

Dialogplattform Power to Heat  
5. und 6. Mai 2015, Goslar

***Erfahrungen mit  
bedarfsgerechter Strom- und  
Wärmeerzeugung***

Dr.-Ing. Werner Siemers  
Energiesystemanalyse

- Einführung
- Gibt es eine KWK-Zukunft?
- Versuche und ausgewählte Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

- Power to Heat versucht, Stromüberschüsse in nutzbare Wärme zu verwandeln.
- Dies wird notwendig werden, wenn viel Überschuss an Strom vorhanden ist.
- Welche Möglichkeiten bestehen schon jetzt, das Verhältnis von Strom zu Wärme zu beeinflussen?
  - KWK und KWKK
  - Bedarfsgerechte KWK/KWKK
  - Speicherung thermischer Erzeugung bei stromgeführter Fahrweise
  - Heat to power
  - Und anderes??

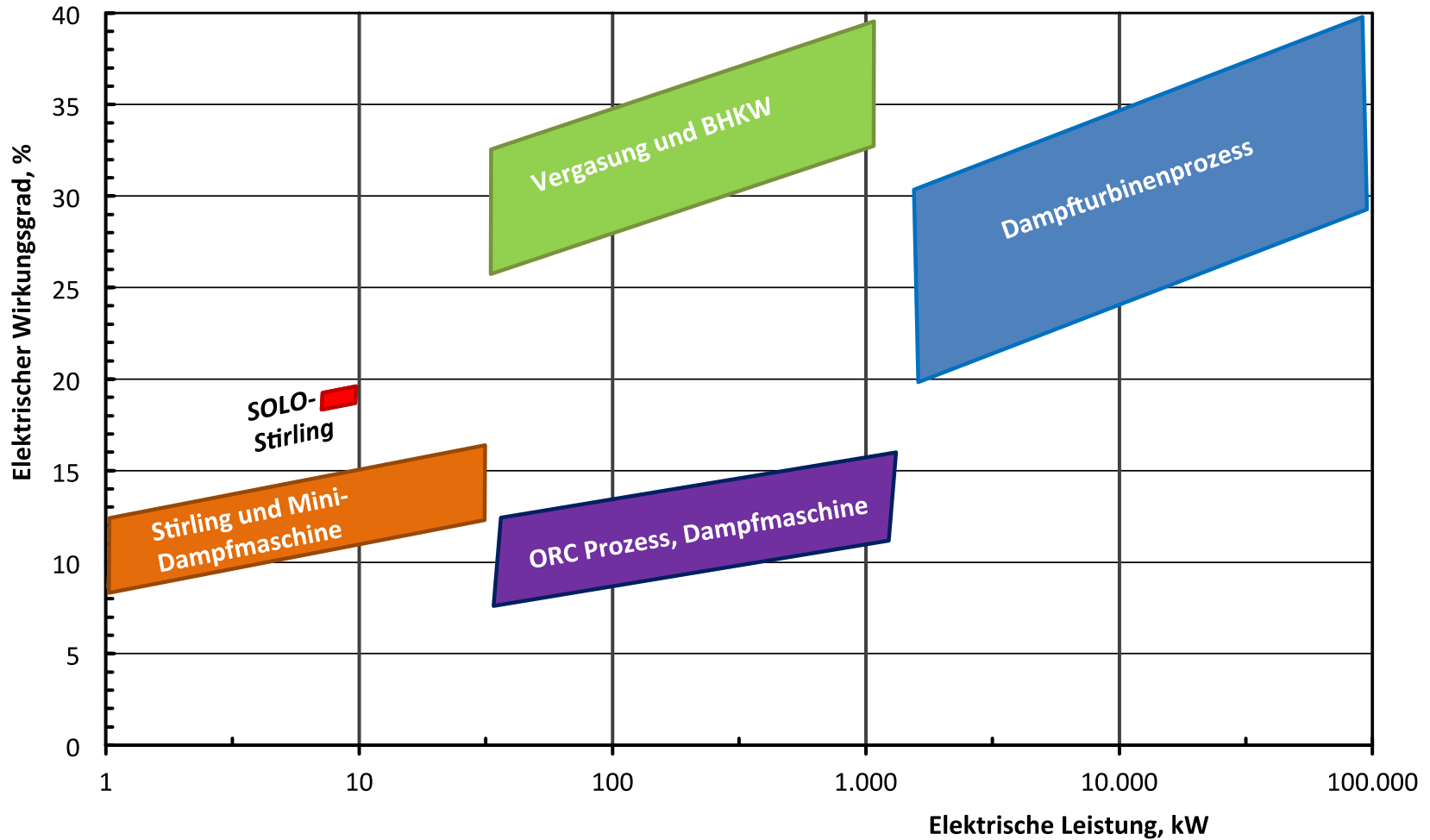
## *Möglichkeiten*

- Übergang von einer fossilen in eine postfossile Energieversorgung
  - Beibehaltung eines hohen Wirkungsgrades der gekoppelten Erzeugung
- Nutzung bestehender Infrastrukturen, z.B. Fernwärmenetze durch Ersatz der Primärenergieträger (Biomethan, Wasserstoff)
  - Vermeidung von Investitionsruinen
- Umkehrung des Versorgungsprinzips
  - Erzeugung dezentral im ländlichen Raum
  - Verbrauch zentral in Ballungsgebieten
  - Beibehaltung der Versorgungsinfrastruktur, nicht nur des Elektrizitätsnetzes

## *Möglichkeiten*

- Weiter KWK im 100% EE Szenario
  - Biomethan
  - Verstromung
  - Rückverstromung
  - Dezentrale KWK-Nutzung mit hohen Gesamtwirkungsgraden
- KWK macht nur Sinn bei stofflichen Einsatz
  - Biomasse
  - Biomethan
  - Wasserstoff
- KWK ist notwendig im Übergang zum regenerativen strombasierten Gesamtsystem

### Technologien für Feste Biomasse



## *Übersicht*

- KWK im Rahmen Energiepark Clausthal
- Wirtschaftliche Aussagen
- KWKK im Energiepark Clausthal
- Heat to power
- Power, heat and fuel

## Untersuchte Aggregate

- Capstone Mikrogasturbine, 30 kW<sub>e</sub>
- Ecopower BHKW, 4,25 kW<sub>e</sub>
- SOLO Stirling, 9 kW<sub>e</sub>





## *Untersuchte Aggregate*

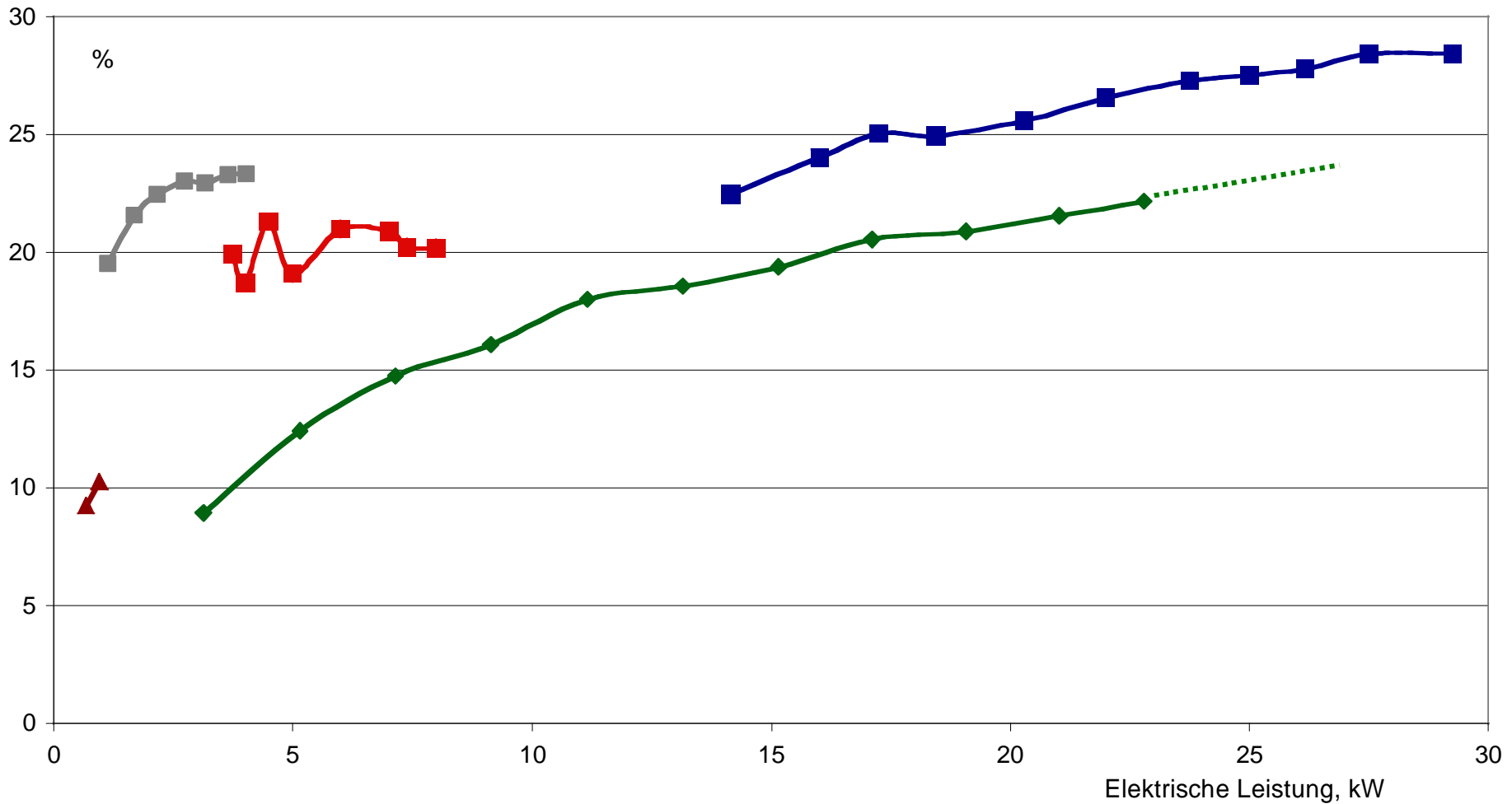
- Whispergen Stirling, 1,2 kW<sub>e</sub>
- Erdgas BHKW  
Senertec, 30 kW<sub>e</sub>

