



Herausforderung Dekarbonisierung des Wärmesektors

Dr. Armin Kraft

28.06.2022

EEB ENERKO
Energiewirtschaftliche
Beratung GmbH

Standorte Aldenhoven bei Aachen und Berlin • 40 Mitarbeiter

Entwickeln

Konzepte und Gutachten

- Unternehmensentwicklung
- Klimaschutzkonzepte
- Kraftwerks- und KWK-Analysen
- Fernwärmekonzepte
- Primärenergiefaktoren und Hocheffizienznachweise
- Energiemanagement

Bewerten

Energiewirtschaftliche Beratung

- Unternehmensbewertung
- Netzbewertung und -kauf
- Netznutzungsentgelte
- Strom- und Gasbeschaffung
- Emissionshandel
- Betriebswirtschaftliche Begleitung

Realisieren

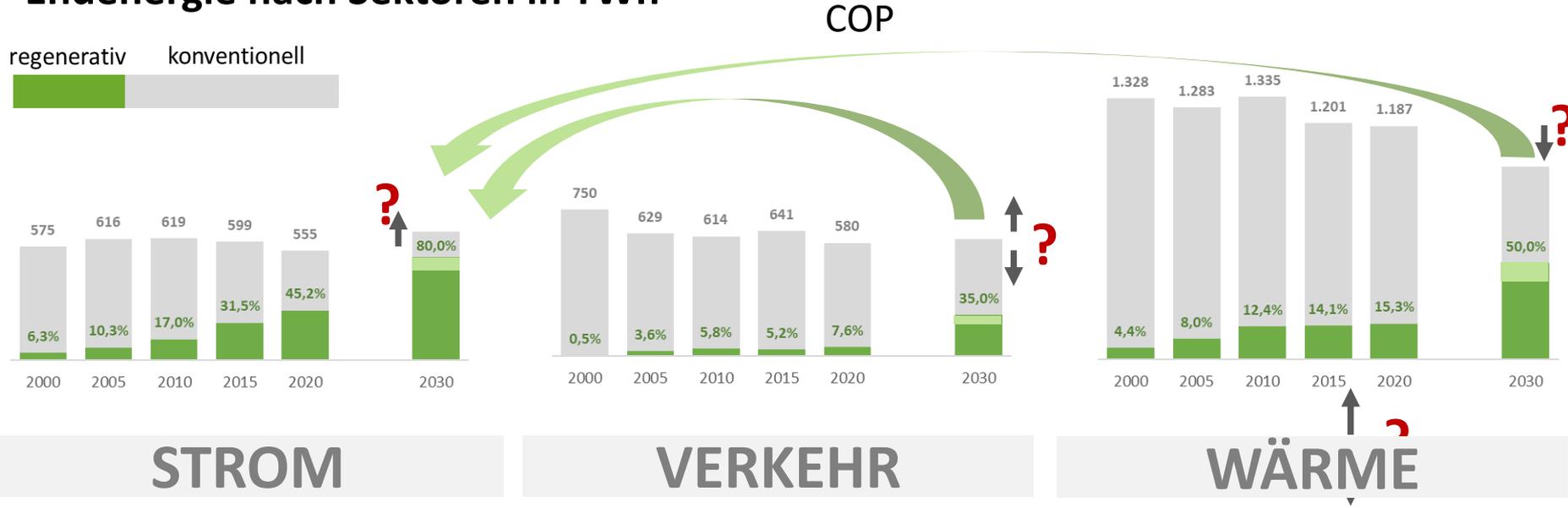
Technische Planung

- Heizkraftwerke und BHKW
- Netze Strom, Gas, Fernwärme
- Industrielle Medienversorgung
- Speicher für Fernwärme und Gas
- Regenerative Wärme- und Stromerzeugung

- Ausgangslage: Die Transformation des Wärmemarktes
- Wärmewende und Power-to-Heat
 - PtH/ Sekorenkopplung und Wärmespeicher als Schlüsselement der Wärmewende
 - Einsatzmöglichkeiten Wärmepumpen vom Quartier bis zur Großanlage
 - Regulatorischer Rahmen, Umlagen und Abgaben: Kurzüberblick über die aktuelle Situation
- Fazit

