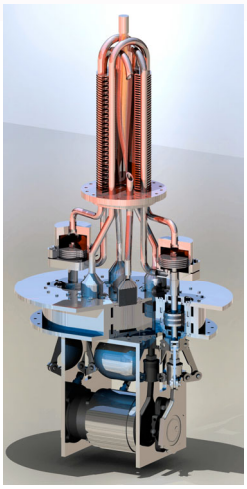
Der Einsatz von Mikro-Stirling-BHKW für die energetische Verwertung von Biogas



Ein Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa

Stirling Technologie Institut
Potsdam gemeinnützige GmbH
Am Buchhorst 35 A
14478 Potsdam

5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

Technologien im Vergleich

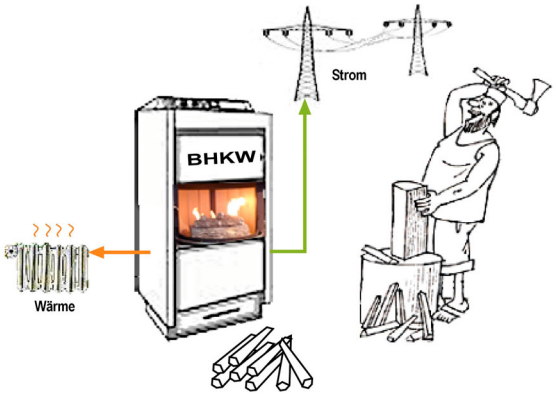
Erzeugungsanlagen	Brennstoff	Strom	Wärme	Verlust
Heizkessel	●●●●●		●●●●	●
Kraftwerk	●●●	●		●●
Stromerzeugende Heizung (BHKW)	●●●●●●	●	●●●●	●

Bild (Heizkessel): www.hottenrott.de

www.s-tip.org

Stirling-Motoren

- **Brennstoffvielfalt**
  - -> Erdgas
  - -> Biogas
  - -> Heizöl
  - -> Pflanzenöl
  - -> Holzpellets
  - -> Holzhackschnitzel
  - -> Bioethanol
  - -> Solare-Systeme



5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

Eigenschaften

- **Diesel- und Otto-Motorentechnologie**
  - -> Ölwechsel
    SenerTech Dachs: nach 2.700 Betriebsstunden
    KW Energietechnik (50 kW): nach 1.500 Betriebsstunden
  - -> Filter- und Zündkerzenwechsel
  - -> Ventileinstellungen
  - -> kurze Wartungsintervalle
  - -> geräuschbelastet
  - -> mittlere Lebensdauer
  - -> viele Verschleißteile

Bild: www.gifs.de

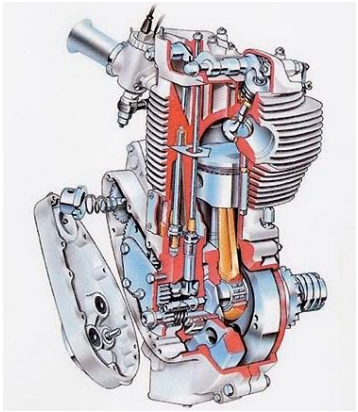


Bild: http://media.photobucket.com/image/ottomotor/dancortez/bsa.jpg

www.s-tip.org

Eigenschaften

- **Stirling-Motoren sind wartungsarm, langlebig und leise**
  - -> da nur **wenig bewegte Teile** vorhanden sind und
  - -> **keine Verbrennungsrückstände** im Zylinderraum sind
  - -> **keine explosionsartige** Verbrennung erfolgt
  - -> **geringe Geräuschkulisse** (insbesondere bei Mehrzyklenmotoren)

Bild: http://free.pages.at/sinne/bilder/hoeren03.gif

5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

Eigenschaften

- **Stirling-Motoren sind umweltfreundlich**
  - -> **keine Umweltbelastung** aus **laufendem Betrieb**
  - -> **Einsatz CO_2-neutraler Brennstoffe** (kein Treibhauseffekt)
  - -> **kein Altöl**
  - -> **keine Luft-** oder **Ölfilter**
  - -> **Kraft-Wärme-Kopplung**
  - -> **hoher Gesamtwirkungsgrad**

Bild: http://www.freiburg.de/servlet/PB/show/1181927_l1/10_langlebig.gif

www.s-tip.org

Stirling-Motoren

- **Anwendungsvielfalt**
  - -> BHKW
  - -> Kühlmaschinen
  - -> Wärmepumpen
  - -> Antriebssysteme
  - -> Notstromaggregate
  - -> Hybridfahrzeuge
  - -> Bootsantriebe
  - -> Solarstrom mit kombinierter Wärmeauskopplung zur Meerwasserentsalzung