Informationen  
Ressourcen  
Energie

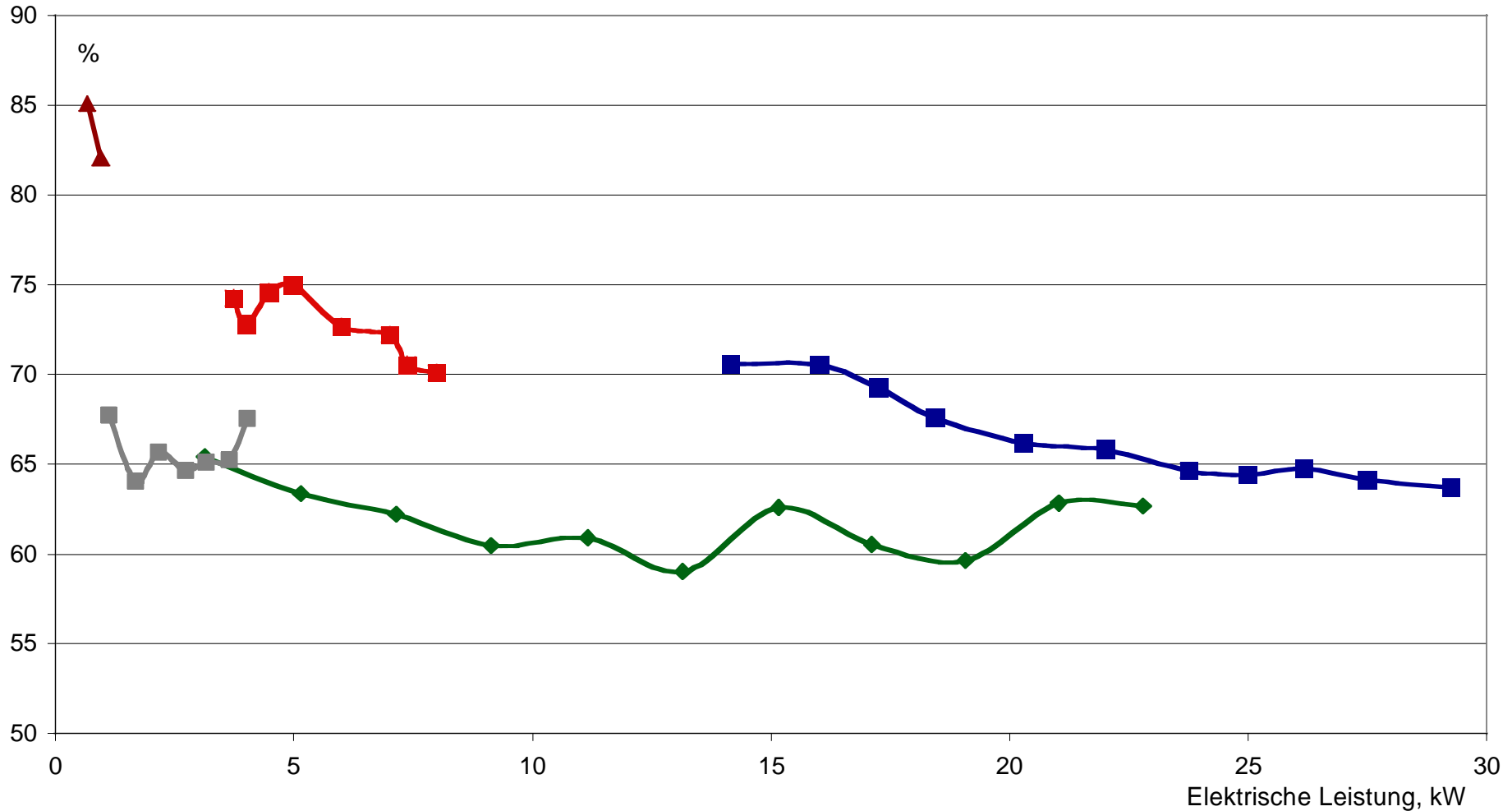


## Ergebnisse

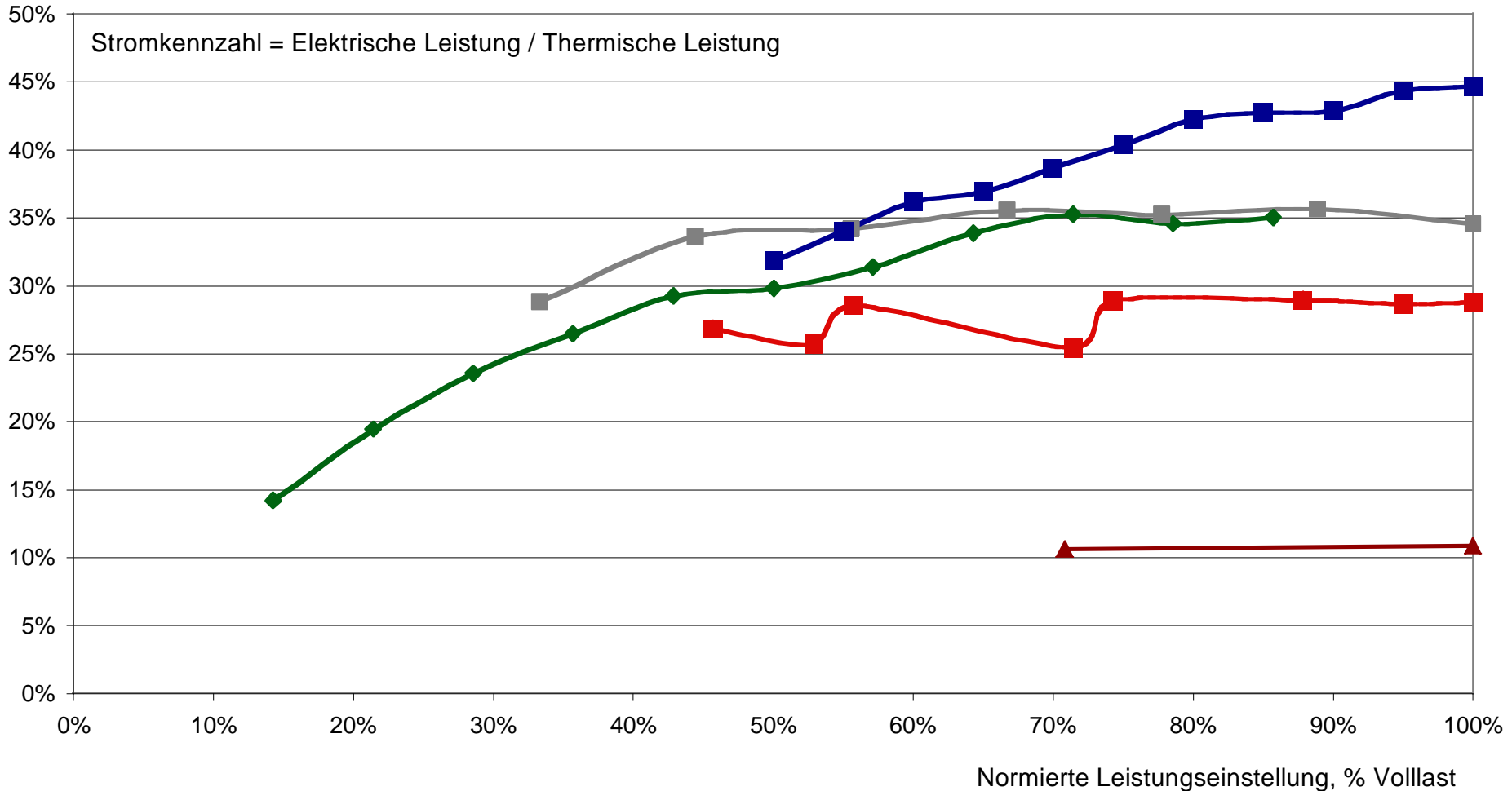
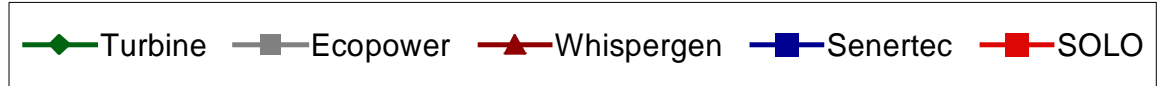
Wirkungsgrad elektrisch netto