Wärmemarkt: Größter Verbrauchssektor

Endenergie nach Sektoren in TWh



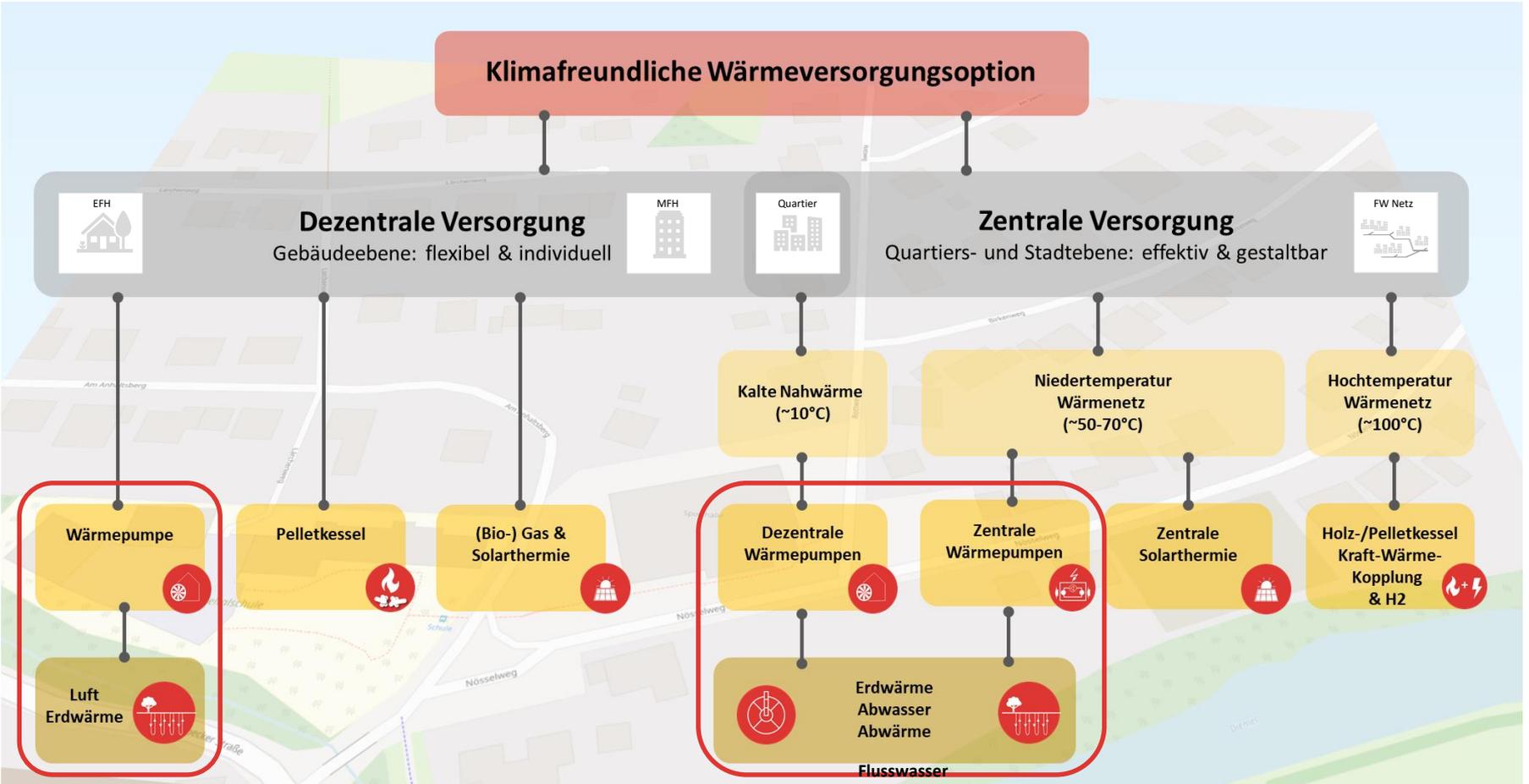
- Der Anteil EE im Elektrizitätssektor ist durch das EEG deutlich gestiegen
- Größter Sektor ist aber der Wärmemarkt
- Der Ausbau Erneuerbarer Energien im Wärmesektor hinkt „hinterher“

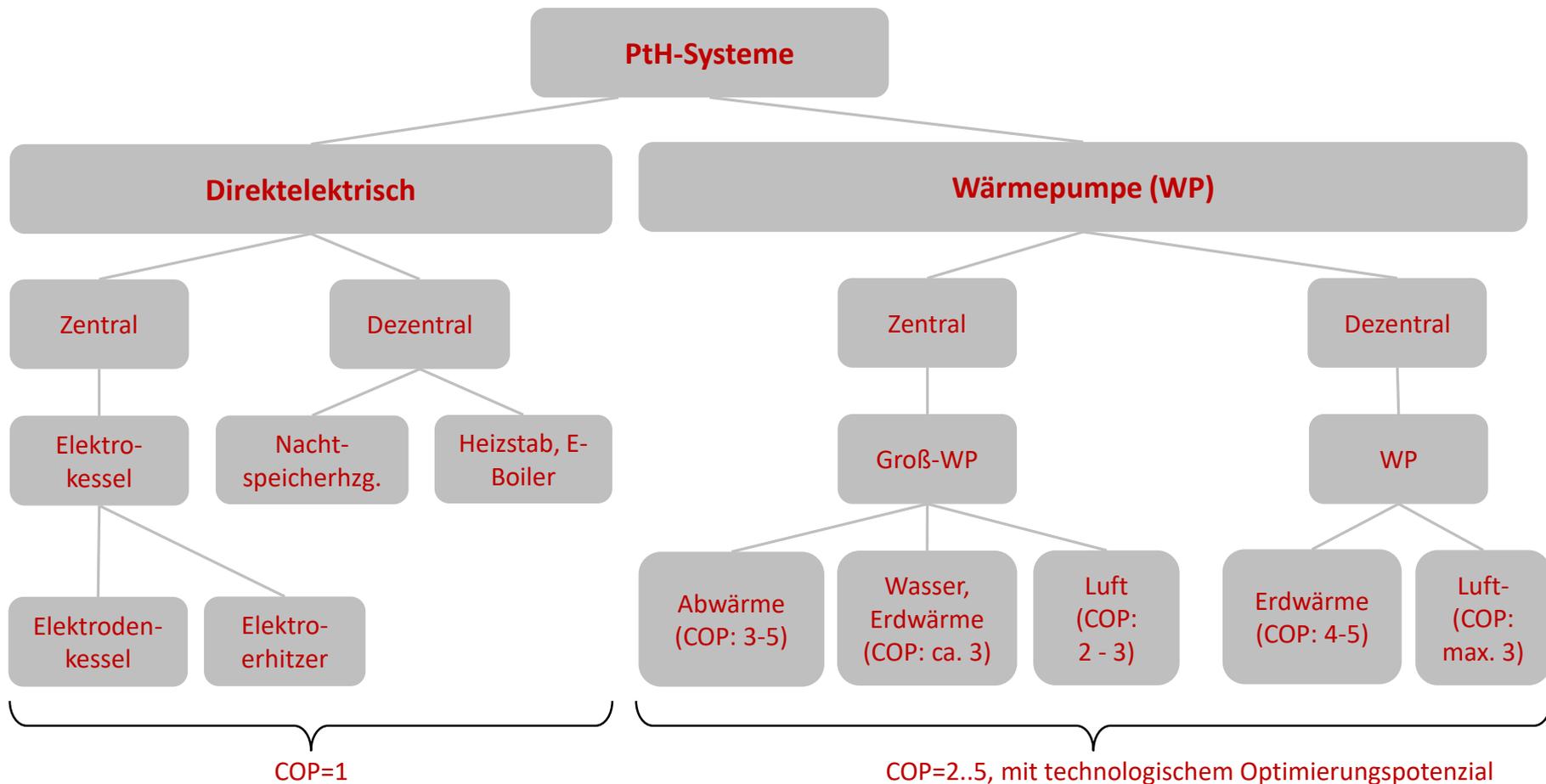
Quelle: BMWK, Erneuerbare Energie in Zahlen

