

ROTATION HEAT PUMP

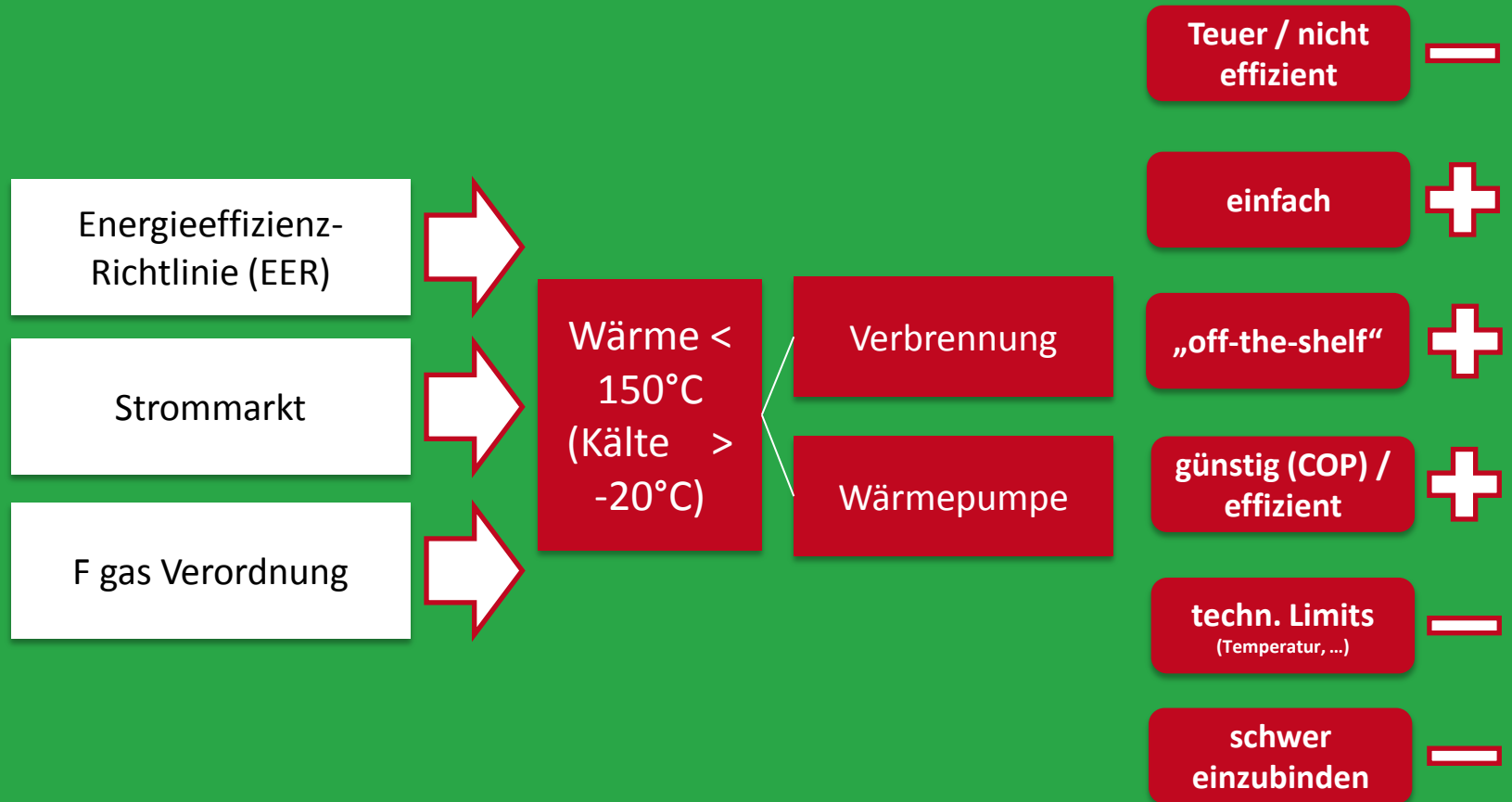


ecop

Agenda

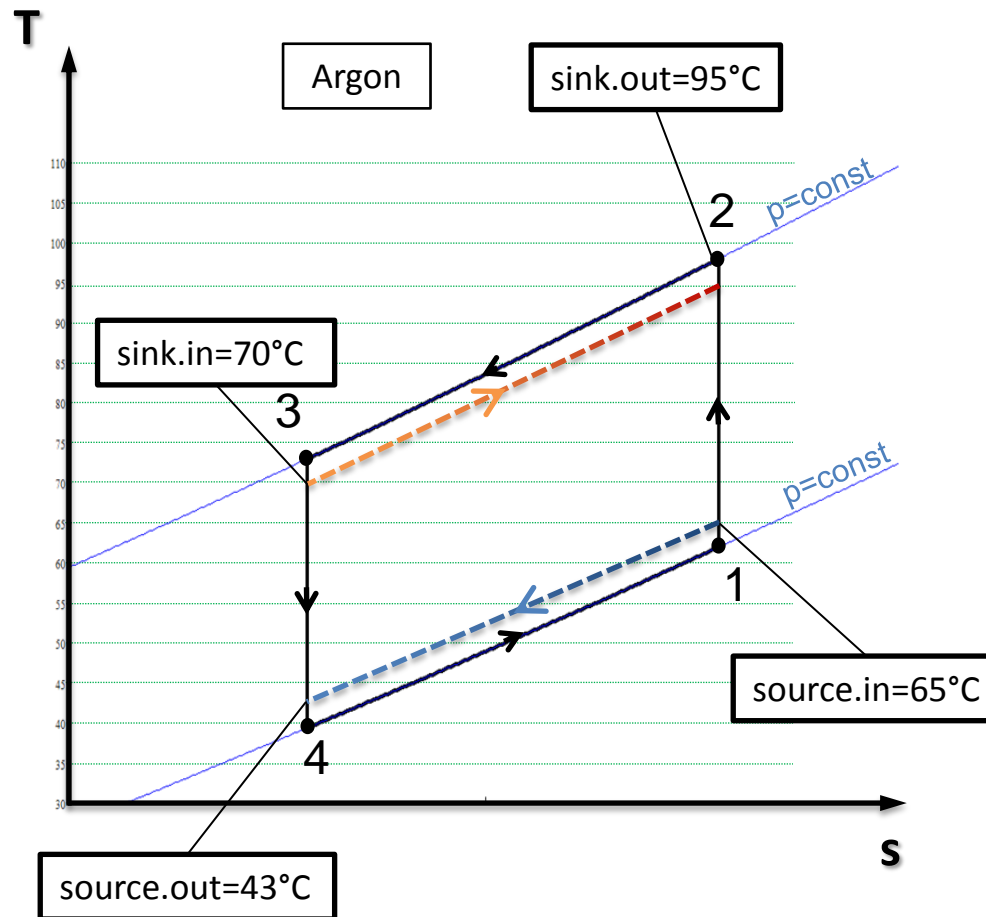
1. Ausgangslage
2. Prozess allgemein
3. Umsetzung
4. Produkt
5. Unternehmen

