

EISENLOHR  
ENERGIE &  
UMWELTECHNIK

# **ABFALLWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT DES REMS-MURR-KREISES MBH**

## **UMBAU DER MOTORISCHEN GASVERWERTUNG DEPONIE BACKNANG-STEINBACH ZUR SCHWACHGASNUTZUNG**

### **2. ERFAHRUNGSBERICHT**

**STAND: NOVEMBER 2014**

**AUFTRAGGEBER:**

**ABFALLWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT  
DES REMS-MURR-KREISES MBH**

**AUFTRAGS-NR. AWG 13-36**

## INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	1
<b>1. Ausgangssituation / Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Aktuell erfassbare Gasmenge.....	3
1.2 Zukünftige Deponiegasmenge .....	5
<b>2. Umbau der Gasverwertung .....</b>	<b>6</b>
2.1 Automatische Zumischung des Schwachgases mit SPS.....	6
2.2 Umrüstung der vorhandenen BKW Anlage auf Schwachgasmischer .....	7
2.3 Ausführung der Umrüstung .....	9
<b>3. Auswertung der Betriebsdaten.....</b>	<b>11</b>
3.1 Erste Betriebserfahrungen bis Juni 2014 .....	11
3.2 Betriebserfahrungen bis Anfang November 2014 .....	13
<b>4. Optimierung der Gaserfassung / Energiegewinnung .....</b>	<b>15</b>
<b>5. Kohlenstoffbilanz.....</b>	<b>18</b>
<b>6. Fazit / Empfehlung .....</b>	<b>18</b>
<b>Anlage: .....</b>	<b>20</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Gasfassung bei unterschiedlichen Erfassungsraten .....	4
Abbildung 2 Gasmengenentwicklung und Verwertung Gasmotor.....	5
Abbildung 3: Gasmischer vor dem Umbau.....	7
Abbildung 4: Gasmischer nach dem Umbau .....	7
Abbildung 5: Gasmischer Elektra.....	8
Abbildung 6: Schema Schwachgasverwertung Backnang-Steinbach.....	9
Abbildung 7: Gasmenge und Wirkungsgrad $\eta$ bei sinkender Gasqualität .....	11
Abbildung 8: Wirkungsgradverlauf $\eta$ gegenüber dem $\text{CH}_4$ Gehalt.....	12
Abbildung 9: Gasmenge und Wirkungsgrad $\eta$ bei $\text{CH}_4$ Gehalt bis 33 Vol.-% .....	13
Abbildung 10: Gasmenge und Wirkungsgrad $\eta$ bei $\text{CH}_4$ Gehalt bis 26 Vol.-% .....	14
Abbildung 11: Entwicklung der Gaserfassung und energetischer Nutzung im Jahresverlauf 2014 .....	16

## 1. AUSGANGSSITUATION / ZIELSETZUNG

Am Standort Backnang-Steinbach liegt die Deponie Backnang-Steinbach (alt) und direkt angrenzend die Deponie Backnang-Steinbach (neu).

Auf der Deponie Backnang-Steinbach (alt) wird seit November 1994 kein Abfall mehr eingebaut. Der 1. Bauabschnitt der Deponie Backnang-Steinbach (neu) wurde Ende 1997 in Betrieb genommen. Die Inbetriebnahme des 2. Bauabschnittes erfolgte 2001. Seit 2005 wird auch auf der Deponie Backnang-Steinbach (neu) kein organischer Abfall mehr abgelagert.

Der Rems-Murr-Kreis betreibt seit 1988 und die Abfallwirtschaftsgesellschaft des Rems-Murr-Kreises mbH (AWG) seit 1992 die Entgasungsanlage auf der Deponie Backnang-Steinbach.

1995 wurde die Betriebsentgasung der Deponie Backnang-Steinbach (alt) in den Endzustand ausgebaut, 1999 wurde erstmals die Entgasung der Deponie Backnang-Steinbach (neu) in Betrieb genommen.

Seit 1996 wird das Deponiegas verwertet. Das ehemals von der SÜWAG betriebene Blockkraftwerk (BKW) wurde im März 2009 durch ein kleineres Aggregat der Fa. Senergie ersetzt. Dieses wird in Eigenregie der AWG betrieben. Die nominale Leistung beträgt  $125 \text{ kW}_{\text{el}}$ . Die maximale Leistung wurde gemäß EEG auf  $98 \text{ kW}_{\text{el}}$  begrenzt. Die Anlage wurde Anfang 2014 mit einer Leistung von ca.  $85 \text{ kW}_{\text{el}}$  und einer Gasmenge von ca. 50 bis 60  $\text{m}^3/\text{h}$  intermittierend betrieben. Aufgrund der zurückgehenden Gasmenge betrug die Betriebszeit nur noch ca. 60%.

Die Deponien Backnang-Steinbach (alt und neu) weisen unterschiedliche Gasqualitäten auf. Aus dem Altteil werden derzeit noch intermittierend ca. 40 bis 50  $\text{m}^3/\text{h}$  Deponiegas mit einer Gasqualität von ca. 48 bis 50 Vol.-% Methan ( $\text{CH}_4$ ) erfasst, aus dem Neuteil dagegen lediglich ca. 15  $\text{m}^3/\text{h}$  intermittierend mit einer Gasqualität von ca. 30-40 Vol.-%  $\text{CH}_4$ .

Das Deponiegas wurde in dem Mengenverhältnis so gemischt, dass der Gasverwertungsbetrieb mit dem vorhandenen Motor noch möglich war. Aus dem Neuteil könnte eine größere Gasmenge erfasst bzw. abgesaugt werden. Dies bedingt allerdings

einen noch weiter sinkenden  $\text{CH}_4$  Gehalt. Hierzu ist jedoch eine intelligente Steuerung der Mischungsverhältnisse notwendig um ein Übersaugen der beiden Deponieteile sowie ein unzulässiges Absinken des  $\text{CH}_4$  Gehalts an dem Hauptgassammelbalken (HGS) unter den Betriebsbereich des BKW zu vermeiden. Hierzu muss ein Regelorgan an dem HGS eingebaut werden, das insbesondere bei Stillstand verhindert, dass ein Gasaustausch zwischen den beiden Deponieteilen stattfindet.

Das BKW Modul der Deponien Backnang-Steinbach (alt und neu) erlaubt (wie bislang die meisten auf dem Markt befindlichen BKW) eine Verwertung eines Deponiegases bis zu einem Methan ( $\text{CH}_4$ ) Gehalt von ca. 38 bis 40 Vol.-%.

Die Begrenzung auf ca. 38 Vol.-% erfolgt durch die physikalischen Grenzen der üblicherweise nach dem Venturi-Prinzip arbeitenden Luft-Gas-Mischer. Diese Technik wird bei allen Standard-BHKW's (Erd-, Bio- und Klärgas) angewandt. Daher sind geringere  $\text{CH}_4$  Gehalte durch die vorhandene Motorenauslegung mit dem serienmäßigen Gasmischer der Motorenhersteller nicht möglich.

Um eine verbrennungstechnisch mögliche Absenkung des Brenngasanteils unter die 38 Vol.-% zu erreichen, muss der vorhandene Gasmischer durch einen Gasmischer mit höherem Durchsatz ersetzt werden, so dass etwa die eine gleichbleibende Energiemenge pro Zeiteinheit dem Motor zugeführt wird.

Die AWG hat die **Eisenlohr Energie & Umwelttechnik** mit dem Umbau des vorhandenen BKW zur Schwachgasnutzung auf der Deponie Backnang-Steinbach beauftragt. Das Land Baden-Württemberg fördert die Maßnahme durch den Kommunalen Investitionsfond (KIF).

Ziel der geförderten Maßnahme ist das vorhandene BKW mit einem neuen Gasmischer auf die Nutzung von Schwachgas (Deponiegas mit  $\text{CH}_4$  -Vol.-Anteilen von 25 bis 35 %) umzurüsten, um eine Verbesserung der Nutzung des im Deponiekörper gebildeten Deponiegases zu erreichen. Folgende Fragen sind zu klären:

1. Wie weit kann der  $\text{CH}_4$  Arbeitspunkt des Gasmotors abgesenkt werden?
2. Wird hierdurch eine Erhöhung des Absaugmenge und somit eine Verbesserung der Entgasung ermöglicht?

3. Kann mit dieser Maßnahme (größerer Volumenstrom bei geringeren  $\text{CH}_4$  - Gehalten) mehr Energie erzeugt werden?
4. Kann durch eine automatische Zumischung von Schwachgas aus der Deponie Backnang-Steinbach (neu) eine Verbesserung der Gaserfassung und -nutzung erreicht werden?

## 1.1 AKTUELL ERFASSBARE GASMENGE

Die im Folgenden aufgeführten Auszüge der Deponiegasprognose stammen aus der Gasprognosefortschreibung der Eisenlohr Energie & Umwelttechnik, Stand Juni 2008.

Deponiegas entsteht bei der biologischen Zersetzung der organischen Abfälle in einer Mischung von ca. 60 Vol.-% Methan ( $\text{CH}_4$ ) und 40 % Vol.-% Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ).

Bei der Gaserfassung entstehen zwangsläufig Erfassungsverluste. Das Verhältnis zwischen tatsächlich erfasster Gasmenge und der Gasproduktion wird als Erfassungsgrad bezeichnet und berücksichtigt die o. g. Gaserfassungsverluste. Erfahrungswerte zeigen, dass der Erfassungsgrad, je nach Topographie und Oberflächenabdichtung einer Deponie, zwischen 30 und 80 % liegen kann. Die Deponie Backnang-Steinbach liegt im mittleren Bereich des Erfassungsgrades.

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt der zu erwartenden erfassbaren Gasmenge der Deponie Backnang-Steinbach (alt und neu) bei 50 Vol.-%  $\text{CH}_4$  unter Berücksichtigung unterschiedlicher Prognosemodelle.

