



Projektbeschreibung „Kotten Büsken“

---

## **Das MasterGas Holzgas-BHKW-System - Projektbeschreibung „Kotten-Büsken“ -**

**Eine biomassebetriebene Kraft-Wärme-Kopplungsanlage  
auf Basis der Holzvergasungstechnik  
mit einer Leistung von 230 kW<sub>el</sub> und 380 kW<sub>th</sub>**

**Planung, Technik und Verfasser:**

MasterGas GbR  
Herr Dipl.-Phys. Wilfried Richter  
Herr Dipl.-Ing. Björn Kuntze, M.Sc.  
Bürgermeister-Smidt-Straße 82  
28195 Bremen

Email: [info@mastergas.de](mailto:info@mastergas.de)  
Fon: 0421 / 333 25 05  
Fax: 0421 / 396 31 83

**Investor und Betreiber:**

Firma Bernhard Büning  
Kotten-Büsken 38  
46325 Borken-Weseke

Email : [bbuening@web.de](mailto:bbuening@web.de)  
Fon : 02862 / 90 70 0  
Fax : 02862 / 90 70 20



Projektbeschreibung „Kotten Büsken“

## Der Betreiber

Herr Bernhard Büning ist Inhaber eines Unternehmens im Bereich Abbruch und Bauschutttaufbereitung. Das über mehrere Jahrzehnte gewachsene Unternehmen beschäftigt heute 12 Mitarbeiter. Das Unternehmen ist auf einer ehemals landwirtschaftlich genutzten Hofstelle ansässig.

Die Absicht zur Errichtung einer Anlage zur energetischen Nutzung von Biomasse besteht bereits seit mehreren Jahren. Seitdem beobachtet Herr Büning die Entwicklung der Verfahrenstechnik zur Vergasung von Biomasse und Nutzung des Produktgases in Verbrennungsmotoren. In diesem Zusammenhang entstand der Kontakt zu MasterGas im Jahre 2003.

Im Zuge der Novellierung des EEG zum 1. August 2004 wurde seitens Herrn Büning der Entschluss zur Umsetzung eines entsprechenden Projektes an seinem Standort gefasst.

## Der Standort

Das Betriebsanwesen des Herrn Büning liegt nördlich des Stadtteils Weseke außerhalb der geschlossenen Bebauung. Von der Nutzungsart handelt es sich um ein Industriegebiet, wie es über einen vorhabenbezogenen Bebauungsplan entwickelt wurde.

Auf dem Betriebsgelände befinden sich:

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| - Werkstatt                    | 1400 m <sup>3</sup> |
| - Bürogebäude mit Sozialräumen | 300 m <sup>2</sup>  |
| - Wohnhaus Büning              | 350 m <sup>2</sup>  |
| - 2 Werkwohnungen mit zusammen | 350 m <sup>2</sup>  |

Ferner besteht eine Planung für eine Halle zur Aufbereitung und Lagerung von Frischholz und Holz der Klasse A1 und A2 mit 630 m<sup>2</sup> (zzgl. 420 m<sup>2</sup> Schleppdach). Die Traufenhöhe beträgt 9 m.

In diese geplante Halle soll auch die Holzgaserzeugungsanlage und das BHKW eingebaut werden.

Die nächstgelegenen Wohngebäude ausserhalb des Betriebsgeländes liegen in einer Entfernung von ca. ~~200~~ m.

170



Projektbeschreibung „Kotten Büsken“

## Das Projekt

### Beschreibung

Beabsichtigt ist die Errichtung eines MasterGas Holzgas-BHKW-Systems mit einer elektrischen Leistung von 230 kW und einer thermischen Leistung von 380 kW. Als Brennstoff sollen zunächst die betrieblich anfallenden Althölzer der Klasse A1 und A2 eingesetzt werden. Die bedarfsgerechte Aufbereitung erfolgt über eine betriebseigene Shredderanlage.

Die erzeugte elektrische Energie wird auf Mittelspannungsniveau in das Netz der Stadtwerke Borken eingespeist. Ein entsprechendes Netzanbindungsangebot verbunden mit einer Einspeisezusage der Stadtwerke liegt vor.

### Wärmenutzungskonzept

Die verfahrenstechnisch bedingte Abwärme aus BHKW (Motorkühlwasser, Motoröl, Gemischkühler und Abgas) und aus der Abkühlung des heißen Holzgases wird über Wärmetauscher ausgekoppelt und steht in Form von Warmwasser (Spreizung 90 / 60°C) zur Verfügung.

Die erzeugte thermische Energie soll ganzjährig und vollständig verwertet werden. Hierzu ist ein standortbezogenes Wärmenutzungskonzept bereits über die Jahre entwickelt worden:

- in der Heizperiode werden vorrangig die vorhandenen Gebäude (gesamte Nutzfläche ca. 2.400 m<sup>2</sup>) über ein bereits heute existierendes Nahwärmenetz versorgt. Die Versorgungssicherheit wird über die bestehende Ölheizung sicher gestellt.
- in den Sommer- und Herbstmonaten werden landwirtschaftliche Erzeugnisse (Raps, Mais, Weizen und Gerste) in bereits teilweise vorhandenen Trocknungsanlagen getrocknet
- ganzjährig wird der Brennstoffeigenbedarf der Vergasungsanlage (1.300 t<sub>atro</sub>/a) auf das verfahrenstechnisch erforderliche Mindestmaß getrocknet.
- darüber hinaus werden in Zusammenarbeit mit der BAD Agrarservice GmbH, Borken, Holzhackschnitzel für nahegelegene Hackschnitzelheizanlagen getrocknet (Wertsteigerung).
- mit niedrigster Priorität erfolgt die weitere Nutzung zeitweilig anfallender Überschusswärme zur weiteren Trocknung des Brennstoffeigenbedarfs zur Effizienzsteigerung der Gaserzeugungsanlage.

Die Brennstofftrocknung und Lohntrocknung von Holzhackschnitzeln erfolgt in großflächigen Trocknern. Diese sind zum einen sehr energiesparend und zum anderen können sie diskontinuierlich und mit variablen Wärmeströmen betrieben werden.

Ermöglicht wird dieses flexible Wärmenutzungskonzept dadurch, dass

- jeder der Wärmenutzer mit Wärmeträgermedium Warmwasser betrieben werden kann
- der Brennstoff offline – und damit auf Vorrat – getrocknet werden kann
- der Gaserzeugungsprozess mit einer in gewissen Grenzen variablen Brennstofffeuchte betrieben werden kann.



Projektbeschreibung „Kotten Büsken“

Brennstoff

Wie beschrieben wird in diesem Projekt Altholz der Klassen A1 und A2 eingesetzt. Der Betreiber behält sich den Wechsel zu Brennstoffen im Sinne des § 8 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe a) des zum 01.08.04 in Kraft getretenen EEG (Holz aus der Land- und Forstwirtschaft und aus der Landschaftspflege – sog. NAWARO-Holz) vor.

Technik

Es handelt sich um eine vollautomatische Kraft-Wärme-Kopplungsanlage bestehend aus einer mehrstufigen Holzgas erzeugungsanlage, Gas aufbereitungsanlage und einem Zündstrahl-BHKW.

Im übrigen wird auf die „Technische Anlagenbeschreibung“ verwiesen.

Die besonderen Vorteile der mehrstufigen Prozessführung können der Beschreibung „Erläuterung der verfahrenstechnischen Vorteile der mehrstufigen Verfahrensführung gegenüber einstufigen Gaserzeugern“ entnommen werden

Projektkosten

Aufstellung der Investitionskosten:

Holzvergasungsanlage	263.000 €
BHKW-Anlage	175.000 €
Brennstofftrocknung u. -fördertechnik	125.000 €
Infrastrukturmaßnahmen	28.000 €
Genehmigungskosten u. -gebühren	20.000 €
Planungskosten	55.000 €
<b>Projektgesamtkosten</b>	<b>721.000 €</b>

In dieser Kostenaufstellung nicht enthalten sind die Kosten für die geplante Holzlagerhalle, da diese ohnehin aus betrieblichen Gründen errichtet wird. Das für die Umsetzung des Wärmenutzungskonzeptes erforderliche Nahwärmenetz ist bereits vorhanden und daher kostenmäßig nicht berücksichtigt.



Projektbeschreibung „Kotten Büsken“

Wirtschaftlichkeit

**Technische Eckdaten**

Leistung elektrisch	230kW <sub>el</sub>
Leistung thermisch (abzügl. Brennstofftrocknung)	380kW <sub>th</sub>
Jahresbetriebsstunden	7.500h/a
spez. Brennstoffbedarf (atro)	181 kg/h
Wassergehalt	20%
Jahresbrennstoffbedarf (atro)	1.360t/a
Stromeinspeisung	1.725MWh/a
Wärmeerzeugung (Summe)	2.850MWh/a

**Betriebswirtschaftliche Eckdaten**

Investitionsvolumen	721.000 €
Einspeisevergütung für Strom gemäß EEG	0,141 €/kWh <sub>el</sub>
Verrechnungspreis Wärme	12 €/MWh <sub>th</sub>
Brennstoffkosten (bez. auf Trockenmasse)	10 €/t
Zündölkosten	0,42 €/l
Wartung u. Instandhaltung	20 €/MWh <sub>el</sub>
Rückstellungen für Reinvestitionen	10 €/MWh <sub>el</sub>
Personalkosten (2 h pro Tag)	30 €/h
Reststoffentsorgung (27 t/a)	110 €/t
Strombezugskosten	0,12 €/kWh

**Jahresauswertung**

Erlöse Stromeinspeisung	243.313 €/a	
Erlöse Wärme (externe Nutzung 68 % der erzeugten Wärme)	22.601 €/a	
Summe Erlöse		265.814 €/a
/./ Brennstoffkosten	13.596 €/a	
/./ Zündölkosten	12.601 €/a	
/./ Strombezugskosten	23.761 €/a	
/./ Waschflüssigkeitskosten	6.750 €/a	
/./ Wartung u. Instandhaltung	34.504 €/a	
/./ Rückstellungen	17.252 €/a	
/./ Reststoffentsorgung	2.991 €/a	
/./ Personalkosten	21.900 €/a	
/./ Verwaltung	10.000 €/a	
/./ Fernüberwachung	6.000 €/a	
/./ Versicherung (1,5% des Invest)	10.815 €/a	
/./ kalkulatorische Grundstückskosten	3.000 €/a	
Summe Kosten		163.170 €/a
<b>Jahresergebnis</b>		<b>102.644 €/a</b>



Projektbeschreibung „Kotten Büsken“

<b>Amortisationszeit</b>	
Investitionssumme	721.000 €
Investitionskostenzuschuss (Förderung)	150.000 €
kalkulatorischer Zinssatz	6 %
Annuität	102.644 €
<b>Amortisationszeit</b>	<b>7,2 Jahre</b>
technische Nutzungsdauer:	20 Jahre
Bauzeit nach technischer Klärung	7 Monate
Einfahrdauer (Anlaufzeit)	3 Monate

**Anmerkung:**

Bei der Berechnung der Amortisationszeit wurde von einem Investitionskostenzuschuss in Höhe von 150.000 € ausgegangen. Ohne Gewährung eines Zuschuss beträgt die Amortisationszeit rechnerisch 10,3 Jahre.

In beiden Fällen ist die jährliche Teuerungsrate mit 0 % angesetzt worden. Dies führt zu „geschönten“ Ergebnissen: Holzgas-BHKW-Systeme sind hinsichtlich ihrer laufenden Kosten durch einen hohem Anteil an betriebs- und brennstoffgebundenen Kosten und einem niedrigem Anteil an kapitalgebundenen Kosten geprägt. Den jährlich allgemein steigenden Kosten stehen jedoch konstante Einspeiseerlöse (gemäß EEG) gegenüber. Daher werden die erzielten jährlichen Überschüsse im Laufe der Betriebszeit der Anlage voraussichtlich sinken.