1. Ausgangslage



2. Prozess allgemein

Joule Prozess im rein gasförmigen Bereich

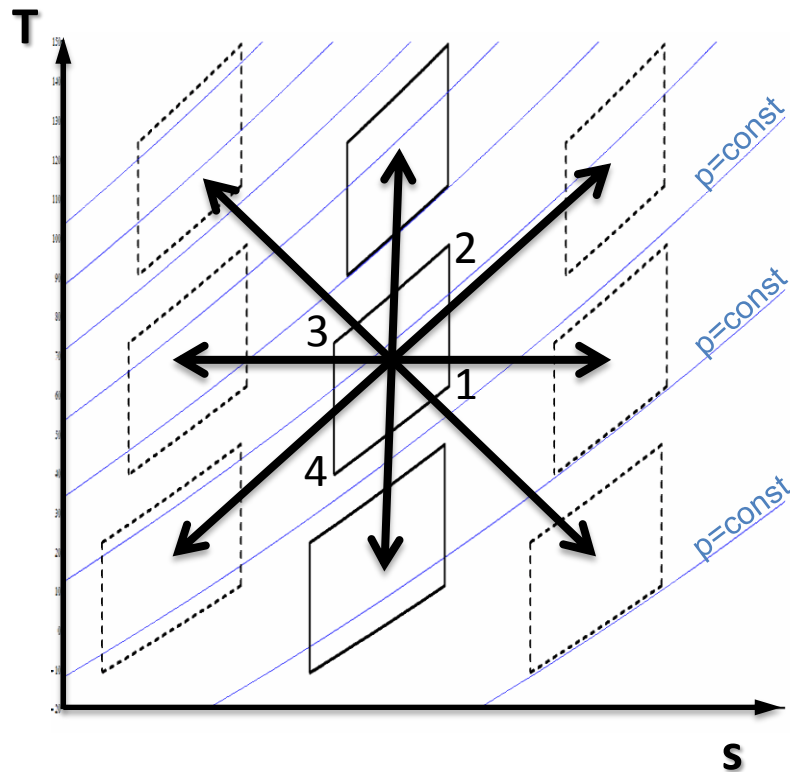


- 1 – 2 isentrope Verdichtung
- 2 – 3 isobare Wärmeabfuhr
- 3 – 4 isentrope Entspannung
- 4 – 1 isobare Wärmezufuhr

2. Prozess allgemein

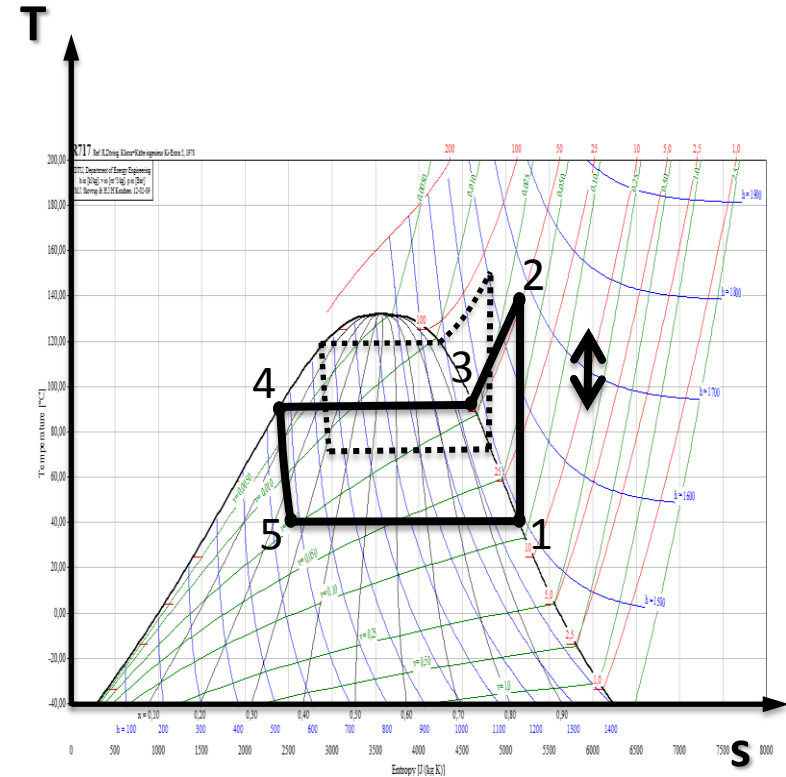
Einphasiger Joule Prozess

- Verschiebung des Prozesses im weiten Temperaturbereich
Temperatur ist vom Druck entkoppelt!



2-Phasen Prozess

- Verschiebung des Prozesses nur im eingeschränkten Temperaturbereich

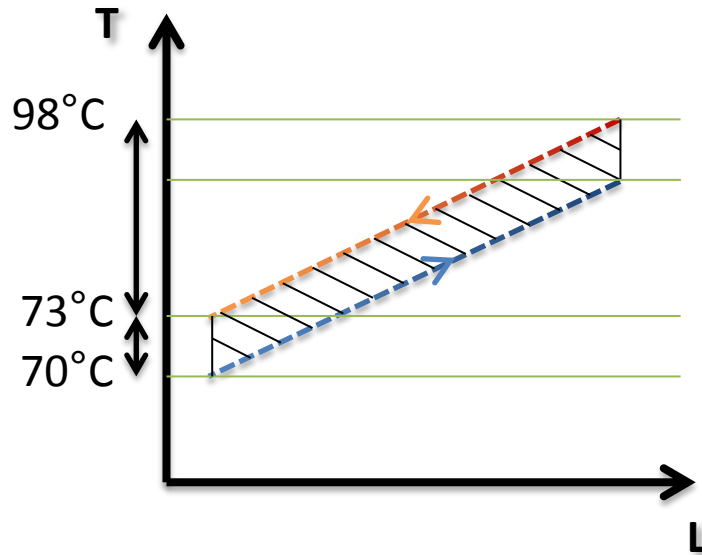


2. Prozess allgemein

Vergleich von sensibler und latenter Wärme

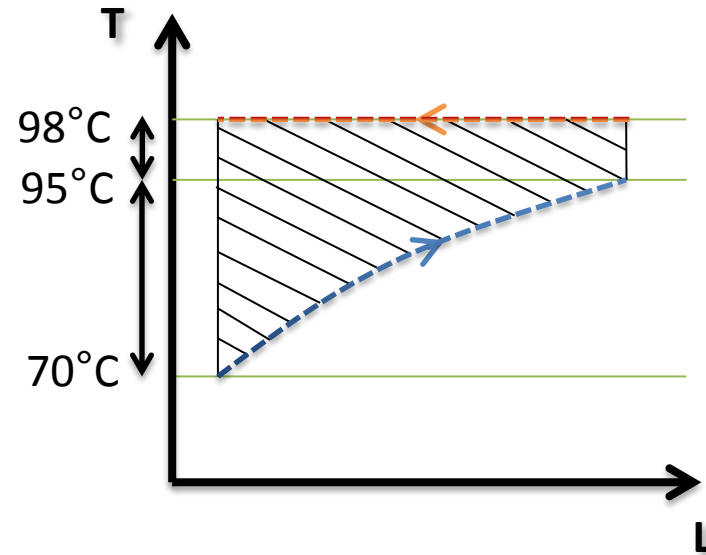
$$e_v = \left(1 - \frac{T_U}{T_m}\right) \dot{q}$$

