

Die Bedeutung von Großwärmepumpen im Kontext der Tiefengeothermie

Dr. Ing. Felix Loistl, Strategie Geothermie
23.10.2024

Geothermiekongress 2024, Potsdam

Öffentlich

SWM Lösungen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung

M/Wärmepumpe

NEU

Einfamilienhäuser

Mehrfamilienhäuser



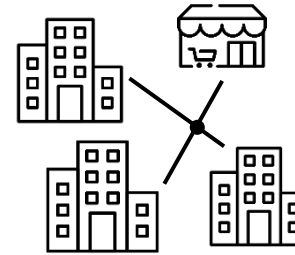
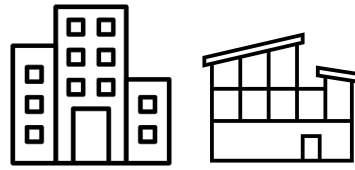
Standardisiertes Produkt- & Lösungsgeschäft

M/Nahwärme

NEU

Baublöcke und Gewerbe

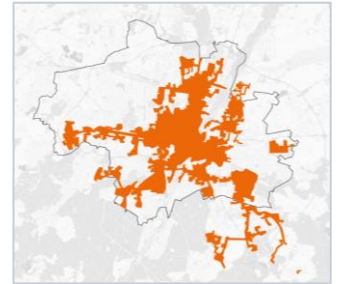
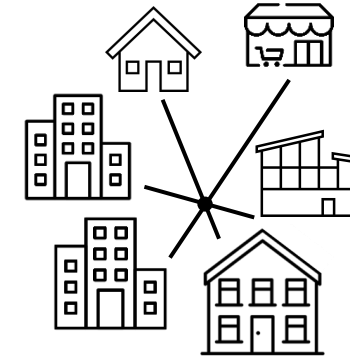
Straßenzüge und Quartiere



Netzgebundenes Projekt- & Contractinggeschäft

M/Fernwärme

Liegenschaften im „Trafoplan“



Netzgebundenes Energieliefergeschäft

Transformationsweg

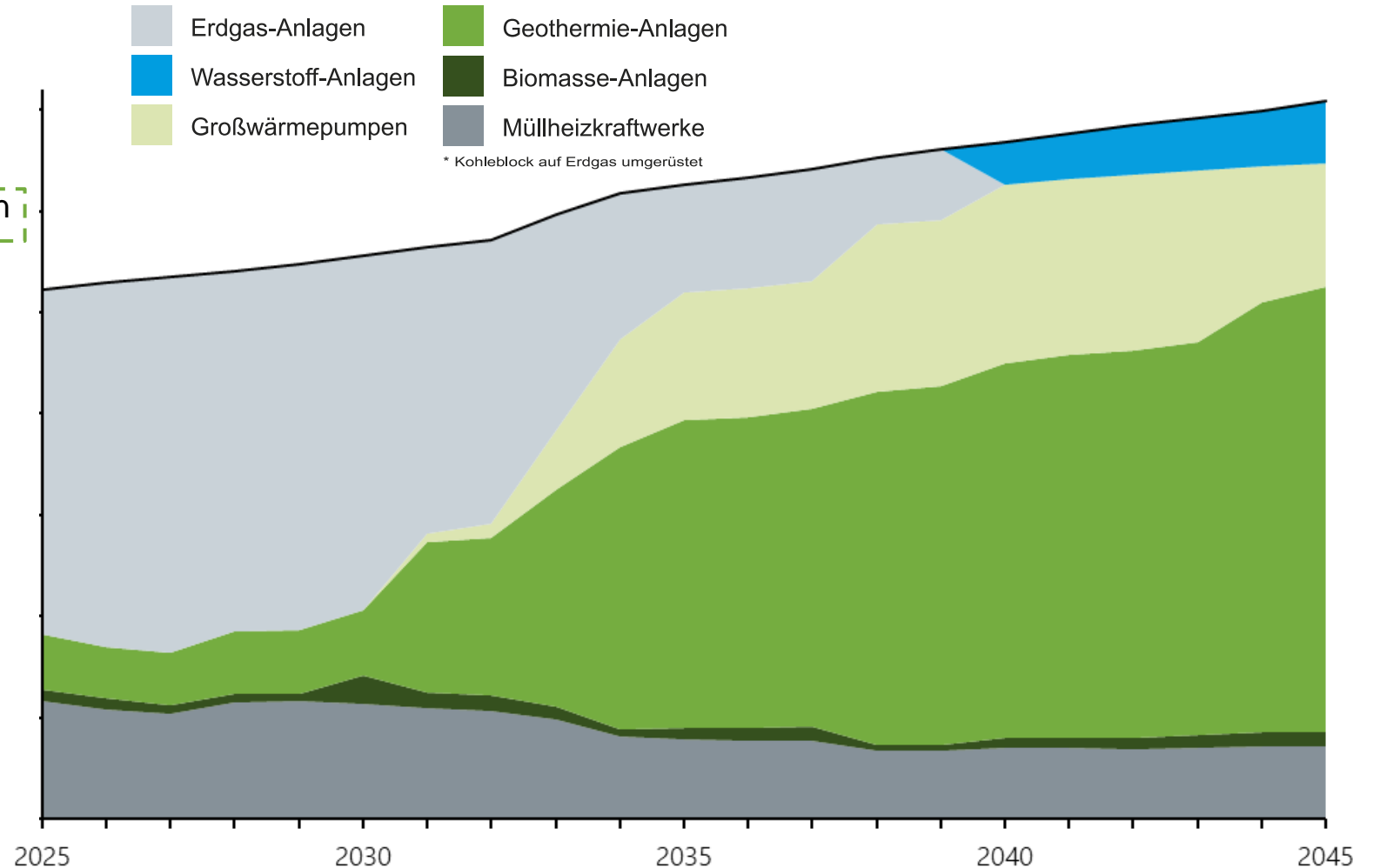
Wärmeerzeugungsseitig:

- ▶ Ausbau der Tiefengeothermie in und um München sowie Erweiterung um Großwärmepumpenanlagen
- ▶ Thermische Abfallverwertung, Biomasse, H2-Umstellung Bestandsanlagen

Kundenseitig:

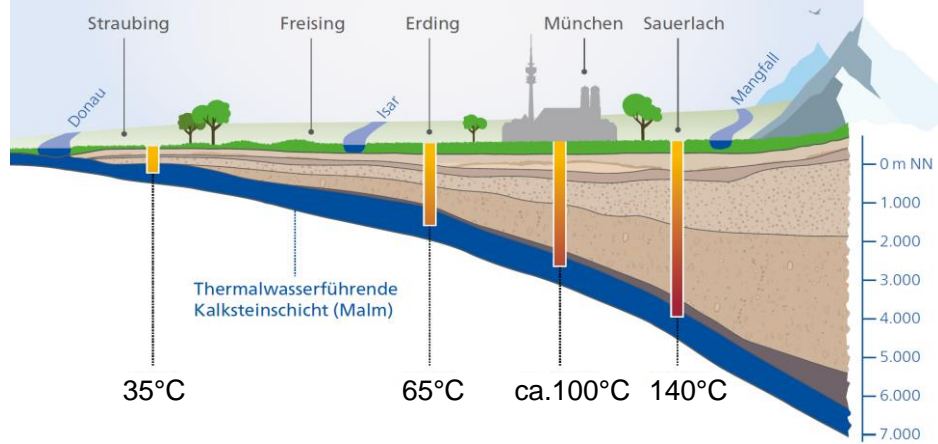
- ▶ Dampfnetzumstellung, Rücklauf- und Vorlauf-temperaturabsenkung (gebietsweise), Bau von Leitungen etc.