## Referenzen

## Referenzen

Wilfried Richter und Björn Kuntze haben unter anderem folgende Projekte abgeschlossen, bearbeitet oder in entscheidenden Teilen beeinflusst. Dies geschah zum Teil in Angestelltenverhältnissen.

Jahr	Projekt	
1994 - 1998	Aufbau und Betriebsführung eines Holzgas-BHKW-Systems Leistung: 29 kW <sub>el</sub> , 60 kW <sub>th</sub> Standort: Fürstenwalde, Brandenburg	
1996 - 1997	Entwicklung und Realisierung einer mehrstufigen Gaserzeugungsanlage zur Vergasung von Altholz Massendurchsatz: 45 kg / h Holz mit 20 % Feuchte Standort: Siegen, Nordrhein-Westfalen	
1997 - 2002	Entwicklung diverser Windparkprojekte in Norddeutschland	
2002	Entwicklung und Realisierung einer Versuchsanlage zur Entgasung von feinkörnigen Holzbrennstoffen Massendurchsatz: 60 kg / h Holz mit 20 % Feuchte Standort: Berlin	
2003 - 2004	Entwicklung und Realisierung einer mehrstufigen Gaserzeugungsanlage zur Vergasung von Altholz Massendurchsatz: 120 kg / h Holz mit 20 % Feuchte Standort: Bremen	
2004	Studie über die Wirtschaftlichkeit von landwirtschaftlichen Biogasanlagen	
2005	Aufbau einer Pflanzenöl-BHKW-Anlage Leistung: 65 kW <sub>el</sub> , 90 kW <sub>th</sub> Standort: Oberwiesenthal, Sachsen	Inbetriebnahme: Mitte 2005
2005	Erstellung Genehmigungunterlagen und Planung eines Holzgas-BHKW-Systems Leistung: 100 kW <sub>el</sub> Standort: Kuhstedt, Niedersachsen	Inbetriebnahme: Ende 2005
2005	Planung, Konstruktion und Bau eines Holzgas-BHKW-Systems mit Brennstoffrocknungsanlage zur Verstromung von Holzhacksnitzeln Leistung: 435 kW <sub>el</sub> , 600 kW <sub>th</sub> Standort: Großenkneten, Niedersachsen	Inbetriebnahme: Anfang 2006
2005	Entwicklung eines standardisierten Holzgas-BHKW-Systems zur Verstromung von Holzhacksnitzeln Leistung: 60 kW <sub>el</sub> , 100 kW <sub>th</sub> Standort: Bayern	Inbetriebnahme: Ende 2005 Projektabschluss: Mitte 2006



Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

---

## **Das MasterGas Holzgas-BHKW-System**

### **- Technische Beschreibung -**

Eine biomassebetriebene Kraft-Wärme-Kopplungsanlage  
auf Basis der Holzvergasungstechnik  
mit einer Leistung von 230 kW<sub>el</sub> und 380 kW<sub>th</sub>

MasterGas GbR  
Herr Dipl.-Phys. Wilfried Richter  
Herr Dipl.-Ing. Björn Kuntze, M.Sc.  
Bürgermeister-Smidt-Straße 82  
28195 Bremen

Email: [info@mastergas.de](mailto:info@mastergas.de)  
Fon: 0421 / 333 25 05  
Fax: 0421 / 396 31 83





Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

## Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

Das MasterGas Holzgas-BHKW-System benutzt die Technologie der Vergasung, um ausgehend vom Rohmaterial Holz gekoppelt Wärme (Heizung oder Prozesswärme) und Kraft (elektrischer Energie) zu erhalten.

Mit dem MasterGas-Verfahren kann aus minderwertiger holzartiger Biomasse energetisch hochwertiges Holzgas produziert werden, welches direkt einem konventionellen Verbrennungsmotor (BHKW) zugeführt werden kann.

### Beschreibung des Verfahrens

Das Holzgas wird in einem Gaserzeugungsreaktor hergestellt. Diesem wird von oben der Brennstoff (Holzhackschnitzel) mittels einem Kolbenbeschicker zugeführt. Als Reststoff wird dem Gaserzeuger die Holzasche unterhalb des Rostes abgeführt und in einem Container aufgefangen. Das aus dem Gaserzeuger abgesaugte Holzgas hat eine Temperatur von 700 °C. In der sich anschließenden Gasaufbereitungsanlage wird es gekühlt, gereinigt, entstaubt und über ein Gebläse zum BHKW gefördert. Hier erfolgt dann die Umwandlung in Wärme und Strom.

### Beschreibung der Anlagenkomponenten

#### Gaserzeugungsreaktor

Der Gaserzeuger stellt die zentrale Komponente in einem Holzgas-BHKW-System dar. Seine Eigenschaften bestimmen alle weiteren Systemkomponenten. Die Qualität des erzeugten Rohgases ist für einen wirtschaftlichen Betrieb des Holzgas-BHKW-Systems von entscheidender Bedeutung.

Bei Entwicklung und Erprobung des MasterGas-Verfahrens wurde der Erzielung höchster Gasqualität besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Als Ergebnis der mehrjährigen Entwicklung ist ein Reaktortyp entstanden, welcher insbesondere bei Einsatz preiswerter, minderwertiger Brennstoffsorbitimente sehr gute Ergebnisse liefert.

In seiner Funktion handelt es sich um einen mehrstufigen Gaserzeuger. Damit ist gemeint, dass der komplexe Gasbildungsprozess mit seiner Vielzahl an thermochemischen Reaktionen in drei Stufen aufgeteilt wird. Es sind dies die Pyrolyse (Entgasung), die Oxidation und die Reduktion. Mit der räumlichen Trennung dieser Stufen ist eine messtechnische Erfassung und in der Folge eine gezielte regelungstechnische Beeinflussung der Abläufe möglich. Hierin liegt der wesentliche Vorteil des mehrstufigen Gaserzeugers gegenüber den herkömmlichen, einstufigen Verfahren der Gaserzeugung.

Die Stufen sind untereinander angeordnet und ergeben einen absteigenden Gas- und Stoffstrom im Gaserzeuger. Entsprechende Einbauten im Gaserzeuger regeln den Stoffstrom. Nach Außen ist der Gaserzeuger mit hochtemperaturbeständigen Feuerfestmaterialien und einer entsprechenden Wärmedämmung versehen. Weitere Funktionseinbauten sind aus



#### Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

hochtemperaturbeständigen Chrom-Nickel-Legierungen angefertigt. Untergebracht ist der Gaserzeuger in einem Stahlmantel.

Bedingt durch die Prozessführung erfolgt ein weitestgehender Ausbrand der Holzasche. Die Austragung der Holzasche erfolgt kontinuierlich über ein luftdichtes Schleusensystem.

Die Vorteile des mehrstufigen MasterGas-Verfahrens sind:

- sehr gleichmäßiger Gasbildungsprozess mit dem Resultat einer gleichbleibenden Gasqualität
- thermische Zerstörung schädlicher Kohlenwasserstoffverbindungen durch hohes Temperaturniveau in der Oxidationszone
- geringe Anforderungen an die Brennstoffbeschaffenheit; die Anlage kann mit ungesiebten, geschredderten Recyclingholz gefahren werden
- weitgehende Unabhängigkeit von der Brennstofffeuchte
- nach entsprechender Aufbereitung (Kühlung und Entstaubung) ist das Rohgas zur Verwertung in Verbrennungsmotoren sehr gut geeignet

#### Gasaufbereitung

Das heiße und staubbeladene Rohgas wird zunächst über einen Wärmetauscher vorgekühlt und anschließend in einem Quench mit Wassereindüsung weiter abgekühlt und gereinigt. Das Kühlwasser wird im Kreislauf über ein Absetzbehälter geführt. Ein zweiter Kreislauf pumpt die festen Bestandteile aus dem Absetzbehälter, die als Schlamm der Entsorgung zugeführt werden. Eine zweite Eindüsung von Reinigungsmedien sorgt für die Feinstaubabscheidung. Das beladene Reinigungsmedium wird im Kreislauf über einen Absetzbehälter geführt. Der hier in sehr geringen Mengen anfallende Schlamm wird über einen externen Kreislauf in den Gaserzeuger zurückgeführt. Damit ist das Holzgas vollständig für die Verwendung in einem Verbrennungsmotor aufbereitet. Ein zwischengeschaltetes Gebläse führt das Holzgas dem Verbrennungsmotor zu. In der Startphase gelangt das Holzgas auf eine parallel angebrachte Fackel.

#### BHKW

Die Verwertung des Holzgases erfolgt in einem Verbrennungsmotor (BHKW). Hier wird über einen Generator elektrischer Strom erzeugt, der in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird. Die im Verbrennungsmotor entstehende Wärme und die in den Motorenabgasen enthaltene Wärme wird über Wärmetauscher ausgekoppelt und steht für weitere Verwendungszwecke auf einem Temperaturniveau von bis zu 90 °C zur Verfügung.

Bei dem Motorenkonzept handelt es sich um einen Zündstrahlmotor. Die Zündung des Gas/Luft-Gemisches im Brennraum erfolgt daher nicht durch eine Zündkerze, sondern, wie bei Selbstzündungsmotoren üblich, durch Einspritzung einer geringen Menge an Dieseldieselkraftstoff.

#### Brennstoffversorgungssystem

Der mit LKW angelieferte Brennstoff wird in einer Halle zwischengelagert. Hier erfolgt die Aufbereitung in Form einer Vortrocknung. Der Wärmebedarf der Trocknungsanlage wird



## Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

dem Holzgas-BHKW-System entnommen. Dabei wird vorrangig Niedertemperaturwärme aus der Gaskühlung eingesetzt.

Der konditionierte Brennstoff gelangt über eine Krananlage mit Zweischalengreifer zu dem Einfüllschacht des Gaserzeugers und wird letztendlich über den Kolbenbeschicker in den Reaktor eingebracht.

Die erforderliche Lagerkapazität für den Brennstoff ist den Projektgegebenheiten anzupassen. Gegebenenfalls kann eine zusätzliche dezentrale Freiflächenlagerung erfolgen.

## Anlagenautomatisierung / Kontrollsystem / MSR-Technik

Das MasterGas Holzgas-BHKW-System ist SPS-gesteuert und vollständig automatisiert. Das Steuerprogramm beinhaltet u.a. selbstoptimierende Regler, die einen hohen Grad an Prozessstabilität gewährleisten. Über das dazugehörige Visualisierungssystem können sämtliche Parameter in der Leitwarte überwacht werden. Die Anlage ist zusätzlich mit einem Fernalarmierungssystem ausgestattet, so dass Benachrichtigungen z.B. per SMS versendet werden können. In Verbindung mit dem integrierten Web-Server kann die Anlage auch über das Internet überwacht und gefahren werden.

## Technische Daten

### Brennstoffspezifikation

Das MasterGas Holzgas-BHKW-System verarbeitet geshreddertes und gehacktes Holz aller Holzarten. Von Bedeutung ist die Korngrößenverteilung, da ein übermäßiger Anteil an Feinfraktion zu einer Behinderung der erforderlichen Strömungsverhältnisse im Gaserzeuger führen.

- Der Anteil der Feinfraktion bis 20 mm Kantenlänge sollte 20 Gewichts-% nicht übersteigen
- Der Hauptanteil der Korngrößen sollte im Bereich 20 – 120 mm liegen
- Die maximal mögliche Korngröße beträgt 250 mm.

