
INitiative zur MarkTEtablierunG und VerbReitung von Anlagen zur Thermisch-Elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor

PVT-Kollektoren: eine Wärmequelle für Wärmepumpen im Bestand



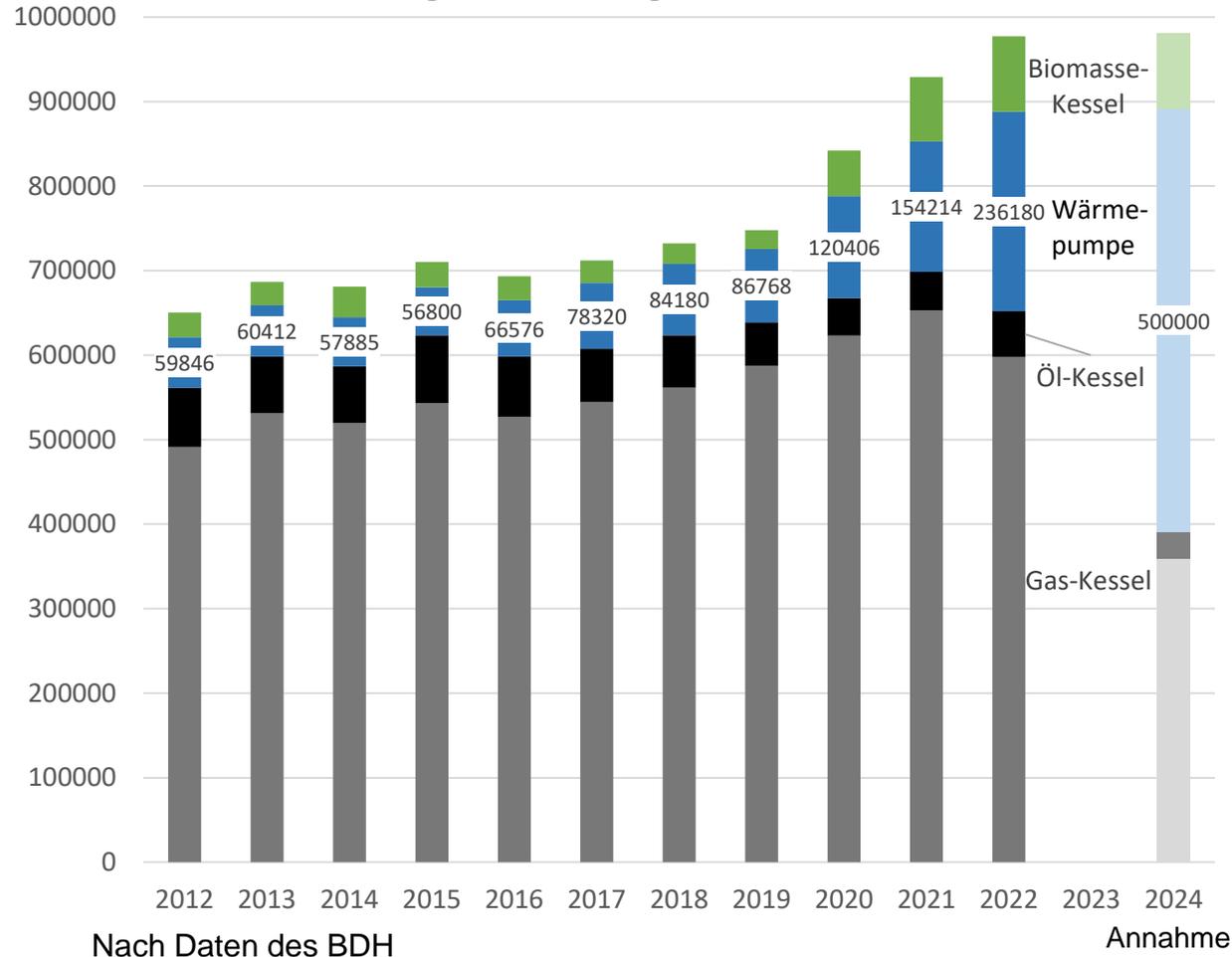
Vortragender:

Peter Pärish, ISFH Hameln

11. Oktober 2023, SolarZentrum Berlin,
Webinar Berlin spart Energie, online

Wir brauchen 500.000 Wärmepumpen ab 2024

Marktentwicklung Wärmeerzeuger Deutschland 2012-2022



Hemmnisse für Wärmepumpenausbau:

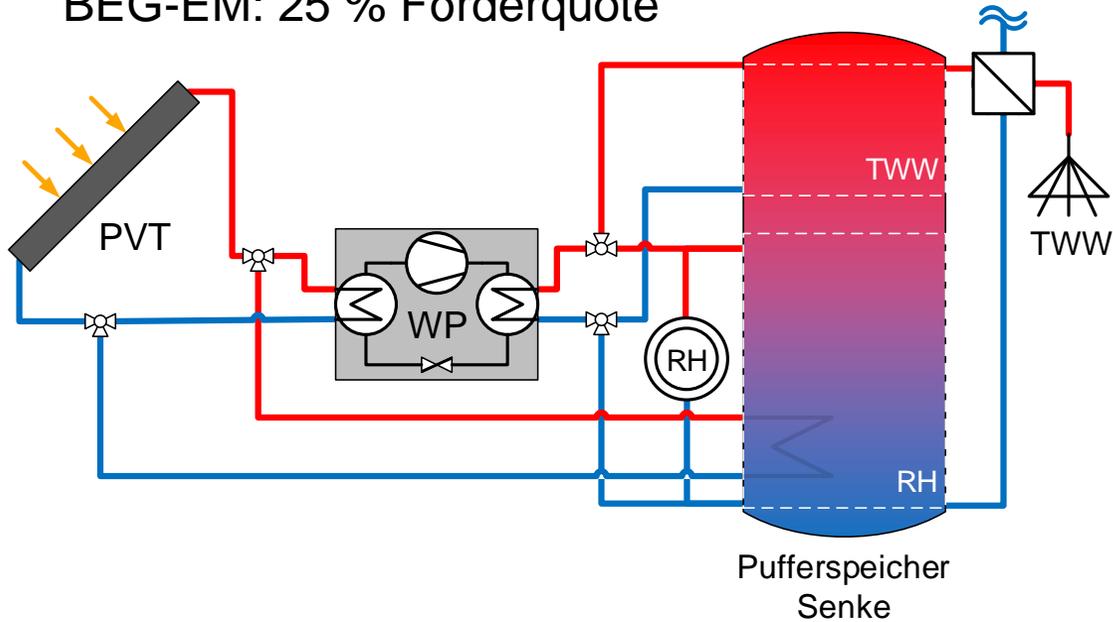
- Ausbildung
- Lieferketten
- Ökonomische Hemmnisse (Anschaffung, Verhältnis Strompreis/Gaspreis)
- Technische Hemmnisse gebäudeseitig
- Technische Hemmnisse Quellwärme:
 - TA Lärm: 40 dB (nachts), 55 dB (tags)
 - 5 m EWS-Abstand, Grundwasserschutz

 Alternative / Ergänzende Wärmequelle PVT

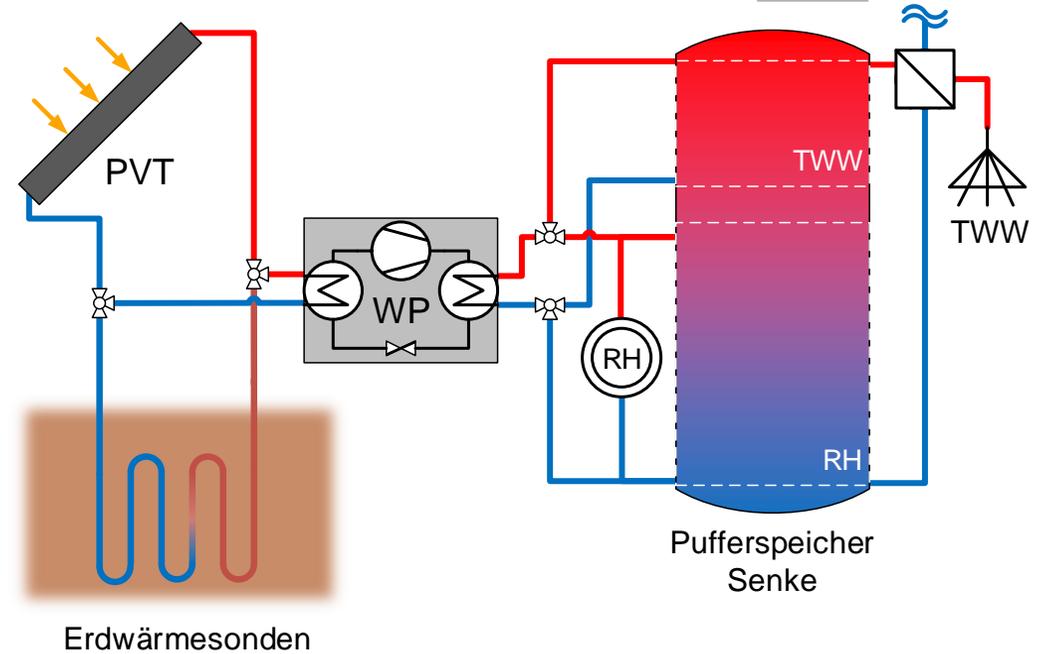
Simulationsstudie für unabgedeckte PVT Kollektoren

