

**Projektpräsentation
P r o g r a m m l i n i e
„Fabrik der Zukunft – 1. Ausschreibung“**

**Untersuchung des Stirlingprozesses für
eine umweltverträgliche Kälteerzeugung
- Systemanalyse**

R. Stiglbrunner, JOANNEUM RESEARCH

Graz, 15. Oktober 2003

Ziele

- Aktuelle Bewertung der Stirling-Kältetechnik im umgebungsnahen Temperaturbereich
- Darstellung bestehender technischer und wirtschaftlicher Probleme
- Betrachtungen zur Umweltbeeinträchtigung und zur Nachhaltigkeit
- Herstellung von Industriekontakten
- Abgabe von Empfehlungen zur weiteren Vorgangsweise

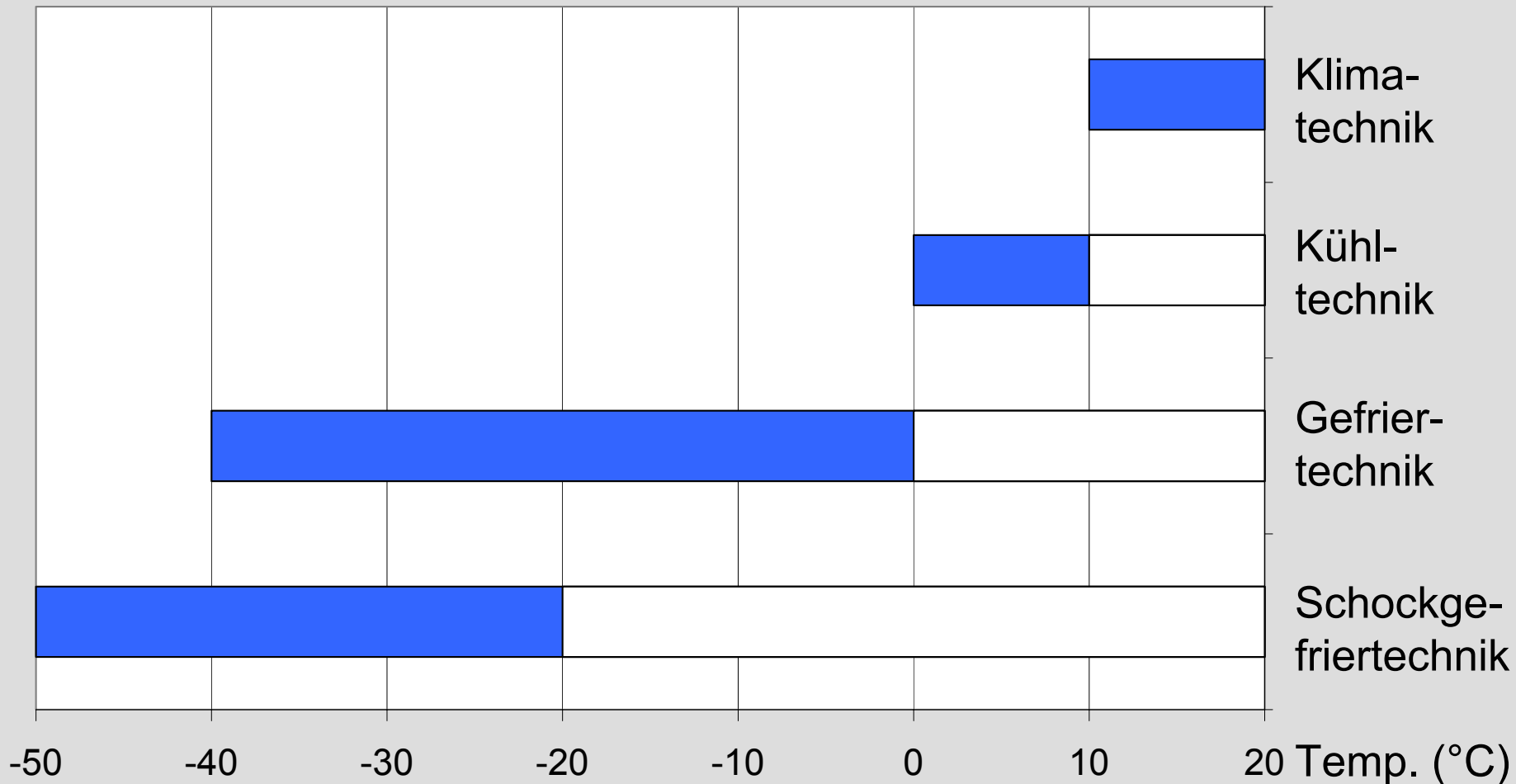
Inhalte

- Erhebung des Standes des Wissens und der Technik von Stirling-Kältemaschinen im umgebungsnahen Temperaturbereich
- Auswahl erfolgsversprechender Stirlingsysteme
- Vergleich der Stirling-Kältetechnik mit der konventionellen Kältetechnik
- Ausarbeitung von Empfehlungen
- Dokumentation der Ergebnisse

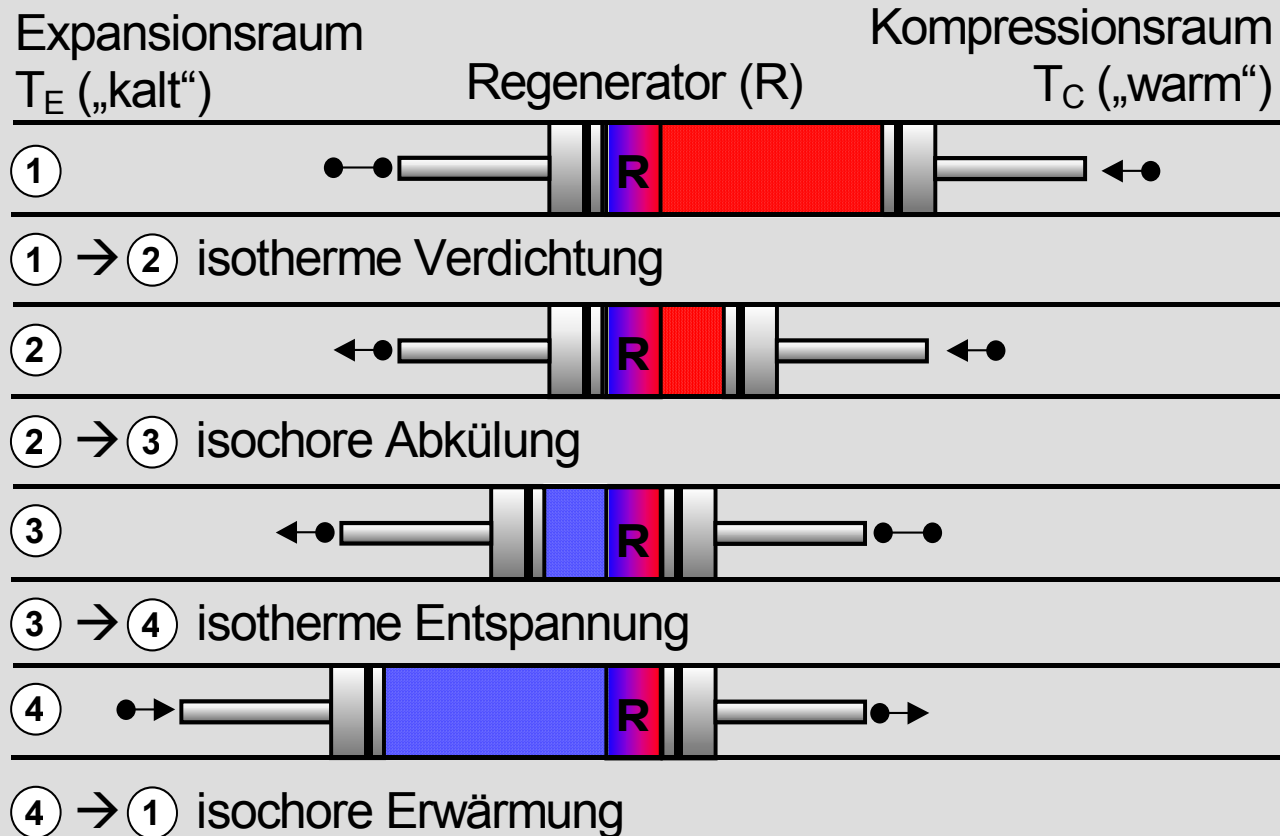
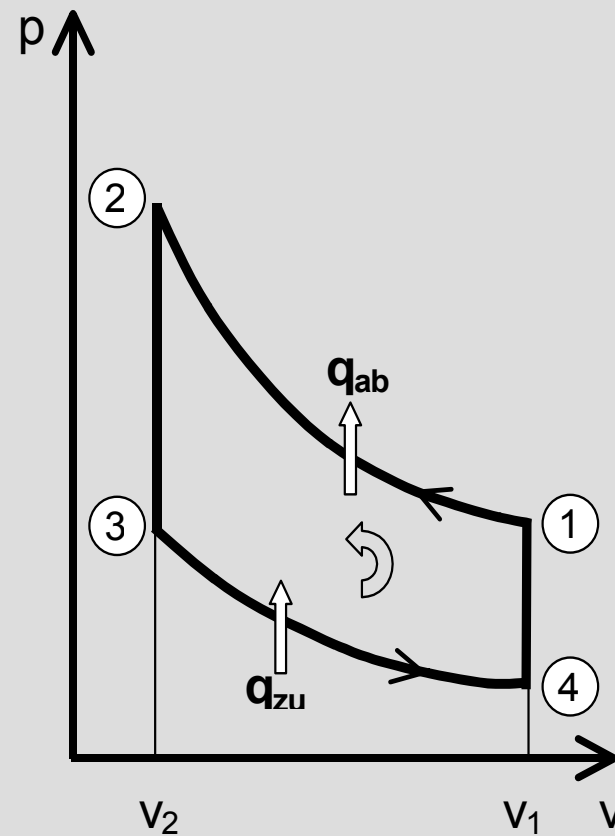
Umweltaspekte die Kältetechnik

- Umweltbeeinträchtigung durch Kältemittel:
 - Ozonabbau in der Stratosphäre
 - Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt
- Umweltbeeinträchtigung durch Bereitstellung der Antriebsenergie:
 - Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt
 - „allgemeine Umweltprobleme“ der Energiebereitstellung

Umgebungsnahe Kälteanwendungen



Idealer Stirling-Kälteprozess (p-v Diagramm und Kolbenbewegungen)



Stand des Wissens – Stirling-Kältetechnik

- Kryobereich:
Stand der Technik mit den Haupteinsatzbereichen
 - Gasverflüssigung
 - Kühlung von Sensoren und Elektronikbauteilen
- Umgebungsnaher Temperaturbereich:
 - Versuche im Laborstadium

Systemauswahl – Stirling-Maschine

- α – Typ:
Jeder der beiden Kolben in einem eigenen Zylinder, Regenerator zwischen den Zylindern.
- β – Typ:
Beide Kolben in einem Zylinder, Verdrängerkolben kann Regenerator enthalten.
- γ – Typ:
Kolben in verschiedenen Zylindern (wie α – Typ), aber Regenerator **nicht** zwischen den Zylindern.
- Geeignet für Kältemaschinen im umgebungsnahen Temperaturbereich:
 β – oder α – Typ

Systemvergleich

- Vergleich der Stirling-Kältetechnik mit der konventionellen Kältetechnik (Kaltdampf-Kompressions-Kältetechnik) für die vier Bereiche der umgebungsnahen Kälteanwendungen hinsichtlich
 - Umwelt
 - Technik
 - Wirtschaftlichkeit

Systemvergleich - Umwelt

- Ozonabbau in der Stratosphäre
ODP (Ozon Depletion Potential):
Verursacht durch bestimmte Kältemittel in der Stratosphäre
- Verstärkung des Treibhauseffektes
TEWI (Total Equivalent Warming Impact)
 - direkten Anteil:
Verursacht durch bestimmte Kältemittel
 - indirekten Anteil:
Verursacht durch die Bereitstellung der Antriebsenergie

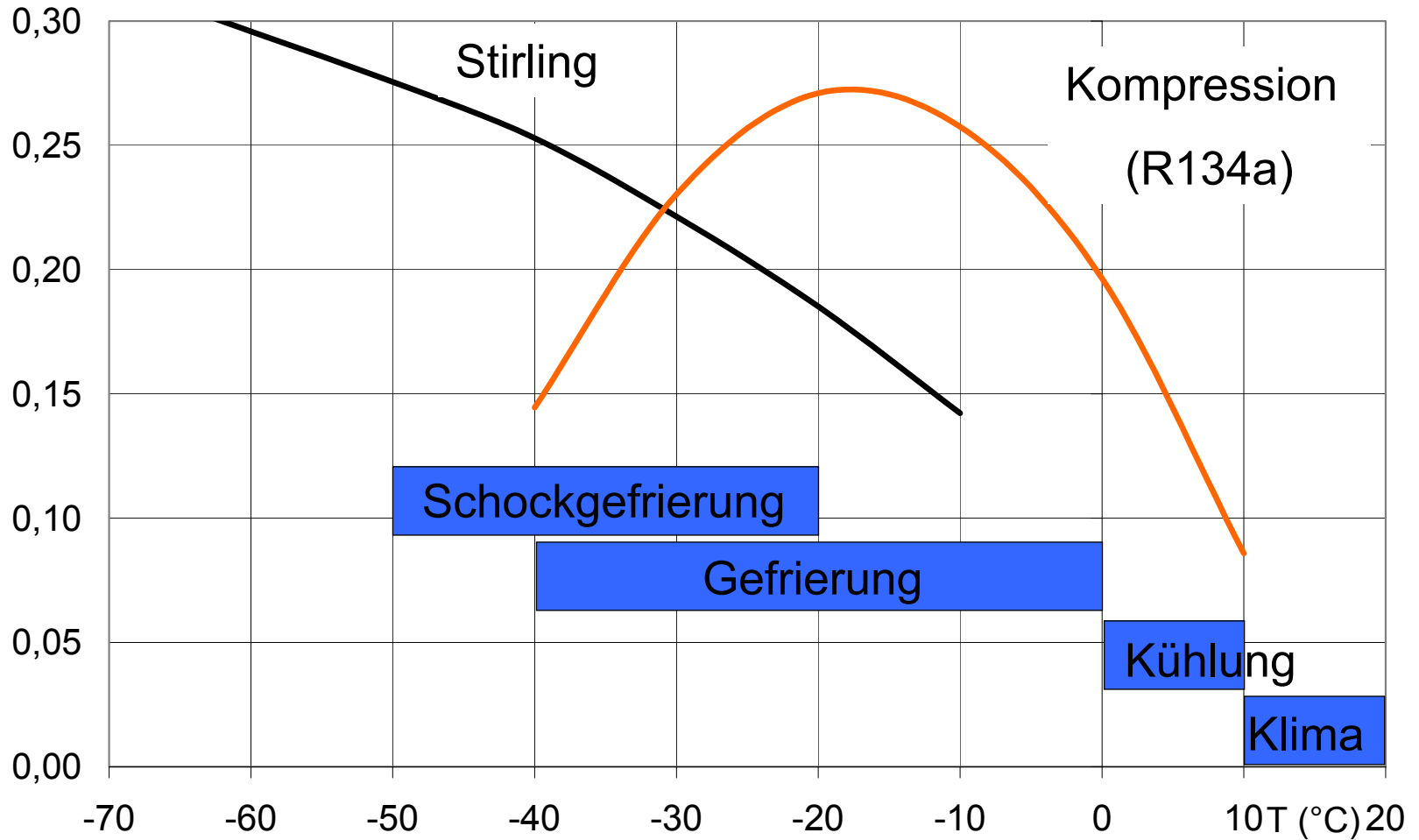
Systemvergleich - Technik

- Gütegrad:

Verhältnis von tatsächliche Leistungszahl einer Kältemaschine zur Carnot-Leistungszahl

(„Maß für die Nutzung der eingesetzten Antriebsenergie“
d.h. je höher der Gütegrad, desto „besser“ ist die
Kältemaschine)

Gütegrad



Systemvergleich - Wirtschaftlichkeit

- **Anlagekosten:**
Für Stirling-Kältemaschinen derzeit nicht abschätzbar, dürften aber bei Serienreife nicht wesentlich über jenen von Kompressions-Kältemaschinen liegen.
- **Betriebskosten:**
 - **Kosten der Antriebsenergie:**
erforderliche Antriebsenergie abhängig vom Gütegrad
 - **Sonstige Kosten (Wartung, Ersatz von Kälte- bzw. Arbeitsmittel, etc.):**
keine wesentlichen Unterschiede zu erwarten

Ergebnisse des Systemvergleichs

Stirling-Kältetechnik – konventionelle Kältetechnik

Anwendung	Umwelt	Technik	Wirtschaftlichkeit
Klimatechnik	+	--	--
Kühltechnik	+	-	-
Gefriertechnik	++	++	+
Schockgefrier- technik	++	++	+

++ weit überlegen

+ überlegen

+/- gleichwertig

- unterlegen

-- weit unterlegen

Fallbeispiel - Annahmen

- Industrielle Kälteanlage:
Technik: 50 kW, 5.000 h / a, -40 °C, 20 a
Stromkosten: 7 €Cent / kWh
CO₂-äquiv. Emissionsfaktor: 0,305 kg CO₂-äquiv. / kWh
- Kaltdampf-Kompressions-Kältemaschine:
Kältemittel: R134a
 - Füllmenge: 15 kg
 - Leckrate: 0,75 kg / a
 - Rückgewinnungsfaktor: 0,9
- Stirling-Kältemaschine:
α – Typ Stirling-Maschine
Arbeitsmittel: Helium

Fallbeispiel - Ergebnisse

	Energieeinsatz (kWh_el / kWh_Kälte)	Betriebskosten (€ / kWh_Kälte)	ODP (R11 = 1)	TEWI (kg CO ₂ äquiv. / kWh_Kälte)
Stirling	0,97	0,07	0	0,295
Kompression	1,69	0,12	0	0,520
Differenz	-43%	-43%	0%	-43%

Nachhaltigkeit der Stirling-Kältetechnik

- Betrachtungen der Stirling-Kältetechnik in Bezug auf die „Sieben Leitprinzipien Nachhaltiger Technologieentwicklung“
- Der Einsatz der Stirling-Kältetechnik in den geeigneten Anwendungsbereichen (Gefrier- und Schockgefrieretechnik bei Temperaturen unter ca. -30 °C) erfüllt alle „Sieben Leitprinzipien Nachhaltiger Technologieentwicklung“

Industriekontakte

- Befragung von 13 Unternehmen mit Standorten in Österreich betreffend
 - Marktattraktivität der Stirling-Kältetechnik
 - Kooperationsinteresse
- Ergebnisse der Befragung:
 - vier Antworten
 - ein Interessent

Zusammenfassung und Empfehlungen

- Zusammenfassung:
Geeignete Einsatzbereiche der Stirling-Kältetechnik im umgebungsnahen Temperaturbereich sind Gefrier- und Schockgefrieretechnik bei Temperaturen unter ca. -30 °C
- Empfehlungen:
 - Untersuchungen des Kältemarktes im Gefrier- und Schockgefrierbereich
 - Erstellung eines Business-Plans zur Entwicklung praktisch einsetzbarer Stirling-Kältemaschinen