$T_U = 20^\circ\text{C}$



$\Delta T_m = 3\text{K}$

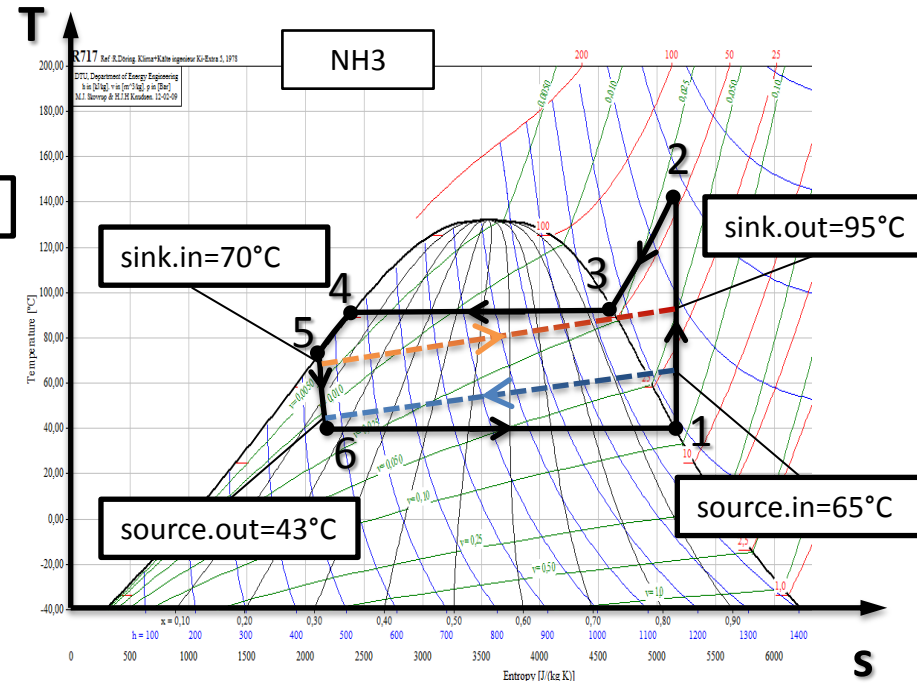
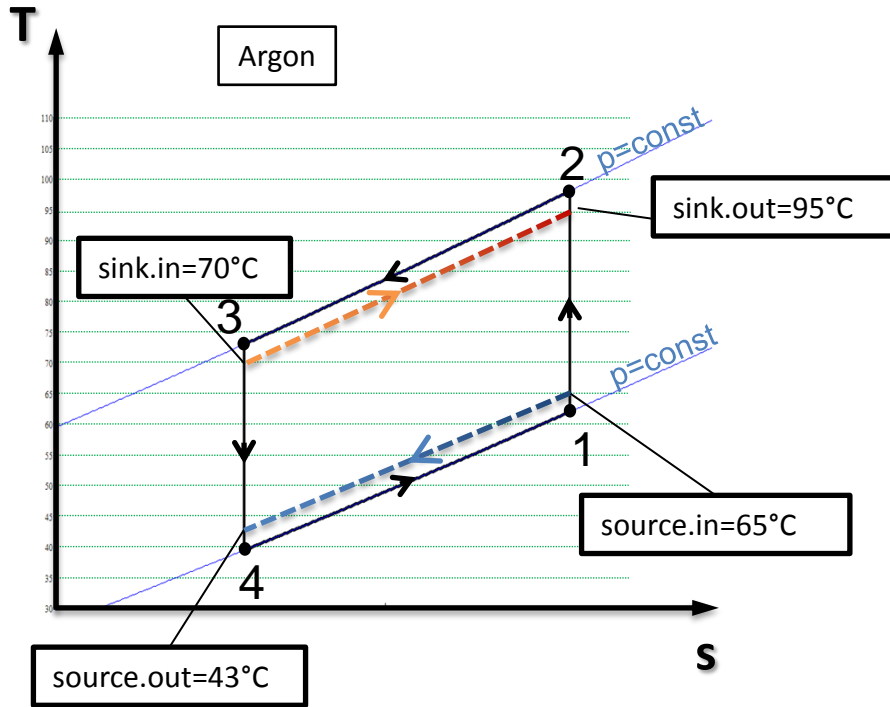
3,8% Exergieverluste von Q



$\Delta T_m = 8,4\text{K}$

17% Exergieverluste von Q

2. Prozess allgemein



schematischer Vergleich eines 1- und 2- Phasenprozesses

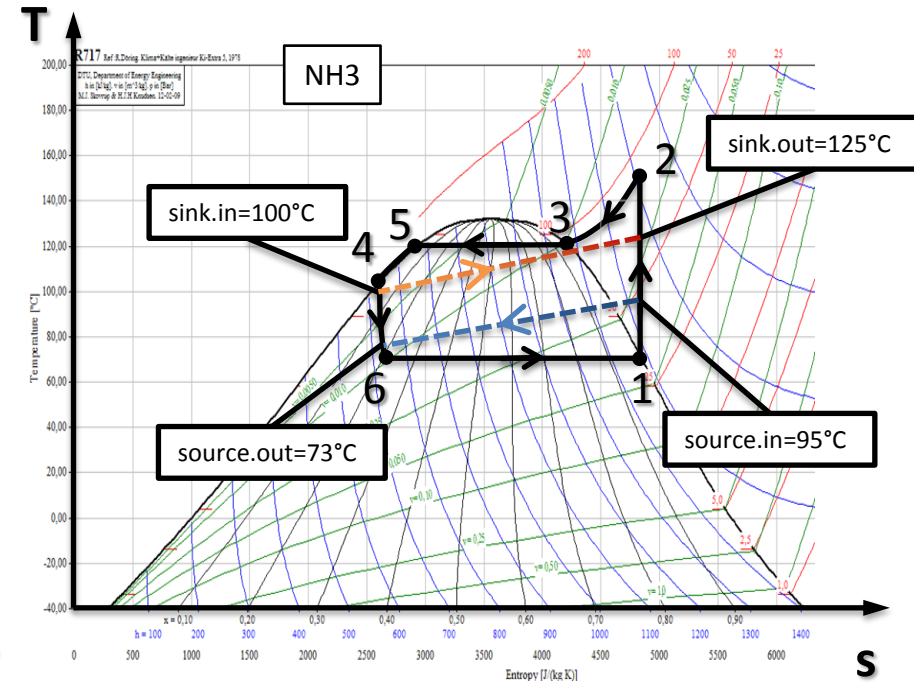
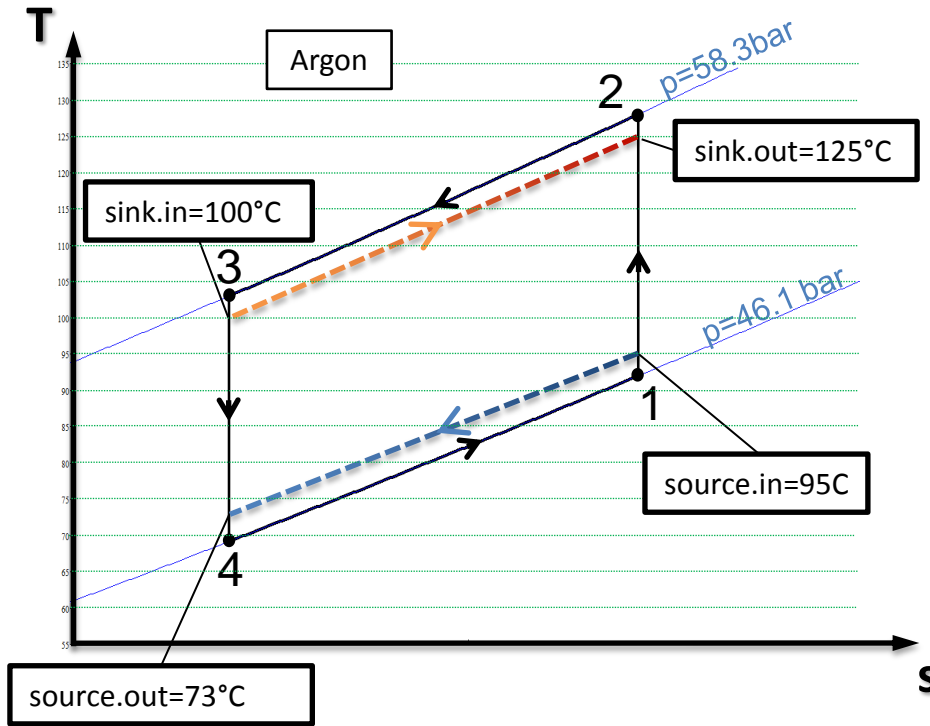
Beispiel 1

