Micro-Trigeneration:

Strom und Kälte aus (Ab)Wärme geringer Qualität

H. Edtmayer, E. Lang, M. Schloffer

4ward Energy Research GmbH, Graz, Österreich

Einleitung

- **Aktuelle Technologien** zur Nutzung von (Ab)Wärme im kleinen Leistungsbereich **nur bedingt wirtschaftlich**

→ Forschungsprojekt: Mikro-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung auf Basis der **Schukey Technologie**

- **Wärmekraftmaschine**

  im Dampfkreislauf (Rankine-Cycle)

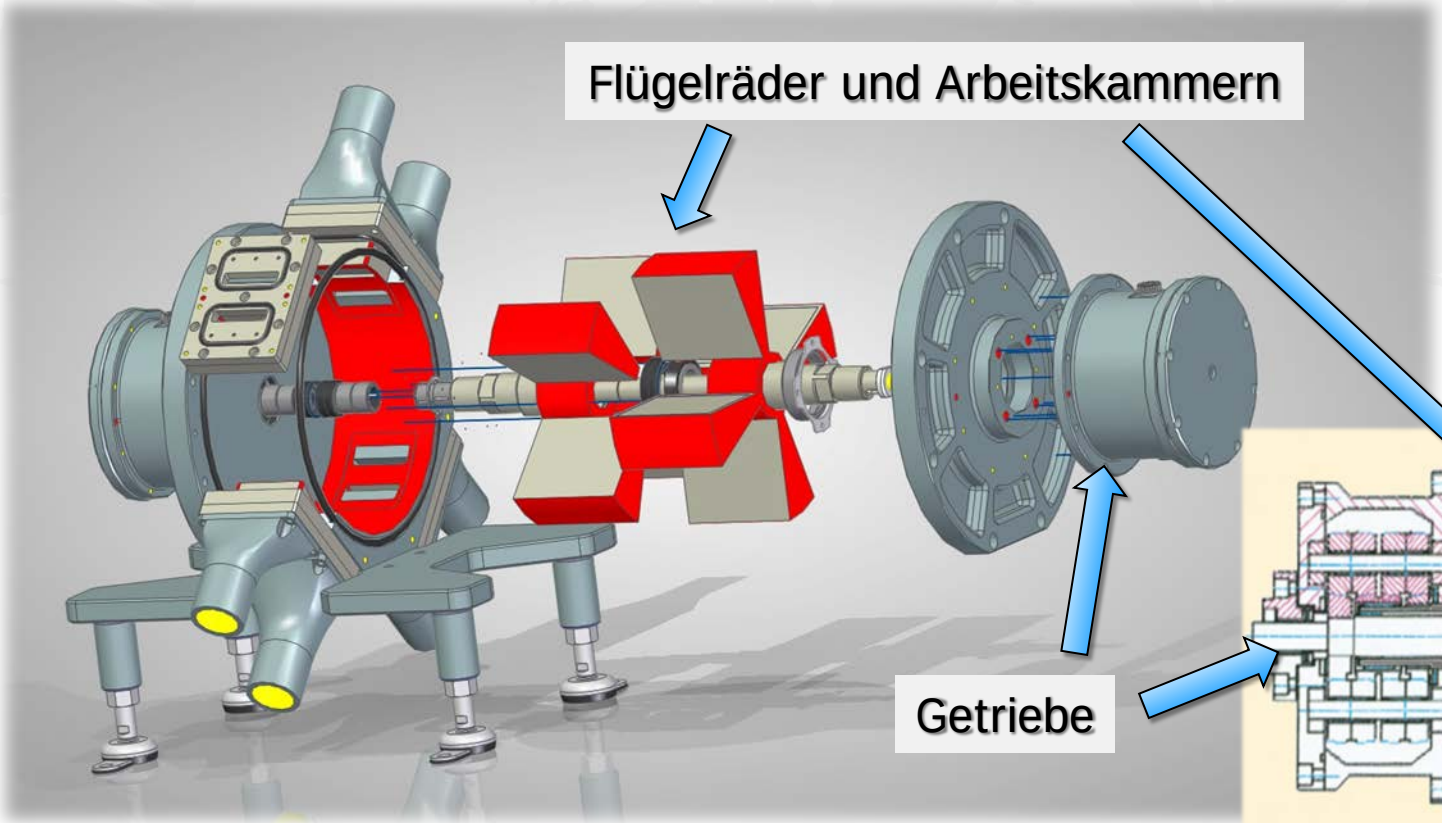
→ **Stromerzeuger**

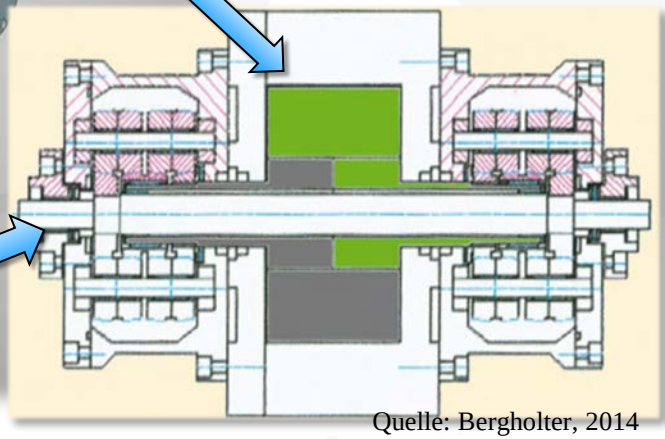
- **Kälteerzeuger** bei Umkehr der Prozessrichtung

Quelle: Bergholter, 2014

Die Schukey Technologie

- Delta-Omega Maschine:
  Rotierende Flügelräder mit wechselnder Winkelgeschwindigkeit





Quelle: Bergholter, 2014

Die Schukey Technologie

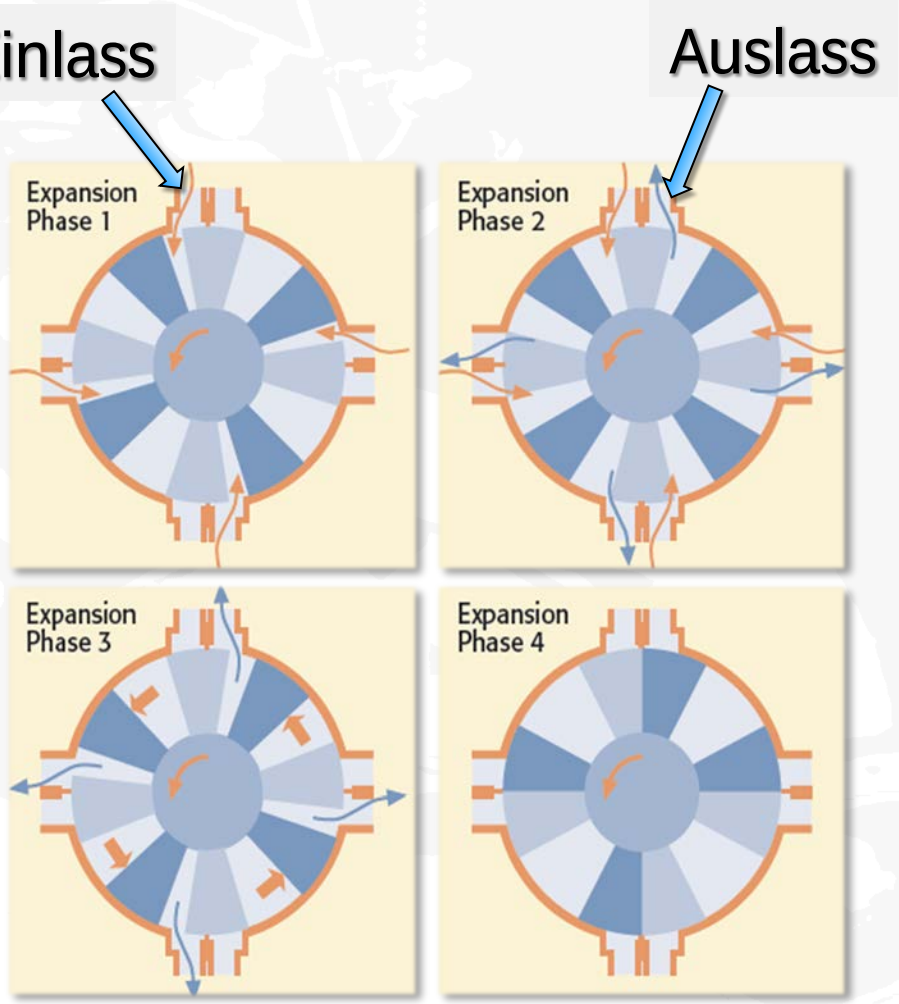
- Prozess mit 4 Phasen:

1. Phase:
Ansaugen Frischdampf

2. Phase:
Ende Ansaugen Frischdampf
Beginn Auslass Brauchdampf

3. Phase:
Expansion Frischdampf
Ende Auslass Brauchdampf

4. Phase:
Vollständige Expansion Frischdampf



Quelle: Bergholter, 2014

Schukey System zur Abwärmenutzung

Verdampfer + Überhitzer

im Abgasstrom des BHKW

Schukey Motor

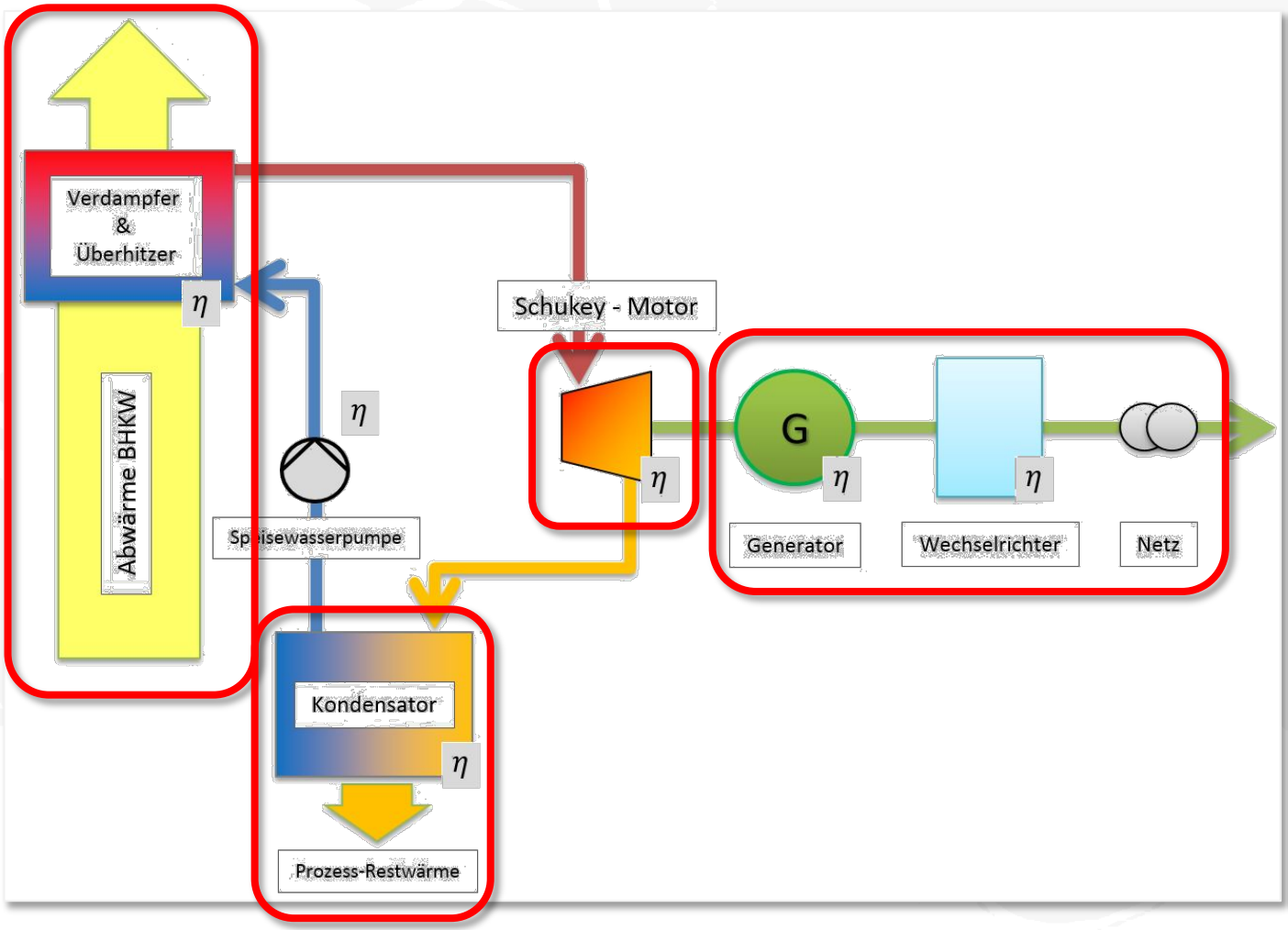
Wärmekraftmaschine im Dampfkreislauf

Stromerzeugung

mittels Generator, Netzeinspeisung über den Wechselrichter

Kondensator

Prozessabwärme kann als Nutzwärme verwendet werden



Schukey Motor als Micro-KWKK

Wärme-, Kälte- und Stromgewinnung in Gebäuden

Solare Energiegewinnung

CPC, CPC + Parabolrinne

Kraft & Strom

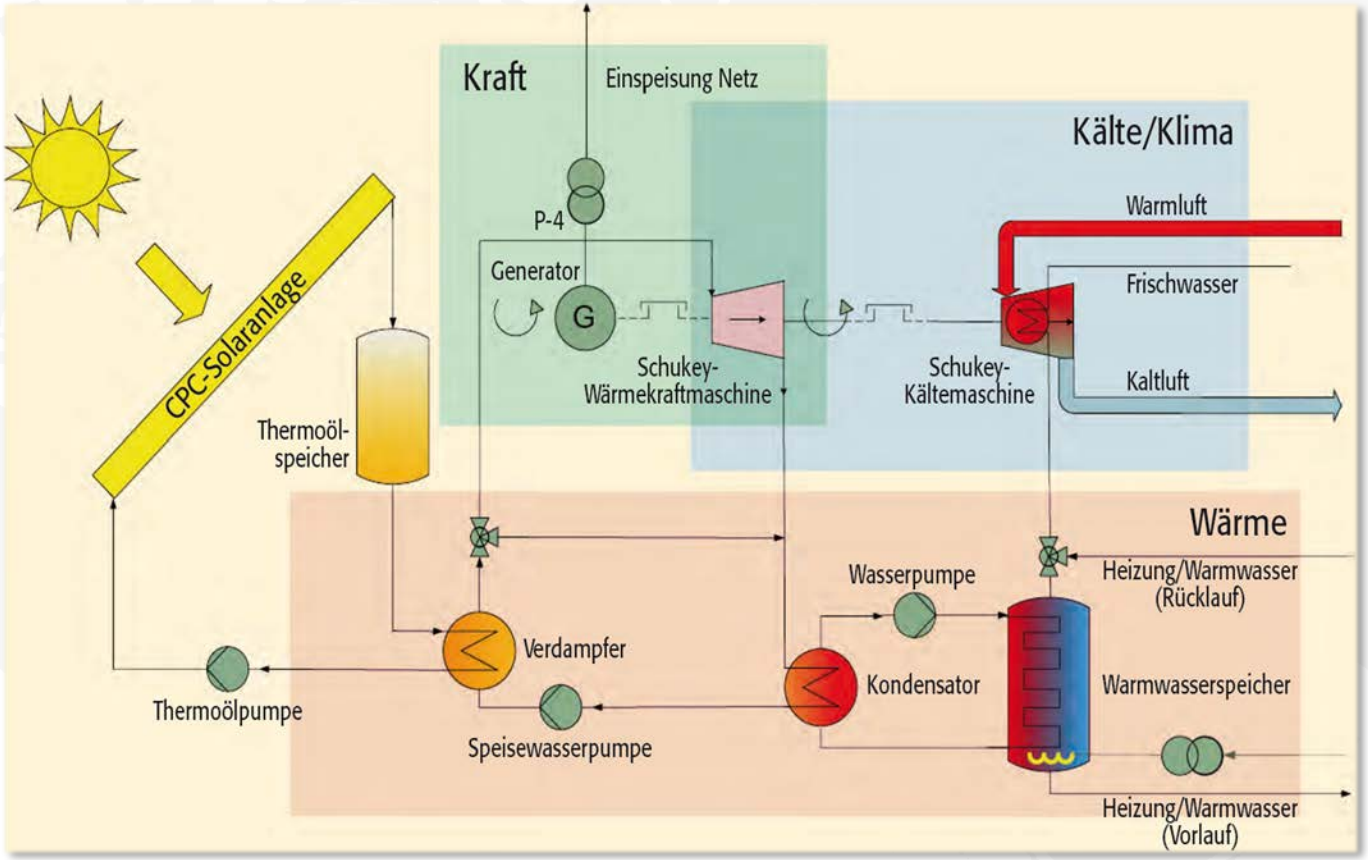
Wärmekraftmaschine + Generator

Kraft & Kälte

Wärmekraftmaschine
+ Kältemaschine

Wärme

Nutzwärme aus Prozessabwärme



Quelle: Bergholter, 2014

Einsatzszenarien Schukey System

- **BHKW:**
  Abwärmenutzung aus Kolbenmaschinen oder Gasturbinen, wobei die Effizienz von Gasturbinen um ein Wesentliches gesteigert werden kann.
- **Mobile Anwendungen:**
  Abgaswärmeverstromung in Schiffen, Diesellokomotiven oder LKWs. Nutzung der elektrischen Energie für Zusatzantrieb, Bordnetzt oder Kühlcontainer möglich, Kühlung in Fahrzeugen wie Zuggarnituren oder PKW.
- **Solare Kraft-Wärme-Kopplung:**