PVT-Systeme

BEG-EM: 25 % Förderquote

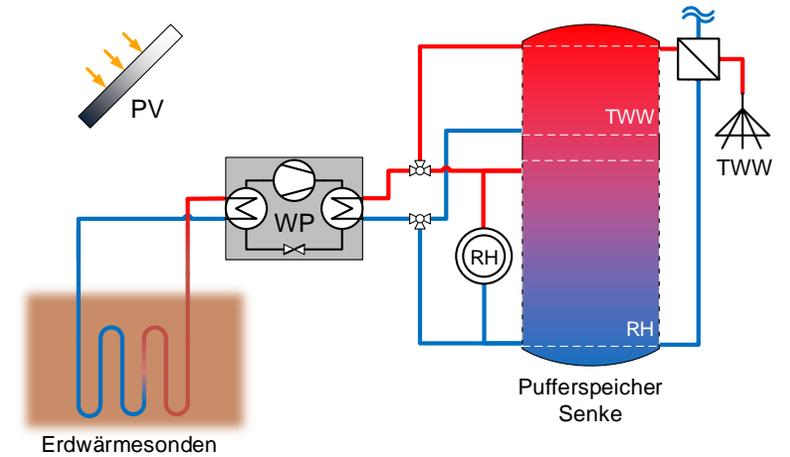
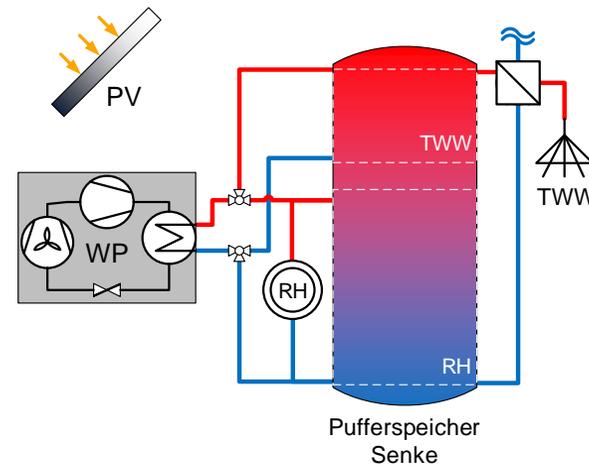
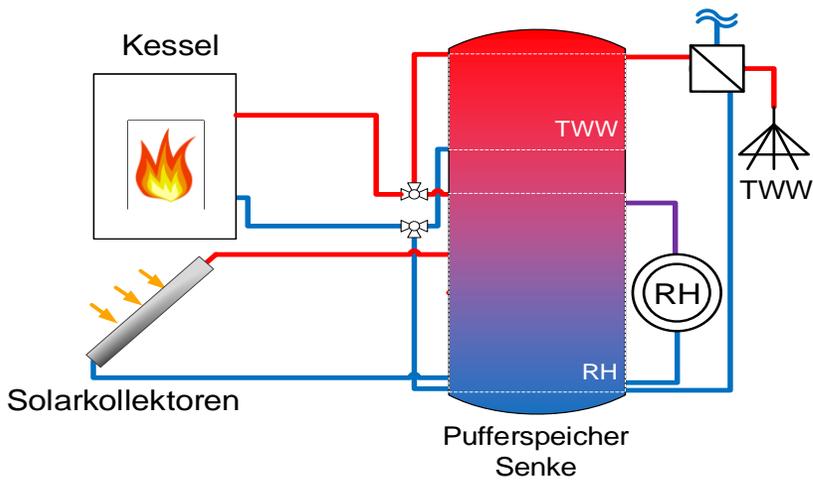
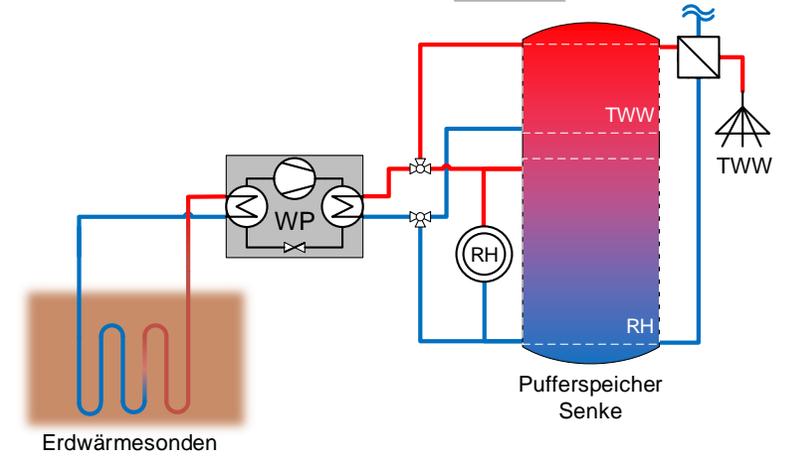
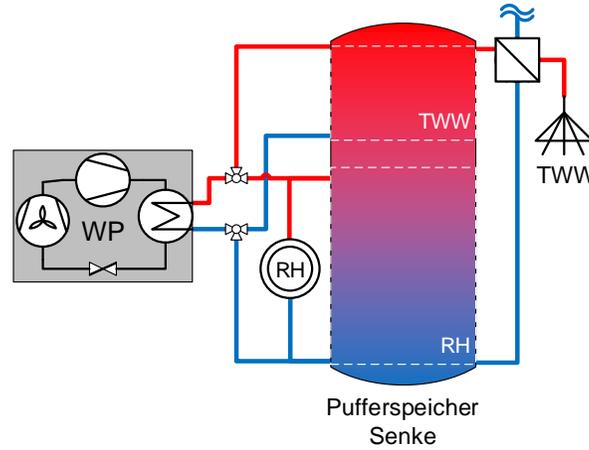
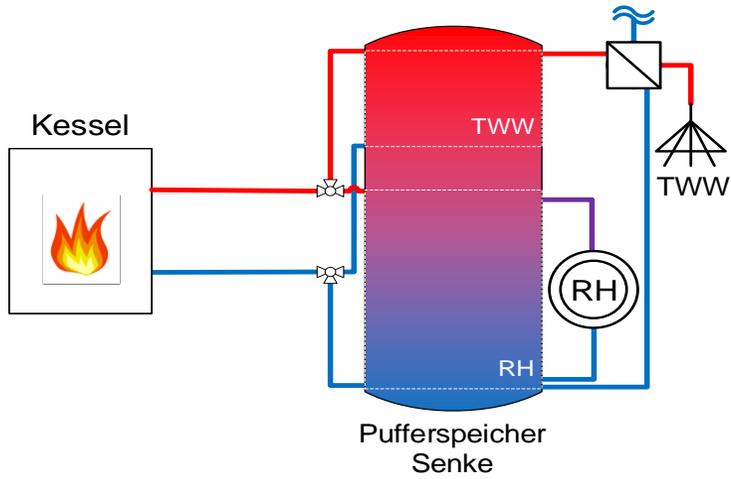


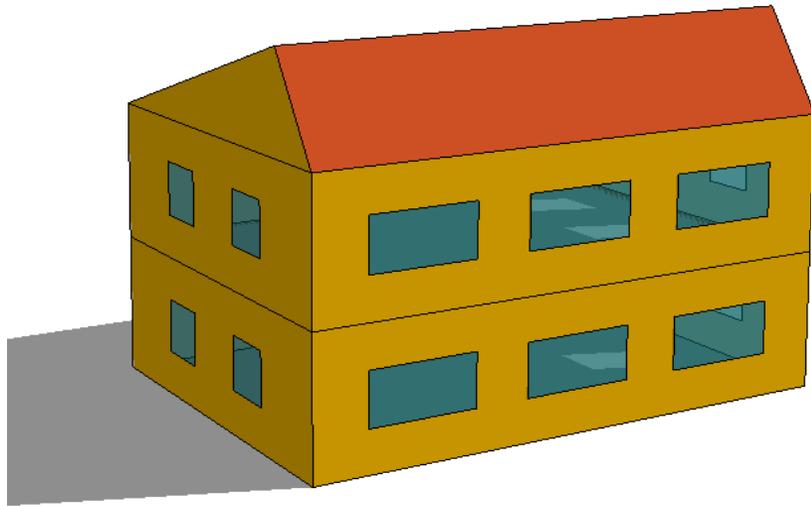
BEG-EM: 30 % Förderquote



Parameter aus Prüfbericht	η_0 [-]	c_1 [W/(m ² ·K)]	c_3 [J/(m ³ ·K)]	c_4 [-]	c_5 [kJ/(m ² ·K)]	c_6 [s/m]
PVT (WISC) mit Finnen	0,53	19,08	3,69	0,434	26,05	0,067
PVT (WISC)	0,57	11,02	4,80	0,620	42,20	0,011

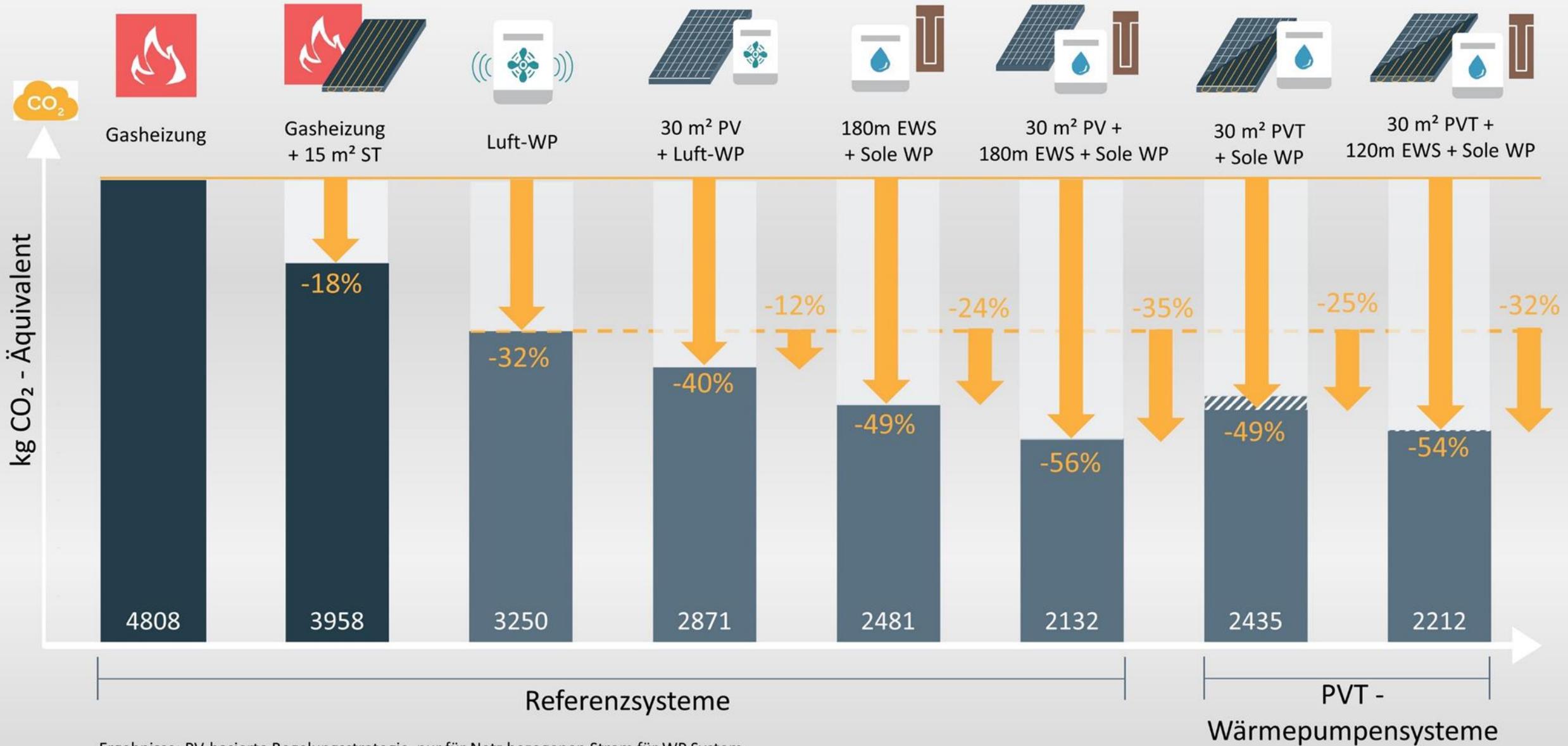
Referenzsysteme



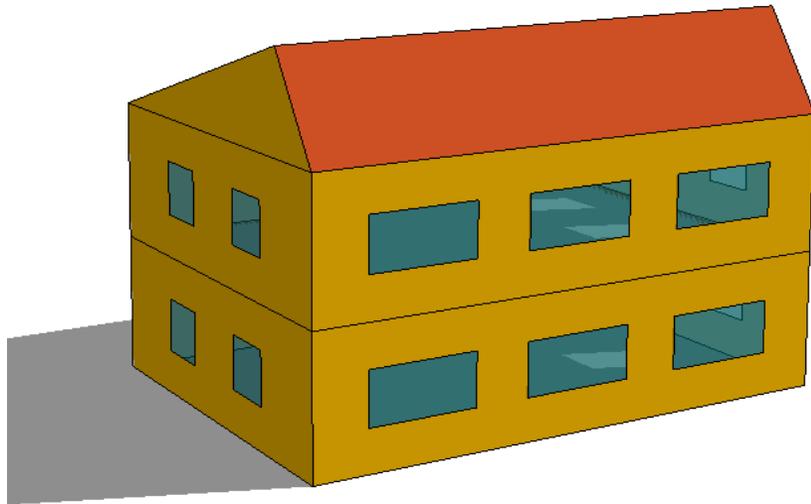


- ❑ IEA TASK 44: SFH100, 140 m², Standort Würzburg
- ❑ Raumwärmebedarf : $\approx 108 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
(Radiatoren: 53 °C bis 25 °C)
- ❑ TWW: $\approx 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
(Zapftemperatur : 45 °C)
- ❑ Wärme von WP: 18,3 MWh/a
- ❑ 30 m² PVT ($\approx 4 \text{ m}^2/\text{kW}_{\text{th}}$ @ -15/55 °C)