Wärmemarkt

Ausgangslage

- Die Dekarbonisierung des Wärmesektors erfordert die Umsetzung von drei zentralen Strategien:
 - Steigerung der Energieeffizienz => KWK, FW, Gebäudesanierung, Heizungstechnik
 - Nutzung volatiler EE => Solarenergie, Biomasse, Umwelt- und Abwärme
 - Sektorenkopplung mit dem Stromsektor => PtH
- PtH ist ein Schüsselement mit großem Potenzial und großen Herausforderungen:
 - Umlagen und Abgaben sind (noch) nicht gleich verteilt zwischen den Sektoren und verteuern in vielen Fällen die Strombezugskosten – selbst in Zeiten hoher EE Einspeisung und negativer Börsenpreise
 - Sektorkopplung mit EE-Strom muss auch in der Winterspitze „funktionieren“
 - Umweltwärme und/oder Abwärme als Wärmequelle für Kreisprozesse ist (fast) immer vorhanden – die Nutzung setzt aber Wärmepumpen voraus





Power to Heat Technologien

ein weites Feld....

Günstig!



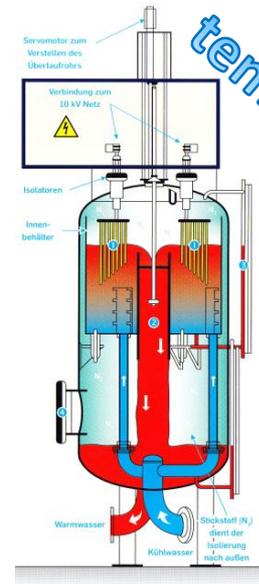
- **Wasserkocher/Direkterhitzer:**
Leistungsklasse: 2-10 kW
Wirkungsgrad: 95%
Zieltemperaturen: 99 °C
spez. Kosten 6-10 EUR/kW

Effizient!



- **Wärmepumpen (ohne HT):**
Leistungsklasse: 8 kW-50 MW
COP: <2 bis >5
Zieltemperaturen: 35 - 100 °C
spez. Kosten 400-700 EUR/kW

Hoch-temperatur!



- **Elektrodenkessel:**
Leistungsklasse 10...50 MW
Wirkungsgrad: 99%
Zieltemperaturen: >150 °C
spez. Kosten 100-250 EUR/kW

