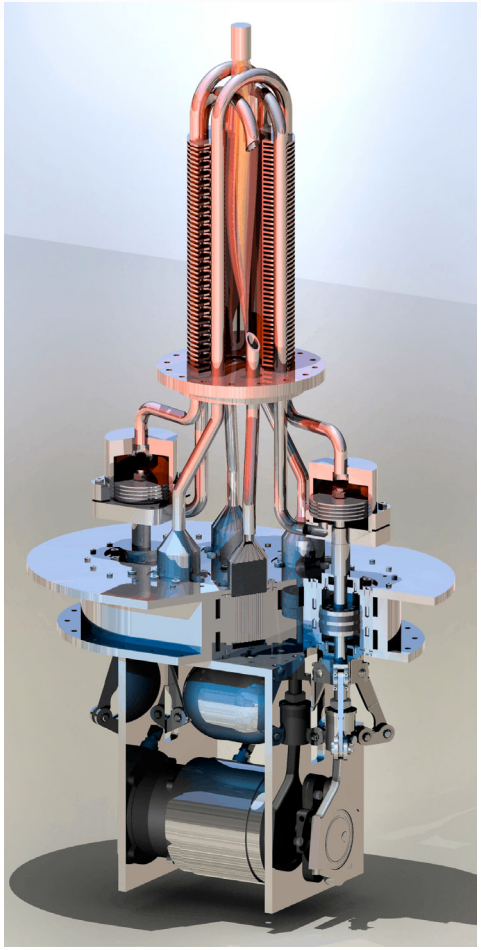
Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH

Vorlesungsreihe der Potsdamer Köpfe vor Ort vom Verein proWissen
beim Stirling Technologie Institut Potsdam am 6. Juni 2010

Die stromerzeugende Heizung – umweltfreundliche Einnahmequelle

Realisiert mit einem Stirling-Motor

Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa



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

STIP stellt sich vor

Das Stirling Technologie Institut Potsdam ist eine gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung. Ziel und Zweck der Gesellschaft ist die Förderung von Wissenschaft und Forschung auf dem Gebiet von Stirling Technik. Dies wird insbesondere verwirklicht durch:

- **Thermodynamische Berechnungen zur Prozessoptimierung (PROSA, SIMU 4ZM)**
- **Prozesssimulationen (SAGE, FLOWWORKS)**
- **Betrieb eines Forschungs- und Entwicklungslabors**
- **Betrieb von Stirling-Versuchsmaschinen**

Die Wissenschaftler und Ingenieure des Instituts werden die Ergebnisse ihrer Arbeit der Allgemeinheit zugänglich machen. Dafür wird eine Informationsdatenbank zum Thema „Stirling-Technik“ bereitgestellt.

Institutsgründung STIP

ab 1. 1. 2010

Stirling-Motoren

Forschungs- und Entwicklungspartner

- **Regeneratorentwicklung**
  Fraunhofer Institut Fertigungstechnik, Materialforschung
  Pulvermetallurgie und Verbundwerkstoffe

- **Kolbenringe/Dichtungen**
  Stasskol Kolbenstangendichtungen GmbH

- **Emissionsmessungen**
  Steinbeis-Forschungszentrum Wärme- und Energietechnik,
  Stirlingmaschinen

