

Simulation towards demonstration: Digitaler Zwilling zur regelungstechnischen Optimierung einer Rotationswärmepumpe

ECOP

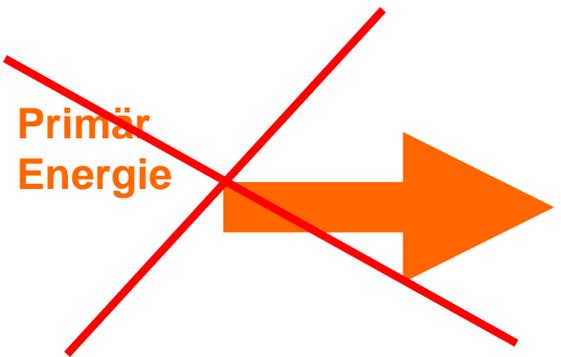
Highlights der Energieforschung
Andreas Längauer, Gerald Zotter
ecop Technologies GmbH, Gerald.zotter@ecop.at

Co-founded by



• Pasteurisieren/Sterilisieren	(70-120° C)
• Trocknungsprozess	(40-250° C)
• Galvanik	(20-100° C)
• Bleichen	(60-100° C)
• etc.

**Prozesswärme
Hochtemperatur**



Industrie



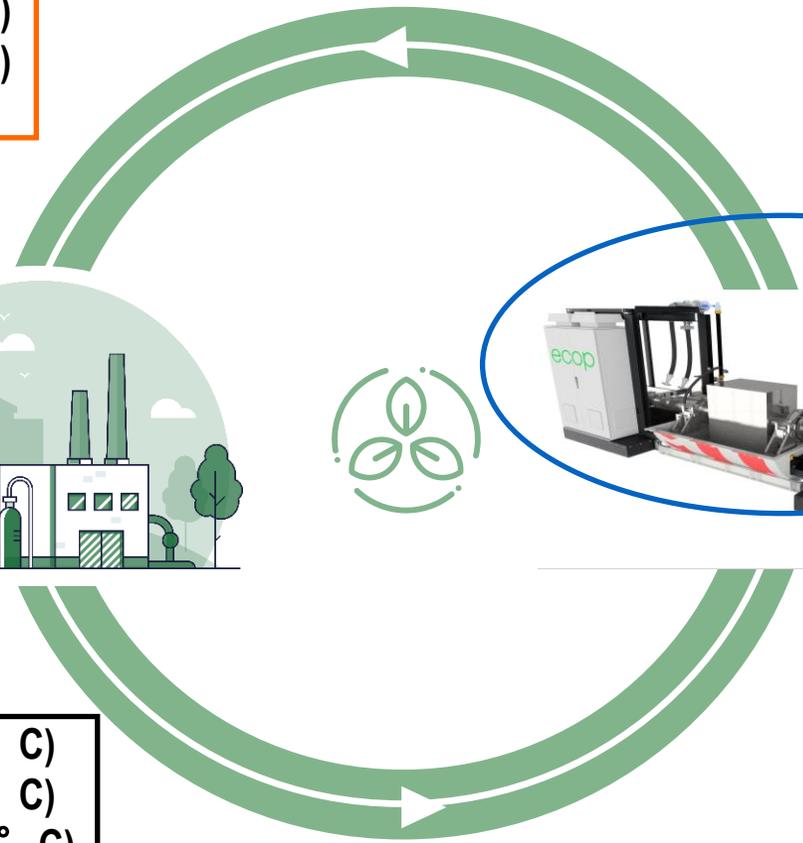
Effizienz

**Primär
Energie**

ECOP RWP

• Kältemaschinen	(20-50° C)
• Druckluftkompressoren	(30-70° C)
• Back- und Beschichtungsöfen	(20-100° C)
• Reinigungsabwässer	(20-60° C)
• etc.