  Mit Solaranlagen in Ein- und Mehrfamilienhäusern, mit Überschusswärme aus Heizwerken mit Solarunterstützung.
- **Solare Kühlung:**
  Solarthermie zum mechanischen Schukey Betrieb einer Schukey Kühlung,
  Photovoltaik zum elektrischen Betrieb einer Schukey Kühlung.
  Luft als Kühlmedium

Schukey System im BHKW

Auflistung der Wirkungsgradkette

- **Gas-Kolbenmotor** im BHKW
- Rankine-Cycle Dampfprozess
- Schukey Motor als Stromerzeuger zur Abwärmeverstromung

949	Kraftstoffleistung **BHKW Kolbenmotor** [kW]
0.44	Mechanischer Wirkungsgrad Motor [-]
420	Mechanische Motorleistung [kW]
21	Anteil in der Abgasenergie [%]
0.9	Wirkungsgrad Verdampfereinheit [-]
183.6	Dampfleistung [kW]
300	Dampftemperatur [°C]
0.142	Schukey Motor **Wirkungsgrad einstufig** [-]
26.0	Mechanische Leistung Schukey Motor [kW]
0.885	Wirkungsgrad Generator & Wechselrichter [-]
22.0	**Elektrische Leistung** Schukey System [kW]
42,1	Elektrischer Wirkungsgrad BHKW [%]
400	Elektrische Leistung BHKW [kW]
5.5	**Leistungssteigerung BHKW** durch das Schukey System [%]
2.3	**Wirkungsgradsteigerung BHKW** mit Schukey System [%]

Schukey System im BHKW

Auflistung der Wirkungsgradkette

- **Gasturbine** im BHKW
- Rankine-Cycle Dampfprozess
- Schukey Motor als Stromerzeuger zur Abwärmeverstromung

645	Kraftstoffleistung **BHKW Gasturbine** [kW]
0.325	Mechanischer Wirkungsgrad Turbine [-]
210	Mechanische Turbinenleistung [kW]
61	Anteil in der Abgasenergie [%]
0.9	Wirkungsgrad Verdampfereinheit [-]
355.5	Dampfleistung [kW]
260	Dampftemperatur [°C]
0.135	Schukey Motor **Wirkungsgrad einstufig** [-]
48.0	Mechanische Leistung Schukey Motor [kW]
0.885	Wirkungsgrad Generator & Wechselrichter [-]
41.9	**Elektrische Leistung** Schukey System [kW]
31	Elektrischer Wirkungsgrad BHKW [%]
200	Elektrische Leistung BHKW [kW]
20.95	**Leistungssteigerung BHKW** durch das Schukey System [%]
6.5	**Wirkungsgradsteigerung BHKW** mit Schukey System [%]

Schlussfolgerung

- **Flexible Einsatzmöglichkeiten** des Schukey Motors in Prozessen mit anfallender Abwärme oder bei solarer Wärmebereitstellung
- Je nach Konzeption kann ein Schukey System für **Strom-, Kälte- oder Wärmegewinnung** für verschiedene Anforderungen ausgelegt werden.
- **Solare Produktion** von Strom, Kälte und Wärme möglich.
- **Umgebungsluft als Kühlmedium,** kein Bedarf an Kältemitteln.
- Deutliche Wirkungsgradsteigerung von ansonsten benachteiligten Prozessen, z.B. dem **Gasturbinenprozess** möglich.
- Weitere Arbeit im Projektverlauf → Eigenschaften des Schukey-Motors im **Prüfstandsbetrieb** und im **realen Einsatz**
  Können die theoretischen Eigenschaften umgesetzt werden?