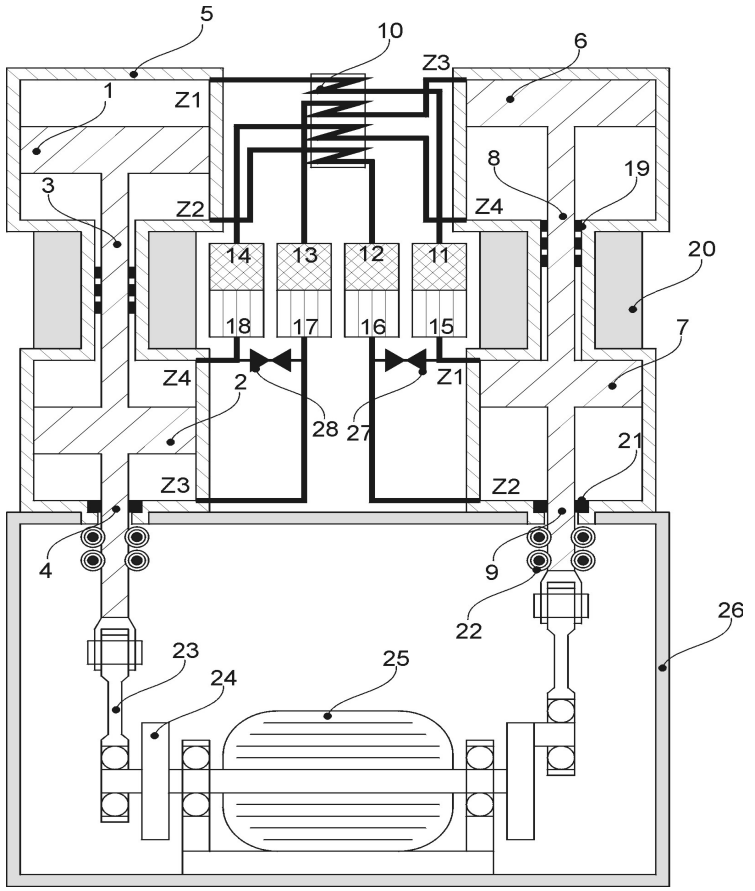
- **Holzpellet-Stirling**
  ÖkoFEN Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Stirling-Motoren

Funktionsprinzip

Das Prinzip des Stirling-Motors beruht auf einer periodischen Aufheizung und Abkühlung einer eingeschlossenen Gasmenge. Die dadurch hervorgerufenen Druckveränderungen werden in mechanische Arbeit umgesetzt.

Der Stirling-Motor arbeitet mit einer konstanten äußeren Wärmezufuhr bei kontinuierlicher Verbrennung.



Beispielhafte Grundanordnung ▶ eines 4-Zyklen-Stirling-Motors

Stirling-Motoren

Warum sollen Stirling-Motoren für stromerzeugende Heizungen eingesetzt werden?

- **Brennstoffvielfalt**
- **Wartungsarmut**
- **Umweltfreundlichkeit**
- **Geräuscharmut**
- **Für kleine Leistungen geeignet**
- **Anwendungsvielfalt**

Stirling-Motoren

Brennstoffvielfalt

Folgende Brennstoffe können für den Betrieb eines Stirling-Motors zum Einsatz kommen:

- **Erdgas**
- **Biogas**
- **Heizöl**
- **Pflanzenöl**
- **Holzpellets**
- **Holzhackschnitzel**
- **Rapskörner**
- **Bioethanol**
- **Solare-Systeme**

Stirling-Motoren

Wartungsarm

Stirling-Motoren sind äußerst wartungsarm, da

1. nur **wenig bewegte Teile** vorhanden sind und

2. **keine Verbrennungsrückstände** im Zylinderraum sind

-> Diesel- und Otto-Motortechnologie
Ölwechsel, Filter- und Zündkerzenwechsel, Ventileinstellungen

-> Stirling-Motoren
Dichtungswechsel

Stirling-Motoren

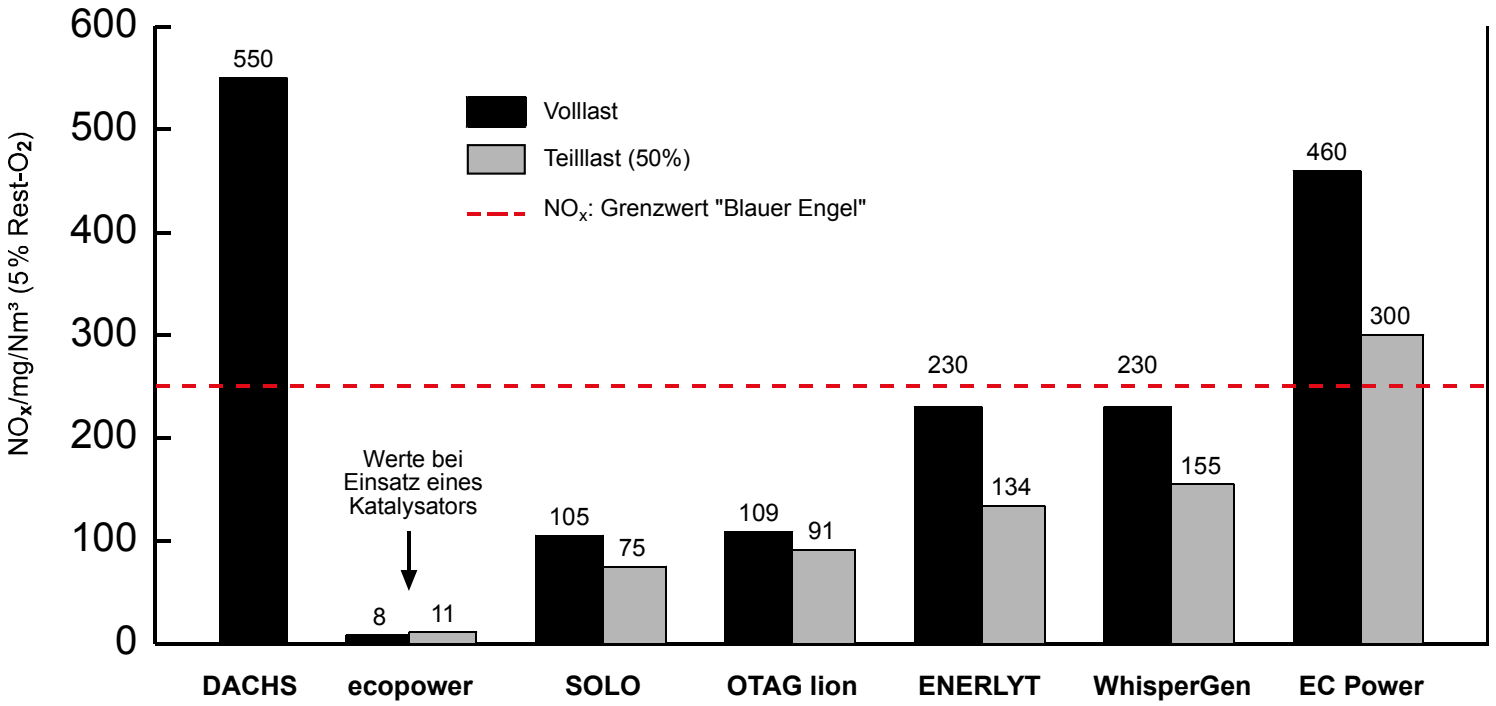
Umweltfreundlich

Stirling-Motoren sind sehr umweltfreundlich, da

- **Hoher Gesamtwirkungsgrad**
- **Einsatz CO_2-neutraler Brennstoffe**
  Bei der Verbrennung wird nur soviel CO_2 in die Atmosphäre freigesetzt, wie ihr zuvor durch das Pflanzenwachstum entzogen wurde. Dadurch wird ein wichtiger Beitrag zur Verminderung des Treibhauseffektes geleistet.
- **Keine Umweltbelastung aus laufenden Betrieb**
  Öl- bzw. Filterwechsel entfallen
- **Kraft-Wärme-Kopplung**
- **Kontinuierliche Verbrennung und emissionsarme Verbrennung (Blauer Engel)**

