

Wirtschaftliche und technische Rahmendaten

Technische Rahmendaten

Annahmen zur Wärmenutzung

Nutzwärmeanteil BHKW zentral	80%
Nutzwärmeanteil BHKW dezentral	20%
Nutzwärmeanteil Heizkraftwerk	44%
Prozesswärmebedarf Nawaro-Biogasanlage	10%
Prozesswärmebedarf Gülle-Biogasanlage	15%
Prozesswärmebedarf Bioabfall-Biogasanlage	15%

Wirkungsgrade der Anlagen

	elektrisch Biogas (dezentral)	elektrisch Erdgas (zentral)	thermisch
BHKW Biogasanlagen	31%	33%	
50m³/h			
250m³/h	36%	38%	
500m³/h	36%	39%	
BHKW 2000 kW		40%	
BHKW Gasturbine 7500 kW	33%	35%	
Gas-Therme			105%
Pellet-Heizung			78%
Scheitholz-Heizung			68%
Hackschnitzel-Heizung			78%
Heizwerk (5MW _e)			85%
Kraftwerk (20MW _e)	30%		
Heizkraftwerk (20MW _e)	37%		85%

Jahresbetriebsstunden

BHKW, Biogaserzeugung	8000 h/a
(Heiz-)Kraftwerk	8000 h/a

Methanverlust bei der Biogasaufbereitung

Druckwechsel-Adsorptions-Verfahren (PSA)	5%
Druckwäscheverfahren (DWW)	2%

Biogasqualitäten

	Methangehalt	Energiegehalt Produktgas kWh/Nm³ ohne LPG	
		PSA-Verfahren	DWW-Verfahren
Gülle-Anlage	57%		
Nawaro-Anlage	53%	Gülle-Anlage 9,68	9,69
Biotonne	62%	Nawaro-Anlage 9,63	9,64
Rohsynthesegas	36,8%	Synthesegas 10,223	10,223
Energiegehalt Methan	10 kWh	Bioabfall 9,7	9,7
Energiegehalt angereichertes Biogas (Gülle)	9,7 kWh/m³	Energiegehalt Produktgas kWh/Nm³ mit LPG	
Energiegehalt angereichertes Biogas (Nawaro)	9,6 kWh/m³	Gülle-Anlage 11,11	11,09
Dichte angereichertes Biogas	0,743 kg/m³	Nawaro-Anlage 11,23	11,22
		Synthesegas 11,33	11,33
		Bioabfall 11,1	11,1
		Zusatzgas BG250N 5,16	

Ökonomische Rahmendaten

Anlagentechnik

	Annuitätenfaktor	Nutzungsdauer (a)	Wartung und	Schornsteinfeger
Gasturbine	0,0830	22 a	0,008 €/kWhel	
Gas-Brennwert-Kessel	0,0872	20 a	2,0%	58,70 €
Festbrennstoff-Kessel (Heiz-)Kraftwerk	0,0872	20 a		123,00 €
Technik	0,0872	20 a	3,5%	
Bau	0,0634	50 a	1,0%	
Biogasanlage	0,0990	16 a		
Technik	0,1359	10 a		
Bau	0,0872	20 a		
Blockheizkraftwerk (Erdgas)	0,1030	15 a		
Blockheizkraftwerk (Biogas)	0,1610	8 a		
Tankstelle	0,0872	20 a	0,02 €/Nm³	
Aufbereitung			5%	

Blockheizkraftwerke

Wartung und Instandhaltungskosten	100 kW 0,0187	500 kW 0,0127	1000 kW 0,0107	2000 kW 0,01	€/kWh _{el}
-----------------------------------	------------------	------------------	-------------------	-----------------	---------------------

Substrate

	Kosten	Energiegehalt	Kosten in €ct pro kWh
Maissilage	30 €/t	971 kWh	3,09
Gülle	0 €/t	150 kWh	-
Pellets	175 €/t	5000 kWh	3,50
Stückholz	132 €/t	4000 kWh	3,30
Hackschnitzel (Waldholz)	61,5 €/t	3611 kWh	1,70
Hackschnitzel (Industrieholz)	39 €/t	3611 kWh	1,08
Biotonne	-35 €/t	615 kWh	5,69

Durchleitung

Wartung und Instandhaltung	1,0%
Betriebsmittel	0,5%
Annuität	0,1030
Nutzungsdauer	15 a
Trassenlänge	1000 m
Kosten	160 €/m
Durchleitung	0,74 €/(km*(Nm³/h)*a)
Strecke	20 km
Spezifischer Preis	4,34 €/(Nm³*a)

