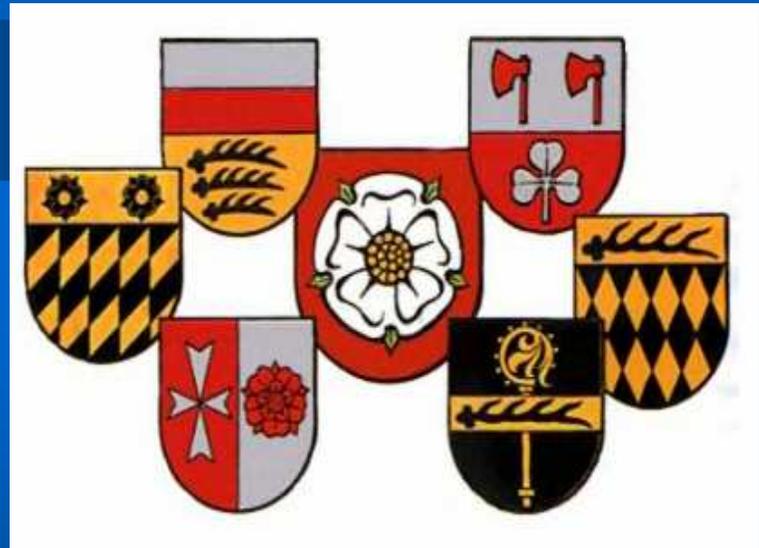


Betriebserfahrung mit dem Stirlingmotor (BHKW)