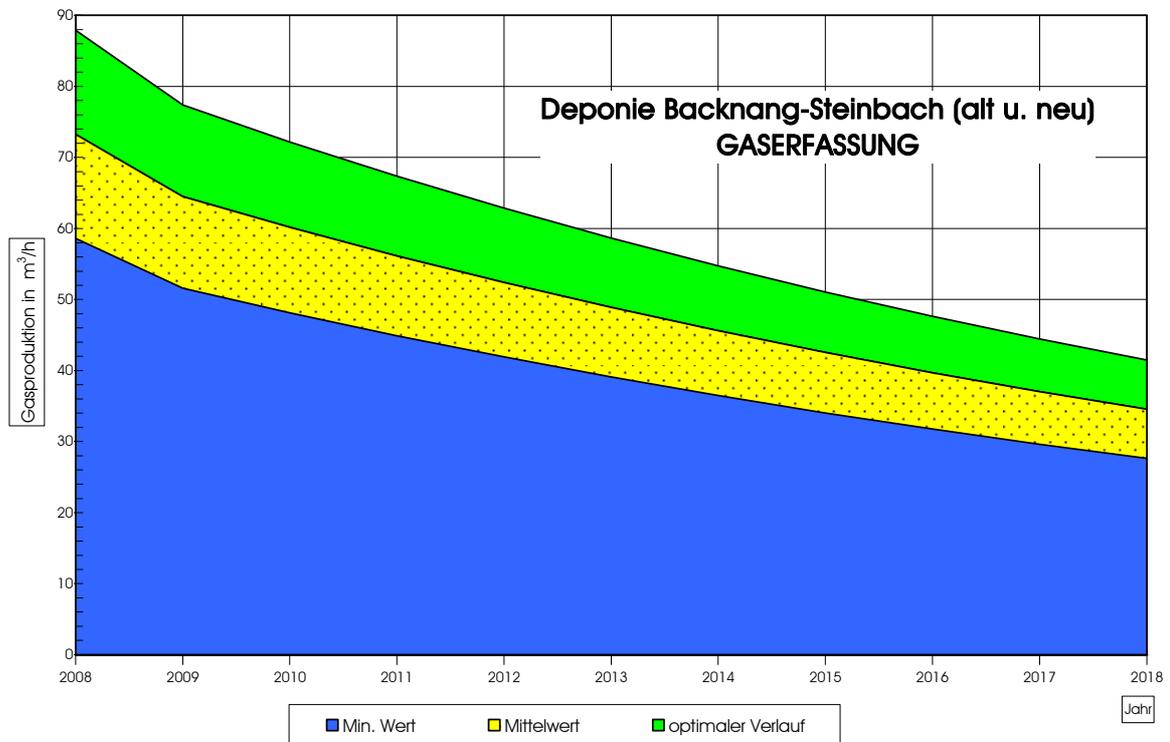


Abbildung 1: Gasfassung bei unterschiedlichen Erfassungsraten

Die prognostizierte, derzeit erfassbare Gasmenge (2014) liegt danach - je nach Erfassungsgrad - bei:

- ca. 36 m<sup>3</sup>/h (minimaler Wert),
- ca. 46 m<sup>3</sup>/h (mittlerer Wert),
- ca. 55 m<sup>3</sup>/h (optimaler Wert).

Mit dem zunehmenden Alter der Deponie und der zudem geplanten Oberflächenabdichtung ist jedoch auch eine Abnahme des CH<sub>4</sub> Gehaltes zu erwarten. Es ist dann vermehrt die Erfassung von Schwachgas festzustellen. Dieses ist ab einem CH<sub>4</sub> -Gehalt von unter 38 % in einer marktüblichen BKW-Anlage nicht mehr verwertbar. Üblicherweise werden dann die Gasbrunnen mit Schwachgas eingedrosselt um die für die motorische Verwertung erforderliche Gaskonzentration zu erhalten. Konsequenz ist, dass die Gasaustritte über die Oberfläche in diesen Bereichen zunehmen.

**Aus Gründen des Umweltschutzes sind daher Gasverwertungseinrichtungen zu präferieren, die eine Nutzung des Schwachgases erlauben.**

## 1.2 ZUKÜNFTIGE DEPONIEGASMENGE

Die vor dem Umbau abgesaugte Gasmenge (2013) betrug im Mittel ca. 38 m<sup>3</sup>/h und befindet sich damit im unteren Bereich der Prognose.

Der Rückgang der Gasmenge stellt eine logarithmische Funktion mit einer Halbwertszeit von 6 Jahren dar. Für 2014 beträgt der Prognosewert im unteren Bereich ca. 36 m<sup>3</sup>/h, für 2015 beträgt der Prognosewert noch ca. 34 m<sup>3</sup>/h. (bezogen auf einen CH<sub>4</sub> Gehalt von ca. 45 - 50 Vol.-%).

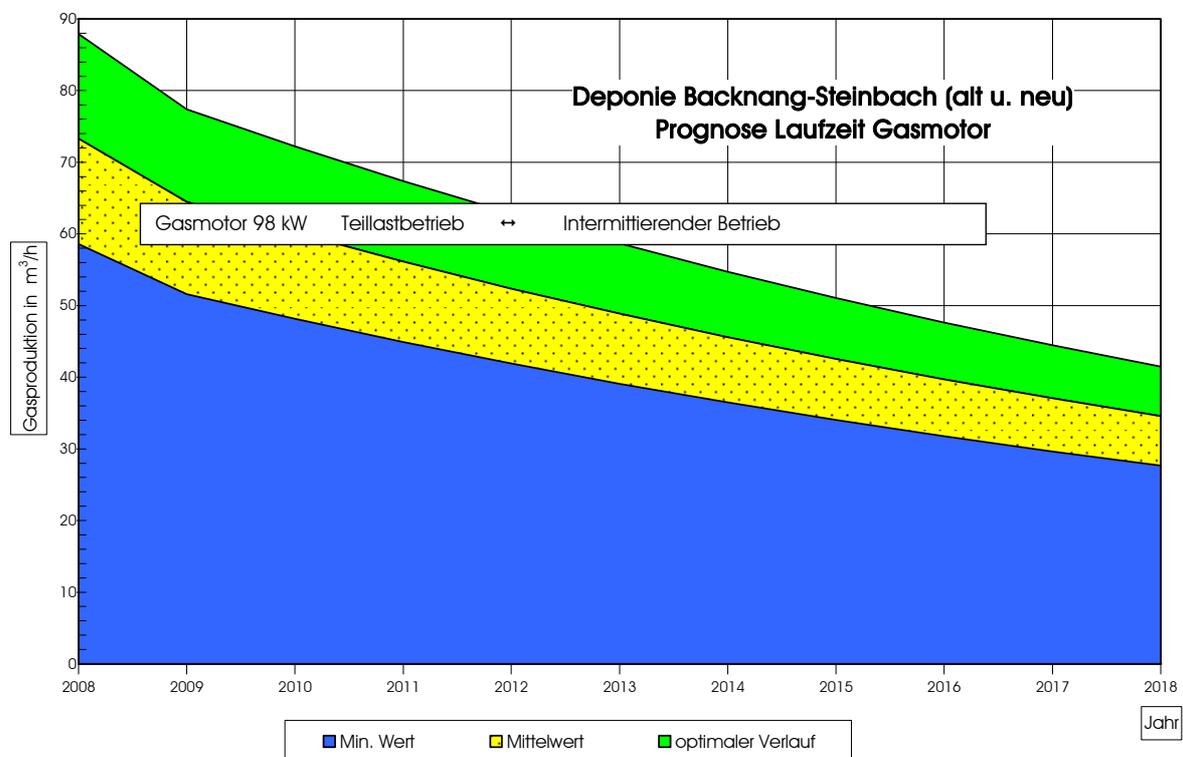


Abbildung 2 Gasmengenentwicklung und Verwertung Gasmotor

Wie in Abbildung 2 dargestellt, konnte die bisherige motorische Verwertung nur noch in Teillast (bis 2012) bzw. intermittierend (ab 2012) betrieben werden. Für einen kontinuierlichen Betrieb des Gasmotors im Volllastbereich ist ein Volumenstrom von 80 m<sup>3</sup>/h und im Teillastbereich mindestens 60 m<sup>3</sup>/h bei einem CH<sub>4</sub>-Gehalt von 45 -50 Vol.-% erforderlich.

## 2. UMBAU DER GASVERWERTUNG

Im August 2013 wurde die Förderung der Baumaßnahme mit Mitteln des Kommunalen Investitionsfonds (KIF) durch das Land Baden Württemberg zugesagt.

Es wurde geplant die vorhandene Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS, Siemens S5) zu ersetzen und eine Regelklappe zur bedarfsweisen Reduzierung des abgesaugten Schwachgasstromes aus dem Neuteil zu realisieren.

Die Erneuerung des Gasmischers wurde funktional ausgeschrieben. Derzeit sind allerdings nur zwei Fabrikate auf dem Markt, die Fa. GreenGas mit dem Tandemmischer, sowie die Fa. Senergie mit dem Heinzmann System Elektra. Beide Systeme erhöhen den maximalen Gasdurchsatz im Mischsystem und erlauben daher eine Absenkung der Gasqualität bei gleichen stöchiometrischen Verhältnissen.

Nach Planung und Ausschreibung der Baumaßnahme wurden im November 2013 die wirtschaftlichsten Angebote der Fa. Lambda mit dem Umbau der SPS, und der Fa. Senergie mit dem Umbau des Gasmischers beauftragt.

Die Umbauarbeiten wurden im Februar / März 2014 ausgeführt.

### 2.1 AUTOMATISCHE ZUMISCHUNG DES SCHWACHGASES MIT SPS

Das schwächere Gas des Neuteils der Deponie wird je nach Betriebszustand des Motors und der Gasmenge und Qualität aus dem Altteil der Deponie im automatischen Zumischbetrieb verarbeitet.

Ein entsprechendes Regelventil wurde in der Gasregelstrecke des Neuteils am Hauptgassammelbalken nachgerüstet.

Die Kosten hierfür betragen:

1.)	Neubau SPS, Programmierung der Regel- und Steuerfunktion.	9.895 Euro
2.)	Einbau Regelventil:	6.842 Euro
3.)	Elektrotechnik, Anschlussarbeiten:	3.112 Euro
5.)	Kosten der Planung und Bauüberwachung:	5.517 Euro
	Summe:	25.366 Euro

## 2.2 UMRÜSTUNG DER VORHANDENEN BKW ANLAGE AUF SCHWACHGASMISCHER

Im Auftrag der Fa. Senergie wurde von der Firma Heinzmann das in größeren Anlagen bewährte System Elektra, das die Hersteller Perkins und Guascor serienmäßig bei Motoren mit einer Leistung ab 500 kW<sub>el</sub> verwenden, eingebaut.

Das System wurde erstmals für eine elektrische Leistung von 75 bis 100 kW<sub>el</sub> eingesetzt. Der bisherige Venturimischer wurde in das System integriert. stillgelegt.



Abbildung 3: Gasmischer vor dem Umbau



Abbildung 4: Gasmischer nach dem Umbau

Das System Elektra beinhaltet eine extrem schnelle Drosselklappe, die den unter Überdruck stehende Gasstrom (wenigstens 60 mbar) geregelt in den vorhandenen Venturimischer vor dem Turbolader eindüst. Die sehr schnelle Regelung erfolgt im Startmodus ausschließlich nach der Drehzahl, (quasi Lambda 1). Nach erfolgter Netzsynchroisation wird die Regelung auf Lambda oder Brennraumtemperatur umgeschaltet.

**Diese Technik wurde weltweit erstmals für die Nutzung von Deponie-Schwachgas eingesetzt.**

Es ergibt sich hieraus theoretisch die Möglichkeit  $\text{CH}_4$  Gehalte von bis zu 25% mit dem BKW zu verwerten.

Der mögliche Gasdurchsatz konnte mit dem Umbau von bislang maximal  $80 \text{ m}^3/\text{h}$  auf über  $140 \text{ m}^3/\text{h}$  gesteigert werden. Bei dem angestrebten minimalen  $\text{CH}_4$  Gehalt von ca. 25 Vol.-%  $\text{CH}_4$  ergibt sich bei einer Last von  $75 \text{ kW}_{\text{el}}$  eine erforderliche Brenngasmenge von ca.  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ . Bei Ausnutzung der maximalen einspeisbaren Energiemenge von  $98 \text{ kW}_{\text{el}}$  ist eine Brenngasmenge von  $130 \text{ m}^3/\text{h}$  erforderlich.

