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

PVT-Kollektoren als Wärmequelle für Wärmepumpen



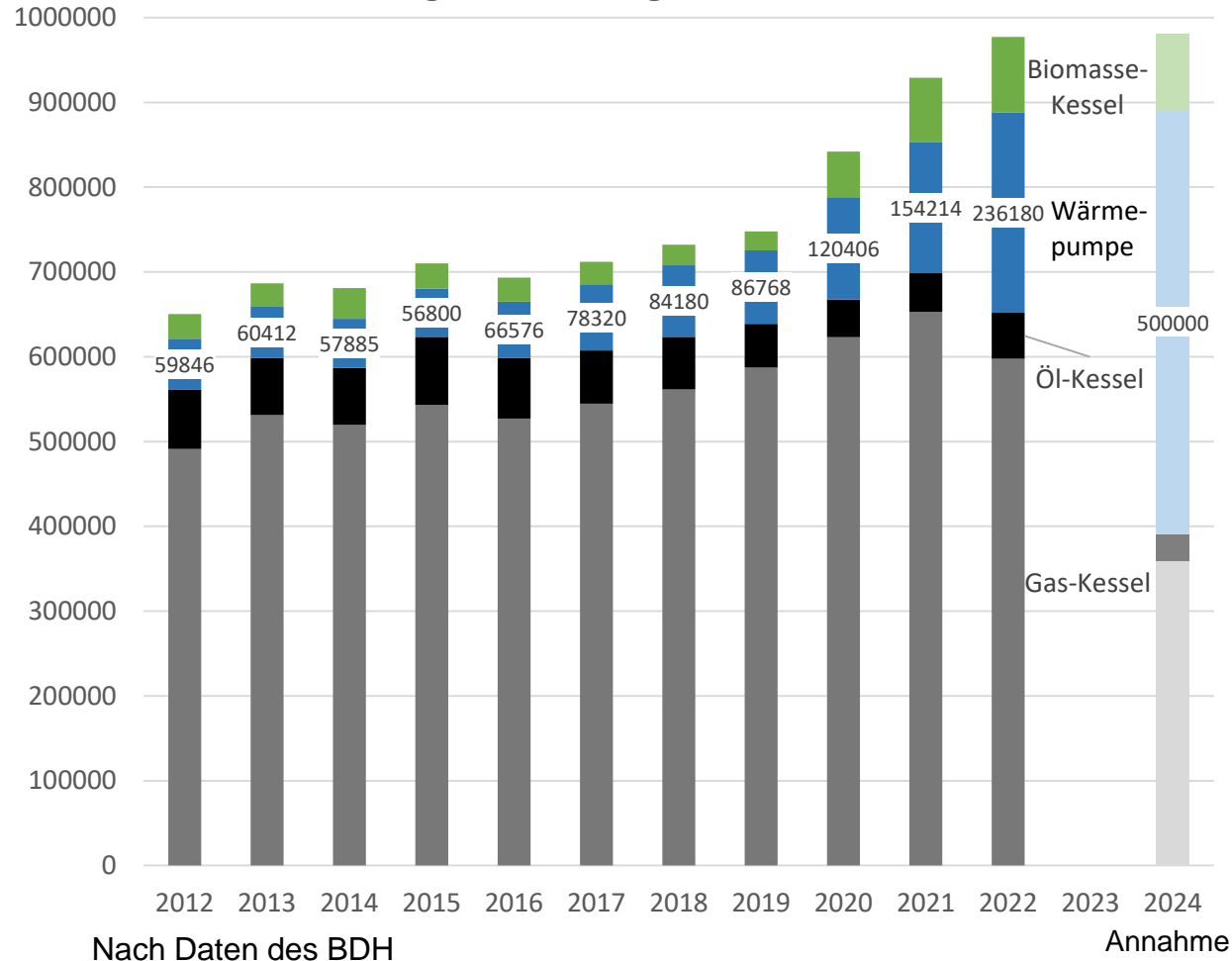
Vortragende:

Bharat Chhugani, Peter Pärisch, ISFH Hameln

09. Januar 2024, 3N Kompetenzzentrum,
Werter Themenabende, online

Wir brauchen 500.000 Wärmepumpen ab 2024

Marktentwicklung Wärmeerzeuger Deutschland 2012-2022



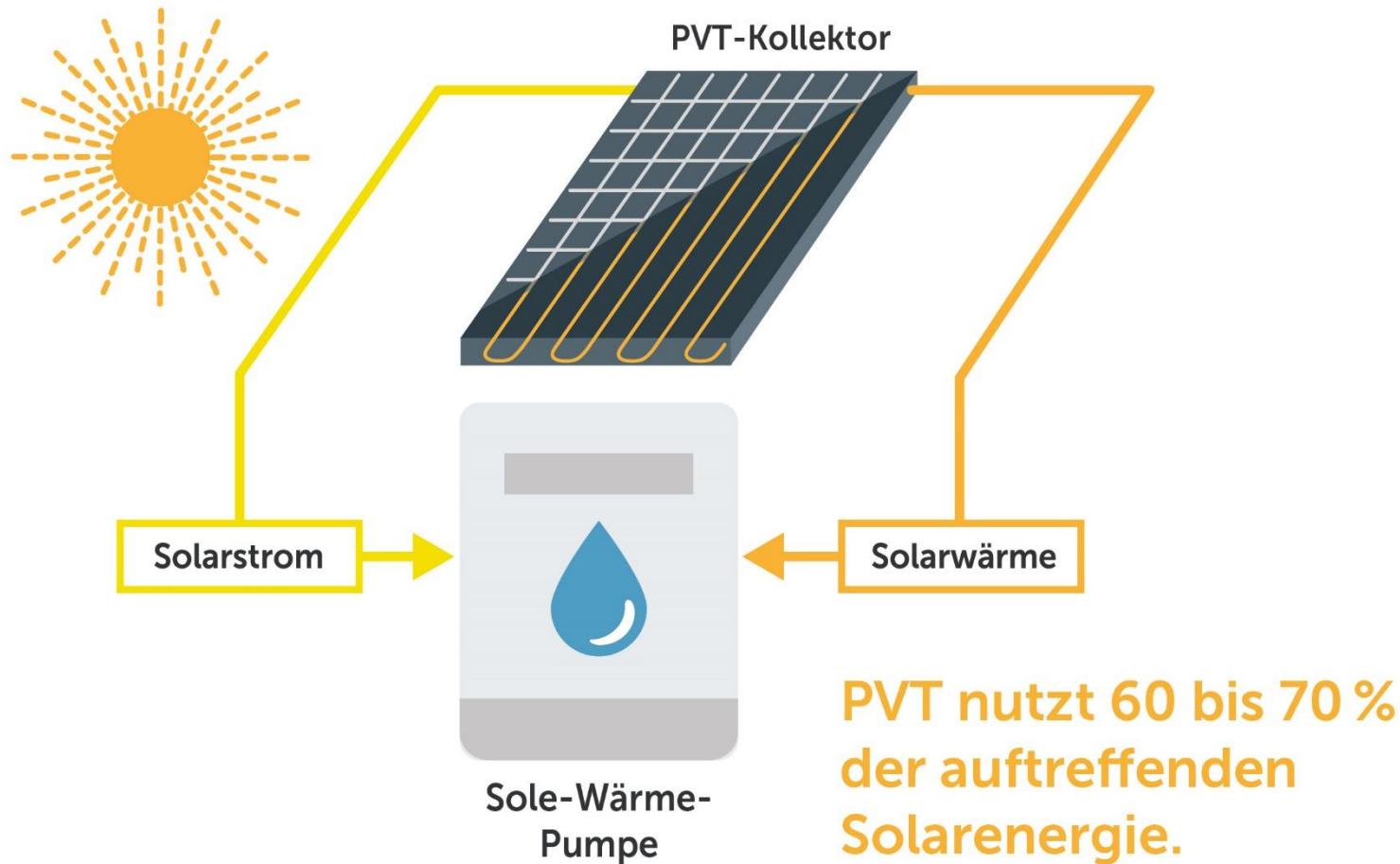
Hemmnisse für Wärmepumpenausbau:

- 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

PVT-Technik im Überblick

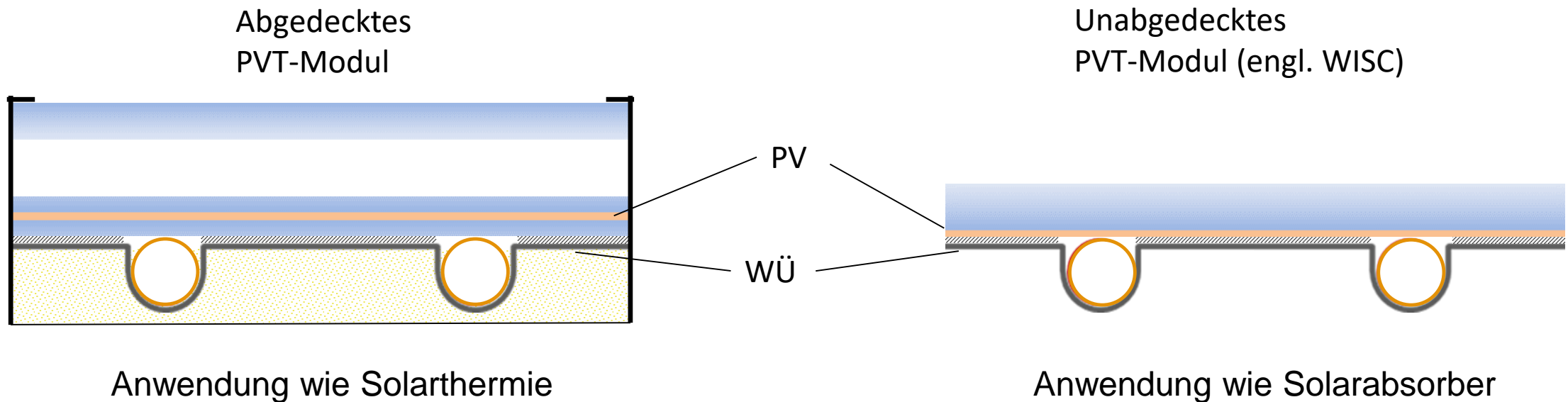
WÄRME UND STROM AUS EINEM SOLARELEMENT



- PVT-Kollektoren erzeugen Strom und Wärme
- Geräuschlose Wärmequelle für Sole-Wärmepumpen
- PVT-Kollektoren bestehen aus einem PV-Modul und einem Wärmeübertrager in einem Element
- Sie können aufdach, indach oder auf der Fassade installiert werden

Bauformen von PVT

- Solarkollektor inkl. Photovoltaik (PV) oder PV-Modul + Wärmeübertrager (WÜ)
- Wärmeträger Flüssigkeit oder Luft
- Clamp-On oder bauliche Einheit



Bauformen von PVT (2)

■ Beispiele

Mit Luft-Wärmeübertrager (Finnen) als alleinige Wärmequelle



Quelle: Consolar/TripleSolar

Hinterlüfteter Indachkollektor mit Finnen



(Quelle: ISFH/nD-System)

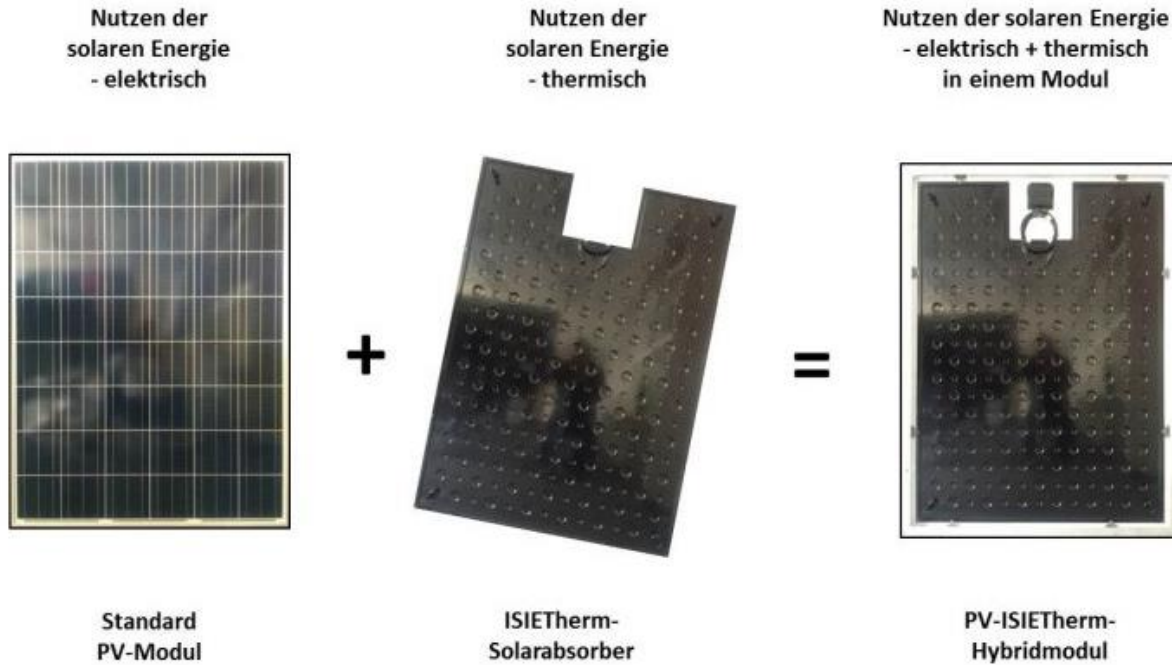


(Quelle: CTC Giersch)

Bauformen von PVT (3)

Clamp-On Wärmeübertrager für Nachrüstung

Abgedeckt, einsetzbar wie Solarkollektor



















Quelle: eVERA



Quelle: Solvis

weitere

TECHNOLOGIELIEFERANTEN – PARTNER BEI INTEGRATE

			PVT-Wärme- pumpen- System- anbieter	Wärme- pumpen- Hersteller	PVT- Elemente- Hersteller	Planungs- dienst- leistungen
	Architektur- und TGA-Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus	www.passivhaus.de				✓
	Bosch Thermotechnik GmbH – Buderus	www.buderus.de	✓	✓		✓
	Consolar GmbH	www.consolar.de			✓	✓
	Dualsun	www.dualsun.com			✓	
	eVERA GmbH	www.evera.eu			✓	✓
	EVO Deutschland GmbH	www.e-v-o.de	✓		✓	✓
	Giersch	www.giersch.de	✓		✓	✓
	nD-System GmbH	www.nD-System.de			✓	✓
	NIBE Systemtechnik GmbH	www.nibe.de	✓	✓		✓
	PA-ID Process GmbH	www.2Power.de	✓		✓	✓
	SHES GmbH	www.shessolar.de	✓		✓	✓
	SolarTech International	www.energiedak.nl	✓		✓	✓
	Solvis	www.solvis.de		✓	✓	✓
	Splus2 GmbH	www.splus2.de			✓	
	Sunmaxx PVT GmbH	www.sunmaxx-pvt.com			✓	✓
	Triple Solar BV	www.triplesolar.eu	✓	✓	✓	