Entwicklung der Fernwärmeerzeugung nach Technologie



Eckdaten Tiefengeothermie als Voraussetzung für Großwärmepumpen

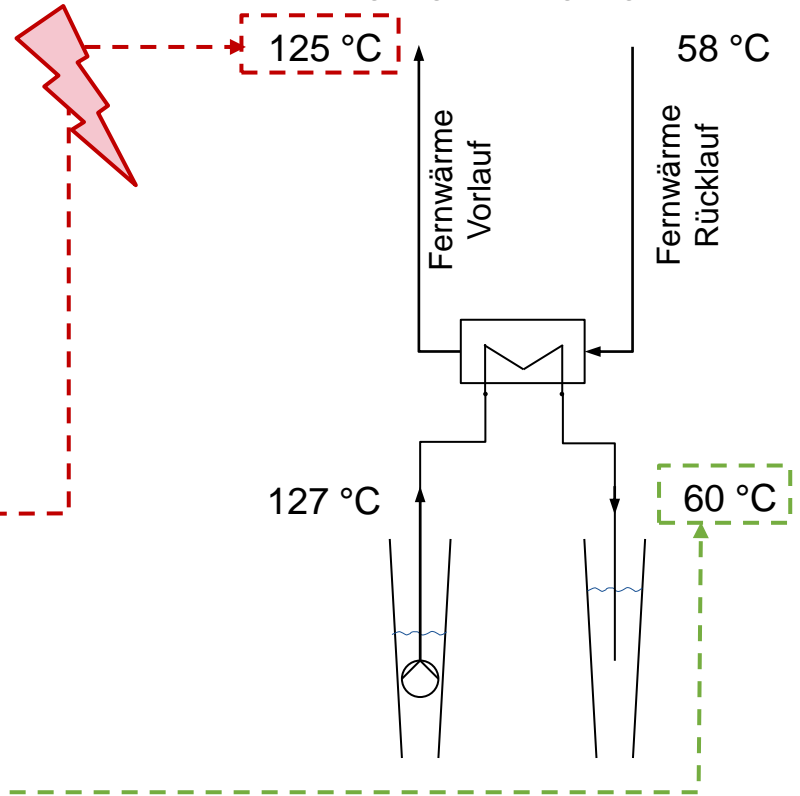
▸ Nord-Süd-Schnitt durch das Alpenvorland



Daraus ergibt sich:

- Bohrlochlänge: 2.500 - 5.500 m
- Thermalwassertemperaturen: 80 °C – 140 °C
- Thermalwassermenge: ≈ 80 – 130 l/s
- Thermische Leistung je Dublette: 10 – 40 MW (bei $T_{\text{Injektion}} \approx 60 \text{ °C}$)

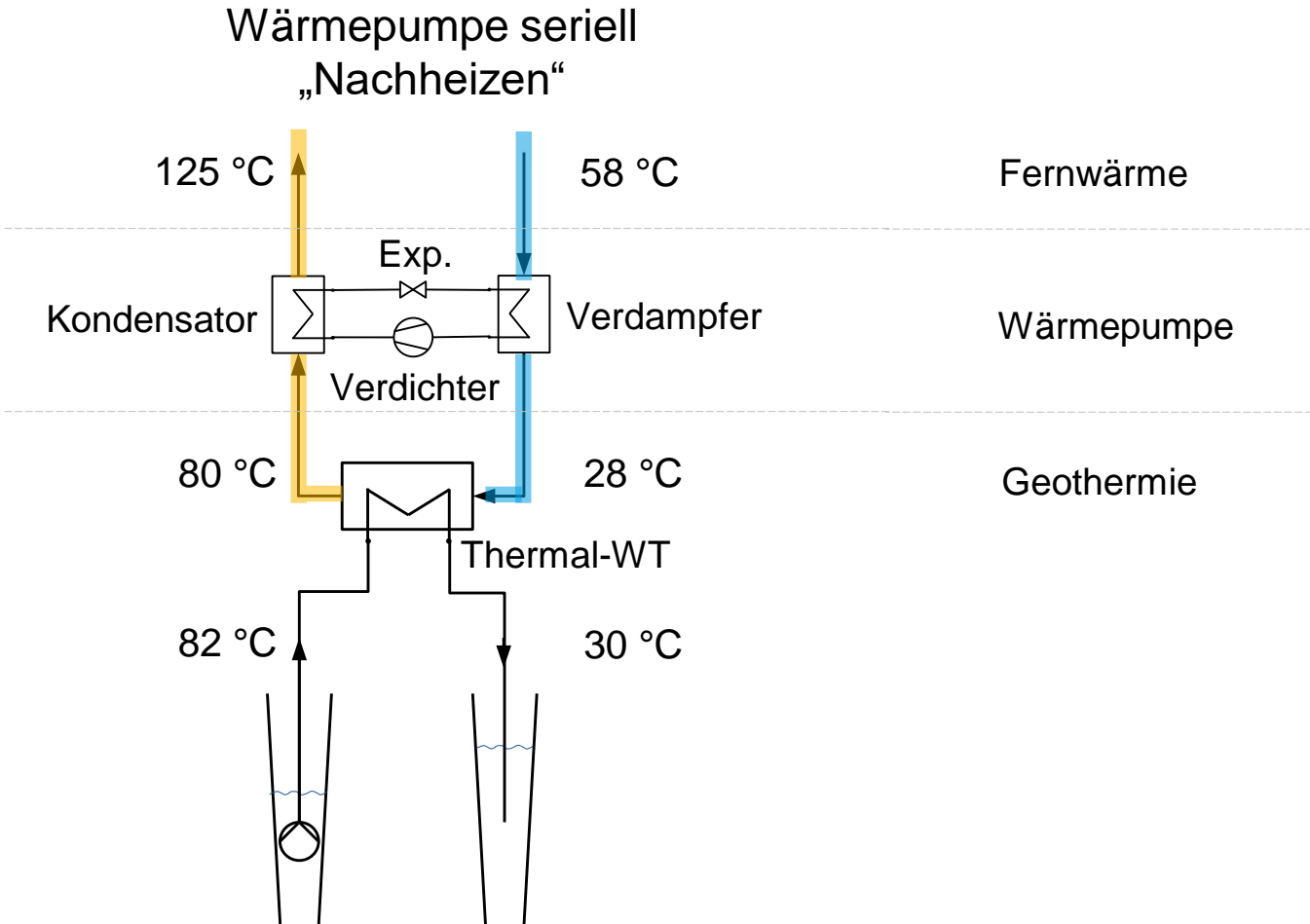
Notwendige T_{VL} bei Auslegungsbedingungen im Winter