Energiepreise

	Preis
Strom	0,120 €/kWh
Wärme (Erdgaspreis)	0,0100 €/MJ _{th}
Kraftstoff (Erdgas)	0,710 €/kg
Kraftstoff (Erdgas)	0,015 €/MJ
Heizöl	0,432 €/l
Diesel	1 €/l
Wärme aus der Brennwerttherme (Vergleich)	0,0604 €/kWh _{th}

Ökonomische Analyse - Grundlagen der Vollkostenbetrachtung über den Nutzungspfad

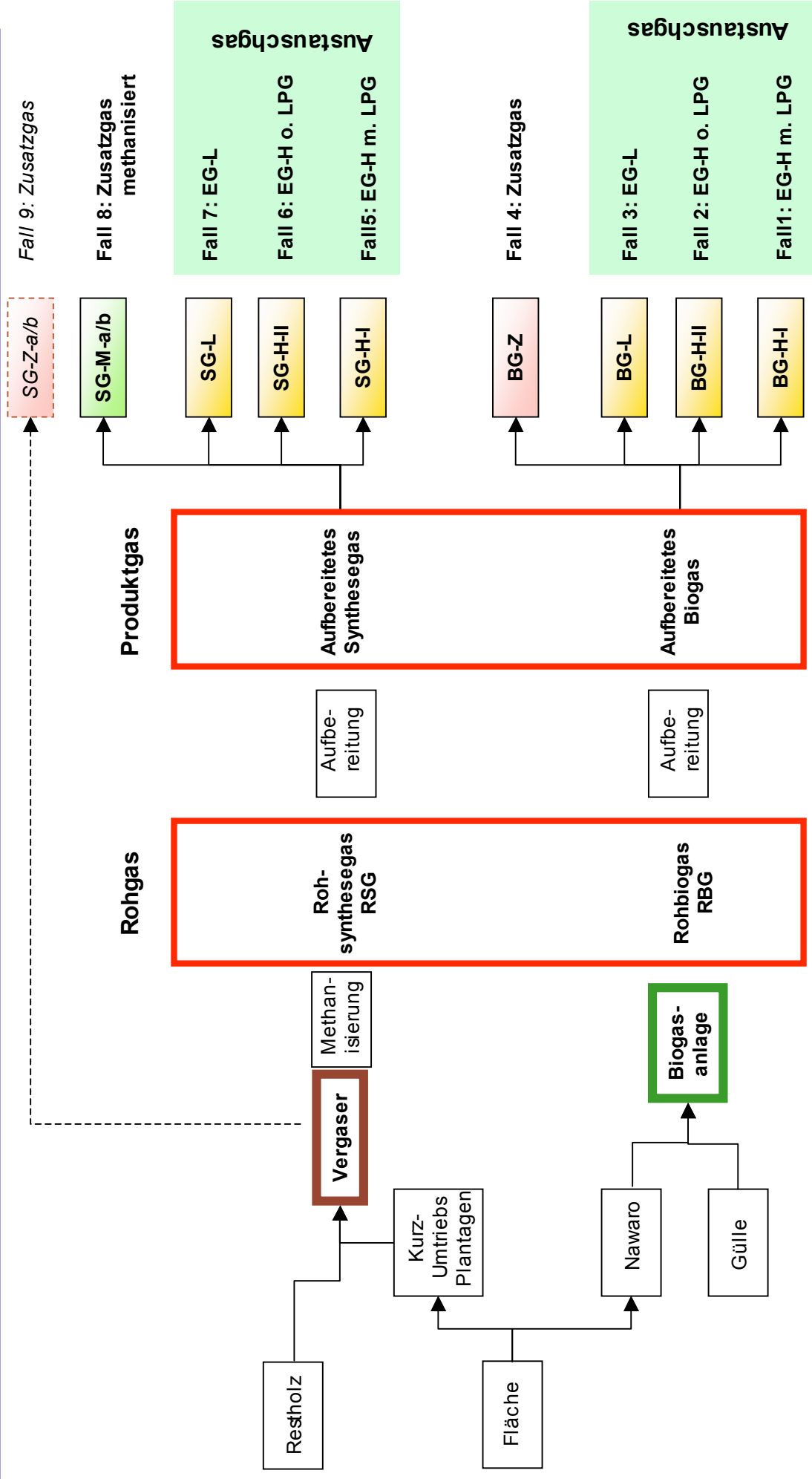
- Vorgehen nach VDI 2067
- Anlagenteile werden über ihre technische Nutzungsdauer abgeschrieben
- Investitionen werden als Kosten im Verlauf der gesamten Abschreibungsdauer ausgewiesen
- Kein Restwert nach Ablauf der Nutzungsdauer
- Mischzinssatz von 6 %
- Erträge nach EEG mit Basisjahr 2005
- Ergebnisse in Form von Energie-Gestehungskosten pro kWh Endenergie

