

The image shows a large industrial facility, likely a power plant or manufacturing plant. In the foreground, there is a large, complex piece of machinery with a prominent blue cylindrical component. Several workers are visible around the machinery, some wearing hard hats. The background shows more industrial structures and a person walking on a walkway. The overall scene is a busy industrial environment.

SIEMENS

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

Power to Heat 2.0

**Skalierbare Lösungen zur Integration überschüssiger elektrischer
Energieproduktion aus Sonne und Wind**

Uwe Lenk

Power and Gas, Technology and Innovations, Innovation & External Relations (PG TI IER)

Dr. Jochen Schäfer, Florian Reissner, Dr. Alexander Tremel

Corporate Technology, Research & Technology Center, Power & Energy Technologies (CT RTC PET)

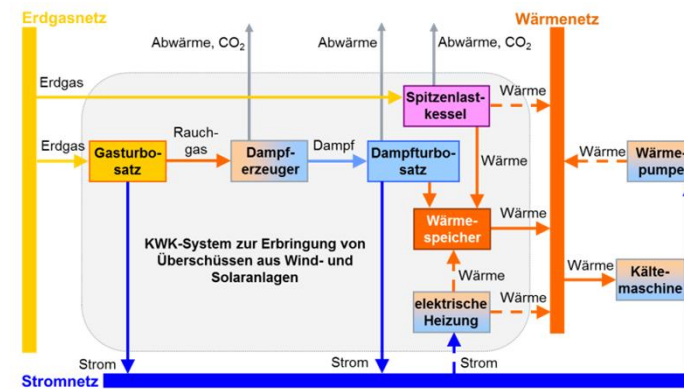
Die zunehmende Stromproduktion aus Wind und Sonne führt zur Veränderung der Geschäftsmöglichkeiten

Power to Heat 1.0

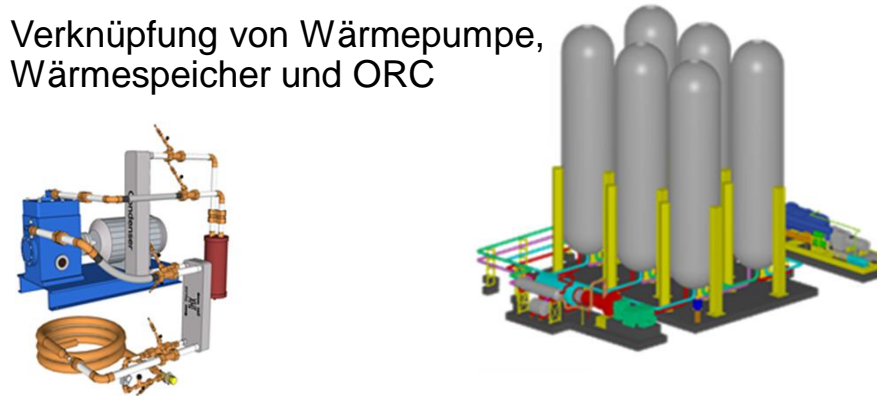


Power to Heat 2.0

Verknüpfung von Versorgungssystemen



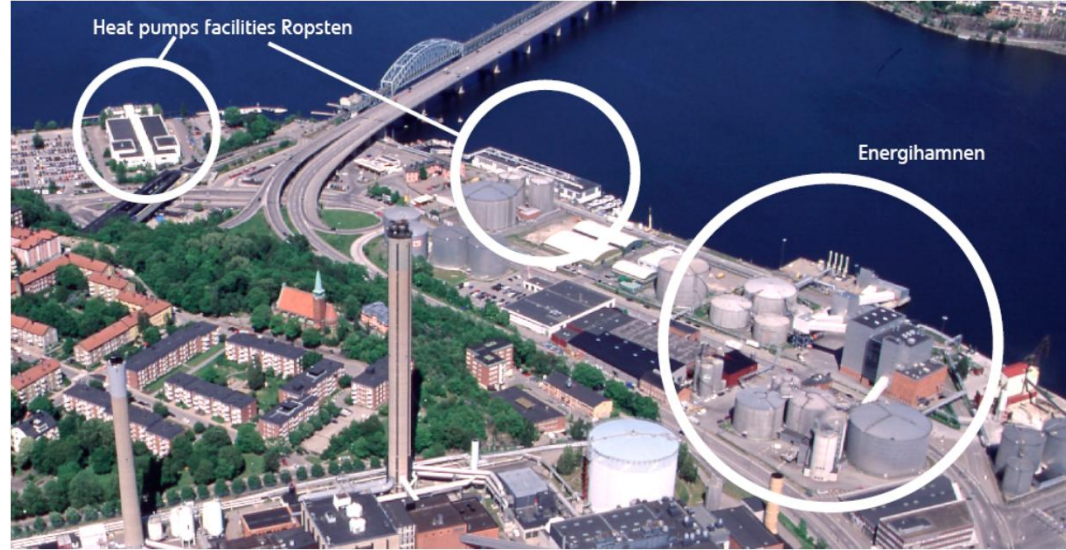
Verknüpfung von Wärmepumpe, Wärmespeicher und ORC



Hochtemperaturwärmepumpe

Beispiel für den Einsatz großer Wärmepumpen

Gesamtkapazität 180 MW Heizleistung, Värtan Ropsten in Stockholm



- 6 Wärmepumpen
- Inbetriebnahme 1984/86
- Kältemittel R22, im Jahr 2003 Umrüstung einer Wärmepumpe auf R134a



Wärmepumpe Unitop 50FY

Technische Daten

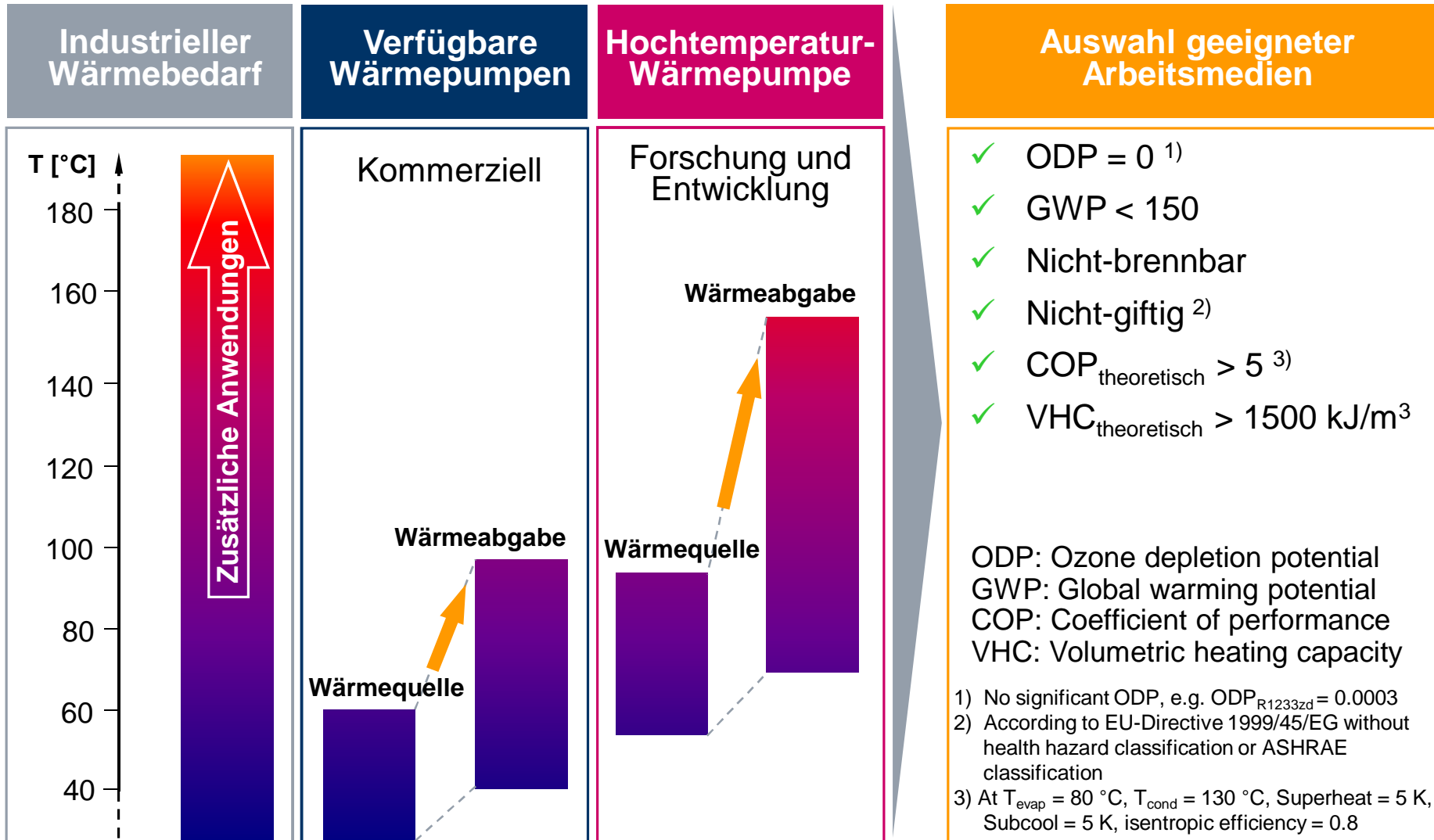
Heizleistung pro Aggregat	30 MW
Benötigte Energie pro Aggregat	8 MW
Verdampfungstemperatur	-3 °C
Verflüssigungstemperatur	+82 °C
Temperatur Meerwasser ein/aus	+2.5/+0.5 °C
Temp. Heizungswasser Rücklauf	+57 °C
Temp. Heizungswasser Vorlauf	+80 °C
Leistungsregelung	10 - 100 %

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

© Siemens AG 2015. Alle Rechte vorbehalten

Power and Gas, PG TI IER/Erlangen
Corporate Technology, CT RTC PET/Erlangen

Höhere Wärmeabgabetemperaturen erfordern andere Arbeitsmedien für Wärmepumpen



Dialogplattform Power to Heat in Goslar, 5. und 6. Mai 2015
 © Siemens AG 2015. Alle Rechte vorbehalten

Beispiel für ein potenziell geeignetes Arbeitsmedium

C6-Fluorketon: $C_2F_5C(O)CF(CF_3)_2$ - "Novec 649" von 3M

Fluorketone wurden ursprünglich als Ersatzstoff für Halon als Löschmittel entwickelt. ¹⁾

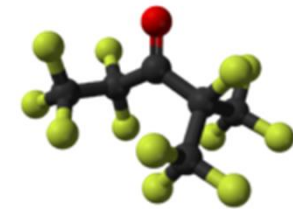
Eigenschaften Novec 649

- klare, farblose und geruchlose Flüssigkeit im Temperaturbereich von -108°C bis 49°C
- nicht brennbar und thermisch stabil bis 300°C
- kein Ozonabbaupotential (ODP = 0)
- Erderwärmungspotential wie CO₂ (GWP = 1)
- nicht toxisch
- nicht elektrisch leitend

Technische Merkmale Novec 649

- sehr gute Wärmetransporteigenschaften bei niedrigen Temperaturen
- keine korrosiven Eigenschaften
- hohe Betriebssicherheit
- keine Gesundheitsgefährdung
- umweltfreundlich

1) In Deutschland sind Halonlöschanlagen seit 1993 und in der EU seit 2004 verboten.



Ausgewählte Arbeitsmedien wurden experimentell bewertet



Technologiedemonstration

- Entwicklungsstart im Jahr 2011
- Experimentelle Evaluierung bis Anfang 2014
- Betrieb mit verschiedenen Arbeitsmedien (z.B. LG6, MF2, R1336mzz, R1233zd , ...) ^{1,2}
- Betriebskonzept ist im Laborbetrieb validiert

Experimenteller Betriebsbereich

- Thermische Leistung bis zu 12 kW
- Wärmequellentemperatur bis zu 110 °C
- Wärmesenktemperatur bis zu 150 °C

Fluidspezifische Betriebsmöglichkeiten

- Interner Rekuperator
- Ext. Wärmezufuhr auch bei kleinen Temperaturhüben

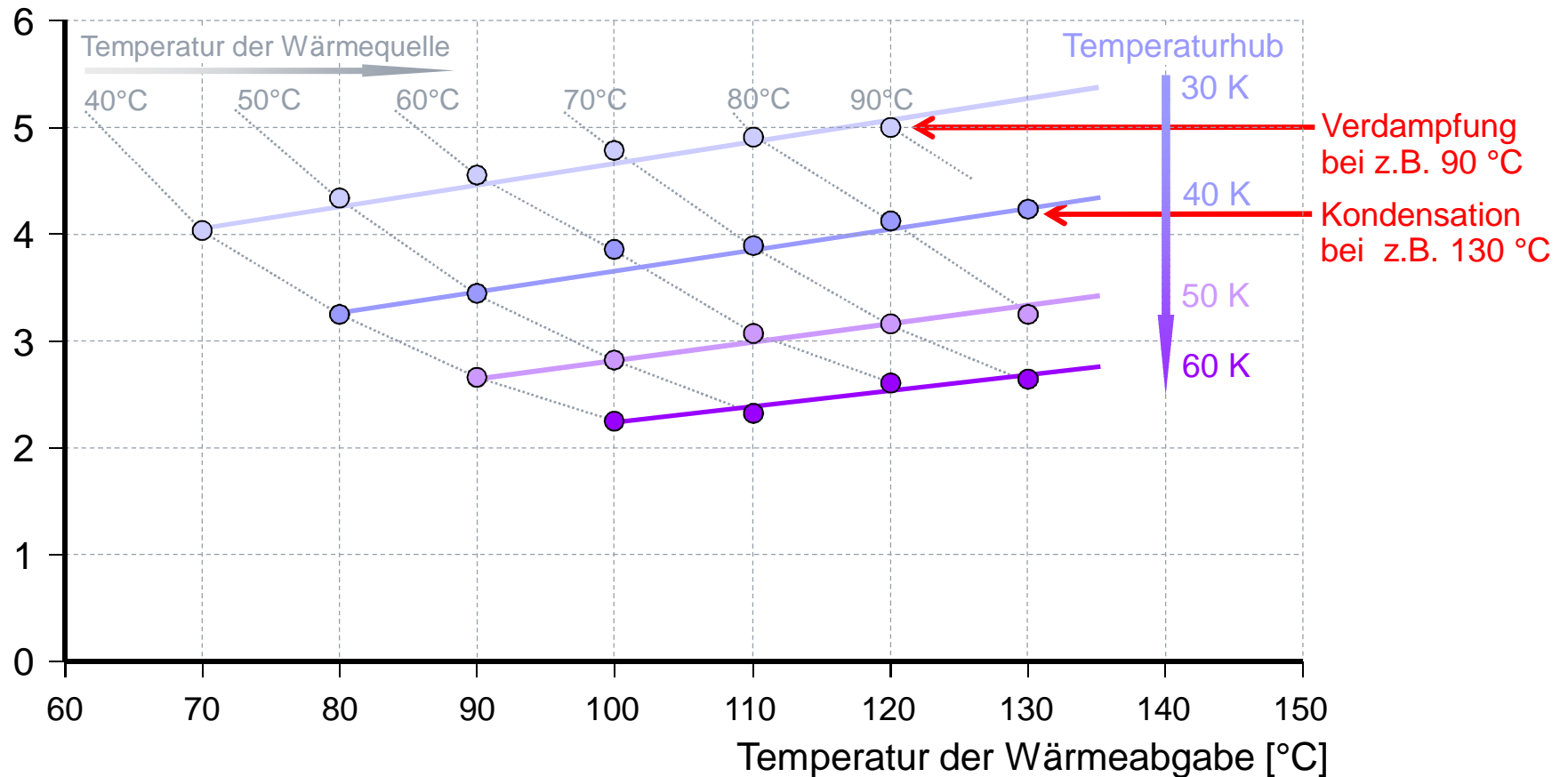
1) Kontomaris, DuPont, European Heat Pump Summit, Nuremberg, 2013

2) Bernadi, Honeywell, European Heat Pump Summit, Nuremberg, 2013

Technologiedemonstration Hochtemperaturwärmepumpe

Beispiel zur experimentellen Ermittlung des COP

$$\text{COP} = \frac{\text{Wärmeleistung}}{\text{El. Antriebsleistung}}$$

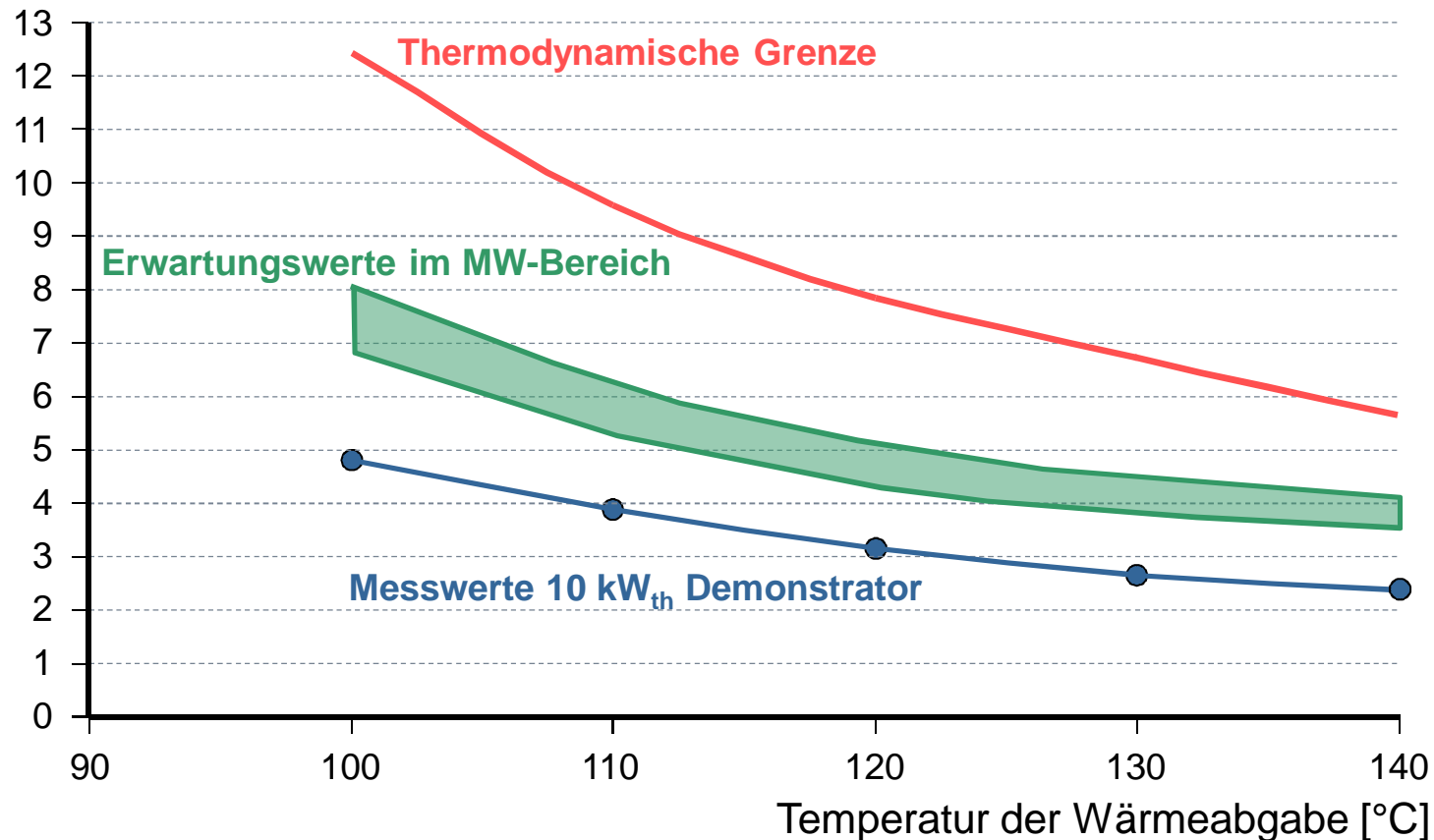


Wärmequellen: 40 bis 90 °C, 5 ... 10 K Überhitzung bzw. Unterkühlung, 2 bis 10 kW Kondensatorleistung
 COP: coefficient of performance (Leistungszahl)

Skalierung Hochtemperaturwärmepumpe

Potenzialabschätzung für Anlagen im MW-Leistungsband

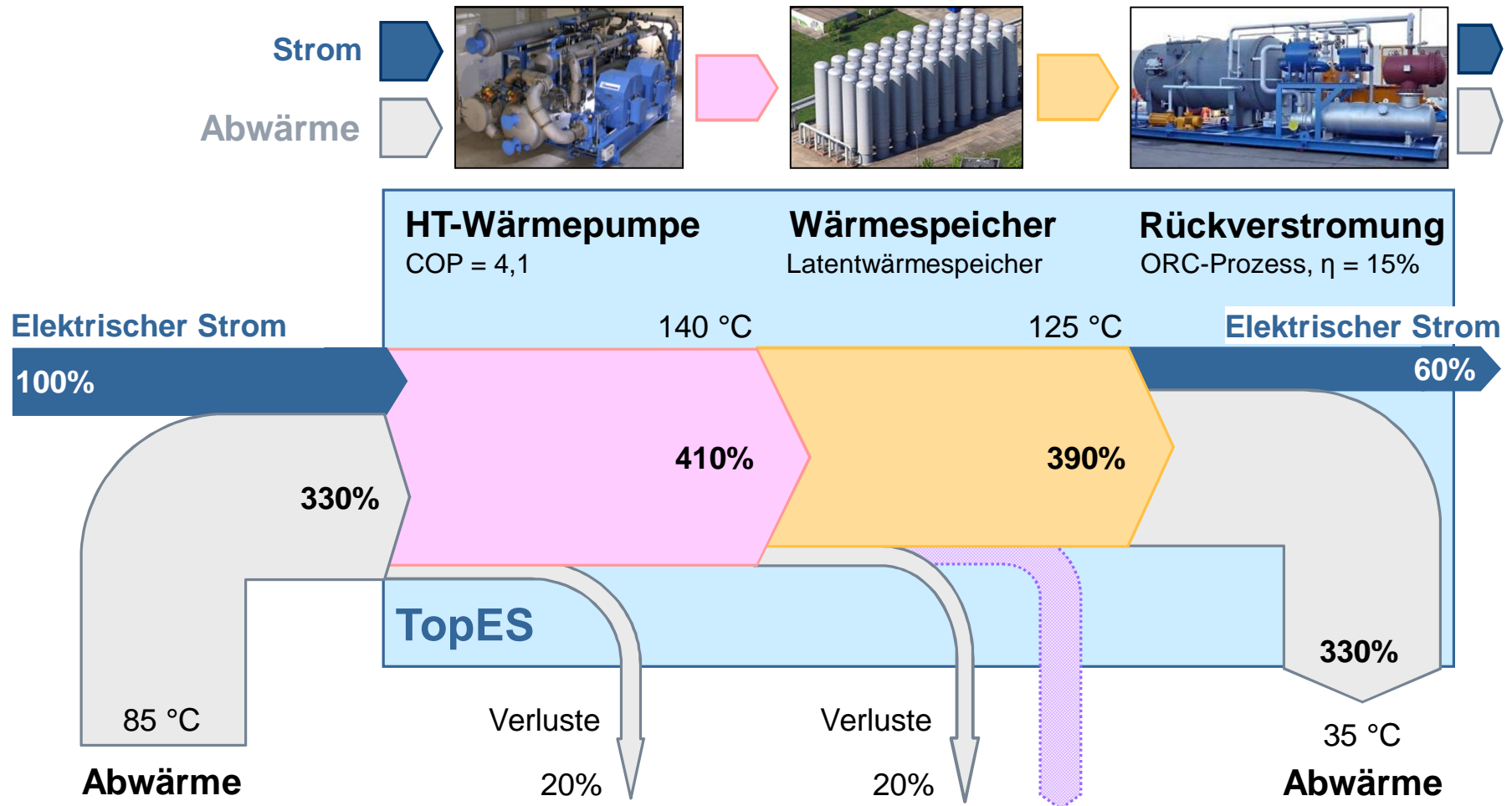
$$\text{COP} = \frac{\text{Wärmeleistung}}{\text{El. Antriebsleistung}}$$



Wärmequelle: 70°C

COP: coefficient of performance (Leistungszahl)

Verknüpfung Wärmepumpe, Wärmespeicher und ORC 60% Strom zu Strom Umwandlung („round trip efficiency“)



HT- Wärmepumpe: Hochtemperaturwärmepumpe

ORC: Organic Rankine Cycle

TopES: thermo potential energy storage

Optionale Wärmeabgabe
z.B. Fernwärme, Prozesswärme, ...

Thermo-potential Energy Storage (TopES)

Anlagenkonzept für Wärmepumpe, Wärmespeicher und ORC

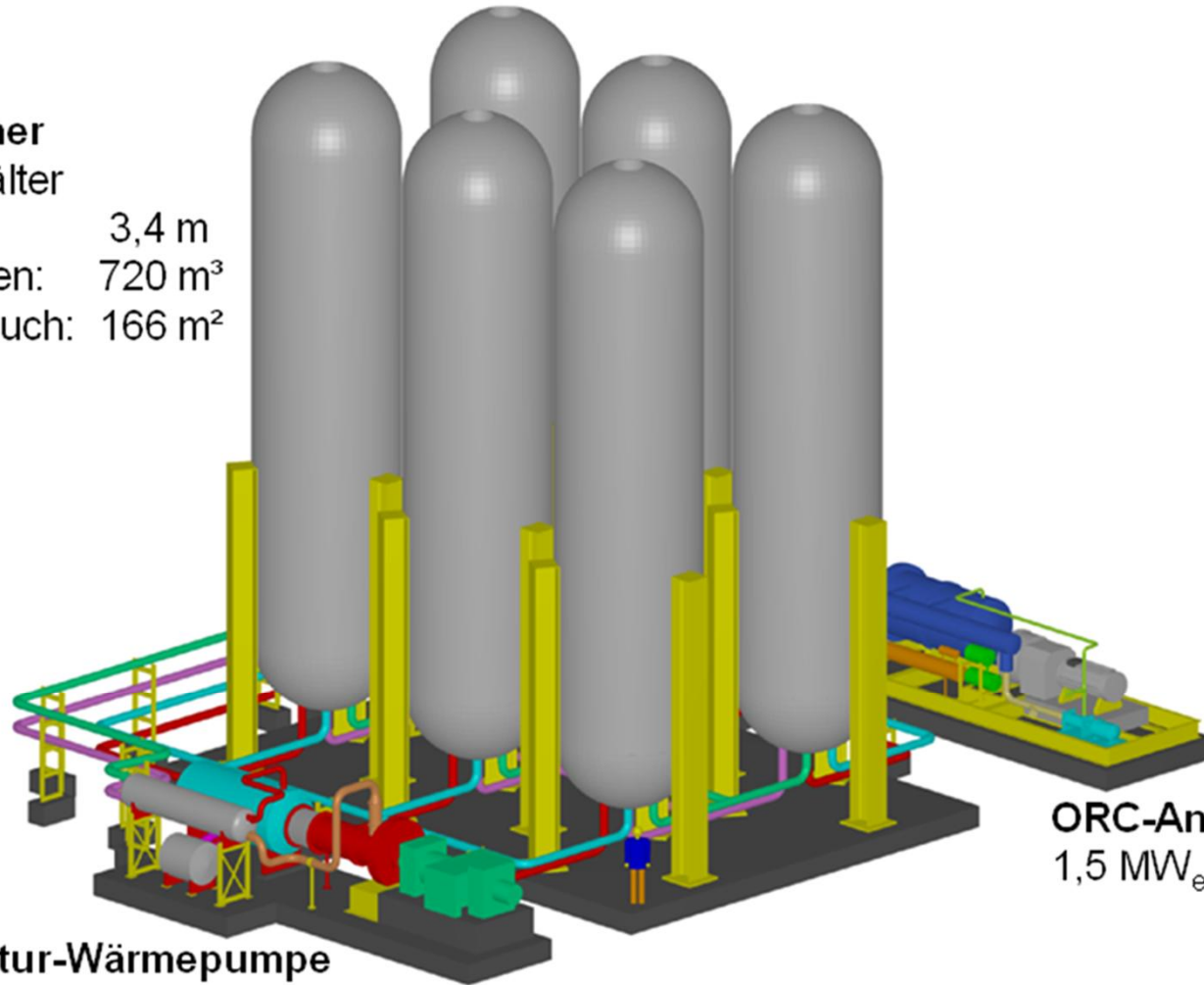
Wärmespeicher

6 Zylinderbehälter

Durchmesser: 3,4 m

Gesamtvolumen: 720 m³

Flächenverbrauch: 166 m²



Hochtemperatur-Wärmepumpe

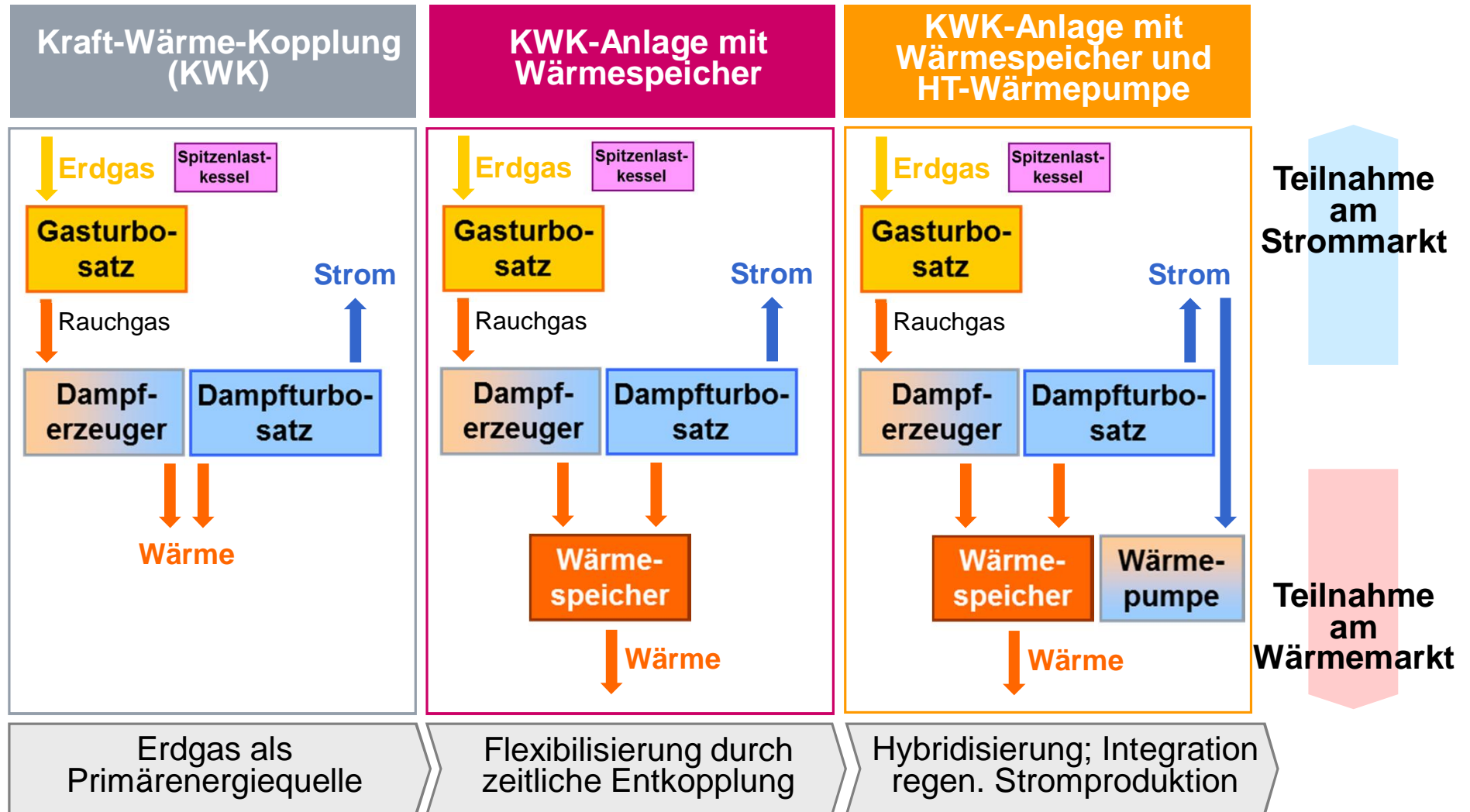
2,5 MW_{el}

ORC-Anlage

1,5 MW_{el}

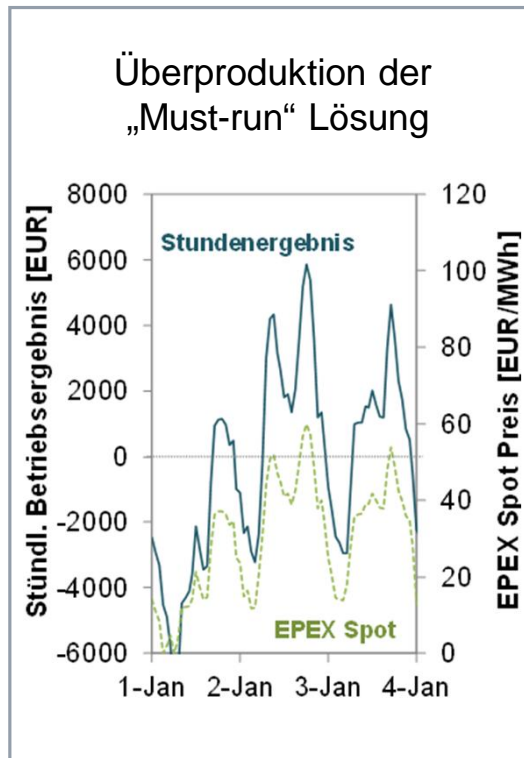
Verknüpfung von „Power to Heat“- Lösungen

Neue Geschäftsmöglichkeiten Flexibilisierung durch Hybridisierung



Ökonomisches Potenzial von hybriden „Power to Heat“ - Lösungen

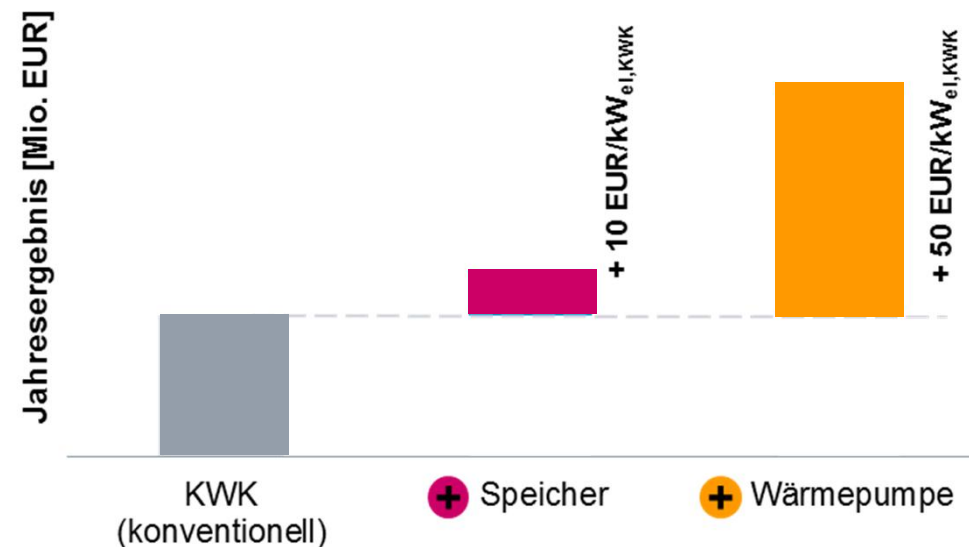
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)



Erdgas als Primärenergiequelle

KWK-Anlage mit Wärmespeicher

Betriebswirtschaftliche Analyse für eine 190 MW_{el} KWK-Anlage mit 25.000 m³ Wärmespeicher und Wärmepumpe mit 5 MW_{el} und 17,5 MW_{th}

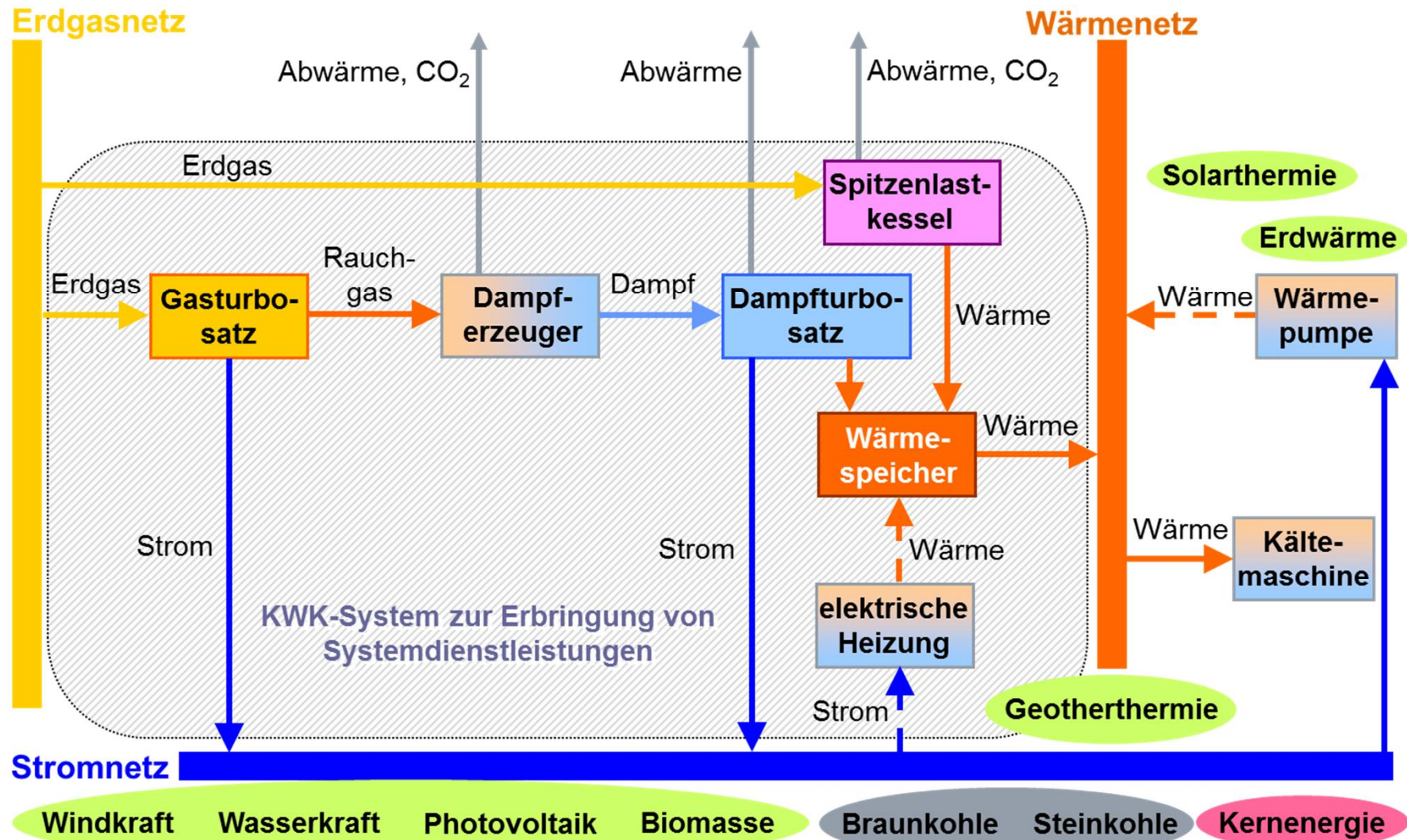


Flexibilisierung durch zeitliche Entkopplung

Hybridisierung; Integration regen. Stromproduktion

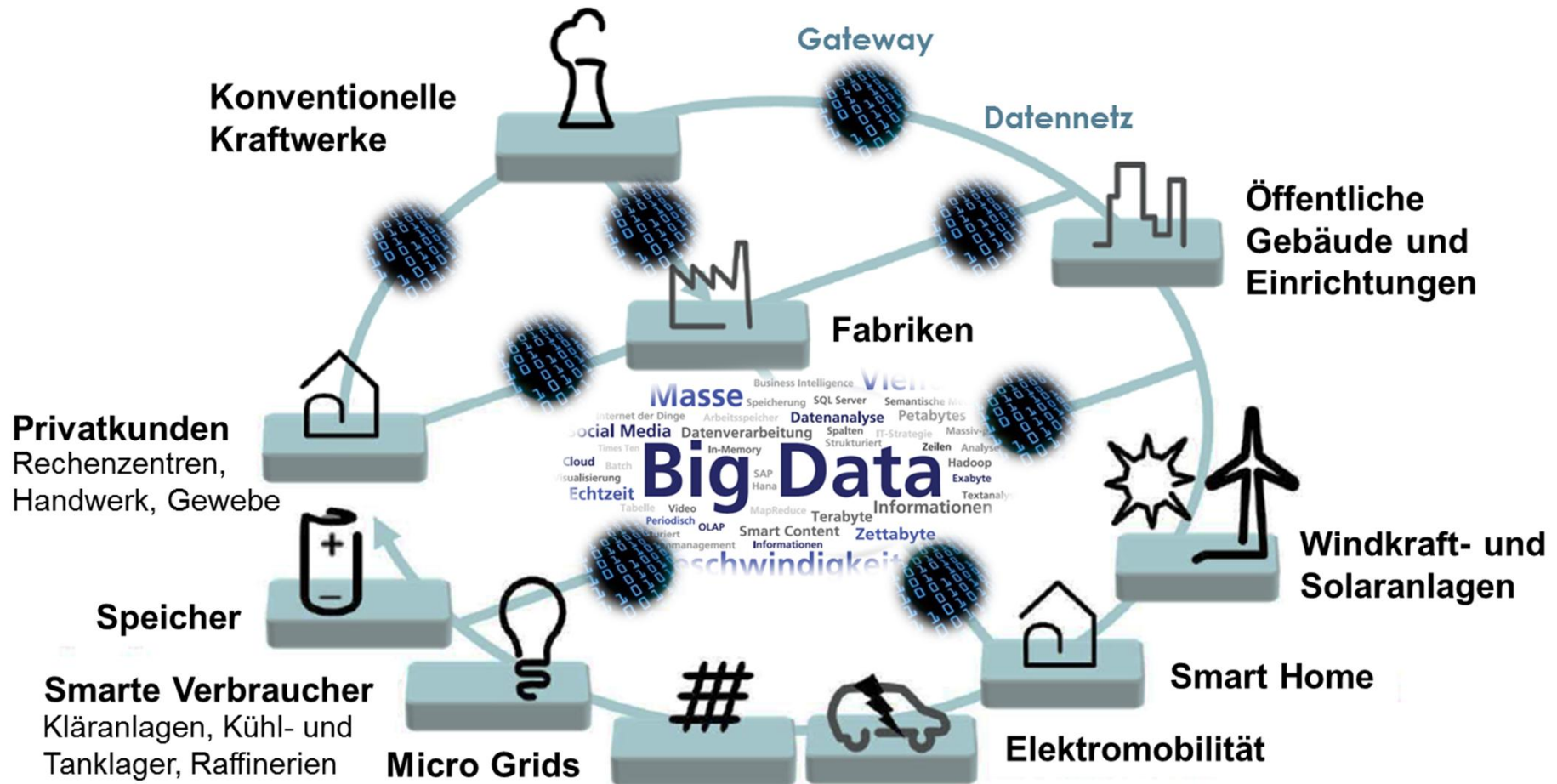
Verknüpfung von Versorgungsnetzen und Energieträgern

Zum Beispiel mit einer Kraft - Wärme - Kälte - Kopplung (KWKK)



Sektor übergreifende Systemkopplung

Digitale Vernetzung in Verbindung mit Multi- und Intermodalität



Multimodalität: Variation der Energieträger, Wechsel zwischen den Energieträgern und Umwandlungsverfahren

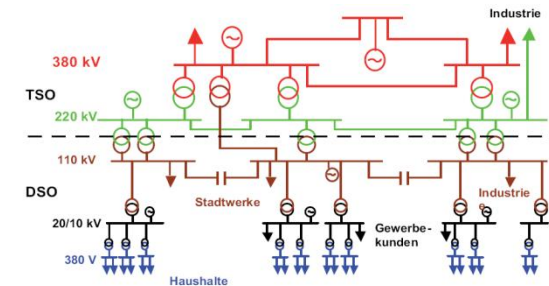
Intermodalität: Verkettung von Energieträgern und Umwandlungsverfahren (Hybridisierung)

Zusammenfassung

1

Stromübertragungs- und Verteilungsnetz

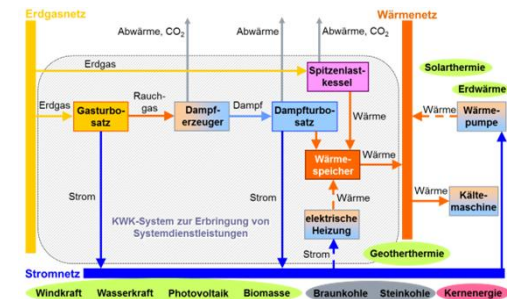
Es sind sehr große technische Potenziale zum Ausgleich fluktuierender Stromproduktion aus Wind und Sonne durch Flexibilisierung und Hybridisierung im existierenden Energieversorgungssystem vorhanden



2

Verknüpfung von Versorgungsnetzen

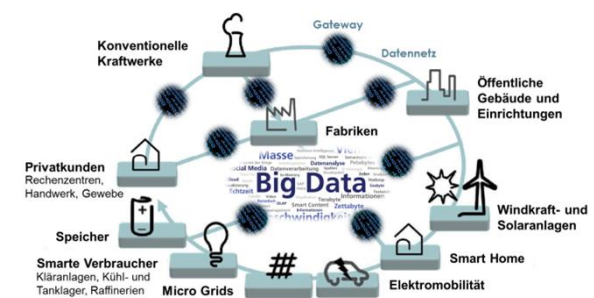
Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, thermische Energiespeicherung und „Power to Heat“ sind relativ einfache, auch für bestehende Anlagen, attraktive Lösungen



3

Sektor übergreifende Systemkopplung

Der technische Fortschritte bei den Energieumwandlungstechnologien im Zusammenspiel mit den neuen Möglichkeiten bei der Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien führt zur intelligenten Verknüpfung von Versorgungssystemen (Smart Energy System)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

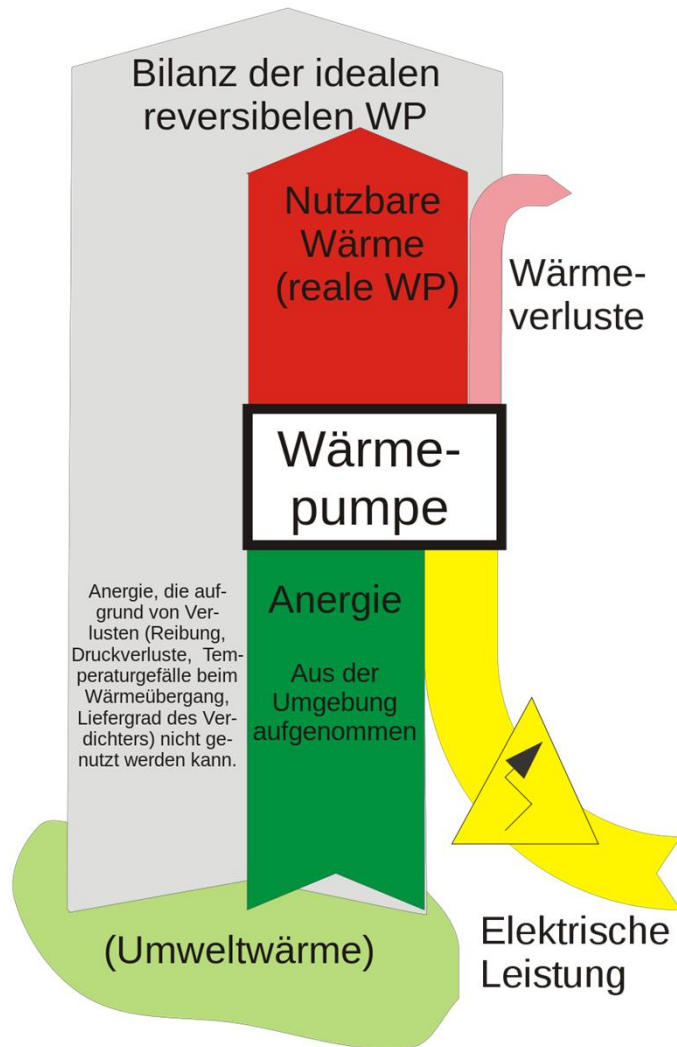


Ausschlußklausel

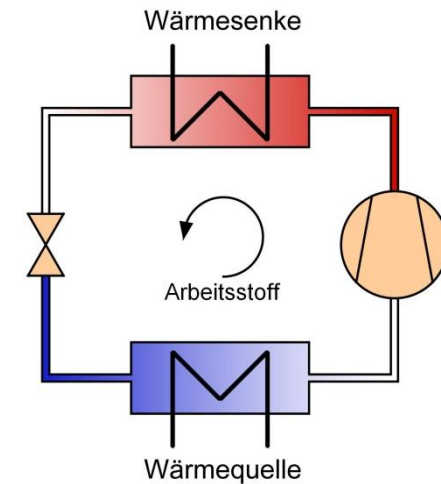
Dieses **Dokument** enthält zukunftsgerichtete Aussagen und Informationen – also Aussagen über Vorgänge, die in der Zukunft, nicht in der Vergangenheit, liegen. Diese zukunftsgerichteten Aussagen sind erkennbar durch Formulierungen wie „erwarten“, „antizipieren“, „beabsichtigen“, „planen“, „glauben“, „anstreben“, „einschätzen“, „werden“ oder ähnliche Begriffe. Solche vorausschauenden Aussagen beruhen auf unseren heutigen Erwartungen und bestimmten Annahmen. Sie bergen daher eine Reihe von Risiken und Ungewissheiten. Eine Vielzahl von Faktoren, von denen zahlreiche außerhalb des Einflussbereichs von Siemens liegen, beeinflussen die Geschäftsaktivitäten, den Erfolg, die Geschäftsstrategie und die Ergebnisse von Siemens. Diese Faktoren könnten dazu führen, dass die tatsächlichen Ergebnisse, Erfolge und Leistungen des Siemens-Konzerns wesentlich abweichen von den in zukunftsgerichteten Aussagen ausdrücklich oder implizit enthaltenen Angaben zu Ergebnissen, Erfolgen oder Leistungen. Für uns ergeben sich solche Ungewissheiten insbesondere, neben anderen, aufgrund folgender Faktoren: Änderungen der allgemeinen wirtschaftlichen und geschäftlichen Lage, Änderungen von Wechselkursraten und Zinssätzen, Einführung konkurrierender Produkte oder Technologien durch andere Unternehmen, fehlende Akzeptanz neuer Produkte und Dienstleistungen seitens der Kundenzielgruppen des Siemens-Konzerns, Änderungen in der Geschäftsstrategie und verschiedene andere Faktoren. Detailliertere Informationen über bestimmte dieser Faktoren sind den Berichten zu entnehmen, die Siemens bei der US-amerikanischen Börsenaufsicht SEC eingereicht hat und die auf der Siemens Website unter www.siemens.com und auf der Website der SEC unter www.sec.gov abrufbar sind. Sollte sich eines oder mehrere dieser Risiken oder Ungewissheiten realisieren oder sollte sich erweisen, dass die zugrunde liegenden Annahmen nicht korrekt waren, können die tatsächlichen Ergebnisse sowohl positiv als auch negativ wesentlich von denjenigen Ergebnissen abweichen, die in der zukunftsgerichteten Aussage als antizipierte, geglaubte, geschätzte, erwartete, beabsichtigte, geplante oder projizierte Ergebnisse genannt worden sind. Siemens übernimmt keine Verpflichtung und beabsichtigt auch nicht, diese zukunftsgerichteten Aussagen zu aktualisieren oder bei einer anderen als der erwarteten Entwicklung zu korrigieren.

Marken sind ebenso in diesem Dokument erwähnt und sind Eigentum der Siemens AG, der Tochtergesellschaften oder deren jeweiligen Eigentümer.

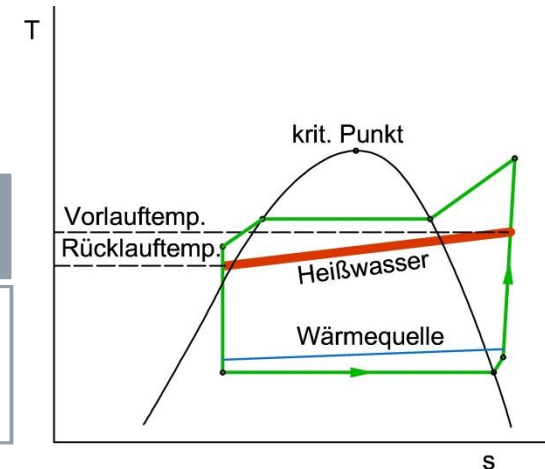
Wärmepumpenprozess



Eine Wärmepumpe ist eine Maschine, die unter Aufwendung von technischer Arbeit thermische Energie aus einem Reservoir mit niedrigerer Temperatur aufnimmt und zusammen mit der Antriebsenergie als Nutzwärme auf ein zu beheizendes System mit höherer Temperatur überträgt.



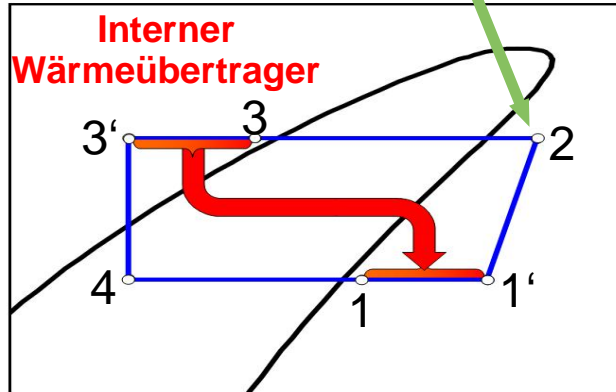
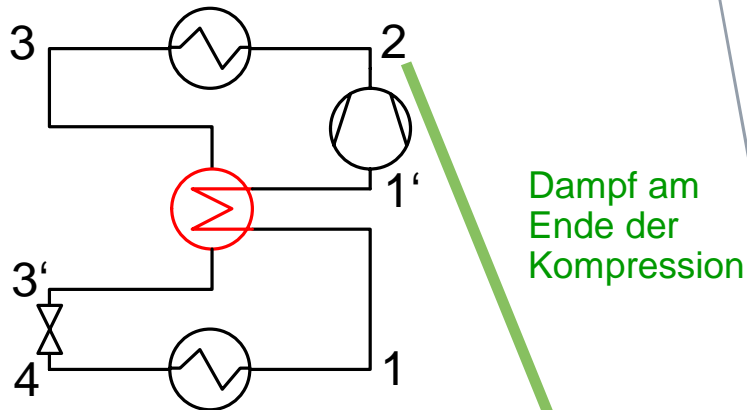
Temperatur- Entropie Diagramme



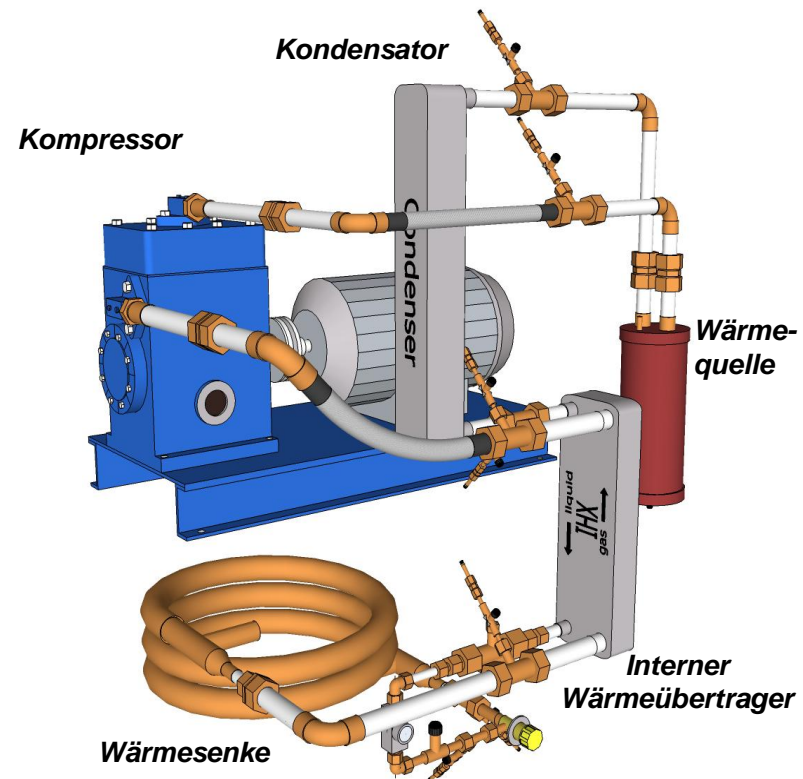
Coefficient of Performance (COP)	
$\text{COP} = \frac{\text{Heizleistung}}{\text{el. Antriebsleistung}}$	

Funktionsprinzip der Hochtemperaturwärmepumpe und Aufbau des Technologiedemonstrators

Funktionsprinzip



Technologiedemonstrator



TopES Anlagenkonzept

Ausführungsmöglichkeiten und Optimierungspotenzial

Backup

Variante A

Indirekte Wärmeübertragung – Zwischenkreisläufe zum Kondensator und Verdampfer



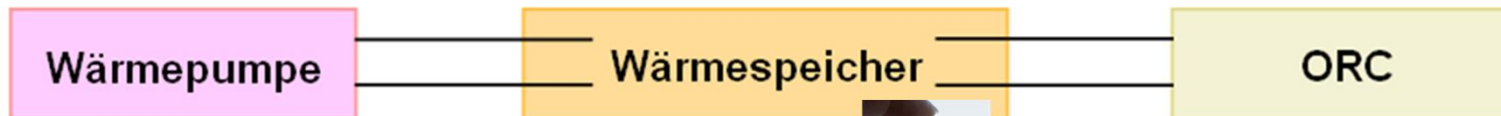
Variante B

Indirekte Wärmeübertragung – Kondensation und Verdampfung im Speicher

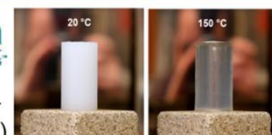
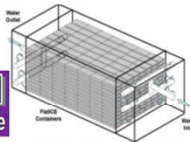


Variante C

Direkte Wärmeübertragung – Kondensation und Verdampfung am Speichermedium



± 5%-Punkte
"round trip efficiency"



ORC: Organic Rankine Cycle

UHMW-Polymer
(ultra high molecular weight)

PCM: Phase Change Material

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

© Siemens AG 2015. Alle Rechte vorbehalten

Power and Gas, PG TI IER/Erlangen
Corporate Technology, CT RTC PET/Erlangen