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Dieses Projekt wird mit Mitteln der Europäischen Union finanziert.

DI Hermann Edtmayer
4ward Energy Research GmbH
Reininghausstraße 13A / EG / 17
8020 Graz
t: +43 664 889 29 638
e: hermann.edtmayer@4wardenergy.at

Evelyn Lang MSc.
4ward Energy Research GmbH
Reininghausstraße 13A / EG / 17
8020 Graz
t: +43 664 885 00 358
e: evelyn.lang@4wardenergy.at

DI DI(FH) Martin Schloffer
4ward Energy Research GmbH
Reininghausstraße 13A / EG / 17
8020 Graz
t: +43 664 885 00 338
e: martin.schloffer@4wardenergy.at

Schukey Motor als Micro-KWKK

Wirkungsgradkette:

Stromerzeuger im Gebäudeszenario

Flachkollektor vs. CPC

+ Parabolrinne als Überhitzer

Solarfläche: **20 m² + 3,5 m²**

Durchschnittliche Solarstrahlung im Raum München 2009-2013: **700 W/m²**

Solarthermische Leistung:

Flachkollektor: **8,6 kW**

CPC-Kollektor: **12 kW**

Elektrische Leistung Schukey-System:

Flachkollektor: **1,4 kW**

CPC-Kollektor: **2 kW**

Flachkollektor + Überhitzer	CPC + Überhitzer	
20	**20**	Solarfläche 1. Stufe [m²]
3,5	**3,5**	Solarfläche 2. Stufe [m²]
700	**700**	Horizontale Globalstrahlung [W/m²]
30	30	Neigungswinkel der Kollektoren [°]
808	808	Solarstrahlung auf die Absorber [W/m²]
100	120	Austrittstemperatur 1. Stufe [°C]
0,41	0,62	Wirkungsgrad 1. Stufe [-]
331	501	Absorberleistung 1. Stufe [kW/m²]
300	300	Austrittstemperatur 2. Stufe [°C]
0,7	0,7	Wirkungsgrad 2. Stufe [-]
566	566	Absorberleistung 2. Stufe [kW/m²]
8,6	**12,0**	Gesamte solarthermische Leistung[kW]
0,98	0,98	Wirkungsgrad Wärmetauscher[-]
8,4	11,8	Dampfleistung [kW]
0,22	0,22	Schukey-Motor Wirkungsgrad zweistufig[-]
1,86	**2,59**	Mechanische Leistung Schukey - Motor[kW]
0,8	0,8	Wirkungsgrad Generator [-]
0,95	0,95	Wirkungsgrad Wechselrichter [-]
1,4	**2,0**	Elektrische Leistung Schukey - System [kW]

Schukey Motor als Micro-KWKK

Thermodynamische Simulation:

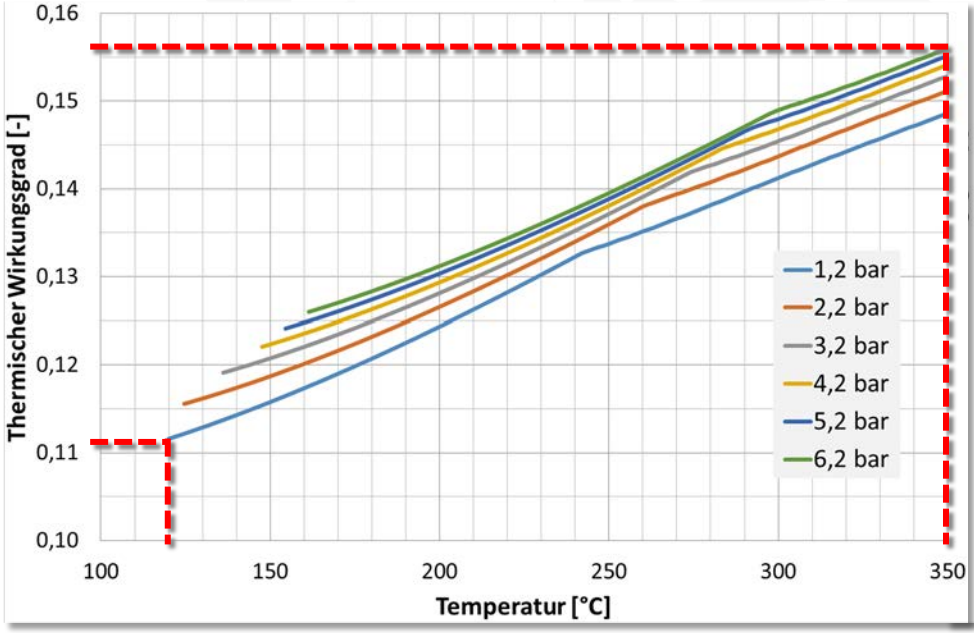
Modellierung in CemCAD

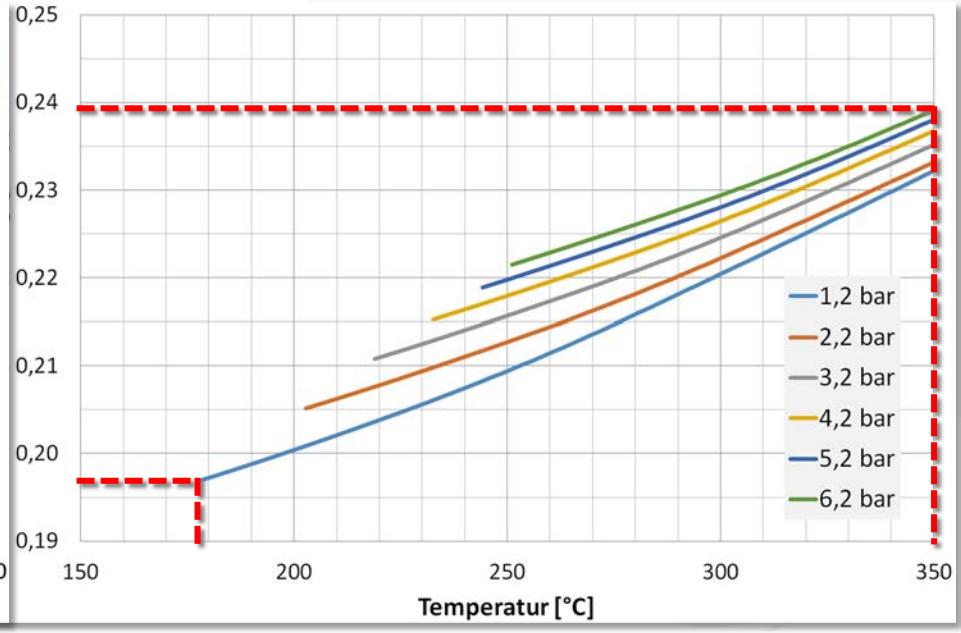
Einstufiger Betrieb: **11 bis 15,5 %**

Zweistufiger Betrieb: **19,5 bis 24 %**

Randbedingungen:

Dampfmassenstrom	100 kg/h
Dampfgehalt nach der Schukey-Maschine	min. 0,90
Expansionsverhältnis	V_{aus} / V_{ein} = 6
Isentroper Wirkungsgrad	0,88
Einstellung Expander	adiabat





Das Projekt Micro-Trigeneration

„Micro-TRIGENERATION: **Ökonomische** und **ökologische** Mikro-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) basierend auf der neuen Schukey-Technologie“

7. EU-Rahmenprogramm „Research for the benefit of SMEs“

- Start: 1.10.2013 - Laufzeit: 30 Monate

<u>Geplante Ergebnisse</u>

- Einfacher, wirtschaftlicher und praxisgerechter System-Lösungsansatz für die Realisierung und Integration von Mikro-KWKK-Anlagen auf Basis der Schukey-Technologie.
- Entwickelte / adaptierte Komponenten und Steuerprogramme.
- Schnittstellenkonformität zwischen den eingesetzten Komponenten / Technologien und den übergeordneten Systemen.
- Erste Testanwendungserfahrungen inklusive Barrieren, Erfolgsfaktoren und Handlungsempfehlungen.