Stirling-Motoren

Emissionen im Vergleich



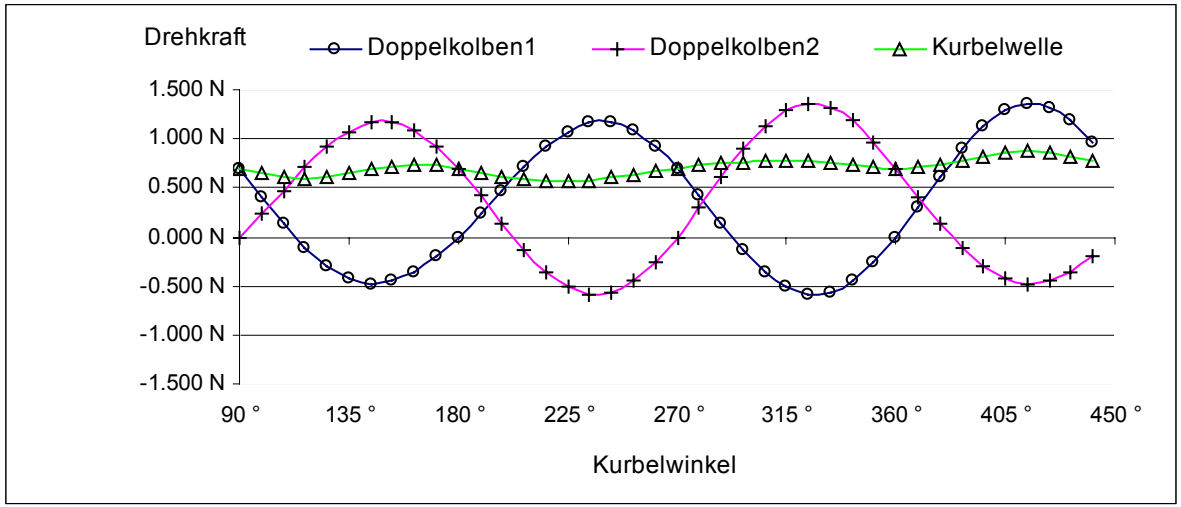
Quelle: Bericht des Steinbeis-Forschungszentrums vom 20. 7. 2009

Stirling-Motoren

Geräuscharm

Stirling-Motoren sind sehr leise, da

- **Keine explosionsartige Verbrennung**
- **Hohe Gleichförmigkeit des Motorenlaufes** (Besonders bei Mehrzyklen-Motoren)



▲ **Drehkraftanteile beider Doppelkolben**

Stirling-Motoren

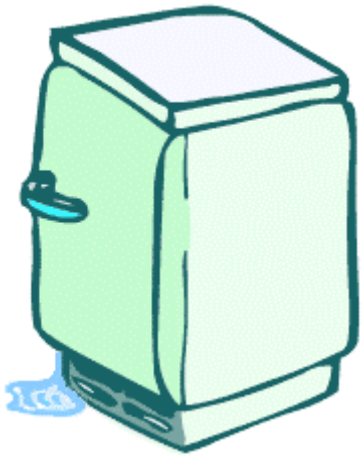
Für kleine Leistungen geeignet

- **Oberflächen-Volumen Verhältnis wird größer, dadurch bessere Wärmeübertragungsbedingung**
- **Druckbelastbarkeit wird höher**
- **Dämmung wird vereinfacht**

Stirling-Motoren

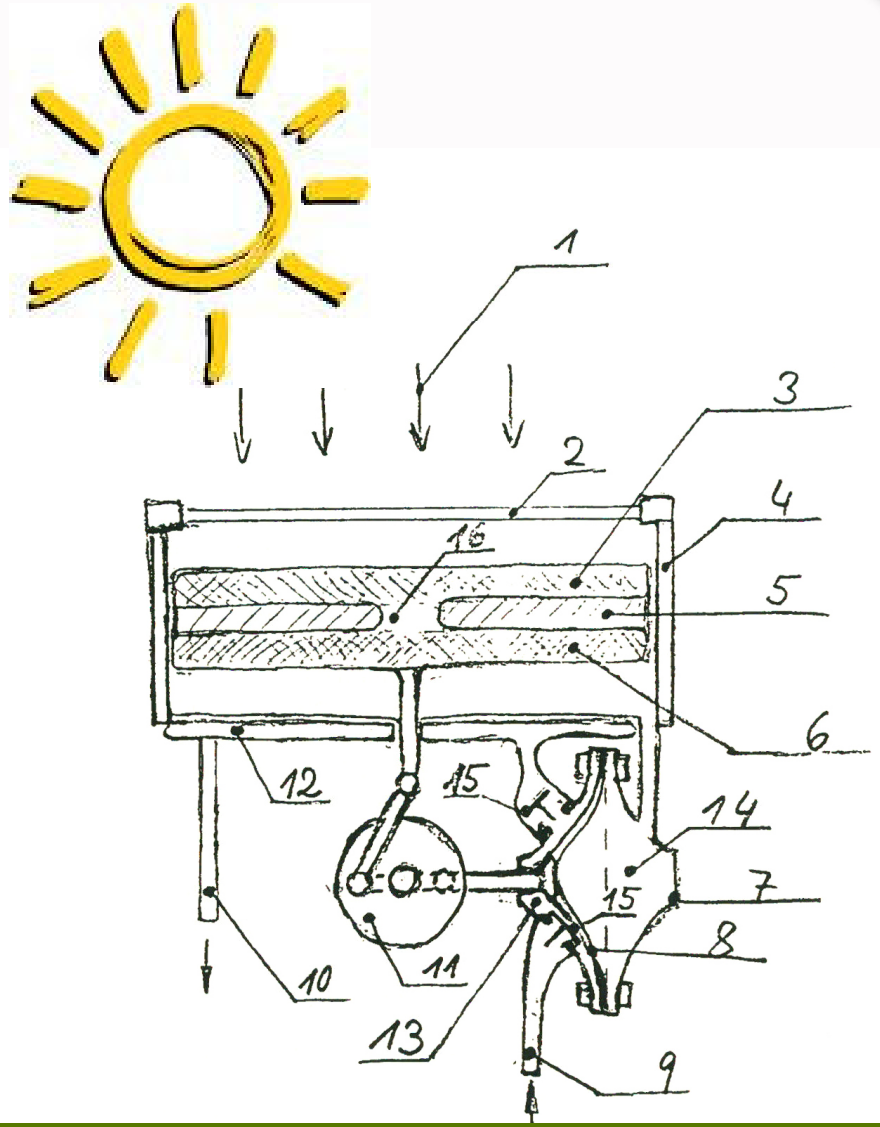
Anwendungsvielfalt

- **Antriebssysteme**
  Boote, Pumpen, Pkw
- **Kühlmaschinen**
- **Wärmepumpen**
- **Not- und Hilfsstromaggregate**
- **Blockheizkraftwerke (BHKW)**
  stromerzeugende Heizung

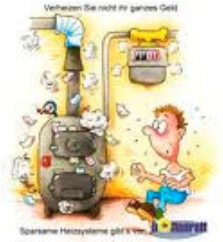


Geplante Forschungsprojekte

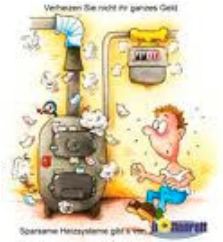
- Modulierendes Mikro-BHKW
- Bootsmotor
- Kleinkühlmaschinen
- Solare Wasserpumpe



Technologien im Vergleich

Erzeugungsanlagen	Brennstoff	Strom	Wärme	Verlust
Heizkessel 	●●●●●		●●●●	●
Kraftwerk	●●●●●	●●		●●●
Stromerzeugende Heizung	●●●●●	●	●●●	●