Holzgaserezeuger benötigen üblicherweise für eine gute Effizienz trockenen Brennstoff mit einem Wassergehalt von 15 % – 20 %. In der Praxis weist der zur Verfügung stehende Brennstoff häufig einen Wassergehalt von 30 % – 50 % auf. Durch die verfahrensinterne Rückgewinnung eines Teils der Rohgaswärme liegt der maximal mögliche Wassergehalt bei diesem Verfahren bei 30 %. Insgesamt können Brennstoffe mit schwankendem Wassergehalt von 5 % - 30 % eingesetzt werden. Zur Erhaltung eines guten Anlagenwirkungsgrades ist jedoch möglichst trockener Brennstoff einzusetzen. Daher verfügt die Anlage über einen integrierten Trockner, mit dem ein ausreichender Trocknungsgrad sichergestellt werden kann. Der MasterGas-Gaserzeuger verfügt über eine sehr gute Verträglichkeit gegenüber Fremdstoffen im Brennstoff. An Fremdstoffen kommen Steine (bis 40 mm), Erdreich, Nägel (bis 150 mm) usw. in Betracht.

### Gasbeschaffenheit

Das erzeugte Holzgas setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:



#### Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

16 %	CO	(Kohlenmonoxid)
17 %	H <sub>2</sub>	(Wasserstoff)
1 %	CH <sub>4</sub>	(Methan)
14 %	CO <sub>2</sub>	(Kohlendioxid)
52 %	N <sub>2</sub>	(Stickstoff)

Damit beträgt der Gasheizwert  $4.200 \text{ kJ/m}_n^3$ . Dieser Wert wird mit einer Schwankungsbreite von  $\pm 10 \%$  dauerhaft eingehalten. Staub- und Teergehalt liegen mit jeweils  $< 10 \text{ mg/m}_n^3$  auf einem sehr niedrigen Niveau und gewährleisten einen einwandfreien Lauf des Verbrennungsmotors.

#### Leistung und Wirkungsgrad:

Im vorliegenden Projekt erzeugt das MasterGas Holzgas-BHKW-System eine elektrische Leistung von 230 kW. Gleichzeitig stehen 380 kW an thermischer Leistung zur weiteren Verwendung zur Verfügung. Hiervon werden allerdings für interne Zwecke (Brennstofftrocknung und Konditionierung der Zuluft zum Vergaser) 130 kW benötigt.

Der Prozess verfügt über einen elektrischen Wirkungsgrad von 25 %. Dieser Wert ist doppelt so hoch als bei konventionellen Dampfkraftprozessen vergleichbarer Leistung. Damit ist das MasterGas-Verfahren eine hocheffiziente Technologie zur Stromerzeugung aus holzartiger Biomasse. Der Brennstoffbedarf beträgt 226 kg Holzhackschnitzel bei einem Wassergehalt von 20 %.

#### Abgasemissionen

Die technischen und chemischen Eigenschaften des erzeugten Holzgases eignen sich für den Einsatz in Verbrennungsmotoren sehr gut. Holzgas führt auf Grund seiner langsamen Verbrennungsgeschwindigkeit zu einem sehr ruhigen und schonenden Motorenlauf.

Der geringe Heizwert des Holzgases bewirkt eine vergleichsweise niedrige Verbrennungstemperatur mit der Folge niedriger Emissionen an Stickoxiden (NO<sub>x</sub>). Die Kohlenmonoxidemissionen (CO) werden im Zündstrahlbetrieb ebenfalls unter den durch die Normen festgelegten Grenzwerten gehalten.



## Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

### Gebäudestruktur und Flächenbedarf

Das Holzgas-BHKW-System ist in einer Maschinenhalle untergebracht. Die Halle ist als Industriehalle in Stahlskelettbauweise erstellt und mit Trapezblechen verkleidet. Der Maschinenraum für das BHKW ist innerhalb dieser Halle abgemauert.

Der größte Teil der Halle wird für das Brennstofflager mit integrierter Trocknungsanlage benötigt. Die Gesamtgröße der Halle resultiert daher im wesentlichen aus den Anforderungen an die Zwischenlagerkapazität des Brennstoffes.

Als Maße der Maschinenhalle wird empfohlen:

Länge: 45 m

Breite: 15 m

Höhe: 10 m

Das Gelände selbst soll ausreichend groß und mit LKW befahrbar sein (z.B. 2.000 m<sup>2</sup>). Zur Montage der Anlage sind Komponenten bis 10 t mit einem Kran in die Maschinenhalle einzubringen.

Im vorliegenden Projekt wird das Holzgas-BHKW-System in eine bauseits bereitgestellte Halle eingebaut.

### Vorteile der MasterGas Holzgas-BHKW-Systeme

- Höherer elektrischer Wirkungsgrad (25 %) als bei anderen Systemen, welche Holz als Energiequelle einsetzen.
- Hohe Wertschöpfung durch optimale Nutzung des Brennstoffes in Anwendungen mit Kraft-Wärme-Kopplung.
- Gegenüber konventioneller Dampfkraft-Anlagen niedrigere Investitionskosten.
- Breites Brennstoffspektrum einsetzbar.
- Die Verwendung von Energieholz aus heimischen Wäldern stärkt die Land- und Forstwirtschaft.
- Vollautomatisches Verfahren.
- Problemloser Einsatz des produzierten Holzgas in Verbrennungsmotoren
- Eigensicherer Anlagenbetrieb. Durch das spezielle, konstruktive Sicherheitskonzept fährt die Anlage immer in einen sicheren Zustand, ganz gleich, ob Brennstoffmangel, ein technischer Defekt oder Stromausfall vorliegt.
- Der Einsatz von Holz als Energieträger ist nahezu CO<sub>2</sub>-neutral und damit klimaschonend.
- Die Verbrennung des aufbereiteten Holzgas erfolgt mit sehr geringen CO-, NO<sub>x</sub>- und Partikelemissionen.
- Die geordnete Entsorgung der Reststoffe aus dem Vergasungsprozess (Holzasche) ermöglicht die langfristige Ausschleusung von Schadstoffen aus den Stoffkreisläufen.



Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

## **Das MasterGas Holzgas-BHKW-System**

**Erläuterung der verfahrenstechnischen Vorteile  
der mehrstufigen Verfahrensführung  
gegenüber einstufigen Gaserzeugern**

MasterGas GbR  
Herr Dipl.-Phys. Wilfried Richter  
Herr Dipl.-Ing. Björn Kuntze, M.Sc.  
Bürgermeister-Smidt-Straße 82  
28195 Bremen

Email: [info@mastergas.de](mailto:info@mastergas.de)  
Fon: 0421 / 333 25 05  
Fax: 0421 / 396 31 83



Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

## Stand der Technik

Die heute bekannten Gaserzeuger im Leistungsbereich bis ca. 1.000 kW Brennstoffwärmeleistung sind in der Regel als einstufige, absteigende Festbettgeneratoren aufgebaut. Sie basieren dabei auf den in den 40er Jahren des vergangenen Jahrhunderts sehr erfolgreichem Imbert-Gaserzeuger. Dieser bestechend einfach aufgebaute Gaserzeuger liefert in einem begrenzten Leistungsbereich bis 100 kW Brennstoffwärmeleistung ein brauchbares Gas, welches allerdings bis zur Verwendung in einem Verbrennungsmotor noch weiter gereinigt werden muss. Dabei fallen in der Regel teuer zu entsorgende Reststoffe (Kondensat und Teer) an.

Das Problem des einstufigen, absteigenden Festbettvergaser ist es, dass zur Erzielung größerer Leistungen auch der Gaserzeuger größer ausgeführt werden muss. Je größer jedoch der Gaserzeuger gebaut wird, desto schwieriger wird die Aufrechterhaltung einer homogenen Temperaturverteilung über den Vergaserquerschnitt im Oxidationsbereich. Die Einhaltung von Oxidationstemperaturen oberhalb von 1.000 °C über dem gesamten Vergaserquerschnitt ist jedoch die Grundvoraussetzung zur Zerstörung der schädlichen Teerverbindungen in den Pyrolysegasen. Gelingt die Zerstörung der Teere nicht dauerhaft zuverlässig, ist ein befriedigender Anlagenbetrieb nicht möglich, da die Anlage – und gegebenenfalls auch der angeschlossene Verbrennungsmotor – verteeren und Schaden nehmen.

Grund dafür ist die begrenzte Eindringtiefe des Vergasungsmittels (Luft) in das Glutbett des Gaserzeugers (sogenannte Oxidationslänge). Die Folge ist eine hohe Prozesstemperatur im äußeren Umfangsbereich des Gaserzeugers (wo auch die Luftdüsen angebracht sind). Im Inneren dagegen herrschen kühlere Bereiche mit ca. 750 – 900 °C. Bei diesen niedrigen Temperaturen können die Teerverbindungen jedoch nicht vollständig aufgespaltet werden.

Hilfswise wird diesem Problem dadurch begegnet, dass für größere Gaserzeuger auch größerer Brennstoff vorgesehen wird. Brennstoff frei von Feinanteilen mit Holzstücken bis zur Größe einer Faust werden als ideal angesehen. Durch den groben Brennstoff wird das Bett relativ „luftig“ und die eingedüste Luft kann weiter in das Innere des Gaserzeugers vordringen. Derartige Brennstoffe werden heutzutage zunehmend als „Designer-Hackschnitzel“ bezeichnet, da sie nicht aus allen Ausgangsmaterialien (z.B. Strauchschnitt) problemlos hergestellt werden können.

Eine andere Variante sieht den Übergang der klassisch runden Bauform in eine längsgestreckte rechteckige Bauform vor. Hierdurch wird zwar die Tiefe des Bettes wirkungsvoll reduziert, gleichzeitig entstehen jedoch neue Herausforderungen im Zusammenhang mit der gleichmäßigen Dosierung der Luft über das langgestreckte Bett. Für befriedigende Ergebnisse sollte der Brennstoff daher auch hohe Anforderungen an die Homogenität erfüllen können.

Mangels Möglichkeiten der Einflussnahme auf den Prozess erfordert der einstufige, absteigende Gaserzeuger eine Konditionierung des Brennstoffwassergehalts in engen Grenzen (15 – 20 %). Ist der Brennstoff trockener, kommt es zu einem Anstieg der Prozesstemperaturen im Oxidationsbereich mit der Folge, dass durch Überschreitung der Sintertemperatur der im Brennstoff enthaltenen Asche Verschlackung eintritt und der Betrieb zwecks Ausräumung der Schlackebrocken (Masse durchaus bis 10 kg) unterbrochen werden muss. Bei zu hohem Brennstoffwassergehalt werden dagegen die für hohe Umsetzgrade des



## Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

Teers erforderlichen hohen Prozesstemperaturen nicht erreicht und das Rohgas kann sehr hohe Teergehalte aufweisen.

Für einen erfolgreichen Betrieb muss daher der Brennstoff jederzeit den richtigen Wassergehalt aufweisen – eine Forderung die nur durch Einsatz entsprechender Logistik und Technik (Trockner) in der Betriebspraxis erfüllt werden kann..

### Lösungsansatz mehrstufiger Gaserzeuger

Unter mehrstufiger Gaserzeugung wird verstanden, dass der komplexe Gasbildungsprozess mit seiner Vielzahl an thermochemischen Reaktionen in drei Stufen aufgeteilt wird. Es sind dies die Pyrolyse (Entgasung), die Oxidation und die Reduktion. Mit der räumlichen Trennung dieser Stufen ist eine messtechnische Erfassung und in der Folge eine gezielte regelungstechnische Beeinflussung der Abläufe möglich. Ziel ist die Einhaltung der für ein hochqualitatives Produktgas erforderlichen Prozessparameter bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen.

Die räumliche Trennung ermöglicht es, dass die Oxidationsstufe aus der Brennstoffschüttung heraus geführt und als Gasbrennkammer ausgeführt wird. Weder Korngrößenspektrum noch Baugröße des Gaserzeugers haben demnach einen Einfluss auf die Funktion der Brennkammer. Sie kann in Gestalt und Größe unter Berücksichtigung strömungstechnischer und thermodynamischer Gesichtspunkte frei ausgeführt werden. Somit ist sicher gestellt, dass ein einheitliches Temperaturniveau und eine ausreichend große Verweildauer eingestellt werden kann. Die Oxidation verläuft unterstöchiometrisch. Die gewünschte Temperatur kann über die MSR-Technik in gewissen Grenzen frei eingestellt werden. Geregelt wird die Temperatur durch die Zudosierung von Luft. Dadurch kann auch ein schwankender Brennstoffwassergehalt in weiten Grenzen ausgeregelt werden.

Nach Durchlaufen der Brennkammer kann das heiße Gas als Abgas bezeichnet werden, da es nur noch wenige brennbare Bestandteile enthält. Im weiteren Verlauf wird es mit der in der Pyrolysestufe gebildeten Holzkohle wieder in Kontakt gebracht. An der Holzkohle wird das heiße Abgas reduziert. Es bildet sich unter Temperaturabsenkung Holzgas. Die Holzkohle wird dabei verzehrt.

Aus dieser Prozessfolge resultiert der auffallend geringe Methangehalt des erzeugten Holzgas. Er beträgt bei dem MasterGas-Verfahren typisch 0,7 Vol-%. In Festbettvergasungsanlagen kann der Methangehalt in erster Näherung als Indikator für den Teergehalt heran gezogen werden. Da Methan bei Temperaturen oberhalb von 1.000 °C in reduzierender Atmosphäre nur in sehr geringen Mengen vorliegt, weisen hohe Methangehalte im Holzgas auf vergleichsweise hohe Teergehalte hin.

Das somit erzeugte Holzgas weist mit 100 - 200 mg/mn<sup>3</sup> einen um eine Zehnerpotenz geringeren Teergehalt als das in einem einstufigen, absteigenden Holzvergaser erzeugte Gas auf. Durch den niedrigen Teergehalt reduziert sich der Reinigungsaufwand für das Rohgas erheblich. Die Gasaufbereitung konzentriert sich daher auf die Kühlung und Entstaubung des Rohgases.





## Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

### Weitere Vorteile

Der Einfluss des Brennstoffwassergehalts auf das Teerniveau wird durch regelungstechnische Konstanzhaltung des erforderlichen hohen Temperaturniveaus in der Oxidationsstufe unterbunden. Der Brennstoffwassergehalt des eingesetzten Holzes darf daher in einem Bereich von „0%“ – 30% schwanken. Allerdings ist anzumerken, dass der Wassergehalt einen negativen Einfluss auf den Heizwert des Holzgases ausübt. Feuchtes Holz erzeugt schwaches Gas – dieser Umstand ergibt sich aus der Energieerhaltung, da ein erheblicher Teil der Brennstoffenergie für die Verdampfung des Wassers benötigt wird und zur Gasbildung nicht mehr zur Verfügung steht.

Da die Oxidation nicht im Festbett (Koksschüttung) durchgeführt wird, ist die Güte des Prozesses auch nicht von der Grobstückigkeit des Brennstoffes abhängig. Auch bei feineren Brennstofffraktionen wird ein gleichbleibend geringer Teergehalt erzielt.

Allerdings bedingt die Durchführung der Reduktion im Festbett auch bei diesem Vergasertyp eine gewisse Stückigkeit, da das Festbett sonst nicht ausreichend durchströmt werden kann (Druckverlust). Die maximale Leistung des Gaserzeugers wird daher unter anderem durch das Korngrößenspektrum beeinflusst.

Für den mehrstufigen Gaserzeuger kommen folgende Ausgangsmaterialien in Betracht:

- Holzhackschnitzel hergestellt mit handelsüblichen Hackern aus:
  - Durchforstungsholz
  - Schwachholz
  - Wipfelholz (auch benadelt)
  - Landschaftspflegeholz
  - Baum- und Strauchschnitt aus privaten und kommunalen Gartenanlagen
  - incl. dem holzeigenen Rindenanteil
  - geshreddertes Altholz der Spezifikation A1 und A2 (Abtrennung der Feinfraktion nicht erforderlich)
- Klassifizierung gemäß Ö-Norm M 7133: ab G30 aufwärts und bis max. W30
- Grenzkornlänge: 250 mm bei einem Durchmesser von max. 40 mm

Wegen der Unempfindlichkeit gegenüber dem Wassergehalt (bis 30%) ist ein Betrieb mancherorts auch ohne technische Vortrocknung des Brennstoffes möglich.

Für die Praxis kann aus diesem Umstand die Empfehlung abgeleitet werden, die dem Prozess ausgekoppelte Wärme in gewissen Grenzen bedarfsabhängig einzusetzen:

- vorrangig für externe Zwecke (Vermarktung)
- nachrangig für die eigene Brennstofftrocknung (Effizienzsteigerung)

Diese Flexibilität kommt dem in der Praxis meist stark schwankenden Wärmebedarf (tageszeitlich, meteorologisch, saisonal) sehr entgegen und ermöglicht einen vollwertigen KWK-Betrieb mit hohen Volllaststundenzahlen.



Das MasterGas Holzgas-BHKW-System

### **Die Vorteile des mehrstufigen MasterGas-Verfahrens auf einen Blick:**

- Sehr gleichmäßiger Gasbildungsprozess mit dem Resultat einer gleichbleibenden Gasqualität.
- Thermische Zerstörung schädlicher Kohlenwasserstoffverbindungen durch hohes Temperaturniveau und lange Verweilzeit in der Oxidationsstufe.
- Ausbildung der Oxidationsstufe als Gasbrennkammer; dadurch wird ein Schlupf von teerhaltigen Pyrolysegasen – wie er bei einstufigen Gaserzeugern nicht zu vermeiden ist – verhindert.
- Geringe Anforderungen an die Brennstoffbeschaffenheit; die Anlage kann mit marktüblichem Hackgut breitbandiger Korngrößenverteilung gefahren werden.
- Weitgehende Unabhängigkeit von der Brennstofffeuchte; durch verfahreninterne Rückgewinnung eines Teils der Rohgaswärme liegt der maximal mögliche Wassergehalt des Brennstoffs bei 30 %. Die Prozessführung ermöglicht eine automatische Anpassung an die Brennstofffeuchte; dadurch wird eine Überhitzung (und Schlackebildung) bei Einsatz trockener Brennstoffe wirksam vermieden.
- Nach entsprechender Aufbereitung (Kühlung und Entstaubung) ist das Rohgas zur Verwertung in Verbrennungsmotoren sehr gut geeignet.
- Eigensicherer Anlagenbetrieb. Durch das spezielle, konstruktive Sicherheitskonzept fährt die Anlage immer in einen sicheren Zustand, ganz gleich, ob Brennstoffmangel, ein technischer Defekt oder Stromausfall vorliegt.
- Die Verbrennung des aufbereiteten Holzgas erfolgt mit sehr geringen CO-, NO<sub>x</sub>- und Partikelemissionen.
- Sehr weit gehender Ausbrand der Asche (Glühverlust < 5%).
- Die geordnete Entsorgung der Reststoffe aus dem Vergasungsprozess (Holzasche) ermöglicht die langfristige Ausschleusung von Schadstoffen aus den Stoffkreisläufen.