- Senke 70/95
- Quelle 65/43

$$\text{COP} = \frac{h_2 - h_3}{(h_2 - h_1) - (h_3 - h_4)} = 10.3$$

$$\text{COP} = \frac{h_2 - h_5}{(h_2 - h_1)} = 6.05$$

2. Prozess allgemein



schematischer Vergleich eines 1- und 2- Phasenprozesses

$$\text{COP} = \frac{h_2 - h_3}{(h_2 - h_1) - (h_3 - h_4)} = 11.24$$

Beispiel 2

- Senke 100/125
- Quelle 95/73

$$\text{COP} = \frac{h_2 - h_5}{(h_2 - h_1)} = 6.33$$

2. Prozess allgemein

Vergleich der Prozesse bei Temperaturverschiebung um 30K für 1MW gesamte Wärmeabgabe

2-phasen Prozess – NH3	Senke 70/95 Quelle 65/43	Senke 100/125 Quelle 95/73	Änderung %
\dot{m} in kg/s	0.90	1.13	25%
V.strom.ein.Verd in m ³ /s	0.07	0.04	42.5%
p.max in bar	54.4	92	69%
Q.WT.Überhitzer in kW	192	304	58.6%
Q.WT.Kondensator in kW	702	534	24%
Q.WT.Unterkühler in kW	106	162	53.4%
Π [-]	3.3	2.7	19.9%

Joule Prozess – Ar	Senke 70/95 Quelle 65/43	Senke 100/125 Quelle 95/73	Änderung %
\dot{m} in kg/s	71	71.74	1%
V.strom.ein.Verd in m ³ /s	1.16	1.18	1.2%
p.max in bar	54.4	59.1	9%
Q.WT in kW	1000	1000	0%
Π [-]	1.29	1.27	1.9%

2. Prozess allgemein

Warum wird der Joule Prozess bisher nicht eingesetzt?

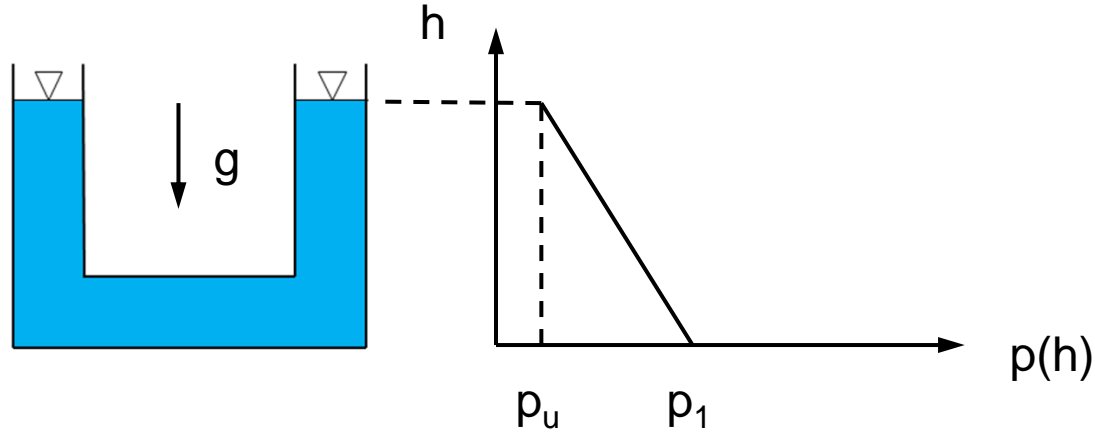
Verdichtung mit <u>100% Wirkungsgrad</u> @ 1MW Wärmeabgabe	Joule Prozess – Ar	2-phasen Prozess – NH3
P.Verdichtung in kW	1319	165
P.Entspannung in kW	1222	-
Nettoleistung	97	165
COP	10.3	6.1

Verdichtung mit <u>80% Wirkungsgrad</u> @ 1MW Wärmeabgabe	Joule Prozess – Ar	2-phasen Prozess – NH3
P.Verdichtung in kW	1649	207
P.Entspannung in kW	1222	-
Nettoleistung	427	207
COP	2.3	4.8

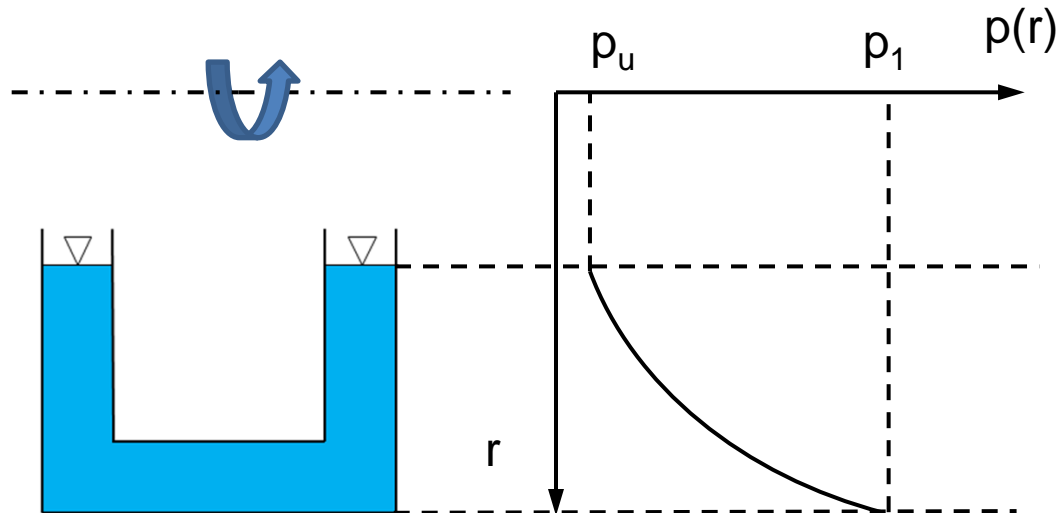
Auswirkung der Verluste bei vereinfachter Betrachtung