Technologien im Vergleich

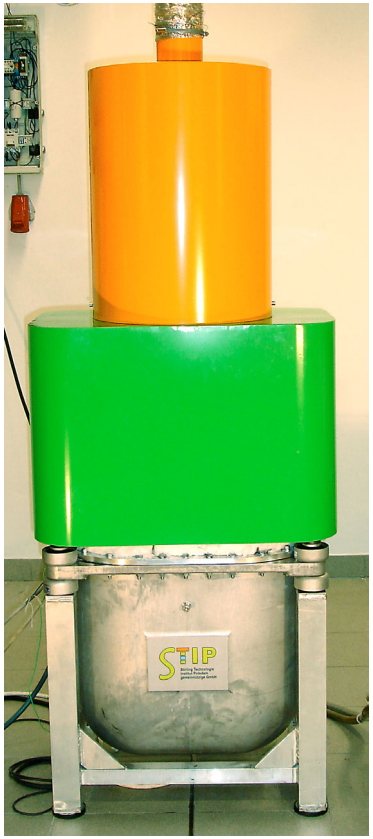
Erzeugungsanlagen	Brennstoff	Strom	Wärme	Verlust
Heizkessel 	25	4	12	9
Kraftwerk				
Stromerzeugende Heizung	20	4	12	4

Der 4-Zyklen-Stirling-Motor für die stromerzeugende Heizung

Begleitung des Feldversuchs der ENERLYT Technik GmbH

- **Gefördert 2009**
  DBU-Förderung Aktenzeichen 25662-24/0

- **Externer Feldversuch**
  Beginn 2010



4-Zyklen-Stirling-Motor in der stromerzeugenden Heizung

Typische technische Daten

Motor	4-Zyklen-STIRLING
Hubraum	1.640 cm³
Brennstoff	Erdgas (Biogas)
Arbeitsgas	Helium
Mitteldruck	7 bar
Drehzahl	1.100 U/min
Generator	3-Phasen-Asynchron
Gewicht	150 kg
Größe	H x B x T = 150 x 70 x 50

T Erhitzerwand	800 °C
T Kühlerwand	70 °C
Verdichtungsverh.	1,4
Brennstoffleistung	6,0 kW
Leistung elektrisch	1,0 kW
Leistung thermisch	4,5 kW
Wirkungsgrad el.	17 %
Geräusch	< 40 dB (A)
CO_2-Reduktion	5.000 kg/a (Biogas)

Gesetzliche Einspeise-Vergütungsregelungen

Für die Stromeinspeisung durch eine stromerzeugende Heizung (Blockheizkraftwerk BHKW)

Kraft- Wärme- Kopplung- Gesetz (KWK-G) Eingespeister Strom aus Erdgas und Heizöl		Kraft- Wärme- Kopplung- Gesetz (KWK-G 2009) Selbst genutzter Strom aus Erdgas und Heizöl		Erneuerbare Energien- Gesetz (EEG 2009) Eingespeister Strom aus Biomasse	
1. KWK- Zuschlag nach dem KWK-G Grundvergütung für den Einsatz von Kraft-Wärme- Kopplung	5,11 Cent/kWh	1. Eingesparte Stromkosten Strom, der selbst produziert und genutzt wird, muss nicht gekauft werden (strompreisabhg.)	20,00 Cent/kWh	1. Grundvergütung für Anlagen bis 150 kW wurde gegenüber EEG 2004 um 1 Ct/kWh erhöht, Degression von 1% jährlich	11,67 Cent/kWh
2. Vergütung nach dem üblichen Strompreis Grundlage: Strompreis der Leipziger Strombörse EEX (Basis 4.6.2010)	4,44 Cent/kWh	2. Zuschuss nach KWKG 2009 neue Regelung ab 1.1.2009, es muss beachtet werden, dass nicht der gesamte mit einem BHKW erzeugte Strom, auch selbst genutzt werden kann	5,11 Cent/kWh	2. NawaRo- Bonus Bonus für den Einsatz von nachwachsenden Brenstoffen	6,00 Cent/kWh
3. Vergütung vermiedener Netzkosten Strom muss nicht stufenweise von Hoch- zu Niederspannung heruntergespannt werden Hochspannungsverteilung entfällt (üblich: 0,5 bis 2,0 Ct/kWh)	1,00 Cent/kWh			3. KWK- Bonus Bonus für Kraft- Wärme- Kopplung, wurde gegenüber EEG 2004 um 1 Ct/kWh erhöht	3,00 Cent/kWh
				4. Technologiebonus Bonus für innovative Technologie, z.B. STIRLING- Technik	2,00 Cent/kWh
Summe	10,55 Cent/kWh	Summe	25,11 Cent/kWh	Summe	22,67 Cent/kWh