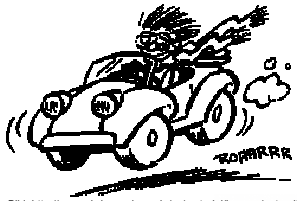


Bild: http://www.ejwherrenberg.de/cs/material/images/auto.gif

Bild: http://members.chello.at/franz.schnatter/image/kuehlschrank.gif

Bild: http://www.freiburg.de/servlet/PB/show/1181927_l1/10_langlebig.gif

5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

Stirling-Motoren

- **Zukunftsperspektive**

  Stirling-Motoren-Technik ist die Energie-Technologie mit der höchsten Zukunftsperspektive bei Nutzbarkeit nachwachsender und konventioneller Brennstoffe. Eine diesbezügliche Forschungs- & Entwicklungs-förderung hätte eine hohe Erfolgsquote und einen hohen Umweltschutzeffekt.

- **Risikobehaftet**
  - -> Kernspaltung
  - -> Kernfusion (100.000.000 °C)
  - -> CO_2-Speicherung (Kohleverbrennung) CCS
  - -> Wasserstoffwirtschaft

www.s-tip.org

Kernkraft

- radioaktiver Restmüll fällt an, der nicht endgelagert werden kann
- unsichere Technik
- extrem giftig
- extrem nachhaltig (die Halbwertzeit von Plutonium beträgt 24.000 Jahre)

Bild: blog.definitions-sache.de

5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

CCS-Technologie

- sehr große Mengen CO_2 können nicht auf Dauer sicher deponiert werden
- führt nicht zur CO_2-Reduktion
- verschlechtert den Wirkungsgrad der Kraftwerke
- Grundwasser-Versalzung
- Erstickungsgefahr beim Austritt (z. B. durch Erdbeben, Untergrundsetzungen, Erschütterungen)

www.s-tip.org

Biogene Gase

Herkunft
Biogene Gase aus der Vergärung und thermochemischen Vergasung von nachwachsenden Rohstoffen und Abfallstoffen biogener Herkunft sowie aus Faulschlamm aus Kläranlagen.

- Biogas
- Klärgas
- Grubengas
- Deponiegas

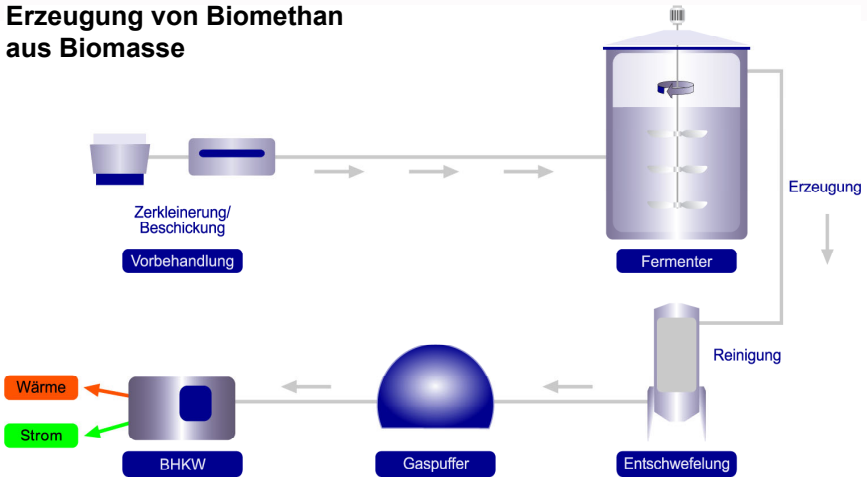
Bild: www.renewables-made-in-germany.com

Methan aus Biogas

- **Rohstoffe**
  Mais und andere Energiepflanzen,
  Gülle und organische Reststoffe
- **Jahresertrag je Hektar (aus Silomais)**
  4.959 m³ bzw. 3.560 kg

Bild: http://w3mediapool.hm.edu/mediapool/media/fk04/fk04_lokal/studienangebot_7/bachelorregenerativeenergien/bilder_84/biomassezertifikat.jpg