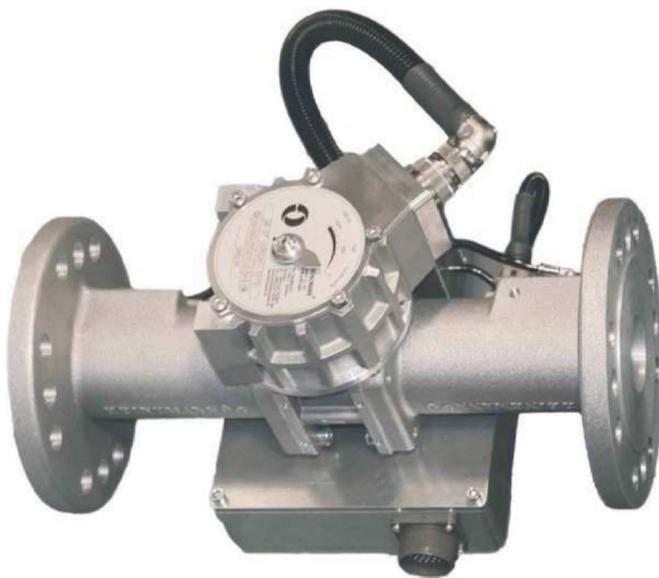


Abbildung 5: Gasmischer Elektra

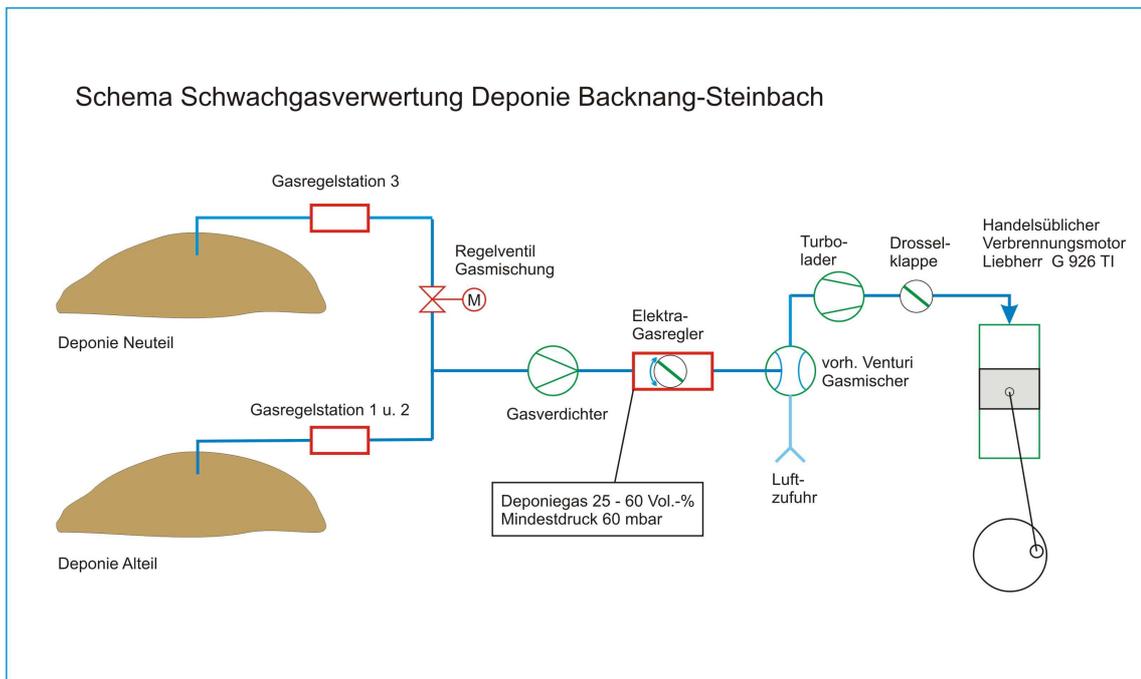


Abbildung 6: Schema Schwachgasverwertung Backnang-Steinbach

Die Kosten für die Umbauten der BKW Anlage wurden wie folgt berechnet:

1.) Neuer Gasmischer:	14.500 Euro
2.) Anpassung der Rohrleitungen und der Motorsteuerung:	5.796 Euro
3.) Inbetriebnahme und Einstellungen:	3.140 Euro
4.) Betreuung der Anlage im Probebetrieb:	8.265 Euro
5.) Kosten für Planung und Bauüberwachung:	8.811 Euro
Summe:	40.512 Euro

## 2.3 AUSFÜHRUNG DER UMRÜSTUNG

Der Umbau der SPS und der nachgeschalteten Reglersteuerung erfolgte problemlos innerhalb von 2 Kalenderwochen.

Der Umbau des Gasmischers wurde am 5. Februar 2014 begonnen und konnte innerhalb von zwei Tagen abgeschlossen werden. Der Motor lief sofort mit CH<sub>4</sub> Gehalten ab

35 Vol.-% problemlos. Die Einstellungen für den Start im Schwachgasbetrieb waren jedoch etwas aufwendiger und benötigten insgesamt weitere drei Werkzeuge.

Nach Abschluss der Inbetriebnahme wurden Testläufe mit einem  $\text{CH}_4$  Gehalt von 30 Vol.-% bis 60 Vol.-% erfolgreich abgeschlossen. Der Gasbedarf bei  $98 \text{ kW}_{\text{el}}$  und  $\text{CH}_4$  Gehalt von 30 Vol.-% betrug ca.  $125 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Die Tests der Gasregelstrecke sowie die der umgebenden Rohrleitungen konnten mit der vorhandenen Auslegung in DN 50 erfolgreich absolviert werden.

### 3. AUSWERTUNG DER BETRIEBSDATEN

Nach erfolgten Umbau der Anlage sowie den vorgesehenen technischen Optimierungen im Versuchsbetrieb, muss auch der Absaugbetrieb hinsichtlich der größtmöglichen Deponiegaserfassung optimiert werden.

Hierzu wurden verschiedene Betriebszustände des Motors und der BKW Anlage getestet. Die Inbetriebnahme des Schwachgassystems erfolgte bereits im Februar 2014.

Von März bis Juni 2014 wurden Betriebszustände zwischen 35 und 40 Vol.-% getestet. Die im Folgenden aufgeführten Daten wurden dem vorhandenen Messschreiber Endress und Hauser (Periode 1 min.) entnommen.

#### 3.1 ERSTE BETRIEBSERFAHRUNGEN BIS JUNI 2014

##### GASMENGE UND WIRKUNGSGRAD $\eta$ DES BKW IM SCHWACHGASBETRIEB

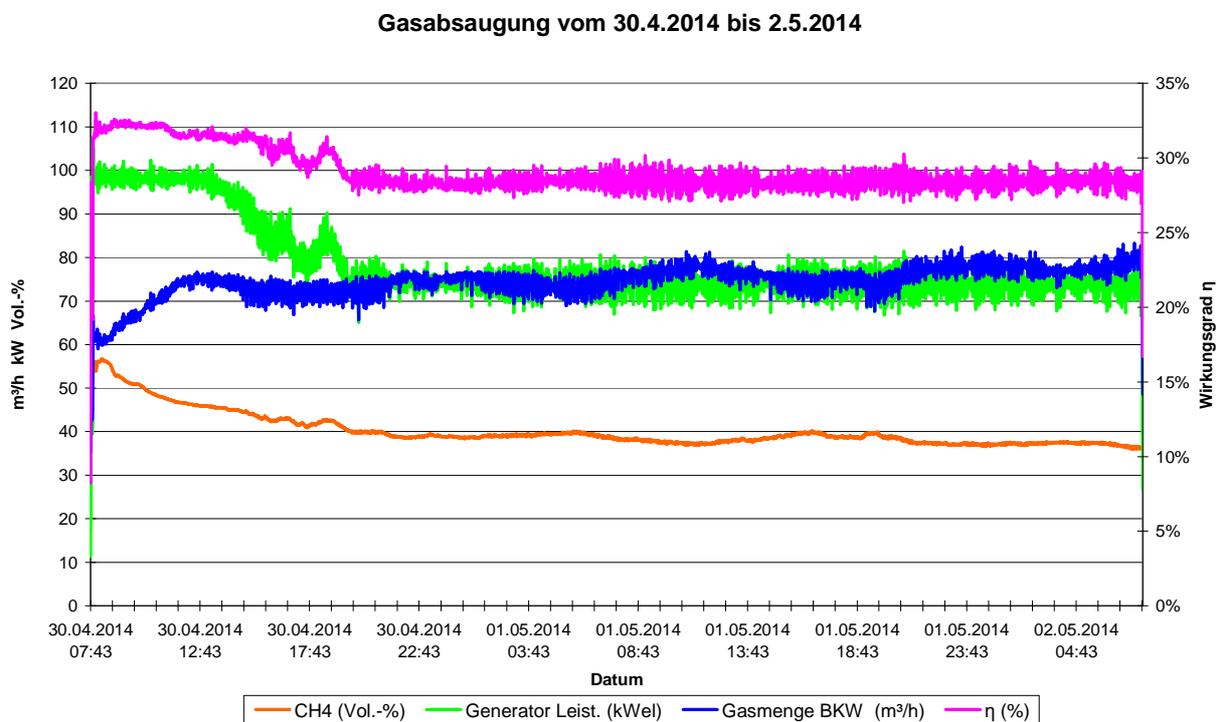


Abbildung 7: Gasmenge und Wirkungsgrad  $\eta$  bei sinkender Gasqualität

Im oben dargestellten Zeitraum vom 30. April 2014 bis 2. Mai 2014 wurde die Anlage mit einem CH<sub>4</sub> Gehalt von knapp 60 Vol.-% gestartet und bis ca. 36 Vol.-% betrieben.

Der Wirkungsgrad  $\eta$  der Anlage gesamt beträgt in Abhängigkeit der Last bei 98 kW<sub>el</sub> 32,5 % und bei 75 kW<sub>el</sub> immer noch ca. 28,5 %. Der CH<sub>4</sub> Gehalt im Brenngas hat nur einen geringen Einfluss auf den Wirkungsgrad.

Die Berechnung des Wirkungsgrades erfolgt aus der Division der Leistung kW<sub>el</sub> / zugeführte Wärmeenergie. Die Wärmeenergie berechnet sich aus dem inneren Heizwert (Hi) von Erdgas multipliziert mit dem CH<sub>4</sub> Gehalt des Deponiegases im Normzustand.