3. Umsetzung

Hydrostatischer Druckverlauf



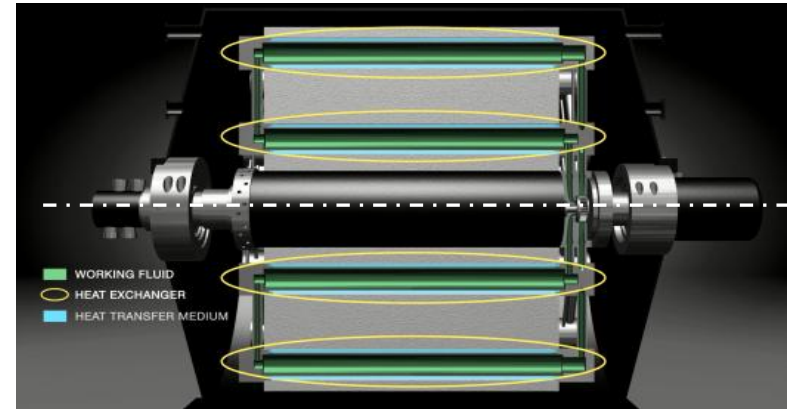
Druckverlauf im rotierendem System



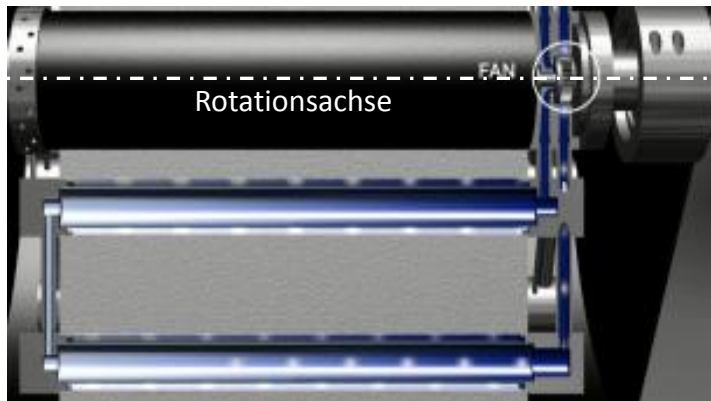
3. Umsetzung



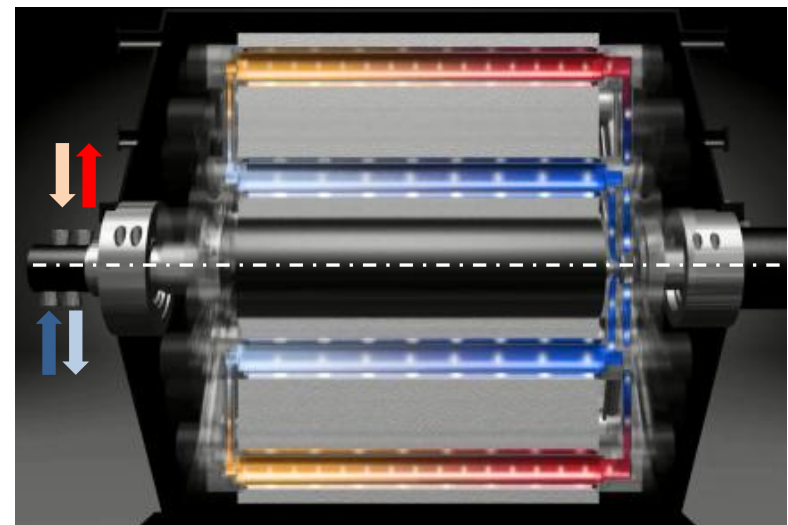
Wärmetauscher, paarweise angeordnet



Edelgasgemisch als Arbeitsmittel

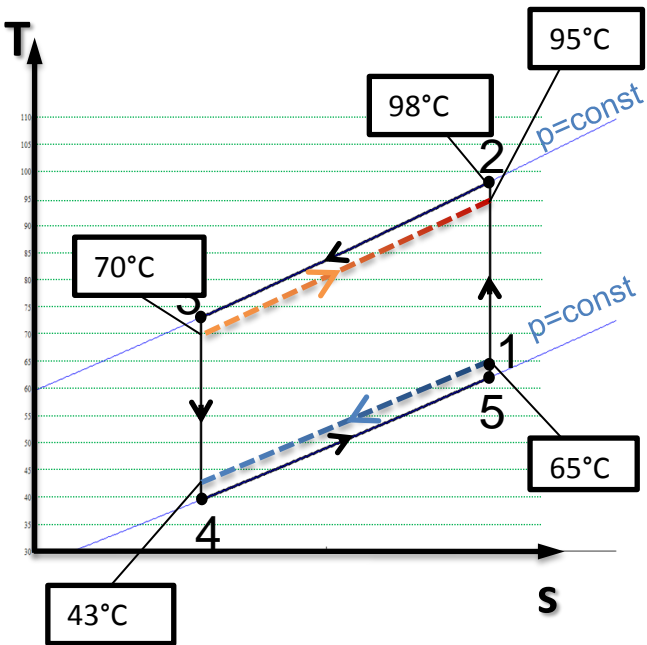


Ein Ventilator treibt den Kreislauf

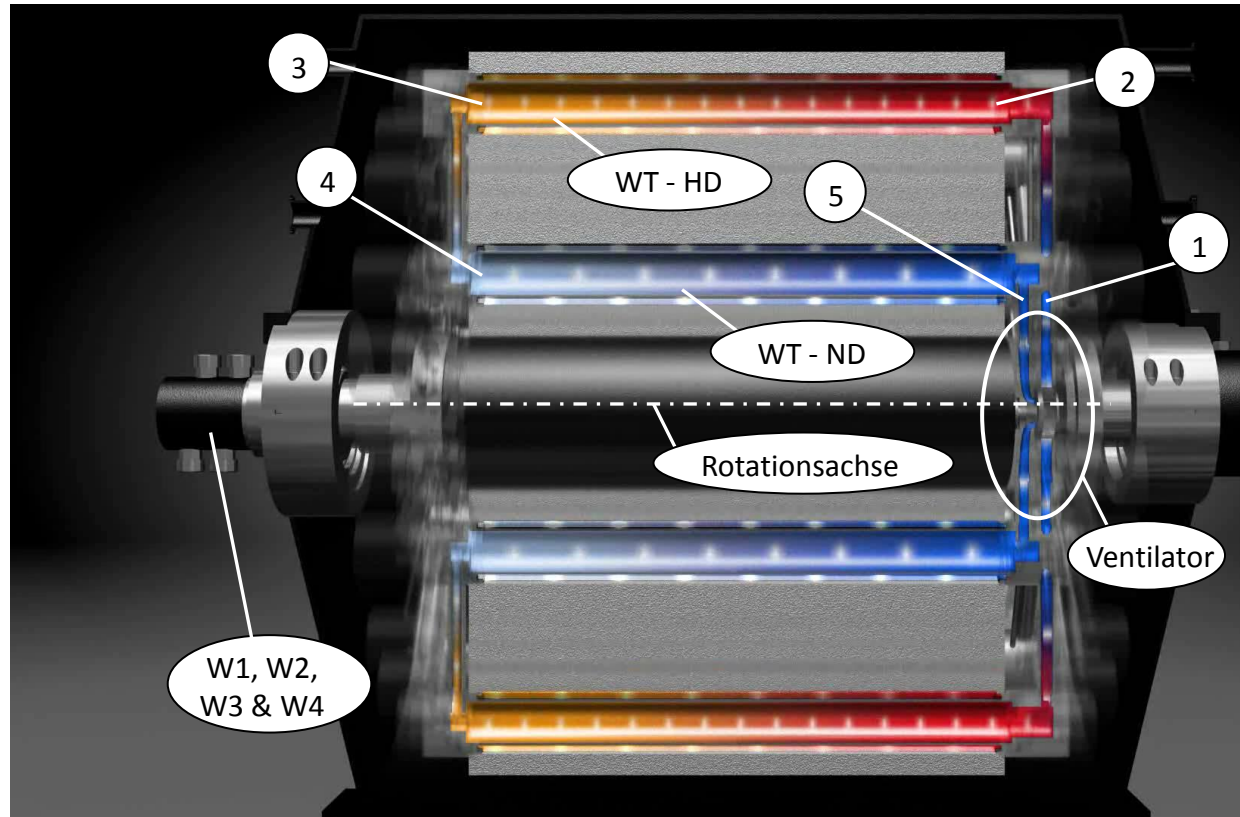


Bei Rotation wird thermische Energie von den inneren zu den äußeren Wärmetauschern „gepumpt“.

3. Umsetzung



- 1 – 2 isentrope Verdichtung
- 2 – 3 isobare Wärmeabfuhr (WT – HD)
- 3 – 4 isentrope Entspannung
- 4 – 5 isobare Wärmezufuhr (WT – ND)
- 5 – 1 isentrope Verdichtung (Ventilator)



3. Umsetzung

Umsetzung des Joule Prozesses mittels ECOP Technologie

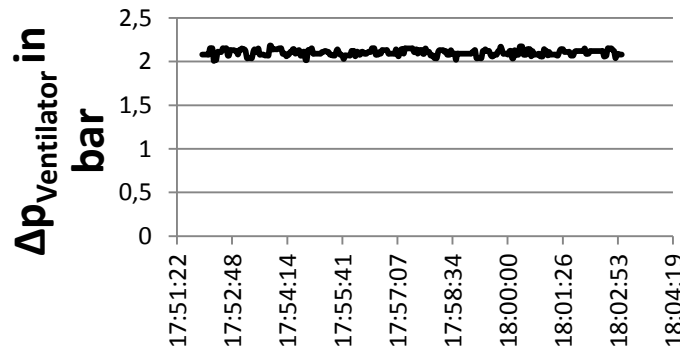
1MW Wärmeabgabe	ECOP Joule Prozess – Ar η .Verd. = 100% <u>η.Ventilator= 100%</u>	ECOP Joule Prozess – Ar η .Verd. = 100% <u>η.Ventilator= 80%</u>	2-phasen Prozess – NH3 η .Verd. = 80%
P.Verdichtung in kW	1222	1222	207
P.Entspannung in kW	1222	1222	-
P.Ventilator in kW	97	121.25	-
Nettoleistung in kW	97	121.25	207
COP	10.3	8.24	4.8

3. Umsetzung

Verdichtungseffizienzberechnung – Versuchsdaten

quasistationäre Messung über 11 min:

$$\Delta p_{\text{Ventilator}} = 2.10 \text{ bar}$$



Messwert: $\Delta p_{\text{Ventilator}} = 2,1 \text{ bar}$ (69. 4bar auf 71,5bar) $\rightarrow \Pi_{\text{Ventilator}} = 1.03$

Divergenz der Isobaren ($p_1 - p_5$) entspricht 0.805bar (dies sind keine Verluste!)

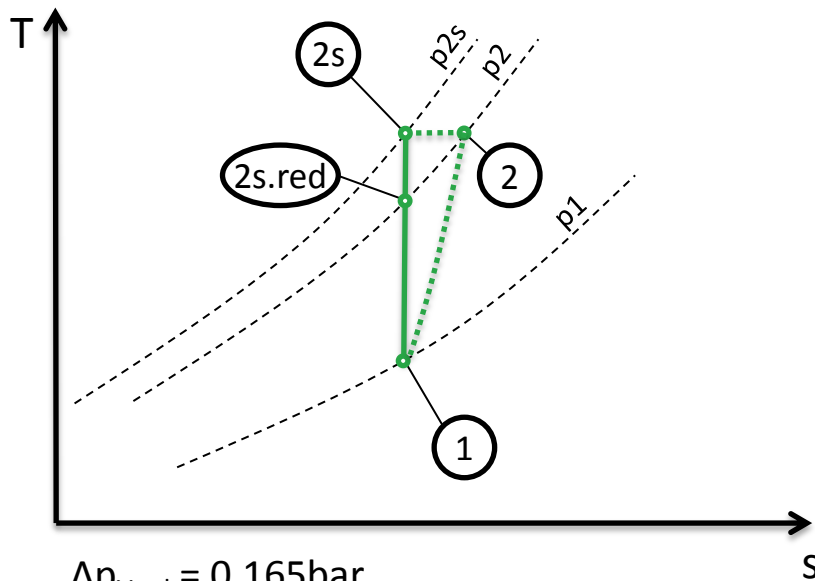
Von den übrigen 1.295bar fallen aufgrund von Simulationen 12,7%

auf die Verdichtung \rightarrow dies entspricht 0.165bar

Wie wirken sich nun diese 0.165bar auf den Wirkungsgrad der Verdichtung aus?

3. Umsetzung

Verdichtungseffizienzberechnung – Versuchsdaten



$\Delta p_{Verd} = 0.165\text{bar}$
 Druckabfall für die Verdichtung
 wegen $h=\text{konst.}$ und
 $h \sim T$ wird Δp bei $T=\text{konst.}$ aufgetragen

$$T_1 = 44.06^\circ\text{C} \quad T_{2s} = 72.29^\circ\text{C} \quad p_1 = 71.5\text{bar}$$

$$p_{2s} = p_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = 88.49\text{bar}$$

$$p_2 = p_{2s} - \Delta p_{Verd} = 88.321\text{bar} \quad \text{und} \quad T_2 = T_{2s}$$

$$T_{2s.red} = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 72.031^\circ\text{C}$$

$$w_{t12s.red} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$$

$$P_{12s.red} = \dot{m} \cdot w_{t12s.red} = 47.608\text{kW}$$

$$w_{t12s} = \frac{n}{n-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{p_{2s}}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$$