Erzeugung von Biomethan aus Biomasse



5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

Mindestanforderung an die Gasqualität für MAN-Gasmotoren

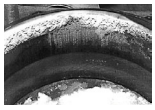
Parameter	Symbol	Grenzwert	Einheit	Bemerkungen
Methanzahl	MZ	> 80		Niedrigere Methanzahlen nach Rücksprache mit MAN
Heizwert	$H_{u,N}$	> 5	kWh / Nm³	
Chlorgehalt	Cl	< 80	mg / Nm^3_{CH4}	Chlor liegt als flüchtige Verbindung vor
Fluorgehalt	F	< 40	mg / Nm^3_{CH4}	Fluor liegt als flüchtige Verbindung vor
Gesamt - Chlor - Fluor	$\sum$ (Cl,F)	< 80	mg / Nm^3_{CH4}	
Staubgehalt < 5 µm		< 10	mg / Nm^3_{CH4}	
Öldampf		< 400	mg / Nm^3_{CH4}	In der Gemischstrecke darf keine Kondensation auftreten
Lösungsmittel in Verbrennungsluft	VOC	< 25	mg / Nm^3_{CH4}	Bei höherer Konzentration Rücksprache mit MAN
Siliziumgehalt [1)]	Si	< 2	mg / Nm^3_{CH4}	Bei höherer Siliziumkonzentration Rücksprache mit MAN
Gesamtschwefelgehalt	S	< 200	mg / Nm³	Im Gesamtschwefel ist Schwefelwasserstoff mitenthalten
Schwefelwasserstoff	H_2S	< 150 / < 228	ppm/ mg / Nm³	Bei höherer Schwefelwasserstoffkonzentration Rücksprache mit MAN
Ammoniakgehalt	NH_3	< 40 / < 30	ppm/ mg / Nm³	
Relative Feuchte	φ	< 60	%	In der Gemischstrecke darf keine Kondensation auftreten
Temperatur des Gasgemisches nach Gasmischer	T_G	10 < T_G < 30	° C	

Quelle: MAN, 01-2010

www.s-tip.org

Gegenüberstellung Verbrennungsmotor/Stirlingmotor beim Einsatz von Biogas

Verhinderung von . . .	Otto/Diesel	Stirling
Motorschäden durch Ablagerung und Korrosion	aufwändige Reinigung des Gases, CO_2-Abscheidung Entschwefelung, Ammoniakreduktion, Siliziumreduktion,	Materialauswahl und Reinigung des Erhitzerkopfes
Motorölverschmutzung	CO_2: Abtrennung durch Absorption an porösen Feststoffen Schwefel/Schwefelwasserstoff: Aktivkohlefilter	tritt nicht auf
Emissionen im Abgas	Ammoniak: Aktivkohlefilter Siloxane ->Siliziumdioxid (Quarz): Kondensation des Gases, Gaswäsche mit Mineralöl	kontinuierliche Verbrennung bei hoher Temperatur

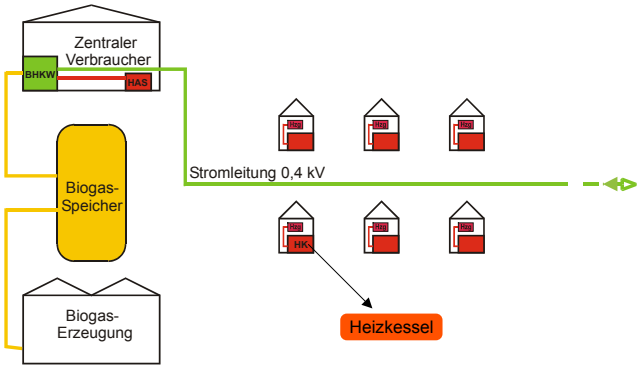


Bilder von Deutz, ► Veröffentlichung im Rahmen der Tagung „Deponiegas 2003"

5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

Variante 1:

Zentrale Biogaserzeugung, zentrale Stromerzeugung, zentrale Wärmeverwertung



Vorteile:

- Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Geringe Investitionskosten

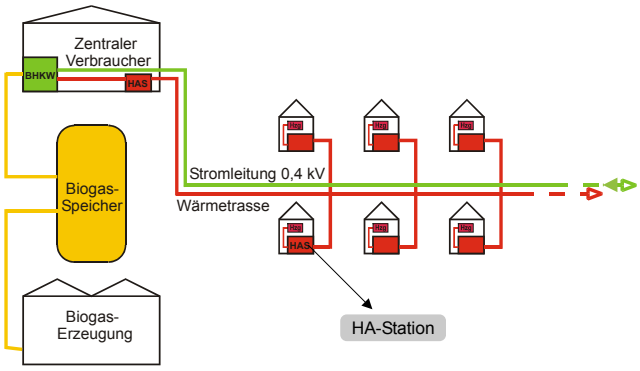
Nachteile:

- schlechte Brennstoffausnutzung durch geringe Wärmenutzung
- schlechte Wirtschaftlichkeit

www.s-tip.org

Variante 2:

Zentrale Biogaserzeugung, zentrale Stromerzeugung, dezentrale Wärmeverwertung



Vorteile:

- Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Gute Brennstoffausnutzung durch hohe Wärmenutzung

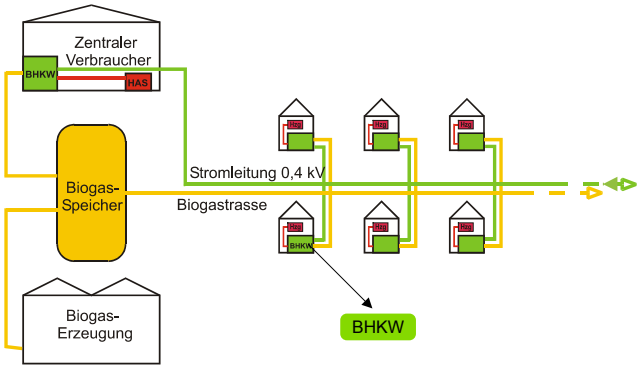
Nachteile:

- Mittlere Wirtschaftlichkeit
- Wärmeverteilungsverluste

5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

Variante 3:

Zentrale Biogaserzeugung, dezentrale Stromerzeugung, dezentrale Wärmeverwertung



Vorteile:

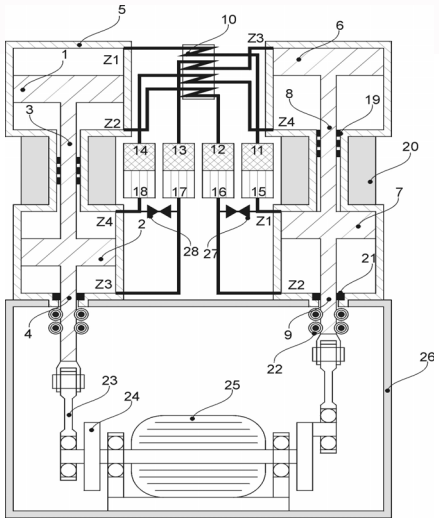
- Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Beste Brennstoffausnutzung durch höchste Wärme-verwertung
- Gute Wirtschaftlichkeit

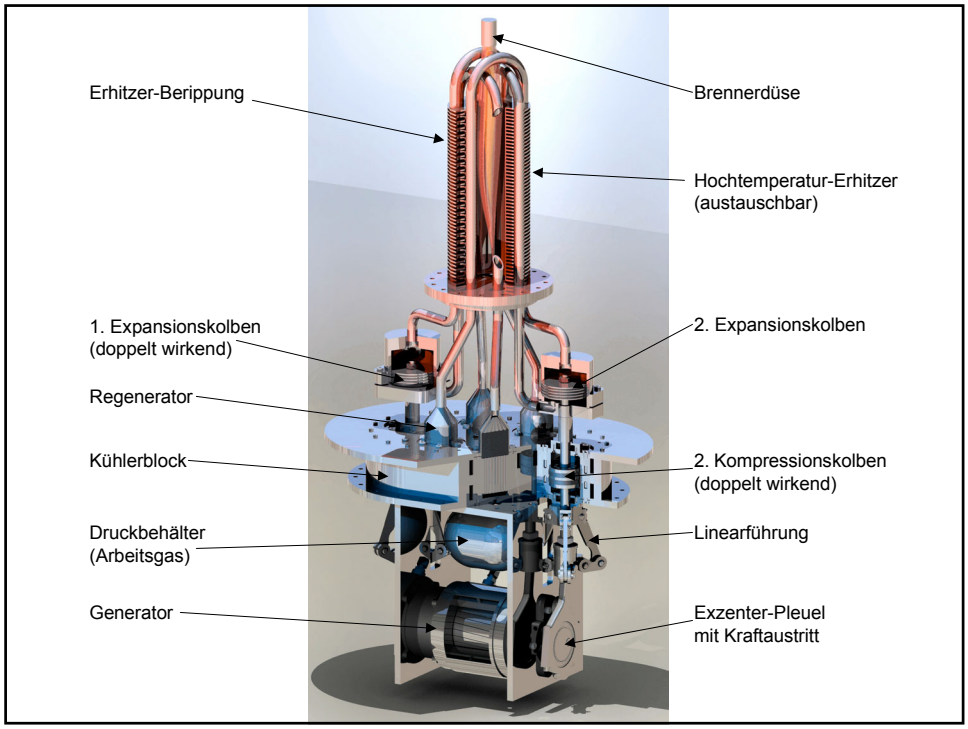
Nachteile:

- Höchste Investition im EFH, die sich jedoch im Gegensatz zum Heiz-kessel amortisiert

Grundanordnung

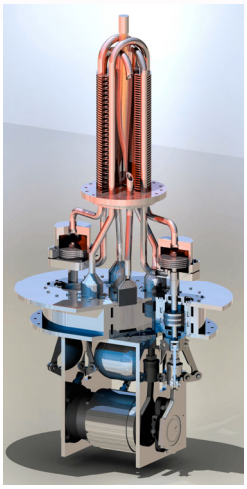
eines 4-Zyklen Stirling-Motors mit hohem Wirkungsgrad





Besonderheiten des 4-Zyklen-Stirling-Motors

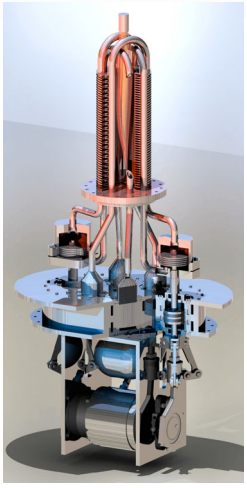
- verbesserter Kreisprozess STIRLING -> ERICSSON
- kompakte und montagefreundliche Maschine
- einfaches ölfreies Getriebe, präzise Linearführungen
- gleichförmiger Drehkraftverlauf durch 4 Heißgaszyklen
- einfacher und austauschbarer Erhitzer
- geringe Shuttle- und Wärmeleitungsverluste
- nur 2 Kolbenstangendichtungen zum Getriebe
- Generatorwelle ist die Kurbelwelle
- geringere Getriebebelastung als beim 4-Zyklen-SIEMENS-STIRLING-Motor



Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH
5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

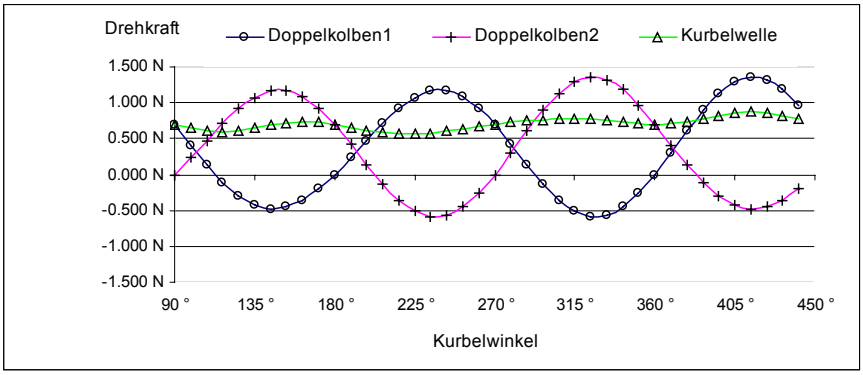
Technische Daten eines BHKW für EFH

Motor	4-Zyklen-Stirling
Hubraum	1.640 cm³
Brennstoff	Erdgas (Biogas)
Arbeitsgas	Helium
Mitteldruck	6,5 bar
Drehzahl	1.100 U/min
Generator	3-Phasen-Synchron
Gewicht	150 kg
Größe	H x B x T = 130 x 70 x 50
T Erhitzerwand	800 °C
T Kühlerwand	70 °C
Verdichtungsverh.	1,6
Brennstoffleistung	5,0 kW
Leistung elektrisch	1,0 kW
Leistung thermisch	3,5 kW
Wirkungsgrad mech.	20 %
Geräusch	< 40 dB (A)
CO_2-Reduktion	6.000 kg/a (Biogas)



www.s-tip.org

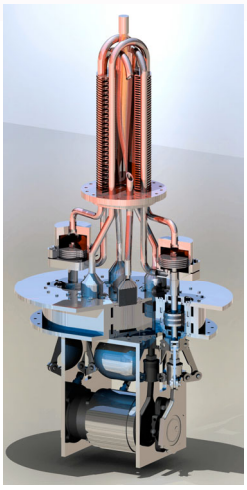
Drehkraftanteile beider Doppelkolben



5. CEP CLEAN ENERGY & PASSIVEHOUSE vom 29. – 31. 3. 2012, Landesmesse Stuttgart
4. Deutscher Stirling Kongress mit Stirling-Mikro-KWK

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ein Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa



Stirling Technologie Institut
Potsdam gemeinnützige GmbH
Am Buchhorst 35 A
14478 Potsdam

www.s-tip.org