Quelle: Dr. Andreas Gimsa, STIP, 4. 6. 2010

Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067

Für die stromerzeugende Heizung

Investition	9.900,00 €	Preis Wartung/Instandsetzung	2,0 Cent/kWh
Zinssatz	5%	**Betriebsgebundene Kosten**	**120,00 €/a**
Laufzeit	15 Jahre		
		Preis Brennstoff (Rapskörner)	4,2 Cent/kWh
Kapitalgebundene Kosten	**953,79 €/a**	**Verbrauchsgebunden Kosten**	**1.540,00 €/a**
Elektrische Leistung	1,0 kW	Preis Wärme Heizkessel	4,7 Cent/kWh
Thermische Leistung	4,5 kW	**Eingesparte Wärmekosten**	**1.400,00 €/a**
Vollbenutzungsstunden	6.000 h		
		Einspeisevergütung EEG	22,67 Cent/kWh
Stromproduktion	6.000 kWh	**Stromeinnahmen**	**1.360,20 €/a**
Wärmeproduktion	27.000 kWh		
Jahresnutzungsgrad	90%	**Gewinn**	**146,41 €/a**
Brennstoffmenge	36.667 kWh	**Armotisationszeit**	**9,0 Jahre**

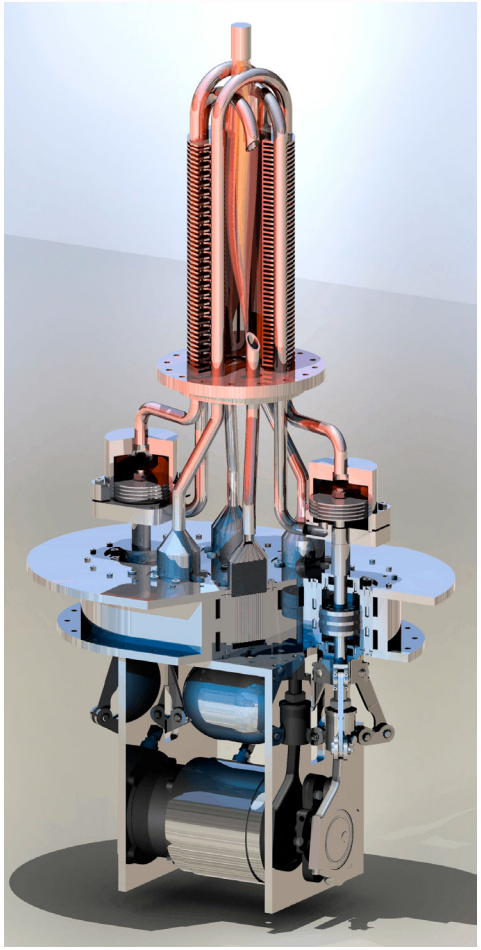
Quelle: Dr. Andreas Gimsa, STIP, 4. 6. 2010

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH

Vorlesungsreihe der Potsdamer Köpfe vor Ort vom Verein proWissen
beim Stirling Technologie Institut Potsdam am 6. Juni 2010

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa



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