MasterGas GbR – Im Krick 1c – 27777 Ganderkesee

Herrn  
Bernhard Büning  
Kotten Büsken 38

46325 Borken

MasterGas GbR  
Dipl.-Phys. Wilfried Richter &  
Dipl.-Ing. Björn Kuntze, M.Sc.  
Im Krick 1c  
27777 Ganderkesee

Fon: 04222 / 80 78 65  
Fax: 04222 / 94 63 35  
Email: info@mastergas.de

Ganderkesee, den 23. September 2005

### 230 kW<sub>d</sub> Holzgas-BHKW-System - Emissionen

Sehr geehrter Herr Büning,

Ihre Anfrage hinsichtlich der zu erwartenden Emissionen aus dem Betrieb des Holzgas-BHKW-Systems möchte ich wie folgt beantworten:

**Betriebsart: Regelbetrieb (Zeitdauer: 7.500 h/a)**

#### Abgasemissionen:

Für die Abgasemissionen von Verbrennungskraftmaschinen bestimmen die Regelungen der TA-Luft Grenzwerte. Diese sind gemäß Kapitel 5.4.1.4 der genannten Verwaltungsvorschrift für Zündstrahlmotoren kleiner 3 MW, die mit Bio- oder Klärgas betrieben werden wie folgt festgelegt:

Gesamtstaub:	20 mg/m <sup>3</sup>
Kohlenmonoxid [Kategorie: d) bb]):	2,0 g/m <sup>3</sup>
Stickstoffoxide [Kategorie: b) aa) 2. Spiegelstrich]:	1,0 g/m <sup>3</sup>
Formaldehyd:	60 mg/m <sup>3</sup>
Schwefeloxide [Kapitel 5.4.1.2.3 Kategorie d]):	0,35 g/m <sup>3</sup>

Diese Grenzwerte werden von der geplanten Anlage eingehalten bzw. teilweise deutlich unterschritten (z.B. Schwefeloxide). Der Abgasvolumenstrom beträgt ca. 1.300 m<sup>3</sup>/h. Damit ergeben sich folgende max. Schadstofffrachten:

Gesamtstaub:	0,026 kg/h
Kohlenmonoxid:	2,6 kg/h
Stickstoffoxide:	1,3 kg/h
Formaldehyd:	0,078 kg/h
Schwefeloxide:	0,455 kg/h

---

Bankverbindung:	Landessparkasse zu Oldenburg – BLZ: 280 501 00 – Konto: 115 13 49
St-Nr.:	73/530/37506 – Finanzamt Bremen West
USt-ID:	DE238747819

**Schallemissionen:**

Die Auslegung der Schalldämmungsmaßnahmen erfolgt während der Nachtruhe auf einen maximalen Schallimmissionswert von 50 dB(A) an den relevanten Messpunkten benachbarter Gebäude. Dieser Wert entspricht dem nächtlichen Richtwert gemäß TA-Lärm für ein Gewerbegebiet. Tagsüber ist der Lärmpegel auf Grund von Geräuschemissionen im Zusammenhang mit der Brennstoffanlieferung kurzfristig erhöht. Der tagsüber für ein Gewerbegebiet gültige Grenzwert von 65 dB(A) wird nicht überschritten. Angemerkt sei, dass in Verbindung mit einer konkreten Planung die örtliche Vorbelastung noch zu ermitteln und bei der Auslegung der Schallschutzmaßnahmen zu berücksichtigen ist.

**Reststoffe:**

An Reststoffen fallen an:

- aus dem Betrieb der Holzgasanlage: Holzasche (wird auf einer Deponie entsorgt)
- aus dem Betrieb des BHKW: Altöl (gebrauchtes Motorenöl infolge der erforderlichen Motorölwechsel)

Entsprechende Festlegungen und Verfahren der Nachweisführung werden im einzelnen im Genehmigungsverfahren dem Betreiber auferlegt.

**Betriebsart: An- und Abfahrbetrieb (Zeitdauer ca. 100 h/a)**

**Abgasemissionen:**

Während des An- und Abfahrbetriebes ist das BHKW nicht in Betrieb. Das erzeugte Holzgas wird stattdessen über eine Fackel abgebrannt. Während im Regelbetrieb unter Nennlast etwa 530 m<sup>3</sup>/h Holzgas erzeugt werden, sind es während des An- und Abfahrbetriebes nur etwa 50 – 150 m<sup>3</sup>/h.

**Schallemissionen:**

Während des An- und Abfahrbetriebes ist das BHKW nicht in Betrieb. Damit sind die Schallemissionen deutlich geringer als im Regelbetrieb.

**Reststoffe:**

Während des An- und Abfahrbetriebes fällt lediglich Holzasche an. Die Holzasche wird auf einer Deponie entsorgt.

Für weitere Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Björn Kuntze

---

Bankverbindung: Landessparkasse zu Oldenburg – BLZ: 280 501 00 – Konto: 115 13 49  
St-Nr.: 73/530/37506 – Finanzamt Bremen West  
USt-ID: DE238747819