigt, dass in diesem Fall in der Wärmeleitungsvariante nach Ende der Nutzungsdauer zwei BHKW durch eines mit einem höheren elektrischen Wirkungsgrad und geringeren spez. Instandhaltungskosten ersetzt werden könnten.

5. Zusammenstellung ökonomische Vorzüglichkeit

In Tabelle 10 wurden die hier untersuchten Fälle bzgl. der Vorzüglichkeit zusammengestellt.

Tabelle 10 Zusammenstellung Vorzüglichkeit

Fall	Vorzüglichkeit - Variante		Vorzüglichkeit Biogasleitung ab
	Wärmeleitung	Biogasleitung	
Basis	X		2.400 m
Biogasbrenner	X		3.400 m
Hackschnitzelkessel	X		2.500 m
angekündigte Förderung	X		3.100 m
2 BHKW gelten als 2 Biomasseanlagen	X		1.800 m
deutlich reduzierte spezifische Tiefbaukosten	X		3.800 m
100 % Überschusswärme vermarktbarm		X	700 m
Beheizung Fermenter „kostenneutral“		X	300 m

Aus Tabelle 10 ist ersichtlich, dass die ökonomische Vorzüglichkeit von Biogasleitungen in der Basisvariante trotz geringerer Leitungskosten nur in einigen Fällen gegeben ist. Die Stärken von Biogasleitungen kommen insbesondere bei sehr großen Entfernungen, bei sehr hohen Wärmeverwertungsquoten sowie bei Erweiterungen von Biogasanlagen deutlich zum Vorschein. Es ist darüber hinaus anzunehmen, dass eine Vorzüglichkeit für Biogasleitungen dann besteht, wenn anstelle einer Warmwasserleitung eine Thermoöl- oder Dampfleitung nötig wäre.

6. Energetischer Vergleich

Wie aus Tabelle 11 ersichtlich ist, kann angenommen werden, dass der Bedarf an Elektrizität für den Energieträgertransport über die Leitung in der Biogasleitungsvariante^{VIII} etwas geringer ausfällt, als in der Wärmeleitungsvariante^{IX}. Berücksichtigt man zusätzlich, dass ein Teil des Biogases in einem kleineren BHKW mit schlechterem elektrischen Wirkungsgrad verstromt wird, vermindert sich die energetische Vorzüglichkeit der Biogasleitungsvariante. Bei einer Inbetriebnahme im Jahr 2008 muss das Zündöl im mindesten Biodiesel oder Biomasse sein. Dennoch stellt der Zündölanteil in der Vorzüglichkeitsbetrachtung einen Energiemehrverbrauch dar, der in der Wärmeleitungsvariante im Basisfall so nicht entsteht. Es wurde unterstellt, dass im Leistungsbereich von 500 kW_{el} vorzugsweise Gas-Otto-BHKW installiert werden. Damit erscheint auch die energetische Vorzüglichkeit im Basisfall für die Biogasleitung nicht gegeben.

Tabelle 11 Bilanz Elektrizität (Berücksichtigung Zündöl) - Basisfall

	Wärmeleitung	Biogasleitung
Energietransport	16.689 kWh/a	3.991 kWh/a
Minderproduktion		4.415 kWh/a
Elektrizität aus Zündöl		15.002 kWh/a
Summe	16.689 kWh/a	23.408 kWh/a

Anders gestaltet sich die energetische Vorzüglichkeit, wenn die gesamte Überschusswärme vermarktet wird. Dies ist in Tabelle 12 dargestellt. Hier kann der Pumpstrombedarf ansteigen.

^{VIII} Verdichterenergiebedarf kalkuliert vereinfacht nach isothermer Verdichterarbeit und Wirkungsgrad von 70 %

^{IX} Pumpstrombedarf angesetzt mit 0,5 % bzgl. Wärmeenergie transport

Zugleich muss der Spitzenwärmebedarf mit einem Heizkessel bereit gestellt werden. In diesem Fall liegt die energetische Vorzüglichkeit eindeutig bei der Variante Biogasleitung.