Ungenutzte Wärmequelle auf vergleichsweise hohem Temperaturniveau

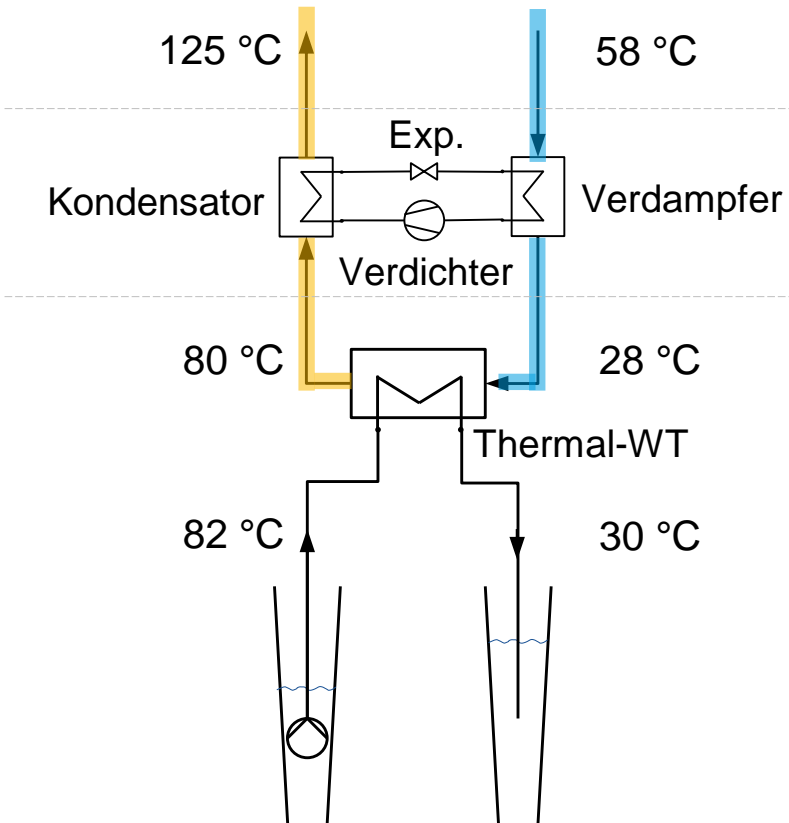
Mit der tieferen Auskühlung der Geothermie kann die Wärmequellenenergie effizient bereit gestellt werden

Einsatzarten für die Großwärmepumpen

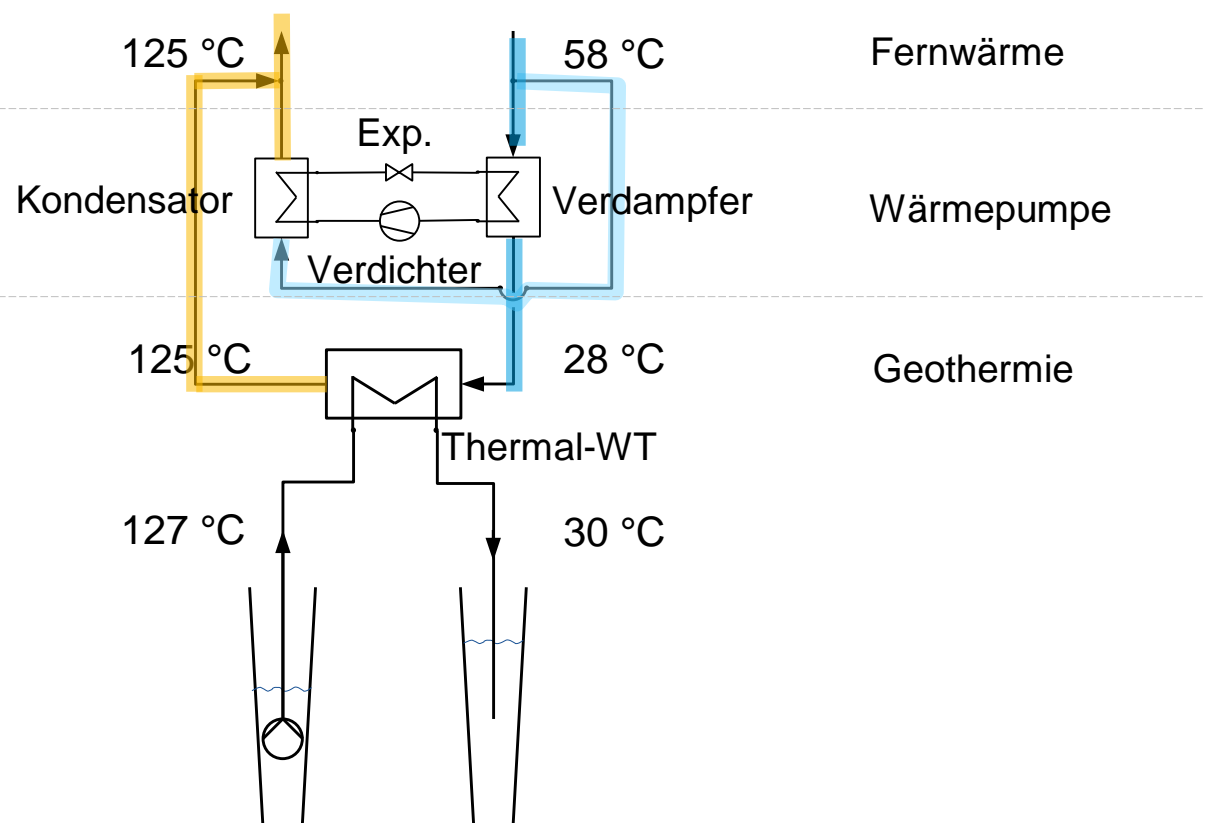


Einsatzarten für die Großwärmepumpen

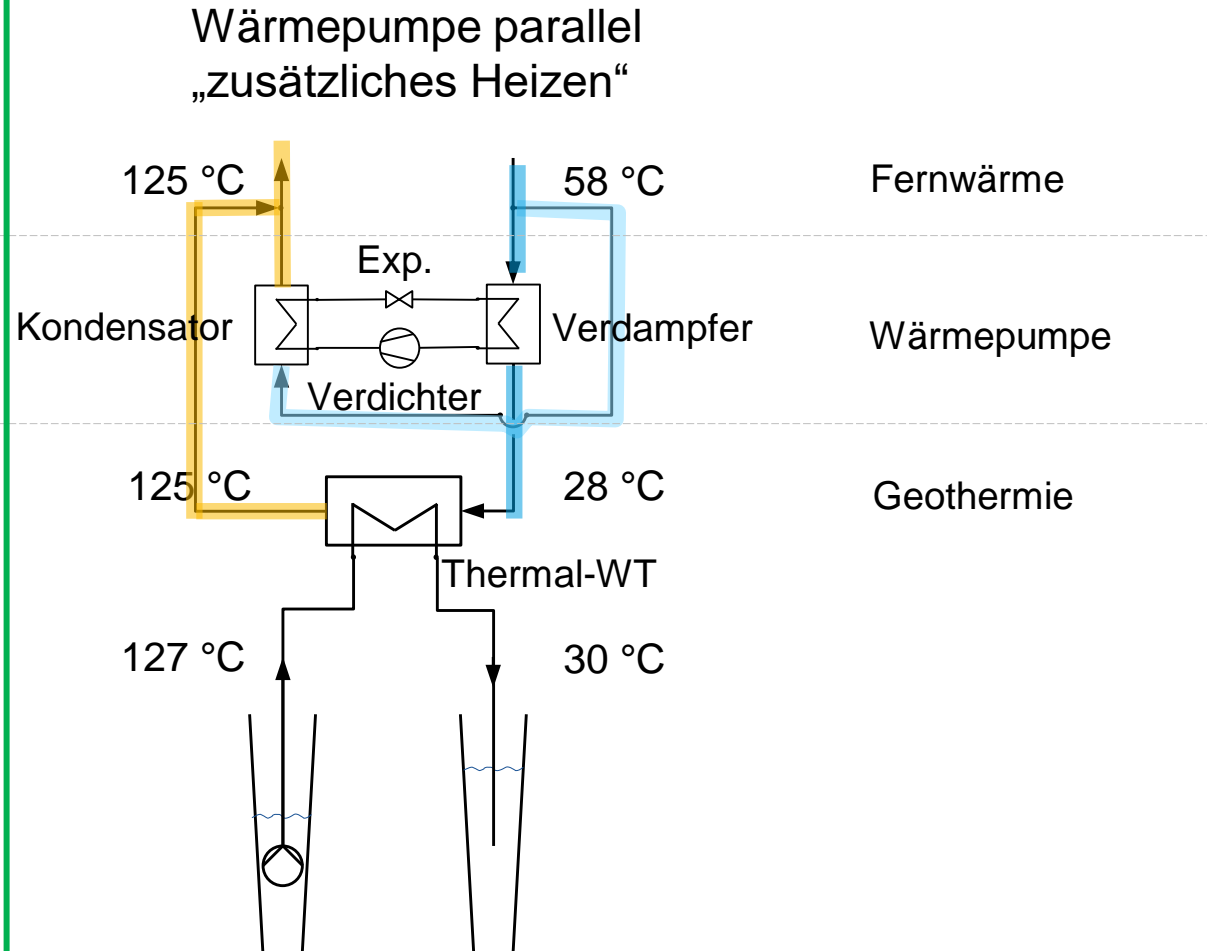
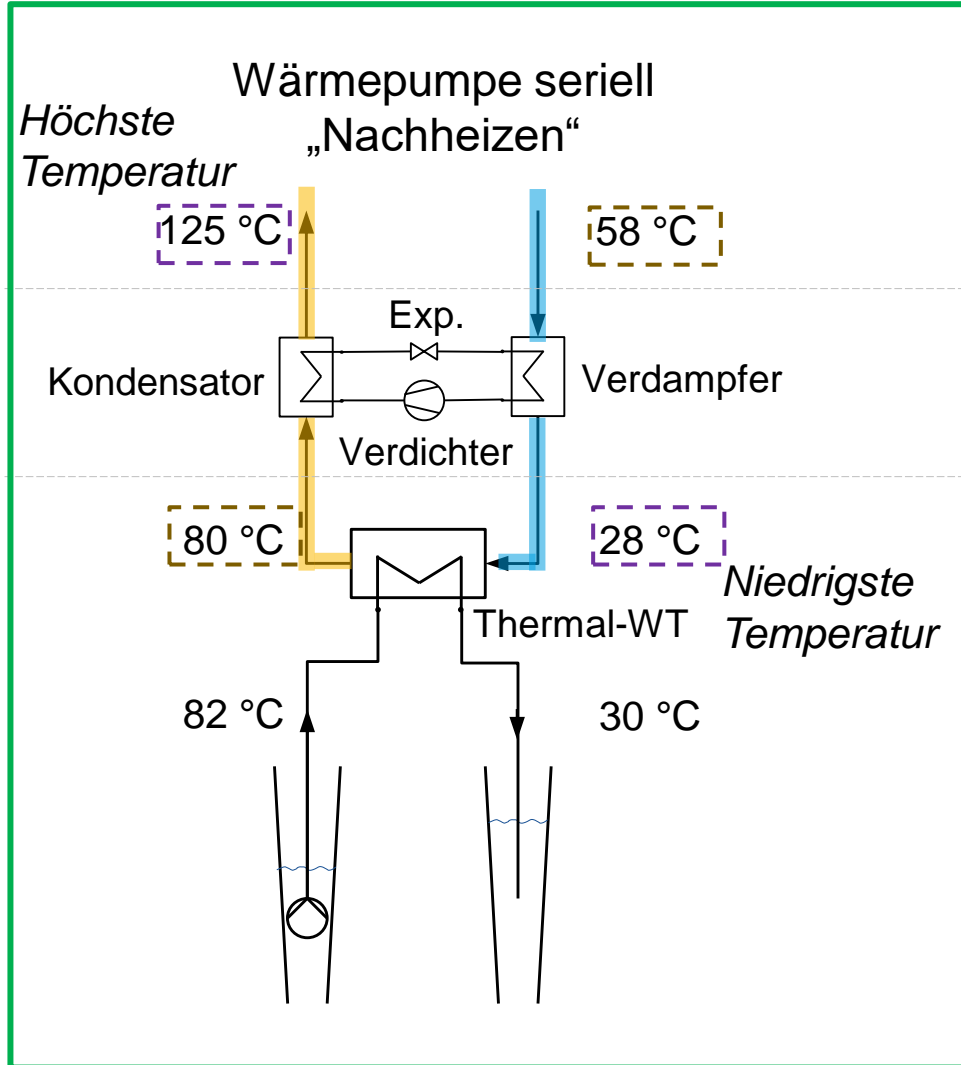
Wärmepumpe seriell
„Nachheizen“



Wärmepumpe parallel
„zusätzliches Heizen“

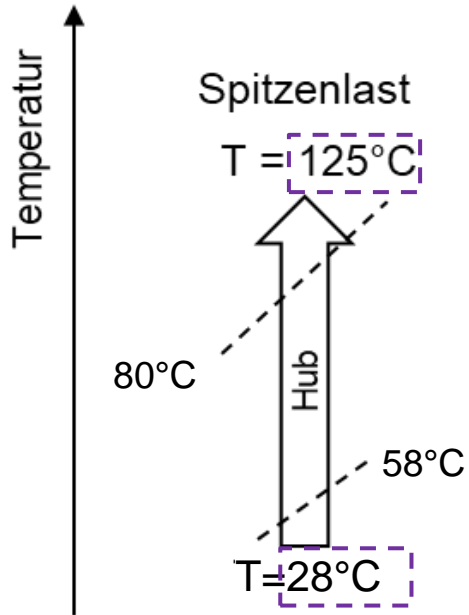


Einsatzarten für die Großwärmepumpen



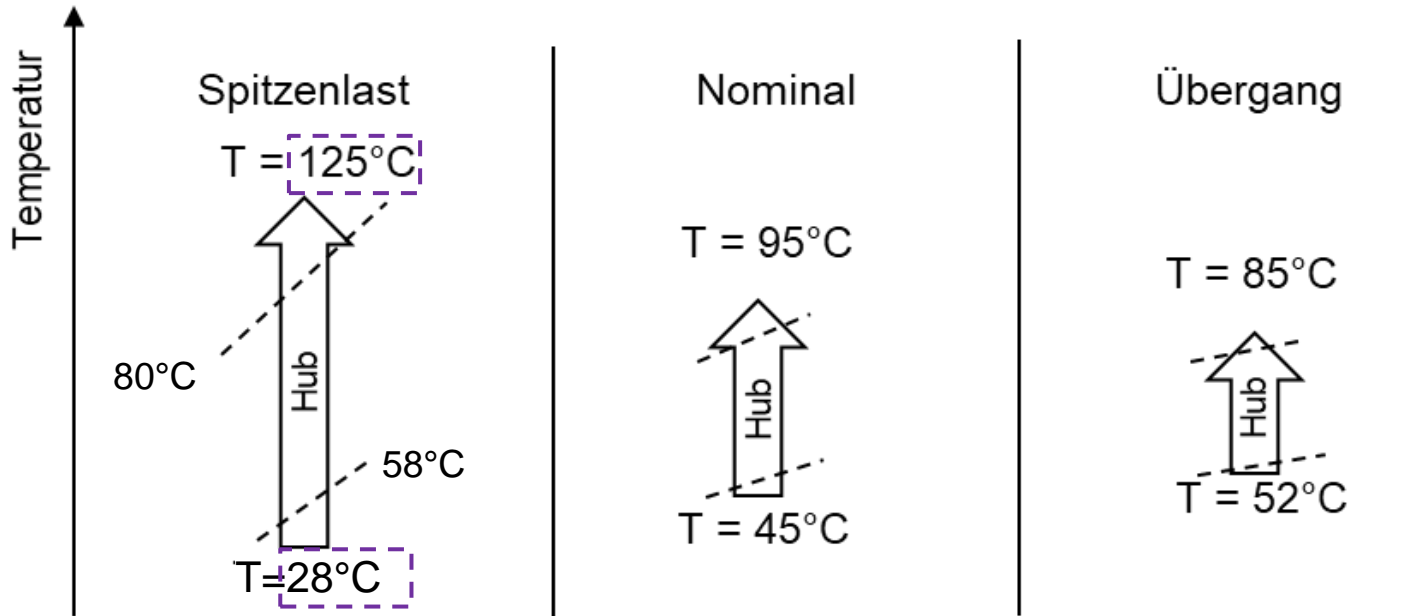
Verschaltung, Betrieb und Effizienz

- ▶ Effizienz der Wärmepumpe hängt maßgeblich von der Güte des Wärmepumpenprozesses und dem Temperaturhub zwischen Wärmezufuhr- und Wärmesenke



Verschaltung, Betrieb und Effizienz

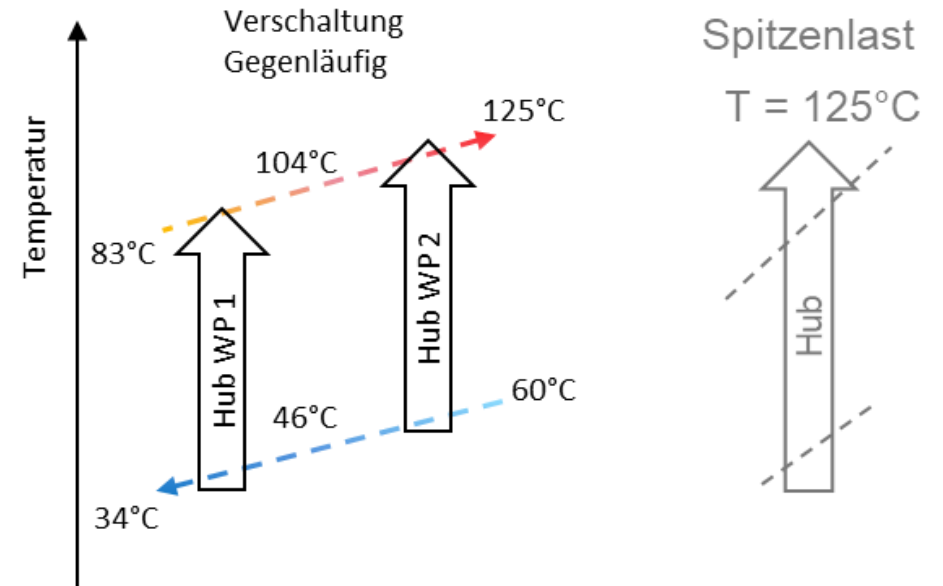
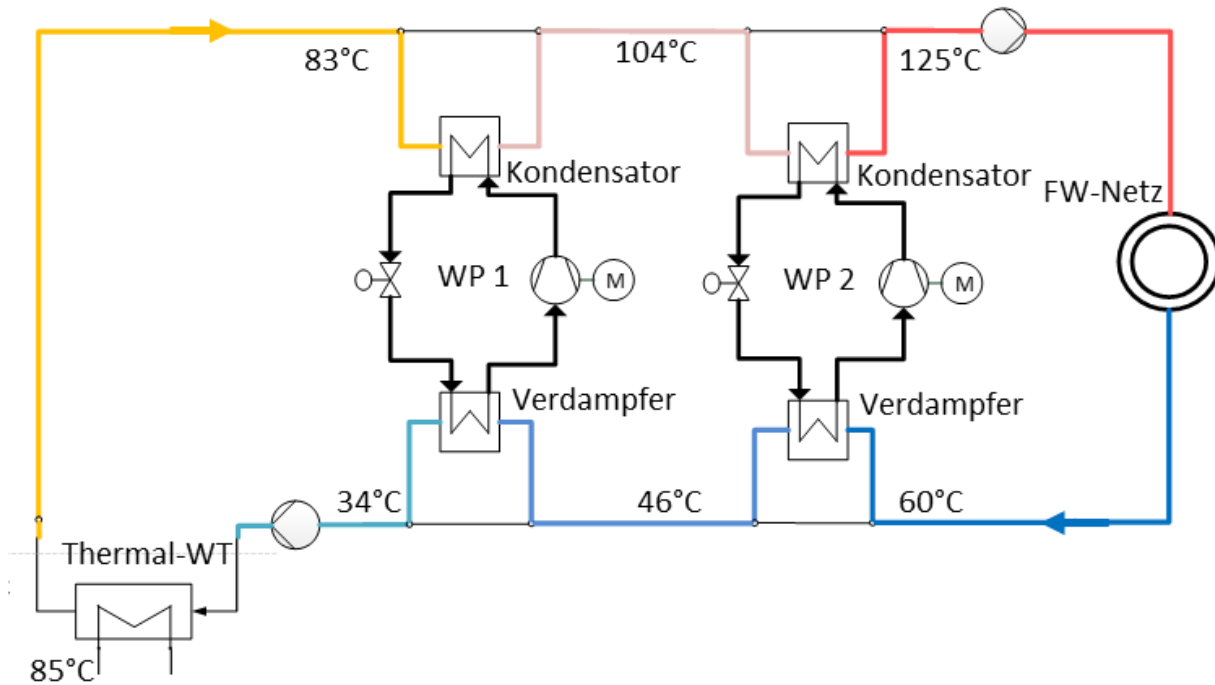
- ▶ Effizienz der Wärmepumpe hängt maßgeblich von der Güte des Wärmepumpenprozesses und dem Temperaturhub zwischen Wärmezufuhr- und Wärmesenke
- ▶ Gleitender Betrieb der Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur ($T_{VL} = 125^{\circ}\text{C} \dots 85^{\circ}\text{C}$)
- ▶ Nachheizbetrieb: Vorlauftemperatur und Leistung sowie Temperaturspreizung ändert sich nach Betriebsfall