Definition und Bezeichnung der Biogas-Nutzungspfade

Rohgasquelle	Hauptanteil (90%) des Substrats der Vergärung	Anlagenkapazität (m ³ Rohgas / h)	Ort der Gasnutzung	Art der Gasnutzung	Beispiel
Biogas aus Vergärung BG	Gülle G		vor Ort ohne Einspeisung oE	Stromerzeugung (BHKW) 0,1 MWel 0,5 MWel 1 MWel	BG N 250 oE 0,5MWel Biogasanlage auf Basis Nawaro-Mais (90%) mit Rohgaskapazität 250m³/h ohne Gasaufbereitung und Einspeisung zur Stromerzeugung vor Ort im BHKW (Leistung 0,5MWel)
	Nawaro (Mais) N	50 250 500	Aufbereitung mit Einspeisung ins GAsnetz s. nächste Folie	Wärme in Gastherme 30kWth	
	Biotonne B			Kraftstoff an CNG-Tankstelle TS	

Modellfall	Abkürzung	Bedeutung
1	BG-HI	Auf Erogas-H-Qualität aufbereitetes Biogas mit Brennwertanpassung (LPG) auf Nennwert G260, W _t 15,0 kWh/Nm ³
2	BG-HII	Auf Erogas-H-Qualität aufbereitetes Biogas ohne Brennwertanpassung, W _t 14,1 kWh/Nm ³
3	BG-L	Auf Erogas-L-Qualität aufbereitetes Biogas mit Brennwertanpassung (Luft) auf Nennwert G260, W _t 12,4 kWh/Nm ³
4	BG-Z	Teilaufbereitetes Biogas ohne CO ₂ -Abtrennung, Einspeisung als Zusatzgas, W _t 6,3 – 6,7 kWh/Nm ³
5	SG-HI	Auf Erogas-H-Qualität aufbereitetes Synthesegas aus Biomassevergasung mit Brennwertanpassung (LPG) auf Nennwert G260, W _t 15,0 kWh/Nm ³
6	SG-HII	Auf Erogas-H-Qualität aufbereitetes Synthesegas aus Biomassevergasung ohne Brennwertanpassung, W _t 14,3 kWh/Nm ³
7	SG-L	Auf Erogas-L-Qualität aufbereitetes Synthesegas aus Biomassevergasung mit Brennwertanpassung (Luft) auf Nennwert G260, W _t 12,4 kWh/Nm ³
8	SG-M-a	Teilaufbereitetes, methanisierendes Synthesegas aus Biomassevergasung ohne CO ₂ -Abtrennung, Einspeisung als Zusatzgas, W _t 5,0 bzw. 5,1 kWh/Nm ³ ; 2 versch. Varianten der Teilaufbereitung
9	SG-Z-a	Teilaufbereitetes, nicht methanisierendes Synthesegas aus Biomassevergasung ohne CO ₂ -Abtrennung, Einspeisung als Zusatzgas, W _t 2,9 bzw. 3,2 kWh/Nm ³ ; 2 versch. Varianten der Teilaufbereitung
	PSA	Druckwellensorption
	DMW	Druckwasserwäsche

Übersicht der Erzeugungs- und Einspeisefälle von aufbereitetem Biogas und Synthesegas



Definition der Aufbereitungs- und Einspeisefälle (Modellfälle) (Biogas BG und Synthesegas SG)