$$P_{12s} = \dot{m} \cdot w_{t12s} = 47.174\text{kW}$$

$$\eta_{isent\ rop} = \frac{w_{t12s.red}}{w_{t12s}} = 99.09\%$$

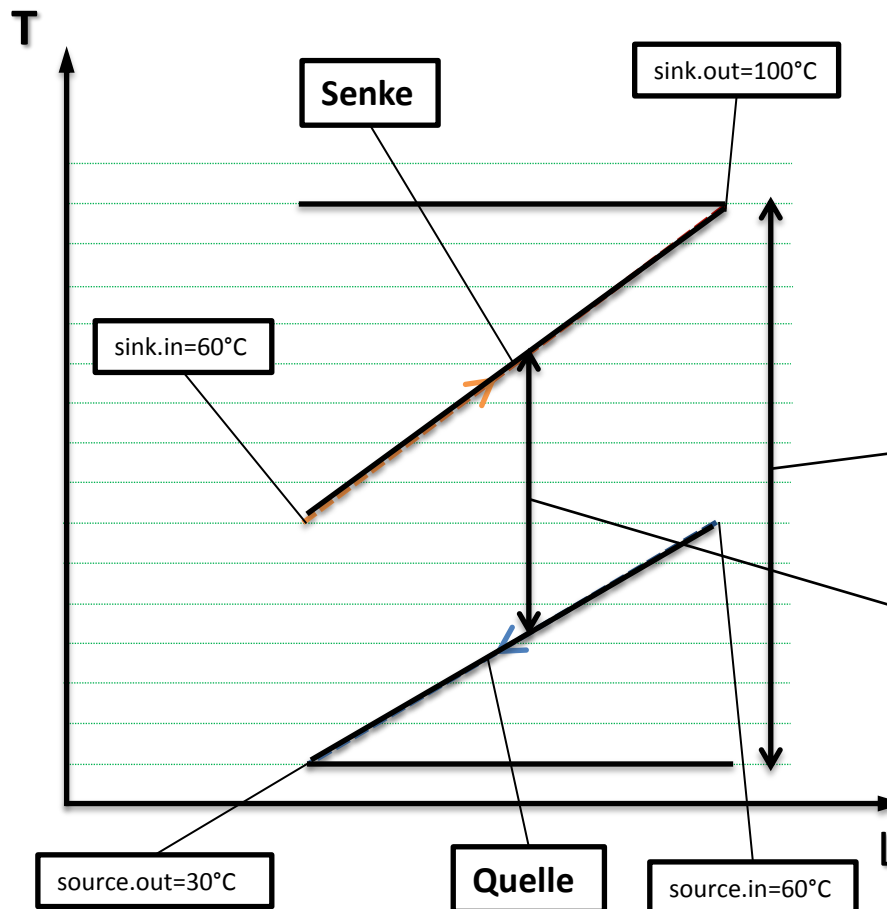
3. Umsetzung

Umsetzung des Joule Prozesses mittels ECOP Technologie

1MW Wärmeabgabe	ECOP Joule Prozess Ar $\eta_{\text{Ventilator}}=100\%$ $\eta_{\text{Hauptverdichtung}}=100\%$	ECOP Joule Prozess Ar $\eta_{\text{Ventilator}}=80\%$ $\eta_{\text{Hauptverdichtung}}=99\%$	2-phasen Prozess NH3 $\eta_{\text{Verdichtung}}=80\%$
P.Verdichtung in kW	1222	1234	207
P.Entspannung in kW	1222	1210	-
P.Ventilator in kW	97	152	-
Nettoleistung in kW	97	152	207
COP	10.3	6.6	4.8

3. Umsetzung

Überschlägige COP Berechnung und Vergleich



Allgemeine Berechnung COP

$$COP = \frac{\text{Absolute Temperatur}}{\text{thermodynamische mittlere Temperaturdifferenz}}$$

2-Phasenprozess:

$$COP_{phys.max.2-phasig} \approx \frac{373,15K}{70K} = 5,33$$

$$COP_{2-phasig.real} = COP_{phys.max.2-phasig} \cdot 0,45 \div 0,55 \approx 2,7$$

Jouleprozess (ECOP):

$$COP_{phys.max.Joule} \approx \frac{373,15K}{35K} = 10,66$$

$$COP_{ECOP.real} = COP_{phys.max.Joule} \cdot 0,5 \div 0,6 \approx 5,5$$

3. Umsetzung

Vorteile

- Hohe Temperaturen möglich (Anhebung bis +150°C)
- Flexible Temperaturbereiche mit *einer* Maschine (-20°C bis+150°C)
- Sommer- und Winterbetrieb möglich
- Umweltfreundliches (GWP = 0), nicht brennbares und nicht toxisches Arbeitsmittel => Sicherheitsbetrachtung & F-Gas
- Wartungsvorteil durch Rotationsprinzip (keine Hubkolben)
- Hoher Wirkungsgrad (1-phasiger Prozess, wenig Reibung)
- Besserer COP als konventionelle Wärmepumpen
- Hohe Rentabilität (verringerte Nebenkosten)
- ECOP Rotationswärmepumpe als Schwungradspeicher verwendbar