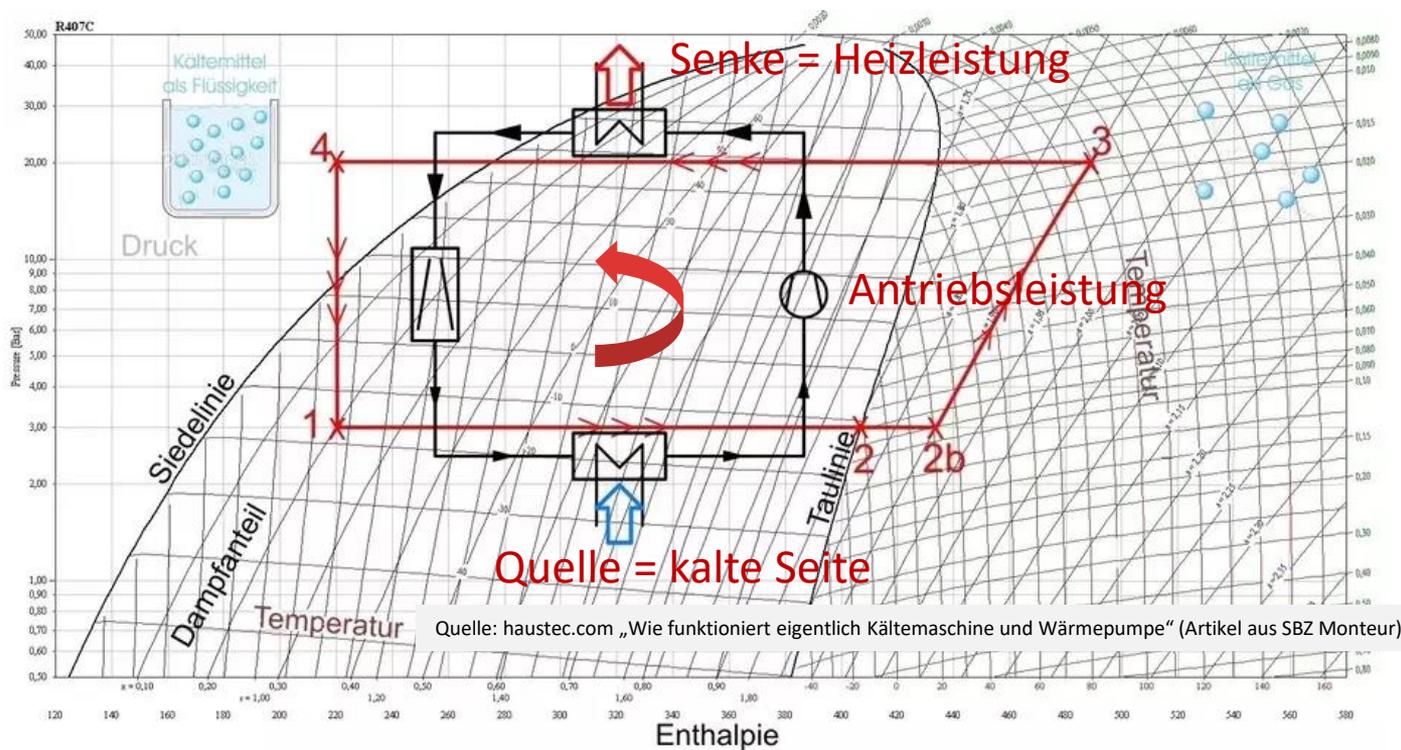
Bild WP, Elektrodenkessel: JCI, Parat

Wärmepumpen

Kreisprozess

Log(p),h-Diagramm mit den Komponenten einer Wärmepumpe bzw. einer Kältemaschine:

1 → 2: Verdampfer; 2 → 3: Verdichter; 3 → 4: Verflüssiger; 4 → 1: Expansionsventil



↻ Linksdrehender Kreisprozess nach Carnot = Wärmepumpe oder Kältemaschine

↻ Rechtsdrehender Kreisprozess = Wärmekraftmaschine

Wärmepumpen

Carnot Faktor / Leistungszahl

- Leistungszahl (Heizzahl oder **Coeffizient of Performance/COP**)

- COP = Heizleistung / Antriebsleistung

- maximal erreichbare COP_{max.} (Carnotwirkungsgrad)

- $COP_{max.} = T_{warm} / (T_{warm} - T_{kalt})$ (Temperatur in Kelvin!)

- COP_{max.} übliche Erdwärmepumpe = $273+35 / (35-0) = 8,8$
=> Übliche Sole Wärmepumpen erreichen real ca. COP = 5!

- COP_{max.} Große-Wasserwärmepumpen: = $273+85 / (85-10) = 4,7$
=> Übliche Groß-Wärmepumpen erreichen real ca. COP = 2,5!

