

# Kombinierte Wärme- & Kälteversorgung für Gemeinde & Industrie im Energieverbund Waldbronn



6. Internationaler Großwärmepumpen Kongress, 23.06.2022, München

Andreas Marquard, Wolfgang Frenzel, Gero Mey | EnBW Contracting GmbH

# Energie mit Zukunftsgarantie.

## Überblick über den EnBW-Konzern



Umsatz  
**32.147,9** Mio. €



Adjusted EBITDA<sup>1</sup>  
**2.959,3** Mio. €



Mitarbeiter\*innen  
**26.064**



Anzahl Kunden  
B2C und B2B  
Rund **5,5** Millionen



Installierte  
Kraftwerksleistung  
**12.722** MW



davon erneuerbare  
Energien  
**5.100** MW



Netzlänge Strom  
**146.000** km



Netzlänge Gas  
**26.000** km

<sup>1</sup> Das um neutrale Effekte bereinigte Ergebnis vor Beteiligungs- und Finanzergebnis, Ertragsteuern und Abschreibungen.

# Innovativ & individuell Ihre EnBW Energiepartnerschaft



## 1. Energie mit Zukunftsgarantie.

- Unsere Überzeugung
- Überblick über die EnBW
- EnBW Contracting stellt sich vor

## 2. Ihre Ziele. Unsere Verantwortung.

- Contracting – Ihr Lösungsbaustein
- Verantwortung mit Vorteilsgarantie
- Unser klimafreundliches Lösungsportfolio

## 3. Gemeinsame Energiepartnerschaft.

- Unser Beitrag für Ihren Erfolg
- Schritt für Schritt zum gemeinsamen Ziel

## 4. Referenzprojekte.

- Industriepark Walsrode
- Energieverbundzentrale Waldbronn
- Digitale Referenzen

1. Gesamtverbund EVBZ Waldbronn
2. Wärmepumpe
3. Gleichzeitig Wärme & Kälte: Betriebsdaten
4. Fazit | Ausblick | Diskussion

1

Gesamtverbund EVBZ Waldbronn



### Erstkontakt

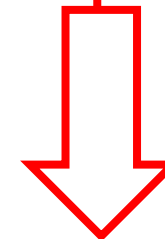
- 09/2014 – **300. EnBW Netzwerktreffen**

### Bedürfnisse der Partner

- Fa. Agilent - NEUBAU Technologiezentrum
- Waldbronn - Eistreff & Freibad
- Fa. Taller - Ersatz R22-Kälteversorgung
- EnBW - Wirtschaftliches Gesamtkonzept und Vertragsgleichheit

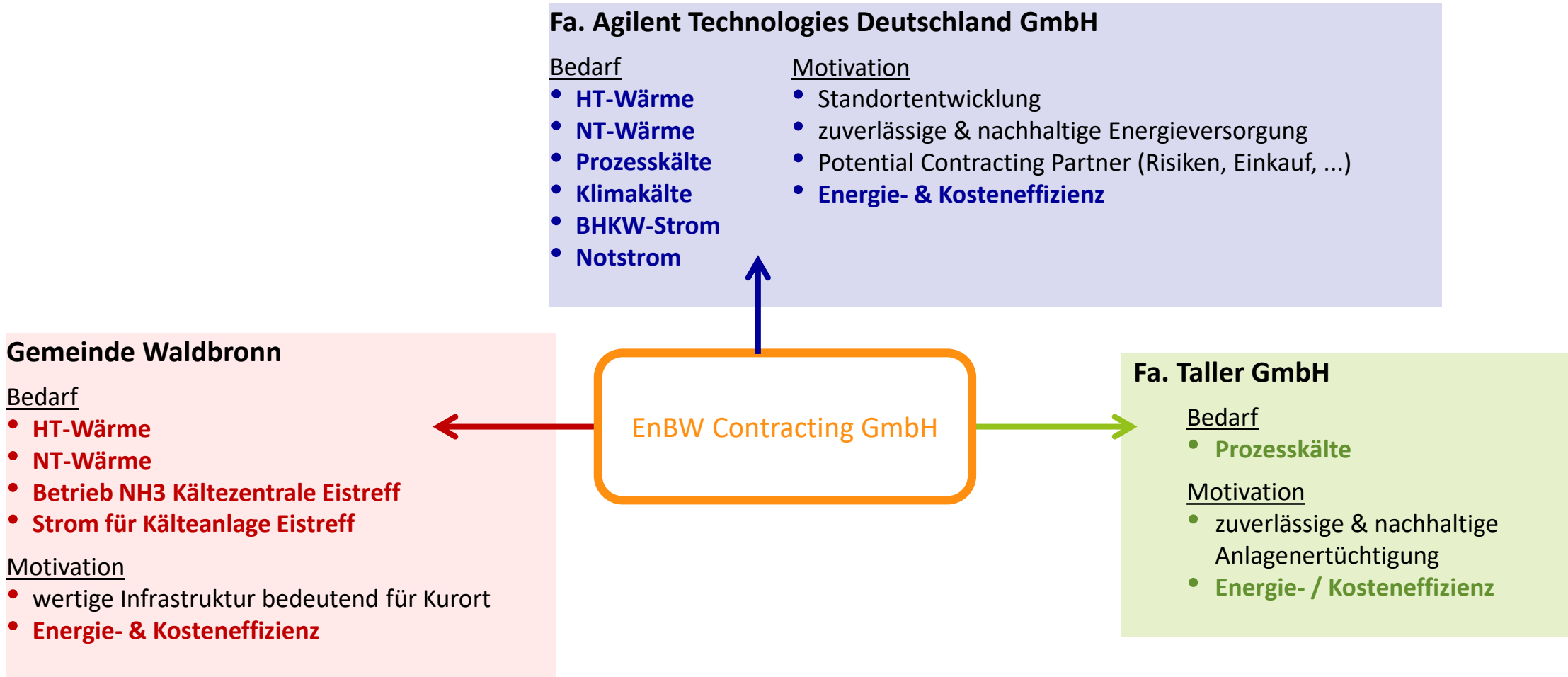
### Projektverlauf

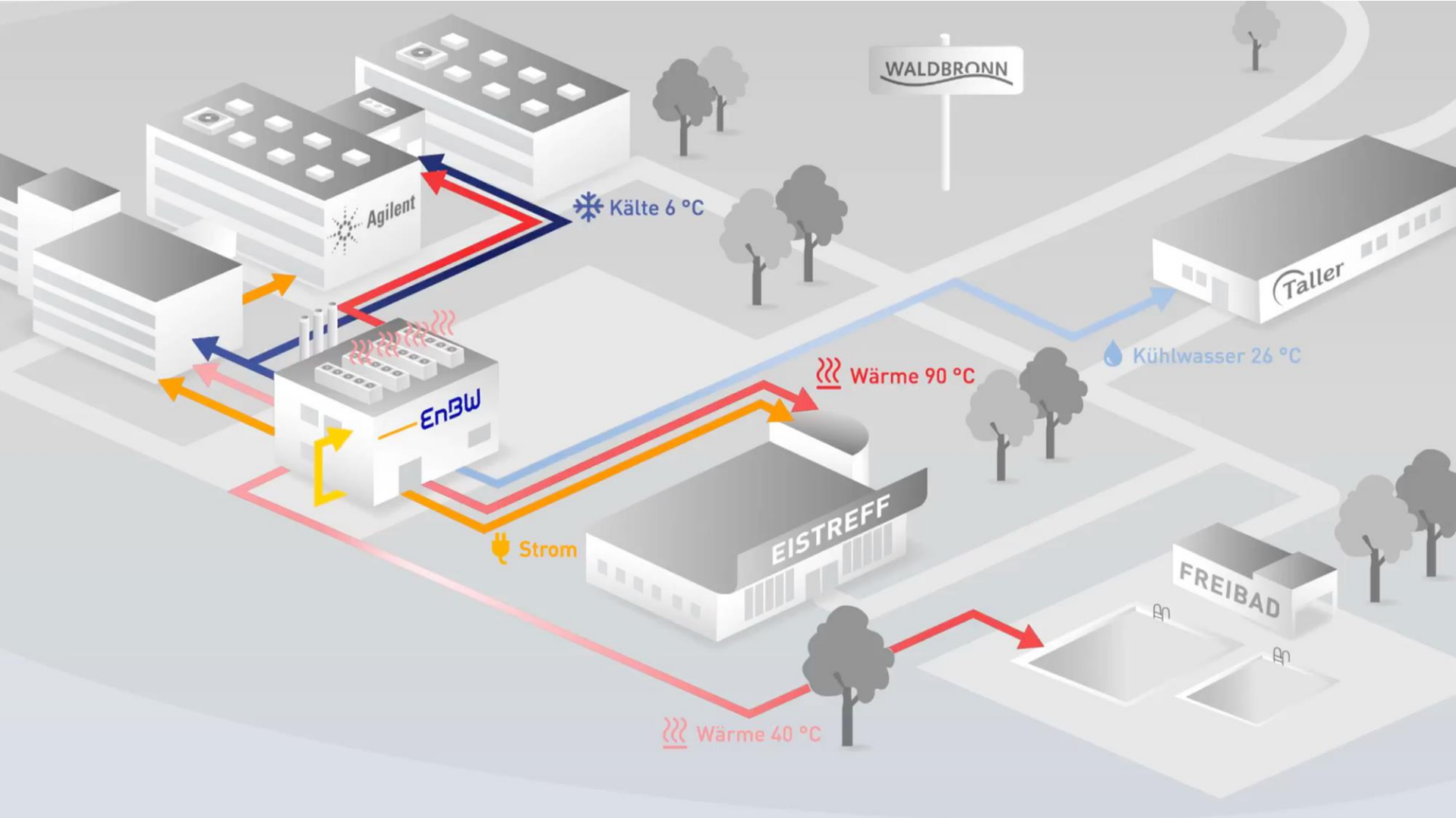
- 2016 - Beauftragung
- 2017 - IBN
- 18/19 - Regelbetrieb & diverse Justierungen
- **20/21 - Regelbetrieb**
- 2022 - Erweiterung Nahwärmenetz
- 2023 - Erweiterung Fuel Switch