- ▶ Spitzenlastbetrieb nur zu sehr wenigen Betriebsstunden, Nominaler Betrieb häufiger und effizienter

Verbesserung durch Hydraulische Verschaltung

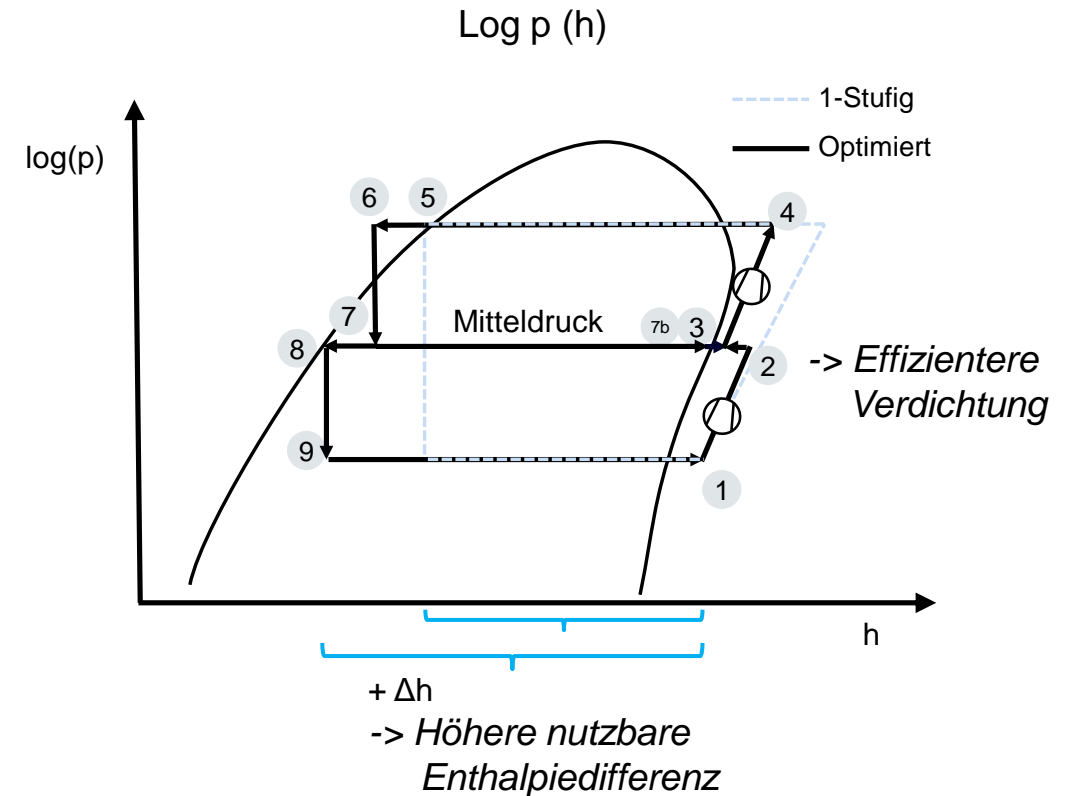
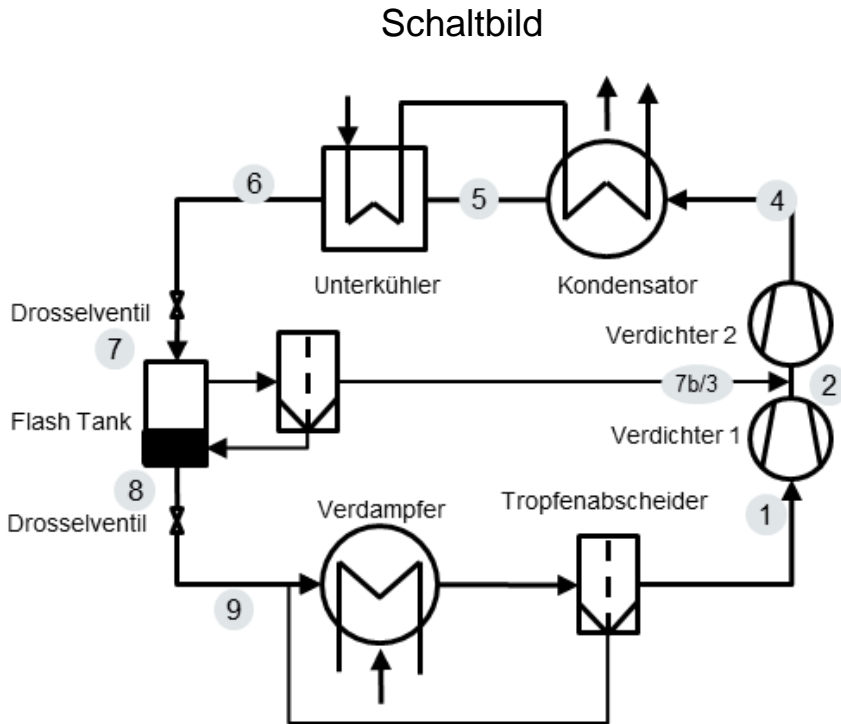
- ▶ Verschiedene Hydraulische Verschaltungen möglich
- ▶ Beispiel: Verringerung des Hubs durch eine serielle, gegenläufige Verschaltung zweier WP



- ▶ Sinnvolle Anzahl an WP mit optimierter Auslegung auf nominale Bedingung, Deckung aller Betriebspunkte und Redundanz

Kältekreisprozess

- ▶ Verschiedene Optimierungsmöglichkeiten über die Kältekreislaufgestaltung
- ▶ Möglicher Aufbau einer Anlage mit zweistufiger Verdichtung



Übersicht an Low-GWP Kältemitteln für Großwärmepumpe

- Auswahl an Low-GWP Kältemittel in Kontext zu Wärmequellen- und senkentemperatur von Wärmepumpenanwendungen in der Tiefengeothermie (SWM)

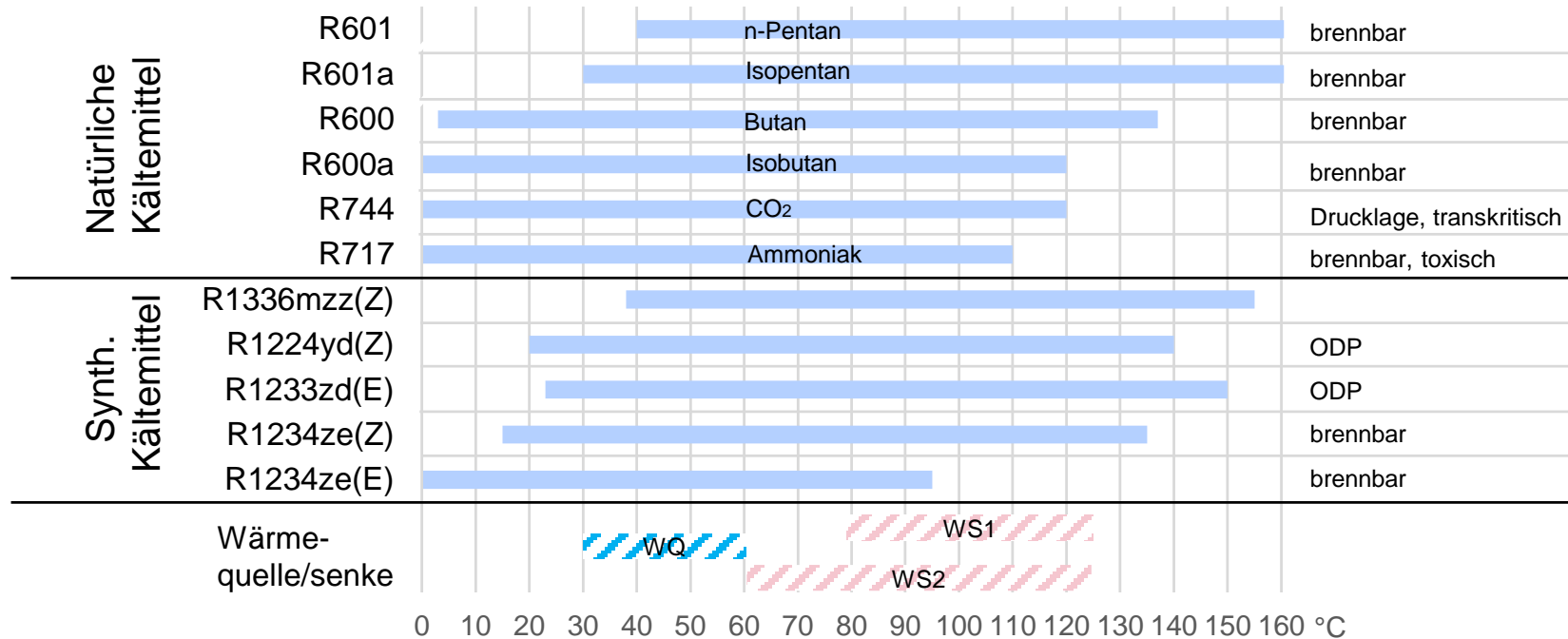
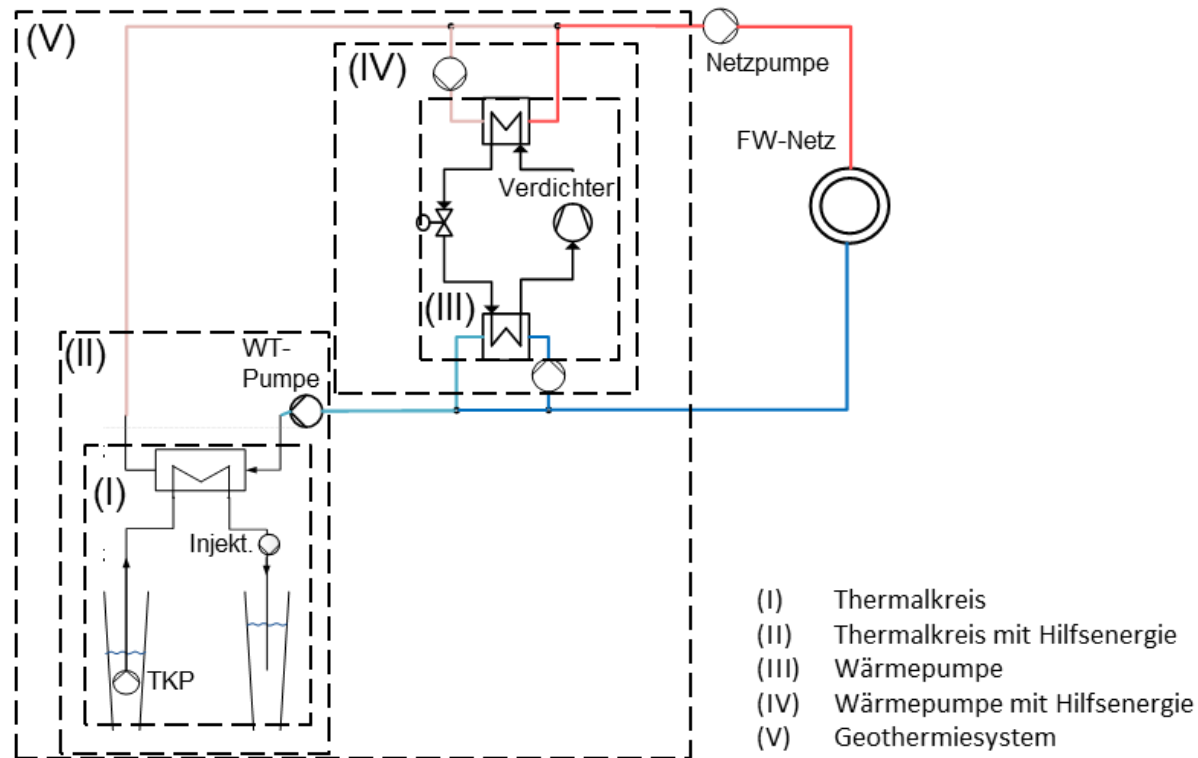


Abbildung modifiziert von Arpagaus

- Begrenzter Herstellermarkt, Kältemittel der Hersteller beachten

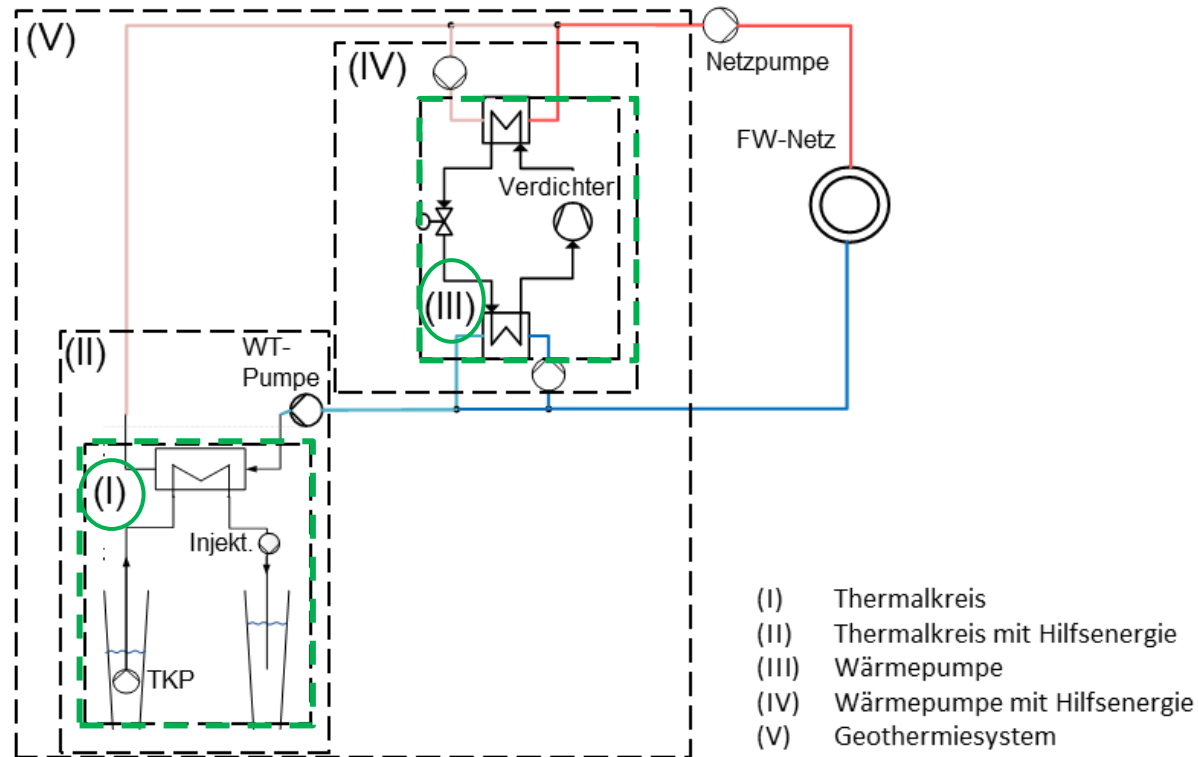
Systemgrenzen und Szenarienbetrachtung

- ▶ Systemgrenzen zur vergleichbaren energetische Bewertungen und Optimierungen
- ▶ Zeitintervall und Betriebssituation mit einbeziehen



Systemgrenzen und Szenarienbetrachtung

- ▶ Hauptenergieverbraucher werden betrachtet: Bilanzräume (I) Thermalwasserkreis und (III) Wärmepumpe
- ▶ Einfache Systembetrachtung zur Bewertung der Wechselwirkung von WP und Geothermie



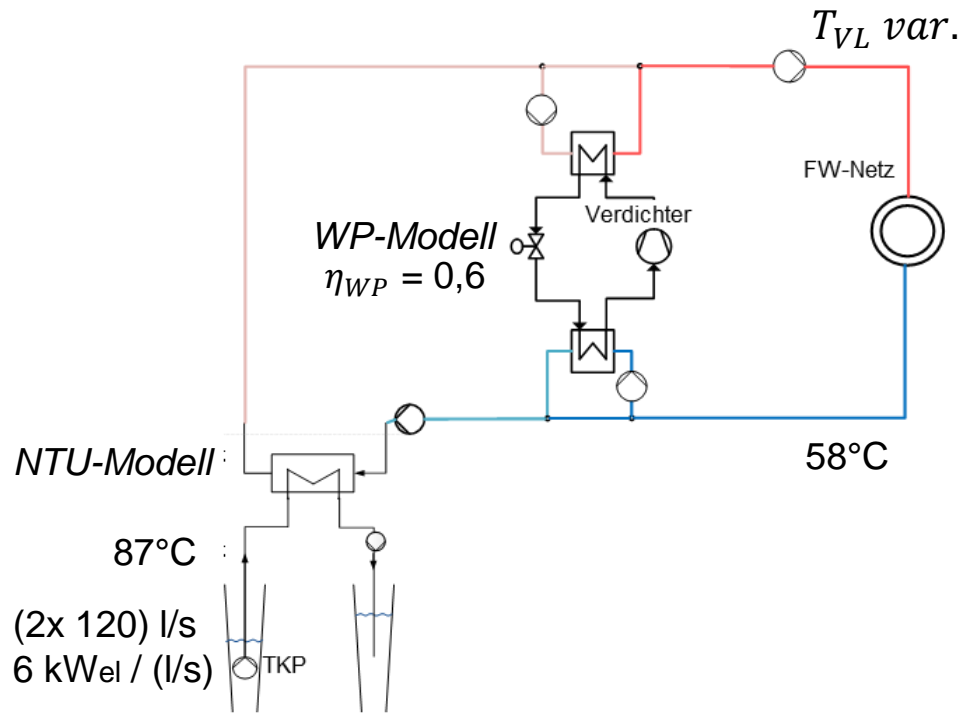
Systemgrenzen und Szenarienbetrachtung

Annahmen: Geothermieanlage mit 2 Dubletten mit je 120 l/s pro Förderbohrung.

Eingabegrößen	Wert	Eingabegrößen	Wert
Thermalwassertemperatur	87 °C	Grädigkeit GT-WT	2 K
Gesamt-Fördervolumenstrom	240 l/s	Grädigkeit Verflüssiger	2 K
Spez. Stromverbrauch TKP	6 kW _{el} / (l/s)	Grädigkeit Verdampfer	2 K
Rücklauftemperatur Fernwärme	58 °C	Carnot-Güte-Grad WP	0,6

Vereinfachtes iteratives Modell:

- NTU Modell im Gegenstrom für Thermal-WT
- WP mit Carnot-COP



-> 4 verschiedene Szenarien werden betrachtet

Systemgrenzen und Szenarienbetrachtung

Annahmen: Geothermieanlage mit 2 Dubletten mit je 120 l/s pro Förderbohrung.

Eingabegrößen	Wert	Eingabegrößen	Wert
Thermalwassertemperatur	87 °C	Grädigkeit GT-WT	2 K
Gesamt-Fördervolumenstrom	240 l/s	Grädigkeit Verflüssiger	2 K
Spez. Stromverbrauch TKP	6 kW _{el} / (l/s)	Grädigkeit Verdampfer	2 K
Rücklauftemperatur Fernwärme	58 °C	Carnot-Güte-Grad WP	0,6

Vereinfachtes iteratives Modell:

- NTU Modell im Gegenstrom für Thermal-WT
- WP mit Carnot-COP

Ergebnis:

Szenarien	T_{VL} °C	$\dot{Q}_{Hz,ges}$ MW	\dot{Q}_{WP} MW	$\dot{Q}_{GT,Hz}$ MW	\dot{Q}_{WT} MW	COP_{GT} [-]	COP_{WP} [-]	COP_{ges} [-]
Spitzenlast Betrieb	125	65,5	39,07	26,4	50,0	18,3	2,5	3,9
Spitzenlast mit WP-Kaskade	125	65,5	39,1	26,4	52,0	18,3	2,9	4,4
Nominaler Betrieb	95	36,2	9,2	27,0	34,2	18,8	4,6	11,0
Übergangszeit	85	27,5	0,0	27,5	27,5	19,2	-	19,2

- ▶ Nominaler Betrieb mit deutlich höherer Gesamteffizienz als Spitzenlast aufgrund besseren COP_{WP} und höheren Heizanteil durch die Geothermieanlage
- ▶ Erhöhung der Effizienz durch optimierte Auslegung, Verschaltung und Betriebsweisen
- ▶ Höhere Thermalwassertemperaturen führen zu höherer Effizienz (COPs > 30 möglich)

Zusammenfassung und Herausforderungen

- ▶ Großwärmepumpen spielen in der Tiefengeothermie bei der Fernwärme-De karbonisierung eine bedeutende Rolle
- ▶ Auskühlung des Thermalwassers als effiziente Wärmequelle für die Wärmepumpe
- ▶ Optimierung mit hydraulischen Verschaltungsvarianten, angepasster Kältekreisauslegung und Betriebsweisen

Herausforderungen:

- ▶ Geeignetes Kältemittel für die Anwendung und Betriebstemperaturen
- ▶ Optimiertes Anlagenkonzept unter Berücksichtigung der Herstellerlösung
- ▶ Bei hohen Wärmepumpenleistungen:
 - ▶ Großer Platzbedarf in der Energiezentrale
 - ▶ Hoher Stromanschlusswert -> Frühe Klärung mit dem Netzbetreiber notwendig
 - ▶ Hohe Investitionskosten -> BEW-Kostenförderung für Investitionen und Betrieb möglich

**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit.**