Modellfall	Abkürzung	Bedeutung
1	BG-H-I	Auf Erdgas-H-Qualität aufbereitetes Biogas mit Brennwertanpassung (LPG) auf Nennwert G260, W_s 15,0 kWh/Nm ³
2	BG-H-II	Auf Erdgas-H-Qualität aufbereitetes Biogas ohne Brennwertanpassung, W_s 14,1 kWh/Nm ³
3	BG-L	Auf Erdgas-L-Qualität aufbereitetes Biogas mit Brennwertanpassung (Luft) auf Nennwert G260, W_s 12,4 kWh/Nm ³
4	BG-Z	Teilaufbereitetes Biogas ohne CO ₂ -Abtrennung, Einspeisung als Zusatzgas, W_s 6,3 – 6,7 kWh/Nm ³
5	SG-H-I	Auf Erdgas-H-Qualität aufbereitetes Synthesegas aus Biomassevergasung mit Brennwertanpassung (LPG) auf Nennwert G260, W_s 15,0 kWh/Nm ³
6	SG-H-II	Auf Erdgas-H-Qualität aufbereitetes Synthesegas aus Biomassevergasung ohne Brennwertanpassung, W_s 14,3 kWh/Nm ³
7	SG-L	Auf Erdgas-L-Qualität aufbereitetes Synthesegas aus Biomassevergasung mit Brennwertanpassung (Luft) auf Nennwert G260, W_s 12,4 kWh/Nm ³
8	SG-M-a SG-M-b	Teilaufbereitetes, methanisiertes Synthesegas aus Biomassevergasung ohne CO ₂ -Abtrennung, Einspeisung als Zusatzgas, W_s 5,6 bzw. 9,1 kWh/Nm ³ , 2 versch. Varianten der Teilaufbereitung
9	SG-Z-a SG-Z-b	Teilaufbereitetes, nicht methanisiertes Synthesegas aus Biomassevergasung ohne CO ₂ -Abtrennung, Einspeisung als Zusatzgas, W_s 2,9 bzw. 5,2 kWh/Nm ³ , 2 versch. Varianten der Teilaufbereitung

PSA *Druckwechselsorption*

DWW *Druckwasserwäsche*

Beispielfälle:
BG-G-250-H-I

Auf Erdgas-H-Qualität aufbereitetes Biomethan mit Brennwertanpassung (LPG) aus einer Biogasanlage mit einer Kapazität von 250 Nm³/h Rohbiogas, verwendetes Substrat 10% Nawaro-Mais und 90% Gülle

BG-N-500-DWW-L
Mittels Druckwasserwäsche (DWW) auf Erdgas-L-Qualität aufbereitetes Biomethan mit Brennwertanpassung (Luft) aus einer Biogasanlage mit einer Kapazität von 500 Nm³/h Rohbiogas, verwendetes Substrat 90% Nawaro-Mais und 10% Gülle

Kalkulationsbeispiel: Kosten der Biogasaufbereitung (DWW)

Biogasaufbereitung mit DWW Produktgas Erdgas-H o. LPG (Fall 2)	Einheit Nm ³ /h	BG-N-xxx-H			BG-G-xxx-H		
		50	250	500	50	250	500
1. Investitionskosten	[EUR]	1.062.520	1.979.800	3.119.250	1.049.350	2.071.660	3.058.100
a) Biogaserzeugung inkl. Substrataufbereitung+lagerung *	[EUR]	358.970	1.120.900	2.180.250	345.800	1.212.760	2.119.100
b) Druckwasserwäsche (Verdichtung, Trocknung)	[EUR]	626.600	768.600	842.100	626.600	768.600	842.100
c) HOAI u. Baunebenkosten (Gasaufbereitung)	[EUR/a]	76.950	90.300	96.900	76.950	90.300	96.900
2. Jährliche Kosten	[EUR/a]	288.340	783.900	1.410.000	246.780	588.400	1.030.700
a) Biogaserzeugung inkl. Substrataufbereitung+lagerung *	[EUR/a]	90.110	421.410	837.620	53.120	239.750	459.870
- Substrataufbereitung	[EUR/a]	74.250	371.250	742.500	36.450	179.550	360.450
- Substrataufbereitung und Lagerung	[EUR/a]	6.860	27.460	54.920	3.370	16.600	26.660
- Betriebsmittel und Sonstiges	[EUR/a]	9.000	22.700	40.200	13.300	43.600	72.760
b) DWW inkl. Entschwefelung, Verdichter, Gastrocknung	[EUR/a]	25.720	64.960	133.000	25.720	64.960	133.000
- Strom	[EUR/a]	21.120	58.560	124.800	21.120	58.560	124.800
- Wasser und Sonstiges	[EUR/a]	4.600	6.400	8.200	4.600	6.400	8.200
c) Wartungs- und Instandhaltungskosten	[EUR/a]	17.680	27.090	38.140	18.360	30.030	40.100
d) Personalkosten	[EUR/a]	54.640	102.210	151.060	46.740	64.010	121.530
e) Kapitalkosten	[EUR/a]	100.190	168.230	250.180	102.840	189.650	276.200
3. Laufende Kosten für 15 Jahre	[EUR/15a]	4.325.100	11.758.500	21.150.000	3.701.700	8.826.000	15.460.500

Exemplarische Übersicht über Investitionskosten und laufende Kosten der Biogaserzeugung und -aufbereitung mittels Druckwasserwäsche (DWW)