- Faustregel: Erste Prüfung COP_{max.}/2 = realistischer Wert!*

- Wärmequellen werden bezeichnet als

- **A:** Air / Luft

- **W:** Wasser

- **B:** Brine / Sole

- Schreibweise für Lastpunkte

- B0/W35

Senke: Heizungswasser
35°C

- A2/W55

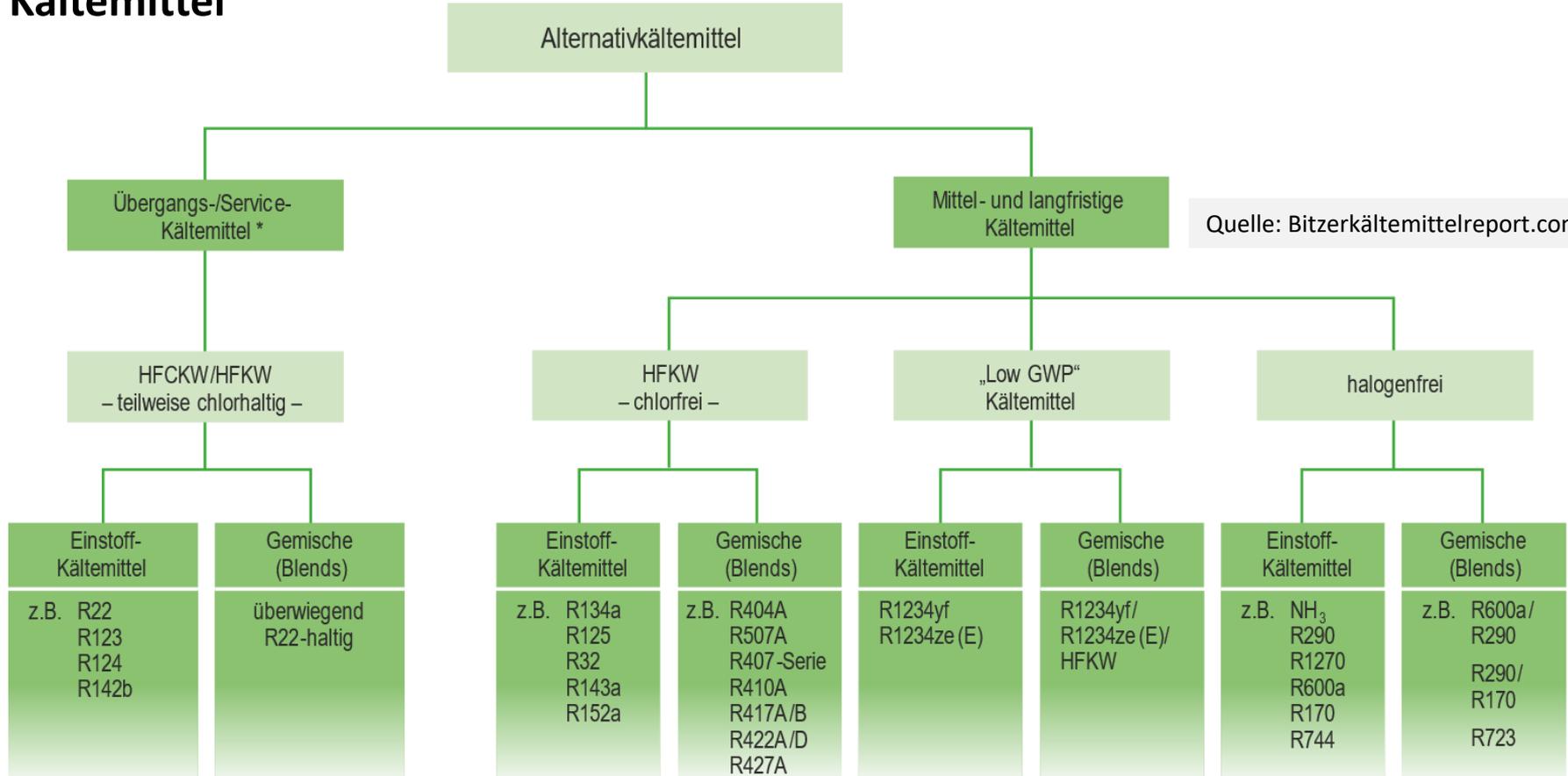
Quelle: Brine 0°C

Senke: Heizungswasser
55°C

Quelle: Luft 2°C

* wird benötigt, da für viele WP-Anwendungen außerhalb des Standards keine COP veröffentlicht werden. Die WP muss individuell vom Hersteller ausgelegt werden!

Kältemittel



Quelle: Bitzerkältemittelreport.com

Wärmepumpen in Gebäuden & Quartiersnetzen

Einsatzgebiete allgemein

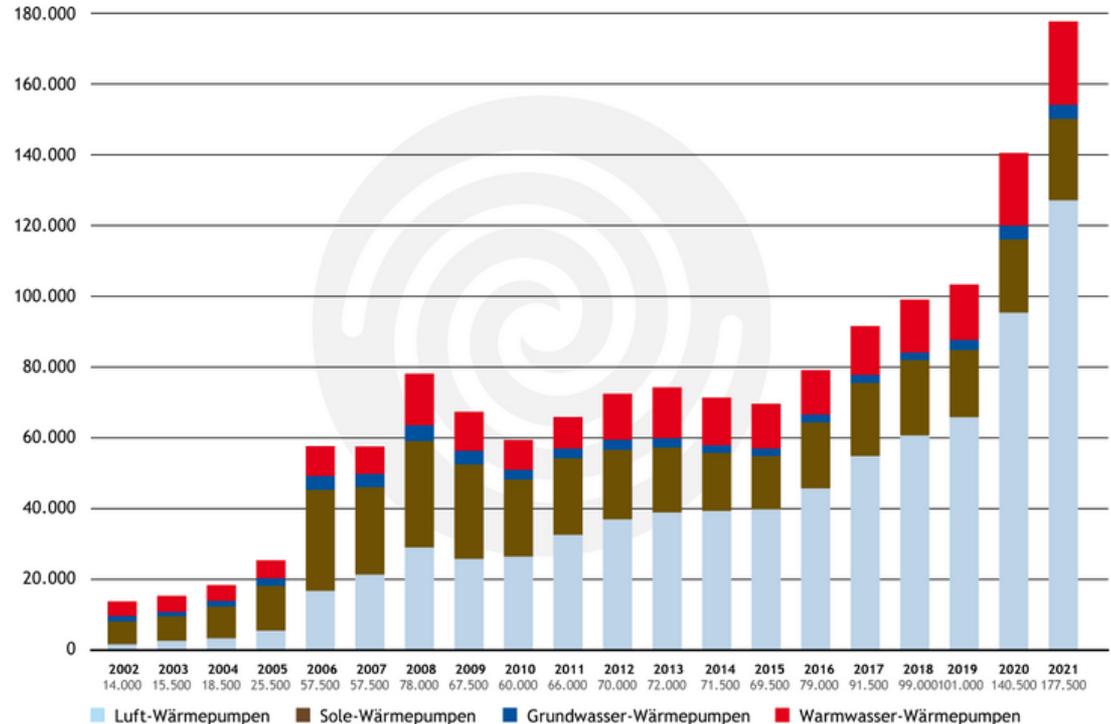
Ausblick:

- Für die Energiewende werden bis 2040 (CO₂ Netto-Null) ca. 14 Mio.* WP benötigt
- ≈ 13 Mio.** /18 Jahre > 700.00 je Jahr
- Ausbau Faktor 5!

*Mittelwert verschiedener Szenarien

** Aktuell erreicht ca. 1 Mio.;
Betrachtung ohne Warmwasser-WP

Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2002-2021
Nach Wärmepumpentypen



Quelle: BWP/BDH-Absatzstatistik

Großwärmepumpen

Einsatzgebiete

- Abgrenzung Großwärmepumpen (keine allgemeingültige Definition):
 - Wärmeversorgung von Gewerbe, Industrie, Fernwärme
 - Erreichbare VL-Temperatur Wärmesenke (Heizen) ca. 80...115°C
 - Heizleistung oberhalb von ca. 1,0 MW (je Einheit)
- Beispiele für Niedertemperatur-Wärmequellen:
 - Gewässer (Meer, Fluss, Binnensee, Stausee, gereinigtes Abwasser von Kläranlagen): ca. 0-20°C
 - Luft, Abluft (Prozessabluft, u.a. Rechenzentren): 0-35°C
 - Abwärme aus Prozessen: ca. 10-60°C
 - Geothermie oberflächennah: ca. 0-15°C, Tiefengeothermie: i.d.R. < 80°C

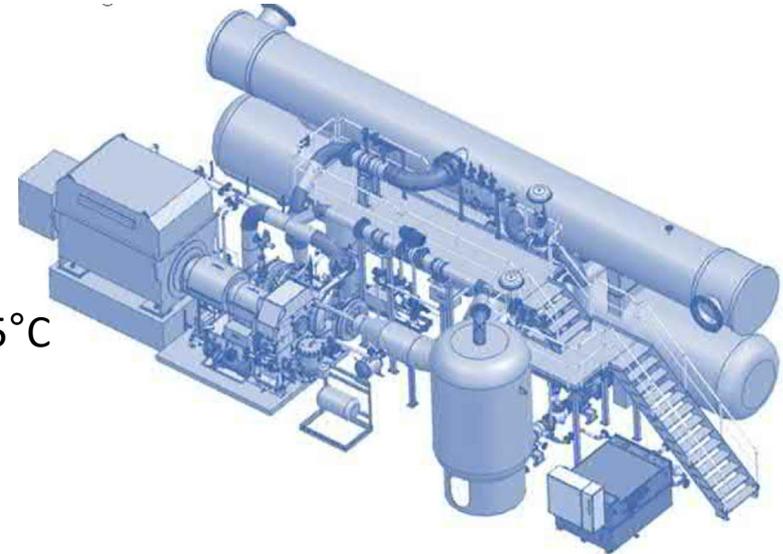
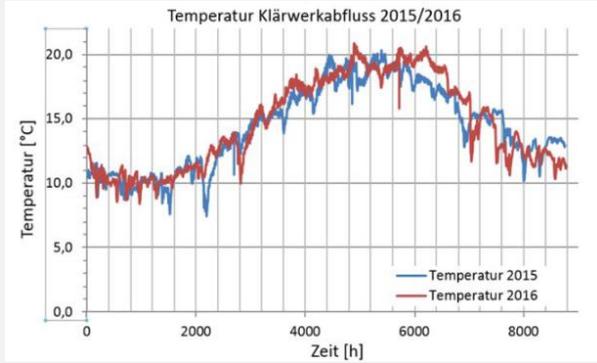


Bild: Siemens

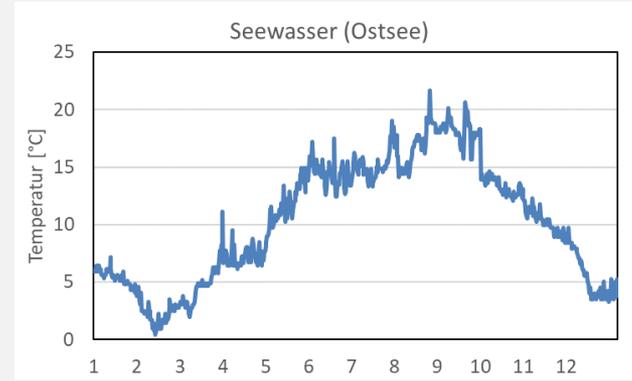
Großwärmepumpen

Überblick möglicher Quelltemperaturen (nur Umweltwärme gem. iKWK)

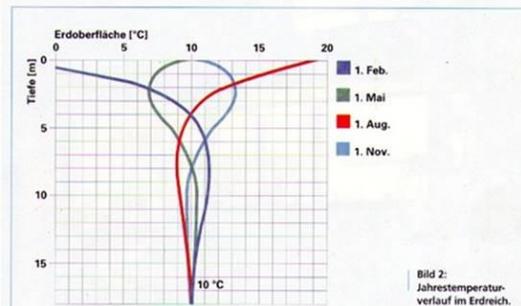
Kläranlagenabfluss: 10-20°C



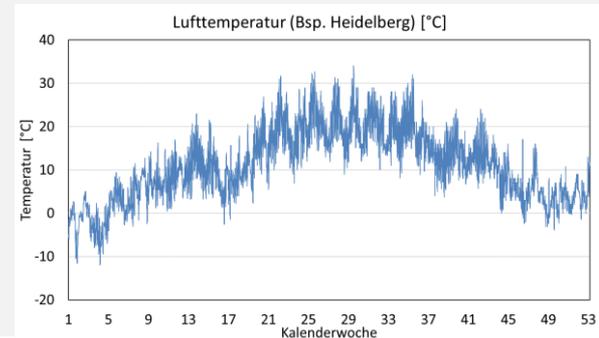
See/Flusswasser: 0-20°C



Erdwärme: 6-14°C

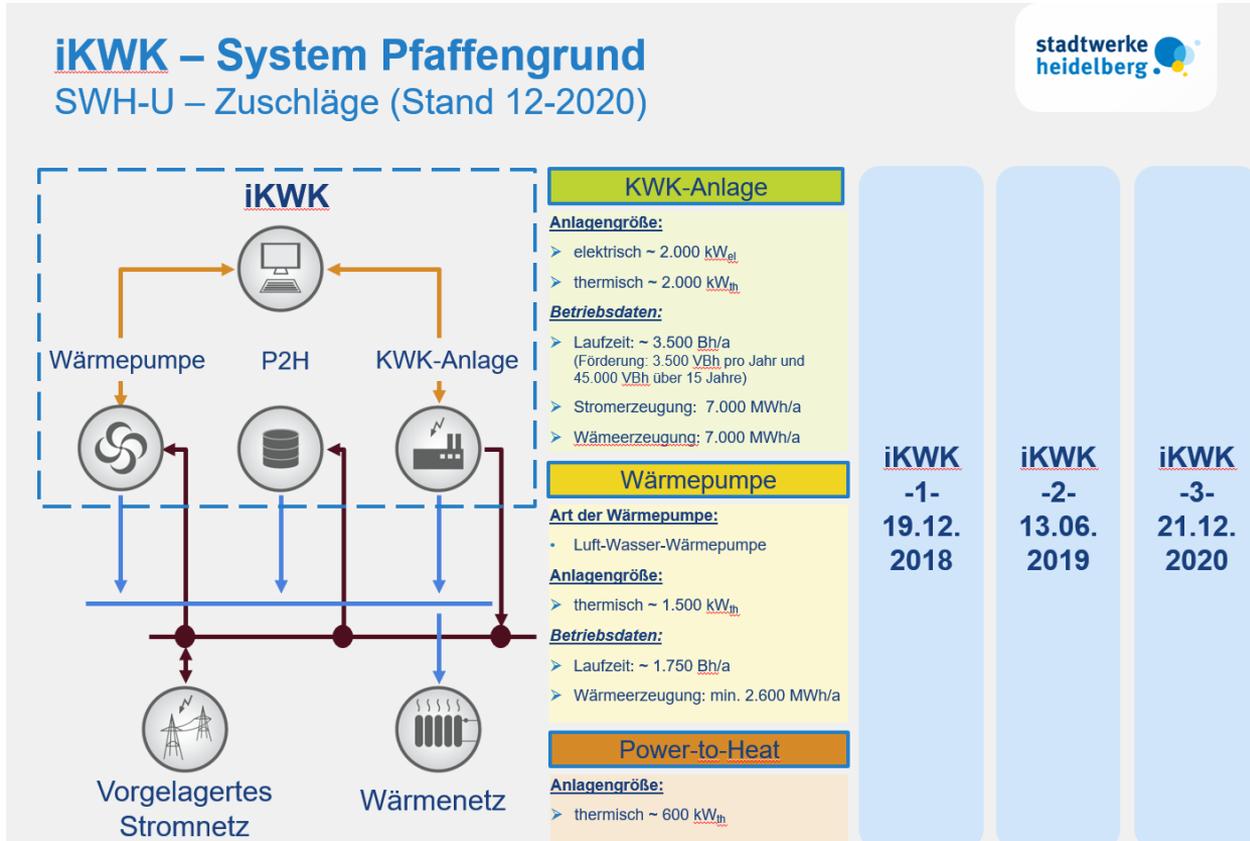


Außenluft: -10-30°C



Praxisbeispiel: iKWK Projekt in Heidelberg

Eckdaten des Projekts – Das „Luftkraftwerk“



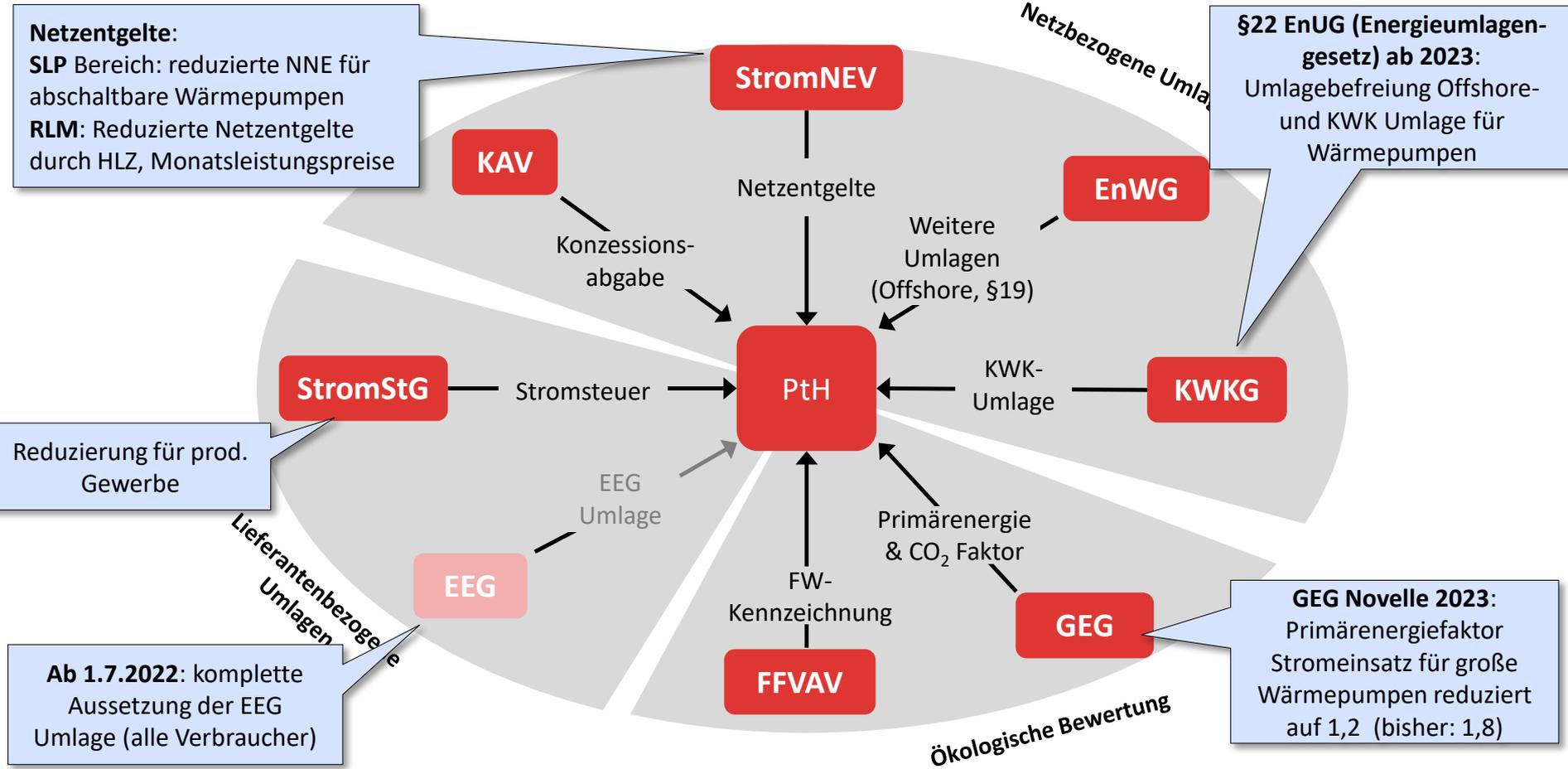
Praxisbeispiel: iKWK Projekt in Heidelberg

Visualisierung „Luftkraftwerk“



Visualisierung: SW Heidelberg / Weber Engineering Services

Regulatorischer Rahmen für PtH und aktuelle Entwicklungen



Fazit und Ausblick PtH im Wärmemarkt

- Große Bandbreite an Technologien verfügbar, aber mit weiterem Entwicklungspotenzial
- PtH als Ergänzung (z.B. zu KWK und Solarthermie) und „Enabler“ (z.B. Wärmepumpe) von EE Wärme
- In (neuen) Quartieren lässt sich Umwelt- und Abwärme mit PTH und Wärmepumpen klimaeffizient nutzen – im Gebäudebestand, große FW Netzen und Industriesektor ist es deutlich schwieriger
- Um im Wärmesektor einen signifikanten Klimabeitrag zu leisten, sind PtH Anlagen ein wichtiger Baustein, wenn....
 - Sektorkopplung soweit wie möglich mit effizienten Wärmepumpenanlagen ausgeführt wird
 - Thermische Speicherung und Lastmanagement mitgedacht wird
 - der regulatorische Rahmen Anreize zu einem flexiblen und netzdienlichen Betrieb setzt statt pauschale Umlagen zu erheben => ab 2023 deutliche Verbesserungen
 - Das Förderregime im Wärmemarkt (BEHG, BEG, BEW) die richtige Balance zwischen notwendiger Markteinführung und Überförderung findet