4. Produkt

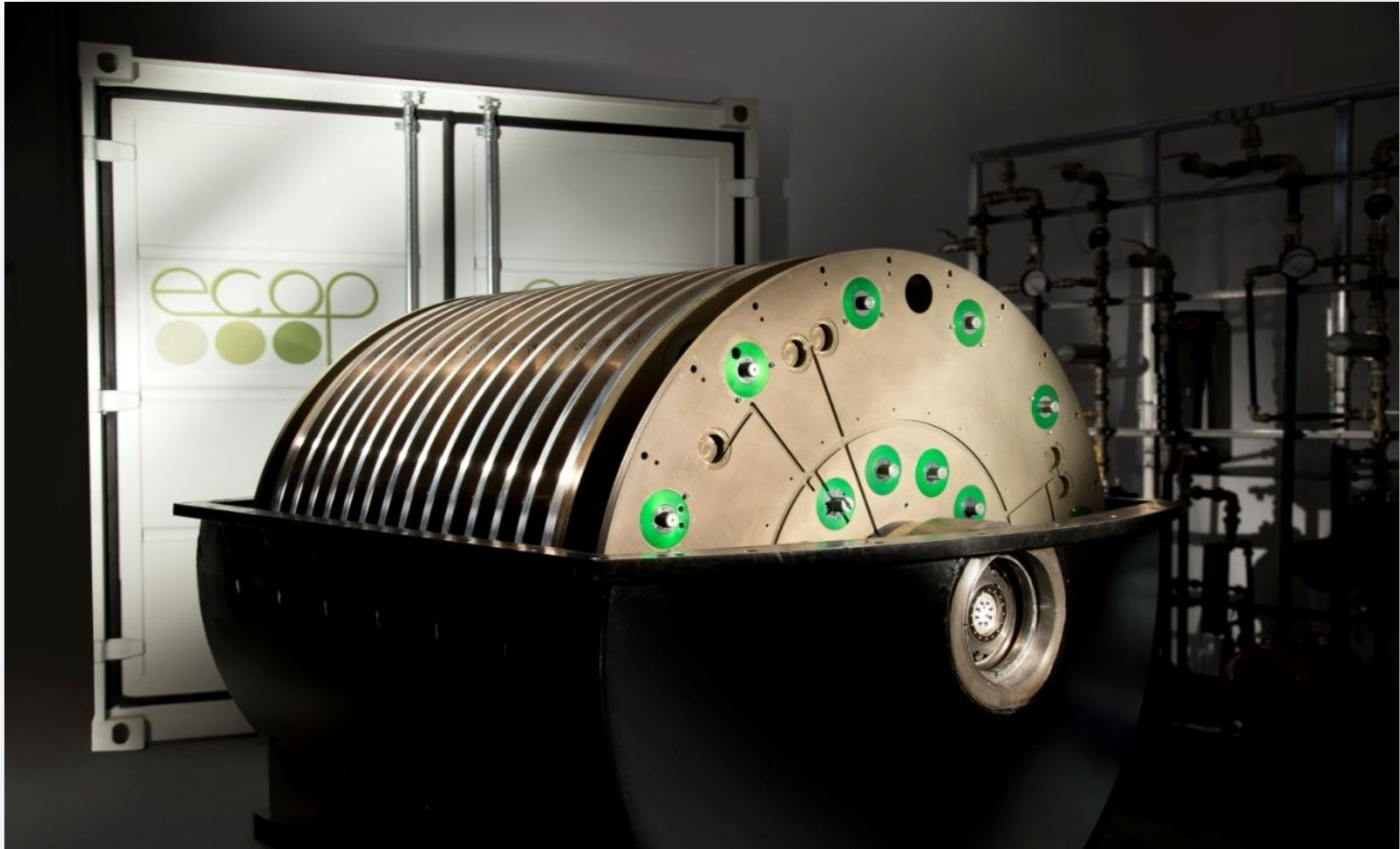


Bild der Rotationswärmepumpe - Testanlage

4. Produkt

ROTATION HEAT PUMP

OOOK7

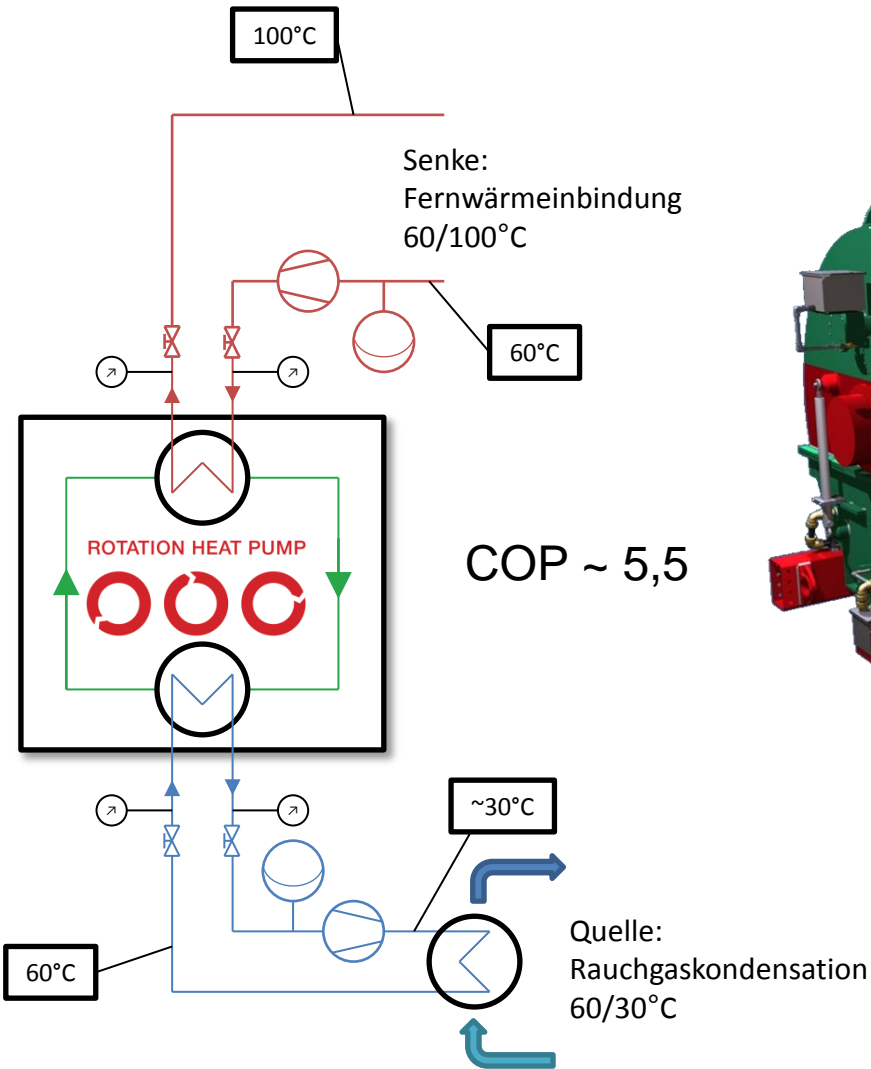


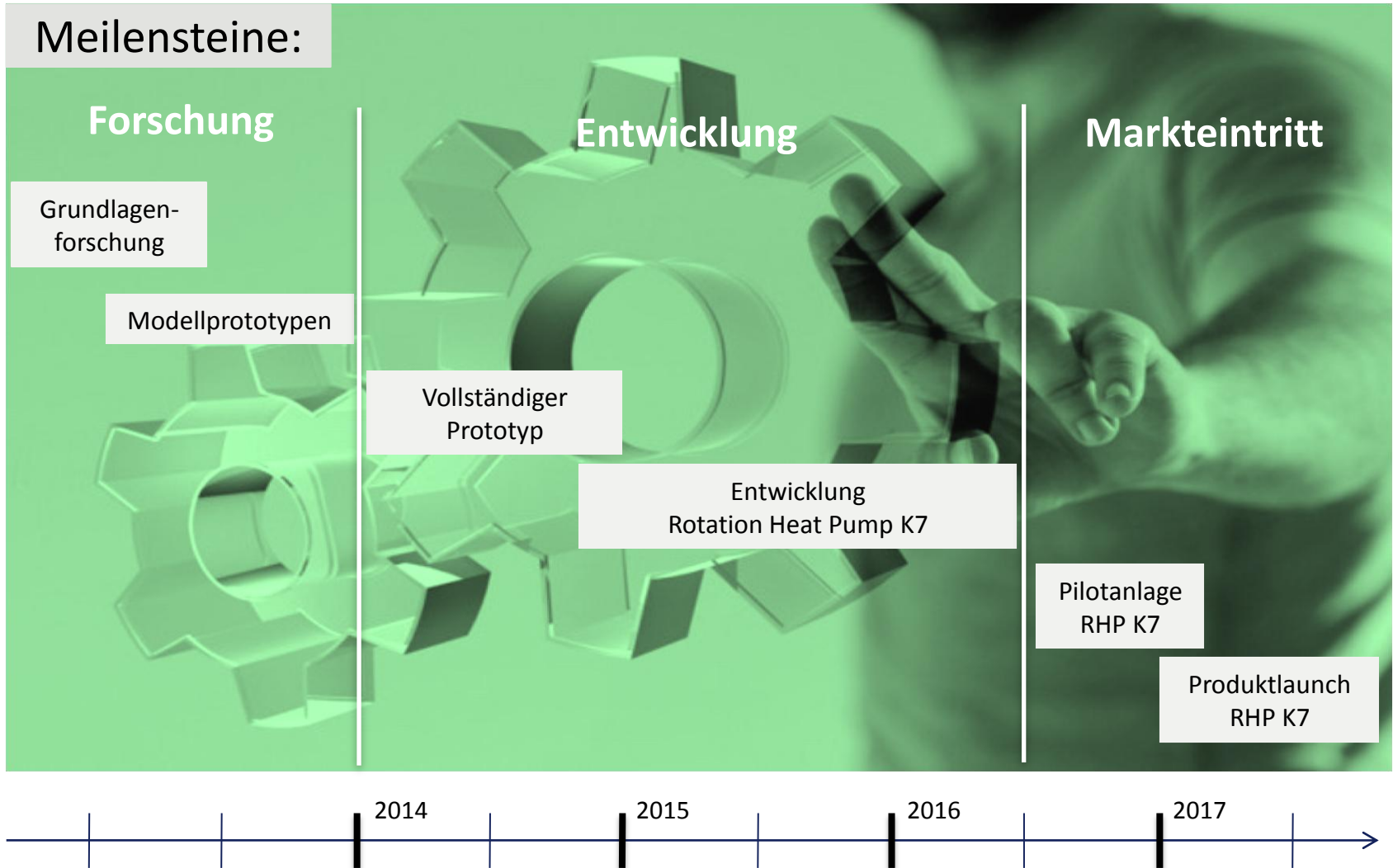
Bild der Rotation Heat Pump K7

5. Unternehmen

- Gründung 2007
- Geschäftsführer Bernhard Adler
- 8 Mitarbeiter
- Investoren: OÖ Hightechfonds, FSP Ventures & Business Angels
- Firmensitz Linz, Forschung und Entwicklung in Wien
- vielfach preisgekrönt (u.a. EDISON Preis, VIE Energy Globe)
- 4 international erteilte Patente



5. Unternehmen



Kontakt



Bernhard Adler, CEO

ECOP Technologies GmbH

Firmensitz: Hafenstraße 47-51, 4020 Linz

Betriebsstandort: Perfektastraße 73 Top A1, 1230 Wien

Office: +43-1-86 510 62

Mobile: +43-699-11 02 18 56

bernhard.adler@ecop.at

www.ecop.at

Gefördert durch:

