

Betriebserfahrungen mit Stirling-Motoren zur Eigenstromerzeugung bei NKI-Projekten

Roland Haubrichs, LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

**Internationale Bio – und Deponiegas Fachtagung
Lübeck, 19.-20. April 2016 DAS – IB GmbH**





 Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen
Einrichtungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative vom 22.08.2016

Merkblatt
Investive Klimaschutzmaßnahmen

Hinweise zur Antragstellung

NEUES Merkblatt
Projekte 2016 und 2017

NEUE Förderrichtlinie
Bundesanzeiger
06.10.2015

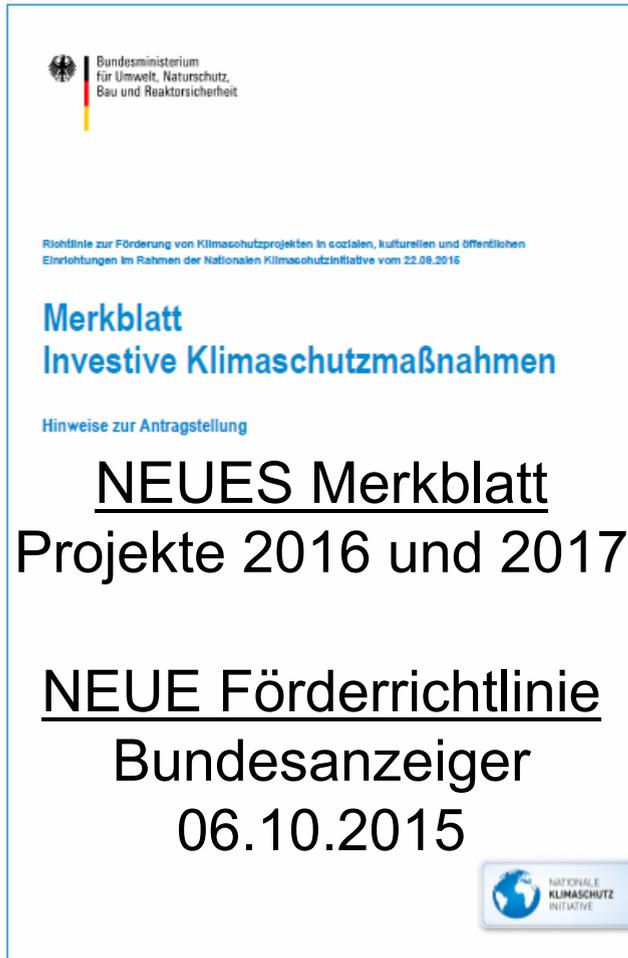


- **Gegenstand der Förderung**
- ... aerobe In-situ-Stabilisierung von stillgelegten Siedlungsabfalldeponien und Altablagerungen durch Verfahren der Saug- oder Druckbelüftung
- Projektbegleitende Ingenieurdienstleistungen ...
- **Einsatz von Hilfsaggregaten zur Eigenstromversorgung bis 15 kW**

Aktionsprogramm Klimaschutz 2020



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



- Die Zuwendung wird als Anteilfinanzierung durch einen **nicht rückzahlbaren Zuschuss in Höhe von bis zu 50 Prozent** der Ausgaben für Investition und Installation der notwendigen technischen Ausrüstungen sowie für projektbegleitende Ingenieurdienstleistungen innerhalb des Bewilligungszeitraumes gewährt.
- **Der Zuschuss ist begrenzt auf maximal 450.000 Euro.**

Mission THG-Minderung auf Deponien

4 Bausteine in der Praxis

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- **Aerobisierung**
Langfristige Vermeidung der Methanbildung durch fortschreitenden Lufteintrag in die Deponie
- **Erfassungsgrad**
Minimierung diffuser Emissionen aus der Deponie durch Steigerung der Absaugmengen (Unterdruck an jedem Brunnen)
- **Behandlung**
Vollständige autotherme thermische Oxidation der abgesaugten Gasgemische
- **Erzeugung**
CO₂-neutrale Produktion von Strom und Wärme vor Ort