Ergebnisse: CO₂-Emissionen für das EFH-Bestandsgebäude

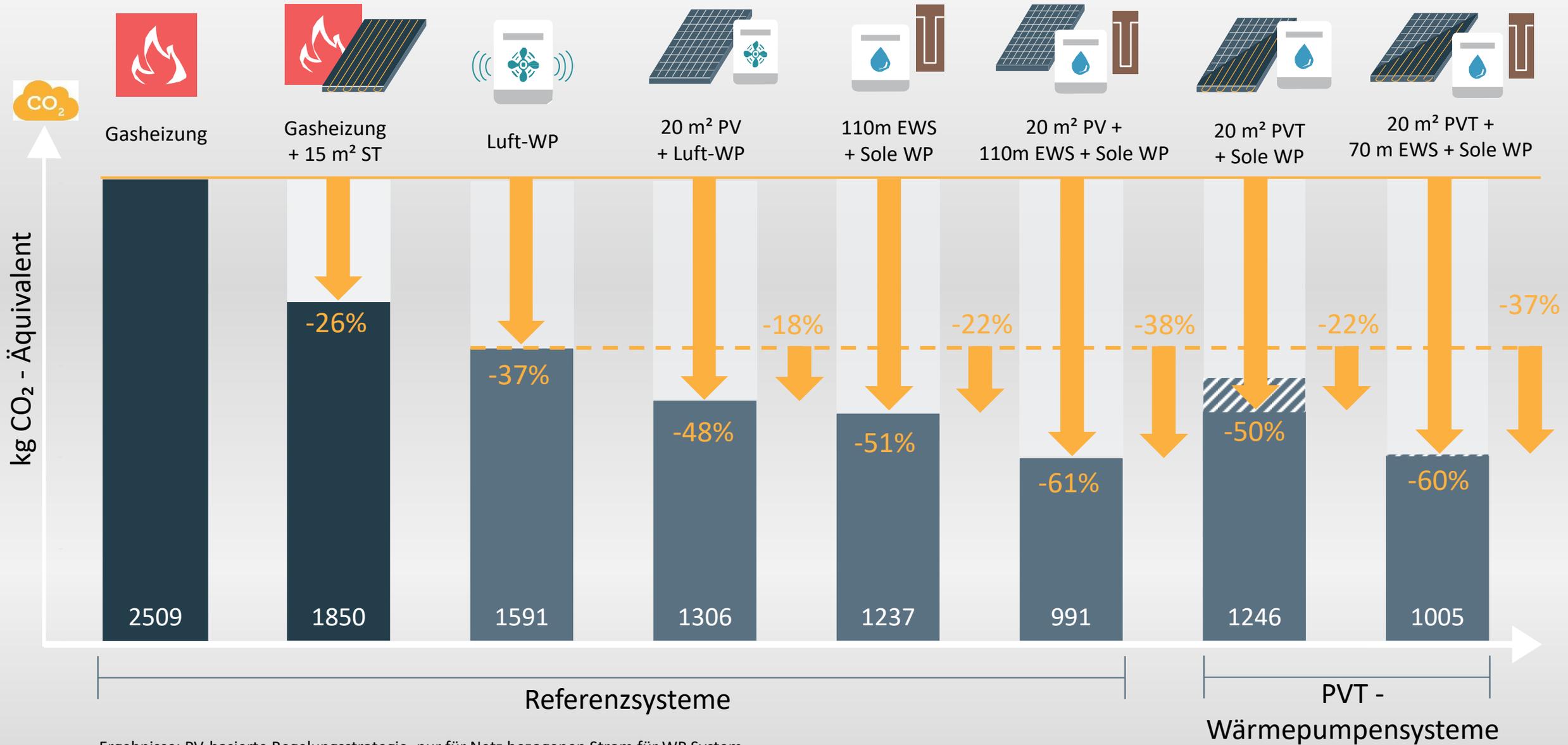


Ergebnisse: PV-basierte Regelungsstrategie, nur für Netz bezogenen Strom für WP System



- ❑ IEA TASK 44: SFH45, 140 m², Standort Würzburg
- ❑ Raumwärmebedarf : ≈ 48 kWh/(m² a)
(Fußbodenheizung : 40 °C bis 25 °C)
- ❑ TWW: ≈ 15 kWh/(m² a)
(Zapftemperatur : 45 °C)
- ❑ Wärme von WP: 9,7 MWh/a
- ❑ 20 m² PVT ($\approx 3,4$ m²/kW_{th}) @ -15/40 °C

Weitere Ergebnisse: CO₂-Emissionen für den EFH-Neubau

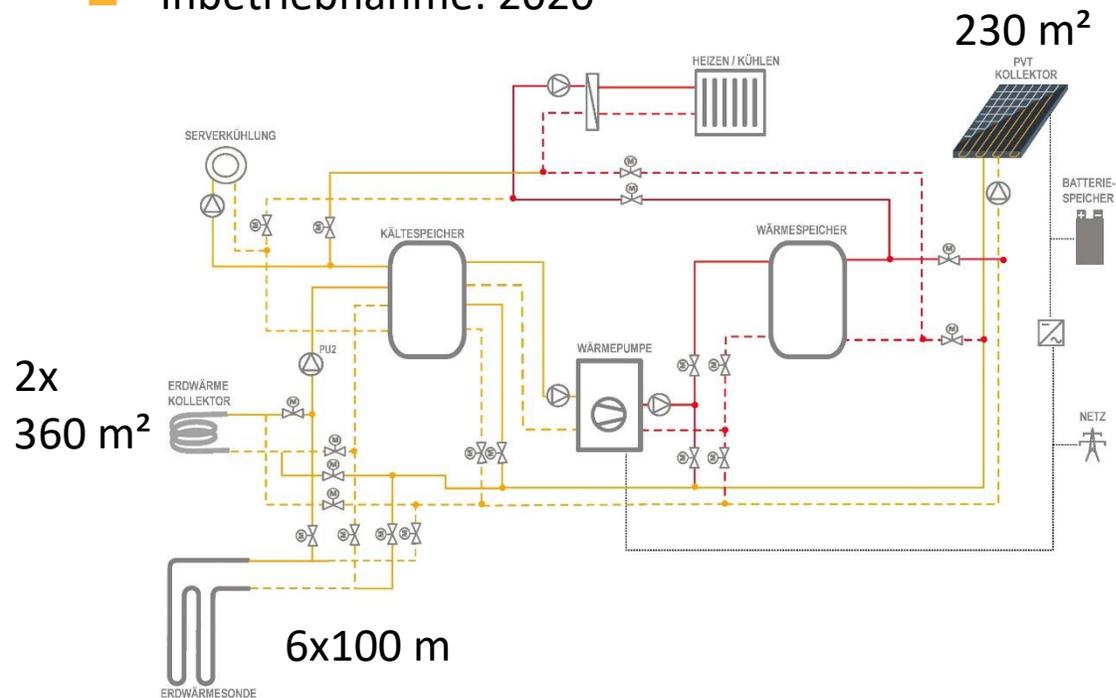


Ergebnisse: PV-basierte Regelungsstrategie, nur für Netz bezogenen Strom für WP System

PVT-Demoanlagen Nichtwohngebäude

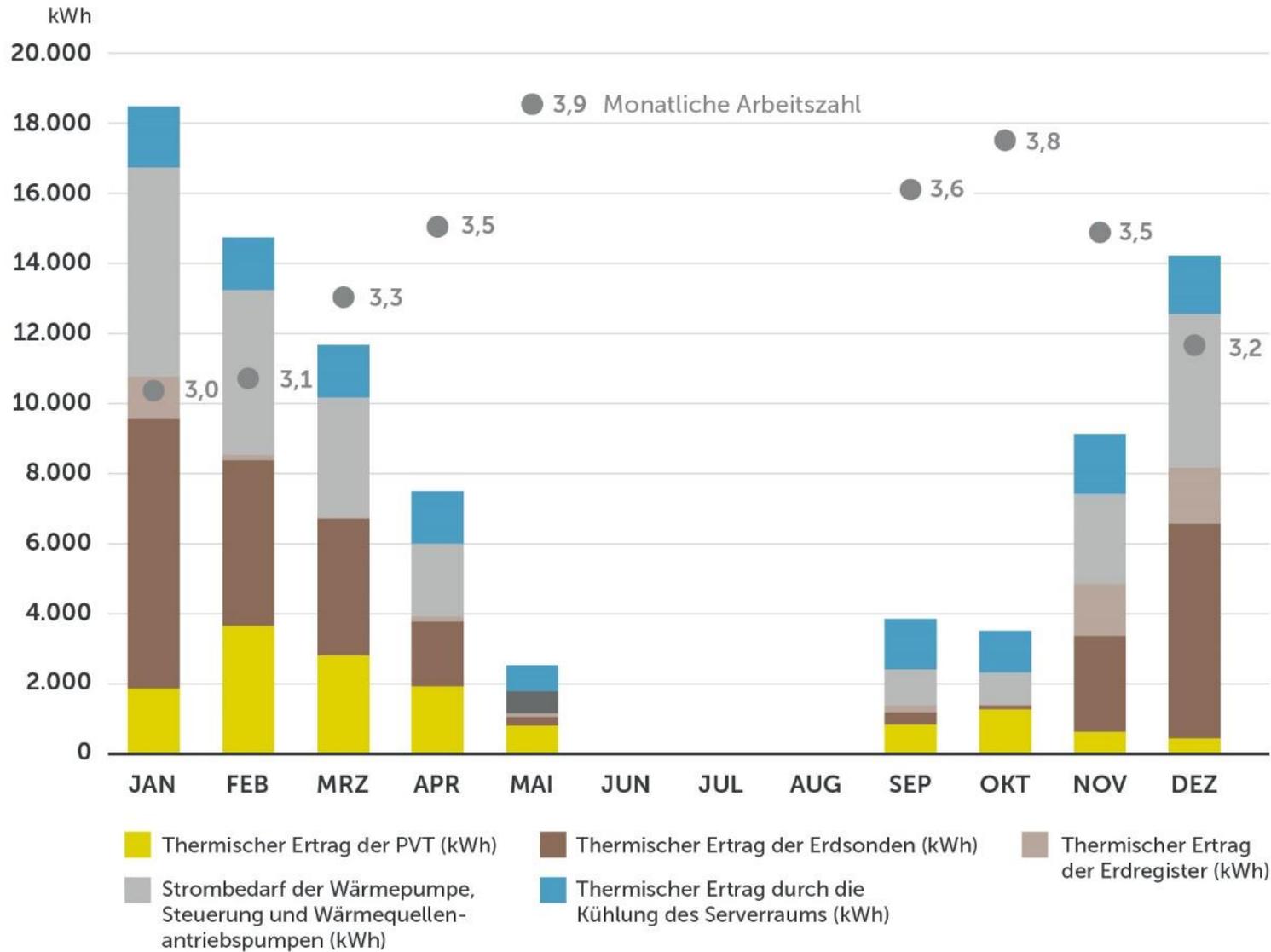
Dänischer Pavillon - Hannover

- PVT-Kollektor / -Fläche: nD-System / 230 m²
- Planer: Architektur- und TGA-Planungsbüro Grobe
- Betreiber: Architektur- und TGA-Planungsbüro Grobe
- Inbetriebnahme: 2020



➔ Heizen und Kühlen

Quellenenergiebereitstellung für die Wärmepumpe in der Heizperiode (in 2022)