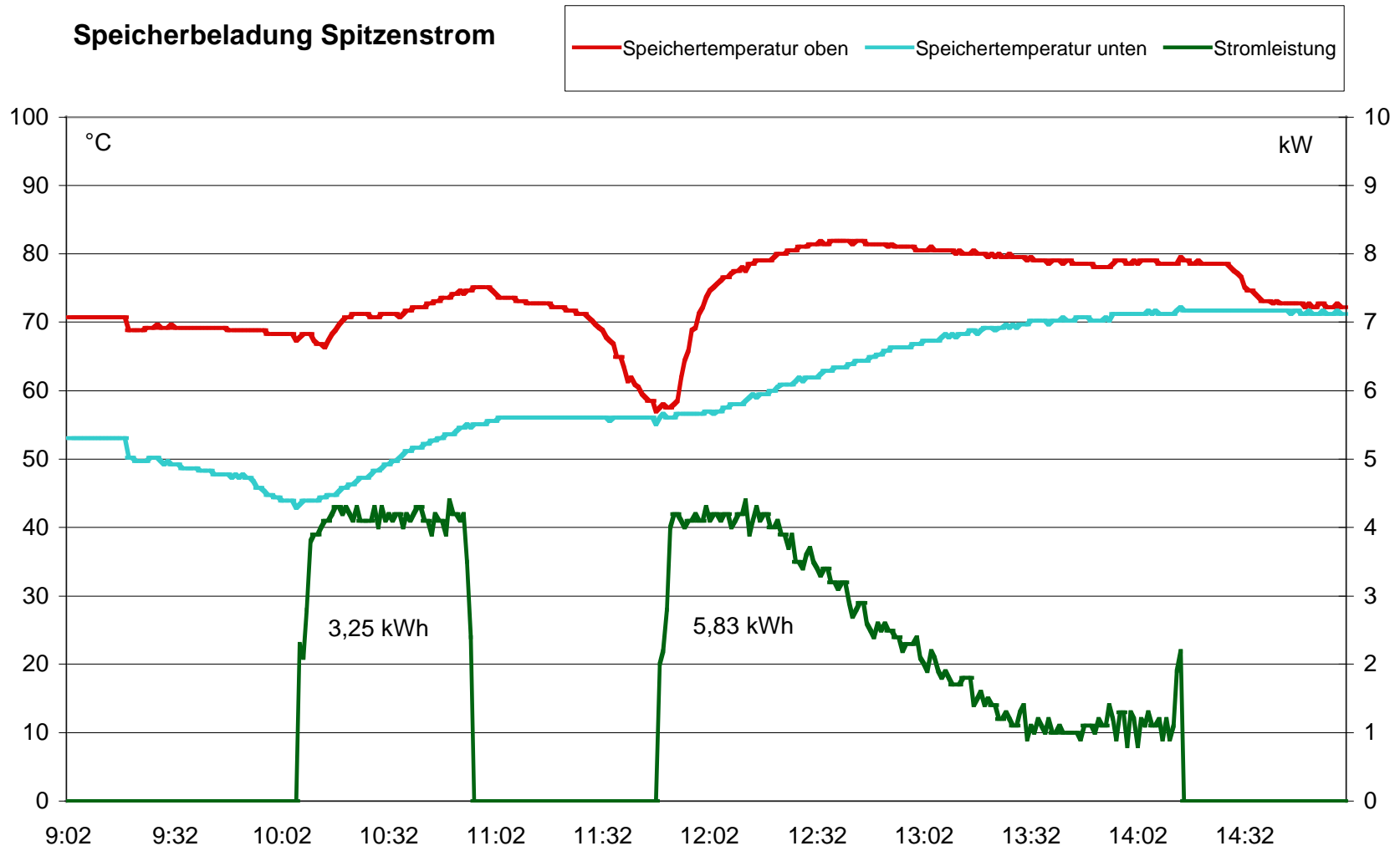
### Wirkungsgrad thermisch



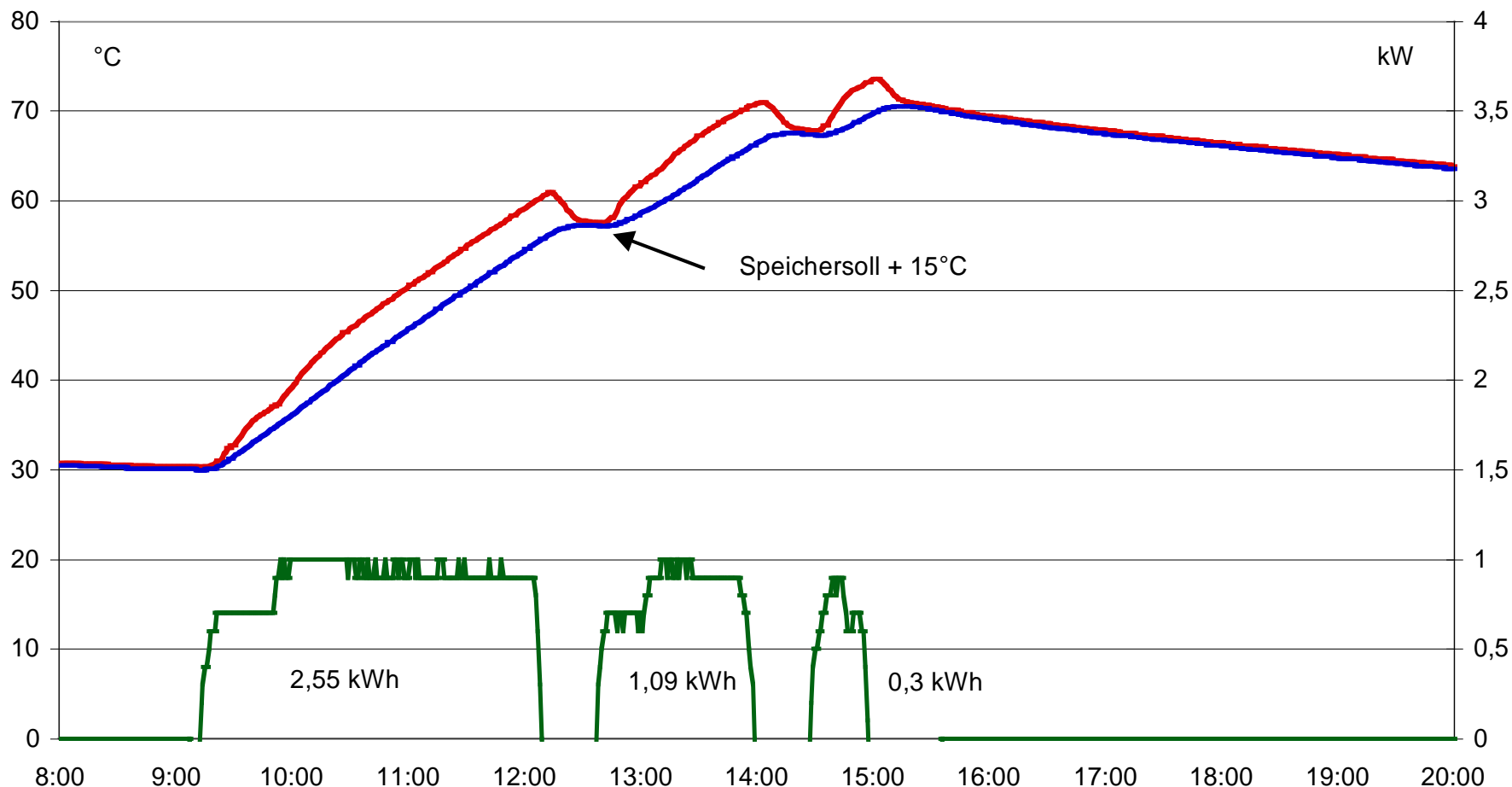
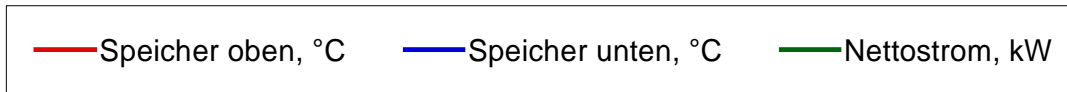
### Stromkennzahlen



- Erhöhung Speichersolltemperatur um 10°C



### Speicherbeladung VK

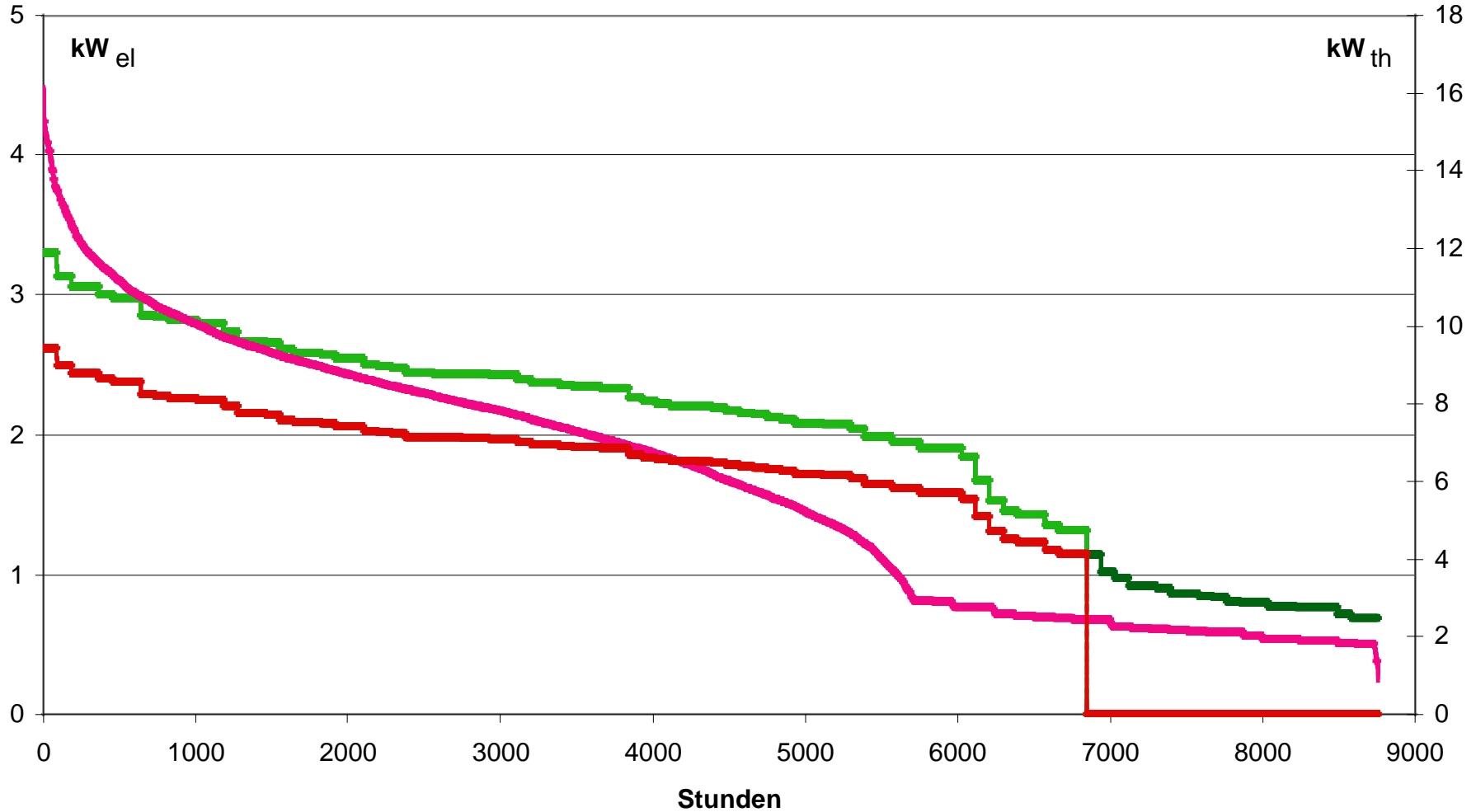


## Zusammenfassung

- Vergleich verschiedener Mikro-KWK-Technologien
- Vor- und Nachteile der jeweiligen Technologieoption
  - Motor-BHKW
  - Turbine
  - Stirling
- Wirkungsgrad unterschiedlich, relativ gering im Vergleich zur grosstechnischen Lösung
- Gesamtwirkungsgrad höher
- Gezielte Stromproduktion möglich durch thermische Speichernutzung, allerdings begrenzt
- Modulation ist Voraussetzung

### Jahresdauerlinien Ecopower

stromgeführt, Haushalt, 5 WE

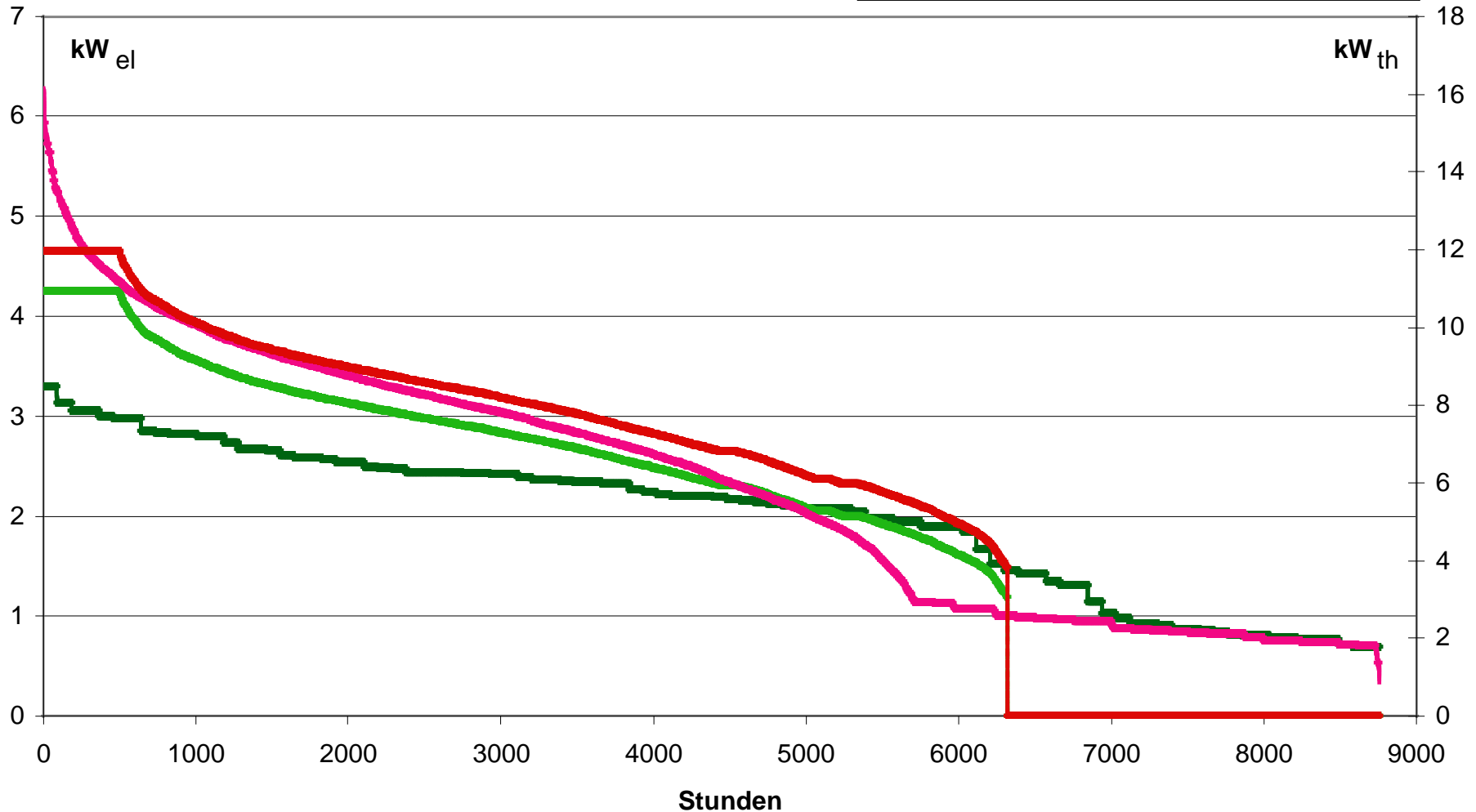




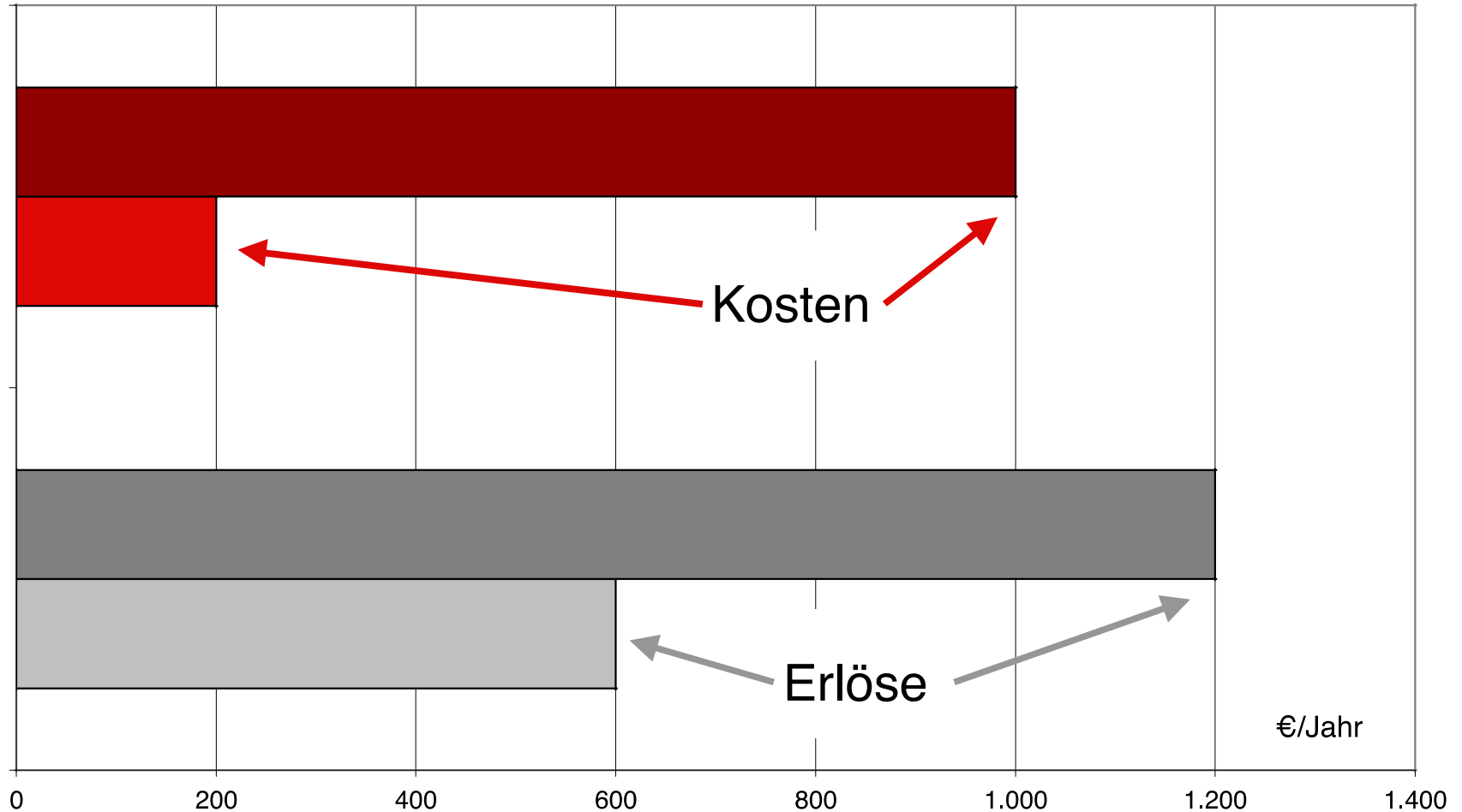
## Wärmeführung Ecopower

### Jahresdauerlinien Ecopower

wärmegeführt, Haushalt, 5 WE



### Mögliche Erlöse vs Zusatzkosten

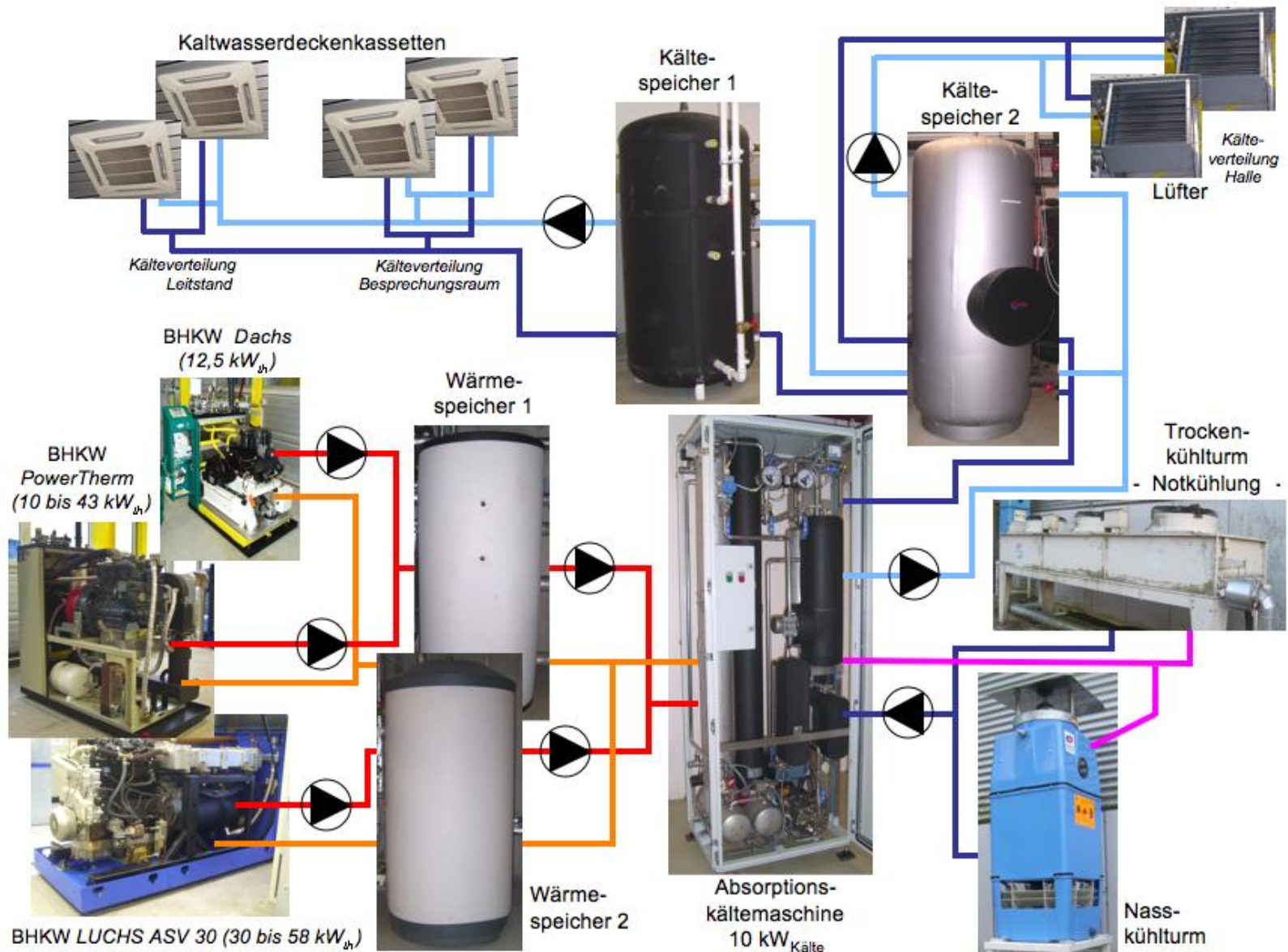


## Zusammenfassung

- Die Regel bleibt: Mindestens 4.000 Volllaststunden für einen wirtschaftlichen Betrieb
- Der Speicher sollte ideal unendlich sein, dann ist er auch unendlich teuer
- Zusatzinstallationen rechtfertigen sich meist nicht durch den möglichen Zusatznutzen (Erlösverbesserung)
- Welche Mehrvergütung lässt sich am Markt oder subventioniert am Ende erzielen, wenn bedarfsgerecht gefahren wird?
- Es kommen eher die unwirtschaftlich betriebenen Aggregate in Betracht, die noch Produktionspotential besitzen.

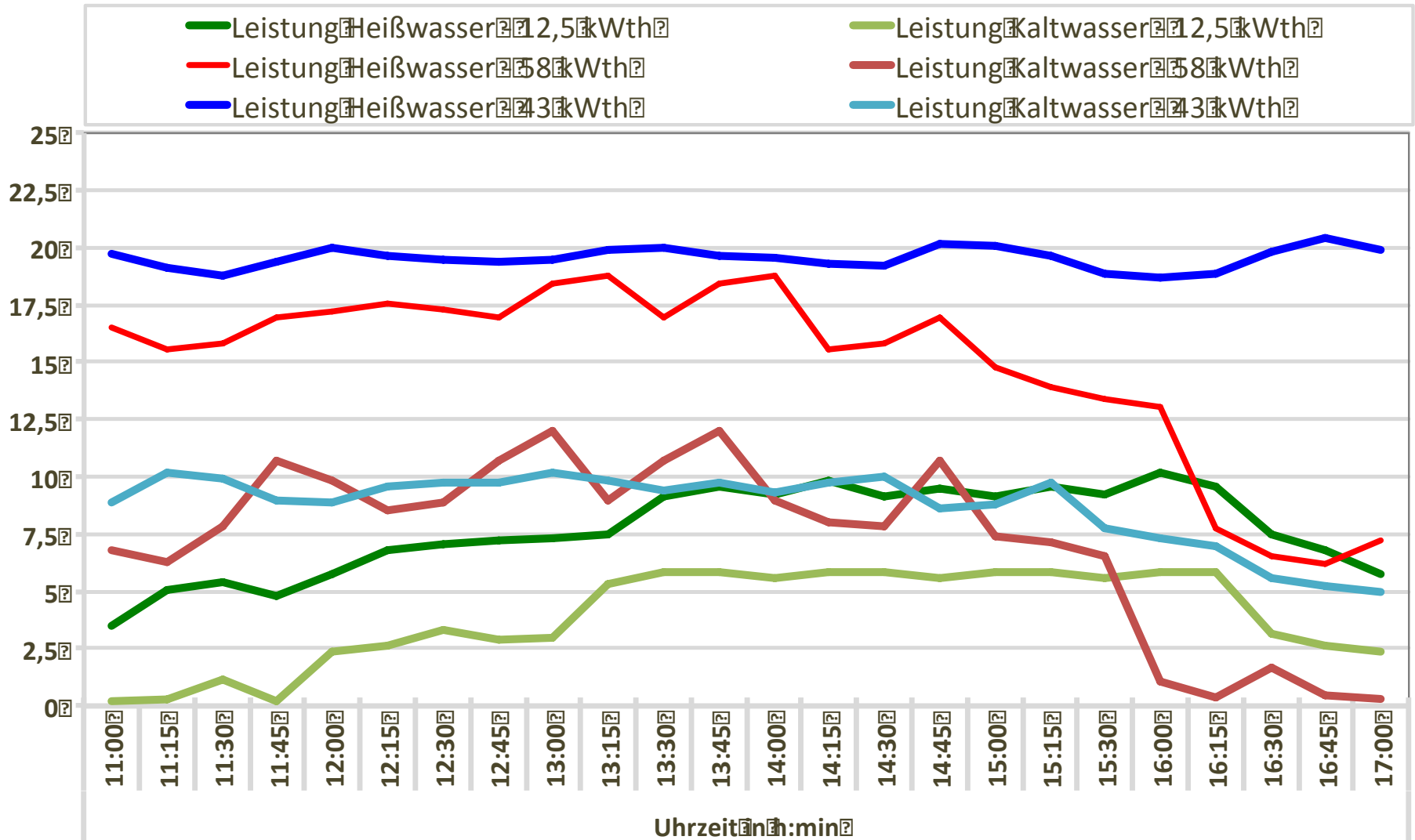
## Prinzipschaltung 3 BHKWs

Informationen  
Ressourcen  
Energie



# KWKK im Energiepark Clausthal

## Ergebnisse drei BHKWs zur Kälteerzeugung

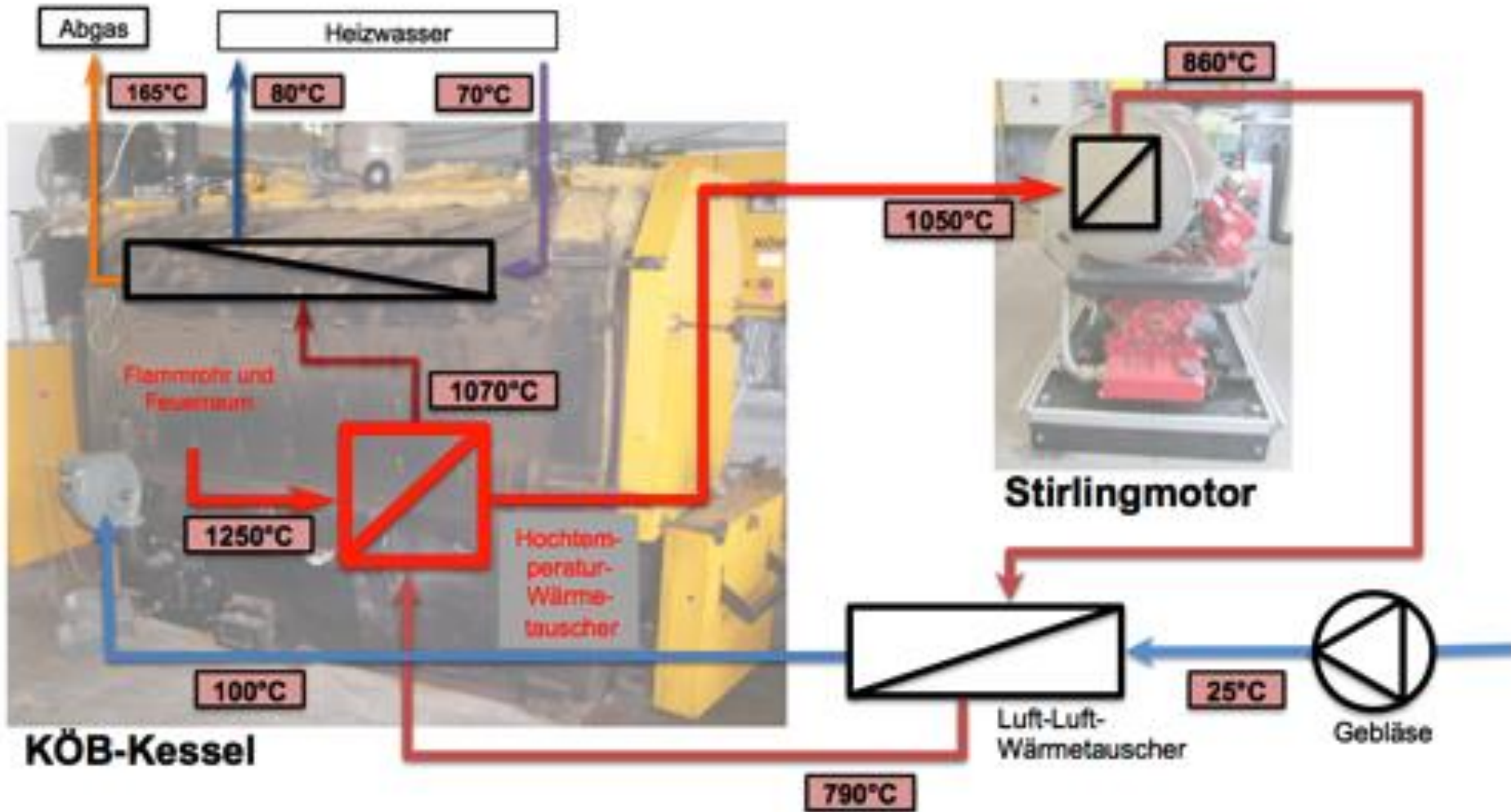


## Hintergrund

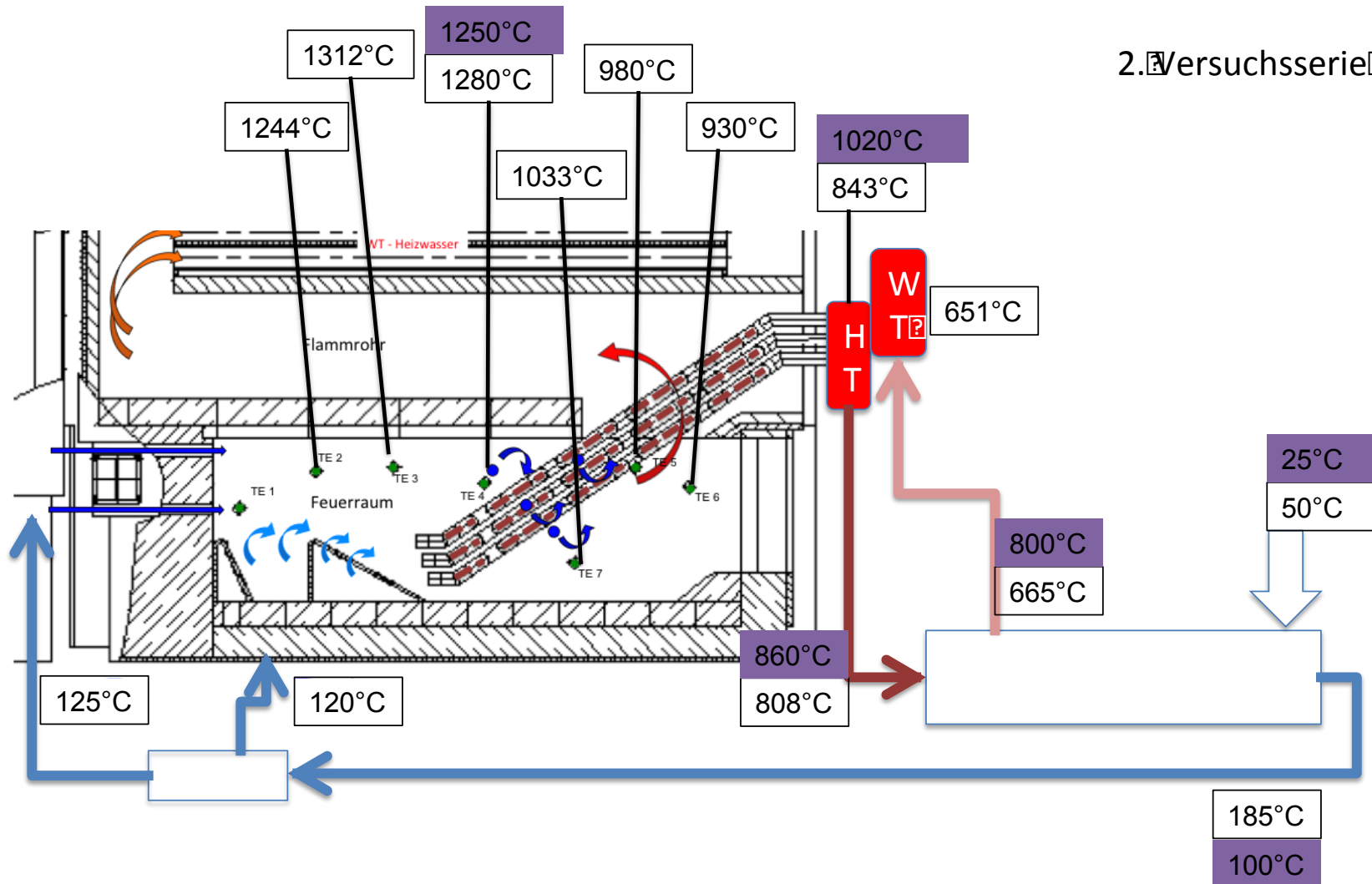
- Auch die Erzeugung von Strom aus Wärme sollte betrachtet werden!
  - Traditionell sind es Wärmekraftwerke über die Verbrennung fossiler Ressourcen
  - Gibt es weitere Einsatzmöglichkeiten?
- Können wir Strom aus Abwärme gewinnen?
- Können wir Strom aus regenerativen bzw. CO<sub>2</sub>-freien Wärmeanwendungen gewinnen?
- Gelingt dies dezentral?
- Gibt es „umsonst“ Wärmequellen?

# Heat to power

## Prinzip HTBioStir

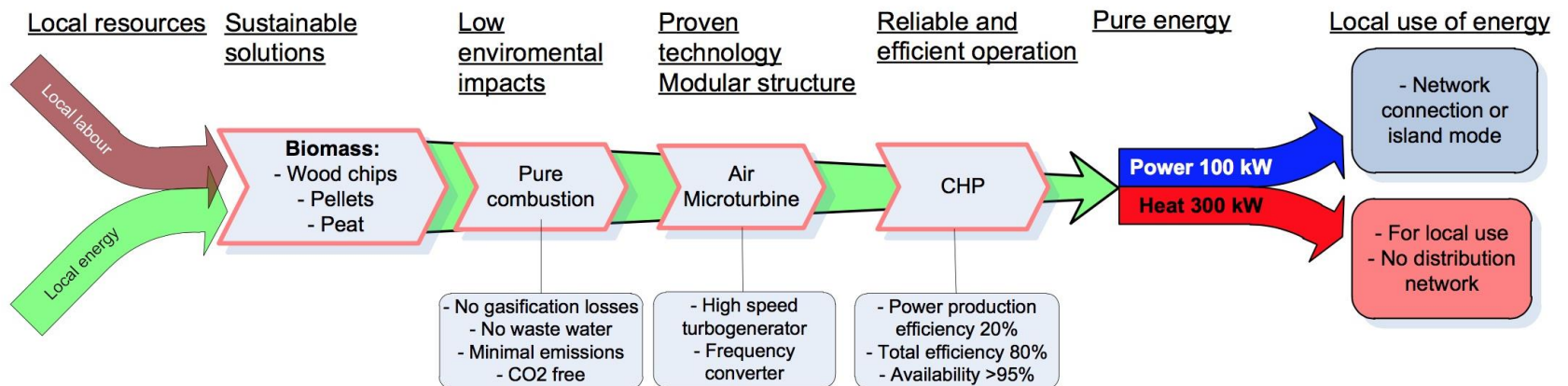


### 2. Versuchsserie





- Erzeugung von Heißgas aus Biomasseverbrennung
- Einsatz eines HT-Wärmetauschers
  - Metall
  - Keramik
- Nutzung des Potentials (Druck und Temperatur) in Heißgasturbine



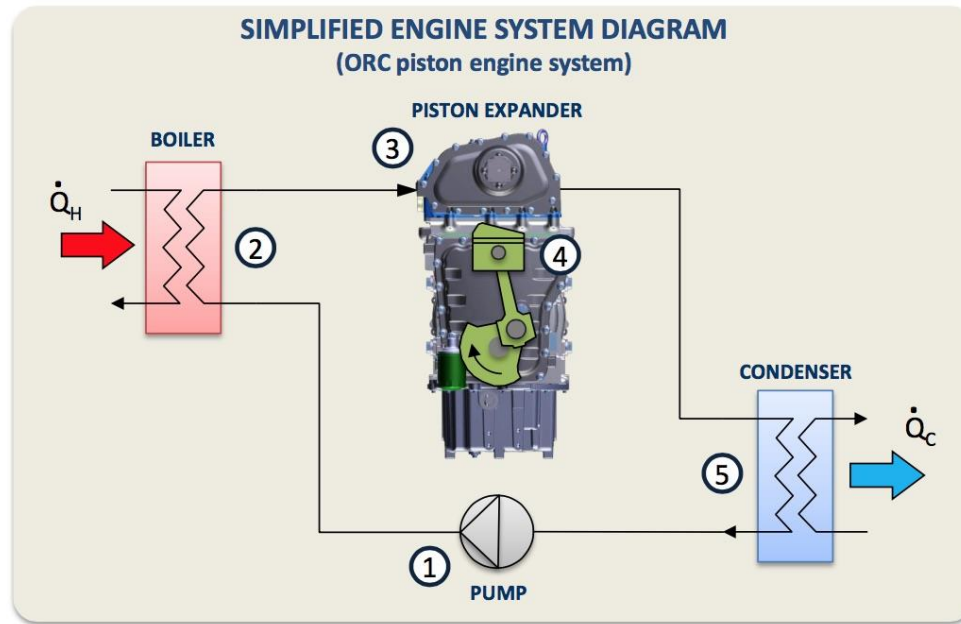


THE WORKING PROCESS OF THE CRAFTENGINE™ IS THE ORGANIC RANKINE CYCLE (ORC)

### The ORC uses an organic fluid or refrigerant as working fluid

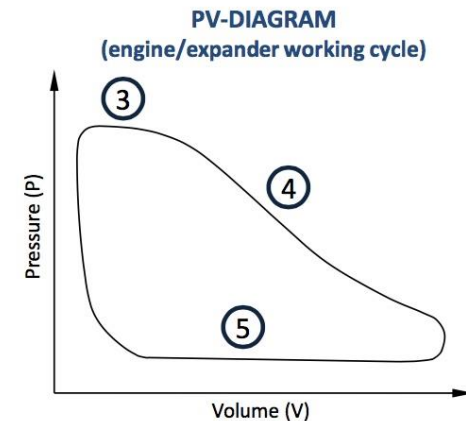
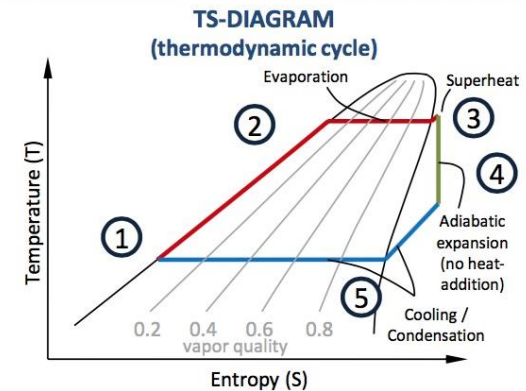
THE WORKING FLUID GOES THROUGH THE FOLLOWING STEPS:

1. Pumped from low to high pressure
2. Heated and boiled at high pressure (phase change from liquid to vapor)
3. Injected into the engine
4. Expanded in the engine working cylinder (from high to low pressure)
5. Exhausted and condensed at low pressure (phase change from vapor to liquid)



“ORCs can most easily be compared to Steam Engines”

### The ORC Process



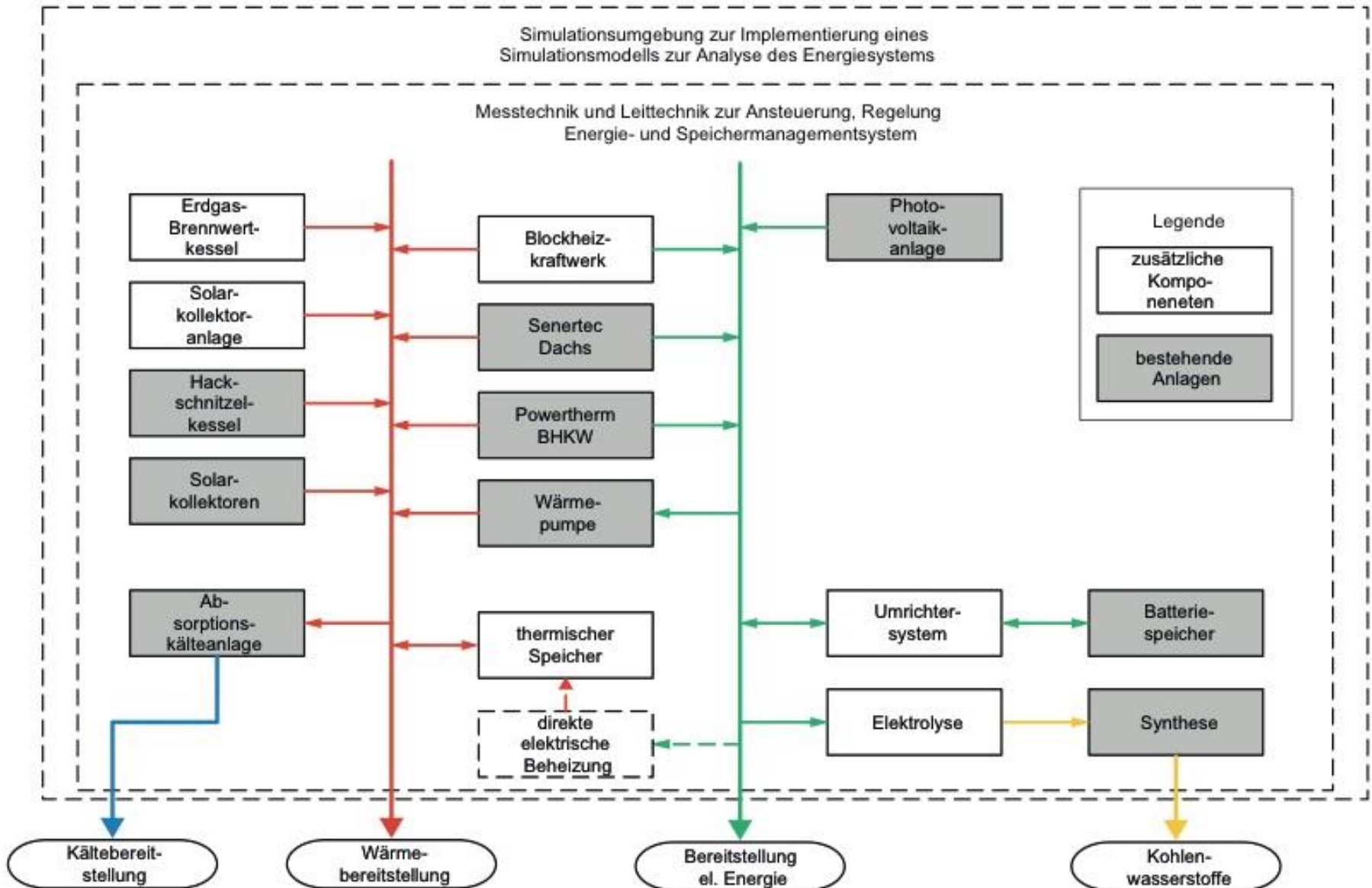
## *ORC für niedrige Temperaturen, Turbine*

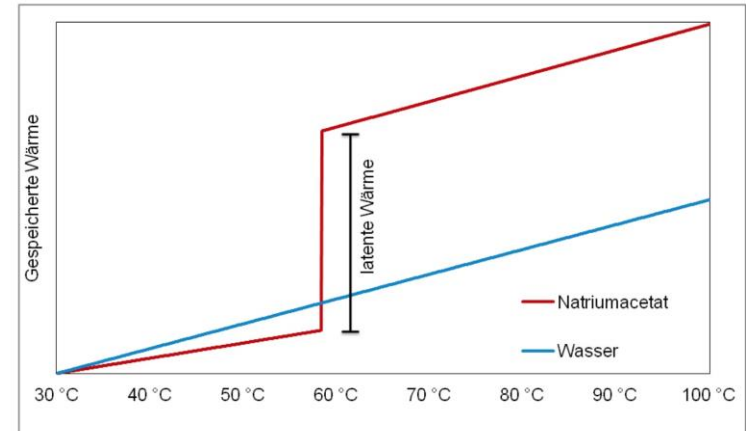
- Niveau im Bereich 120°C
- Nachgeschaltet nach Motoren-BHKW



## *Beispiel Modellsystem Energie*

- Erdgas in Wärme,
  - Solar in Wärme,
  - Solar in Kälte,
  - Solar(thermie) in Strom
  - Erdgas in Strom, Wärme und Kälte
  - Wärme in Speicher
  - Strom in Speicher
  - Strom in Stoff (Kohlenwasserstoff)
- 
- Aufbau Technik
  - Aufbau Simulationsumgebung





- Die Lösung liegt auch hier in der übergreifenden Betrachtungsweise
- Nutzung der jeweiligen individuellen Vorteile in einer gesamtsystemtechnischen Betrachtung
- Nischenanwendungen sind weiterhin möglich
- Nutzung industrieller Abwärmepotentiale
- Dezentrale Lösungen betrachten
- Innovative Technologien einsetzen



**Herzlichen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit**

Mail: [werner.siemers@cutec.de](mailto:werner.siemers@cutec.de)

Internet: [www.cutec.de](http://www.cutec.de)



