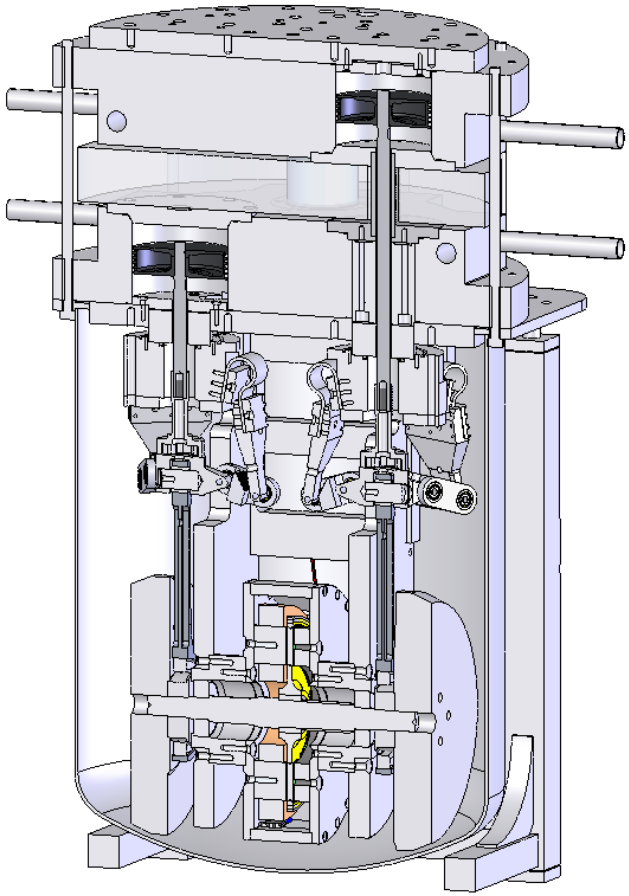
Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH

4. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 21. 5. 2016
Vortrag & Diskussion in der Filmuniversität Babelsberg

200 Jahre Stirling-Motor:

Heizung und Kühlung mit Stirlingmaschinen



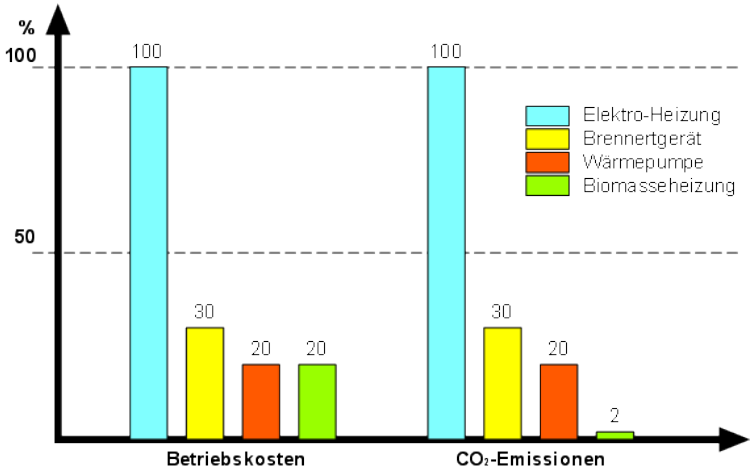
Ein Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa

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

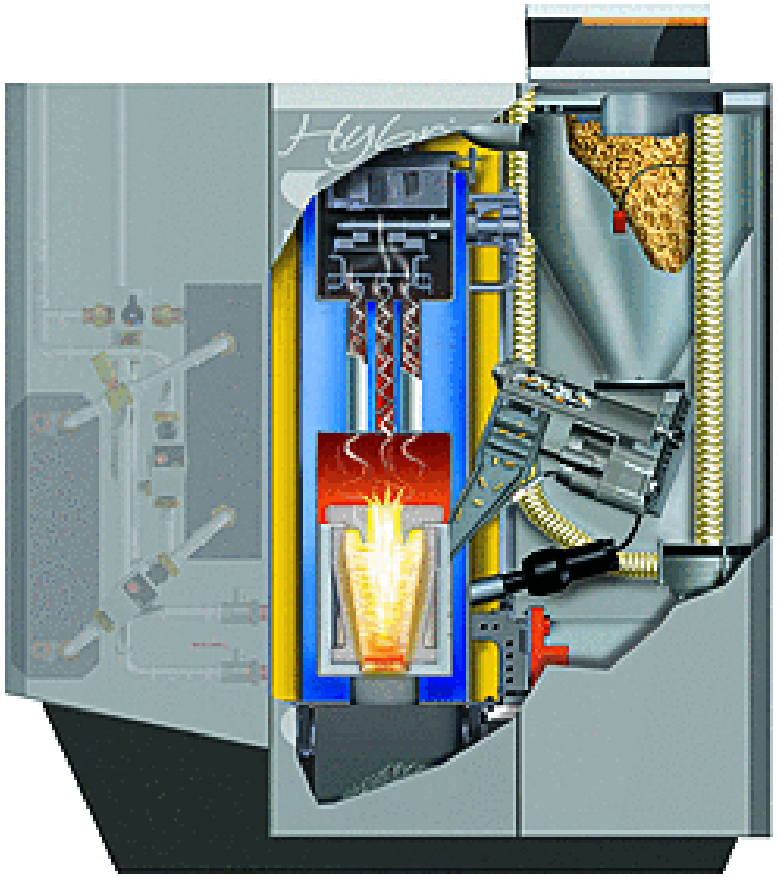
Überschlägiger Vergleich von Heizungssystemen ohne Stromerzeugung