Mission THG-Minderung auf Deonien

LAMBDA

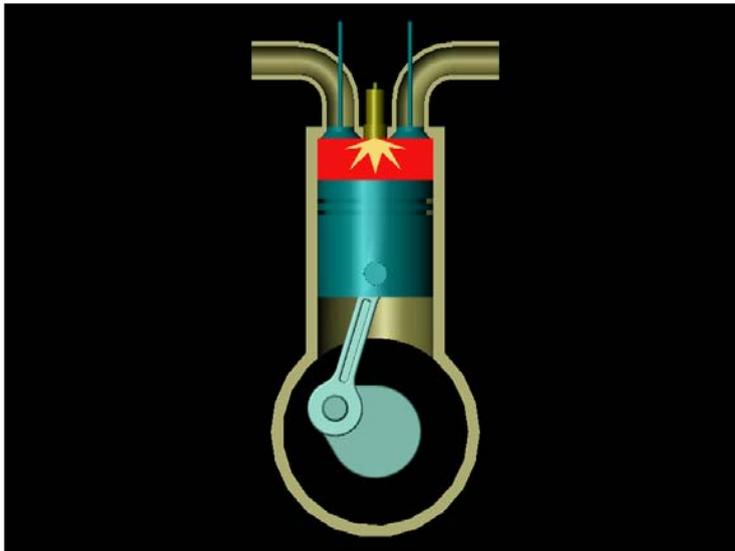


LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- CO₂-neutrale **Erzeugung** von Strom und Wärme vor Ort (mit Deponiegas)
- Deckung des Eigenstrombedarfs der Entgasungsanlage
- Energiebedarf im Bereich 5-15 kWel
- Vermeidung indirekter Emissionen aus dem Strombezug
- Reduzierung der Betriebskosten (Stromkosten)
- **Lösung: LAMBDA Cleanergy Stirling-BHKW**

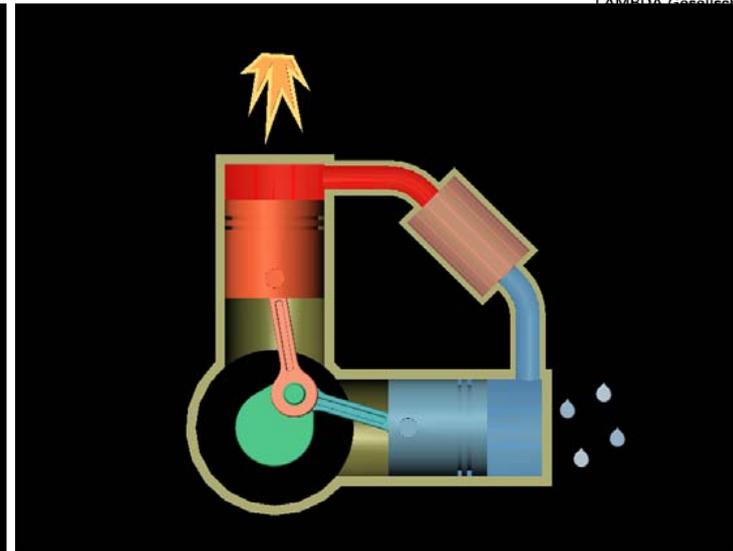
Grundlagen Stirling-Motor

LAMBDA



Otto

offener Kreislauf
Arbeitsgas wird ständig
ausgetauscht
(Brennstoff/Luftgemisch)
interne Verbrennung



Stirling

geschlossener Kreislauf
Arbeitsgas verbleibt im Prozess
externe Wärmequelle



Expansion

Das Arbeitsgas befindet sich vollständig im heißen Zylinder. Das Gas erwärmt sich, dehnt sich aus und drückt auf den Kolben.

Transfer zur kalten Seite

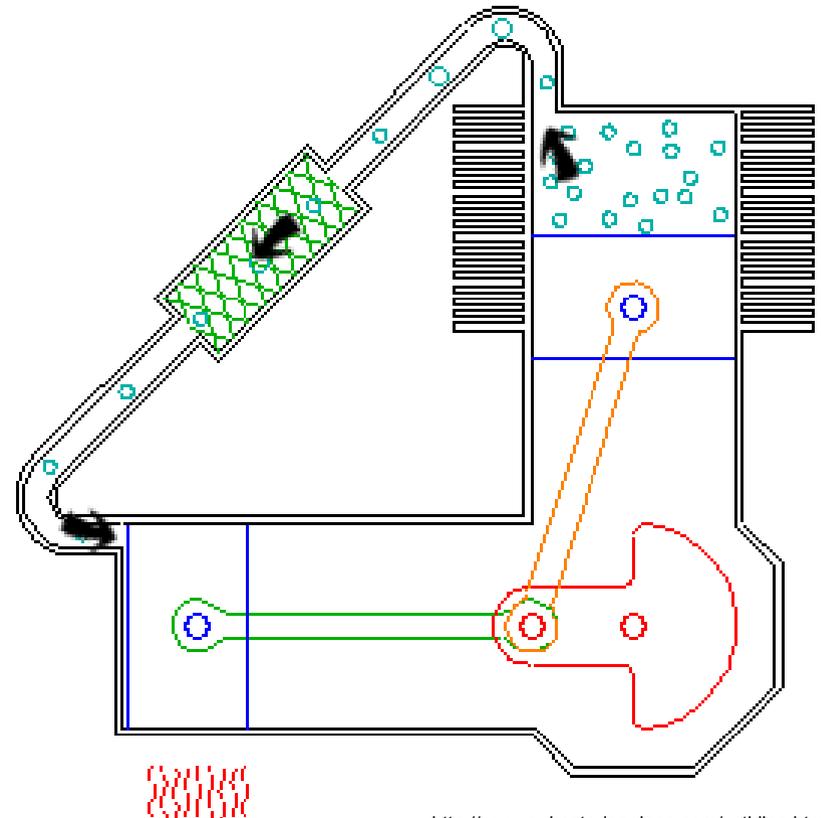
Das Gas dehnt sich weiterhin aus. Der größte Teil des Gases ist immer noch im heißen Zylinder. Durch das Trägheitsmoment wird die Kurbelwelle um weitere 90° gedreht und das heiße Gas zunehmend auf die kalte Seite transportiert.

Kontraktion

Das Gas gelangt auf die kalte Seite. Es kühlt sich ab und zieht am Kolben.

Transfer zur heißen Seite

Das Gas ist vollständig im kalten Zylinder abgekühlt. Durch das Trägheitsmoment wird die Kurbelwelle um weitere 90° gedreht und das kalte Gas auf die heiße Seite transportiert. Damit ist ein Zyklus komplett.



CLEANERGY Stirling-Motor

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- **Produktion errichtet 2010**
- **Kapazität pro Jahr: > 2.000 Einheiten (Gasversion)**



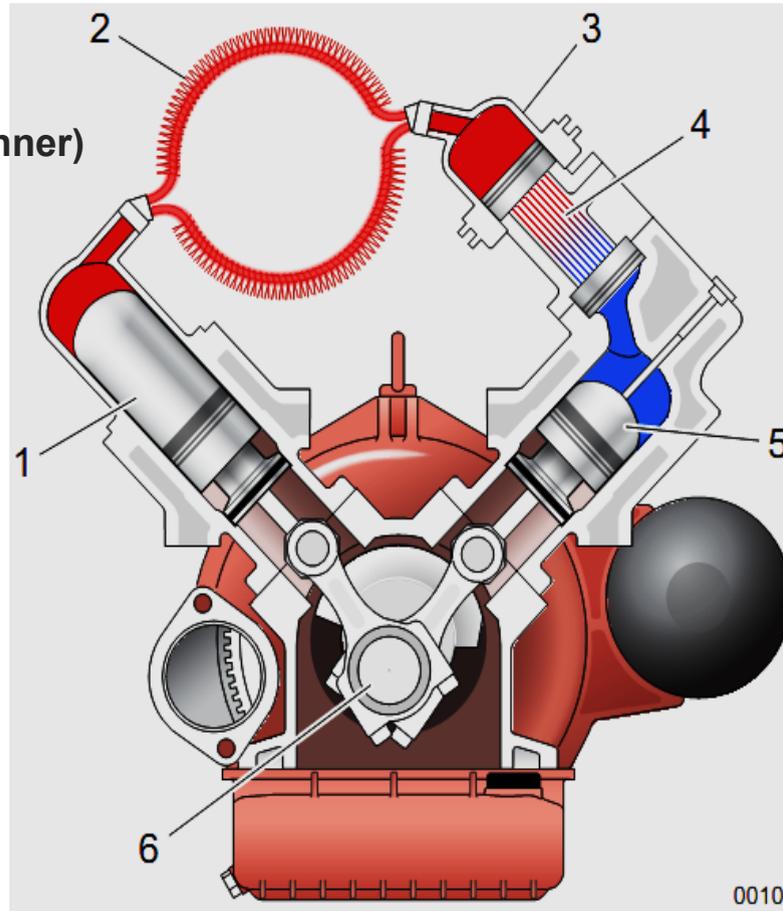
CLEANERGY Stirling-Motor

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- 1 Expansionszylinder
- 2 Wärmetauscher (ohne Brenner)
- 3 Regenerator
- 4 Gaskühler
- 5 Kompressionszylinder
- 6 Kurbelwelle



CLEANERGY Stirling-Motor

LAMBDA



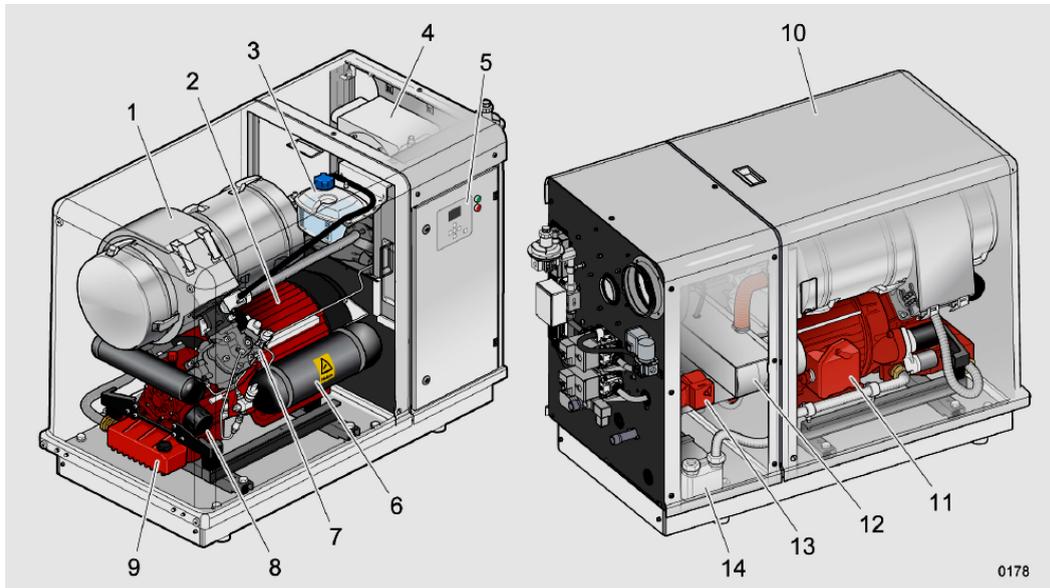
LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- **Der Brenner und nicht der Kolbenantrieb bestimmt die erforderliche Qualität des Brenngases**
- **Kontinuierlicher Verbrennungsprozess**
=> **geringe Emissionen**
CO < 100 mg/m³, NOx < 100 mg/m³,
Betrieb ab Heizwerten von ca. 1,8 kWh/m³
- **keine Explosionsgeräusche, keine Druckspitzen,**
fast schwingungsfreier Lauf
- **Geringe Betriebskosten**
(20 l Helium pro Jahr , 1,7 Liter Öl in 2 Jahren)
- **1,5 Stück Wartungskit pro Jahr (ca. 1-1.5 k€/Kit)**

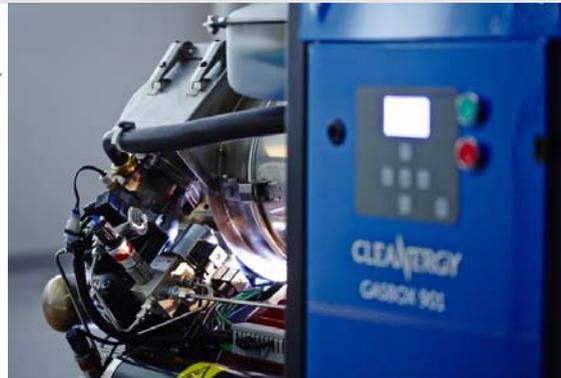
CLEANERGY Stirling-Motor Modul



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



- 1 Gasbrenner
- 2 Generator
- 3 Ausdehnungsgefäß
- 4 Abgaswärmetausche
- 5 Steuerung
- 6 Nachfüllung Arbeitsgas
- 7 Arbeitsgasventile
- 8 Ölfilter
- 9 Ölwanne
- 10 Abdeckung
- 11 Generator
- 12 Verbrennungsluftgebläse
- 13 Umwälzpumpe
- 14 Plattenwärmetauscher



CLEANERGY Stirling-Motor notwendige Peripherie



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



- **Steuerung, Fernzugriff**
- **Deponiegasversorgung**
- **ggfls. Gasanalyse**
- **Kühlsystem**
- **Heliumversorgung**
- **Propangasflasche**
- **Abgasanlage**
- **ggfls. Container**
- **Stromzähler**
- **Netzschutz**

CLEANERGY Stirling-Motor

Datenblatt

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



| Moduldaten | | |
|--|-----------------------|--------------------|
| Hersteller | [-] | CLEANERGY AB |
| Typ | [-] | C9G |
| Heizwasserinhalt (Wasser/Ethylenglykol 50%/50%) | [l] | 4,2 |
| Ölinhalt | [l] | 1,7 |
| Leergewicht Genset | [kg] | 470 |
| Abmessungen Genset (LxBxH) | [m] | 1,45 x 0,70 x 1,00 |
| Verbrennungstechnische Daten | | |
| | Last | 100% |
| Methangehalt | [%] | 18-100 |
| Abgasmassenstrom | [kg/h] | 100 |
| max. Abgasgedrueck | [mbar] | 2 |
| max. Abgastemperatur mit Abgaswämetauscher | [°C] | 100 |
| max. Abgastemperatur ohne Abgaswämetauscher | [°C] | 300 |
| Energiebilanz | | |
| | Last | 100% |
| El. Klemmleistung (3 x 400V, 50 Hz, cos phi = 1,0) | [kW] | 2 - 7,2 |
| Brennstoffeinsatz (Toleranz +5%)* | [kW] | 11 - 29 |
| Gasvolumenstrom bei 30 % CH ₄ * | [m ³ /h] | 3,7 - 9,7 |
| Nutzbare Gesamtwärmeleistung (Option) * | [kW] | 8 - 25 |
| Gasverbrauch Arbeitsgas Helium im Betrieb | [ml/h] | 100 - 300 |
| Wirkungsgrade | | |
| | Last | 100% |
| Elektrischer Wirkungsgrad * | [%] | 16 - 24 |
| Thermischer Wirkungsgrad mit AWT 50° Vorlauf * | [%] | 55 - 73 |
| Gesamtwirkungsgrad * | [%] | 71 - 97 |
| Wärmetechnik | | |
| min. Wassertemperatur Eintritt | [°C] | 30°C |
| max. Wassertemperatur Austritt | [°C] | 65°C |
| Temperaturdifferenz | [K] | 10 - 15 |
| max. Systemdruck | [bar] | 3 |
| Anlagenbedingungen | | |
| Gasfließdruck in Abhängigkeit der Gasqualität | [mbar] | 120 - 300 |
| max. Schwefelgehalt mit Abgaswämetauscher | [ppm] | 100 |
| max. Schwefelgehalt ohne Abgaswämetauscher | [ppm] | 200 |
| max. Siliziumgehalt | [mg/m ³] | 30 |

Referenzen Stirling-BHKW > 18 Vol.-% Methan LAMBDA CLEANERGY



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

| | Standort | Land | Gasart | Einheiten | el. Leistung | Inbetriebnahme |
|----|--------------|------|---------------------|-----------|-----------------|----------------|
| 1 | Amal | SWE | Deponiegas/Klär gas | 2 | 14,4 | 10/2010 |
| 2 | Rönneholm | SWE | Deponiegas | 2 | 14,4 | 10/2012 |
| 3 | Läggda | SWE | Biogas | 1 | 7,2 | 07/2014 |
| 4 | Leffler | SWE | Biogas | 1 | 7,2 | 11/2014 |
| 5 | Yttergårde | SWE | Biogas | 2 | 14,4 | 10/2011 |
| 6 | Yggeset | NOR | Deponiegas | 5 | 36,0 | 11/2013 |
| 7 | Espira | FRA | Deponiegas | 2 | 14,4 | 02/2014 |
| 8 | Docking | UK | Deponiegas | 2 | 14,4 | 01/2014 |
| 9 | Nysa | PL | Deponiegas | 1 | 7,2 | 08/2014 |
| 10 | Kilverstone | UK | Deponiegas | 1 | 7,2 | 10/2014 |
| 11 | Sulnowko | PL | Deponiegas | 1 | 7,2 | 12/2014 |
| 12 | Limbach | GER | Klär gas | 1 | 7,2 | 02/2015 |
| 13 | RTA | NOR | Klär gas | 2 | 14,4 | 12/2014 |
| 14 | Göritz | GER | Deponiegas | 2 | 14,4 | 09/2015 |
| 15 | Bengelbruck | GER | Deponiegas | 2 | 14,4 | 12/2015 |
| 16 | Hüfingen | GER | Deponiegas | 1 | 7,2 | 12/2015 |
| 17 | Emscherbruch | GER | Deponiegas | 1 | 7,2 | 06/2016 |
| | | | | | | |
| | Summe | | | 29 | 208,8 kW | |

Stirling-BHKW EFRE-Projekt Deponie Görzitz



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

Optimierung der Deponierestgasverwertung mittels Eigenstromversorgung
und Netzeinspeisung auf der Deponie Görzitz



EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Investition in Ihre Zukunft!



Bauherr
Kommunaler
Abfallentsorgungsverband
„Niederlausitz“
Frankfurter Straße 45
15907 Lützen (Spreewald)

**Genehmigungs- und
Überwachungsbehörde:**

Landesamt für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
Regionalabteilung West
Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam, OT Groß Glienicke

Planung:

SEE
SEF Energietechnik GmbH
Lessingstraße 4
08056 Zwickau

BIUC

Beratende Ingenieure für
Umweltgeotechnik und Grundbau GmbH
Schillerstraße 30
01968 Senftenberg

Ausführung:

LAMBDA
LAMBDA
Gesellschaft für Gastechnik mbH
Hertener Mark 3
45699 Herten



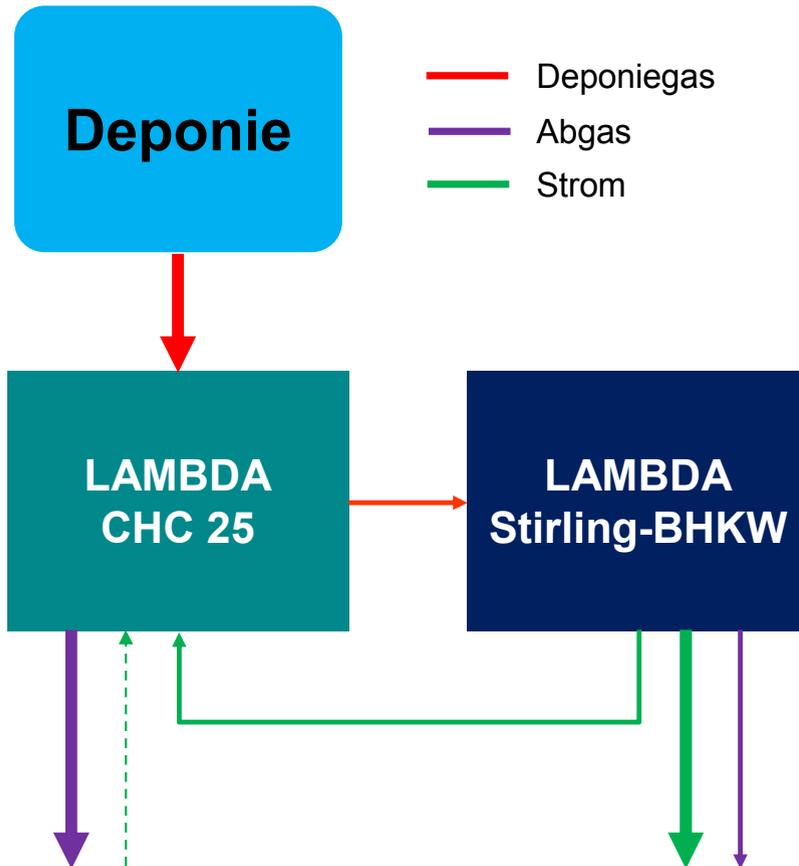
LAND
BRANDENBURG
Ministerium für Ländliche
Entwicklung, Umwelt und
Landwirtschaft



- **IBN: 09/2015**
- **LAMBDA CHC25
und 2 Stirling-
Motoren**
- **Strom- und
Wärmenutzung**
- **Gefördert durch das
EFRE-Programm der
EU**

Stirling-BHKW

EFRE-Projekt Deponie Görzitz



- **Erzeugung: 14,2 kW**
- **Verbrauch CHC25: 2,2 kW**
- **Seit IBN beide Motoren:
9.660 Bh, 64.700 kWh
(Mittelwert: 6,7 kW/Bh)**
- **Verfügbarkeit: 94 %**
- **Mittlere Leistung: 93 %**
- **Eigenstromdeckung: 99%**
- **Methan 22 und 50 Vol.-%**

Stirling-BHKW

EFRE-Projekt Deponie Göritz

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- **Regelwartung planmäßig nach ca. 5.000 Bh**
- **Erster Wartungstermin 28.04.2016 (nächste Woche)**
- **Bislang keine Auffälligkeiten, die zu einem kürzeren Wartungsintervall geführt hätten**
- **Stillstände der Motoren sind im wesentlichen auf Stromausfälle, Ausfall Gasförderung, Regelwartungen an der Gasförderung zurückzuführen (inkl. der jeweiligen Reaktionszeiten bis zur Wiederinbetriebnahme)**

Stirling-BHKW

NKI-Projekt Deponie Hüfingen



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



- **IBN: 01/2016**
- **LAMBDA eflox zur Aerobisierung der Deponie**
- **Stirling-BHKW als autarkes Container-System mit Gasförderung, Steuerung und Gasanalyse**