### Gasabsaugung vom 21.4.2014 bis 23.4.2014

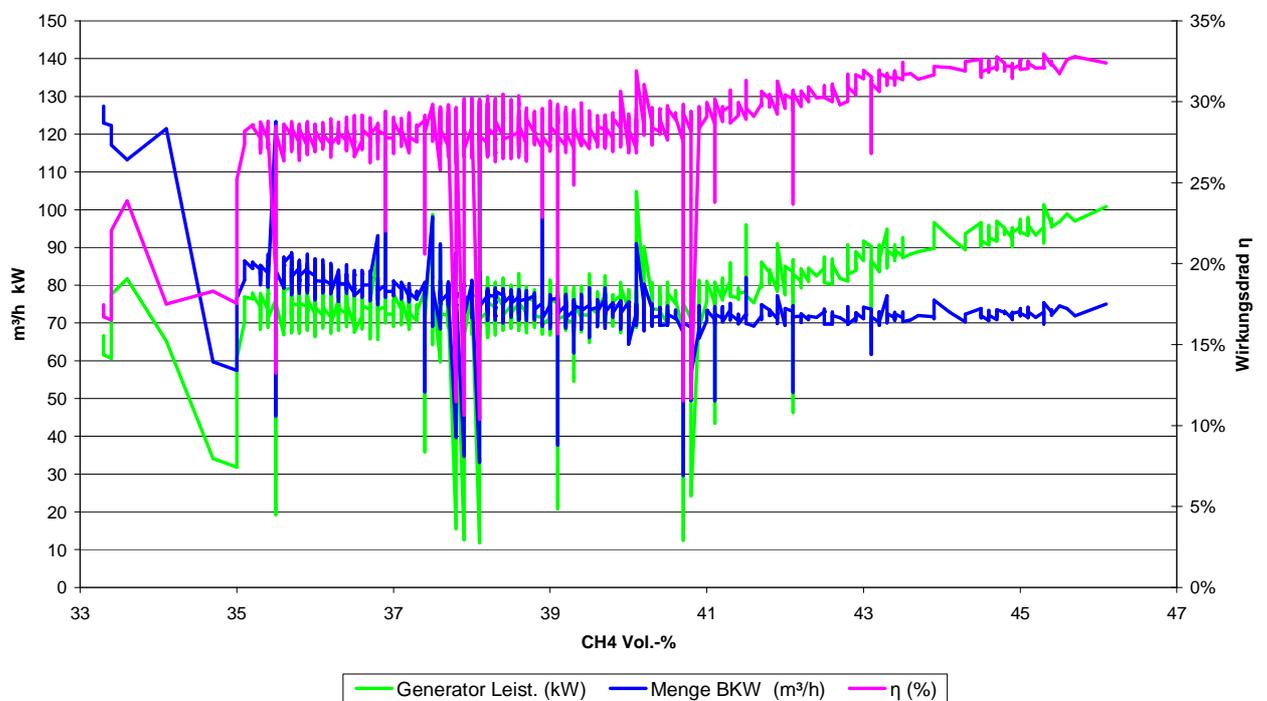


Abbildung 8: Wirkungsgradverlauf  $\eta$  gegenüber dem CH<sub>4</sub> Gehalt

Der Gasmotor verfügt über eine CH<sub>4</sub> abhängige Laststeuerung. Der Regelbereich beginnt bei einem CH<sub>4</sub> Gehalt von 42 Vol.-% und 75 kW<sub>el</sub>, ab einem CH<sub>4</sub> Gehalt von 46 Vol.-% wird die maximale Leistung von 98 kW<sub>el</sub> erzeugt (wurde im Laufe der weiteren Optimierung abgesenkt).

Die oben stehende Grafik zeigt, dass der Wirkungsgrad des BKW im Vollastbetrieb von ca. 33% auf ca. 28 % im Teillastbetrieb zurückgeht. Der CH<sub>4</sub> Gehalt zeigt in dem Bereich von 41 bis 36 Vol.-% nur einen geringen Einfluss auf den Wirkungsgrad  $\eta$ .

### 3.2 BETRIEBSERFAHRUNGEN BIS ANFANG NOVEMBER 2014

#### ABSENKUNG DES UNTRENEREN CH<sub>4</sub> BETRIEBSPUNKTES AUF 32 VOL.-%

Ab Juli 2014 wurde die Gasverwertungsanlage (GV) bis zu einem CH<sub>4</sub> Gehalt von ca. 33 Vol.-% betrieben. Aus den Erfahrungen der ersten beiden Monate wurde abgeleitet, dass eine regelmäßige Optimierung der Einstellung erforderlich ist. Nach Abschluss der Einregulierung wurde der untere Betriebspunkt auf 33 Vol.-% abgesenkt.

Gasabsaugung vom 29.7.2014 bis 30.7.2014

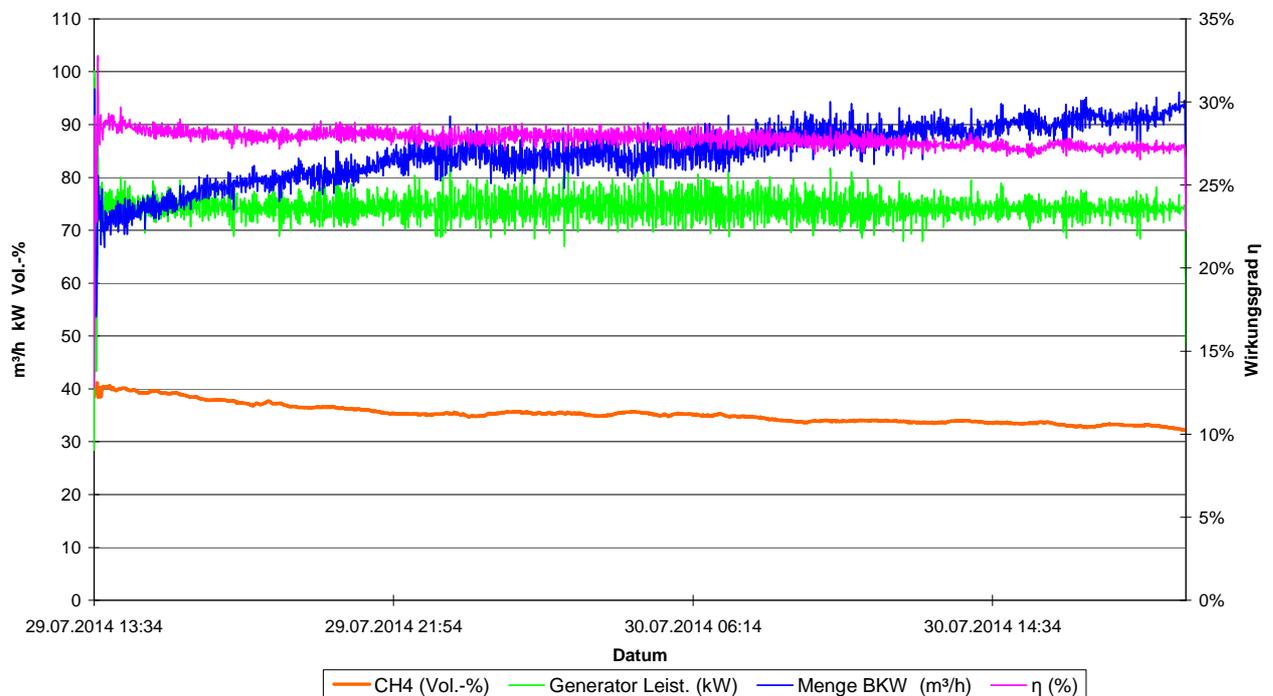


Abbildung 9: Gasmenge und Wirkungsgrad  $\eta$  bei CH<sub>4</sub> Gehalt bis 33 Vol.-%

Im oben dargestellten Zeitraum vom 29. Juli bis 30. Juli 2014 wurde die Anlage mit einem CH<sub>4</sub> Gehalt von ca. 40 Vol.-% gestartet und bis ca. 32 Vol.-% betrieben.

Der Wirkungsgrad  $\eta$  der Anlage betrug bei konstanten 75 kW<sub>el</sub> bei einem CH<sub>4</sub> Gehalt von 40 Vol.-% ca. 28,1 % und bei einem CH<sub>4</sub> Gehalt von 32 Vol.-% ca. 27,2 %.

Der CH<sub>4</sub> Gehalt im Brenngas hat demnach nur einen geringen Einfluss auf den Wirkungsgrad. Durch die deutlich vergrößerte Gasmenge (Anstieg von 70 m<sup>3</sup>/h auf über 90 m<sup>3</sup>/h) wurden jedoch an einigen weniger gut abgedichteten Deponiebereichen teilaerobe Zustände festgestellt.

### ABSENKUNG DES UNTREREN CH<sub>4</sub> BETRIEBSPUNKTES AUF 26 VOL.-%

Nach weiteren Einstellungsarbeiten an der Deponie wurde die GV ab November 2014 bis zu einem CH<sub>4</sub> Gehalt von ca. 26 Vol.-% betrieben.

#### Gasabsaugung vom 14.11.2014 bis 17.11.2014

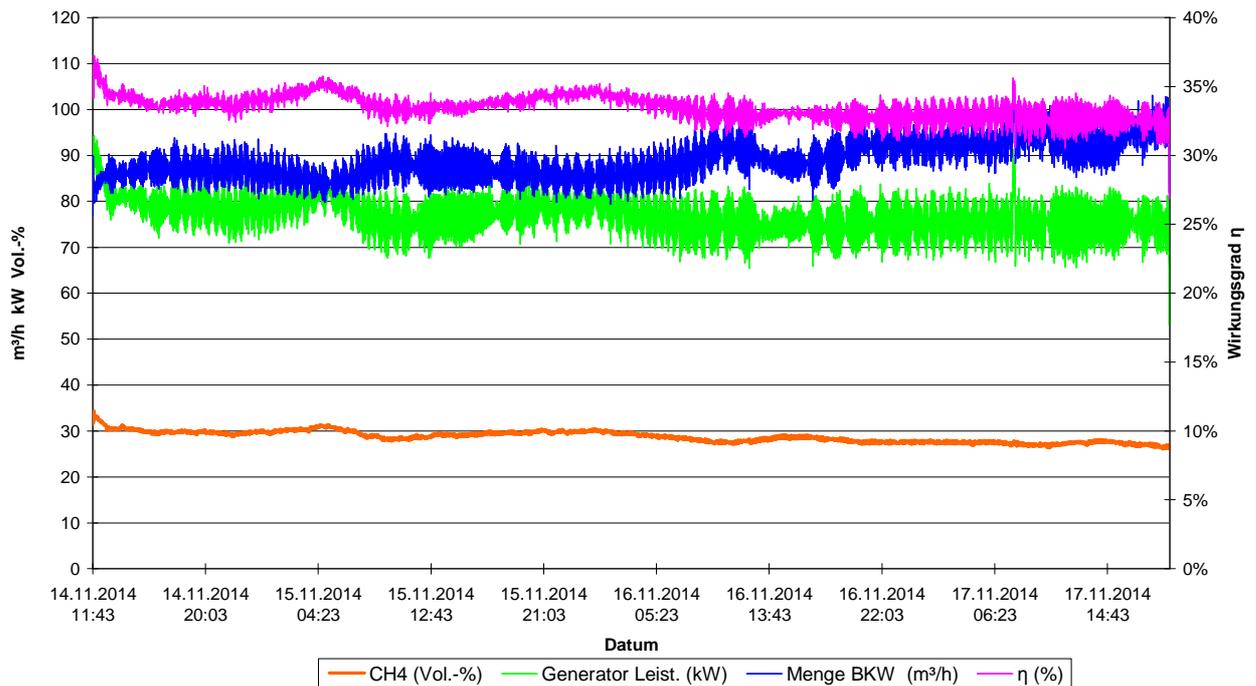


Abbildung 10: Gasmenge und Wirkungsgrad  $\eta$  bei CH<sub>4</sub> Gehalt bis 26 Vol.-%

Im oben dargestellten Zeitraum vom 14. November bis 17. November 2014 wurde die Anlage mit einem CH<sub>4</sub> Gehalt von ca. 30 Vol.-% gestartet und bis ca. 26,2 Vol.-% betrieben. Der Wirkungsgrad  $\eta$  der Anlage betrug bei konstanten 75 kW<sub>el</sub> bei einem CH<sub>4</sub> Gehalt von 30 Vol.-% ca. 30,2 % und bei einem CH<sub>4</sub> Gehalt von 26 Vol.-% ca. 27,2 %. Die verwertete Gasmenge stieg bis 100 m³/h an.