Klärwerke Stadt Rosenfeld

L.Mannke

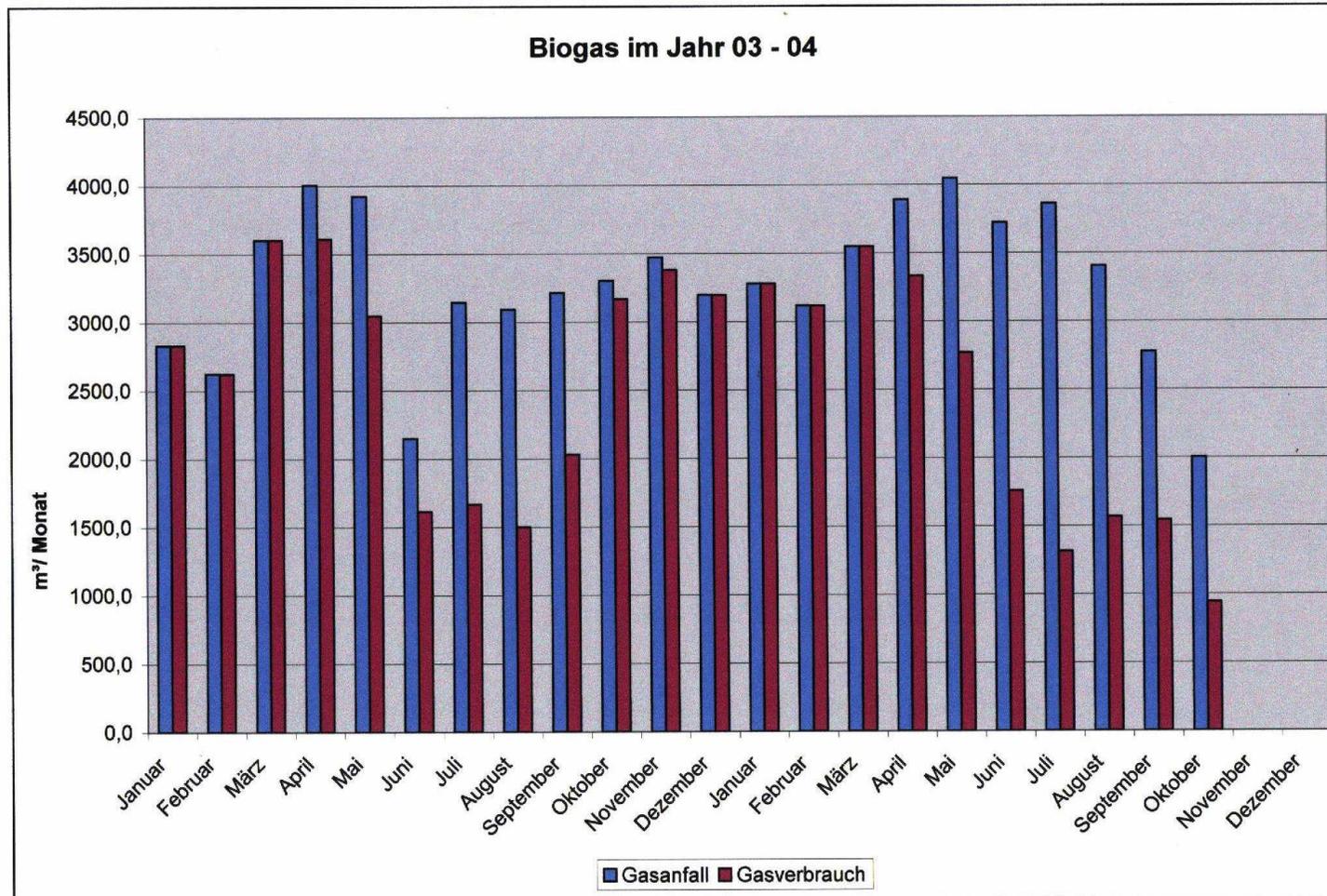
Übersicht

- **Biogasnutzung (bisher)**
- **Entscheidung für Stirling – Solo**
- **Funktion eines Stirlingmotors**
- **Vor und Nachteile**
- **Wirtschaftlichkeit**
- **Ausblick**

Biogasnutzung bisher

- Kläranlagengröße (5000 EW)
- Gasanfall im Jahr ca. 40 000 m³
- Verbrennung im Heizkessel ca. 60 %
zur Deckung der Wärme (Faulung)
und Heizwärme für Gebäude
- Abfackelung ca. 40 % (16 000 m³)
im Jahr (Sommermonate)

Gasmengen



Übersicht

- Biogasnutzung (bisher)
- *Entscheidung für Stirling – Solo*
- Funktion eines Stirlingmotors
- Vor und Nachteile
- Wirtschaftlichkeit
- Ausblick

Technologien Motor BHKW

- Motor BHKW (Zündstrahl) zusätzlicher Verbrauch von Brennstoff (Heizöl)
- Hohe Anschaffungskosten
- Hohe Betriebskosten durch Wartung Ölwechsel ectr.
- Gute BHKW,s ab 30 KW Elekt. Leistung
- Geringe Jahresbetriebstunden durch geringen Gasanfall

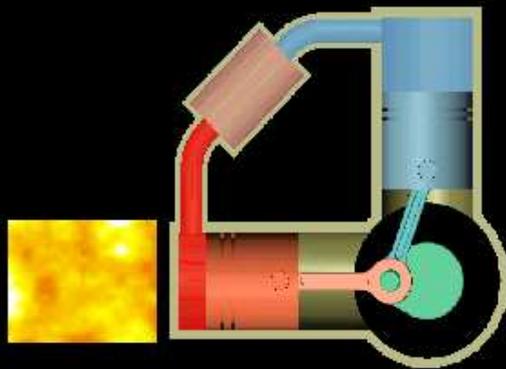
Stirling BHKW

- **Günstige Anschaffungskosten**
ca. 30 000 € zuzüglich Einbindung
- **Geringe Betriebs / Wartungskosten**
- **Volle Jahresbetriebstunden durch variable Leistung 2 – 9 KW elektr. Bei gleichem Motorwirkungsgrad**
- **Hoher Gesamtwirkungsgrad Mechanisch und Wärme ca. 94 % (Brennwerttechnik)**

Übersicht

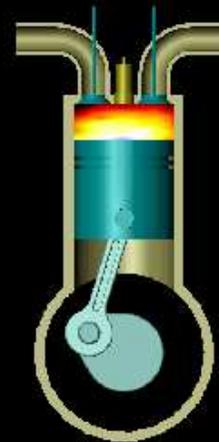
- Biogasnutzung (bisher)
- Entscheidung für Stirling – Solo
- *Funktion eines Stirlingmotors*
- Vor und Nachteile
- Wirtschaftlichkeit
- Ausblick

Stirling Motor



Geschlossener Kreisprozeß
Äußere Verbrennung

Otto Motor



Offener Kreisprozeß
Innere Verbrennung

Stirling BHKW in der Praxis



Kompaktes Modul

Erhitzer (Floxbrenner)
Motor , Kühlung ,
Generator, Elektrik

Start : ca.. 15 min.