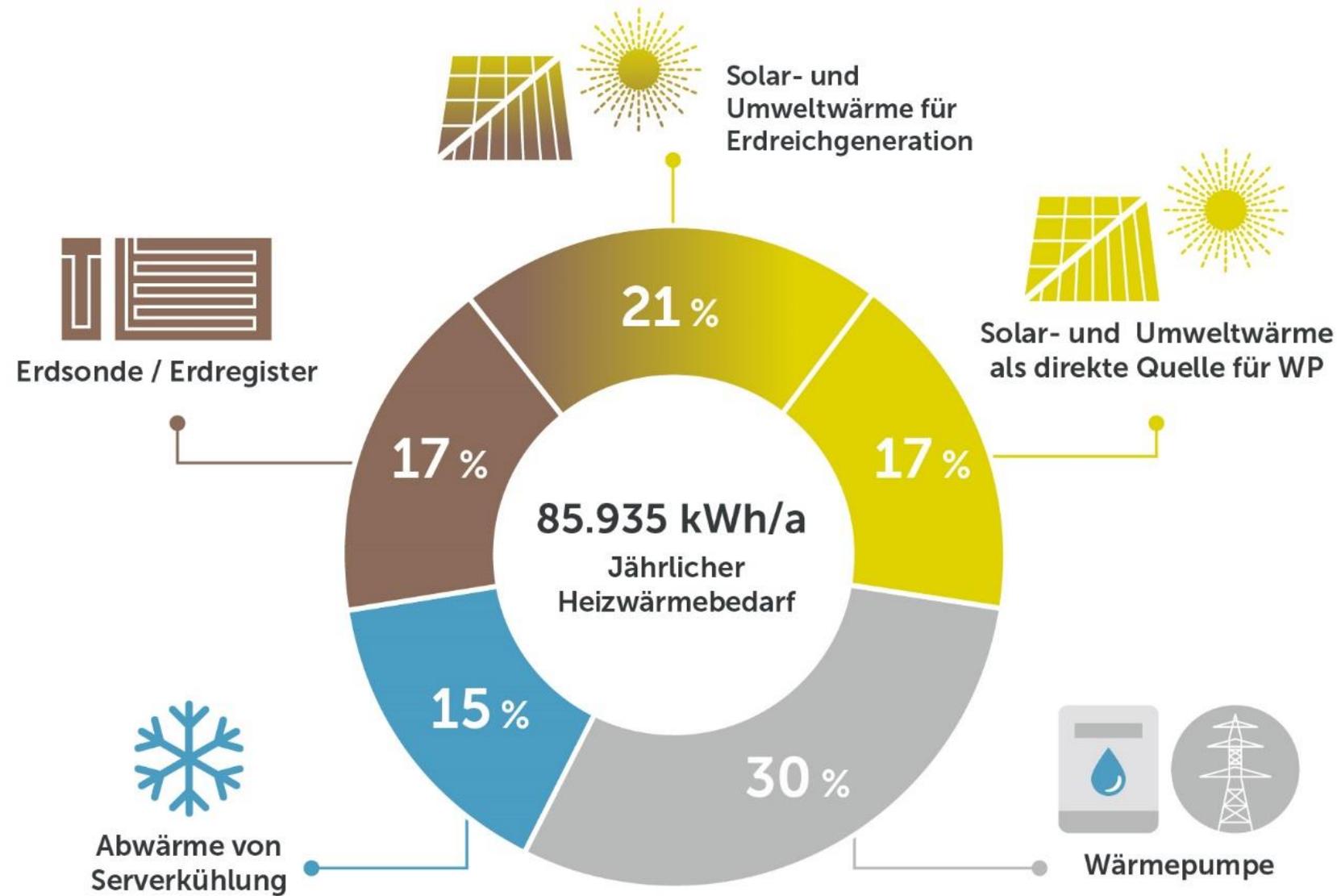
JAZ=3,3



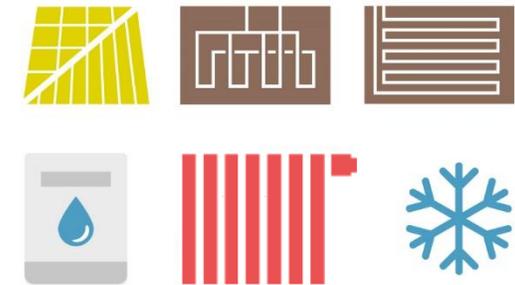
Bürogebäude plus Ausstellungsfläche



Jahresenergiebilanz des Wärmepumpen-Heizsystems (JAZ = 3,3)



Bürogebäude plus Ausstellungsfläche



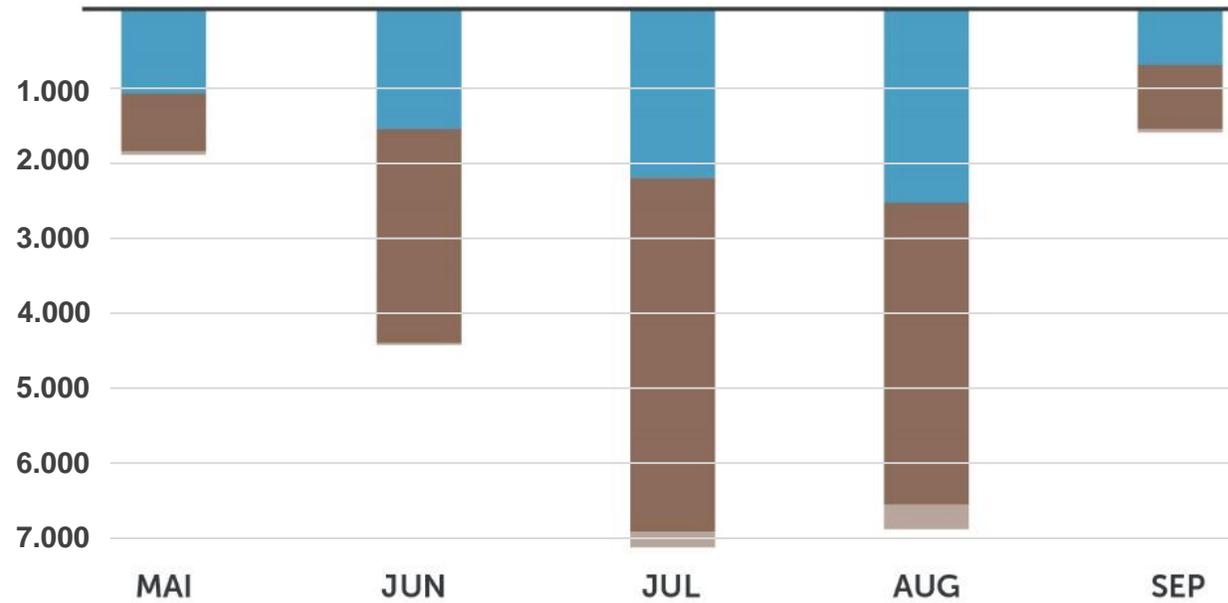
Aktive und passive Klimatisierung in den Sommermonaten

(in 2022)



Monatliche Arbeitszahl der Wärmepumpe im Kühlbetrieb

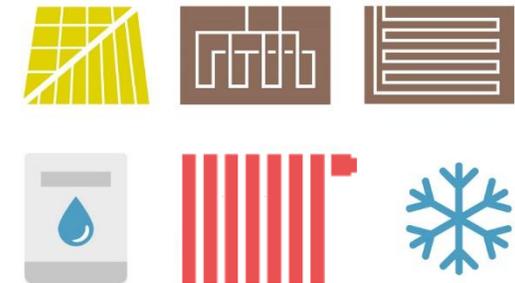
● 4,2 ● 4,3 ● 4,2 ● 4,0 ● 3,9



- PVT-Kollektoren als Senke durch nächtliche Passivkühlung (kWh)
- Erdsonden als Wärmesenke für Kühlbetrieb (kWh)
- Erdregister als Senke für Kühlbetrieb (kWh)

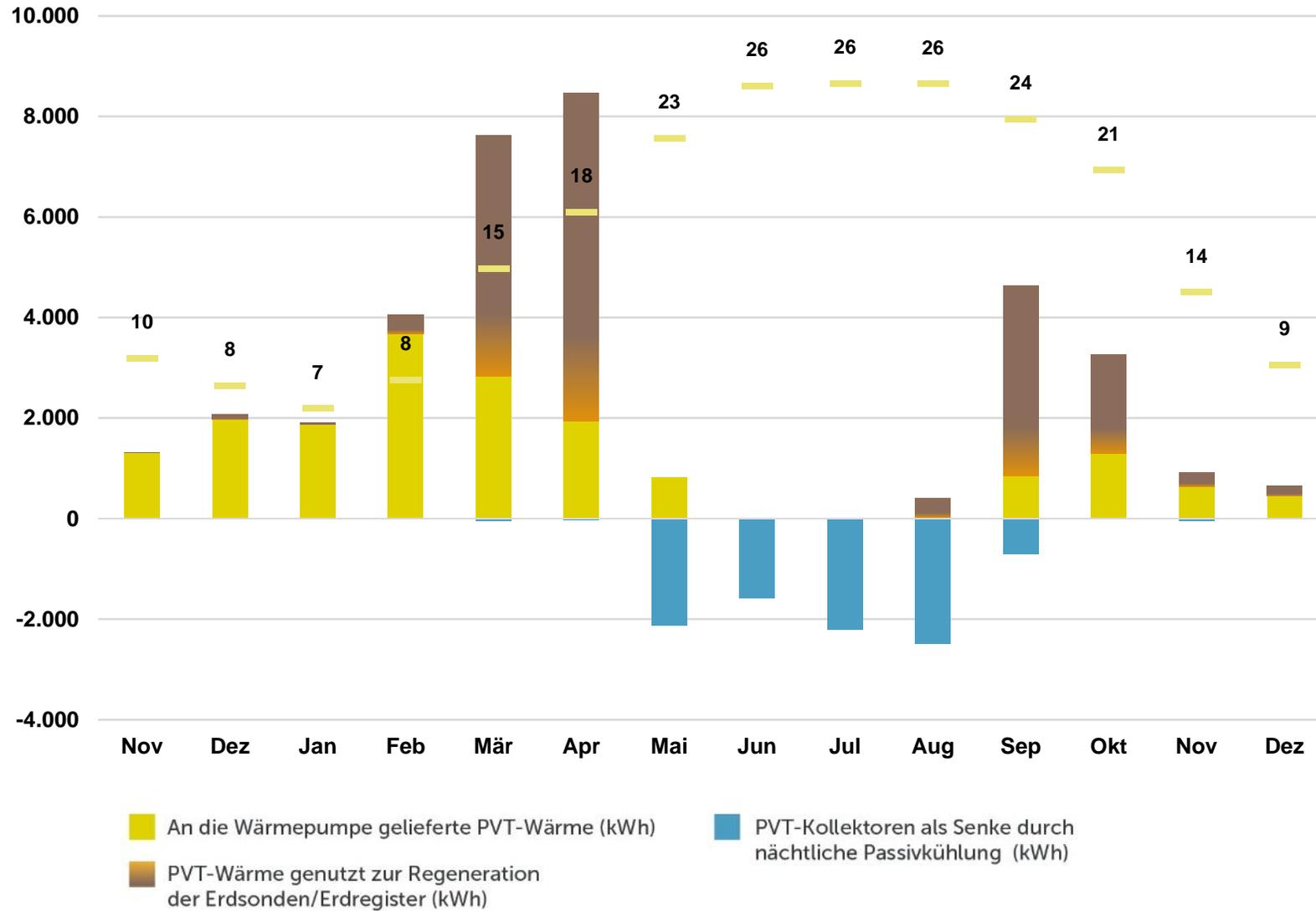


Bürogebäude plus Ausstellungsfläche



Monatliche PVT-Energiebilanz beim Heizen und Kühlen

(in 2022)

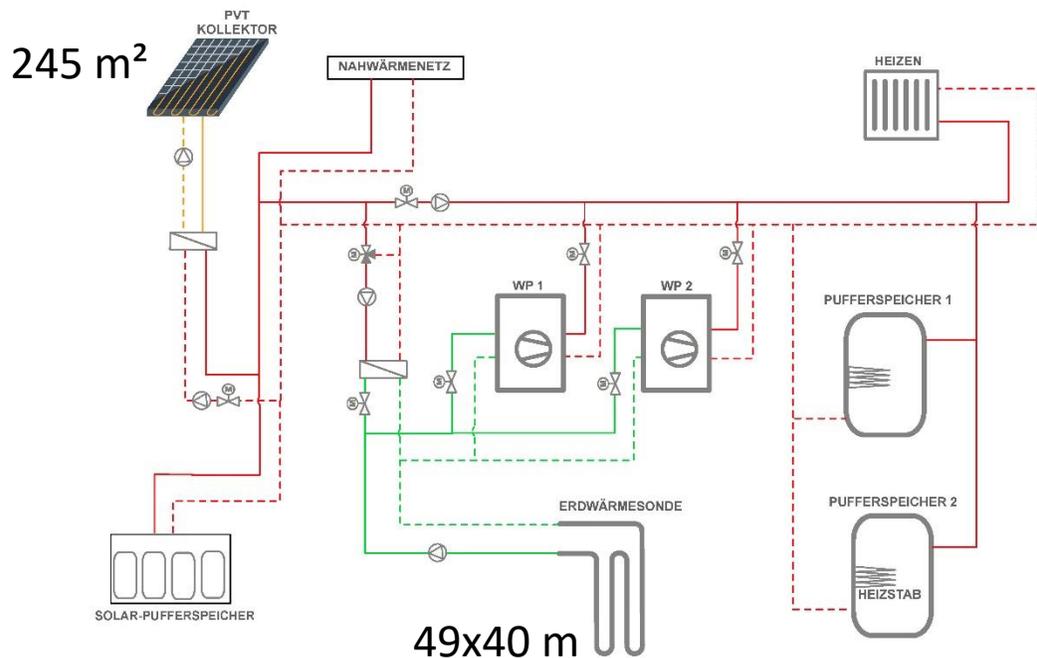


Bürogebäude plus Ausstellungsfläche



Heimstatt Röderhof – Hildesheim

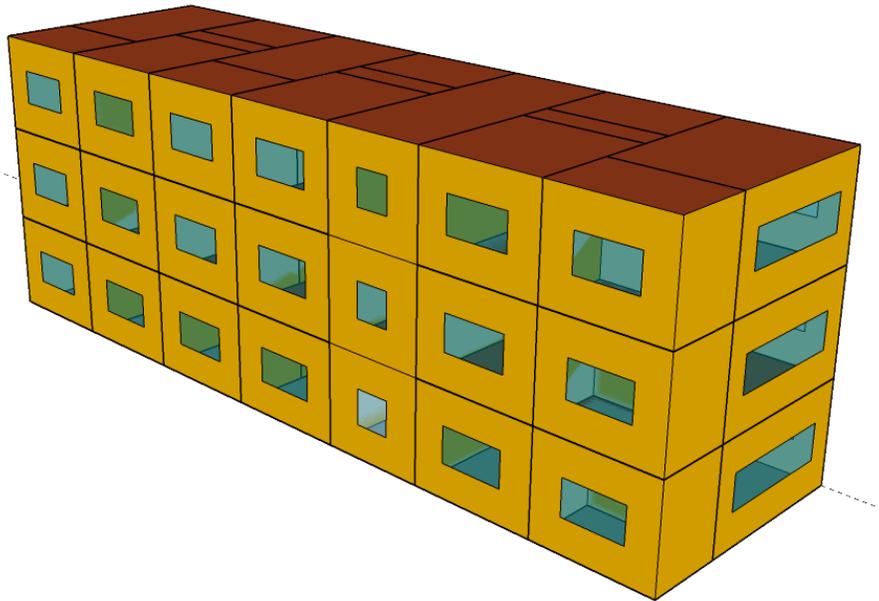
- PVT-Kollektor / -Fläche: PA-ID / 245 m²
- Planer: GskB mbH / BPH Ingenieurgesellschaft mbH
- Betreiber: Stiftung katholische Behindertenhilfe
- Inbetriebnahme: 2022