		Nutzen	Aufwand			Vergleichsdaten			
		Heiz-Wärme	konvent. Brennstoff	Biomasse-Brennstoff	Elektro-Energie	Betriebs-kosten	CO_2 Emission	Investition	Anlagen-beispiel
1.	Elektro-Heizung	100%	0%	0%	100%	100%	100%	50%	Speicherhzg.*
2.	Brennwertgerät	100%	100%	0%	1%	30%	30%	70%	Wandtherme*
3.	Wärmepumpe	100%	0%	0%	20%	20%	20%	100%	Sole/Wasser
4.	Biomassehzg.	100%	0%	100%	2%	20%	2%	80%	Pelletskessel

* Nach EEWärmeG nicht mehr ohne Erzeugung zusätzl. regen. Energie zulässig



Beispiel für innovative Heizungen



Quelle: Abbildungen von www.guntamatic.de

Wann ist Raumklimatisierung wichtig?

- **Grundsatz:** Gekühlt werden sollte nur, wenn es unbedingt erforderlich ist!
- **Hintergrund:** Kühlung erfordert i. d. R. Stromeinsatz und CO_2-Emissionen
- **Privater Bereich/Verwaltung:** Hohe Außentemperaturen über längere Zeiträume
- **Gewerblicher Bereich:** Hohe Außentemperaturen über längere Zeiträume
  Lebensmittel, Medizin, Labore, Gaststätten
- **Forschungsbereich:** Forderung hoher Temperaturkonstanz

Forderung an Kühlsystemen & Abhängigkeit

- **Forderung:**
  1. Niedrige Betriebskosten
  2. Niedrige CO_2-Emissionen
  3. Niedrige Investition

Bild: www.fotag.de

- **Abhängigkeit:**
  1. Wirkungsgrad u. Technologie
  2. Wirkungsgrad u. Technologie
  3. Technologie

Bild: www.ariva.de

Technologien Kühlung/Wärmepumpe

- **Kompressionsprozess**
  (Kühlschrank, Sole-Wasser; Luft-Wasser)
- **Absorptionsprozess**
  (Abwärme nutzbar)
- **Stirlingprozess**
  (bisher unüblich, weil Kompressionsanlagen den Markt dominieren)

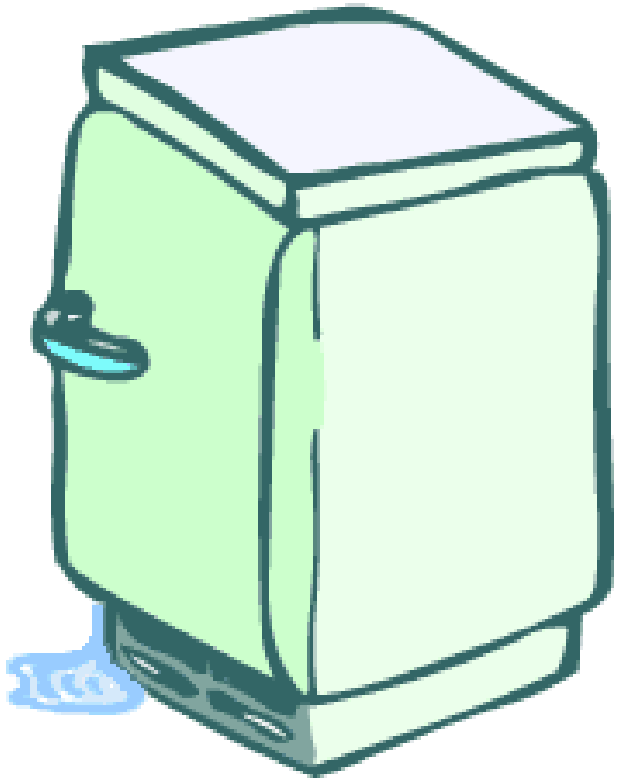
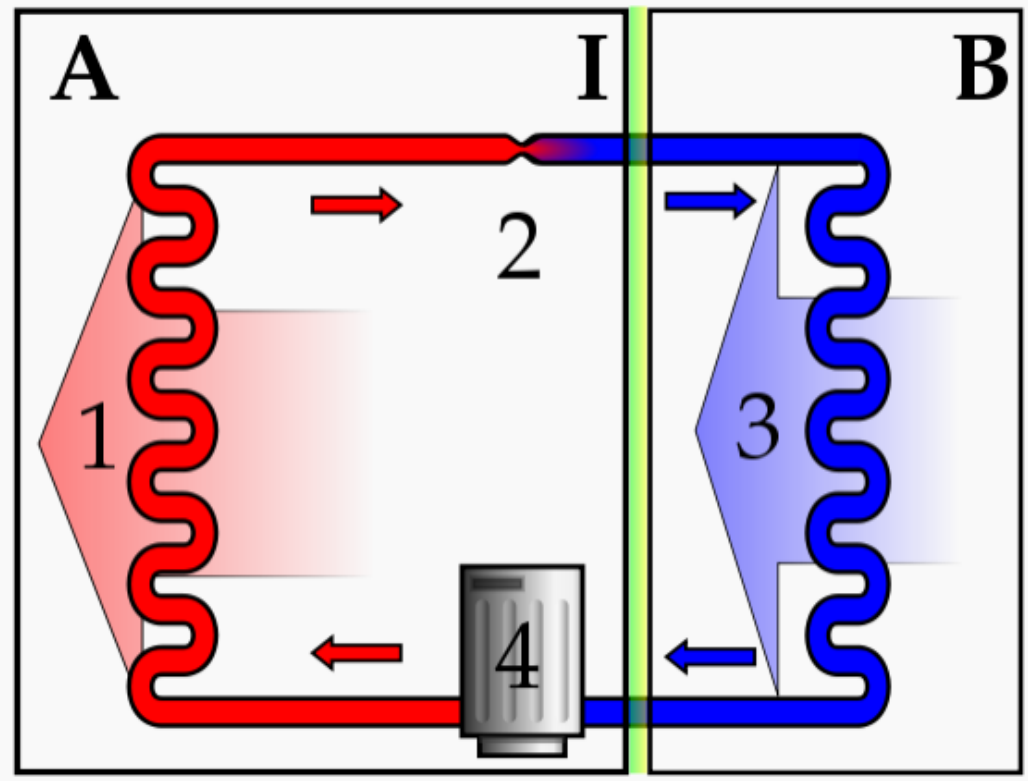


Bild: http://members.chello.at/franz.schnatter/image/kuehlschrank.gif

Schema: Kompressionsprozess



Quelle: Abbildungen von www.wikipedia.org/wiki/Kältemaschine

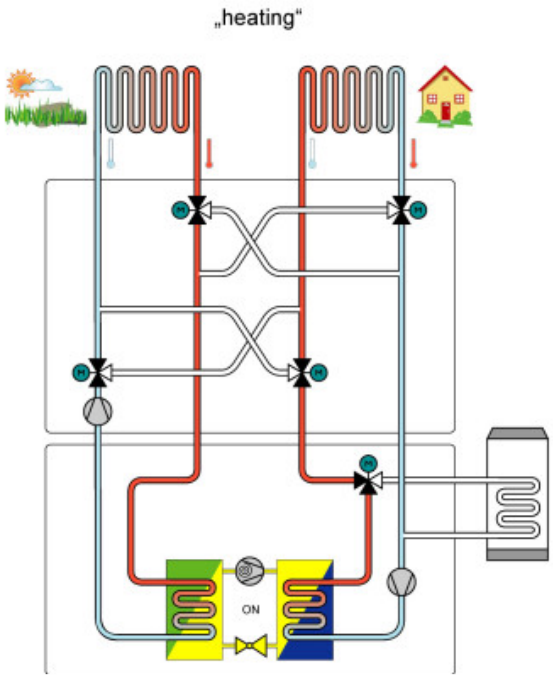
Wärmeabgabe (1) bei hoher Temperatur, Kühlmittel kondensiert.

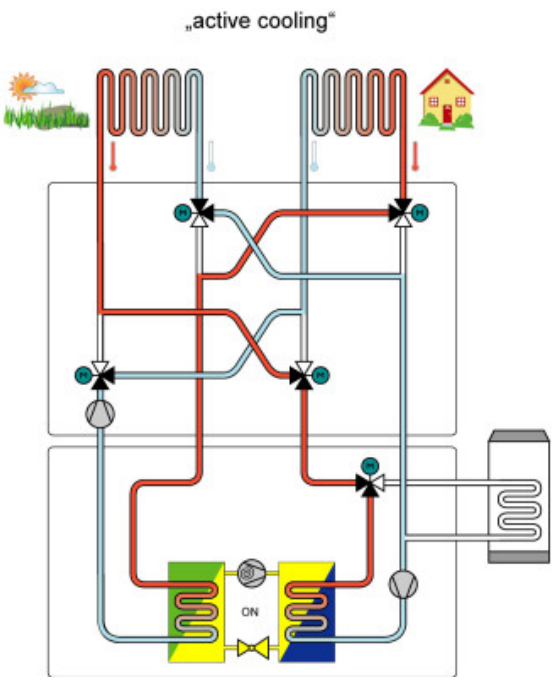
Drosselung zur Druckabsenkung (2).

Wärmeaufnahme (3) bei niedriger Temperatur, Kühlmittel verdampft.

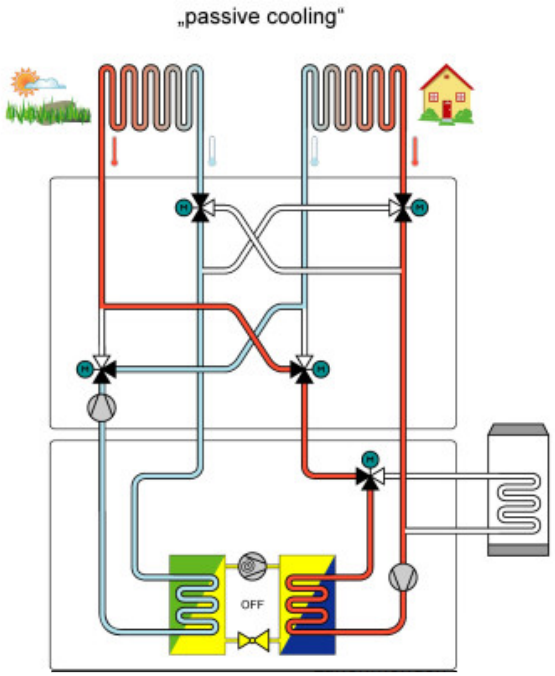
Gasverdichter (4).

Beispiel: Kompressionsprozess





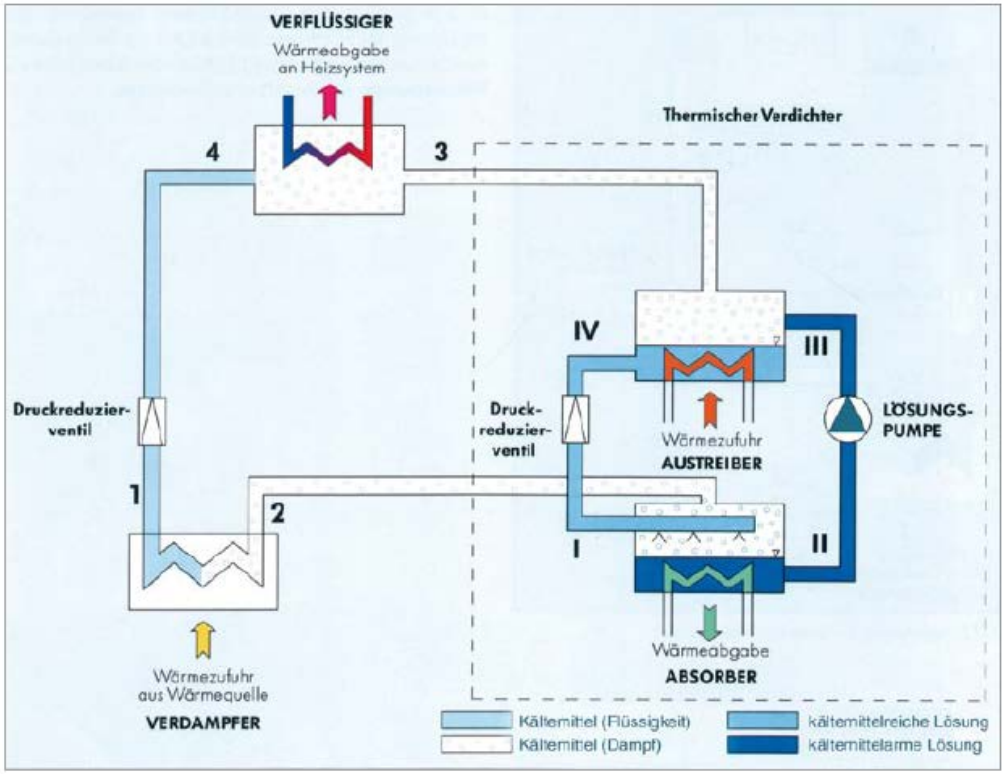
Raumfußboden
wird zur Wärmequelle



Wärmepumpe
deaktiviert

Quelle: Abbildungen von www.baunetzwissen.de

Schema: Absorptionskühlmaschine



Quelle: Abbildungen von www.bine.info; Leseprobe_waermepumpen_internet.pdf (S. 20)

Thermischer Verdichter reduziert Stromkosten.

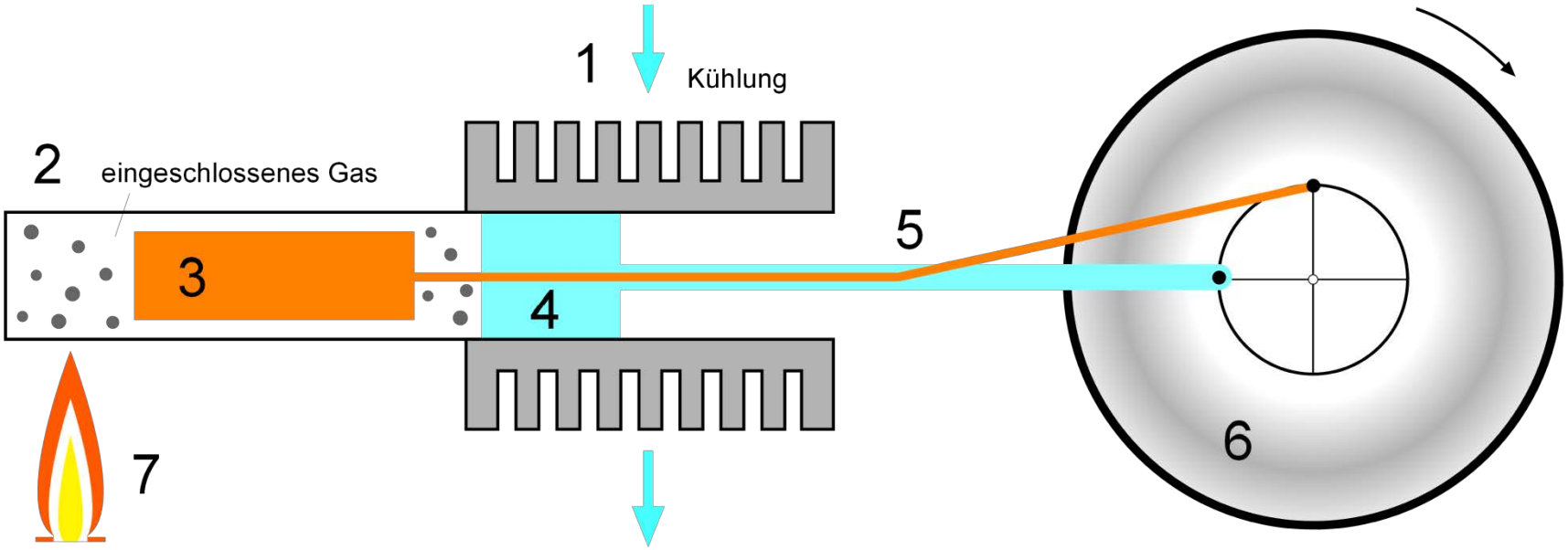
Abwärmenutzung möglich.

Beispiel: Absorptionskühlmaschine

Quelle: Abbildungen von www.en-save.de

Relativ teure Anlage
(Industriebereich).

Schema: Stirlingprozess



1 Kühlzylinder 2 Heizzylinder 3 Verdrängerkolben 4 Arbeitskolben 5 Pleuelstangen 6 Schwungrad 7 Wärmequelle

Beispiel: Stirlingprozess
Tieftemperatur Kühlung mit Stirlingmotor

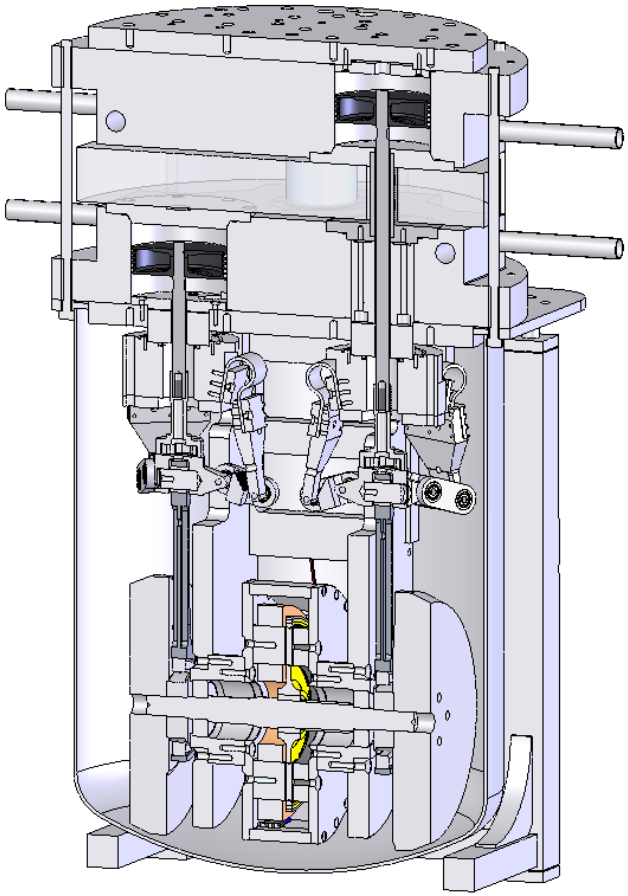
Kühltemperatur = - 208 °C

Quelle: Abbildungen von JCM - Dr. Jürgen Christian Müller

Beispiel: Stirlingprozess

Rücklauf Wasser
Raumklimatisierung

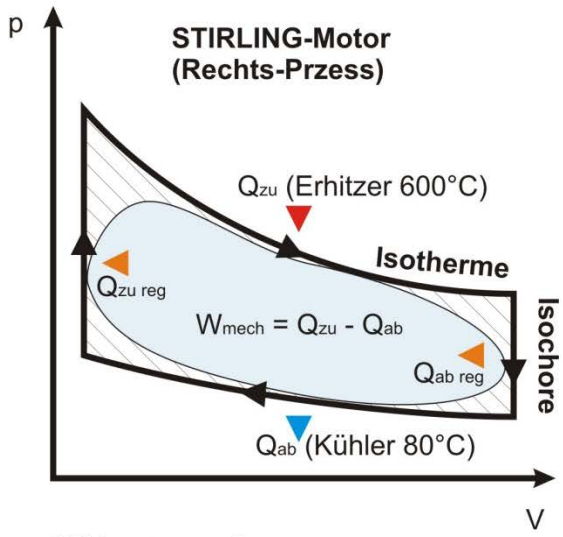
Rücklauf
Sole & Erdkollektor



Vorlauf Wasser
Raumklimatisierung

Vorlauf
Sole & Erdkollektor

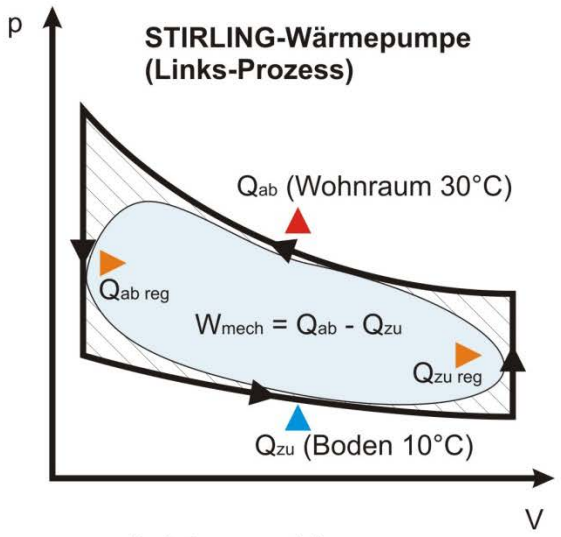
Prozessbetrachtung Motor/Wärmepumpe/Kühlmaschine



Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{W_{mech}}{Q_{zu}} = \frac{Q_{zu} - Q_{ab}}{Q_{zu}} = \frac{T_{zu} - T_{ab}}{T_{zu}}$$

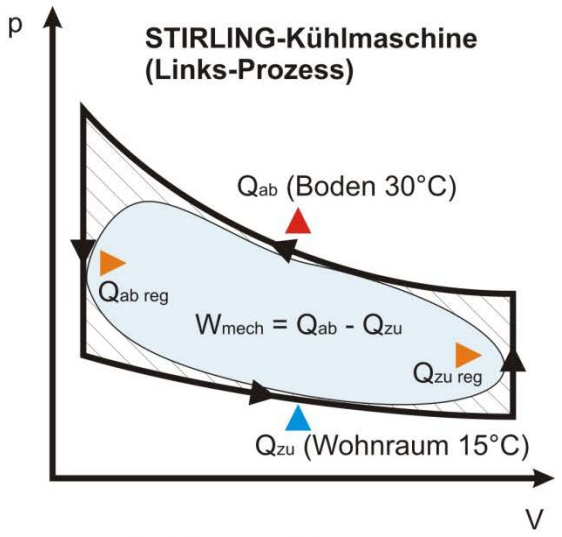
$\eta_{ideal} = 0{,}6 \qquad \eta_{real} = 0{,}3$



Leistungszahl

$$\eta = \frac{Q_{ab}}{Q_{ab} - Q_{zu}} = \frac{T_{ab}}{T_{ab} - T_{zu}}$$

$\eta_{ideal} = 15 \qquad \eta_{real} = 7{,}5$

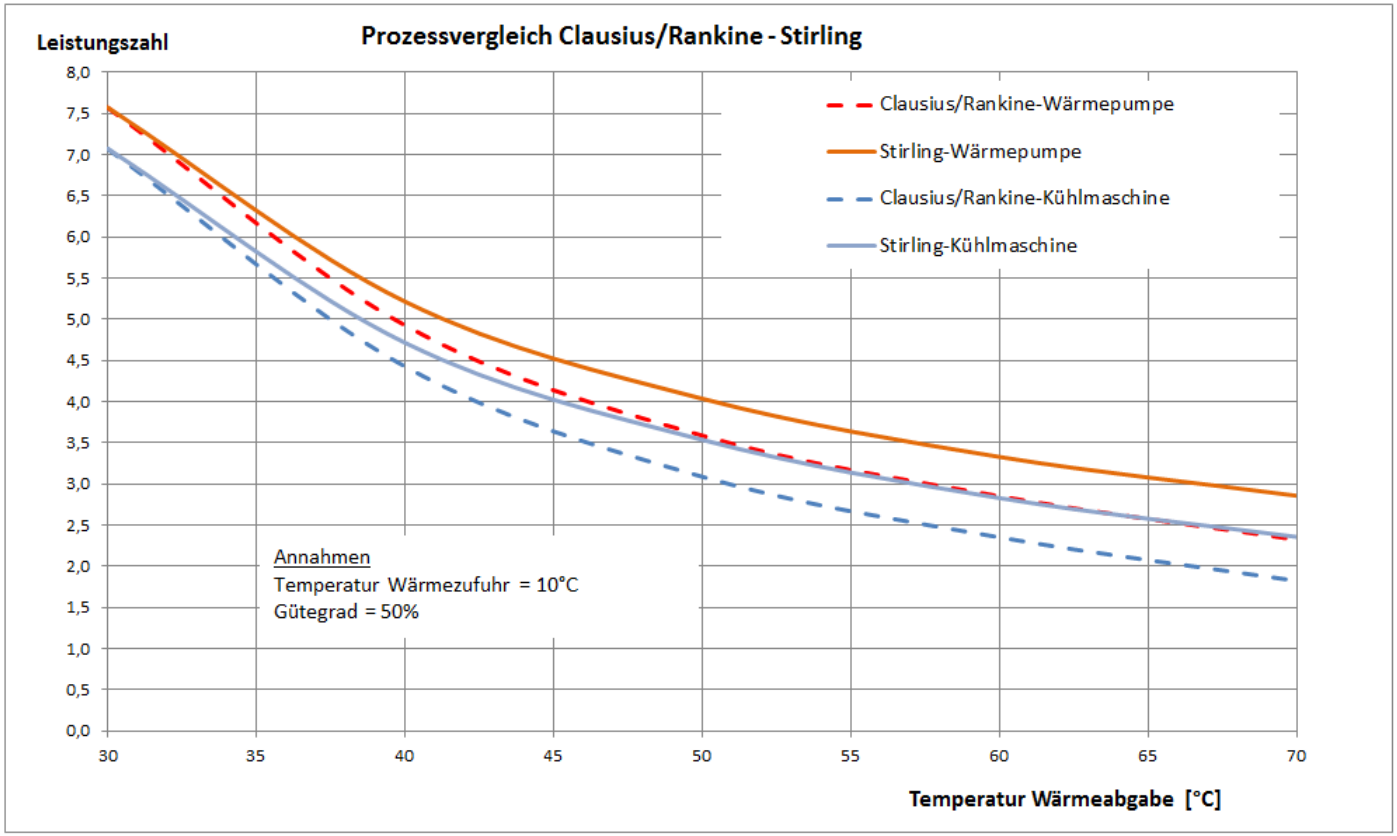


Leistungszahl

$$\eta = \frac{Q_{zu}}{Q_{ab} - Q_{zu}} = \frac{T_{zu}}{T_{ab} - T_{zu}}$$

$\eta_{ideal} = 19 \qquad \eta_{real} = 9{,}5$

Prozessvergleich



Wärmepumpe mit Kühlfunktion (Forschungsprojekt)

Einsatzbereich:	EFH, Gewerbe
Wärmequelle:	Erdreich, Außenluft (Wohnräume*)
Wärmesenke:	Wohnräume (Erdreich, Außenluft*)
Grundprinzip:	2-Zyklen-Stirling
Arbeitsgas:	Luft
Mitteldruck:	5 bar
Antrieb:	Synchronmotor, 230V
Geräuschpegel:	< 50 dB
Abmessungen:	H x B x T = 0,90 x 0,45 x 0,45

<u>Wärmepumpe</u>		
Leistung thermisch:	5 kW	Raumwärme
Antriebsleistung:	1 kW	Stromeinsatz
Kälteleistung:	4 kW	Erdkollektor
Leistungszahl WP:	5	
T max (Heizung)	45°C	
<u>Kühlfunktion</u>		
Kühlleistung:	3 kW	Raumkühlung
Antriebsleistung:	0,5 kW	Stromeinsatz
Wärmeabgabe:	3,5 kW	Erdkollektor
Leistungszahl KM:	6	
T min (Kühlung)	22°C	
Stromverbrauch:	2.250 kWh/a	Hzg./Khlg. Normalbetrieb
Anlagenpreis:	7.500 €	(geschätzt)

* Kühlbetrieb

Vorteile der Wärmepumpe mit Kühlfunktion

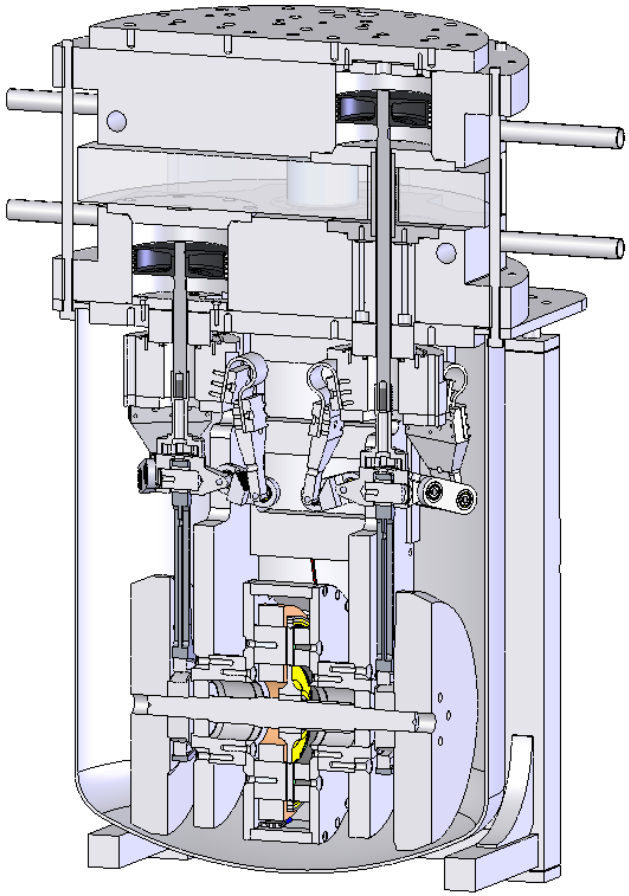
- Luft als Arbeitsmittel (FCKW-frei)
- Kein Umschaltbetrieb, nur Drehrichtungsänderung
- Geringer Geräuschpegel
- Hohe Leistungszahlen für beide Prozesse
- Geringer Verbrauch an Elektroenergie
- Hoher Modulationsbereich über die Drehzahl
- Regeneration der Wärmequelle beim Kühlbetrieb
- Gut kombinierbar mit PV-Anlage
- Feuchtesensor verhindert Taupunktunterschreitung im Kühlbetrieb

Stirling Technologie Institut Potsdam gemeinnützige GmbH

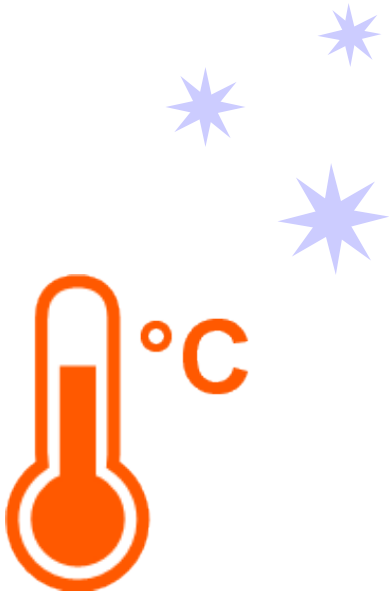
4. Potsdamer Tag der Wissenschaften am 21. 5. 2016
Vortrag & Diskussion in der Filmuniversität Babelsberg

200 Jahre Stirling-Motor:

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Ein Vortrag von
Dr. Andreas Gimsa



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