Stirling-BHKW

NKI-Projekt Deponie Hüfingen



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



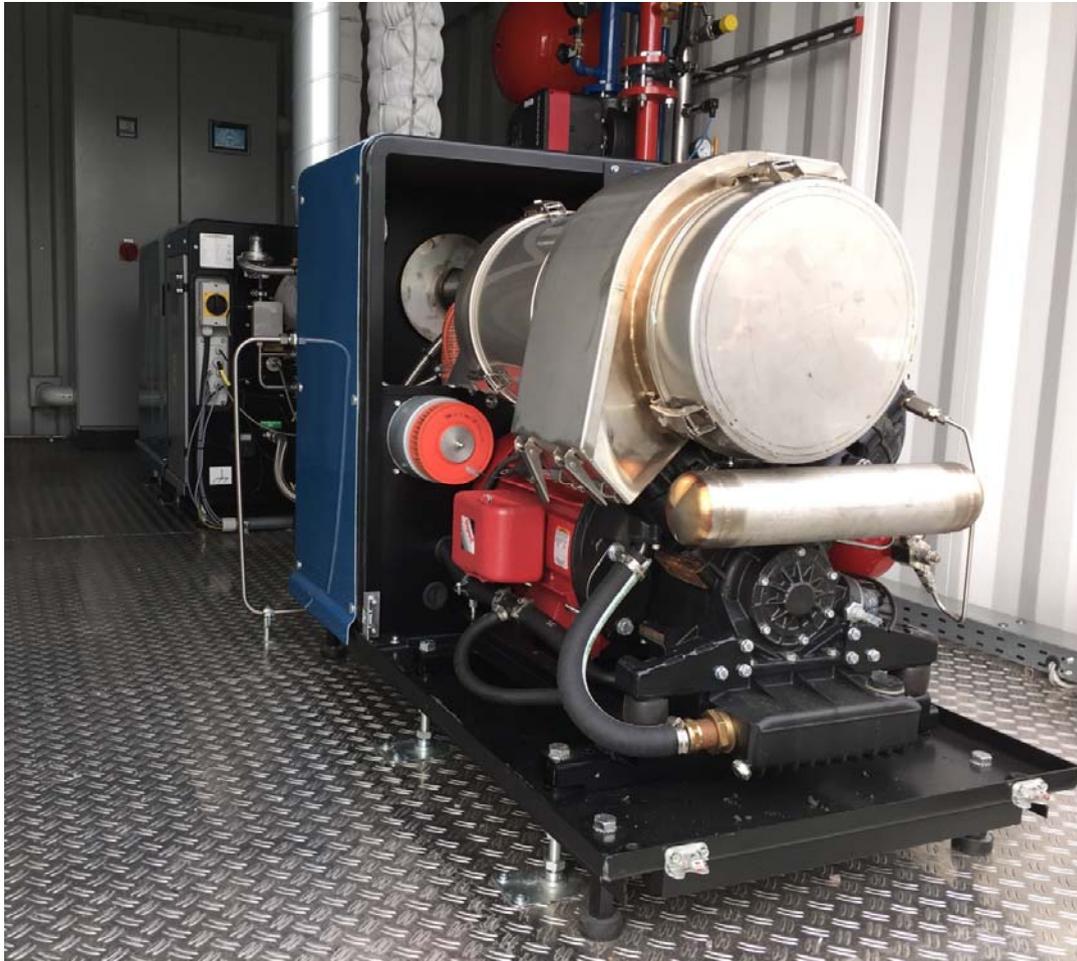
- **Erzeugung: 7,2 kW**
- **Verbrauch eflox: 5,7 kW**
- **Seit IBN:
1.764 Bh, 12.172 kWh
(Mittelwert: 6,8 kW/Bh)**
- **Verfügbarkeit: 91 %**
- **Mittlere Leistung: 90 %**
- **Eigenstromdeckung: 99%**
- **Methan 39 bis 47 Vol.-%**

Stirling-BHKW

LUBW/NKI-Projekt Deponie Bengelbruck



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



- **IBN: 10/2015**
- **2 Stirling-BHKW zur Stromversorgung der Entgasung**
- **Stirling-BHKW gefördert durch das Land Baden-Württemberg**

Zusammenfassung

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- **Bislang 5 Motoren auf Deponien in Deutschland installiert**
- **Stirling-Motor als Hilfsaggregat zur Aerobisierung von Deponien im Rahmen der NKI mit 50% förderungsfähig**
- **Einbindung als autarkes Containermodul oder vollständige Integration in die Gasförder- und Behandlungsanlage**
- **Alle Motoren ohne Gasreinigung installiert**
- **Bislang kein übermäßiger Verschleiß auf Grund von Spurenstoffen im Deponiegas zu erkennen**
- **Regelintervalle von 5.000 Bh, ggfls. länger sind realistisch**
- **Stromerzeugung deckt den Eigenstromverbrauch der Entgasungsanlage**

Betriebserfahrungen mit Stirling-Motoren zur Eigenstromerzeugung bei NKI-Projekten

Roland Haubrichs, LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

**Internationale Bio – und Deponiegas Fachtagung
Lübeck, 19.-20. April 2016 DAS – IB GmbH**