BEG Einzelmaßnahme – Heizungstausch (seit 1.1.2024 bei KfW)



- Generell: PVT sind nun von der MwSt. befreit
- Zinsverbilligter Kredit bis zu 120.000 €, Zuschuss:
- 30% für den Einbau einer Wärmepumpe (auch PVT)
- +5% für natürliche Kältemittel und Erdkopplung
- +20% Klimageschwindigkeitsbonus (bis 31.12.28) für alte Gasheizung (>20 a) oder sonstige fossile Techniken
- +30% einkommensabhängiger Bonus (≤ 40.000 € zu versteuerndem Haushaltsjahreseinkommen)
- Kumulierbar bis 70%

BEG Einzelmaßnahme – Heizungstausch (seit 1.1.2024 bei KfW)



- Förderfähige Kosten nun max. 30.000 € (+ n · WE · 15.000 € (für n=2..6) + n · WE · 8.000 € (für n>6))
- Infoblatt zu förderfähigen Kosten: derzeit in Überarbeitung
- Wärmequellen einer Wärmepumpenanlage: „Solarthermische Kollektoren (alle Bauarten), PVT-Kollektoren (Hybridkollektoren zur Wärme- und Stromerzeugung), Luft-Wärmeübertrager zur Abwärmenutzung von PV-Anlagen (inklusive Unterkonstruktionen)“

PVT als bauliche Einheit

(PV)T als Clamp-On-Wärmeübertrager

Mit EEG

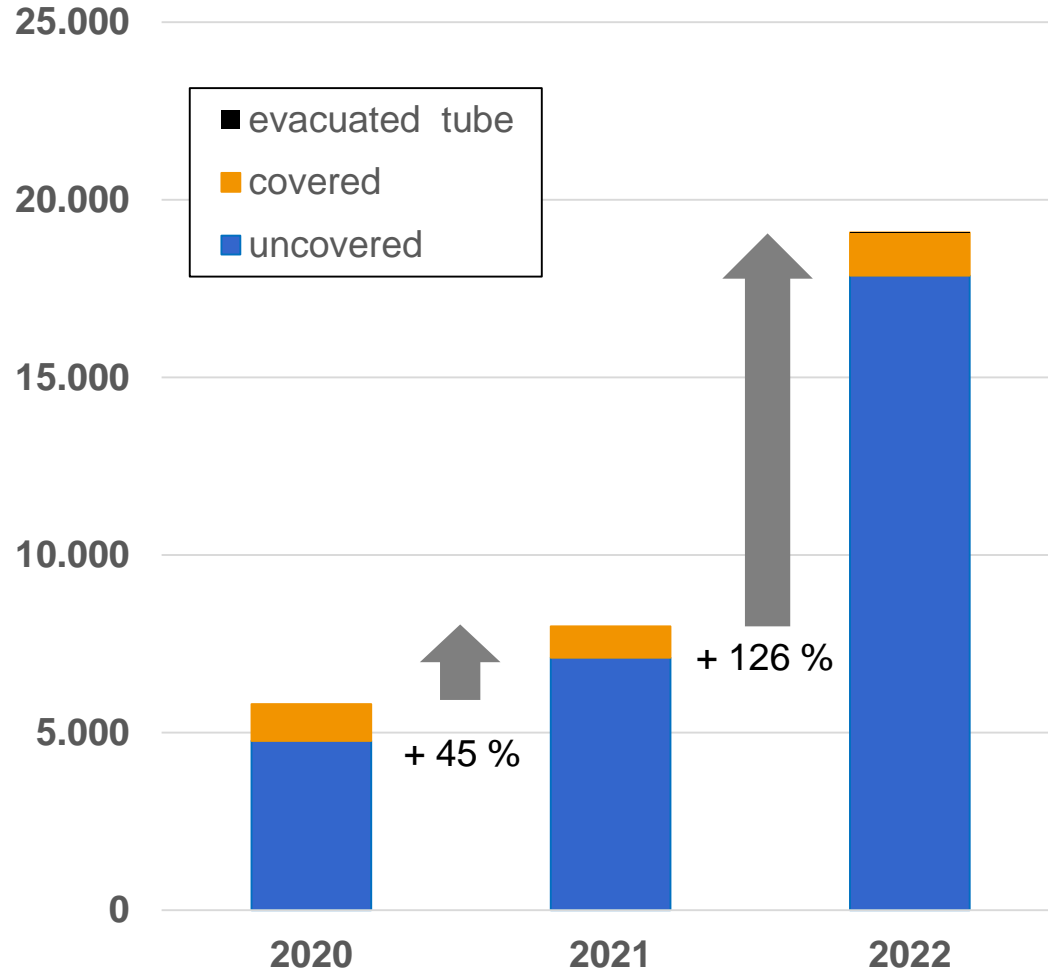
Ohne EEG

➤ Kosten von T förderfähig

➤ Kosten von PVT förderfähig → Verzichtserklärung

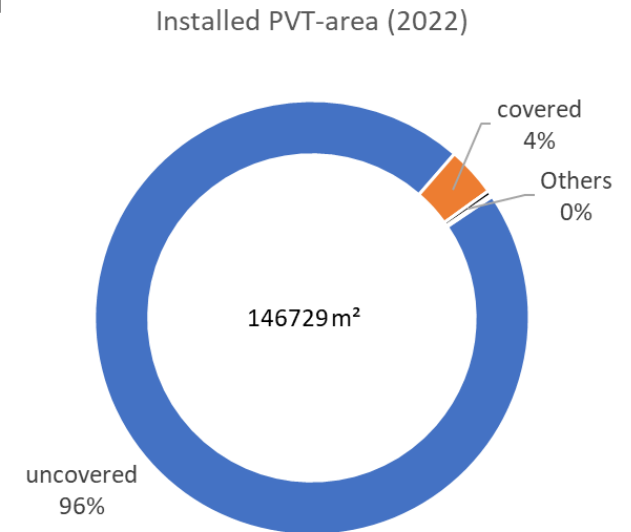
➤ Abzug von 1.500 €/kWp pauschal

PVT-Kollektor-Markt Deutschland in m²



Datenerhebung: AEE INTEC

- 146.700 m² kumulierte PVT Fläche Ende 2022
- 96 % der installierten PVT-Fläche sind unabgedeckte Kollektoren



Datenerhebung: AEE INTEC

- Ca. 85 % der installierten Anlagen in Einfamilienhäusern
- Verschiebung auf MFH und andere zu erwarten

Weiteres Material



8-seitiger PVT-Infolyer von IntegraTE



5-seitiger Artikel in der April-Ausgabe des Bundesbaublattes



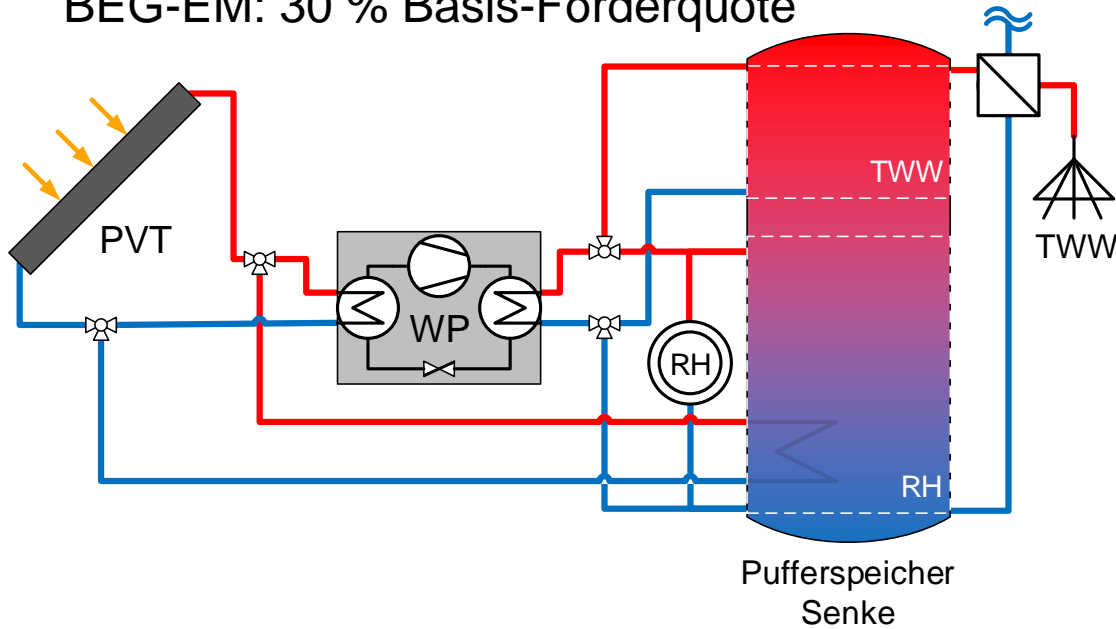
4-seitiger Artikel in der Mai-Ausgabe von Moderne Gebäudetechnik

Insgesamt 14 Artikel online: <https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/integrate/german/index/Medien.html>

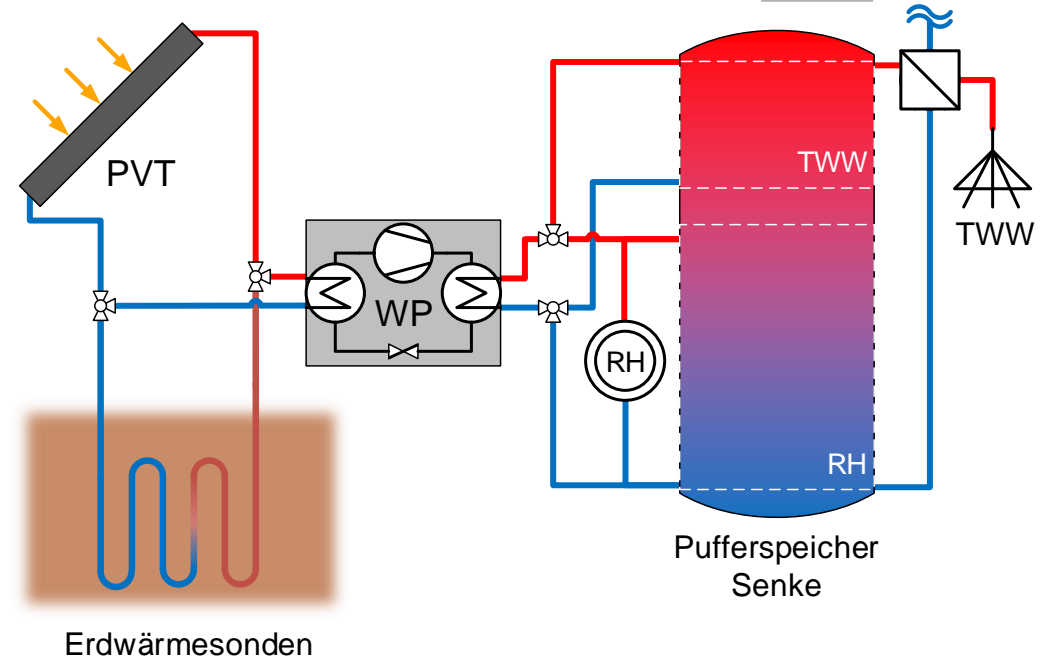
Simulationsstudie für unabgedeckte PVT Kollektoren

PVT-Systeme

BEG-EM: 30 % Basis-Förderquote

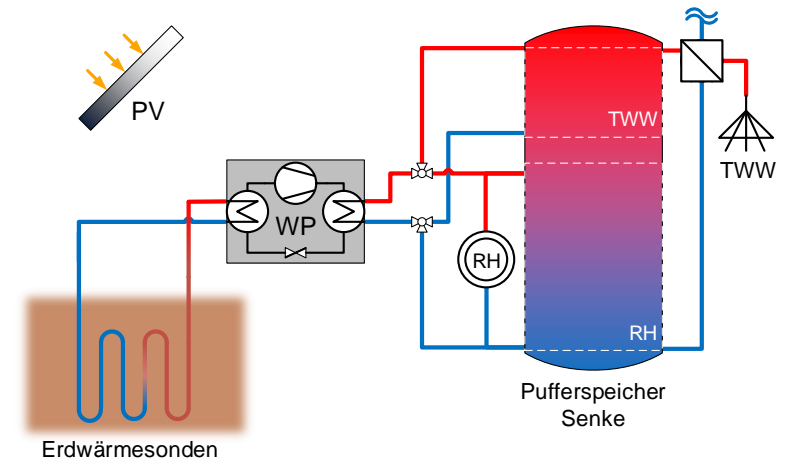
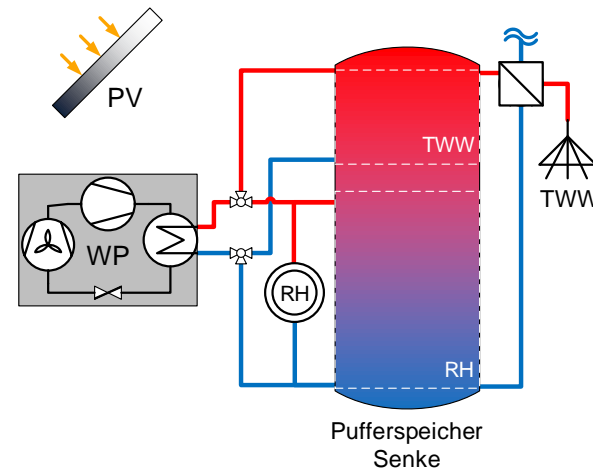
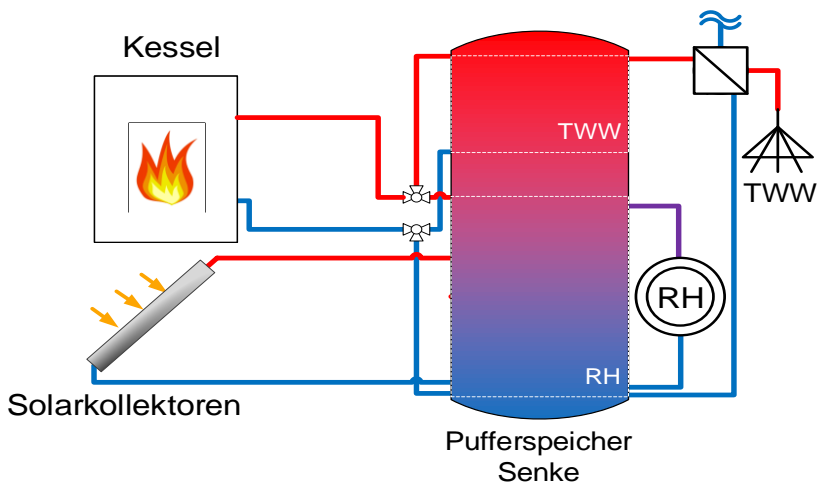
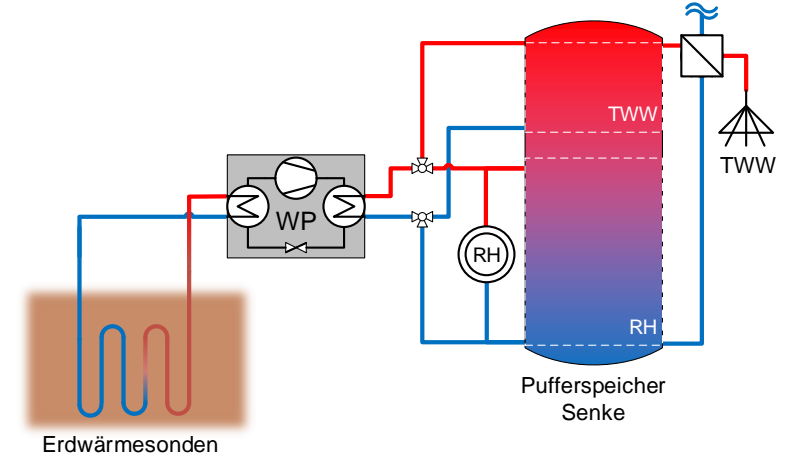
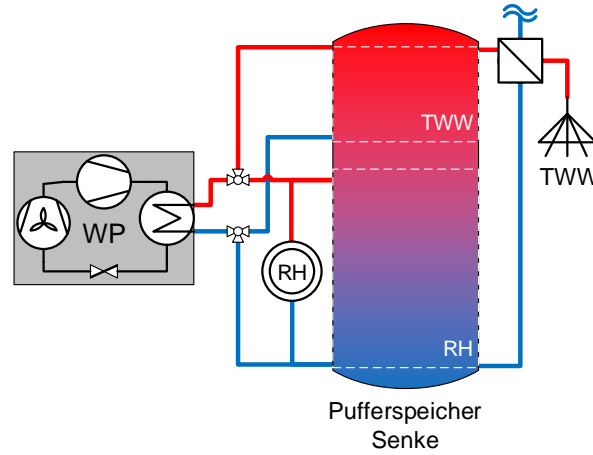
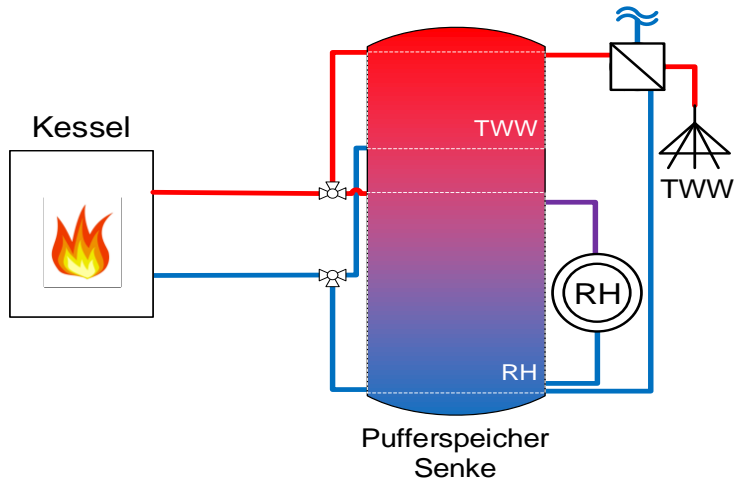


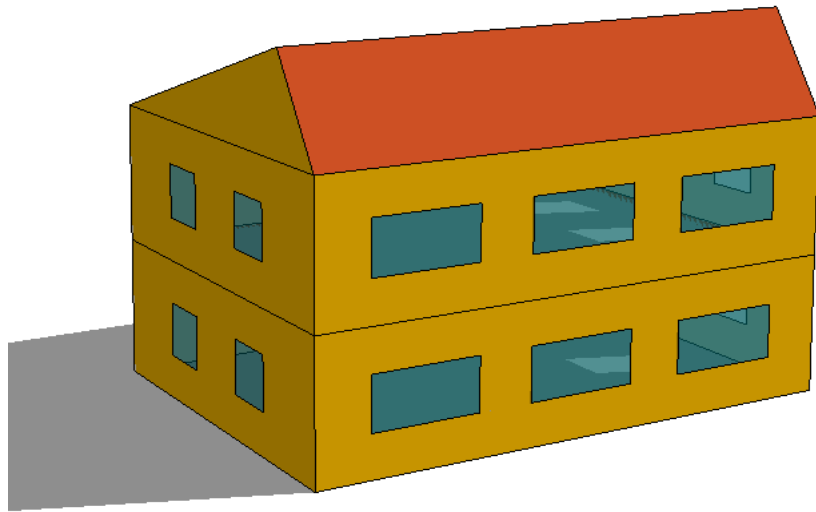
BEG-EM: 35 % Basis-Förderquote



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

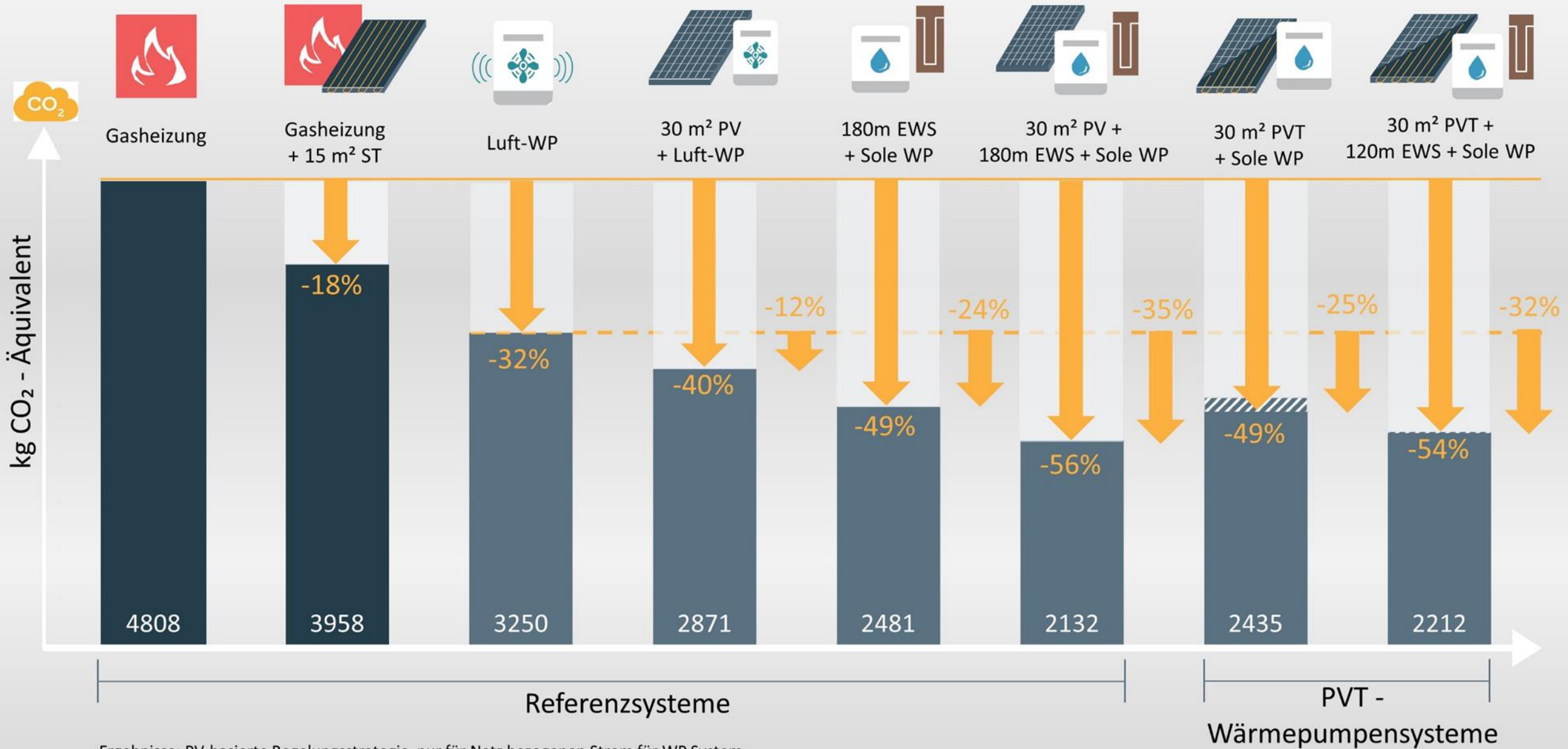
Referenzsysteme



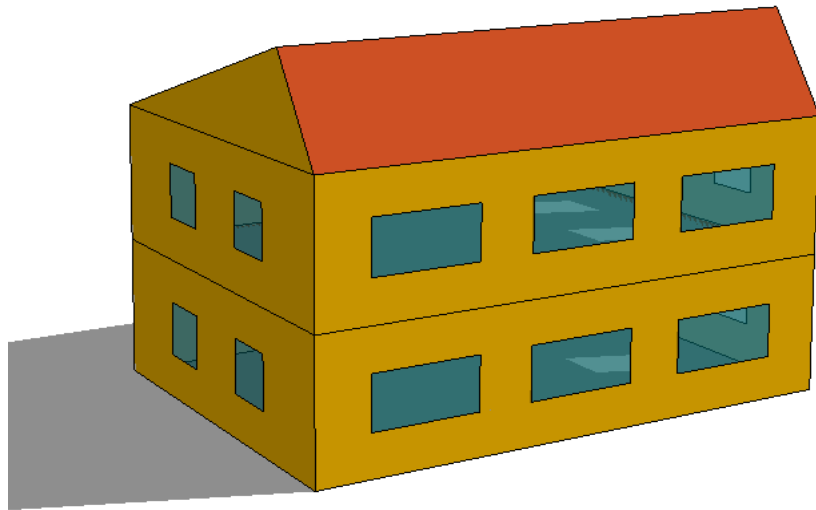


- ❑ IEA TASK 44: SFH100, 140 m², Standort Würzburg
- ❑ Raumwärmebedarf : $\approx 108 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
(Radiatoren: 53 °C bis 25 °C)
- ❑ TWW: $\approx 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
(Zapftemperatur : 45 °C)
- ❑ Wärme von WP: 18,3 MWh/a
- ❑ 30 m² PVT ($\approx 4 \text{ m}^2/\text{kW}_{\text{th}}$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

Ergebnisse: CO₂-Emissionen für das EFH-Bestandsgebäude

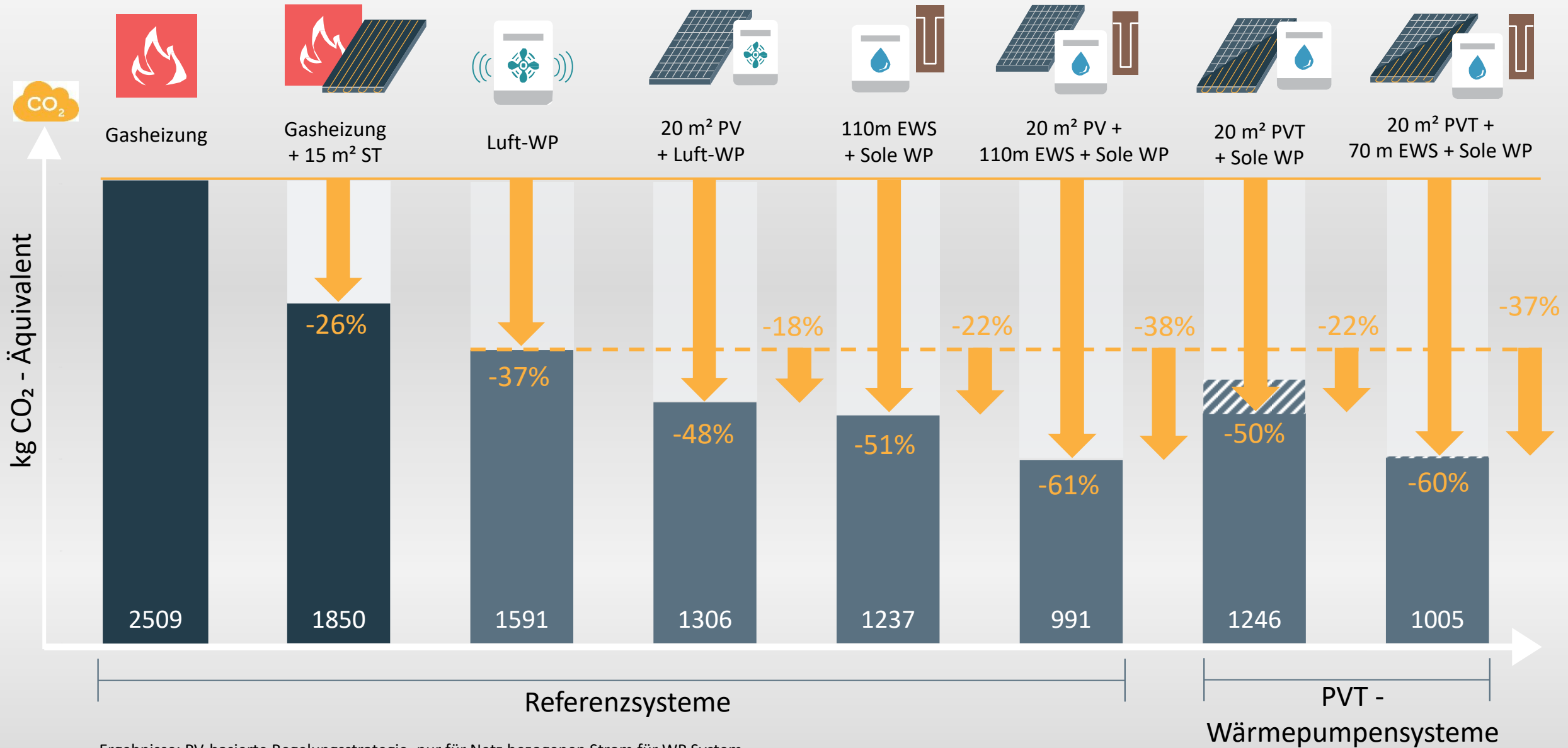


Ergebnisse: PV-basierte Regelungsstrategie, nur für Netz bezogenen Strom für WP System



- ❑ 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

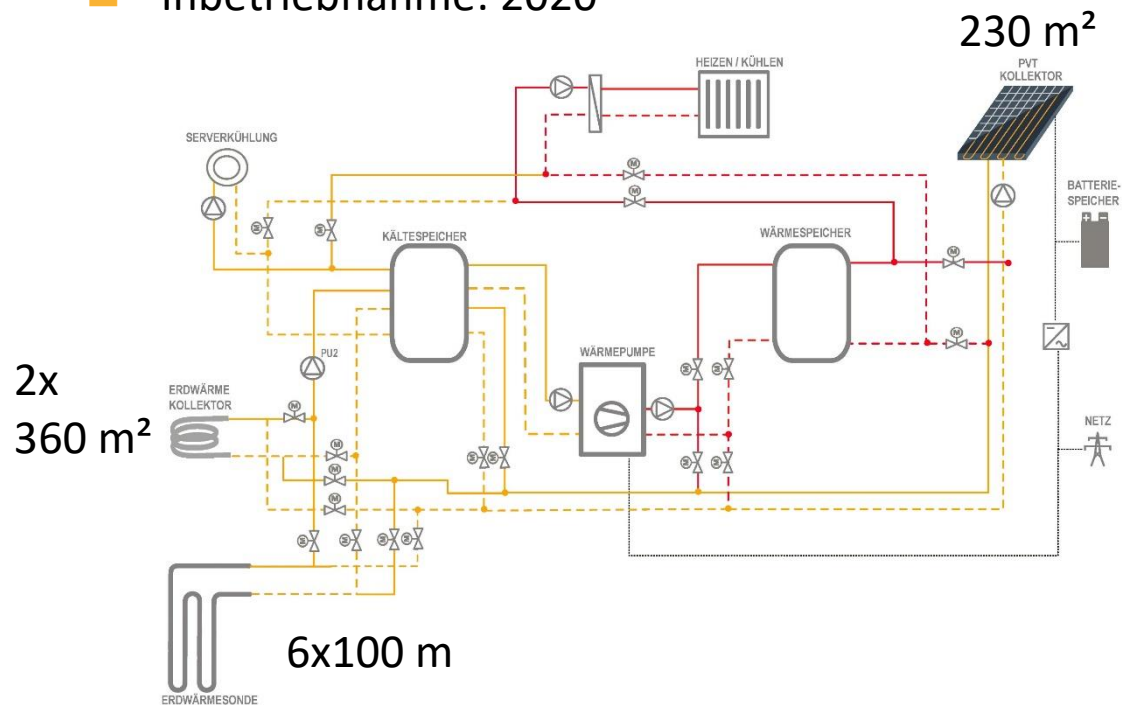
Weitere Ergebnisse: CO₂-Emissionen für den EFH-Neubau



PVT-Demoanlagen Nichtwohngebäude

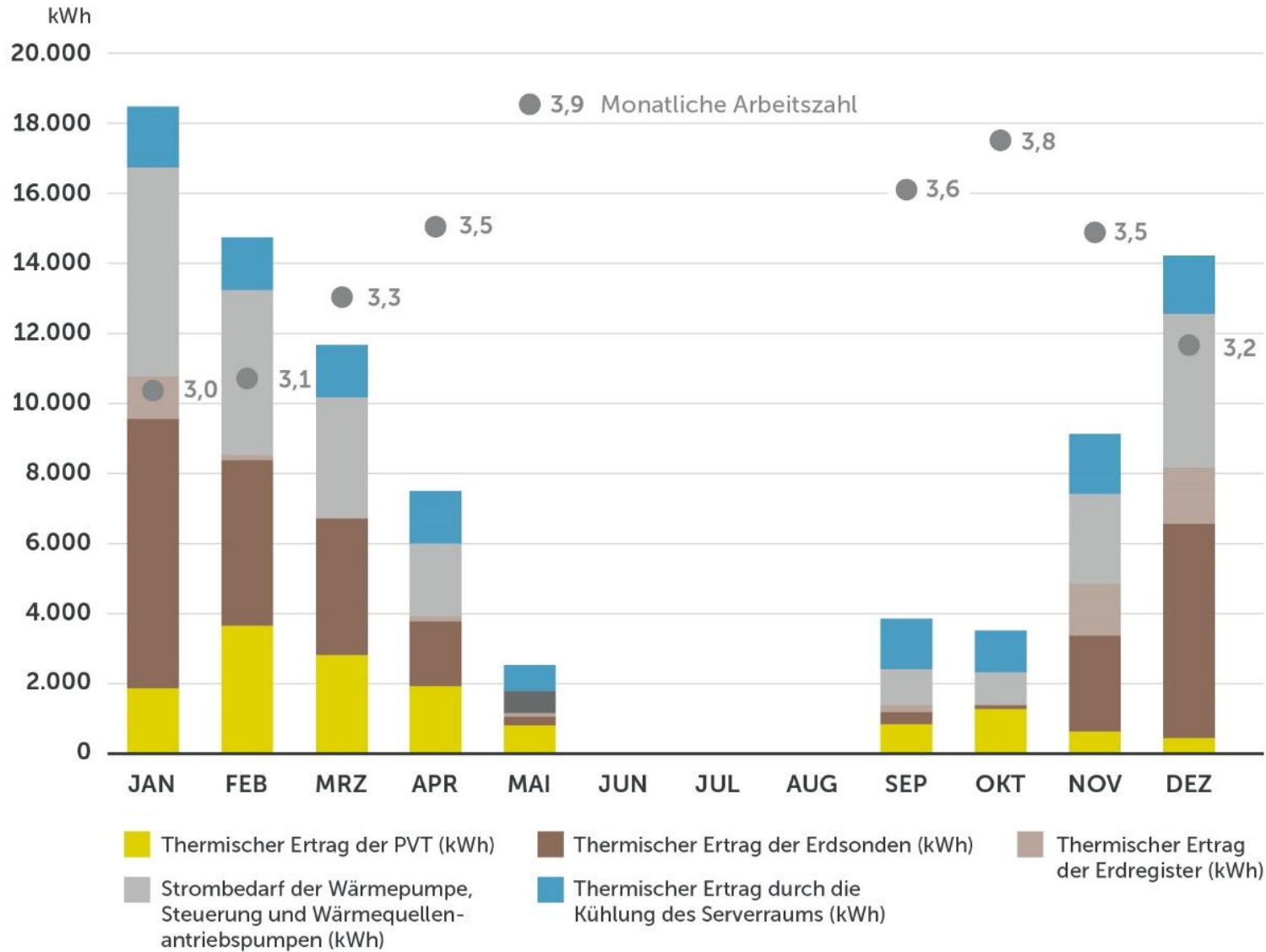
Dänischer Pavillon - Hannover

- 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)



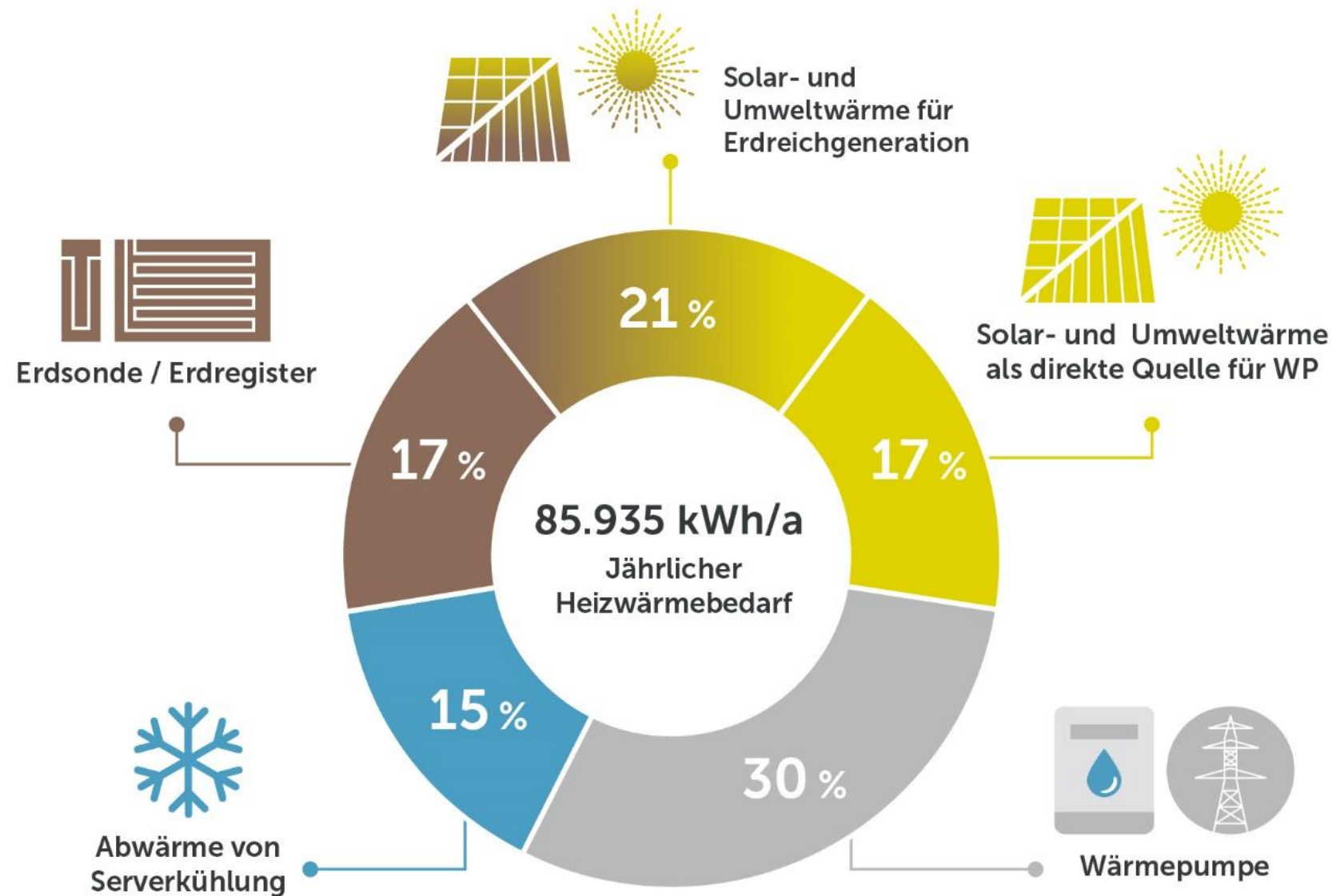
JAZ=3,3



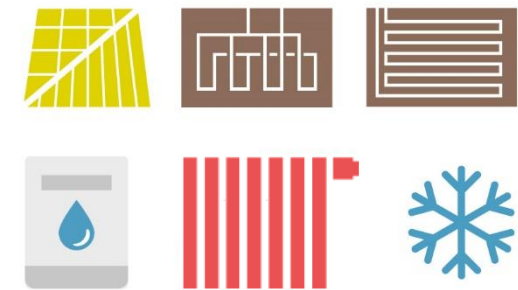
Bürogebäude plus Ausstellungsfläche



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



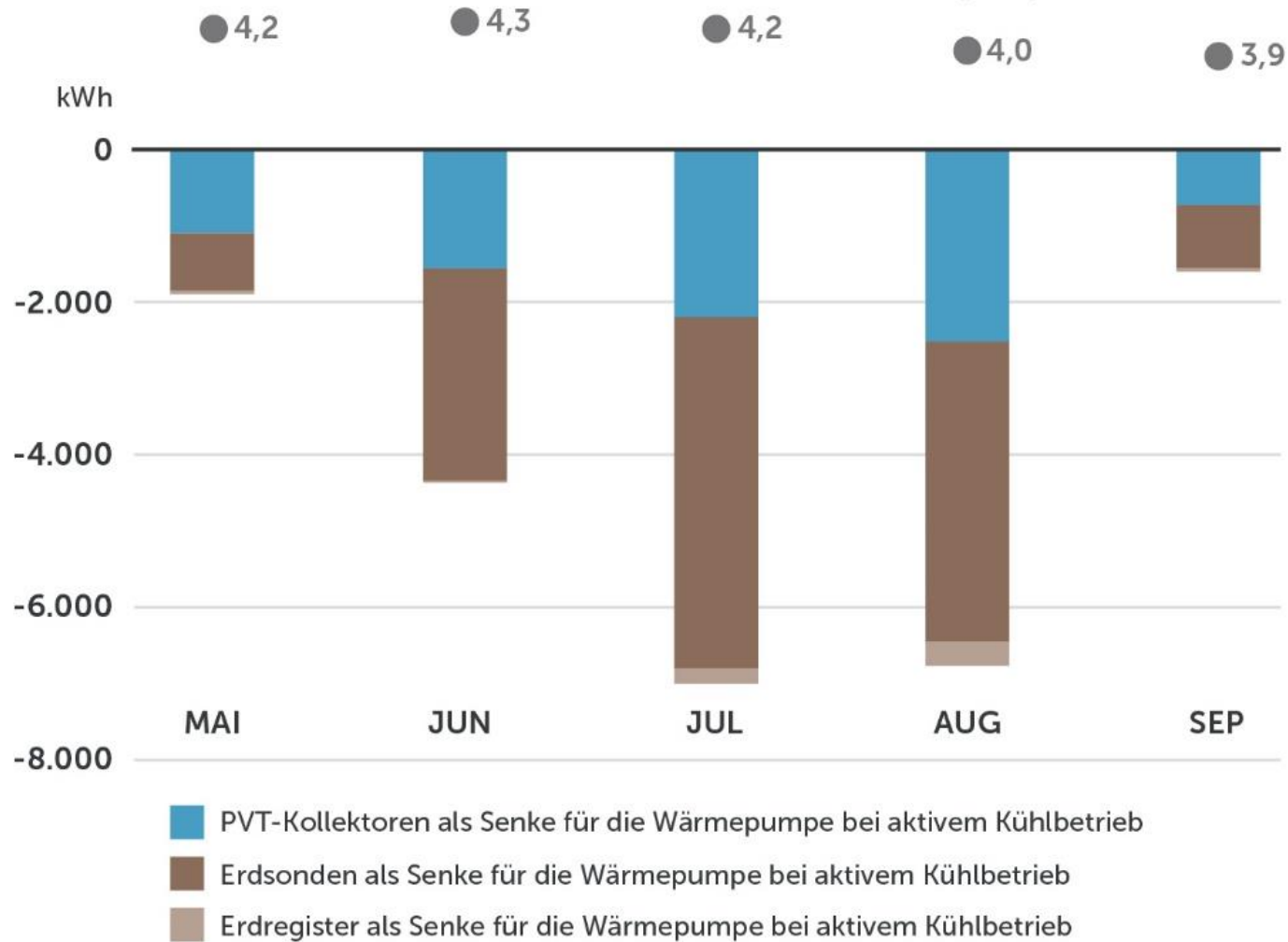
Bürogebäude plus Ausstellungsfläche



Klimatisierung über die Wärmepumpe in den Sommermonaten (in 2022)



Monatliche Arbeitszahl der Wärmepumpe im Kühlbetrieb

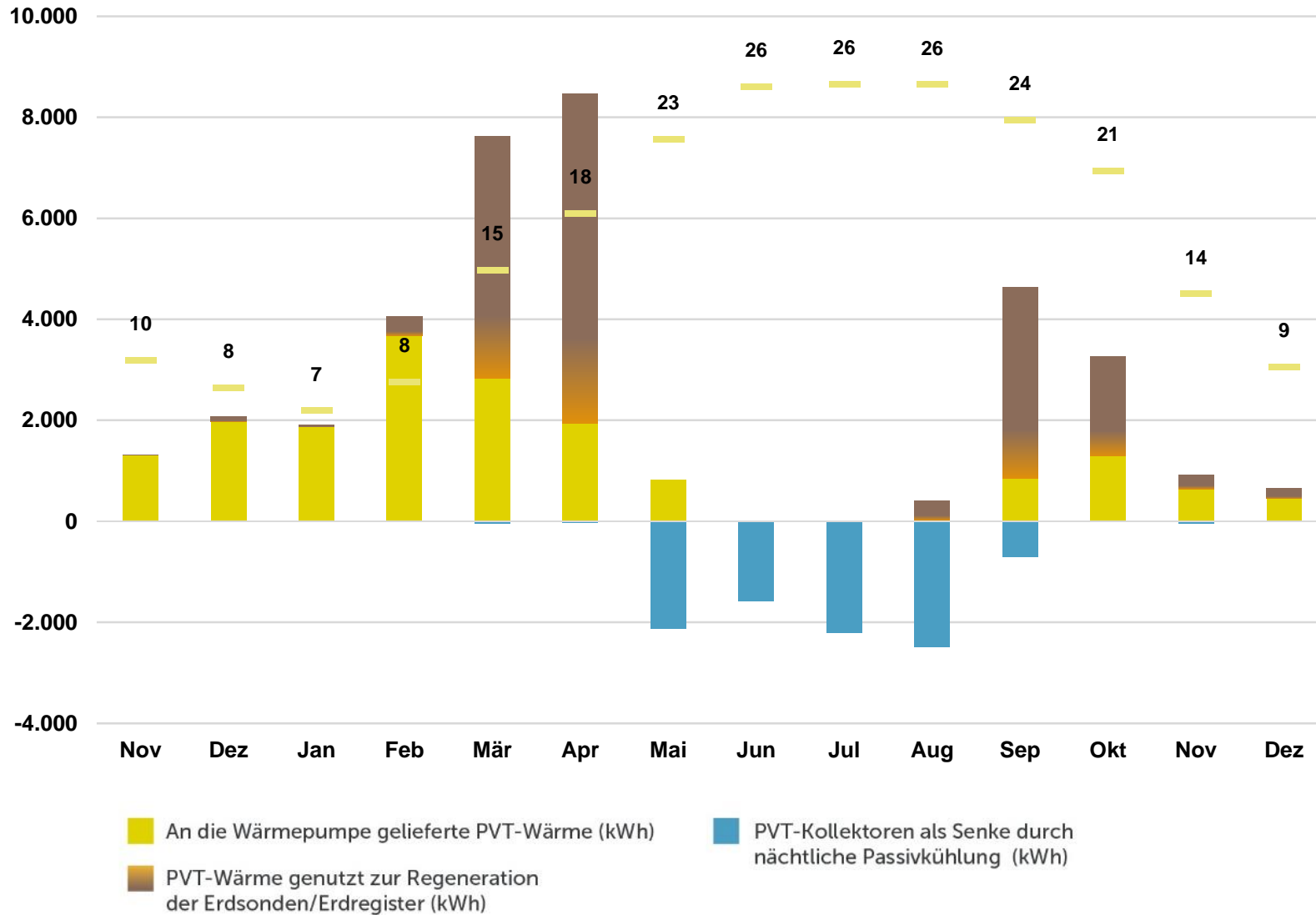


**Bürogebäude plus
Ausstellungsfläche**



Monatliche PVT-Energiebilanz beim Heizen und Kühlen

(in 2022)

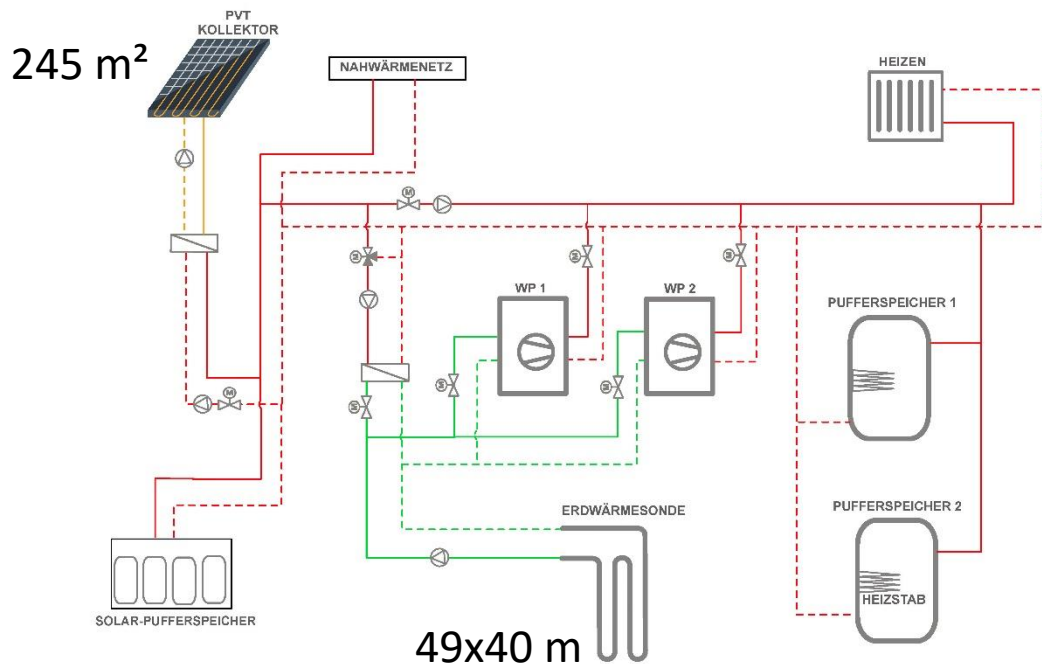


Bürogebäude plus Ausstellungsfläche



Heimstatt Röderhof – Hildesheim

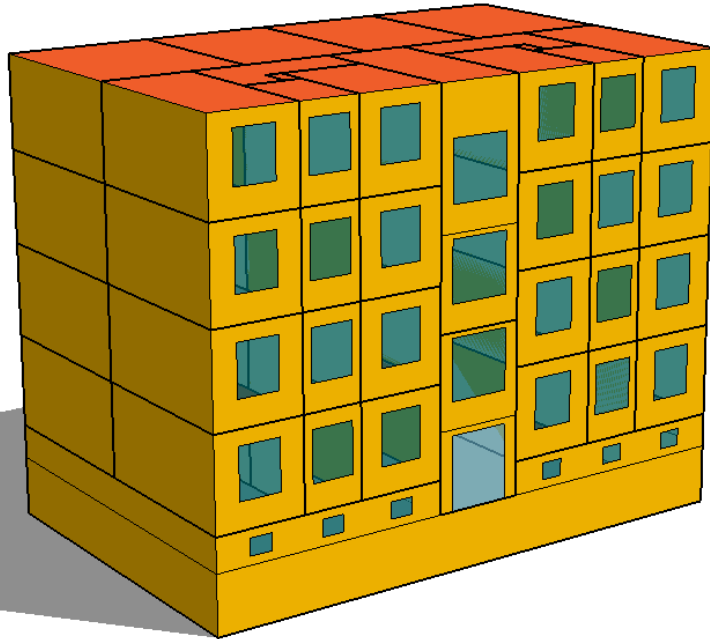
- PVT-Kollektor / -Fläche: PA-ID / 245 m²
- Planer: GskB mbH / BPH Ingenieurgesellschaft mbH
- Betreiber: Stiftung katholische Behindertenhilfe
- Inbetriebnahme: 2022



➔ 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 vier Etagen à zwei Wohnungen (680 m² beheizte Wohnfläche), Standort Hannover

Wärmeversorgung: Modulierende Wärmepumpe (WP) mit einer Leistung von maximal 12,5 kW (B0/W35)

Raumwärmebedarf: 21 MWh/Jahr (30 kWh/(m²·a))

TWW-Bedarf: 6,7 MWh/Jahr (10 kWh/(m²·a))

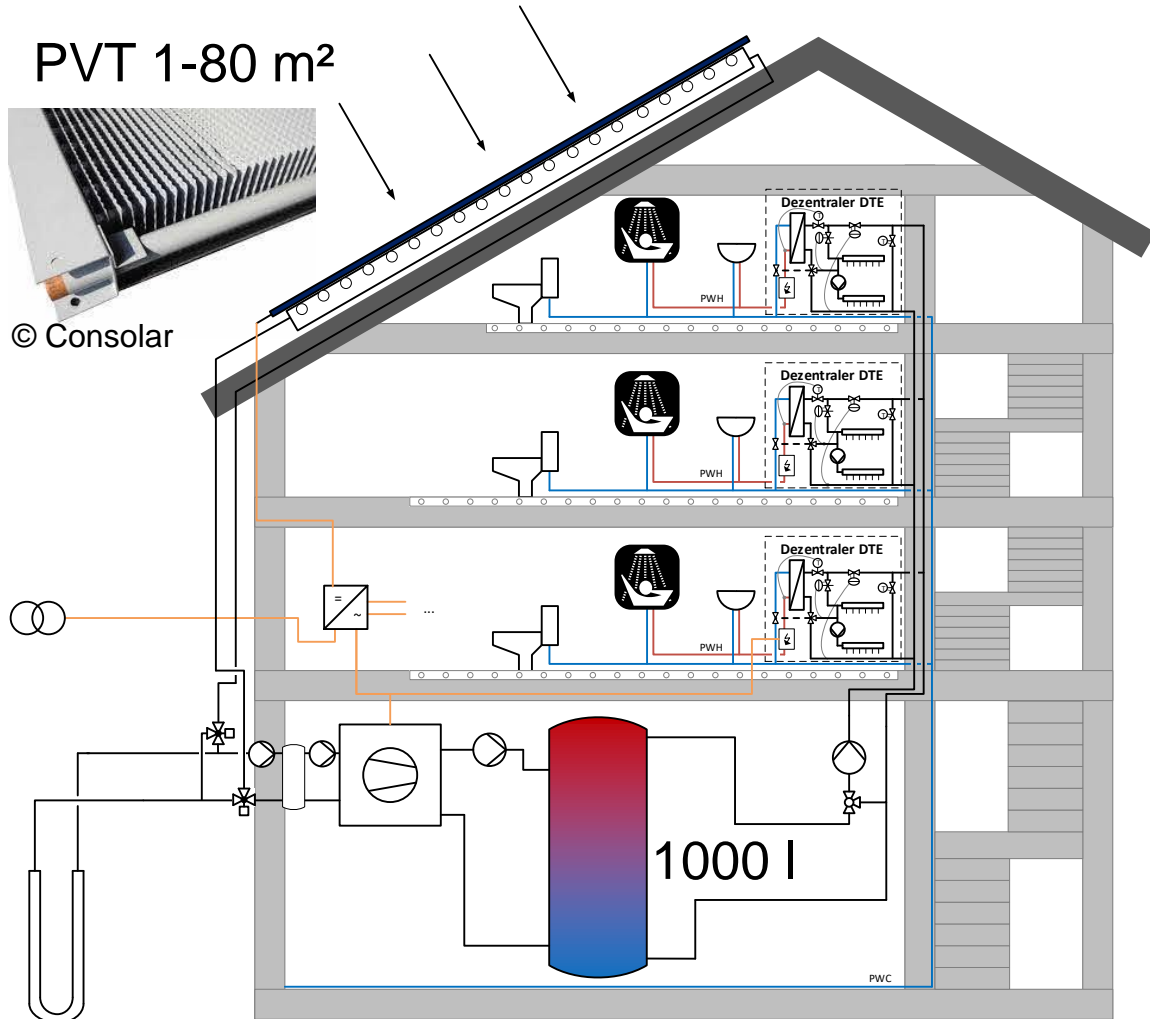
Nutzwärmebedarf: 13,2 MWh/Jahr (40 kWh/(m²·a))

Wärmeverteilung (1)

PVT 1-80 m²



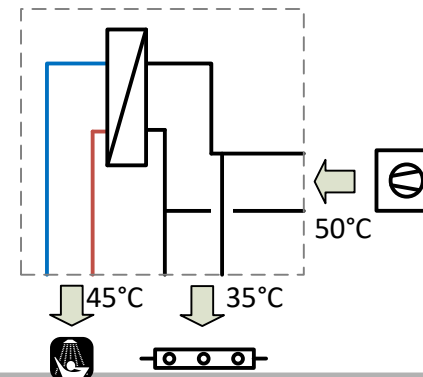
© Consolar



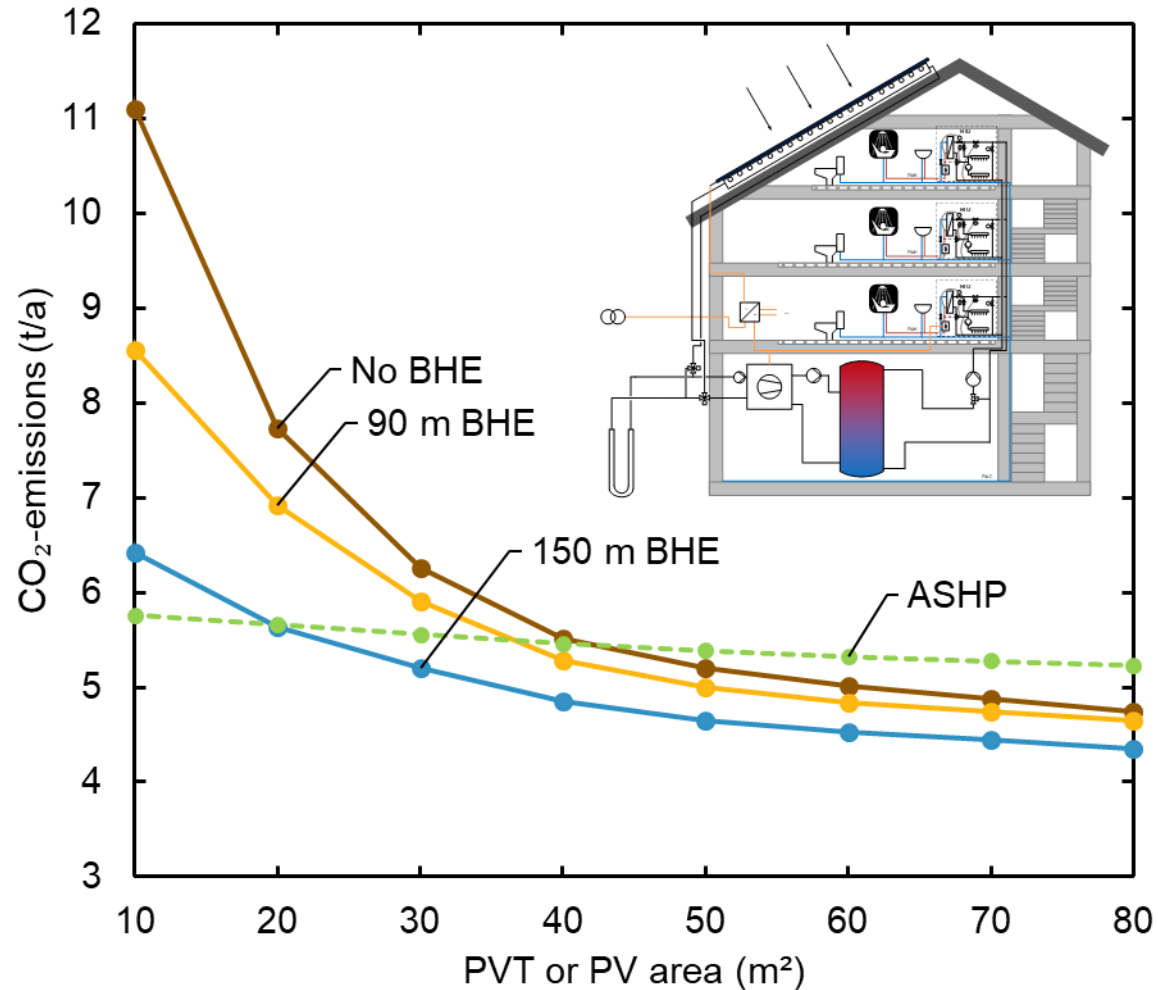
1 x EWS à 1-150 m

Zwei-Leiter-Variante:

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



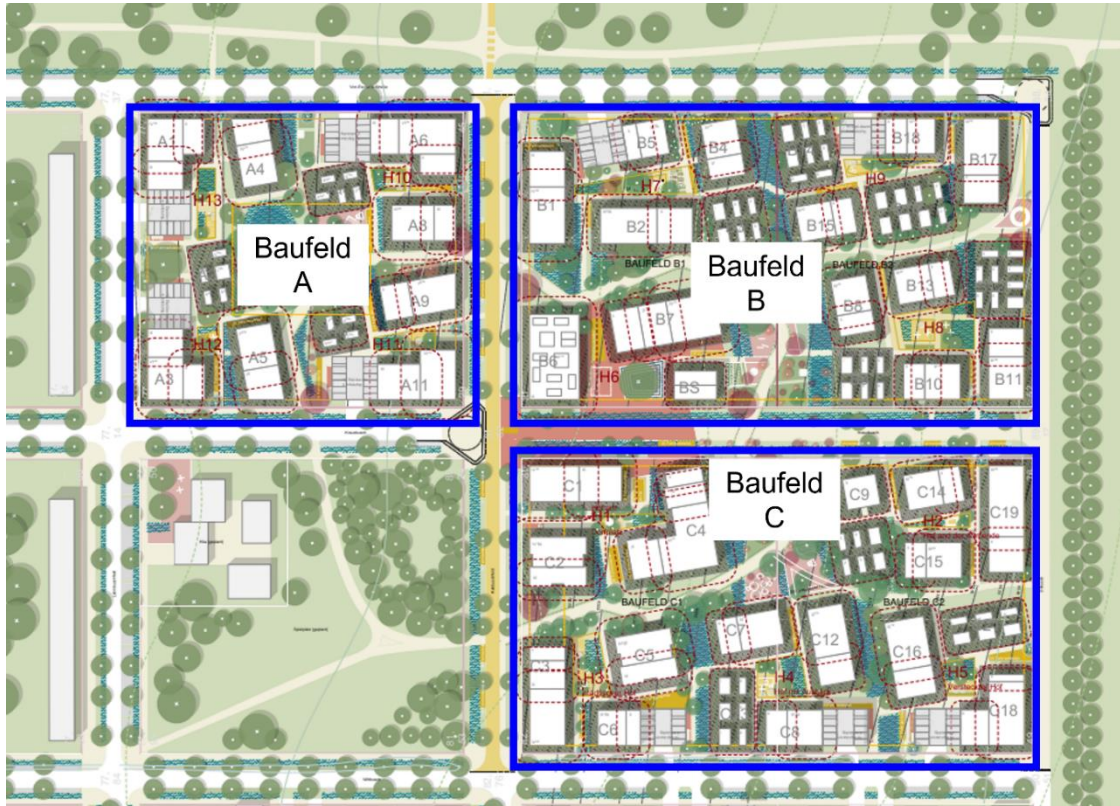
Ergebnisse



- Eine PVT als einzige Wärmequelle für eine Sole-Wasser-Wärmepumpe (kein BHE) übertrifft eine Kombination aus PV und Luft-Wärmepumpe (ASHP) nach 40 m²
- Die Kombination aus nur 20 m² PVT und einer Erdwärmesonde (BHE) von 150 m übertrifft die ASHP ebenfalls
- PVT ist eine vielversprechende Lösung für dichte städtische Gebiete und eine alternative Wärmequelle

PVT mit kalter Nahwärme

Betrachtungsquartier

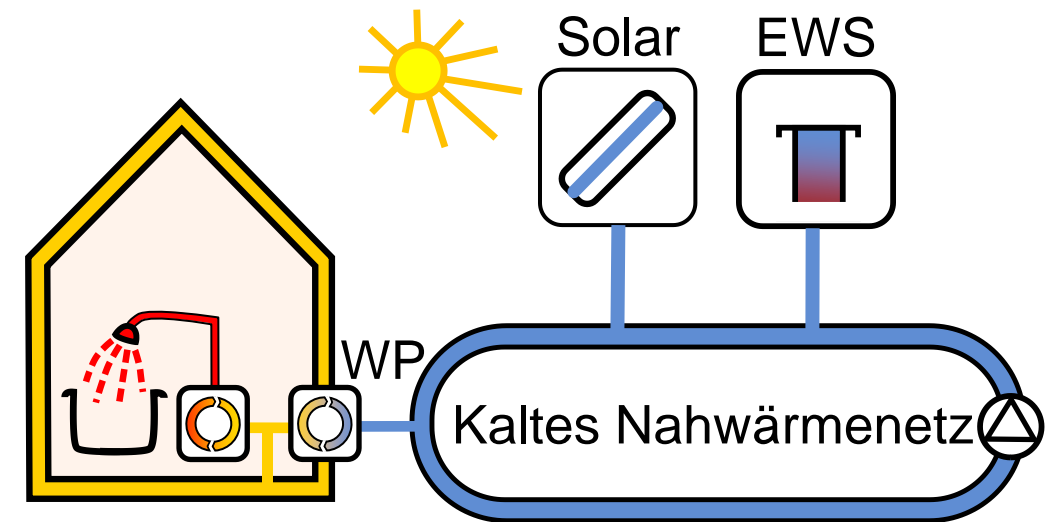
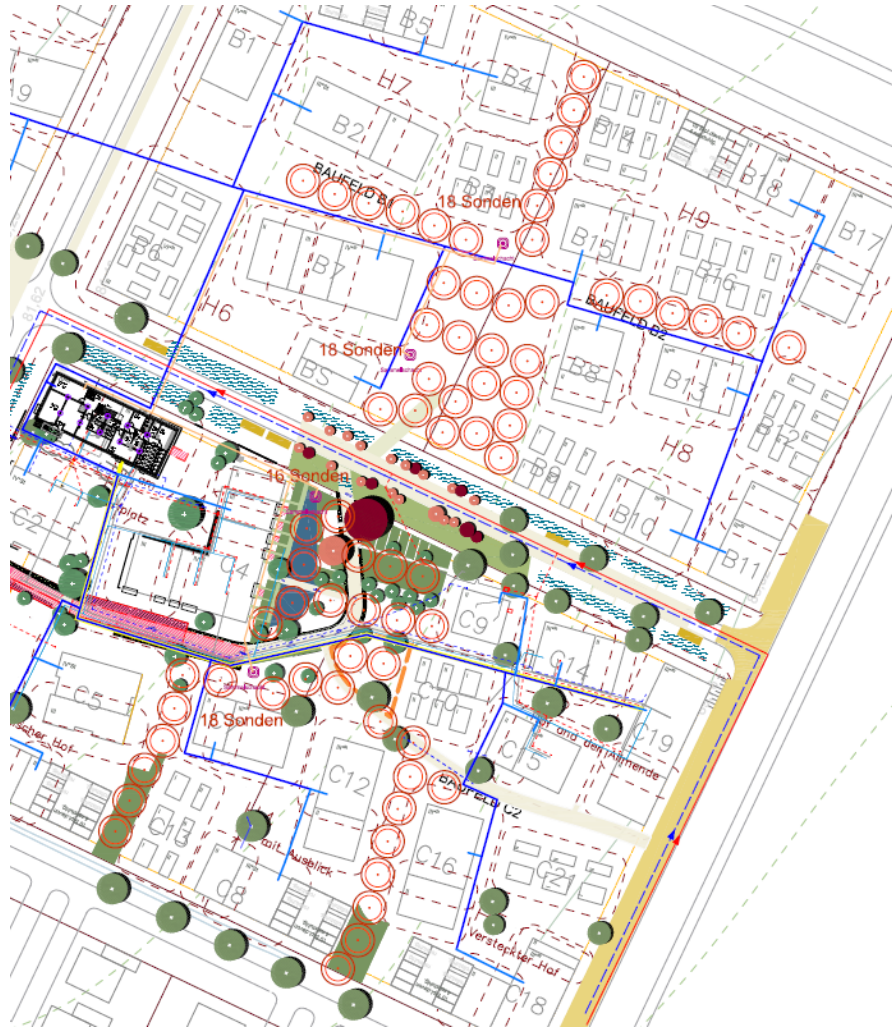


- 37 Mehrfamilienhäuser (MFH)
- 800-1000 Bewohner
- Berechnung des Wärmebedarfs
960 MWh Wärme pro Jahr, 44,8 kWh/(m²·a)

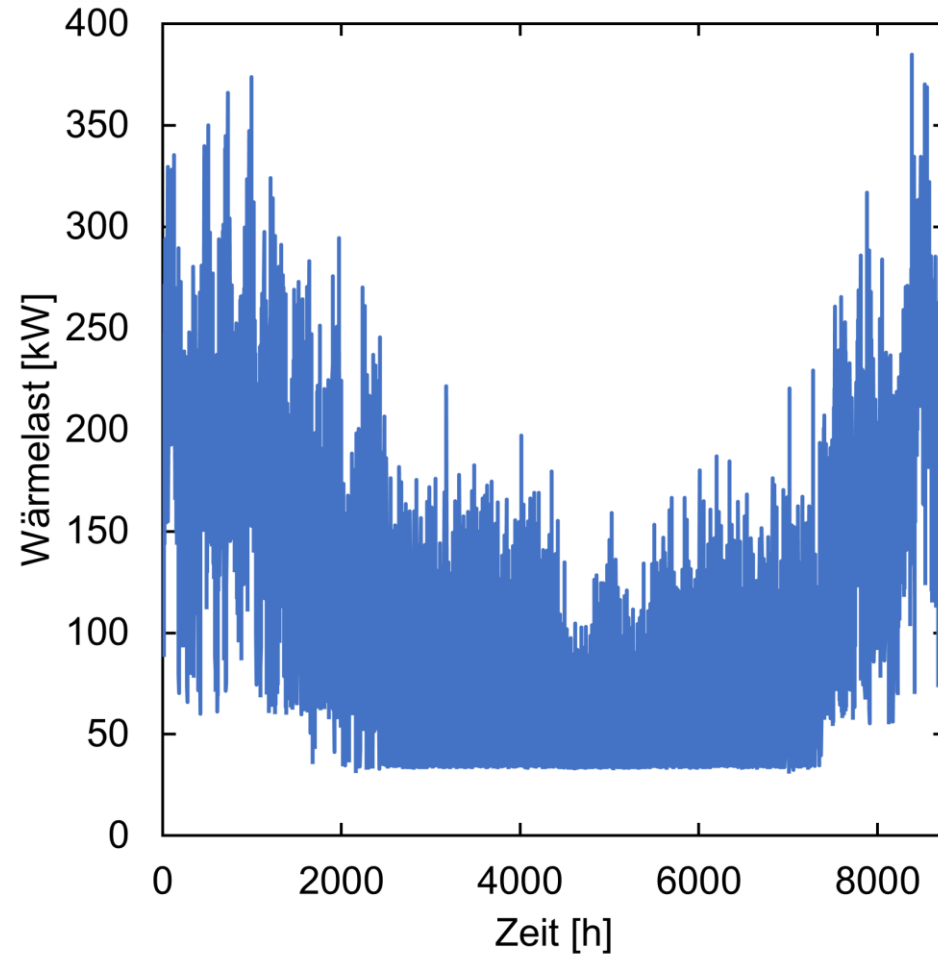


Optimierung der geo-solaren Wärmequellen

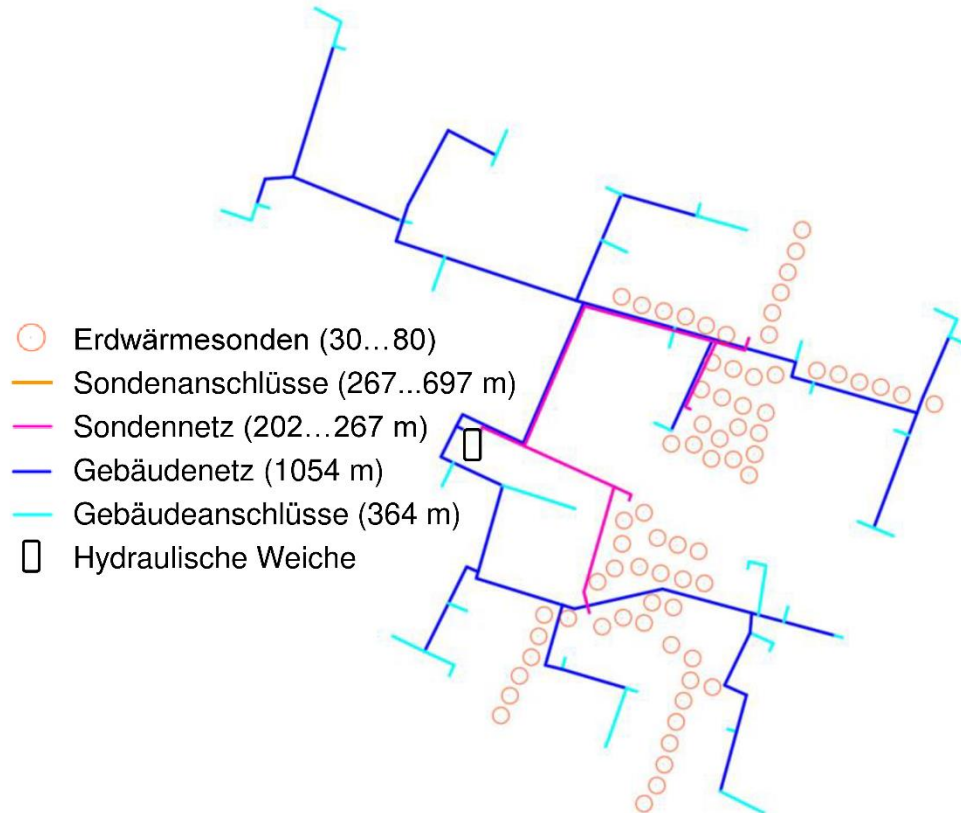
- Flächenkonkurrenz zu Gebäuden, Leitungen und Bepflanzungen
- Bis zu 80 EWS im zentralen Parkbereich möglich
- Kaltes Nahwärmenetz um Wärme zu verteilen
- Nutzen von Regeneration über Solar-, Umwelt- oder Abwärme



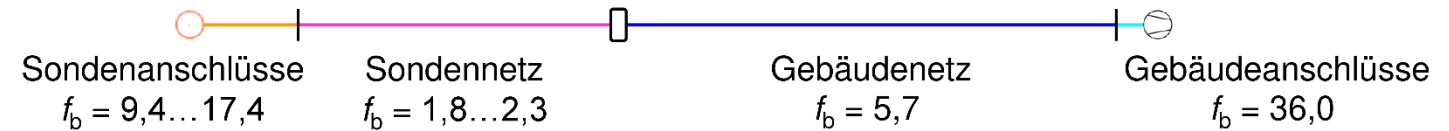
Simulationsmodell und betrachteter Parameterbereich



- 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

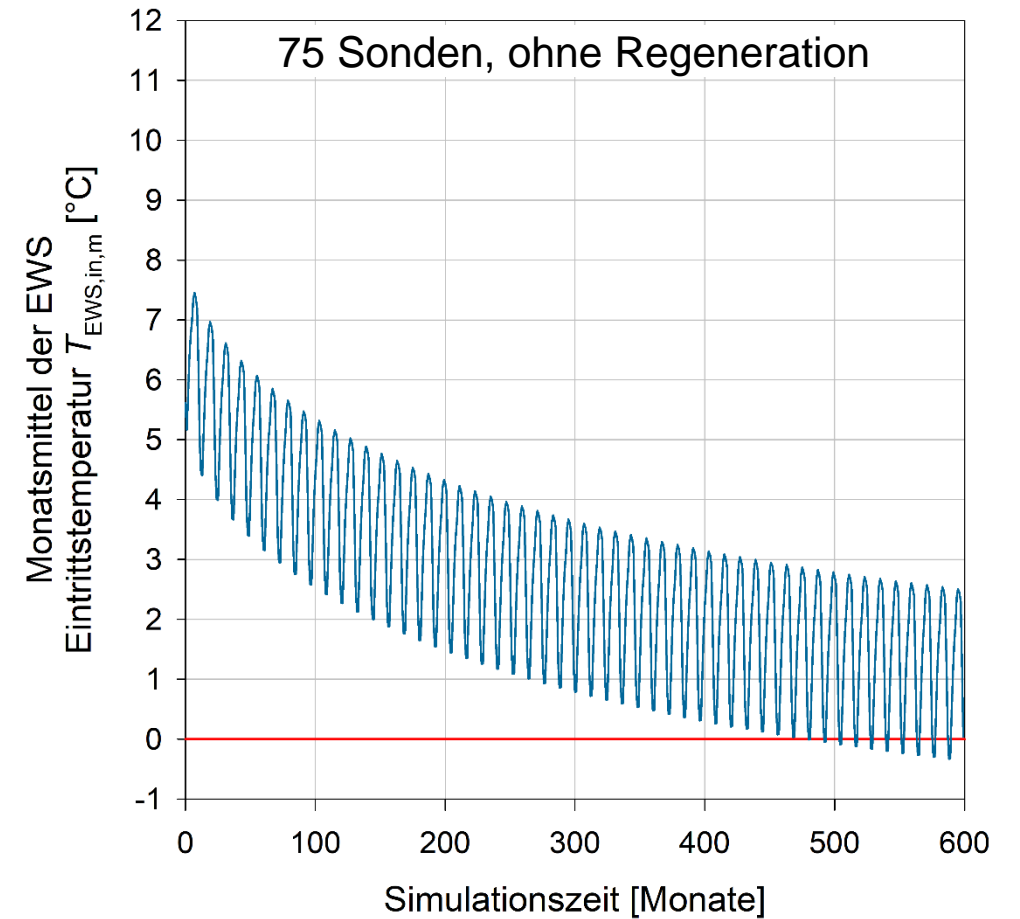
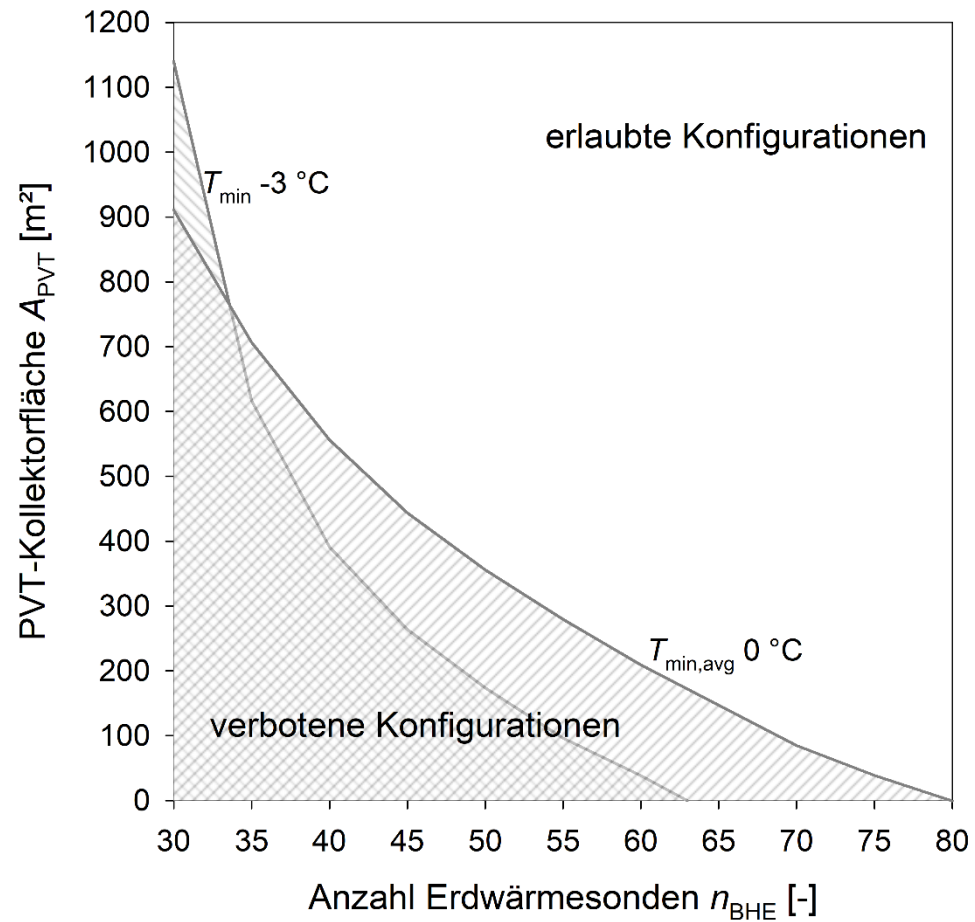


- Vereinfachung von 2D zu 1D Aufbau
- Bündelung in äquivalente, parallele, unabhängige Leitungen

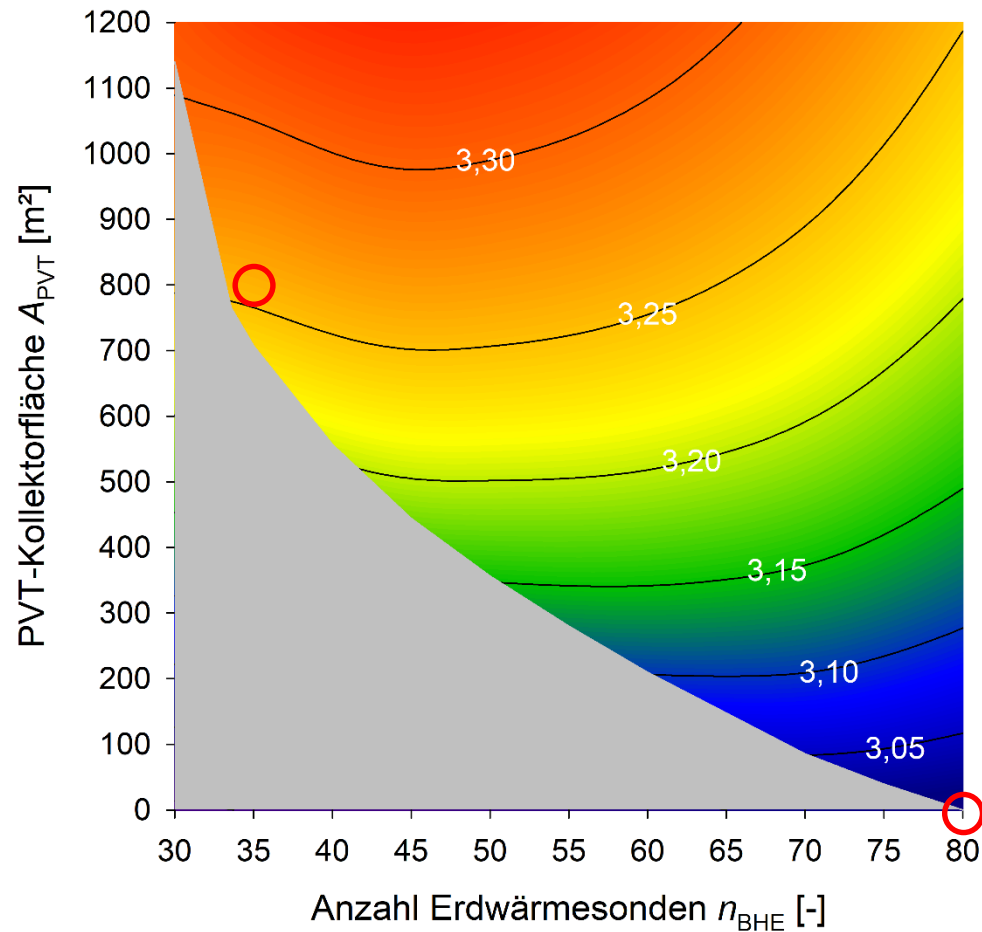


- Für jedes Subnetz: $l_{avg} = \frac{\sum_i l_i}{i}$ i : Gebäude
- Anzahl von parallelen Leitungen für jedes Subnetz, bestimmt durch Verzweigungsfaktor: $f_b = \frac{l_{tot}}{l_{avg}}$

Temperaturgrenzen



Systemeffizienz erhöht sich mit PVT-Fläche



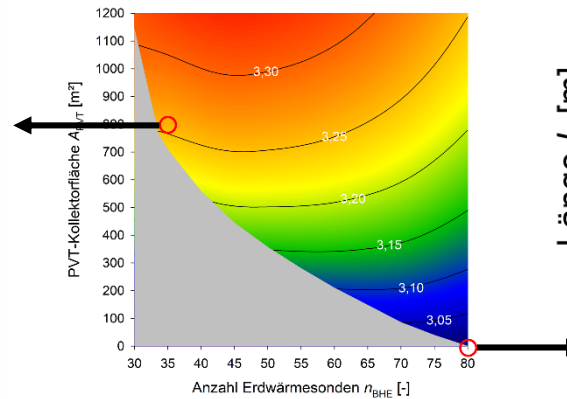
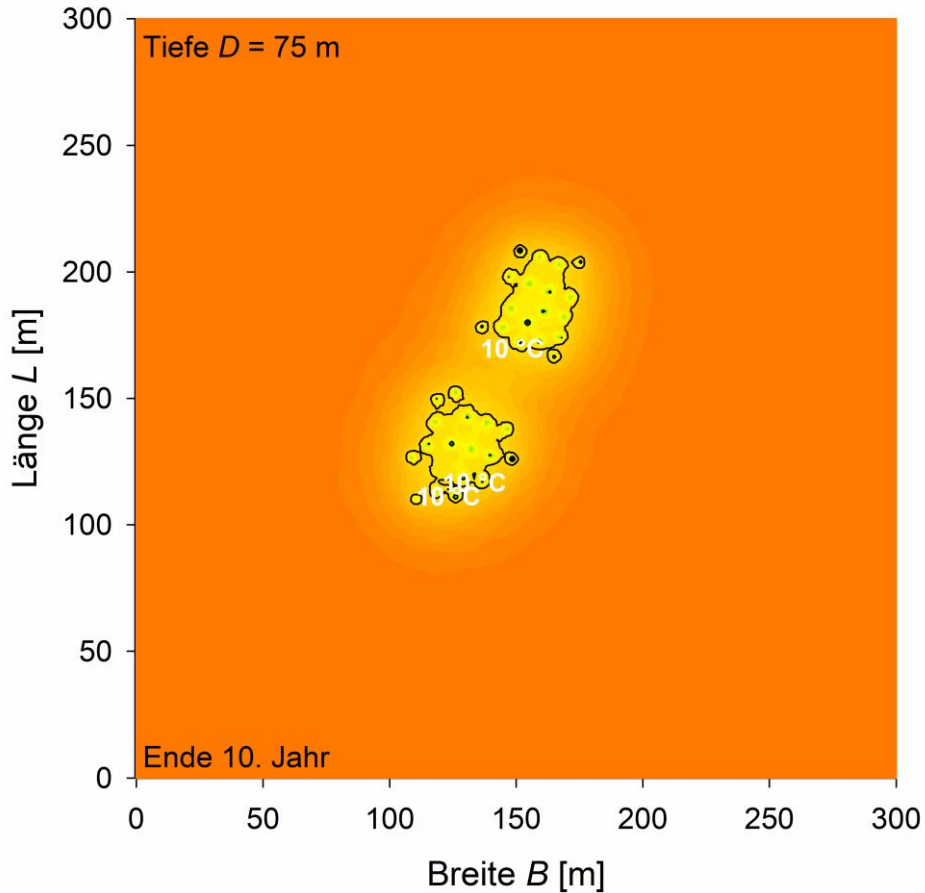
- Systemeffizienz, inklusive Wärmepumpen und Umwälzpumpen

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

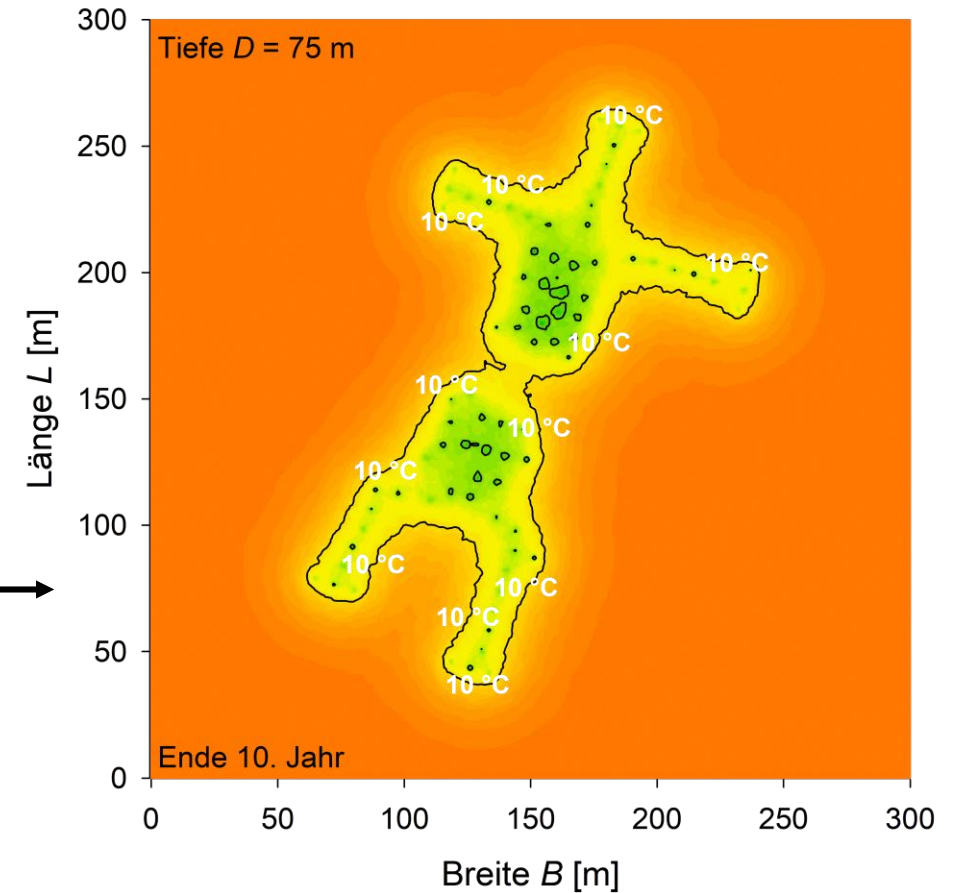
- 80 EWS, ohne Reg. \rightarrow 3,00
- 34 EWS, 750 m² PVT \rightarrow 3,25

Untergrundtemperaturen über 50 Jahre

35 Sonden, 800 m² PVT-Kollektoren

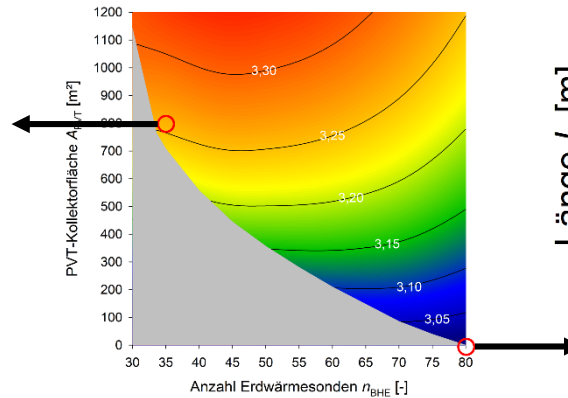
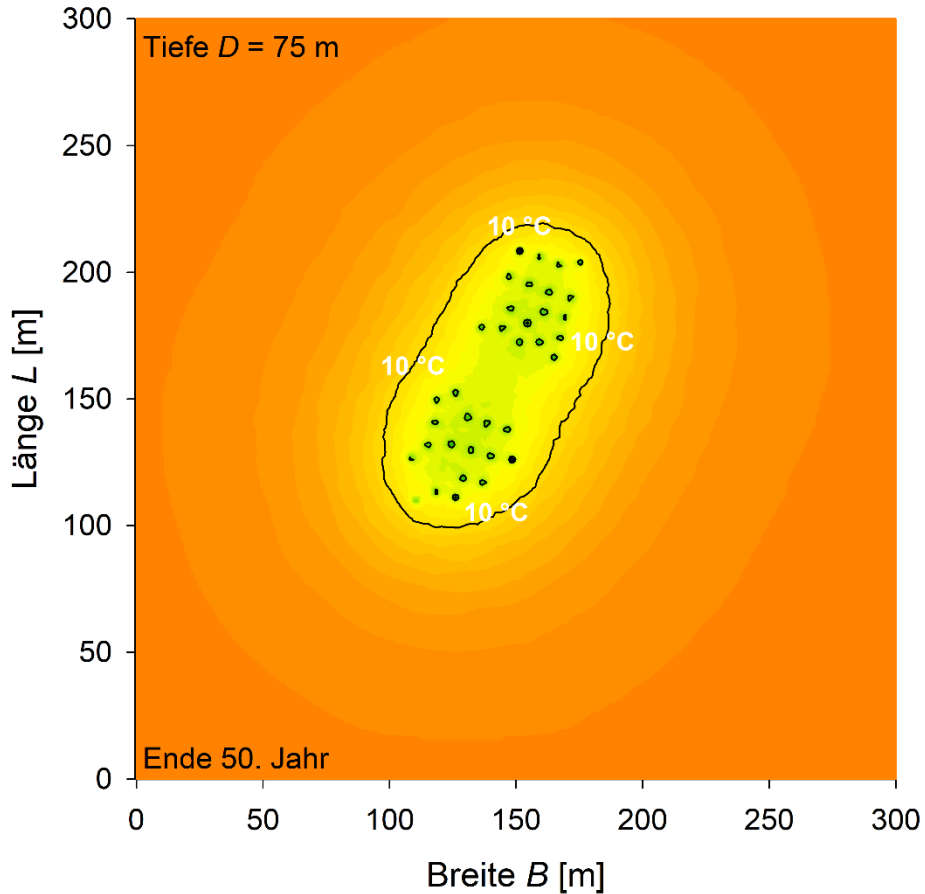


80 Sonden, ohne Regeneration

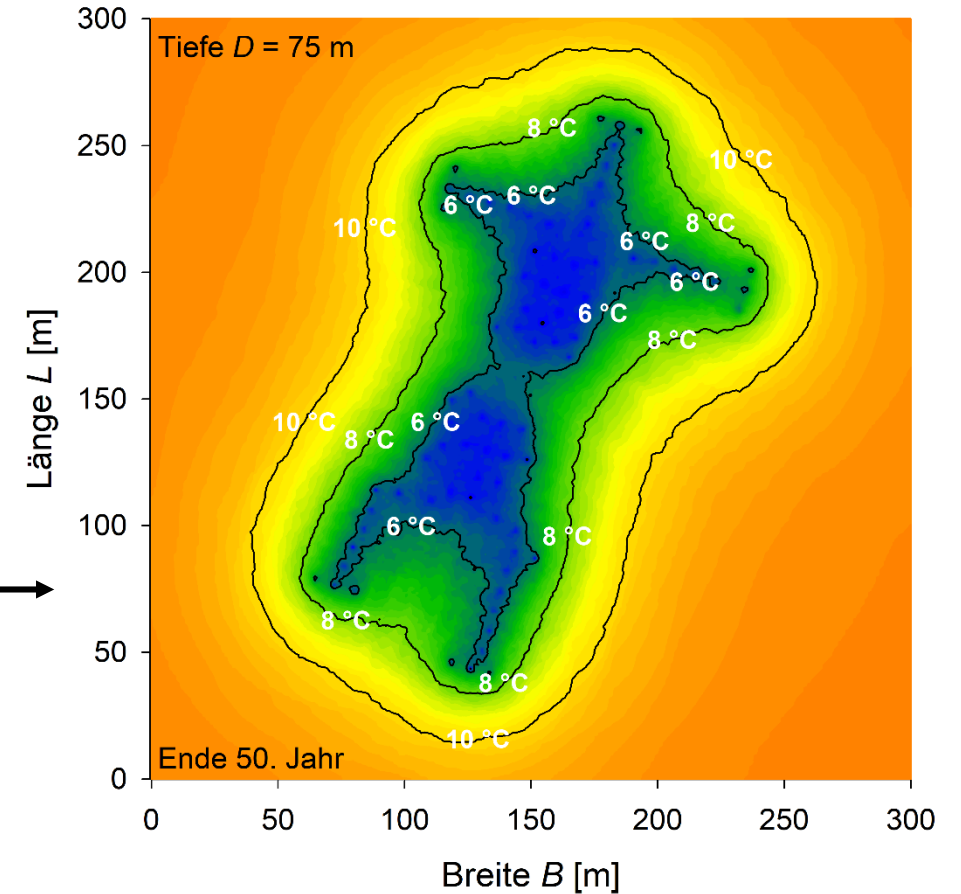


Untergrundtemperaturen über 50 Jahre

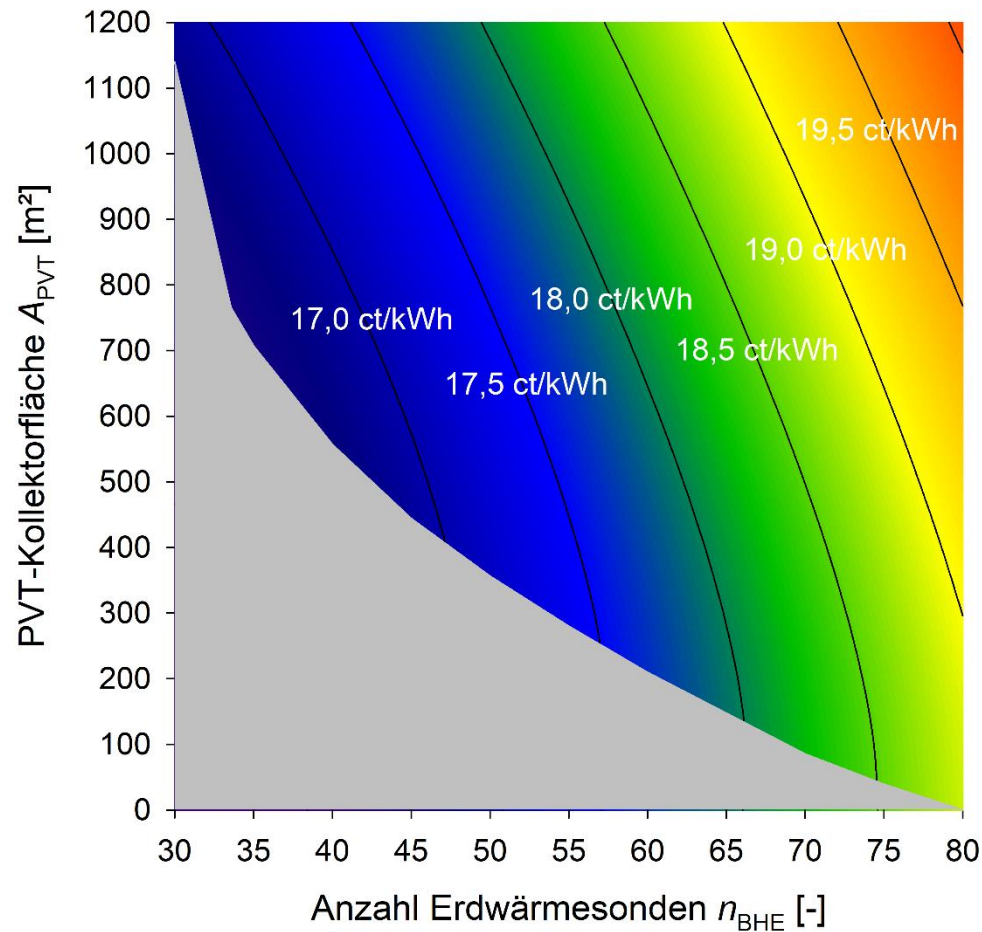
35 Sonden, 800 m² PVT-Kollektoren



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