Prozesswärme 200°C



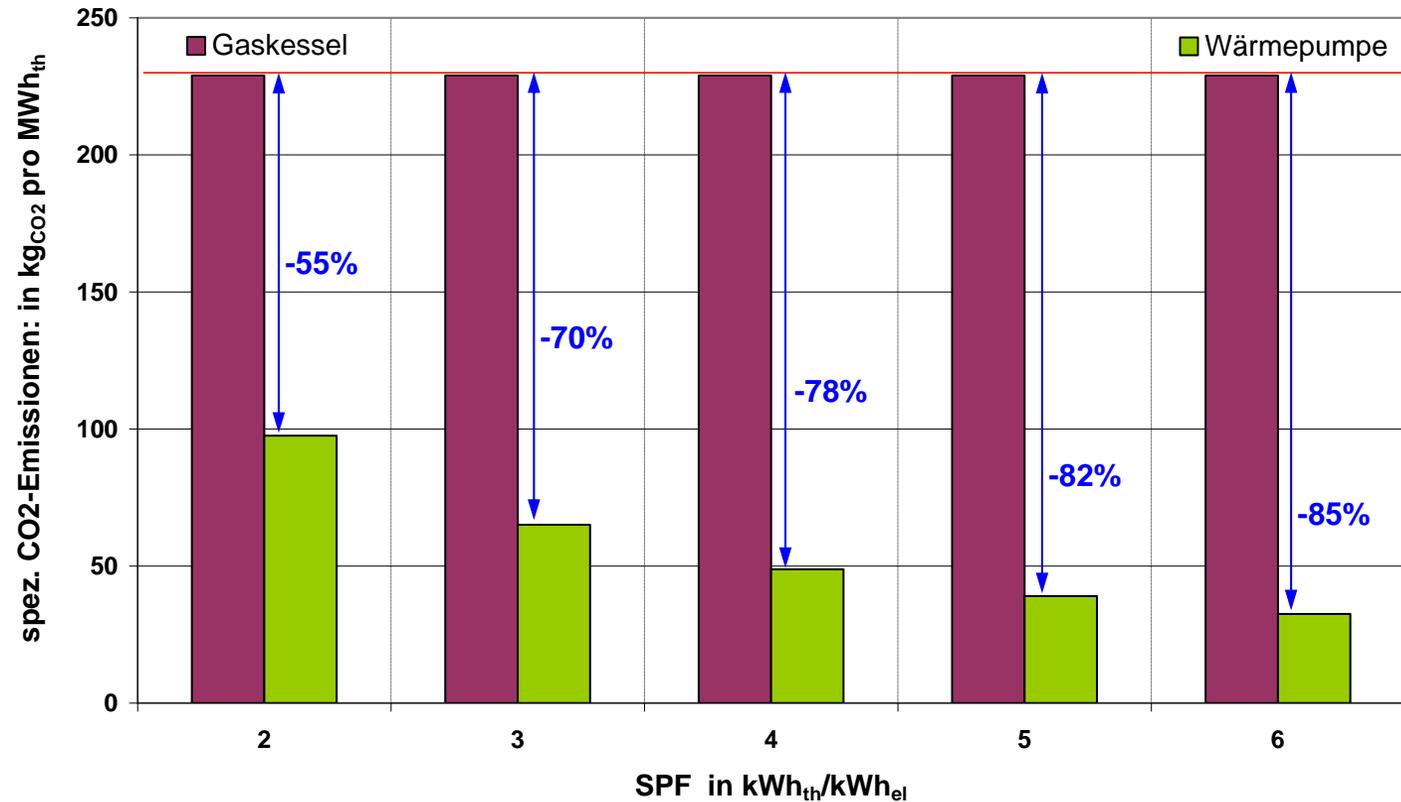
Abwärme



Ökologisches Potential der Abwärmenutzung mit Ind-WP

$$\text{SPF} = \frac{\text{Nutzwärme}}{\text{Antriebsenergie}}$$

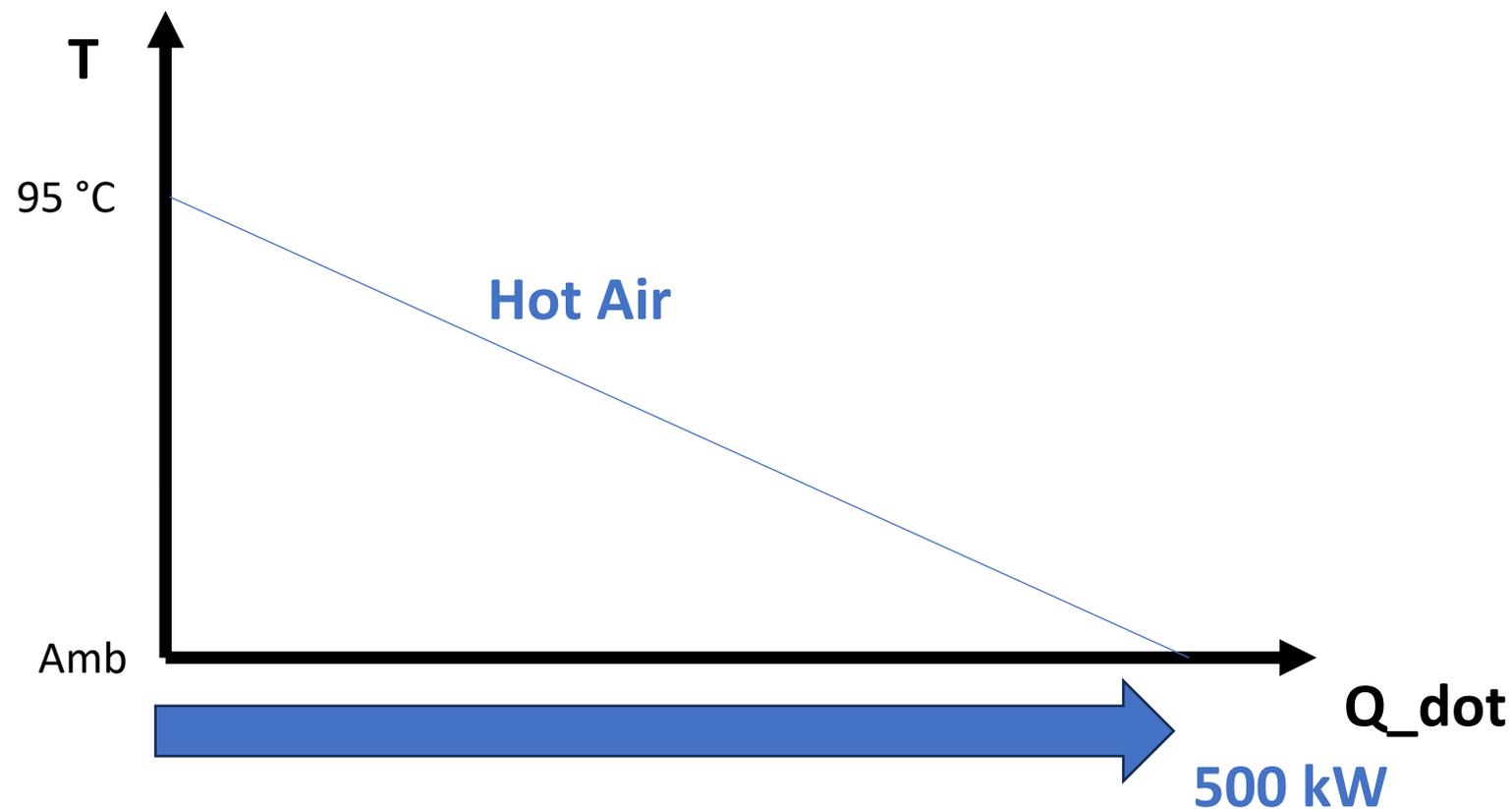
$200\text{g}_{\text{CO}_2}/\text{kWh}_{\text{el}}$ für Strommix



CO₂-Einsparungspotential bei der Wärmeversorgung mit elektrisch angetriebener Wärmepumpe vs. konventioneller Gasfeuerung in Abhängigkeit des SPF (Seasonal Performance Factor) (Zotter & Rieberer, 2013)