Stopp : ca. 10 min

Gerät ist leise



Stirling in der Praxis:

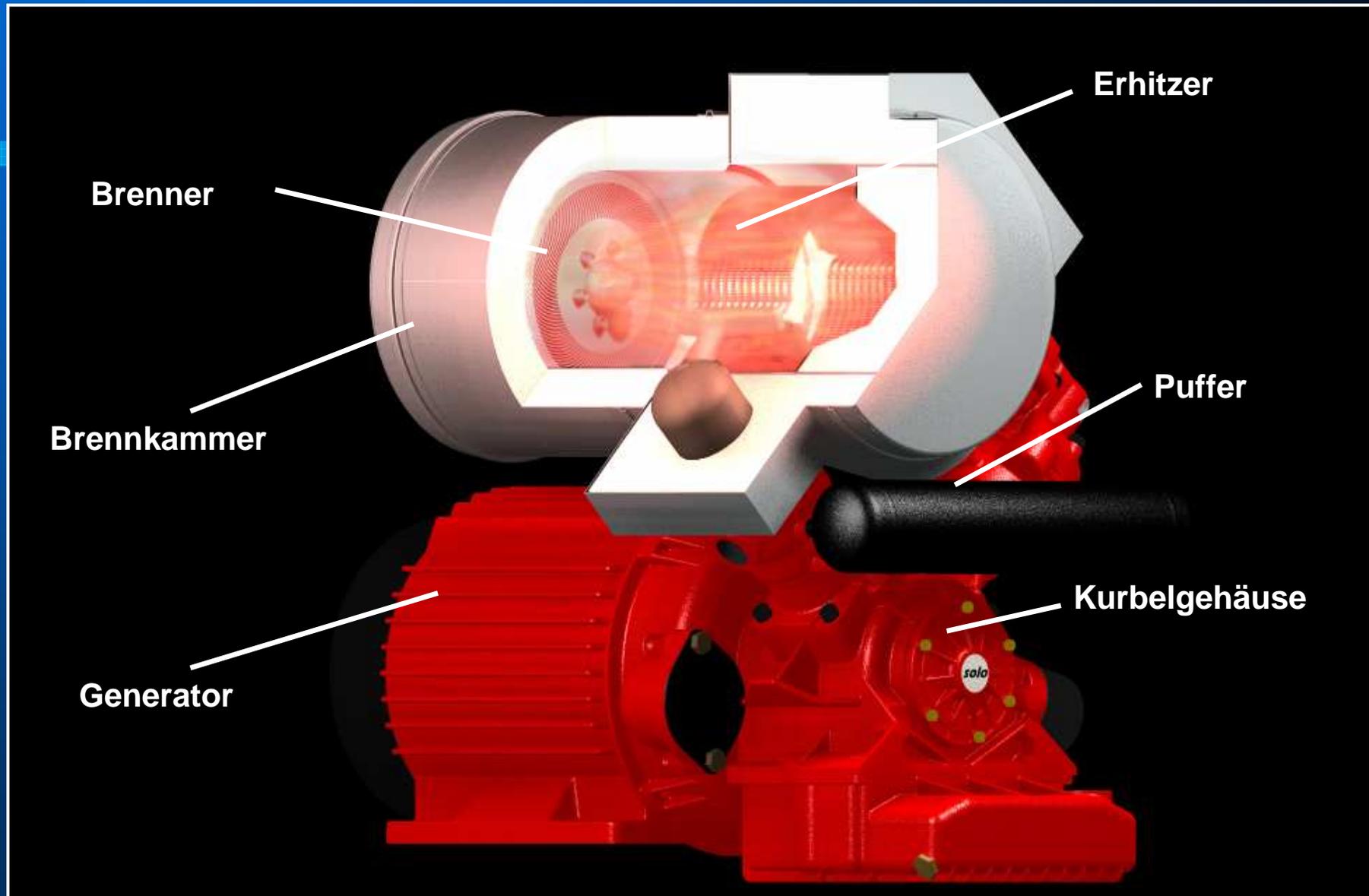
Elektrik / Steuerung mit
allen Komponenten