(Anmerkung: Im September wurde das Gasmengenmessgerät des BKW Fabrikat Höntzsch Vortex gewartet und neu kalibriert, es ergab sich ein Anstieg des berechneten Wirkungsgrades um 1%).

## 4. OPTIMIERUNG DER GASERFASSUNG / ENERGIEGEWINNUNG

Mit zunehmender Besaugung der Deponie nimmt der Erfassungsgrad einer Entgasung zu, der  $\text{CH}_4$  Gehalt des abgesaugten Deponiegases nimmt dagegen durch Fremdluftzutritte ab. Durch die Erhöhung der Gasmenge dringt Luft in den Deponiekörper ein, durch die einsetzende biologische Veratmung des Methans nimmt dessen Anteil überproportional ab, der Kohlendioxidanteil dagegen zu.

Es zeigte sich dass die Einstellung der Entgasungsanlage für Schwachgasnutzung grundsätzlich neu vorgenommen werden musste.

Hierzu erfolgte in regelmäßigen Abständen eine Einregulierung des Entgasungssystems. Die Deponie Backnang-Steinbach (neu) neigt im Schwachgasbetrieb zu einer Aerobisierung (Anstieg  $\text{CO}_2$ ). Es zeigte sich, dass bei dem angestrebten  $\text{CH}_4$  /  $\text{CO}_2$  Verhältnis von 1,5 im abgesaugten Volumenstrom sich ein minimaler  $\text{CH}_4$  Gehalt von 30 Vol.-% einstellt.

Auf der Deponie Backnang-Steinbach (neu) wurden bereits Abdichtungsmaßnahmen (Nachverdichtung der mineralischen Abdeckung) veranlasst um eine Aerobisierung im Schwachgasbetrieb zu verringern.

Fraglich ist daher bei welcher Gasmenge bzw. bei welchem  $\text{CH}_4$  Gehalt kann die maximale Energiemenge erfasst werden? Kurz nach dem Ende der Rohmülldeponierung liegt dieser  $\text{CH}_4$  Gehalt erfahrungsgemäß bei ca. 50 Vol.-%. Im Laufe der Jahre sinkt der optimale  $\text{CH}_4$  Gehalt unter 40 Vol.-%.

Deponiegas entsteht zu Beginn der anaeroben Vergärung mit einer Konzentration von ca.  $\text{CH}_4$  60 Vol.-% und  $\text{CO}_2$  40 Vol.-%. Durch die Absaugung entstehen Gasmischungen mit Fremdluft, bestehend aus Stickstoff und geringe Mengen Sauerstoff. Im Laufe des Alterns der Ablagerung verschiebt sich im Entstehungsprozess des Deponiegases das Verhältnis zwischen  $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}_2$  in Richtung  $\text{CH}_4$ . Dabei vermindert sich jedoch die Abbaugeschwindigkeit. In einigen Versuchen wurde auch festgestellt, dass sich die Halbwertszeit der Abbaurate verlängert (= verminderte Abbaugeschwindigkeit).

Bei einer kontrollierten stärkeren Besaugung kann man die biologischen Prozesse wieder aktivieren. Es ist aber darauf zu achten, dass die biologische Reaktion nicht mit

zuviel Sauerstoff stattfindet (aerobe Prozesse zerlegen schwer abbaubare Matrices in anaerob zugängliche Bausteine). Die **Eisenlohr Energie und Umwelttechnik** hat hier auf einigen Deponien mit Schwachgasverwertung festgestellt, dass das  $\text{CH}_4 / \text{CO}_2$  Verhältnis von 1,5 einen optimalen Energieertrag bei der Schwachgasnutzung ermöglicht. Optimaler Energieertrag bedeutet gleichzeitig auch optimierter Abbau der Organik.

Auch für die Deponie Backnang-Steinbach soll der maximale Wirkungsgrad der Entgasungsanlage ermittelt werden. Ab welcher Gasmenge sinkt die maximale Energieausbeute aus der Deponie aufgrund von aeroben Prozessen im Deponiekörper?

Die BKW Anlage läuft seit Februar 2014 im Schwachgasbetrieb, im Juni 2014 wurde zudem die automatische Start und Stopp Anlage des Intermittierenden Betriebs installiert. Bis Juni wurde die Anlage im  $\text{CH}_4$  Bereich bis 36 Vol.-% betrieben. Ab August wurde der Bereich bis 32 Vol.-%, ab November bis 26 Vol.-% gefahren.

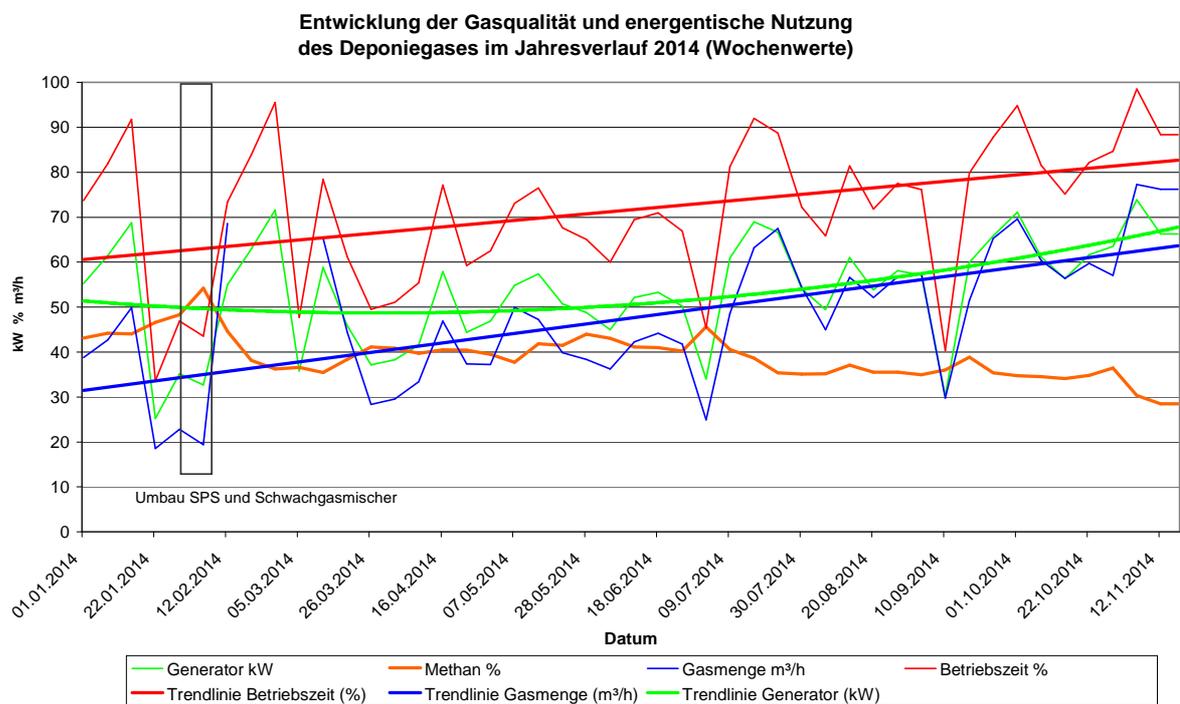


Abbildung 11: Entwicklung der Gaserfassung und energetischer Nutzung im Jahresverlauf 2014

Die Abbildung 10 zeigt nach dem Umbau im Februar 2014 zunächst eine steigende Gasmenge bei stark fallendem  $\text{CH}_4$  Gehalt und fallender Energieerzeugung (grüne Trendlinie). Im Verlauf des Sommers wurden die Einstellungen optimiert, mit dem Ergebnis steigender Energieerzeugung (ab Juni 2014). Im weiteren Verlauf wurde die  $\text{CH}_4$  Konzentration im Juli 2014 auf 33 Vol.-% und im November auf 26 Vol.-% abgesenkt. Die Anlagenbetriebsdauer je Woche konnte insbesondere im Laufe des Herbstes 2014 deutlich gesteigert werden.

Im Altteil konnte sehr erfolgreich das Schwachgaskonzept eingestellt werden, hierzu wurden die Gasbrunnen unter Beachtung des  $\text{CH}_4 / \text{CO}_2$  Verhältnisses (1,5 = Optimum) auf einen Zielwert von 30 Vol.-% eingestellt.

Im Neuteil wurde bereits bei einem  $\text{CH}_4$  Gehalt von 36 Vol.-% das optimale Verhältnis von 1,5 unterschritten. Der Anstieg der abgesaugten Gasmenge aus dem Neuteil wurde daher entsprechend begrenzt

**Die abgesaugte Gasmenge konnte insgesamt um ca. 138 %, die Betriebszeit und die Stromerzeugung um ca. 43 % gesteigert werden. (Vergleich Jan. / Nov. 2014)**

Die Optimierung der Gasverwertung mit der Schwachgasnutzung ermöglicht hieraus neue Erkenntnisse zu Fortführung der bisherigen Anlagenkonzeption unter dem Aspekt der abnehmenden Gasqualität. Insbesondere im Vergleich zu Gasturbinen (Acrona) zeigt der Umbau zwei wesentliche Vorteile:

- 1.) Circa die Hälfte der Investitionskosten.
- 2.) Größerer Betriebsbereich des  $\text{CH}_4$  Gehalt von 26 bis 60 % Vol.%. Die Gasturbinen weisen lediglich einen Betriebsbereich von 33 bis 60 % Vol.-% auf.

Folgende Optimierungsmaßnahme ist noch offen:

- $\text{CH}_4$ -abhängige Zündzeitpunkt-Verstellung (früher zünden bei trägerer Verbrennung, um Wirkungsgrad zu erhöhen). Diese Maßnahme wurde zurückgestellt, da der Wirkungsgrad des Motors in Abhängigkeit des  $\text{CH}_4$  Gehalts bislang nur wenig abgefallen ist.

## 5. KOHLENSTOFFBILANZ

Bei abnehmenden  $\text{CH}_4$  Gehalt nimmt die Gasmenge entsprechend dem Energiebedarf des Motors zu. Der  $\text{CO}_2$  Gehalt im Deponiegas stieg aufgrund der o.g. Praxis der Einstellungen nicht an, sondern konnte relativ konstant gehalten werden. (Siehe Anlage 4).

Gegenüber dem Ausgangswert Anfang 2014 bei ca. 46 Vol.-%  $\text{CH}_4$  hat sich der Kohlenstoffaustrag je  $\text{m}^3$  von ca. 37,5  $\text{g}/\text{m}^3$  auf ca. 25  $\text{g}/\text{m}^3$  (entspricht 33 %) verringert. Die Gasmenge stieg aber im gleichen Zeitraum um 138 %.

**Der Kohlenstoffaustrag wurde somit um 59 % erhöht (Rechenweg siehe Anlage 4). Die Schwachgasnutzung ermöglicht somit neben der energetischen Nutzung des Deponiegases eine Verminderung der diffusen Methanemissionen und eine Aktivierung der biologischen Vorgänge zur Stabilisierung der Deponie.**

## 6. FAZIT / EMPFEHLUNG

Die BKW Anlage der Deponie Backnang-Steinbach (alt und neu) wird seit Ende Februar 2014 im Schwachgasmodus betrieben. Der Umbau wurde in sehr kurzer Zeit erfolgreich realisiert. **Die Ausführung der Gemischregelung mit einer sehr schnellen Gasregelklappe (System Elektra) in Verbindung mit dem alten Gasmischer lässt den Betrieb des Motors bis zu einem  $\text{CH}_4$  Gehalt von ca. 25 Vol.-% zu.** Ab einem  $\text{CH}_4$  Gehalt von 26 Vol.-% startet der Motor ohne Probleme. Zunächst wurde die Leistungsfähigkeit des neuen Systems erprobt und der  $\text{CH}_4$  Gehalt des abgesaugten Deponiegases auf bis 36 Vol.-% abgesenkt. Im weiteren Verlauf des Probebetriebs wurde der  $\text{CH}_4$  Gehalt im Deponiegas schrittweise abgesenkt. Es zeigte sich, dass bei der Umstellung der Deponie auf Schwachgasbetrieb in einigen Bereichen der Deponie eine Aerobisierung (Luftdurchbruch) festzustellen war. Die Steigerung der Gasmenge musste daher umsichtig vorgenommen werden. Hierzu wurden umfangreiche Einstellungsarbeiten an der Entgasung (Optimierung des Schwachgasbetriebs) notwendig.

Durch die Absenkung des  $\text{CH}_4$  Gehalts auf bis zu 25 Vol.-% konnte die Gasmenge zur Verwertung um 138 % gesteigert werden. Entsprechend konnte die Laufzeit des Motors je Woche von ursprünglich 100 h (60 %) auf zunächst 130 h (80 %) und nach

entsprechender Einstellung der Deponie auf bis zu 155 h (95 %) gesteigert werden. Der Umbau ermöglicht einen nahezu unterbrechungsfreien Betrieb der BKW Anlage

**Der Erfassungsgrad der Entgasungsanlage nimmt zu, der elektrische Wirkungsgrad der Anlage sinkt von ca. 33 % auf ca. 30 %. Es zeigte sich dennoch im Betrieb, dass die erzeugbare Strommenge trotz abnehmender Gasqualität, verbunden mit einer Erhöhung des Durchsatzes, zunimmt.**

**Im Untersuchungszeitraum konnte mit der Umstellung auf Deponieschwachgasbetrieb bis zu 43 % mehr Energie gewonnen werden.**

**Durch die vorgenommene Schwachgaseinstellung konnte eine aerobe Oxidation des Methans weitgehend verhindert werden.**

**Das Betriebsoptimum aus Gasfassung und Gasverwertung liegt bei der Deponie Backnang-Steinbach nach bisherigen Erkenntnissen im Bereich von 25 bis 30 Vol.-% CH<sub>4</sub> im abgesaugten Deponiegas und wurde deponiespezifisch ermittelt. Eine Übertragung auf andere Deponien ist nicht ohne eingehende Überprüfung möglich.**

**Derzeit werden hinsichtlich der Optimierung des Betriebs der Entgasung langfristige Versuche begleitet, hierzu liegen jedoch noch keine Ergebnisse vor.**

**Aufgestellt:**

**Eisenlohr Energie & Umwelttechnik**

**Esslingen, den 10. Dezember 2014**



Martin Eisenlohr

## **ANLAGE:**

Anlage 1: Lageplan der Deponie Backnang-Steinbach

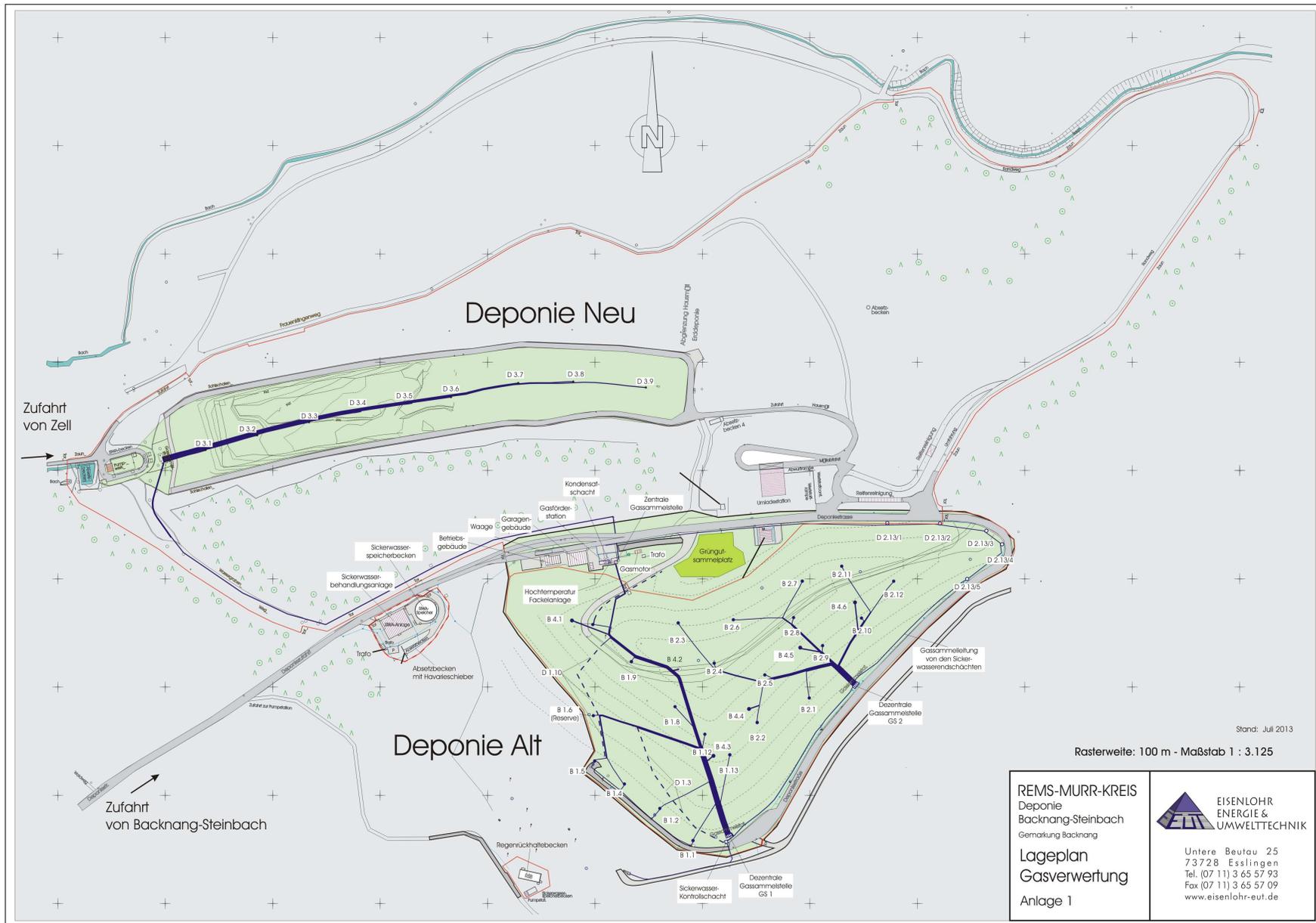
Anlage 2: Datenblatt Gasmotor

Anlage 3: Jahresauswertung der Wochendurchschnittswerte 2014

Anlage 4: Kohlenstoffbilanz bei verschiedenen Methan ( $\text{CH}_4$ ) Gehalten

Anlage 5: Datenblatt Heinzmann Elektra

Anlage 1:



125 kW

Detallierte technische Daten - Biogas

926 TI.B

Auslegungsdaten		
elektrische Dauerleistung	kW	125,0
Kühlwasserwärmeleistung KW / LLK intern	kW	107,3
Abgaswärmeleistung AW (Abgast. 180°C)	kW	60,9
LLK extern Wärmeleistung	kW	0,0
Wärmeleistung (Toleranz +/- 8%)	kW	168,1
Strahlungswärmeleistung (Motor)	kW	15,1
Brennstoffleistung (Toleranz +5%)	kW	339,7
Brennstoffvolumenstrom	Nm <sup>3</sup> /h	63,7
Heizwert Biogas	kWh/Nm <sup>3</sup>	5,3
elektrischer Wirkungsgrad	%	36,8
thermisch Wirkungsgrad	%	49,5
Gesamtwirkungsgrad	%	86,3
Stromkennzahl <sup>1)</sup>		0,74
Motordaten		
Motorfabrikat		LIEBHERR
Typ		926
Zylinderzahl / Anordnung		6 / Reihe
Hubvolumen	ltr.	9,96
Zylinderbohrung / Kolbenhub	mm	122 / 142
Verdichtungsverhältnis		13,5:1
Iso- Standard- Leistung	kW	132,1
spez. Kraftstoffverbrauch (Toleranz +/- 5%)	MJ/kWh	9,25
Mittl. effekt. Druck	bar	10,61
Schmierölverbrauch	g/kWh	< 0,3
Schmierölvolumen	Liter	22 / 102
Kühlwassertemperatur Ein-/ Austritt max.	°C	78 / 86
Gemischtemperatur max.	°C	85,0
Zulässiger Abgasgedruck nach Turbo	mbar	40,0
Abgasmassenstrom	kg/h	652,0
Abgasvolumenstrom (Abgastemp. 180°C)	m <sup>3</sup> /h	856,0
Verbrennungsluftvolumenstrom	m <sup>3</sup> /h	452,1
Abgastemperatur nach Turbolader	°C	500,0
Mittl. Schalldruckpegel in 1 m	dB(A)	91,0
Zündzeitpunkt	°VOT	19 - 23
Verbrennungsverfahren		Mager-Turbo
Luftüberschuß (Lambda)		1,40
Emissionsdaten (bezogen auf 5 % O <sub>2</sub> im Abgas)		TA Luft
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	mg/m <sup>3</sup> n	< 500
Kohlenmonoxid (CO)	mg/m <sup>3</sup> n	< 1000
Formaldehyd (HCHO)	mg/m <sup>3</sup> n	< 60
unverbrannte Kohlenwasserstoffe (NMHC)	mg/m <sup>3</sup> n	< 150
Normbedingungen DIN ISO 3046-1		
Luftdruck	kPA	100
Lufttemperatur	°C	25
relative Feuchtigkeit	%	30
Generatordaten		
Hersteller		Cummins
Type		UCI 274 H
		bürstenloser Synchrongenerator
Scheinleistung	kVA	182
Wirkungsgrad	%	94,6
Drehzahl	1/min	1.500
Nennfrequenz	Hz	50
Nennspannung	V	400
Nennstrom	A	180,4
Wärmeauskopplung		
Heizkreis- Eintrittstemperatur	°C	70
Heizkreis- Austrittstemperatur	°C	85
Heizwasservolumen KW+GW*	m <sup>3</sup> /h	7,1
Heizwasservolumen KW+GW+AW*	m <sup>3</sup> /h	9,7
		<sup>2)</sup>
Raumlüftung		
Zulufttemperatur	°C	36
Zuluftvolumen bei 20 °C	m <sup>3</sup> /h	4375
Ablufttemperatur max.	°C	51
Abluftvolumen bei 35 °C	m <sup>3</sup> /h	4199
Modul- Abmessungen		
Länge	mm	3.580
Breite	mm	1.000
Höhe ohne Gasregelstrecke	mm	2.000
Betriebsgewicht	kg	2.971
Anschlüsse		
Heizung / Notkühler		R 2"
Gasleitung		DN50 PN10
Abgasleitung		DN125 PN10
Gasqualität		
Methanzahl		> 80
Heizwert H <sub>U,N</sub>	kWh/Nm <sup>3</sup>	> 4,0
Chlor + Flour	mg/Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	< 100
Staubgehalt	mg/Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	< 10
Siliziumgehalt	mg/Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	< 10
Schwefelgehalt	mg/Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	< 300
Schwefelwasserstoff	ppm	< 500
Relative Feuchte	%	< 60
Gastemperatur	°C	10 bis 30
Gasdruck	hPA	> 20
		<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Werte nach ISO 3046-1 / DIN 6271, ICFN = Blockierte ISO-Standard-Leistung Generatorleistung bei cos phi = 1,0