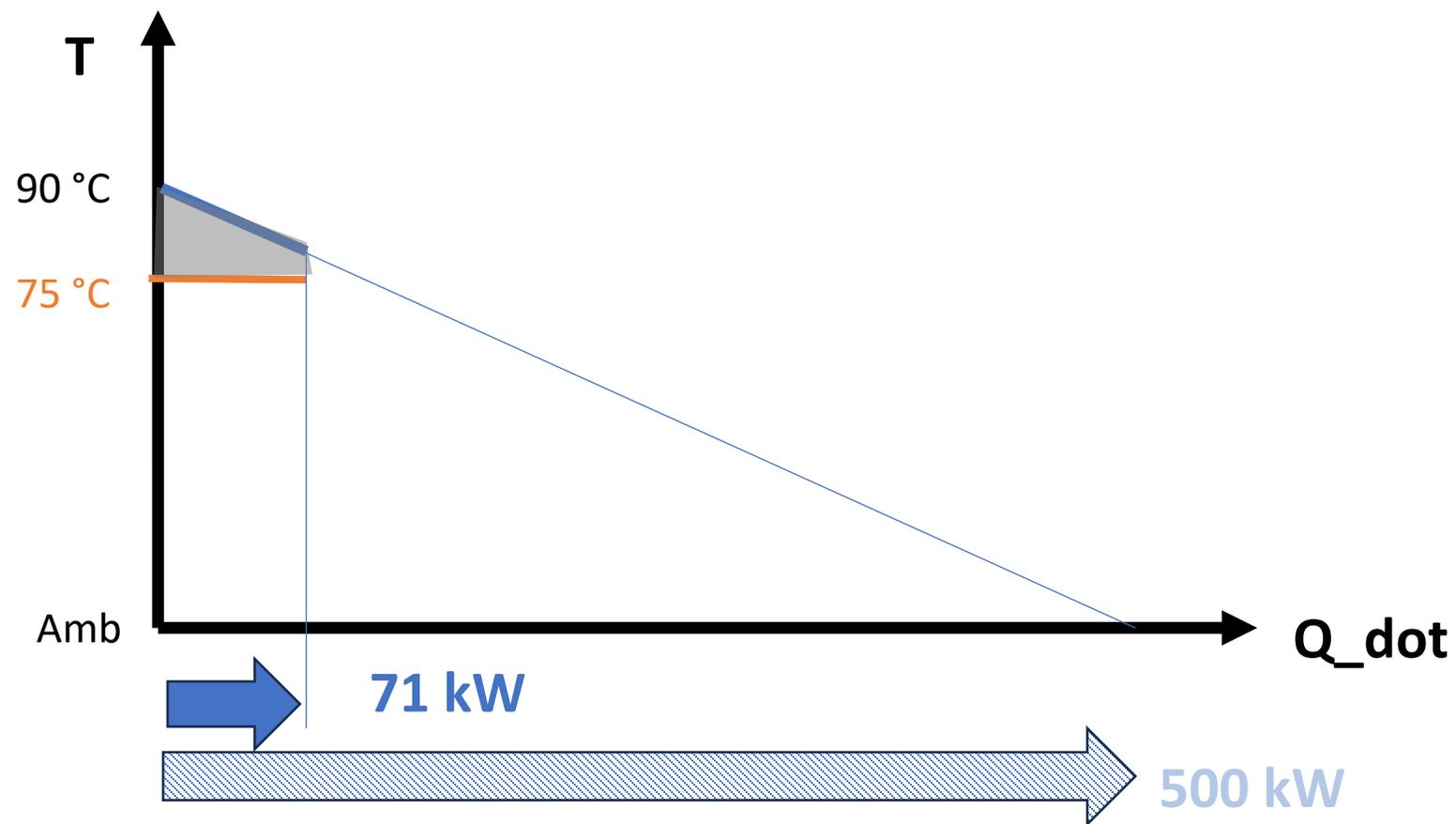
Endliche Wärmequelle

Industrielle Ab-
&
Fernwärme
haben einen
Temperaturgleit



Endliche Wärmequelle

Industrielle Ab-
&
Fernwärme
haben einen
Temperaturgleit

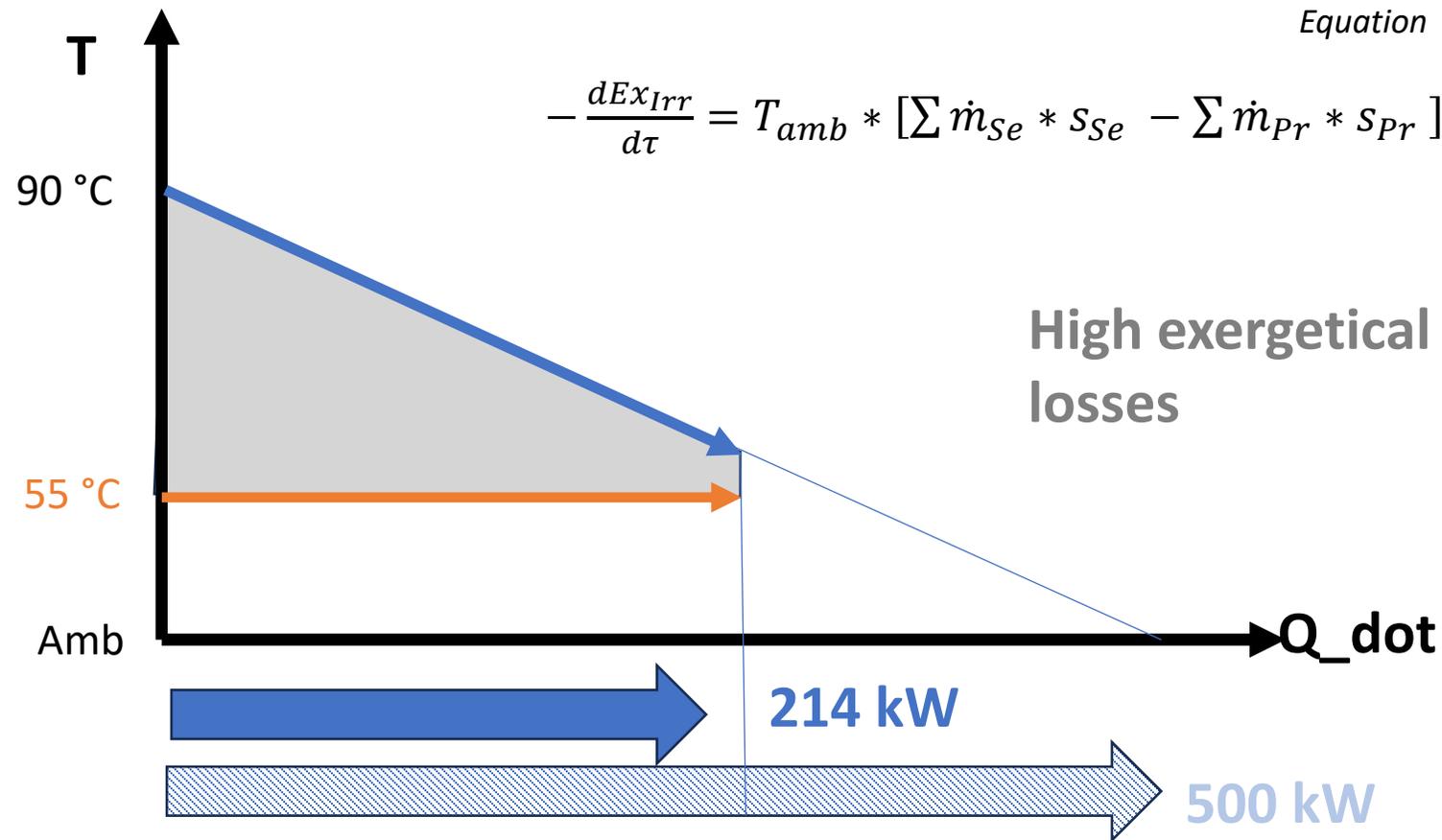


Endliche Wärmequelle

Industrielle Ab- & Fernwärme haben einen Temperaturgleit

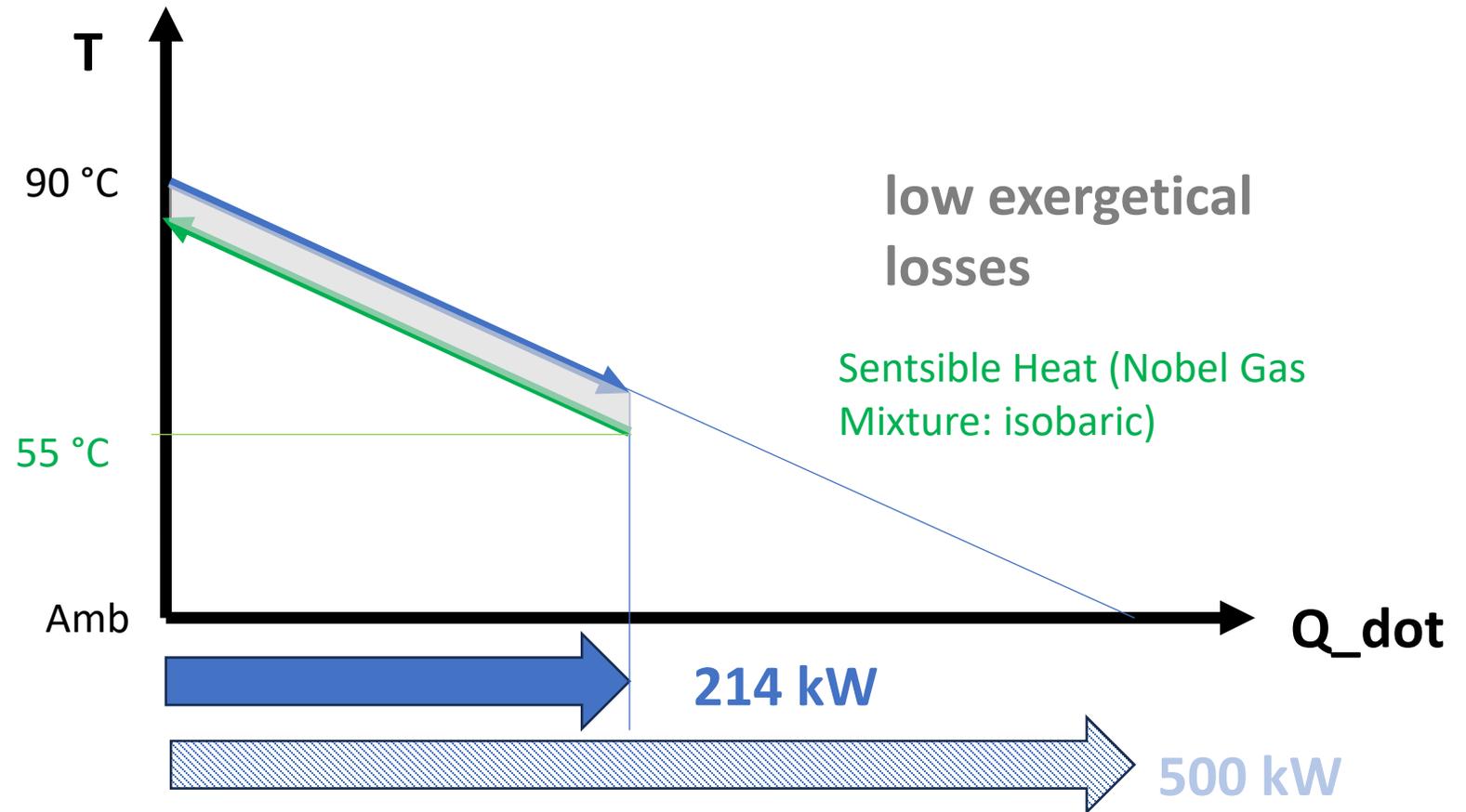
Gouy-Stodola-Equation

$$-\frac{dEx_{Irr}}{d\tau} = T_{amb} * [\sum \dot{m}_{Se} * s_{Se} - \sum \dot{m}_{Pr} * s_{Pr}]$$

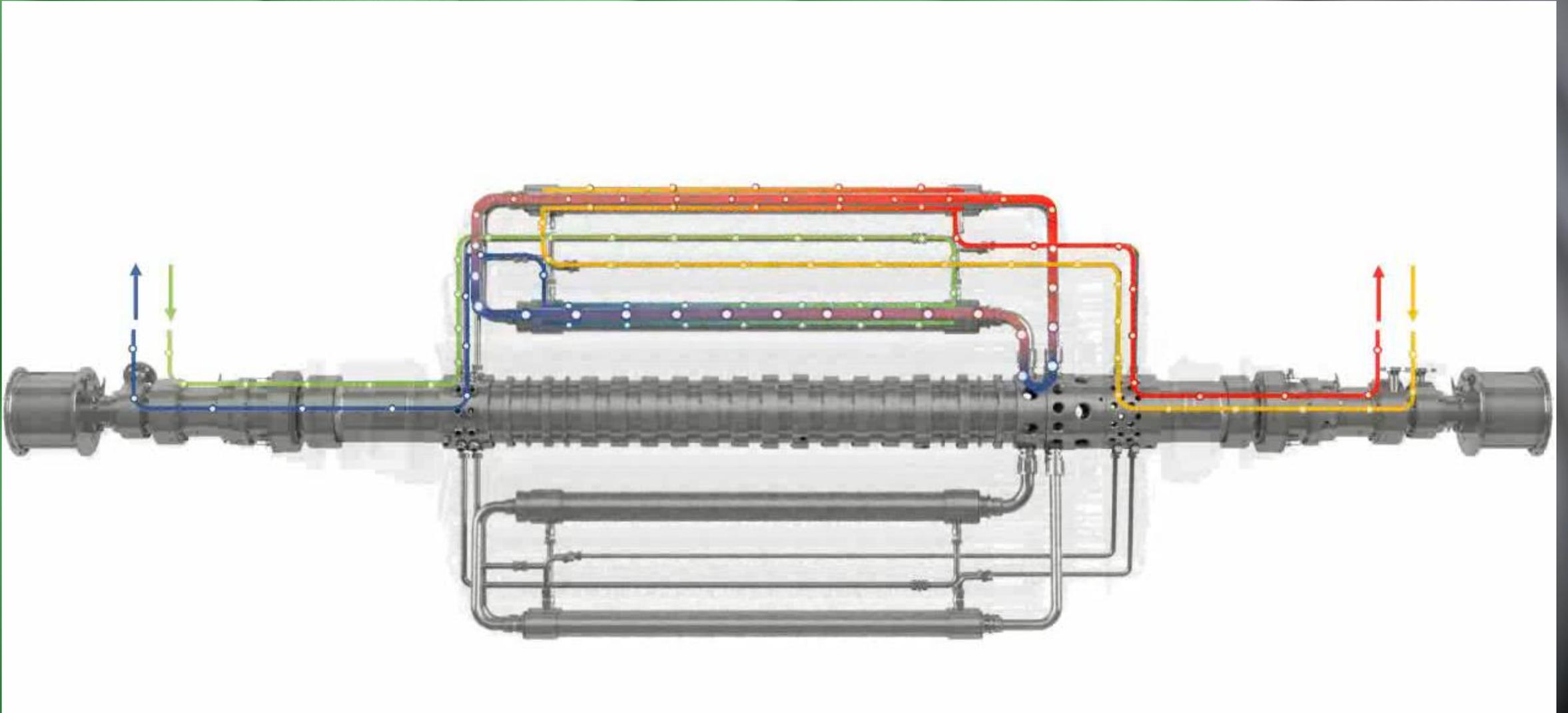


Limited Heat Sources

Industrielle Ab- & Fernwärme haben einen Temperaturgleit und **brauchen spezielle Wärmepumpen**



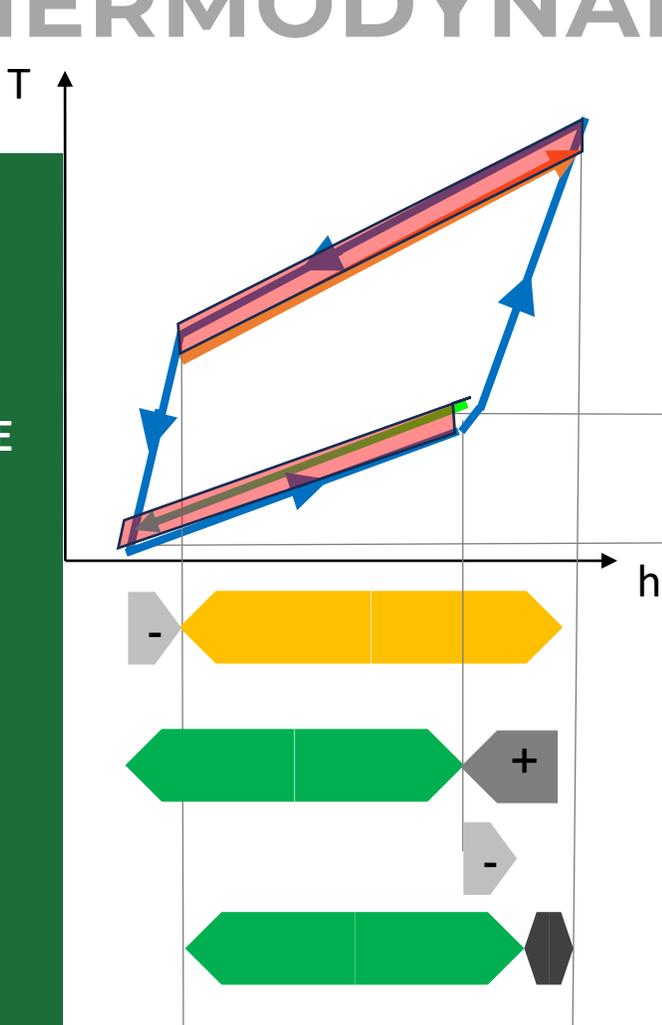
Funktion unserer patentierten Technologie:



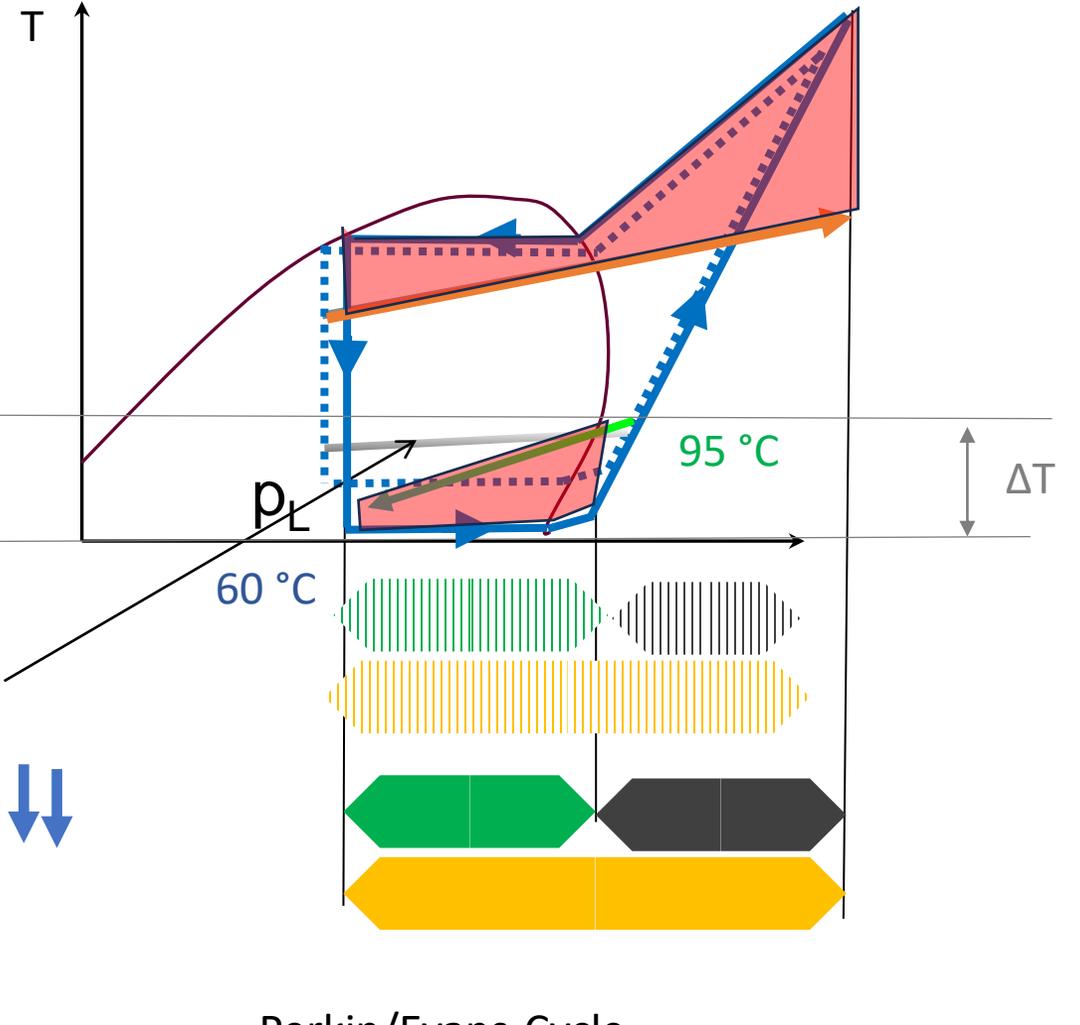
THERMODYNAMICS



 OPERATING TEMPERATURE
 Sehr gut für Abwärmee-nutzung
 &
 Fernwärmee-nutzung



Reverse supercritical Joule Cycle –RHP GEN2



Perkin/Evans-Cycle

source
 COP ↓↓

- Method
- RHP performance map and model validation
- Simulation results



SIMULATION TOWARDS DEMONSTRATION



A Digital-Twin for developing control concepts of an industrial-scale Rotation Heat Pump

Bernd Windholz, Andreas Sporr, Stephan Kling, Michael Lauermann

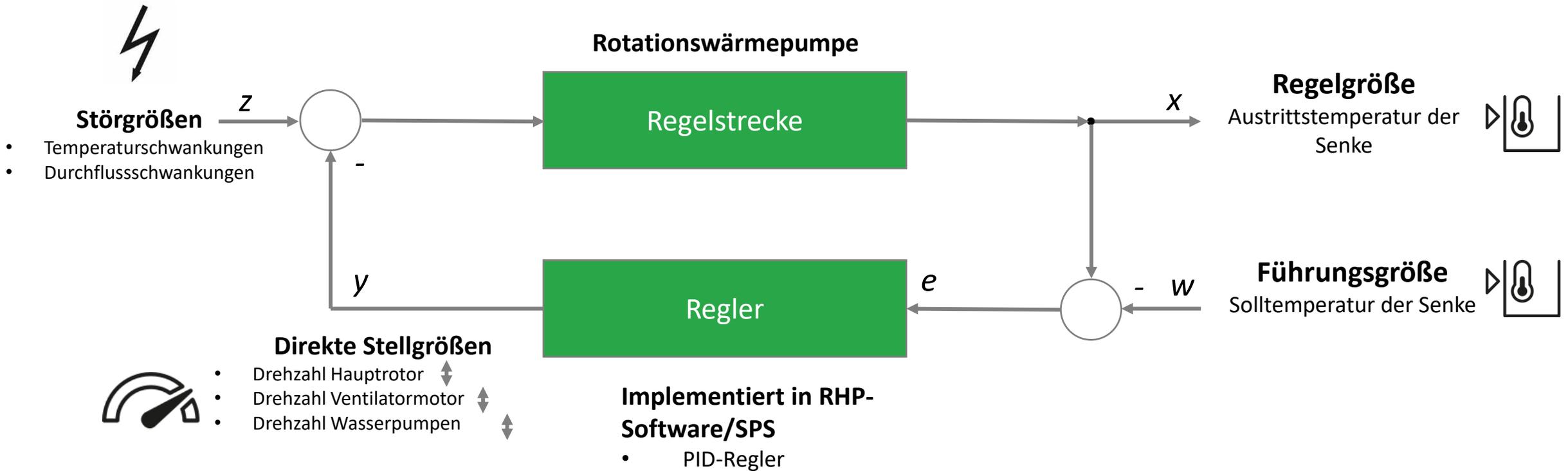
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Andreas Längauer, Bernhard Adler

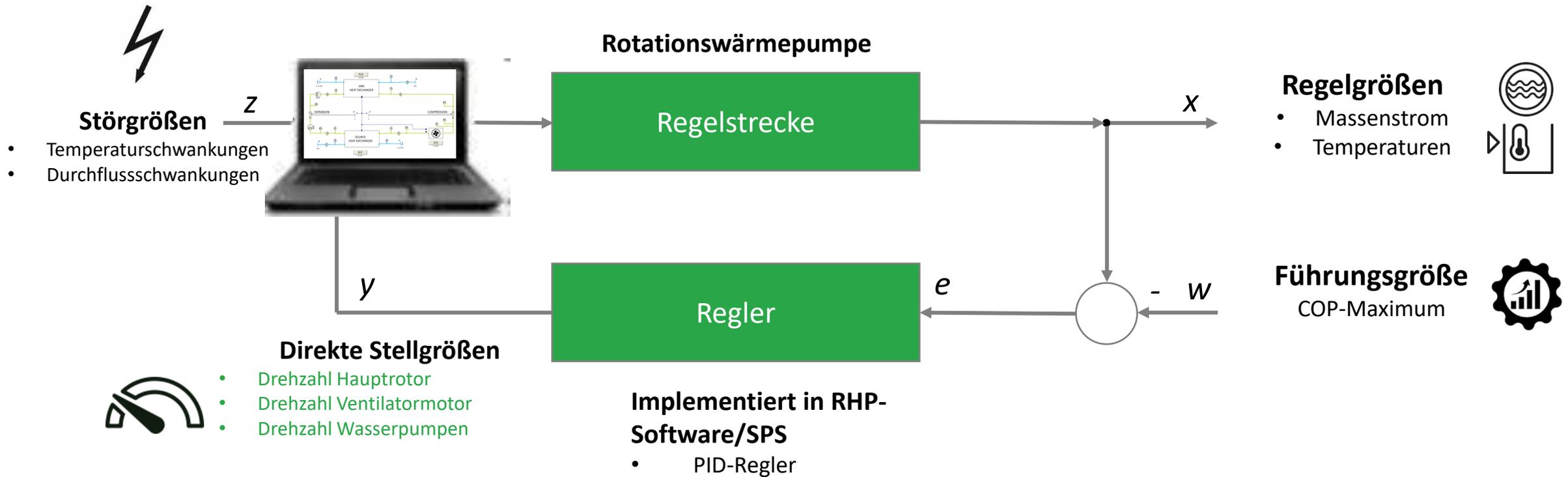
ecop Technologies GmbH



Nutzungstemperatur

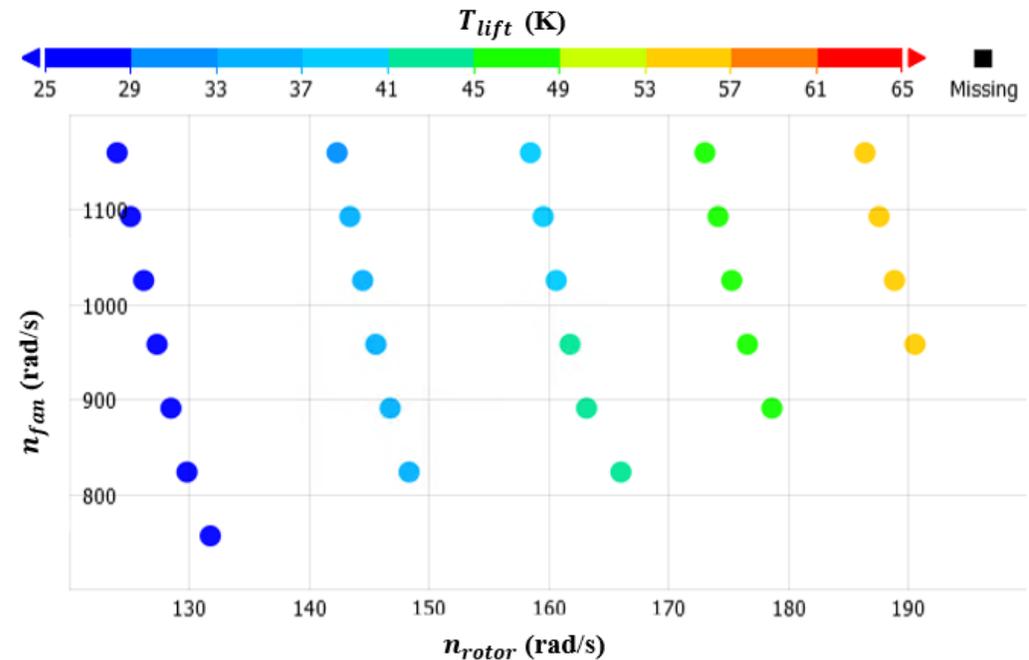
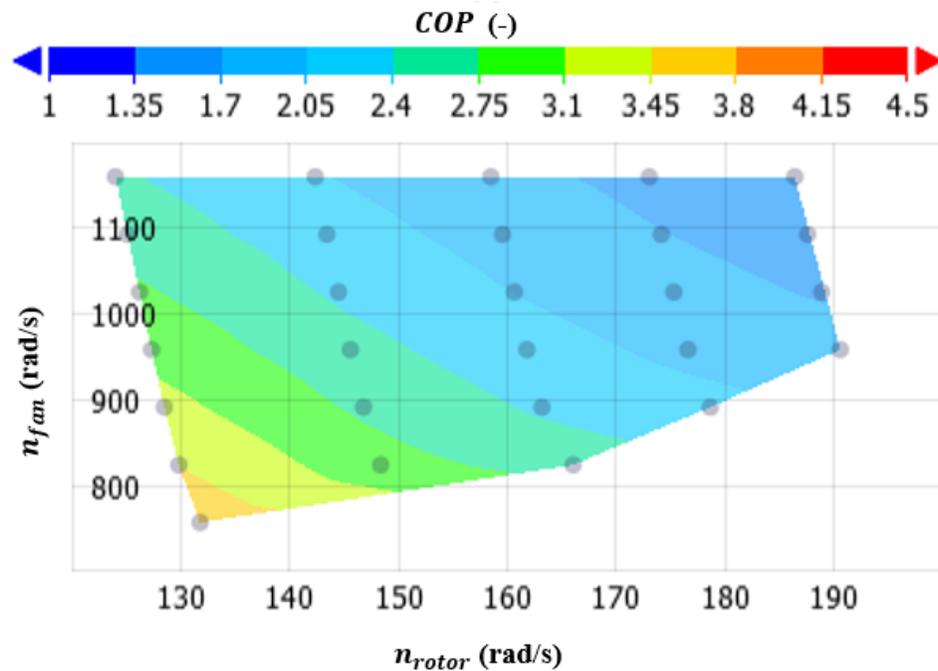


COP



Simulation results

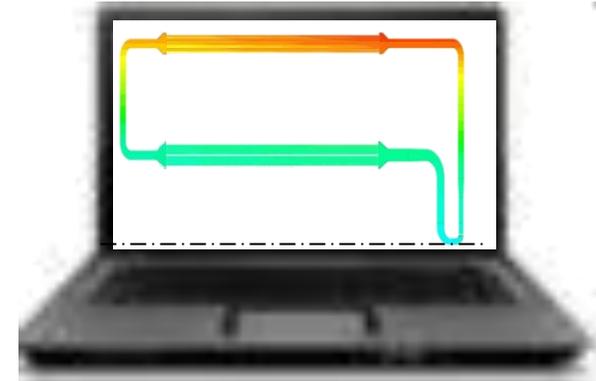
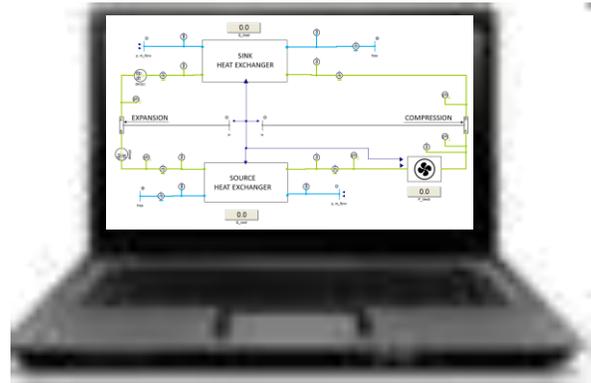
Influence of lift on COP (low capacity)



357 kW heating capacity
150/135 ° C sink temperatures



CAE – Heat pumps Cycles



Refrigerant engineering

1D-tools

3D-tools

Computational timing



Entwicklung der Regelung

CFD-Simulationen,
Komponentenkennlinien
(Wärmeübertrager, Ventilator, Motoren,
Lager, Dichtungen,...)

Metamodelle

Dynamische
Simulationsumgebung

Digital Twin - Gesamtsystem

Regler

Implementierung in reale Anlage

CIL-Controller in the Loop Test

Entwicklung von Regelstrategien

Control concepts

PI controller	ESC	Model-based look-up table	MPC
+ Proven technology	+ Optimal COPs possible	+ Optimal COPs possible	+ Optimal COPs possible
+ Reach a wide range of operation	+ Adapts to unknown system model	+ High variety of operation points	+ Any operation point within validity range can be covered
+ Easy to implement	~ Range of operation has to be defined experimentally	+ Low complexity during operation	+ Predictions allow faster response to changes
~ Must be adjusted precisely	~ Thermal inertia of the system can reduce impact based on the controller oscillation principle	~ Moderate development effort	- Models should represent reality very accurate (very high modelling effort)
- Negatively influencing each other (rotor / fan)	- Slow optimization process	~ Transitions between loads must be smoothed	- Very high development effort
- Does not necessarily reach an optimal operating point	- Local minima operation possible	- Models must represent reality very accurate (high modelling effort)	- Undetected disturbances can destabilize the system
- Undesired operating points can also be reached	- Definition/keeping of boundary conditions	- Deviations to reality must be additionally considered (stability)	



ENERGIE SERVICES



BAUBRANCHE



PAPIER & TEXTIL



LEBENSMITTEL & GETRÄNKE



CHEMIKALIEN



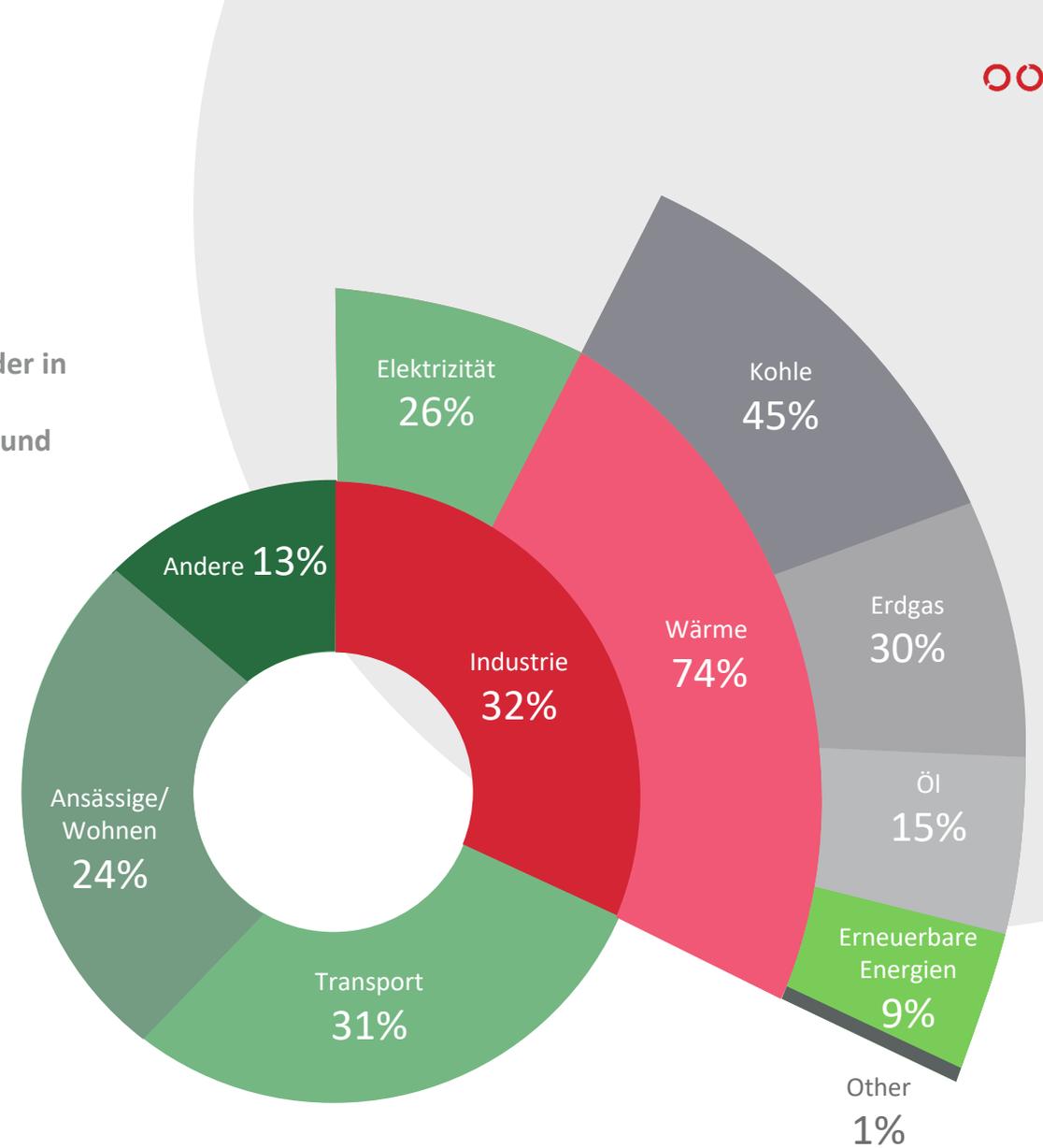
METALL

DAS PROBLEM

DIE GLOBALE WÄRMEVERSORGUNG BASIERT AKTUELL AUF FOSSILEN BRENNSTOFFEN

Schätzungsweise 30-40 % der in der Industrie benötigten Wärme liegt zwischen 100 und 200 °C.

Nachhaltige Prozesswärmeversorgung ist ein Schlüsselfaktor um die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen (z.B. russisches Gas) zu stärken und die Klimaziele zu erreichen



Zusammenfassung

- Prozesswärme mittels Wärmepumpen anstatt Gas zu versorgen
- Abwärmeströme sollen nicht mehr ungenutzt bleiben
- Für sehr hohe Vorlauftemperaturen könnte Fernwärme die Wärmequelle sein
- Die Industrie ist ein interessanter Abnehmer für die Fernwärme
- Arbeitsmedien müssen auch ökologisch und ungefährlich sein
- ECOP's Rotations-Wärmepumpe passt ideal für diese Anwendung



CONTACT US

WORK WITH US ON THE GREEN TRANSFORMATION



Lastenstraße 15
4531 Neuhofen an der Krems

Fabian Sacharowitz, CEO
+49 171 6901697
fabian.sacharowitz@ecop.at

Gerald Zotter, HPM
+43 650 891 891 5
gerald.zotter@ecop.at