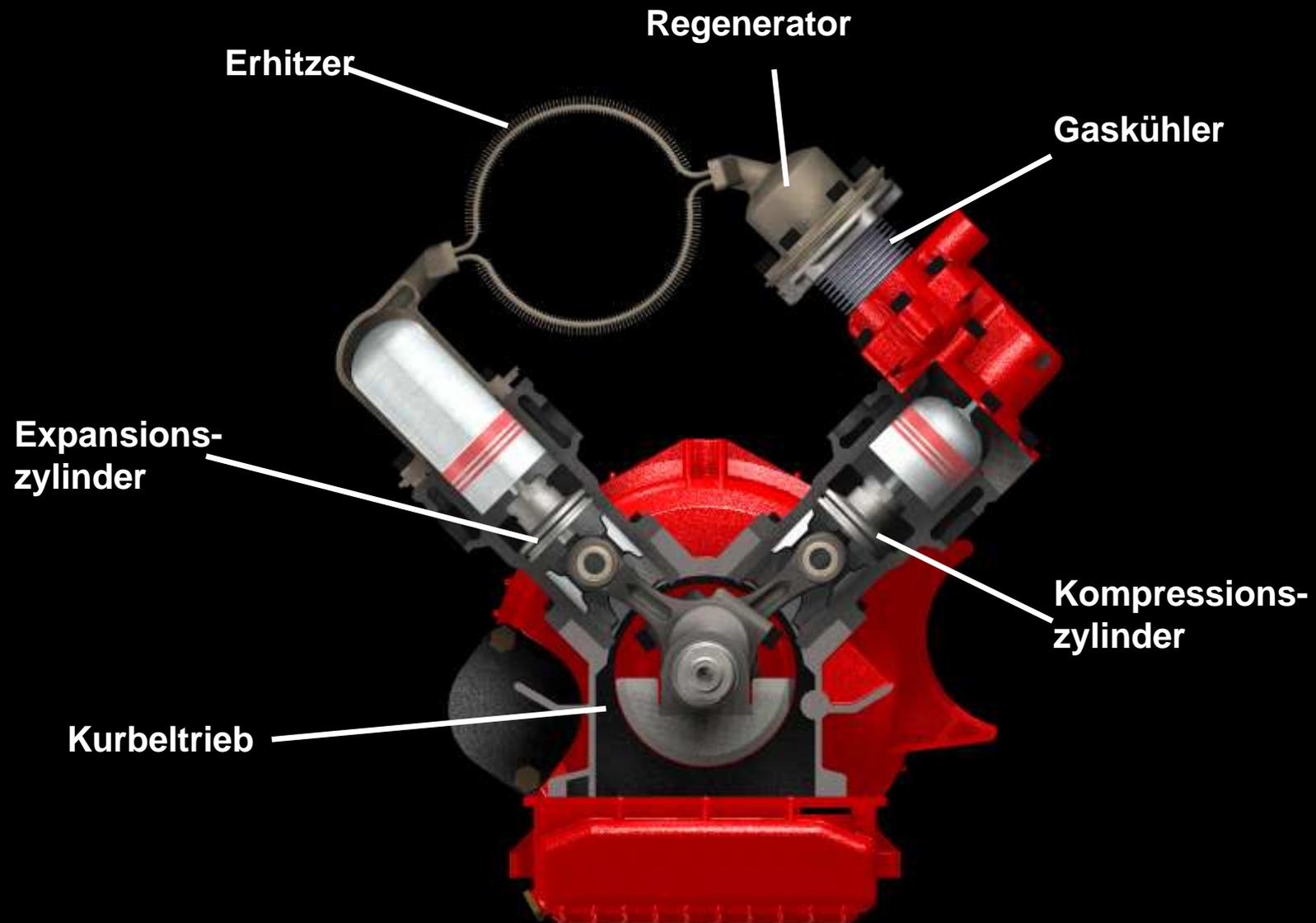
Alle Anschlüsse sind
nach Außen geführt
Kühlwasser – Abgas



Seitenansicht mit Brenner



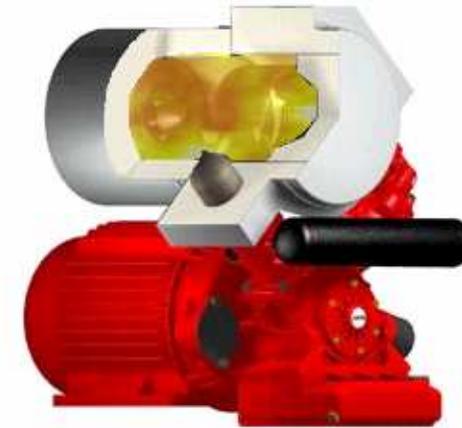
Hauptkomponenten





Vorteile:

- Variable Brennstoffverwertung.
- Bessere Einbindung in regenerative Energiekonzepte.
- Prinzip geschlossener Arbeitsräume, deshalb weniger Verschleiss.
- Wesentlich höhere Lebenserwartung.
- Kein Ölverbrauch!
- Wesentlich geringere Emissionswerte.
- Kein Katalysator erforderlich.
- Sehr hoher Wirkungsgrad.



Elektrische Leistung	2 - 9,5 kW
Thermische Leistung	8 - 26 kW
El. Wirkungsgrad	24 – 25%
Gesamtwirkungsgrad	92-96%
Arbeitsgas	Helium
Wartungsintervall	5.000 – 8.000 Bh
Emissionen CO, max.	50 mg/m ³
Emissionen NOx, max.	80 mg/m ³
Emissionen HC,max.	2 mg/m ³
Abmessungen	1280 x 700 x 980 mm
Gewicht	460 kg

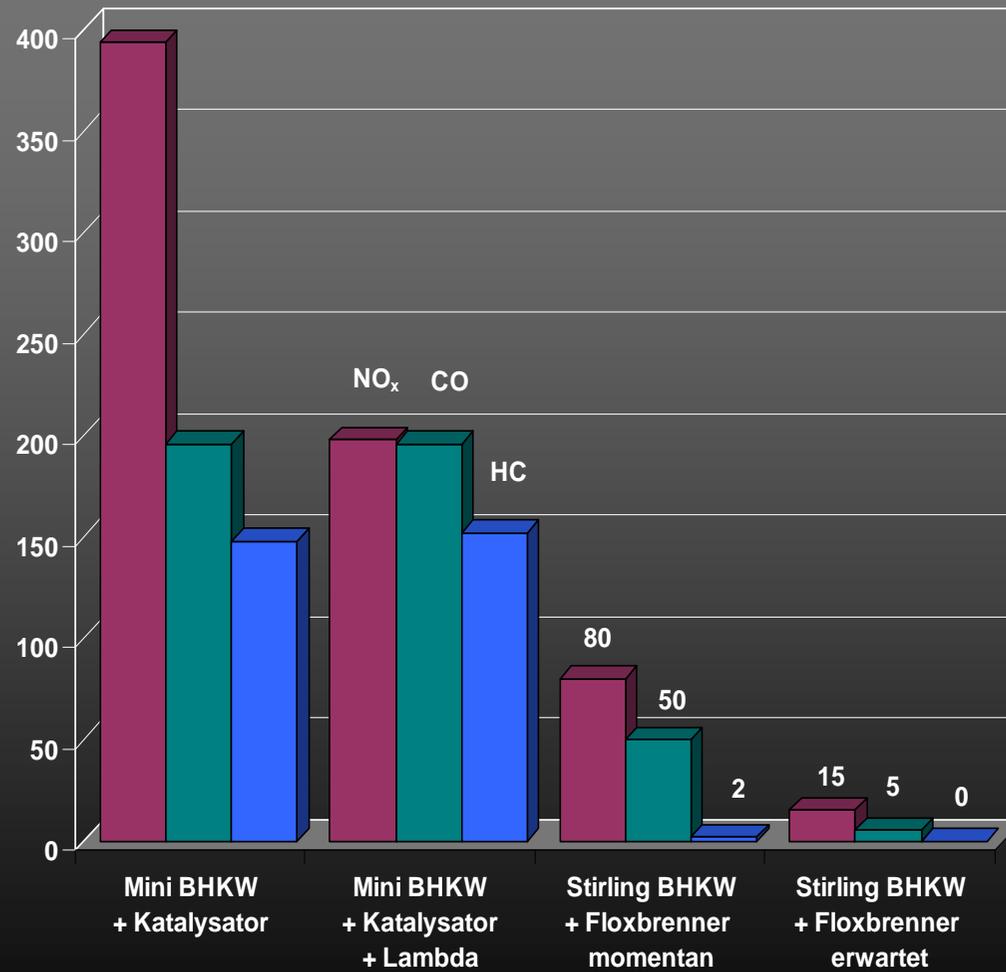
Übersicht

- Biogasnutzung (bisher)
- Entscheidung für Stirling – Solo
- Funktion eines Stirlingmotors
- *Vor und Nachteile*
- Wirtschaftlichkeit
- Ausblick

Vorteile eines Stirling BHKW

- Stufenlos modulierbar ohne nennenswerte Wirkungsgrad-Verluste und Veränderung der Emissionen
- Hoher Gesamtwirkungsgrad durch moderne Brennwerttechnik
- Wesentlich höhere Lebenserwartung
- Kein Ölverbrauch
= kein Ölwechsel
- Kein Katalysator, keine λ -Sonde
- Kein Anlasser
- Kein Getriebe
- Keine Ventile
- Geringerer Verschleiß
- Große Serviceintervalle
- ➔ Geringere Wartungskosten

Schadstoffemissionen des Stirling-BHKW im Vergleich zu konventionellen BHKW (in mg/m³)



Nachteile eines Stirling BHKW,s

Geringerer Elektrischer Wirkungsgrad im Mittel
22 % Gegenüber Motor – BHKW (28 – 32 %)

Durch Verschleiß der Kolbendichtungen fällt der
Elektrische Wirkungsgrad kontinuierlich !

In der Praxis ist die Erneuerung bei ca. 6000 - 8000
Betriebsstunden erforderlich.

Übersicht

- Biogasnutzung (bisher)
- Entscheidung für Stirling – Solo
- Funktion eines Stirlingmotors
- Vor und Nachteile
- *Wirtschaftlichkeit*
- Ausblick

Wirtschaftlichkeit

- Inbetriebnahme am 16.4.05 (1,8 Jahre)
- Seither Erzeugte Strommenge 54660 KWh
- Vergütung (Neue Technologie) nach EEG
11 Cent / KWh
- Betriebsstunden bis Januar 07 = 13260 h
- Wartungskosten 1 – 1,5 Cent / KWh

Wirtschaftlichkeitsrechnung Kläranlage Rosenfeld (1. Stufe)

Investitionskosten

Kosten Stirling-Module frei Kläranlage

Kosten Einbindung (hydr., elektr., Gas, Abgas)
Planungskosten

Zuschuss Wirtschaftsministerium

Finanzierung

Mittlerer Zinssatz

Energiemengen

Annahmen über Laufzeit und Voillaststunden

Annahmen über eingespeiste Strommenge p.a.

Annahmen über genutzte Wärmemenge p.a.

Annahmen über Betriebskosten

Instandhaltung und Wartung

Verwaltungskosten (Versicherung, etc.)

Hilfsstrom

Personal

Wirtschaftlichkeitsrechnung Kläranlage Rosenfeld (2. Stufe)

Investitionskosten

Kosten Stirling-Module frei Kläranlage
Kosten Einbindung (hydr., elektr., Gas, Abgas)
Planungskosten
Zuschuss Wirtschaftsministerium

Finanzierung
Eigenkapitalanteil
Fremdkapitalanteil
Zinssatz Fremdkapital
Laufzeit Fremdkapital

Energiemengen (gemessen bzw. simuliert)

erzeugte Klärgasmenge p.a
saisonaler Verlauf der Klärgasproduktion
eingespeiste Strommenge p.a. Stirling
Wärmenutzung (Gebäude: Simulation)
Öleinsatz Nachheizung (Faulturm u. Gebäude)

Betriebskosten (ermittelt)

Instandhaltung und Wartung
Verwaltungskosten (Versicherung, etc.)
Hilfsstrom
Personal

Übersicht

- Biogasnutzung (bisher)
- Entscheidung für Stirling – Solo
- Funktion eines Stirlingmotors
- Vor und Nachteile
- Wirtschaftlichkeit
- *Ausblick*

Ausblick

- Es handelt sich um ein Pilotprojekt welches vom Wirtschaftsministerium gefördert wird .
- Über einen Zeitraum von 3 Jahren werden alle Maschinendaten wie Wirkungsgrad – Abgaswerte Bestimmt und Ausgewertet !
- Beteiligt ist die FH – Reutlingen die Uni – Hohenheim sowie der Hersteller (Firma Solo Sindelfingen)