<sup>2)</sup> Kühlwasserwärmeleistung, Gemischkühlerwärmeleistung, Abgaswärmeleistung

<sup>3)</sup> Leistungsminderung in Abhängigkeit von Ansauglufttemperatur > 25 °C und Aufstellhöhe > 500 m.

detallierte Technische Daten 926 TI Biogas | Copyright Senergie GmbH 2011 v Änderungen und Irrtümer vorbehalten, Stand 22.08.2011 | Druckdatum: 07.12.2011

Senergie GmbH | Genwigstr. 8 | 78234 Engen | Tel. +49 (0)7733 5019-100 | Fax -199 | info@senergie.de | www.senergie.de  
 Geschäftsführer: Hendrik Lorenz | Sitz der Gesellschaft: 78234 Engen | Registergericht: Freiburg HRB 310899



Anlage 3:

Jahresauswertung Schwachgasnutzung Deponie Backnang-Steinbach 2014

Datum/Uhrzeit	Methan	Generator	Gasmenge	Betriebszeit	Wärmenergie	Wirkungsgrad
Wochenmittel - wert	%	kW	m <sup>3</sup> /h	%	kWth	η (%)
01.01.2014	43,2	55,3	38,8	73,7	202,8	32%
08.01.2014	44,2	61,4	42,7	81,9	226,9	32%
15.01.2014	44,1	68,8	49,8	91,7	221,6	31%
22.01.2014	46,6	25,2	18,5	33,6	139,9	32%
29.01.2014	48,3	35,1	22,8	46,9	132,3	31%
05.02.2014	54,2	32,7	19,3	43,6	99,5	29%
12.02.2014	44,6	55,0	68,6	73,4	308,6	31%
19.02.2014	38,1	62,9	Zähler	83,9		
26.02.2014	36,2	71,6	defekt	95,5		
05.03.2014	36,6	35,8		47,7		
12.03.2014	35,4	58,8	65,4	78,4	236,4	29%
19.03.2014	38,4	45,9	44,5	61,2	212,6	31%
26.03.2014	41,1	37,1	28,4	49,5	169,1	31%
02.04.2014	40,8	38,3	29,6	51,1	178,4	30%
09.04.2014	39,7	41,5	33,4	55,4	134,2	31%
16.04.2014	40,5	57,9	46,9	77,1	189,8	31%
23.04.2014	40,4	44,4	37,4	59,2	149,8	31%
30.04.2014	39,5	46,9	37,2	62,5	215,2	31%
07.05.2014	37,7	54,9	49,9	73,1	188,6	29%
14.05.2014	41,8	57,4	47,2	76,5	228,8	29%
21.05.2014	41,5	50,7	39,9	67,6	196,5	30%
28.05.2014	43,9	48,8	38,3	65,0	228,5	30%
04.06.2014	43,0	45,0	36,2	60,0	151,5	30%
11.06.2014	41,2	52,1	42,3	69,5	204,4	30%
18.06.2014	41,0	53,2	44,2	71,0	211,9	29%
25.06.2014	40,2	50,2	41,8	66,9	168,1	30%
02.07.2014	45,6	34,0	24,9	45,3	152,3	31%
09.07.2014	40,5	60,9	48,6	81,3	197,8	31%
16.07.2014	38,6	69,0	63,2	92,0	243,3	28%
23.07.2014	35,4	66,6	67,4	88,8	238,0	28%
30.07.2014	35,1	54,2	54,4	72,2	190,7	29%
06.08.2014	35,2	49,4	45,0	65,9	193,0	30%
13.08.2014	37,1	61,0	56,6	81,4	210,9	29%
20.08.2014	35,5	53,9	52,1	71,8	185,8	25%
27.08.2014	35,5	58,1	56,7	77,5	201,6	29%
03.09.2014	34,9	57,1	57,4	76,2	200,5	29%
10.09.2014	36,0	30,3	29,8	40,3	183,9	29%
17.09.2014	38,8	59,9	51,5	79,9	200,7	30%
24.09.2014	35,3	65,9	65,2	87,8	230,5	29%
01.10.2014	34,7	71,1	69,6	94,8	242,0	29%
08.10.2014	34,5	61,2	60,4	81,6	207,8	30%
15.10.2014	34,1	56,3	56,4	75,1	192,2	29%
22.10.2014	34,8	61,6	59,8	82,2	206,7	30%
29.10.2014	36,4	63,5	57,0	84,7	208,5	30%
05.11.2014	30,3	73,9	77,3	98,6	234,1	32%
12.11.2014	28,5	66,3	76,2	88,3	212,1	30%
17.11.2014	28,5	66,3	76,2	88,3	212,1	30%
Vor Umbau	46,8	46,4	32,0	61,9		
Nach Umbau	28,5	66,3	76,2	88,3		
Veränderung	61%	143%	238%	143%		
<b>absolut</b>	<b>-39%</b>	<b>43%</b>	<b>138%</b>	<b>43%</b>		

Anlage 4:

Jahresauswertung Schwachgasmotor Deponie Backnang-Steinbach  
Kohlenstoffbilanz bei verschiedenen Methangehalten

Die Kohlendioxidkonzentration im Deponiegas wird nicht kontinuierlich aufgezeichnet.  
Es wurden Referenzwerte der letzten Messungen der Einstellungen herangezogen.

Methan	Kohlendioxid	Sauerstoff	CH4/CO2	Kohlenstoffaustrag
%	%	%	-	g/m <sup>3</sup>
<b>GSD 1 und 2</b>				
56,9	22,7	0,3	2,5	42,6
56,2	23,2	0,8	2,4	42,5
54,8	23,1	0,3	2,4	41,7
51,8	24,9	0,9	2,1	41,1
49,6	22,1	0,1	2,2	38,4
48,9	23,4	0,6	2,1	38,7
48,2	20,4	0,4	2,4	36,7
46,5	22,7	0,7	2,0	37,0
45,5	23,4	1,4	1,9	36,9
45,1	22,8	1,5	2,0	36,4
44,2	23,5	1,0	1,9	36,2
41,9	23,4	1,1	1,8	35,0
41,0	21,7	1,8	1,9	33,6
40,0	22,4	1,6	1,8	33,4
38,4	22,6	2,0	1,7	32,7
37,1	20,8	0,9	1,8	31,0
36,4	24,6	2,0	1,5	32,7
35,8	23,4	1,4	1,5	31,7
35,0	21,0	1,1	1,7	30,0
32,1	22,4	1,4	1,4	29,2
28,7	18,6	1,6	1,5	25,3
26,2	17,6	1,5	1,5	23,4

**GSD 3**

44,5	25,8	0,5	1,7	37,6
43,8	26,1	0,7	1,7	37,4
41,6	25,7	0,1	1,6	36,0
40,3	26,8	0,2	1,5	35,9
39,6	26,0	0,8	1,5	35,1
39,5	25,6	2,1	1,5	34,9
39,1	25,1	0,2	1,6	34,4
38,4	28,2	0,6	1,4	35,7
37,1	28,6	0,2	1,3	35,2
36,2	25,3	0,2	1,4	32,9
35,8	28,6	0,6	1,3	34,5
35,3	28,1	0,2	1,3	33,9
35,1	25,3	0,2	1,4	32,3
34,7	26,7	0,2	1,3	32,9
34,5	28,2	0,6	1,2	33,6
34,2	26,8	0,2	1,3	32,7
32,1	24,1	3,2	1,3	30,1
27,5	24,9	0,9	1,1	28,1
27,5	24,8	0,8	1,1	28,0
25,6	24,6	1,2	1,0	26,9

Die GSD 3 wird nicht mehr unter 30 % Methan betrieben

Molmasse

CO2	44,01	davon C	12,0	g/mol bzw. 22,4141
CH4	16,04	davon C	12,0	g/mol bzw. 22,4141

Anlage 4:

**Jahresauswertung Schwachgasmotor Deponie Backnang-Steinbach**  
**Kohlenstoffbilanz bei verschiedenen Methangehalten**

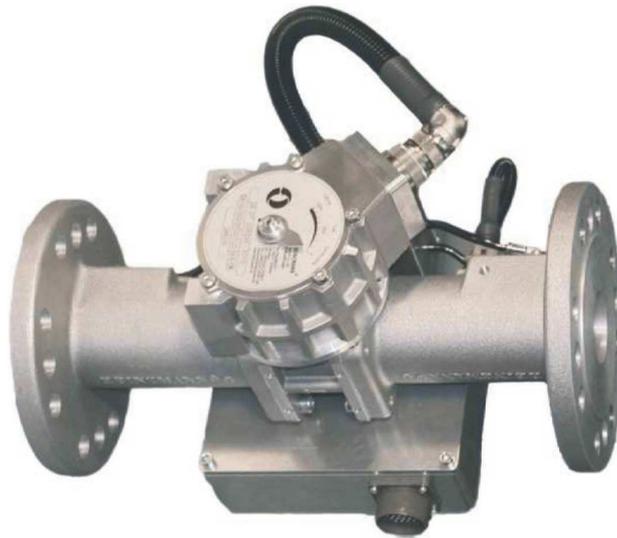
Die Kohlendioxidkonzentration im Deponiegas wird nicht kontinuierlich aufgezeichnet. Es wurden Referenzwerte der letzten Messungen der Einstellungen herangezogen.

Methan	Kohlendioxid	Sauerstoff	CH4/CO2	Kohlenstoffaustrag
%	%	%	-	g/m <sup>3</sup>
HGS				
53,2	23,6	0,6	2,3	41,1
52,8	23,4	0,4	2,3	40,8
49,5	23,8	1,2	2,1	39,2
47,5	24,9	0,6	1,9	38,8
47,3	24,1	1,5	2,0	38,2
45,8	23,6	0,1	1,9	37,2
43,5	23,6	0,7	1,8	35,9
43,5	22,8	0,5	1,9	35,5
43,5	22,8	0,6	1,9	35,5
43,1	23,8	0,6	1,8	35,8
42,7	23,5	1,3	1,8	35,4
40,1	24,0	0,9	1,7	34,3
38,6	23,4	1,5	1,6	33,2
37,6	20,5	1,2	1,8	31,1
36,1	22,8	0,6	1,6	31,5
35,6	23,4	1,8	1,5	31,6
35,2	19,7	1,0	1,8	29,4
34,0	20,0	1,2	1,7	28,9
33,5	22,0	1,8	1,5	29,7
31,0	23,0	1,3	1,3	28,9
28,4	20,2	1,4	1,4	26,0
26,1	19,4	1,4	1,3	24,3

Gegenüber dem Ausgangswert Anfang 2014 bei ca. 46 Vol.-% Methan hat sich der Kohlenstoffaustrag je m<sup>3</sup> von 37,5 g/m<sup>3</sup> auf ca. 25 g/m<sup>3</sup> entsprechend 33 % verringert. Die Gasmenge stieg aber im gleichen Zeitraum um 138 % an. Der Kohlenstoffaustrag wurde somit um  $2,38 \cdot 0,67 = 1,59$  um 59 % erhöht.

# ELEKTRA

## Electronic Fuel Metering and AFR Control



- ✓ Integrated electronic
- ✓ Fast response
- ✓ Outstanding accuracy
- ✓ Easy to integrate
- ✓ Proven reliability



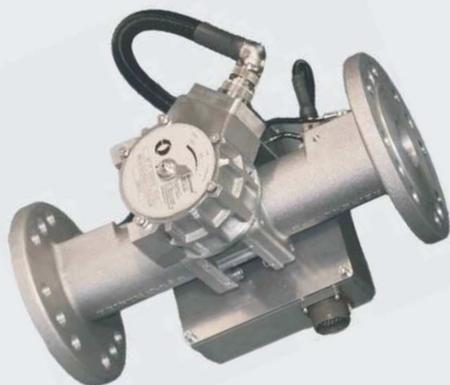
*Engine & Turbine Management*

## **ELEKTRA**

### ***Flexible gas metering and lambda control***

As a main component of the full authority engine management system KRONOS 30 M the Gas Metering Control Unit ELEKTRA (GMCU-XX) can be used as a fully integrated stand-alone system for flow control and in an extended version as a lambda control device for stationary gas engines.

The Gas Metering System contains a very flexible Control Unit based on the well-proven digital controller DC-6. Freely configurable I/O allows the user to customise the unit to almost any application. CAN bus permits the communication with other HEINZMANN devices or with external systems.

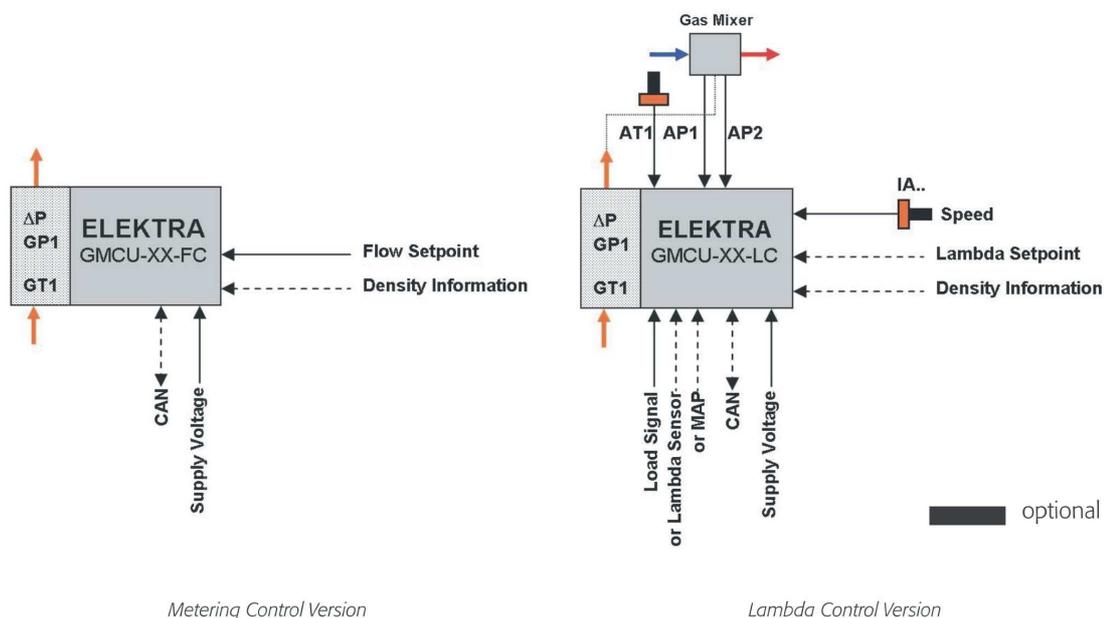


## **ELEKTRA Benefits**

- ✓ ***Proven reliability***
- ✓ ***High accuracy flow control and lambda control (GMCU-XX-FC / GMCU-XX-LC)***
- ✓ ***Modular concept extendable from flow control to lambda control***
- ✓ ***Lambda control with open and closed loop mode based on power feedback***
- ✓ ***Integrated misfire detection and overspeed/overload protection (lambda control version)***
- ✓ ***CAN bus communication***
- ✓ ***Flexible I/O interface for customised solutions***
- ✓ ***Fast response on fuel demands and stable operation***
- ✓ ***Full compensation for variations in input pressure and ambient temperature***
- ✓ ***Wide input pressure range. No zero pressure regulator required***
- ✓ ***V-engines: bank balancing of mix flow can be monitored***
- ✓ ***Configuration and system monitoring with communication software DcDesk 2000 or hand programmer***

## ELEKTRA FEATURES

### I/O diagram



### Highly integrated design

The highly integrated design of the ELEKTRA system requires a minimal cable harness, allows easy installation and avoids configuration errors. The controller and the sensor box are fixed on the device to provide the best mechanical and electrical conditions.

### Any gas quality

For a given gas quality the actual flow follows the flow demand very quickly and with high accuracy. For changing gas qualities the flow can be corrected by an additional density information.

The Gas Metering Unit can be used for all gas qualities from LPG and natural gas to landfill and wood gas.

### Fast response

For lambda control a calibrated venturi gas mixer is used as an air flow sensor. The short distance between air flow sensor and gas flow control valve ensures a very good transient behaviour resulting in stable lambda values even with large load changes.

### Wide pressure range

The algorithms used, the high accuracy throttle valve-actuator device and the precise calibration of the Gas Metering Unit provide an outstanding flow control within a wide inlet pressure range. This allows the use of the valve at higher pressure conditions with increased mass flow and eliminates the need for a zero pressure regulator. Ambient changes in pressure and temperature are fully compensated.

## Anlage 5:

### **Internal/external lambda setpoint**

The lambda control version includes an integrated speed and load dependant lambda map. Lambda control can be realised without any external equipment.

Optionally, an external lambda setpoint can be used. In closed loop mode with output power feedback the emissions are kept stable within a wide range of changing gas qualities and ambient variations.

### **User-friendly communication**

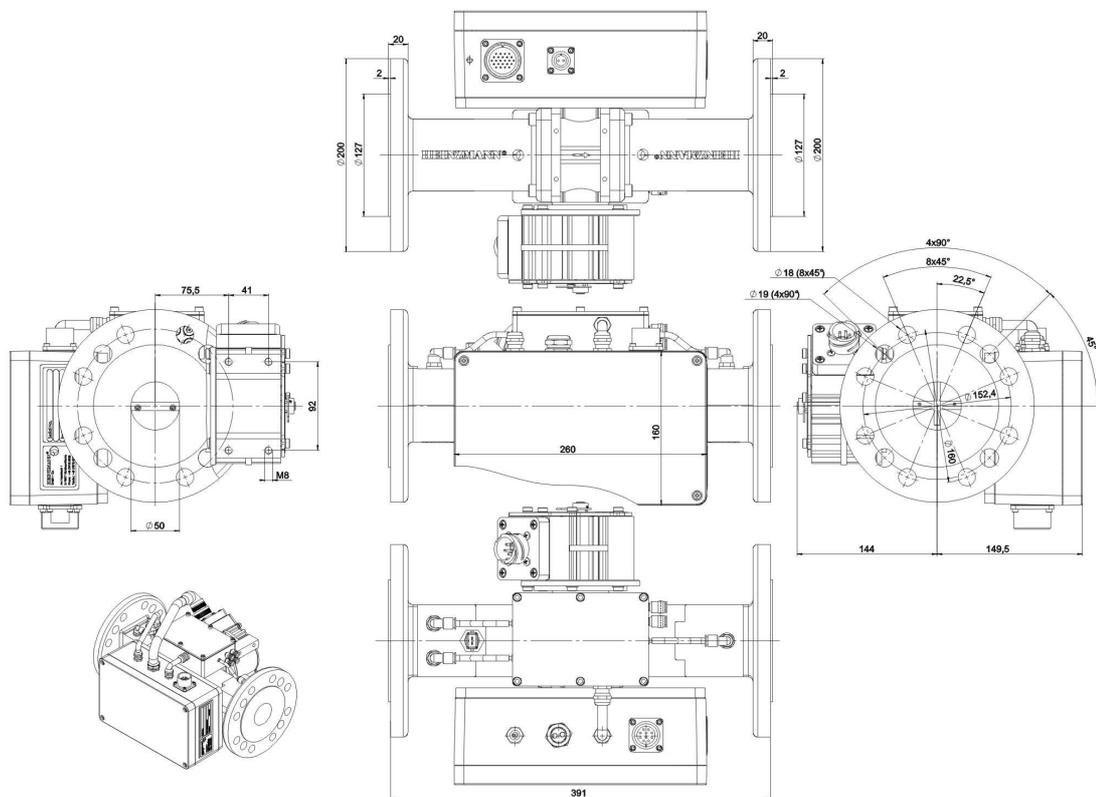
System set up and monitoring is made with the user friendly DcDesk 2000 tool. Powerful functions allow an easy understanding and straight forward commissioning.

### **ELEKTRA the ideal solution**

Elektra is the ideal solution for high accuracy emission control on stationary engines combining the best engineering technology for flexible gas metering and lambda control.

### **Technical drawings Elektra 50**

(Dimensions of ELEKTRA 85 on request)



## Anlage 5:

### Application range

- Stationary gas engines  
(single / variable speed)
- Typical power range GMCU 50:  
250 ... 2000 kW (typical natural gas)\*  
120 ... 1000 kW  
500 ... 2000 kW (bio gas)\*

\* natural gas LHV: 36 MJ/nm<sup>3</sup>

\* bio gas LHV: 18 MJ/nm<sup>3</sup>

Output power range depends on gas quality, gas pressure, differential pressure and temperature.

Above values are for arrangement upstream of the turbo charger.

The lambda control version can be used together with a calibrated venturi based gas mixer.

Additional components such as speed pickup, air temperature sensor, pressure sensing leads and cable harness are included.

### Specification of ELEKTRA

Input voltage range	18 up to 32 V
Max. current	6 A
Ambient temperature	-20 up to 80 °C
Storage temperature	-20 up to 85 °C
Gas inlet pressure	40 up to 250 mbar (relative)
Delta pressure inlet/outlet	40 up to 250 mbar
Flow accuracy	± 5% for the entire flow range
I/O interface	CAN bus Serial 3 digital in 1 digital out 2 multifunction ports: 0 up to 5 V; 4 up to 20 mA; PWM; 1 temp. input 1 speed pickup
Air humidity	Up to 98 % at 55 °C
Vibration	max. 2 mm with 10 up to 20 Hz max. 0,24 m/s with 21 up to 63 Hz max. 7 g with 64 up to 400 Hz
Shock	50 g, 11 ms half sine wave
Protection grade	IP 55
EMC	89/336/EEC and 95/54/EEC
Weight	GMCU-50: 20 kg GMCU-85: 35 kg