Tabelle 12 Bilanz Elektrizität, Heizöl und Zündöl

	Wärmeleitung	Biogasleitung
Energietransport	23.327 kWh/a	3.991 kWh/a
Zündöl		15.002 kWh/a
Heizöl^x	92.878 kWh _{äq} /a	
Minderproduktion		4.415 kWh/a
Summen	116.205 kWh/a	23.408 kWh/a

7. Abschluss

Auch wenn zunächst die geringen Investitionskosten für Biogasleitungen bestechen, ist es notwendig, alle Aufwendungen sowie Gutschriften zu berücksichtigen, die sich gegenüber der Variante Wärmeleitung ergeben. Dann gewinnt die Biogasleitung nur die Vorzüglichkeit, wenn sehr weite Strecken zu überwinden sind, wenn die gesamte Überschusswärme vermarktet werden kann oder die Beheizung der Fermenter anderweitig gesichert ist. Ähnliches gilt für die energetische Vorzüglichkeit der Biogasleitung. Diese ist nicht pauschal gegeben, sondern nur wenn die gesamte Überschusswärme vermarktet werden kann.

Literatur:

- ¹ Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 5. Dezember 2007. http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/foerderrichtlinie_waerme.pdf; Wärmeleitung 60 €/m; Biogasleitung und -verdichter 30 %
- ² Wagner, R. Wärmenetze aus Biogasanlagen – der Schlüssel zum ökonomischen Erfolg. 13. C.A.R.M.E.N. e.V.-Symposium „Im Kreislauf der Natur – Naturstoffe für die moderne Gesellschaft“. Biomasse und Sonne – Bauen, Heizen, Einspeisen. 1. Auflage. ISBN: 3-937441-09-3. C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing: 2005
- ³ QM-Holzheizwerke. EXCEL-Tabelle Situationserfassung: http://www.qmholzheizwerke.de/downloads/Situationserfassung_V17_DE_FR.xls sowie Anleitung zur EXCEL-Tabelle Situationserfassung: <http://www.qmholzheizwerke.de/downloads/Situationserfassung20070926.pdf>, Download: 12.12.07
- ⁴ Schulz, W. Verwertung von Wärmeüberschüssen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen, <http://www.fnr-server.de/cms35/index.php?id=1205&idtitel=297&idkat=0&pflanzen=0&verarbeitung=0&gruppen=0&titelsuche=>, Download: 11.12.07
- ⁵ C.A.R.M.E.N. e.V. Bezugsquellen- Wärmeleitungen. <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/waermeleitungen.html>, Download: 12.12.07
- ⁶ C.A.R.M.E.N. e.V. @Design und @Baum. Optimierte Dimensionierung von Nahwärme- Rohrleitungssystemen für dezentrale Biomasseheizwerke. <http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/publikationen/Planungssoftware.pdf> und http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/publikationen/Bestellschein_RDesign-RBaum_WDesign.pdf, Download: 12.12.07
- ⁷ Fiedler, H. Dezentrale Gasnetze zum Transport von Biogas. 13. C.A.R.M.E.N. e.V.-Symposium „Im Kreislauf der Natur – Naturstoffe für die moderne Gesellschaft“. Biomasse und Sonne – Bauen, Heizen, Einspeisen. 1. Auflage. ISBN: 3-937441-09-3. C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing: 2005
- ⁸ C.A.R.M.E.N. e.V. Vorschläge für Passagen eines Wärmeliefervertrages, http://www.qmholzheizwerke.de/downloads/waermeliefervertrag_qm05.pdf, Download: 12.12.07
- ⁹ C.A.R.M.E.N. e.V. Bezugsquellen- Contracting-Gesellschaften. <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/contractoren.html>, Download: 12.12.07
- ¹⁰ QM-Holzheizwerke. Vorschläge für Technische Anschlussbedingungen (TAB) Fernwärme, http://www.qmholzheizwerke.de/downloads/techn_anschlussbedingungen_03.pdf, Download: 12.12.07
- ¹¹ C.A.R.M.E.N. e.V. Wdesign. Software zur Auslegung von Wärmerezeugern zur Nahwärme-Bedarfsdeckung und Stromerzeugung mit Schwerpunkt dezentrale Biomasseheiz(kraft)werke. <http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/publikationen/Planungssoftware.pdf> und http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/publikationen/Bestellschein_RDesign-RBaum_WDesign.pdf, Download: 12.12.07
- ¹² Beese, J. Ferntransport von Biogas. Kosten und Nutzen. S. 5 und 6. Forum, new power. Magazin für erneuerbare rohstoffe und energie. Verlag TH. MANN. GmbH & Co. KG. Gelsenkirchen. Ausgabe: 3/2007
- ¹³ Szabo, A. Wärmenutzung per Biogas-Fernleitung. S. 60-63. ERNEUERBARE ENERGIEN. August 2007
- ¹⁴ Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. Grundlagen und Kostenberechnung. VDI 2067 Blatt 1, September 2000

^x Primärenergiefaktor: 3