# Gesamtverbund EVBZ Waldbronn

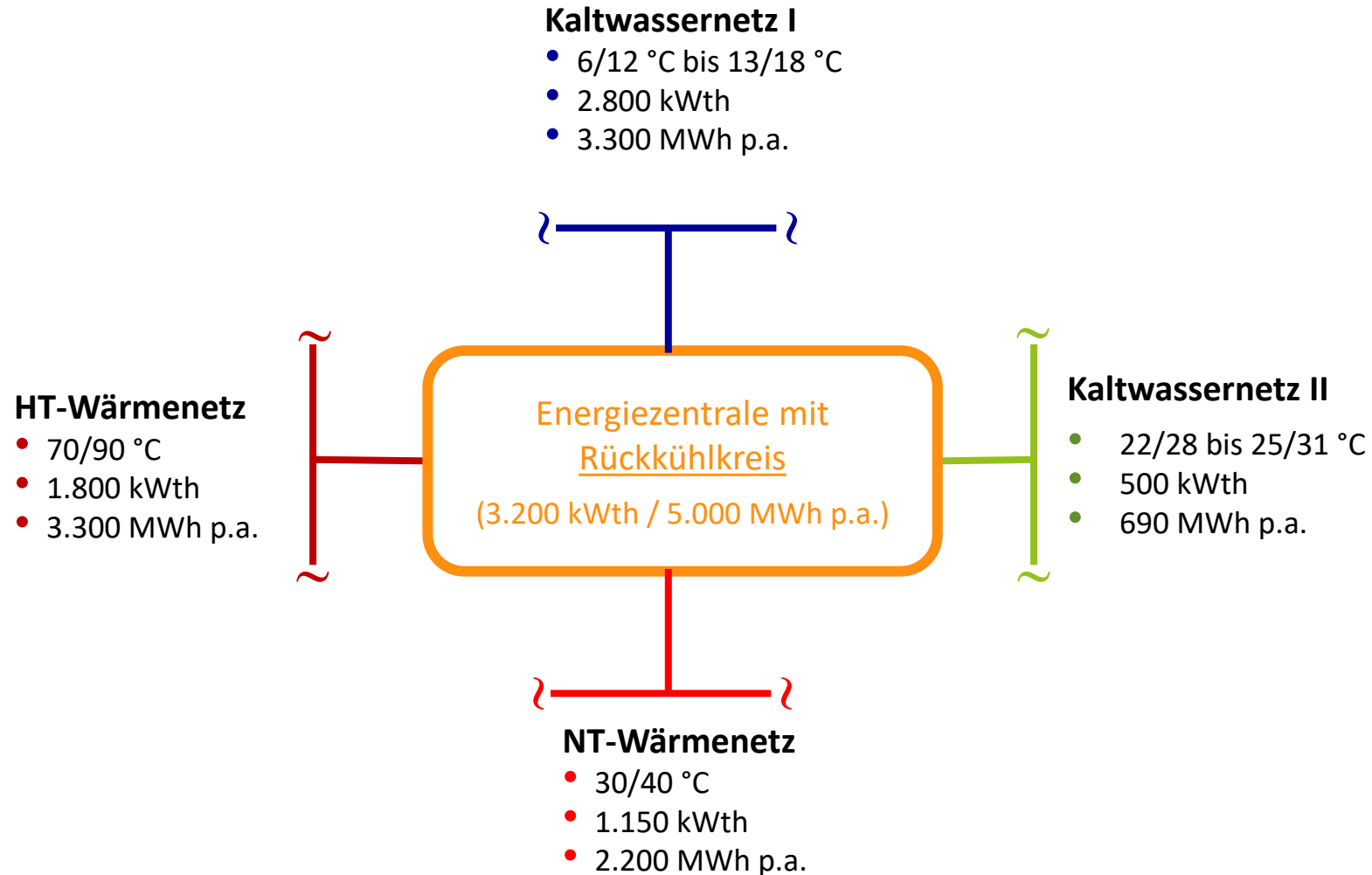
## Teilnehmer & Bedarfsstruktur







## Aufgaben EnBW CG: Wärme- & Kältenetze versorgen (zzgl. Strom)

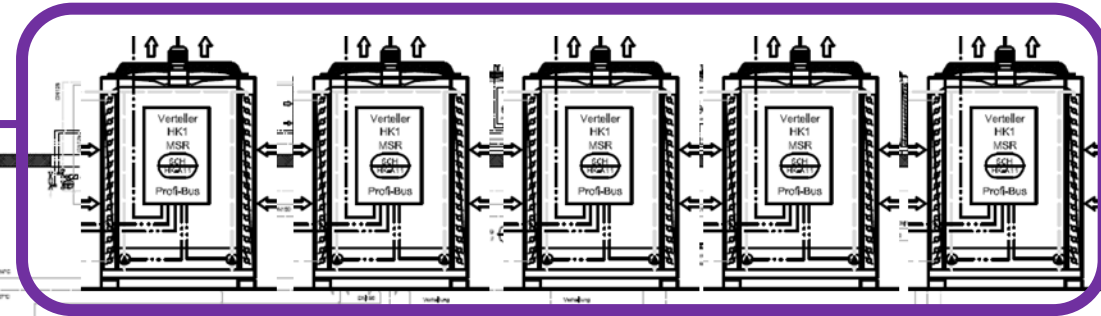


# Der Energieverbund Waldbronn

## Energiezentrale – Stand 2020

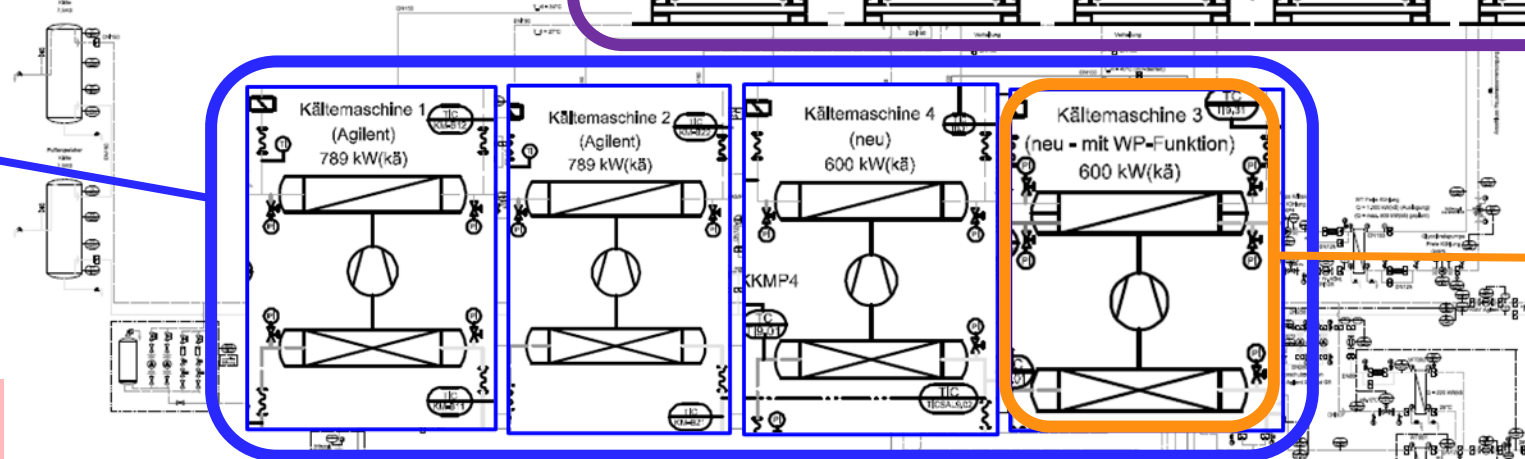
### Hybridkühler

- 4x 640 kW<sub>th</sub>
- 1x 620 kW<sub>th</sub>



### Kompressionskältemaschinen

- 2 x 790kW<sub>th</sub>
- 2 x 600kW<sub>th</sub>



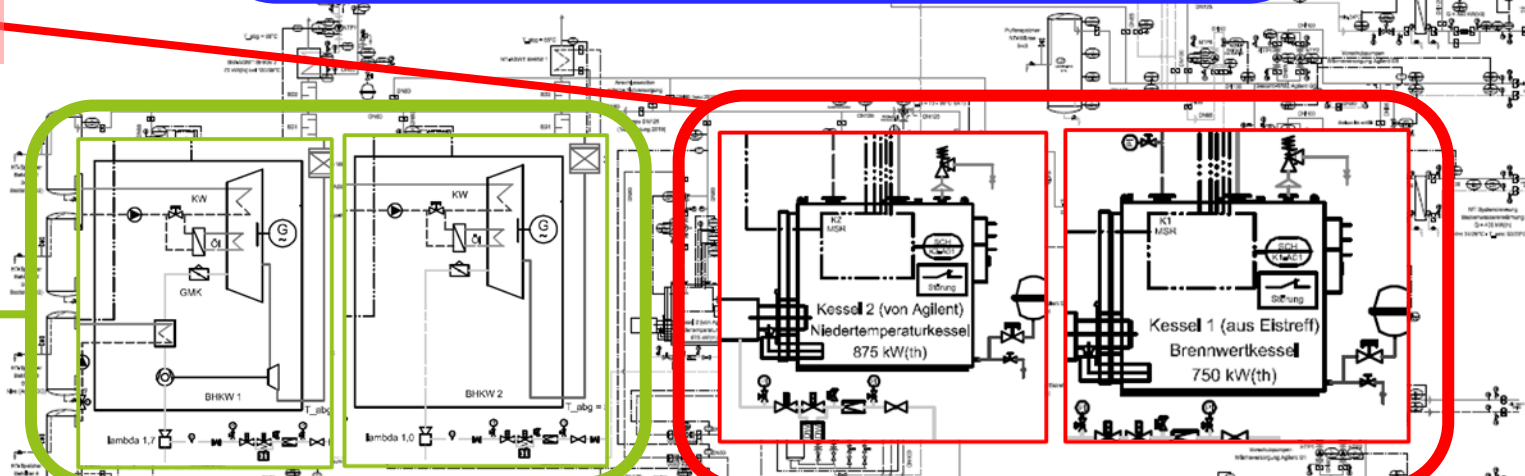
### Wärmepumpe

= „KKM3“ !

- 1 x 500 kW<sub>th</sub>

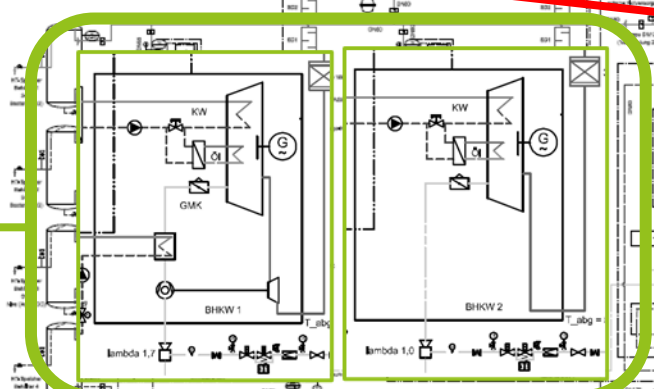
### Gaskessel

- 1 x 750 kW<sub>th</sub> (Brennwert)
- 1 x 875 kW<sub>th</sub>



### BHKWs

- 1 x 450 kW<sub>th</sub> / 340 kW<sub>el</sub>
- 1 x 380 kW<sub>th</sub> / 260 kW<sub>el</sub>



# Gesamtverbund EVBZ Waldbronn „Herzstücke“ der Energiezentrale



BHKW 337 kW el / 455 kW th



Wärmepumpe 500 kW th



Speicher für Kalt- und Heizwasser



Notstromversorgung 400 kVA

**Effizienter Energieverbund mit  
modernster Anlagentechnik**



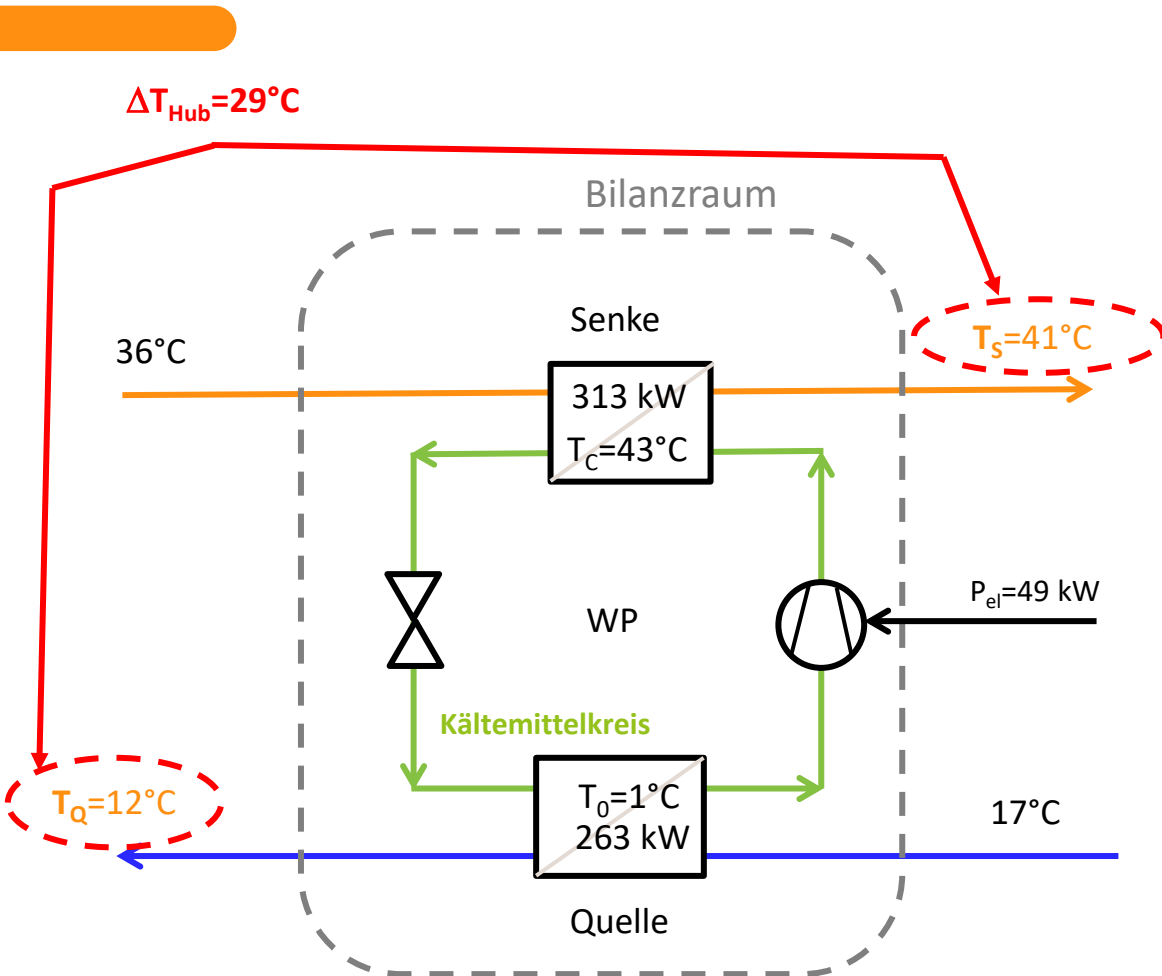
Hybrid Rückkühler 5 x ~600 kW th

# 2

## Wärmepumpe der EVBZ

# Wärmepumpe

## Grundlagen / „Planerische Brille“



### Basisbegriffe

- Heizleistung  $Q_{\text{Senke}} = \text{Kälteleistung } Q_{\text{Quelle}} + \text{elektrische Leistung } P_{\text{el}}$
- COP („coeff. of performance“) =  $\frac{\text{Heizleistung}}{\text{elektrische Leistung}}$
- JAZ / SCOP: Jahresmittel der Momentan COPs
- Temperaturen: Senke  $T_S$  & Quelle  $T_Q$ 
  - Temperaturhub  $\Delta T_{\text{Hub}} = T_S - T_Q$
- „Carnotwirkungsgrad“ =  $\frac{T_c}{T_c - T_0}$
- „Gütegrad“ =  $\frac{\text{realer Wirkungsgrad}}{\text{Carnot-Wirkungsgrad}} = \frac{\text{COP}}{\frac{T_c}{T_c - T_0}}$
- **Konzept „effektiver Gütegrad“** (i.e. praktischer Gütegrad)
  - „Pseudo“ Carnot-Wirkungsgrad (fiktiv!):  $\frac{T_{\text{Senke}}}{\Delta T_{\text{Hub}}}$
  - Nutzen: Bewertung Betrieb & Angebote, Auslegung
  - **BAT WP: >0,6**

### Quantum X070-E2C-LH eCondenser (Fa. Engie Refrigeration)

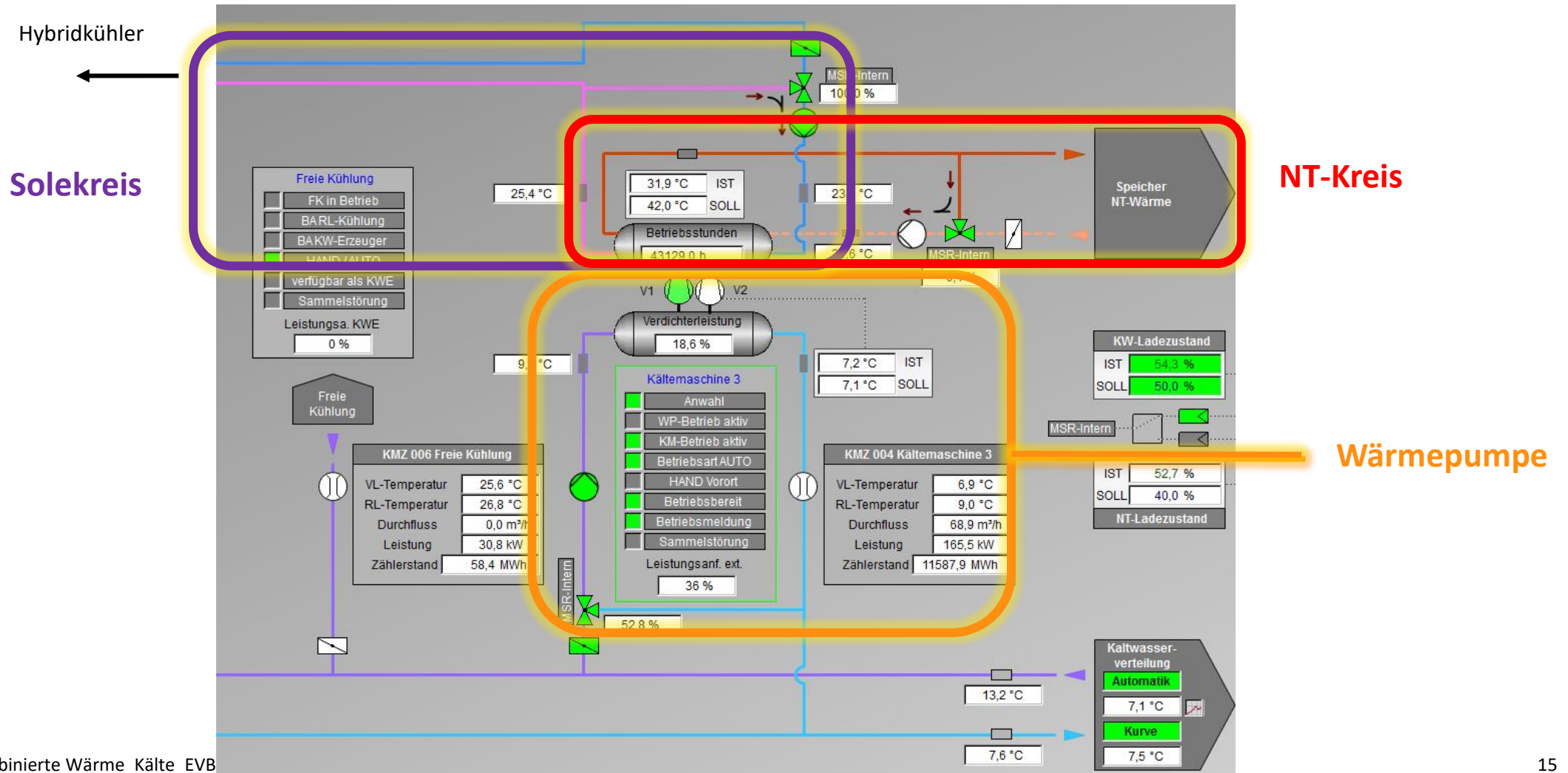
- Thermische Leistung: **500kW (Wärme)** / 600kW (Kälte)
- Elektrische Leistung: 171kW
- Kältemittel **R134a** (GWP 1430)
- **Turboverdichter**: 2 Stück, magnetgelagert (ölfrei, vibrationsarm)
- **Doppelkondensator**
  - ersetzt weiteren Platten WT+Hydraulik (Invest!)
  - erlaubt kleineren T-Hub (Effizienz!)
- Verdampfer & Verflüssiger: je horizontale Rohrbündel-WT (T-Hub!)
- **3-fach Regler** zur gleichzeitigen Kontrolle von
  - Betriebsmodus: Rückkühl- & WRG Betrieb
  - Thermische Leistung
  - (gleitende) Kaltwassertemperatur
  - Heizwassertemperatur
- Cool Care Paket: WP Hersteller optimiert aus Ferne Anlage



Abbildung 7: Kühlen und Heizen gleichzeitig:  
QUANTUM mit Doppelkondensator.

# Wärmepumpe der EVBZ

## Leitstandsbild „Kältemaschine 3“

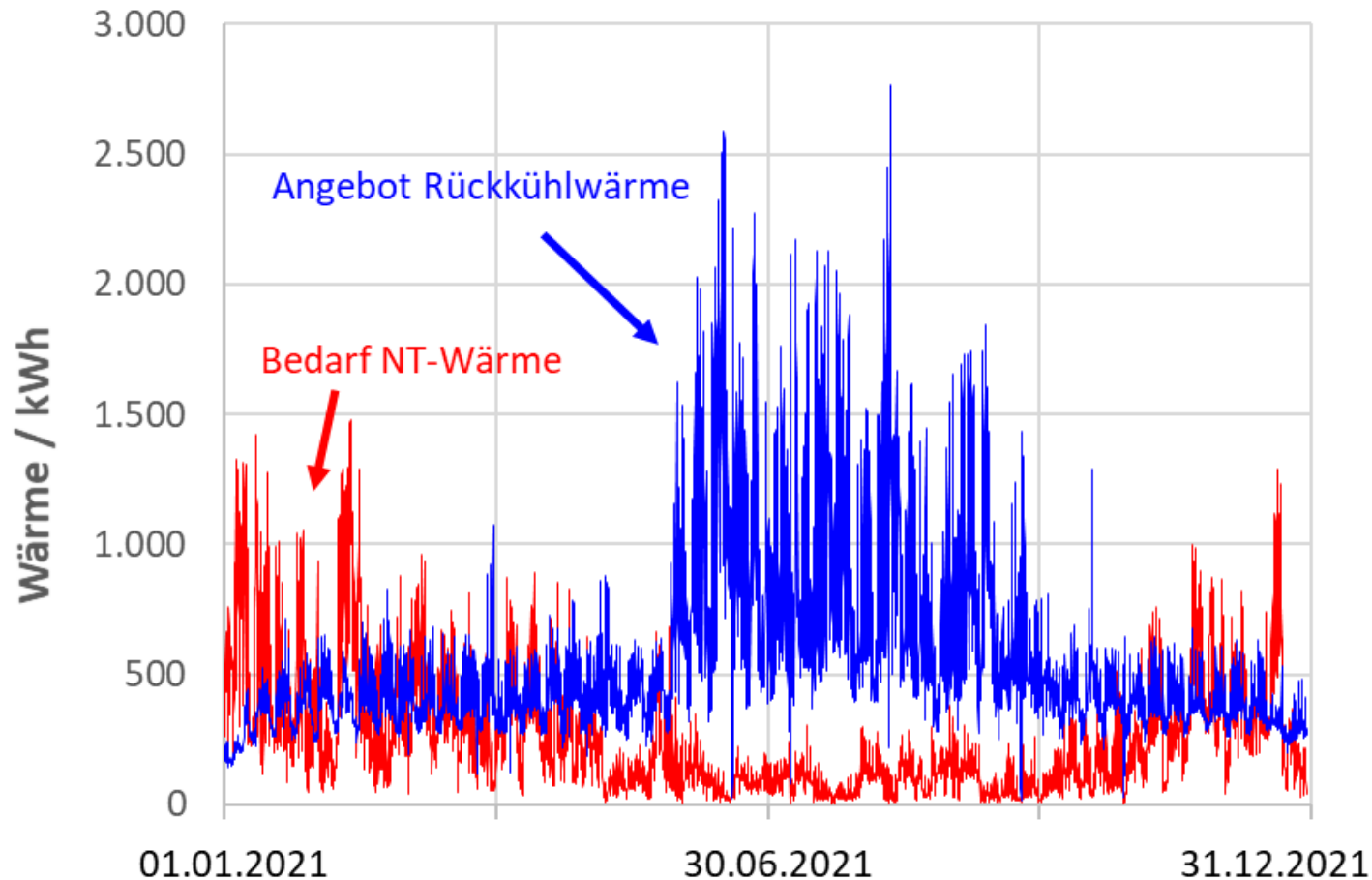


# 3

## Betrieb Wärme & Kälte



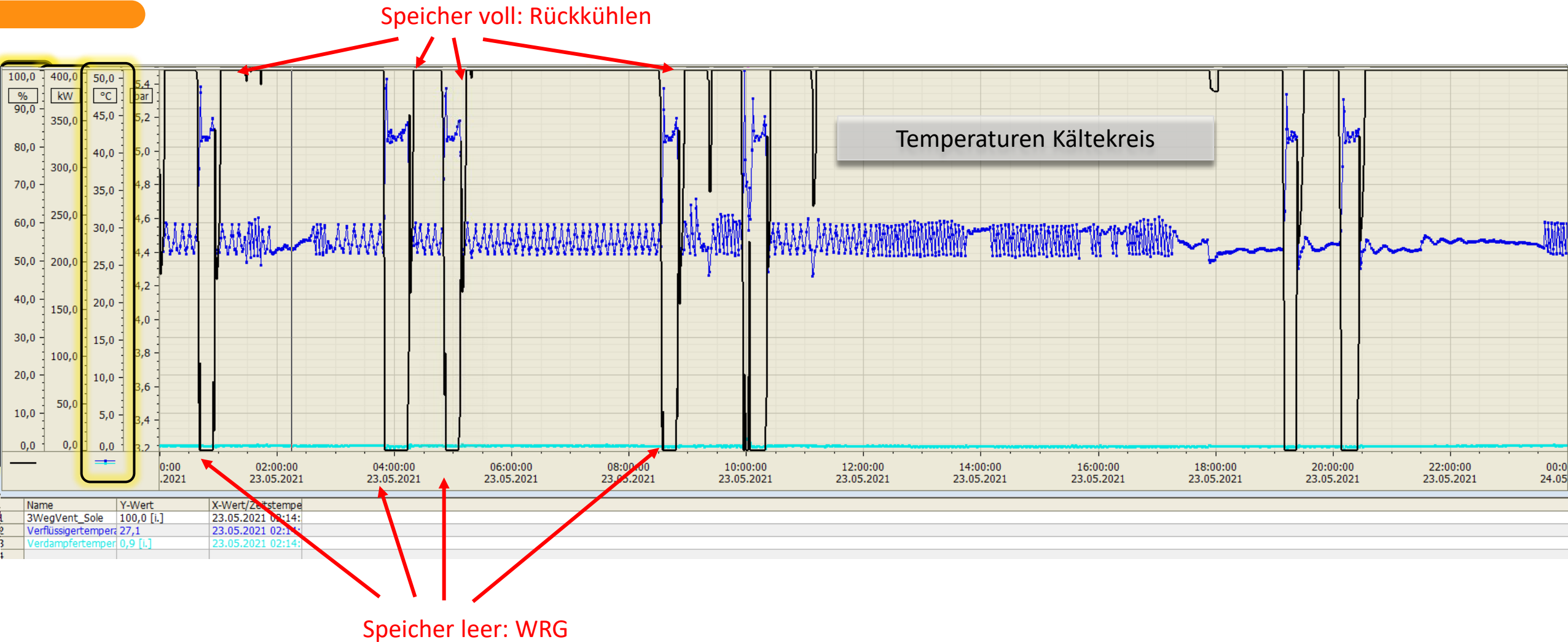
## Jahreslastgänge: NT-Netz & Rückkühlkreis



### Potential Kälte -> Wärme

- Attraktiver saisonaler „mismatch“
- Überangebot von Abwärme
- Bedarfsdeckung fast 90%

## Typischer Betriebstag WP (WRG<->Rückkühlung)



## Analyse WP: Gütegrad & Wirkungsgrad

Betriebsfall	87% WRG*	63% WRG	42% Rückkühl
$T_{\text{Quelle}}$ (=KW-Netz RL)	12 °C	12 °C	9 °C
$T_{\text{Senke}}$ (=NT-Netz VL)	41 °C	41 °C	25 °C
$\Delta T_{\text{Hub}}$	29 K	29 K	16 K
„effektiver Gütegrad“	~58 % <sup>1)</sup>	~60%	~59%
„effektiver Gütegrad“ (aus Datenblatt)	~62%	~62%	~58%
$\text{COP}_{\text{Wärme}}$	5,8	6,4	10,6
$\text{COP}_{\text{Wärme\&Kälte}}$	~10,5	~11,7	n.a.

<sup>1)</sup> unsichere Datengrundlage, weil kein stationärer Betriebspunkt

### Erstes Fazit

- Punktuelle Werte  $\text{COP}_{\text{Wärme\&Kälte}} >$  deutlich über 10 !
- Erwartungen grundsätzlich gut bestätigt
- Isolierte WP-Analyse legt messtechnische Nachbesserungen nahe

# Betrieb Wärme & Kälte

## Analyse WP: Jahresbetrachtung (2021)

### Deckungsbeitrag

- Die Wärmepumpe steuerte ca. **60% - 70%** zur NT-Wärme bei

### Rückkühlbetrieb KKM3 = ungenutztes Potential

- Infolge Betriebsmodus „Rückkühlen“ wurde trotz allem ca. **35% - 45%** der Wärme über Dach abgeführt.

### Effizienz

- Jahresmittel: aus **1 Einheit Strom** machte die Wärmepumpe ca. **10 Einheiten Nutzenergie** (JAZ  $9,8 \pm 0,5$ )

### CO<sub>2</sub>

- Die CO<sub>2</sub>-Einsparung gegenüber der Variante „Gaskessel & reine KKM“ betrug **>600-700t\***

### Mehrwert

- 2021 betragen die **Kostenvorteile** gegenüber der Variante „Gaskessel + reine KKM“ **>45.000€/a** (2022: **>110.000€/a\*\***)

\* CO<sub>2</sub>-Äquivalente: Erdgas: 254g/kWh; Strommix D: 401 g/kWh

\*\* aufgrund akt. Energiepreissituation

# 4

Fazit | Ausblick | Diskussion

## Verbund: Eiszentrum + Freibad mit Industrie (HT- und NT-Wärme)

- **WP ermöglicht hohe „Energie- & Kosteneffizienz“ bei geringem Mehraufwand**
- Charme 1: Wärme aus Kaltwasser
- Charme 2: NH<sub>3</sub>-Strom aus BHKW

WP-Anlage aus Betriebsführungssicht sehr gutmütig (Verfügbarkeit >98%)

## Nebenerkenntnis

- Erstmals isolierte WP-Betrachtung der EVBZ
- Messtechnische Ergänzungen (WMZ, Pumpenströme) wünschenswert  
-> höhere Genauigkeit WP-Effizienz möglich

## Video link:

- [Innovatives Contractingprojekt der EnBW - Energieverbundzentrale Waldbronn - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=ZK7XHgET5NQ)

( <https://www.youtube.com/watch?v=ZK7XHgET5NQ> )

## Weg zur weiteren Dekarbonisierung

- 2016 - Beauftragung
- 2017 - IBN
- 18/19 - Regelbetrieb & diverse Justierungen
- 20/21 – Regelbetrieb
  
- **2022 - Erweiterung 1: Nahwärmenetz für Neubaugebiet „Rück 2“**
  
- **2023 - Erweiterung 2: Industriepartner Fuel Switch**



- Abgesenkte VL-Temperaturen realisierbar
- extrem gute PEF <0,5



- Ziel: 3/4 fossile Energiemengen verdrängen
- Alle Abwärmequellen maximal nutzen

Energie mit Zukunftsgarantie.  
Unsere Überzeugung

***Vielen Dank!***

Kontakt:

Dr.-Ing. Andreas Marquard  
PL Planung und Realisierung  
EnBW Contracting GmbH

Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
a.marquard@enbw.com

**Wir wollen gemeinsam mit Ihnen  
die Energieinfrastruktur  
für eine sichere und lebenswerte Zukunft  
für heutige und künftige Generationen  
gestalten und sichern.**



## Einbettung in CO<sub>2</sub>-freie Lösungen (Contracting Strategie)