➔ Unterstützung fehlender geothermischer Ressourcen

- PVT - WP Systeme zeigen hohes CO₂ - Einsparpotenzial gegenüber Referenzsystemen
- PVT als einzige Wärmequelle für WP-System
 - ≈ 25 % Einsparung gegenüber Luft - WP System
 - ≈ 15 % Einsparung gegenüber PV - Luft WP System
- PVT kombiniert mit EWS erreichen die höchste Effizienz und reduzieren die Länge der EWS
- PVT ist eine neue additive oder alternative Wärmequelle für Wärmepumpen

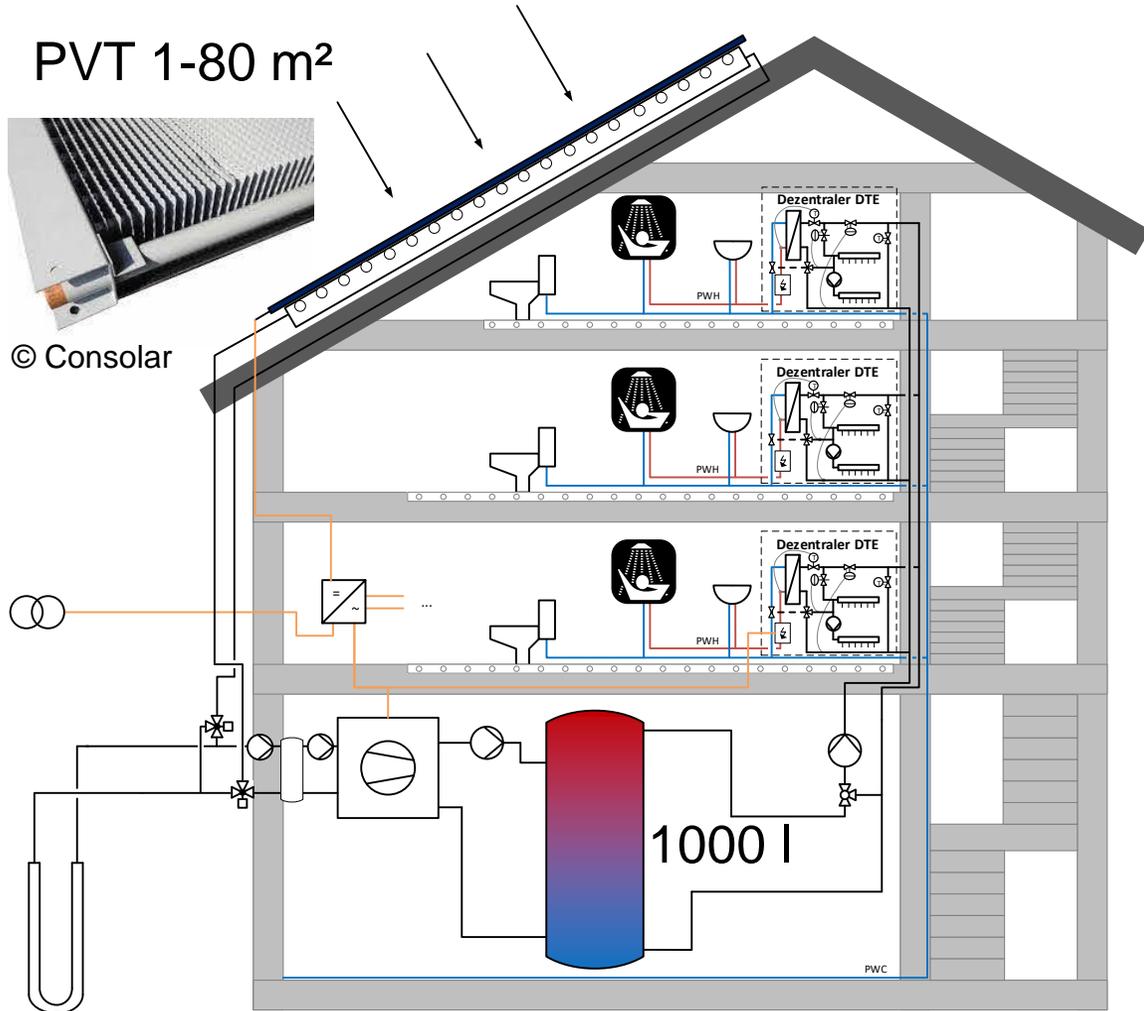
PVT für Mehrfamilienhaus



- Freistehendes Gebäude mit drei Etagen à drei Wohnungen (445,5 m² beheizte Wohnfläche), Standort Hannover
- Wärmeversorgung: Modulierende Wärmepumpe (WP) mit einer Leistung von maximal 14,3 kW (B5/W35)
- Raumwärmebedarf: 6,8 MWh/Jahr
- TWW-Bedarf: 6,4 MWh/Jahr
- Nutzwärmebedarf: 13,2 MWh/Jahr (30 kWh/(m²·a))

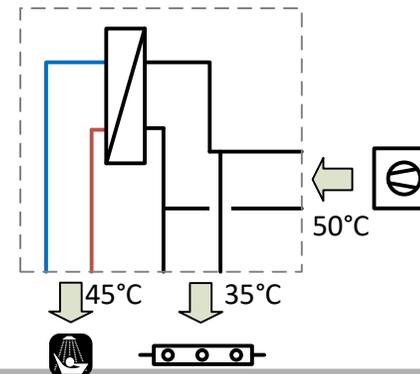
Wärmeverteilung (1)

PVT 1-80 m²



Zwei-Leiter-Variante:

- Zwei Steigleitungen
- 1x Vorlauf, 1x Rücklauf
- Raumwärme und Trinkwassererwärmung (TWW) über Wohnungsstationen
- (Ggf. Elektro-DLE in Reihe)

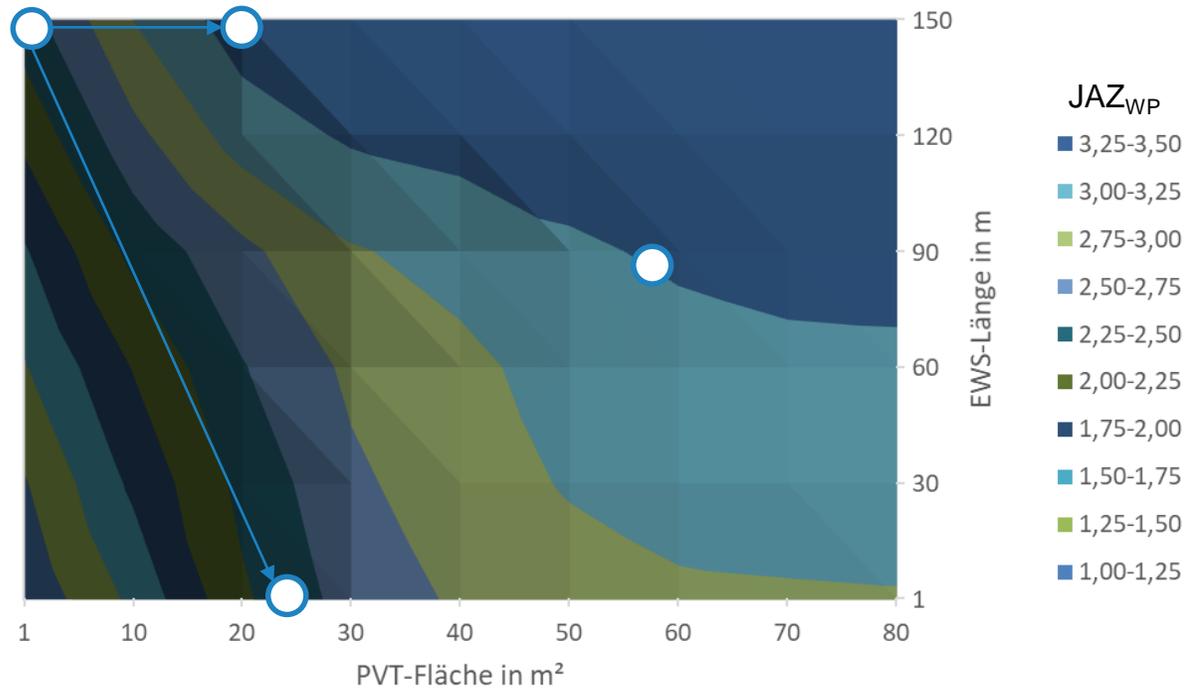


1 x EWS à 1-150 m

30 Projekt integraTE, 11.10.23

Ergebnisse

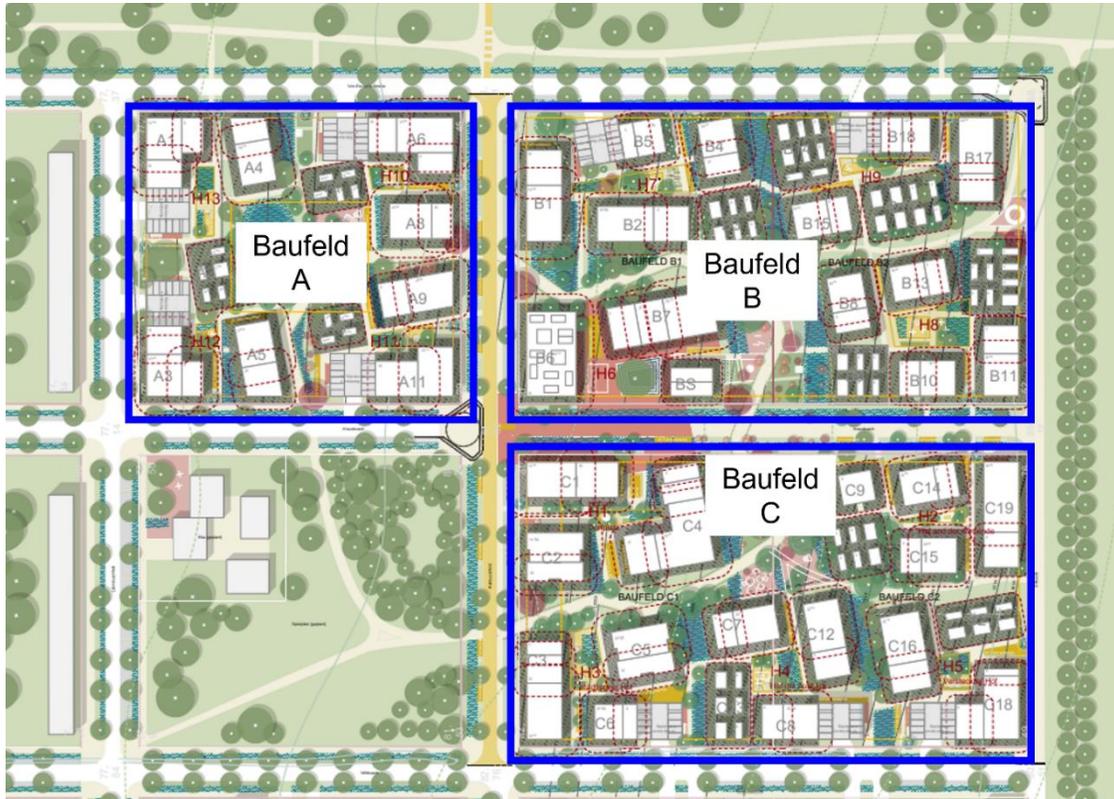
Klassische Wohnungsstation 50 °C



- 25 m² PVT ähnlich effizient wie 150 m EWS
- Erdwärmesonde und PVT erreichen höchste Effizienzen zusammen
- PVT vermeidet langjährige Auskühlung
- PVT erlaubt engere Abstände
- PVT muss noch günstiger werden

PVT mit kalter Nahwärme

Betrachtungsquartier

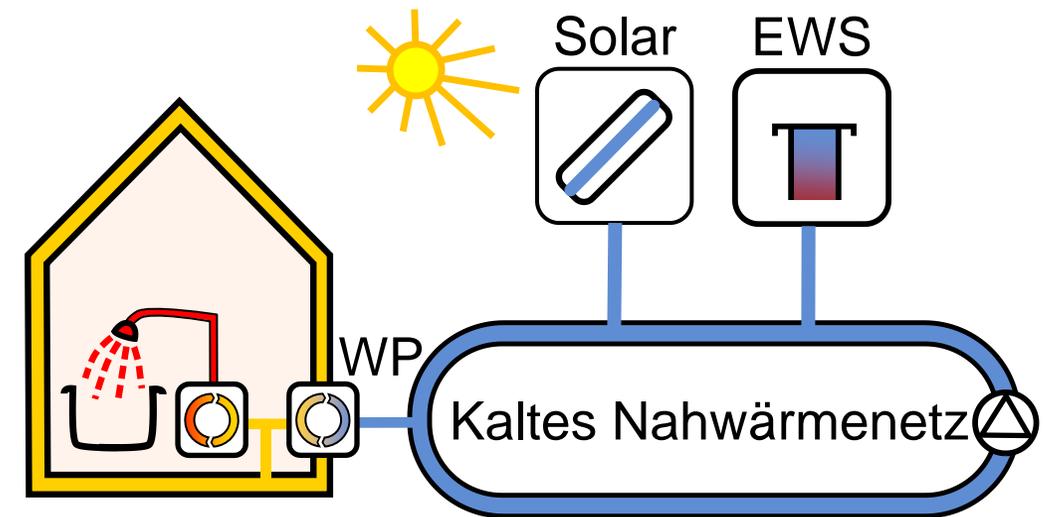
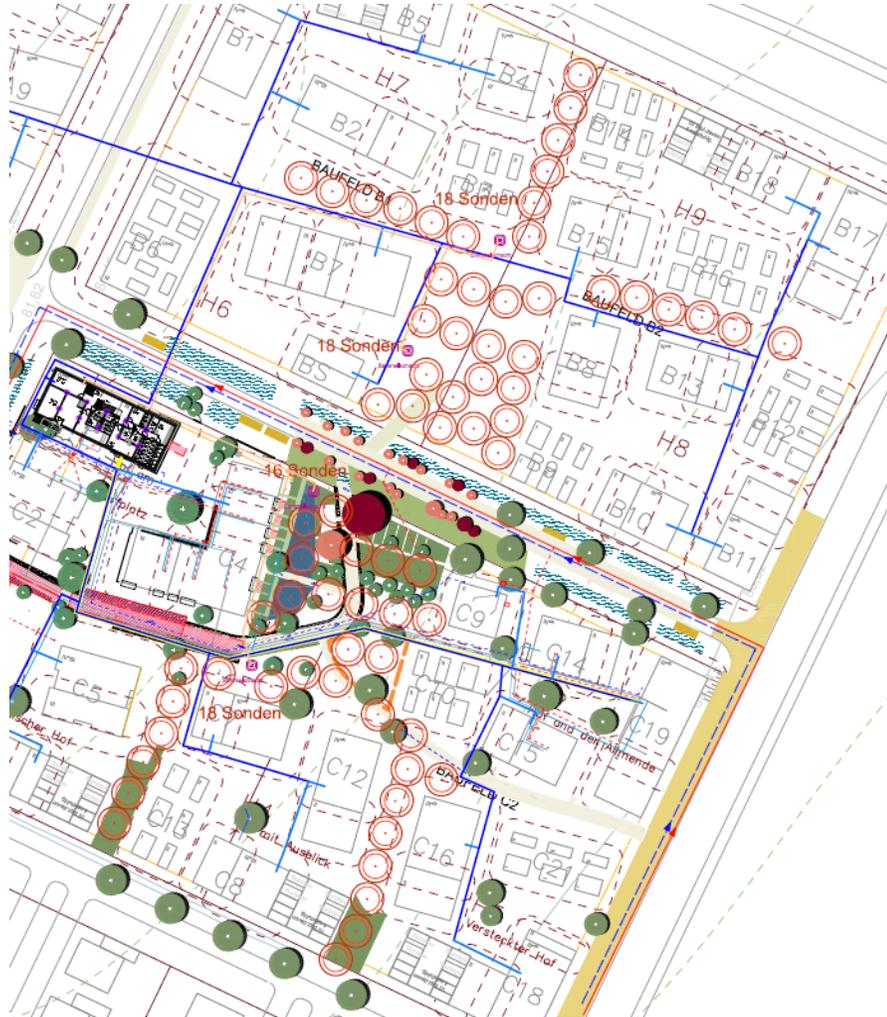


- 37 Mehrfamilienhäuser (MFH)
- 800-1000 Bewohner
- Berechnung des Wärmebedarfs
960 MWh Wärme pro Jahr, 44,8 kWh/(m²·a)

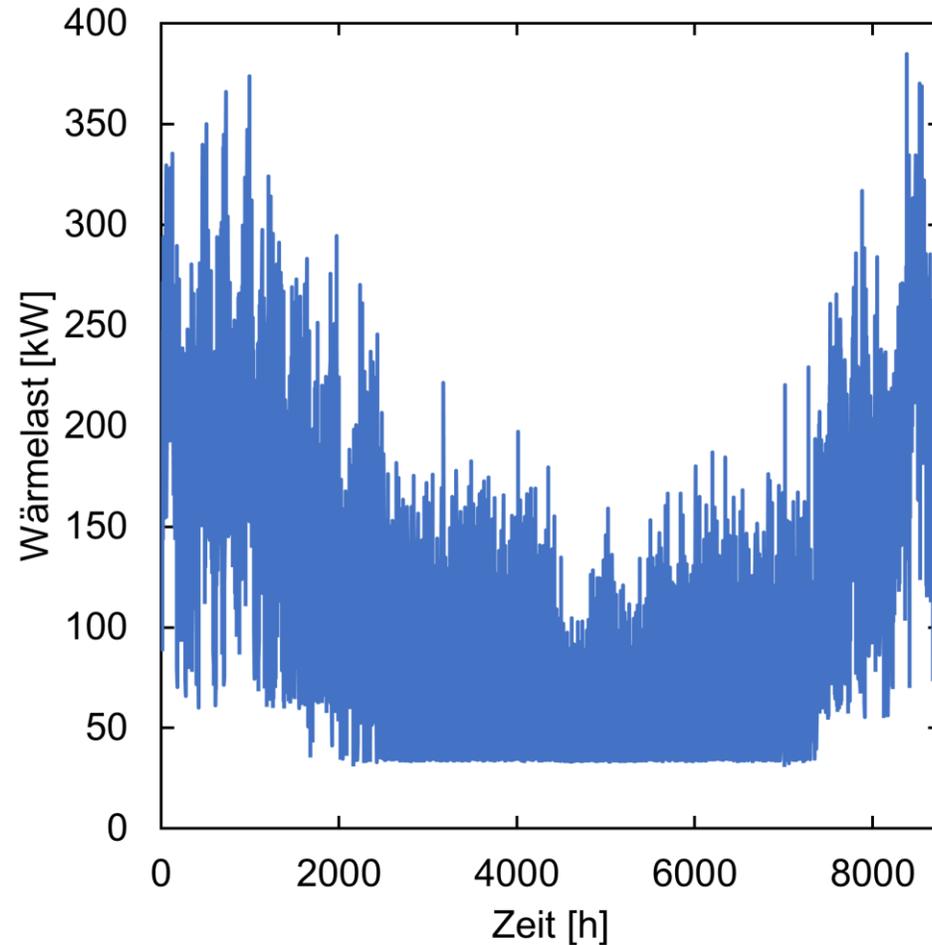


Optimierung der geo-solaren Wärmequellen

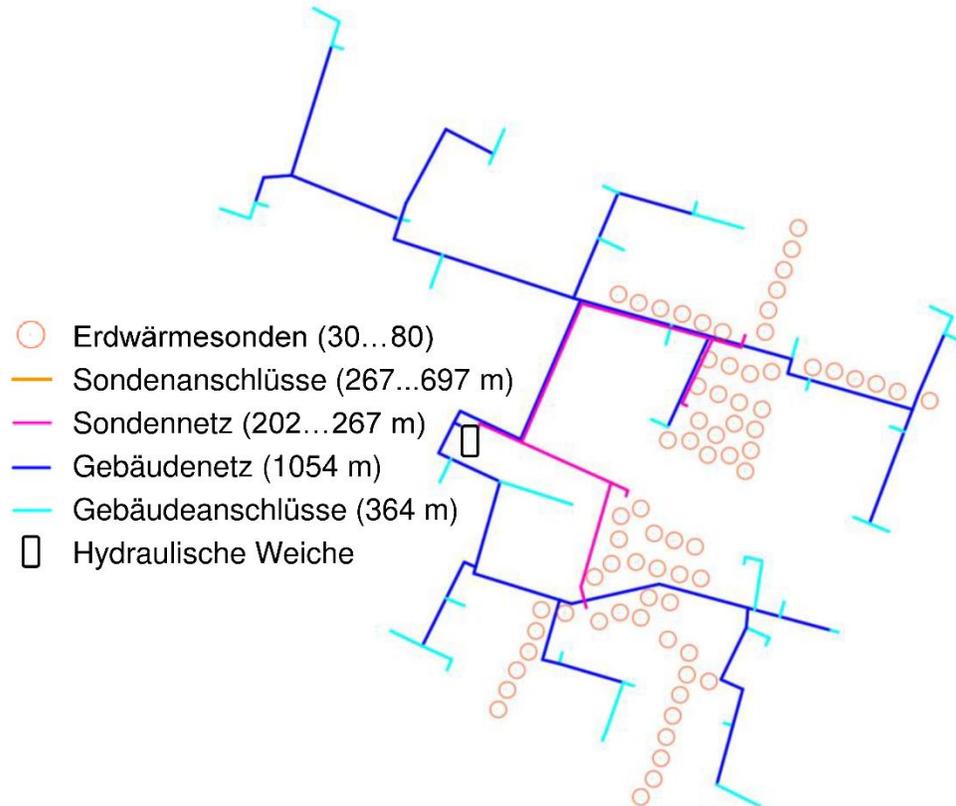
- Flächenkonkurrenz zu Gebäuden, Leitungen und Bepflanzungen
- Bis zu 80 EWS im zentralen Parkbereich möglich
- Kaltes Nahwärmenetz um Wärme zu verteilen
- Nutzen von Regeneration über Solar-, Umwelt- oder Abwärme



Simulationsmodell und betrachteter Parameterbereich



- Zeitschritt 1 Stunde
- Simulationszeitraum 50 Jahre
- Anzahl EWS (Tiefe 150 m)
30 ... 80 (5er Schritte)
- PVT-Kollektorfläche
0 m² ... 1200 m² (100 m² Schritte)
- Perfekt modulierende Wärmepumpe
- Massenstromregelung für 3 K Temperaturdifferenz

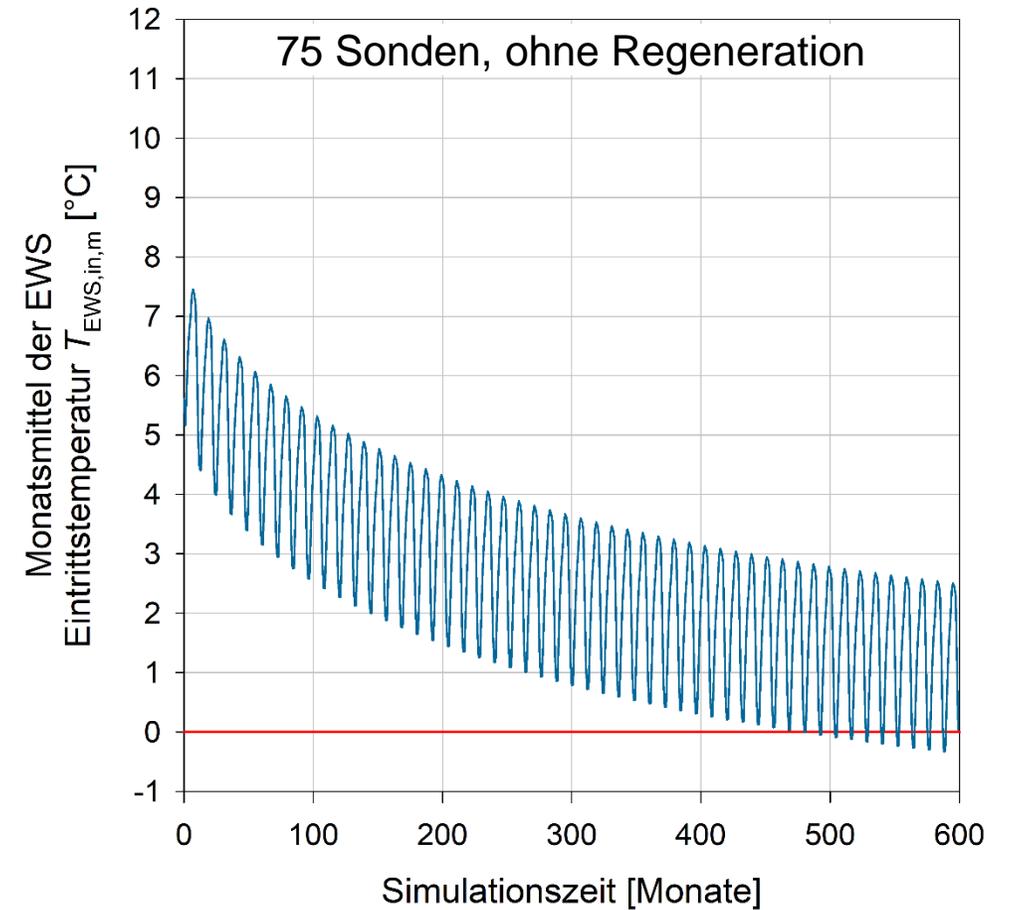
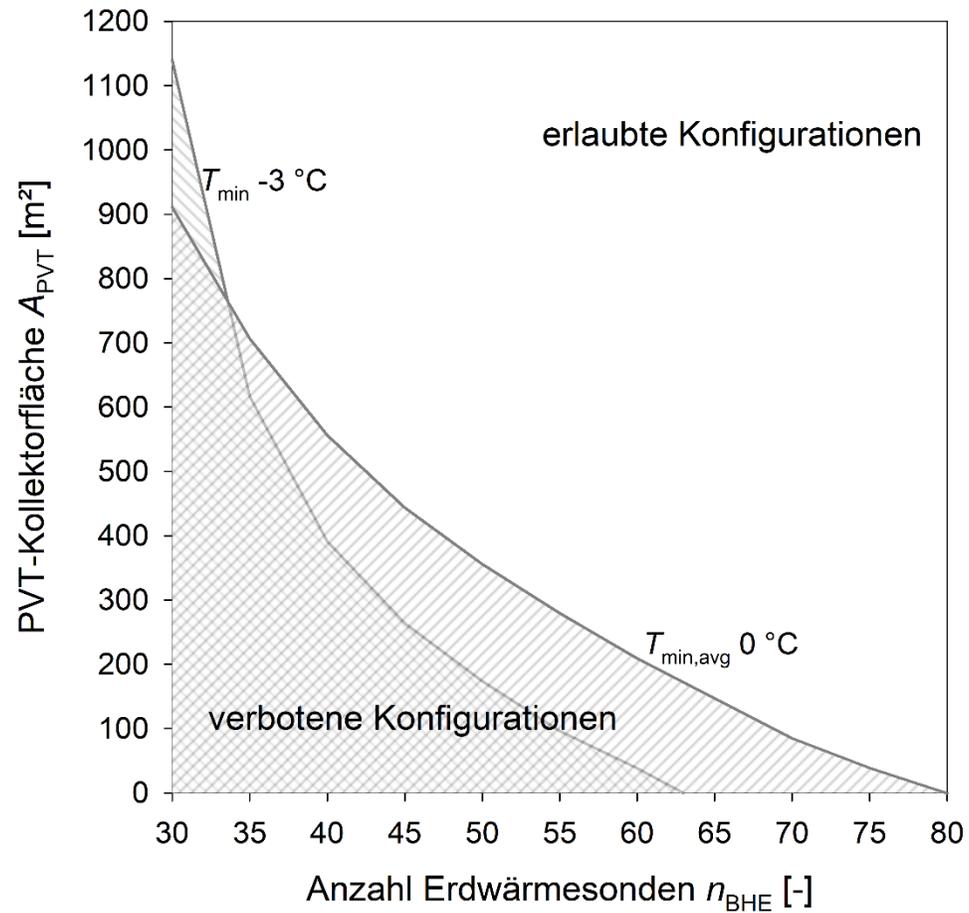


- Vereinfachung von 2D zu 1D Aufbau
- Bündelung in äquivalente, parallele, unabhängige Leitungen

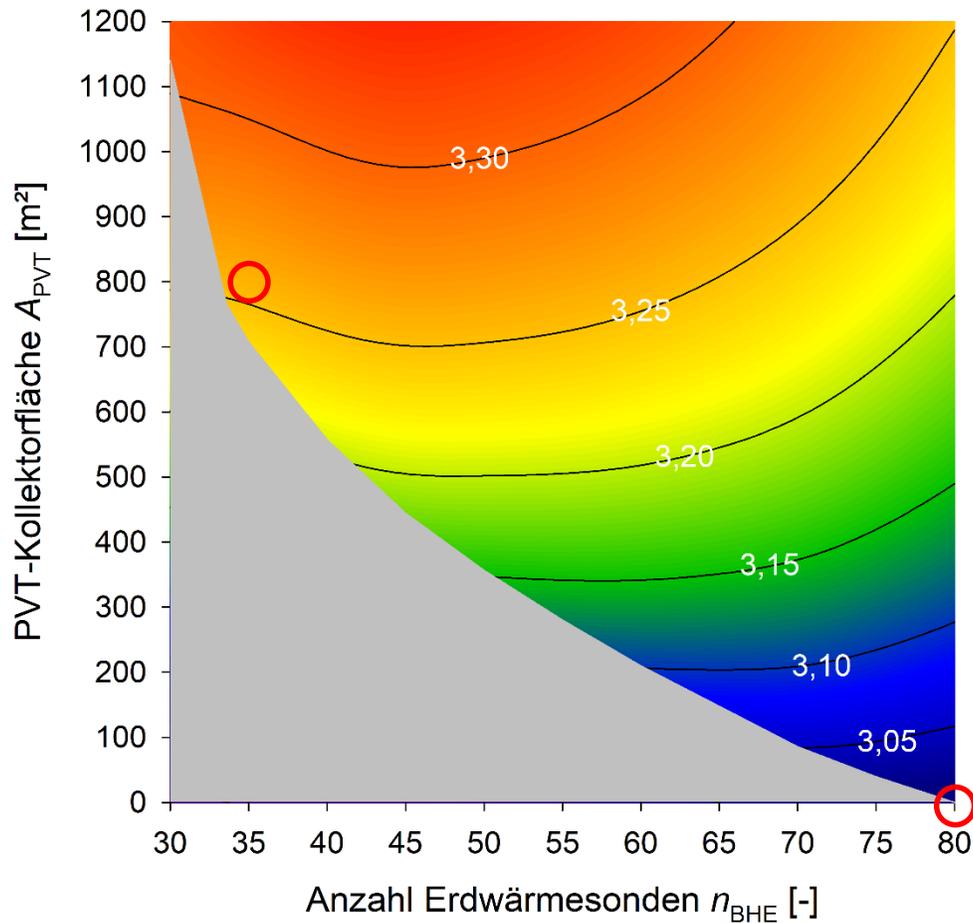


- Für jedes Subnetz: $l_{avg} = \frac{\sum_i l_i}{i}$ i : Gebäude
- Anzahl von parallelen Leitungen für jedes Subnetz, bestimmt durch Verzweigungsfaktor: $f_b = \frac{l_{tot}}{l_{avg}}$

Temperaturgrenzen



Systemeffizienz erhöht sich mit PVT-Fläche



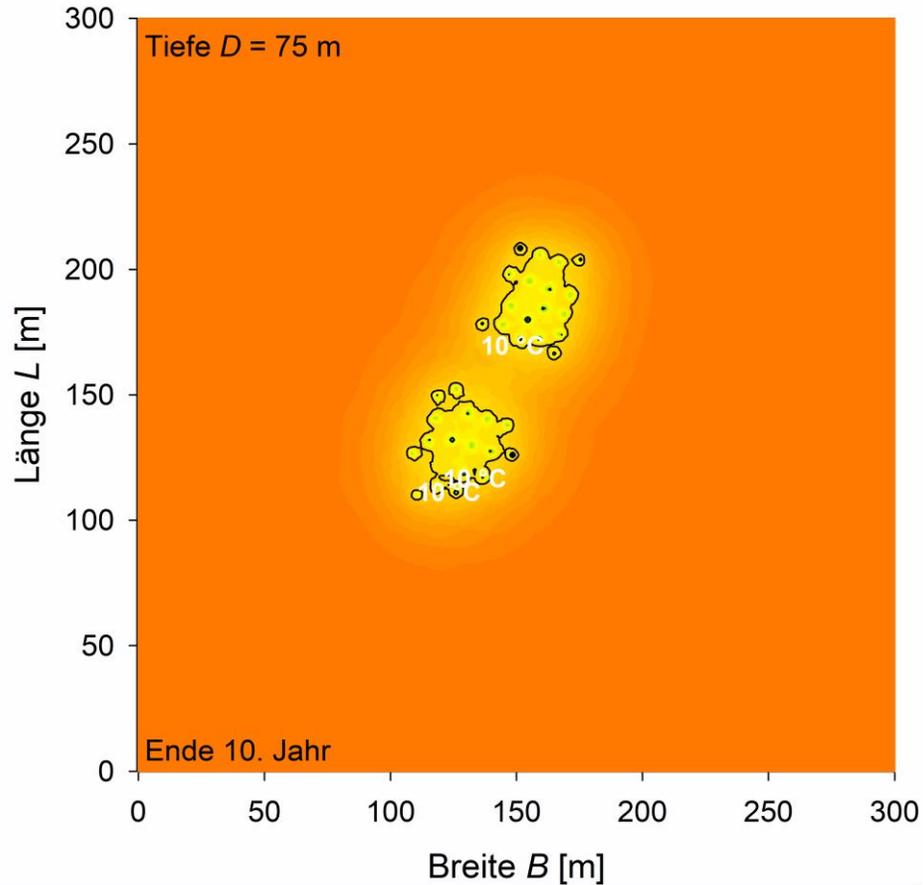
- Systemeffizienz, inklusive Wärmepumpen und Umwälzpumpen

$$JAZ = \frac{Q_{Kond}}{W_{el,Wärmepumpen} + W_{el,Umwälzpumpen}}$$

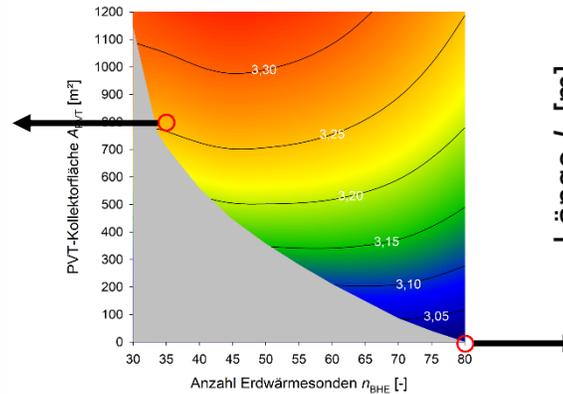
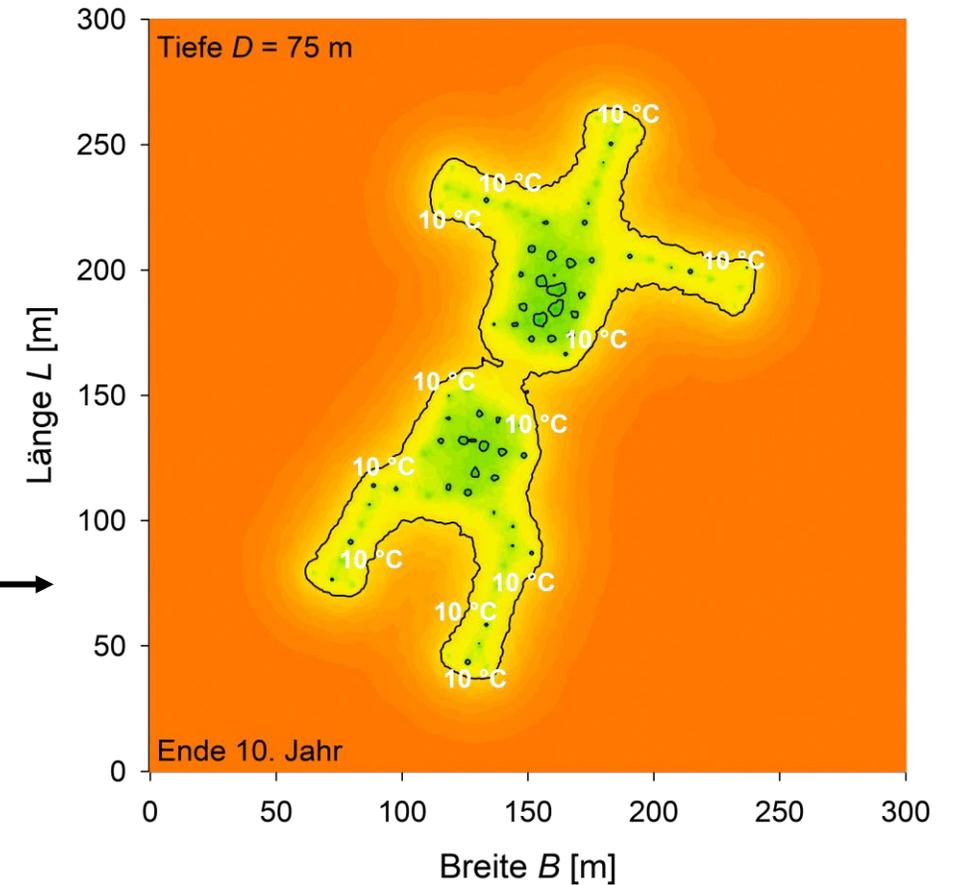
- 80 EWS, ohne Reg. \rightarrow 3,00
- 34 EWS, 750 m² PVT \rightarrow 3,25

Untergrundtemperaturen über 50 Jahre

35 Sonden, 800 m² PVT-Kollektoren

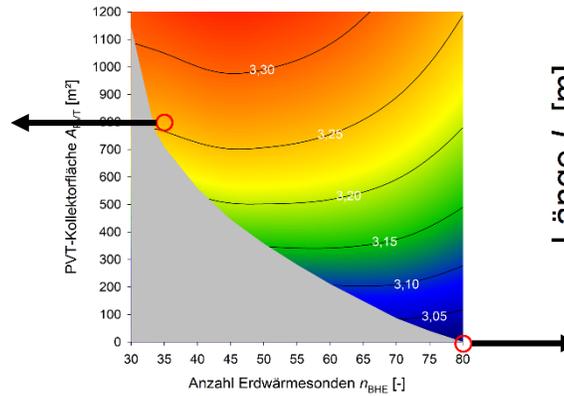
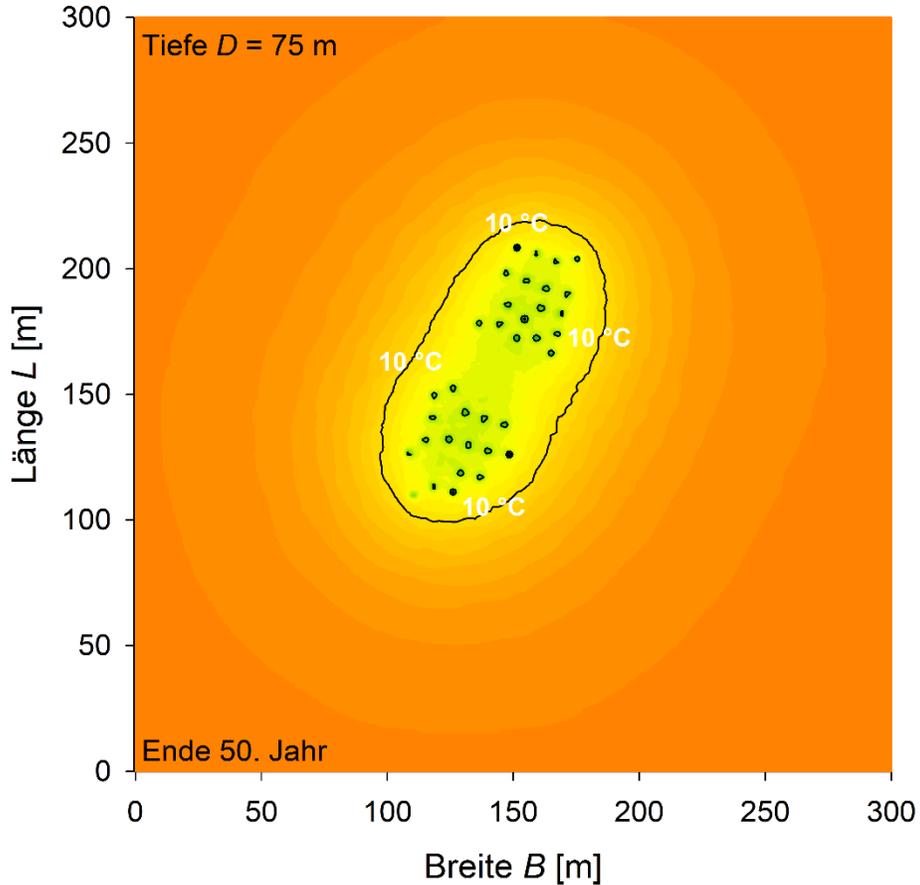


80 Sonden, ohne Regeneration

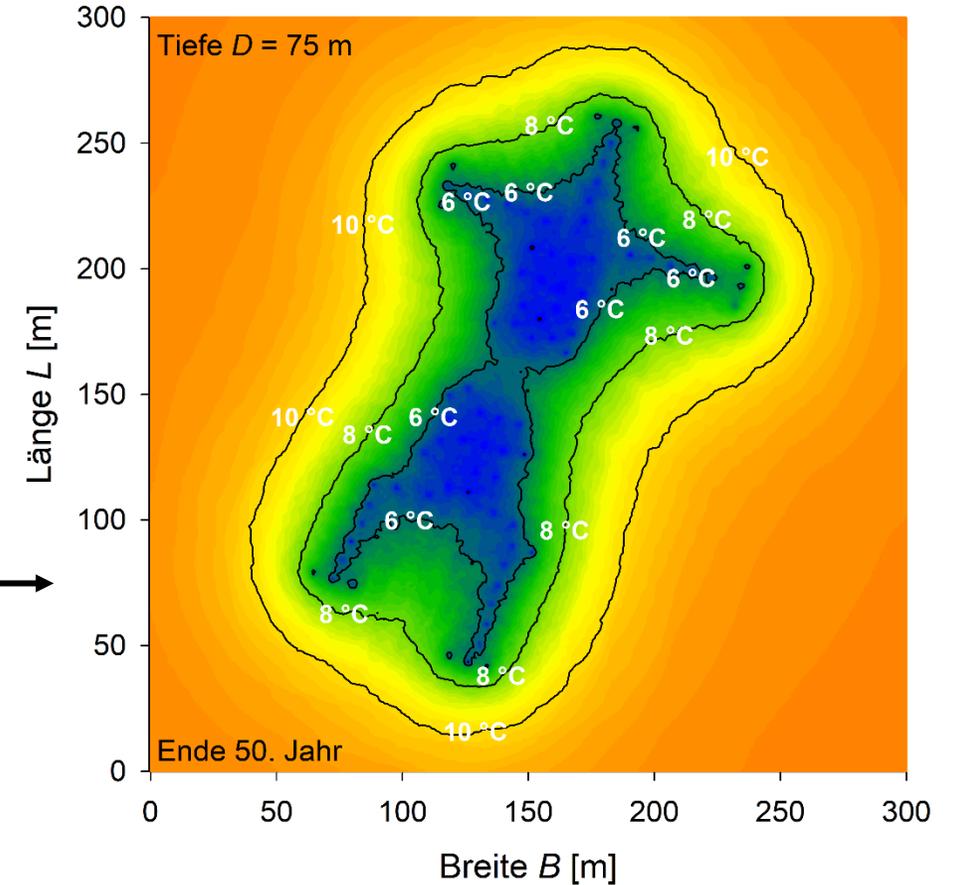


Untergrundtemperaturen über 50 Jahre

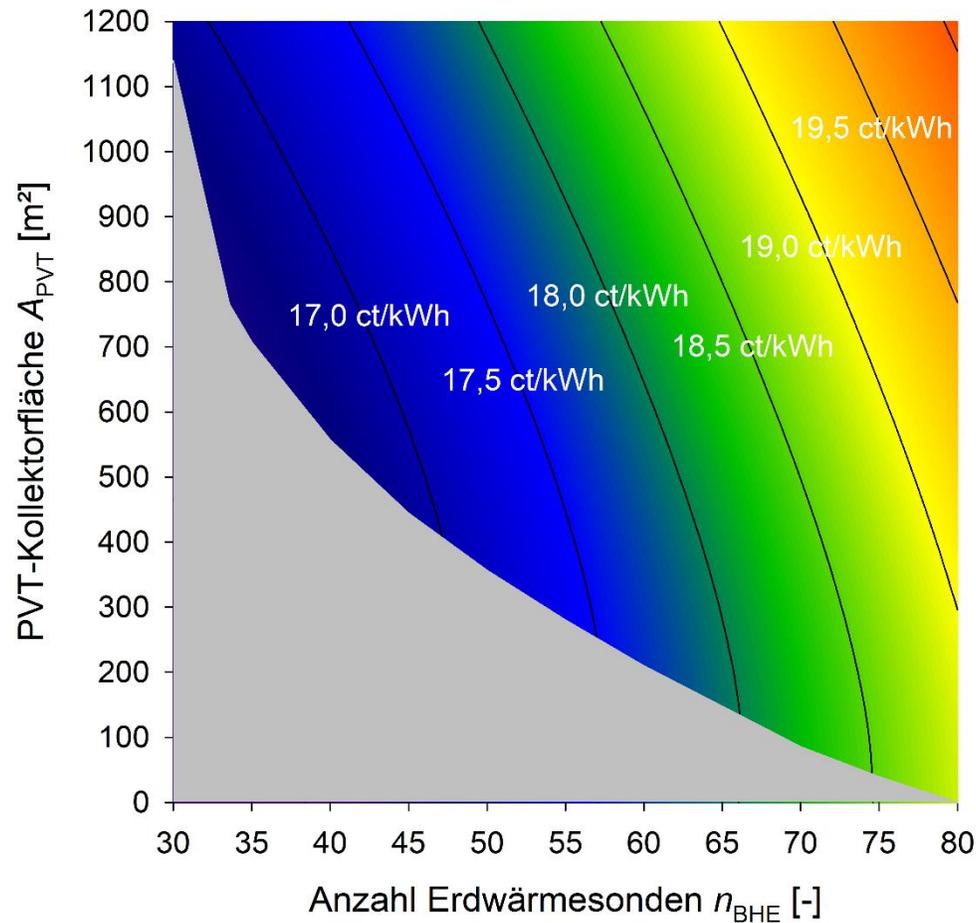
35 Sonden, 800 m² PVT-Kollektoren



80 Sonden, ohne Regeneration



Wärmegestehungskosten



- Kostenannahmen:
 $K_{INV,BHE} = 70 \text{ €/m}$
 $K_{INV,PVT} = 300 \text{ €/m}^2$
Zeitraum 50 Jahre
Förderquote 49 %
- 80 EWS, ohne Reg. $\rightarrow 18,84 \text{ ct/kWh}$
- 34 EWS, 750 m² PVT $\rightarrow 16,55 \text{ ct/kWh}$

- Regeneration sollte bei der Planung von kalter Nahwärme mit EWS immer berücksichtigt werden
- Für dieses Quartier ist ein kleineres EWS-Feld mit größerer PVT-Kollektorfläche:
 - Effizienter (JAZ von 3,00 auf 3,25 gesteigert)
 - Nachhaltiger (niedrigerer langfristiger Temperaturabfall im Untergrund)
 - Günstiger (Wärmegestehungskosten von 18,84 auf 16,55 ct/kWh gesenkt)



*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
und die Förderung beim*

Kontakt:

Peter Pärisch, Gruppenleiter Thermische Energiesysteme, ISFH

Phone: +49 (0) 5151 / 999-648, e-Mail: p.paerisch@isfh.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages