

Bau und Betrieb von kalten Nahwärmenetzen

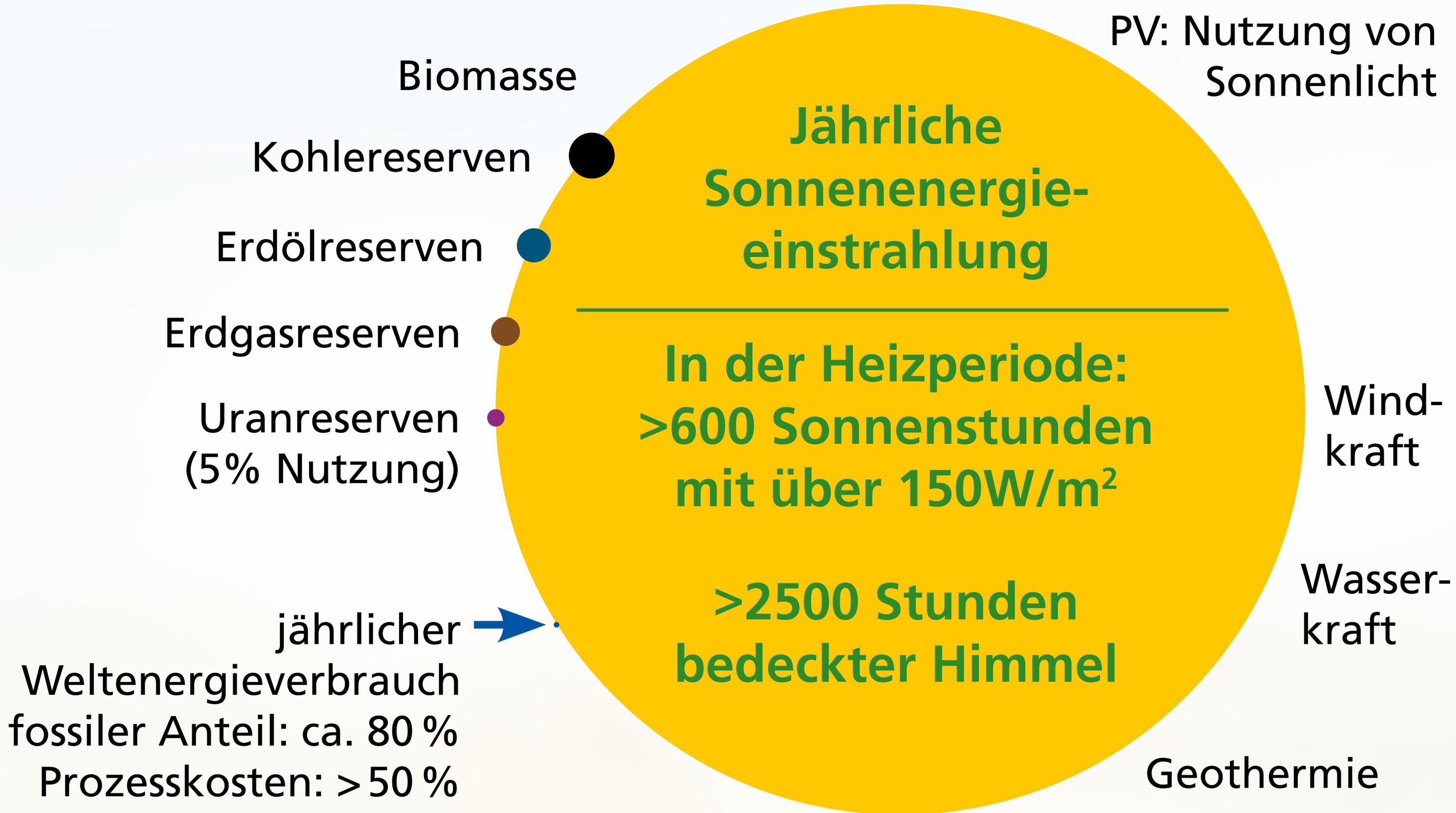
NULL *plus* NULL

Nachhaltig **heizen** und **kühlen**
ohne Verbrennungsprozess
mit Hilfe von
SONNE *und* **ERDWÄRME**

www.nullplusnull.com

- **>50% des gesamten Energieverbrauchs dient der Erzeugung von Wärme**
- **Klimawandel erfordert zusätzlich Kühlung von Gebäuden**
- **Sonne liefert pro Jahr über 10.000 mal so viel Energie auf die Erde wie die Erde verbraucht**
- **Wärmewende durch direkte Nutzung und durch Speicherung von Sonnenenergie**
- **Auch Altbauten können nachhaltig und emissionsfrei beheizt und gekühlt werden**

- Heiz- und Kühlkosten um über 80% senken
- Emissionsfrei heizen, keine zusätzliche Belastung durch Besteuerung von CO₂-Emissionen
- Energiebedarf von Wärmepumpen durch Einsatz von Solarenergie senken
- Wertsteigerung einer Immobilie durch das **NULL*plus*NULL**-Konzept vs. Wertverlust
- **NULL*plus*NULL**: Baustein für **KALTE NAHWÄRMENETZE**



Neubewertung der Solarthermie

- Solarthermie wird i.a. zur Heizungsunterstützung angewendet.
- Haupteinsatzgebiet jedoch ist die Brauchwassererzeugung.

Potenzialanalyse bei BEDECKTEM HIMMEL:

- Von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang +20 °C bis +50 °C bei Volumenstrom von 0,5-1,0 Liter/Minute u. Quadratmeter Vakuum-Röhrenkollektorenfläche (Messdaten Kohlpharma, Volumenströme variieren nach Hersteller).
- Bei blauem Himmel: bei -10 °C bis zu 90 °C heißes Wasser (Quelle: Paradigma)
- Einsatz von PCM-Speicher und Betonkernaktivierung (bei Neubau) zur Speicherung solarer Überschussenergie.

NEUBEWERTUNG:

In Verbindung mit Niedertemperaturbeheizung (Heiz-Kühldecken 30 °C bis 40 °C) kann Solarthermie über 75% der Heizleistung erbringen (10 - 20% der zu beheizenden Fläche sind Vakuum-Röhrenkollektoren). Solare Überschussenergie kann kostengünstig gespeichert werden.

Potenzialanalyse und Kombinationsmöglichkeiten

(bei Energieverteilung über Heiz-Kühldecken)

HEIZEN

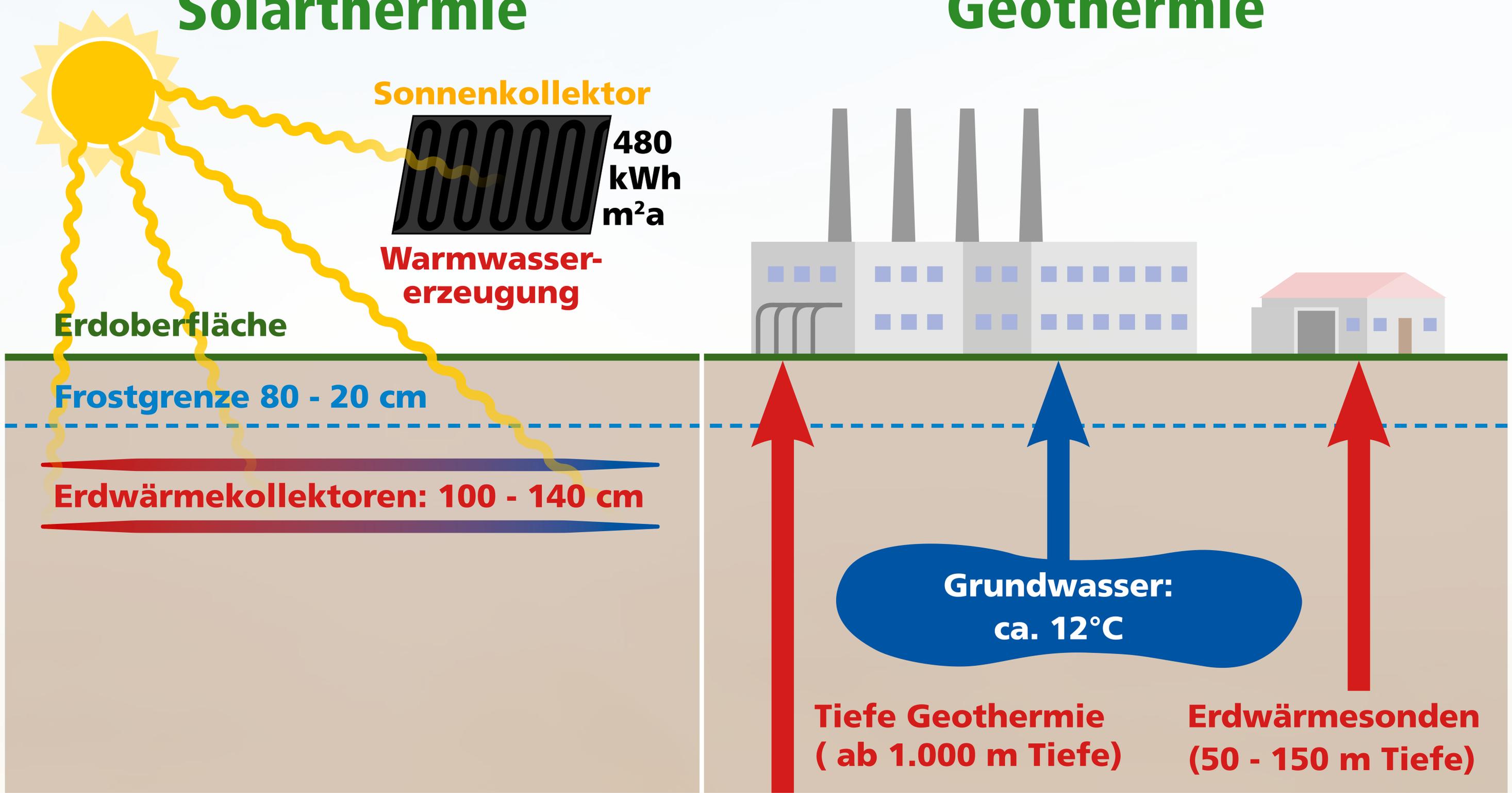
- Vakuum-Röhrenkollektoren (10-20 % der zu beheizenden Fläche) plus PCM-Speicher übererfüllen die 65 % Regel.
- Bestehendes Heizsystem (Ölheizung, Gasheizung, Pelletofen usw.) ist als Reserve zu behalten.
- Erdwärmekollektoren (ca. 50 % der zu beheizenden Fläche) beheizen das Gebäude zu 100% wenn das Gebäude ausreichend isoliert ist.

HEIZEN UND KÜHLEN

- Vakuum-Röhrenkollektoren (10-20 % der zu beheizenden Fläche) plus PCM-Speicher plus Erdwärmekollektoren (circa 50 % der zu beheizenden Fläche) ermöglichen redundante Gebäudeenergieversorgung (heizen und kühlen).
- Hybridchiller (Adsorptionswärmepumpe plus Sole-Wasser Wärmepumpe) in Verbindung mit Solarthermie erlauben heizen und kühlen. Solarthermie kann auch an Fassade angebracht werden.

Solarthermie

Geothermie



Solarthermie + Geothermie seit 1991



Seit 1991 wird ein Firmengebäude der Kohlpharma GmbH (Bahnhofstraße 4-6, 66706 Perl) ausschließlich durch Erdreichenergie und Sonnenenergie beheizt.

Bei dem Gebäude handelt es sich um einen Neubau aus 1991 mit hinterlüfteter Außendämmung. Das Gebäude ist als Niedrigenergiehaus konzipiert (grüne Hausnummer, saarländ. Umweltpreis). Die beheizte Fläche liegt bei 3400 m². Die Heizkosten liegen im Stromverbrauch der Wärmepumpen (5x Stiebel Eltron WPF 18 MA zu je 23,8 kW).

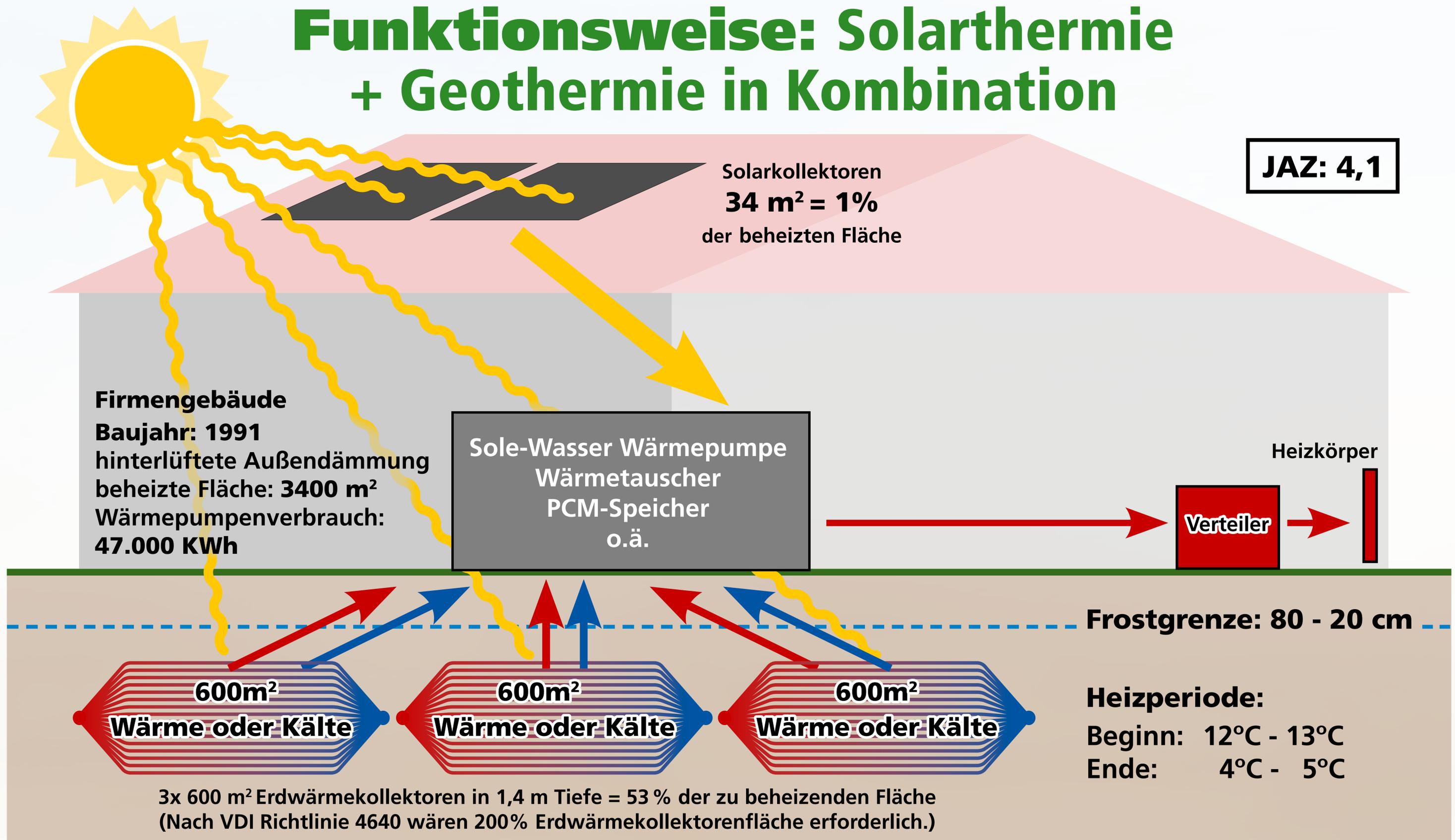
Die Erdreichenergie wird bezogen über 3 × 600 m² Erdwärmekollektoren (= 53% der zu beheizenden Fläche, nach VDI Richtlinie 4640 wären 200% Erdwärmekollektorenfläche erforderlich), verlegt in 1,4 m Tiefe, verwendet werden PE Rohre. Die PE Rohre befinden sich nach einer jüngsten Untersuchung in allerbestem Zustand und dürften weitere Jahrzehnte ihren Dienst tun.

Im Dach des Gebäudes sind 34 m² Sonnenkollektoren verlegt (1% der zu beheizenden Fläche), die direkt mit dem Pufferspeicher (4 × 2 m³) der Heizung verbunden sind.

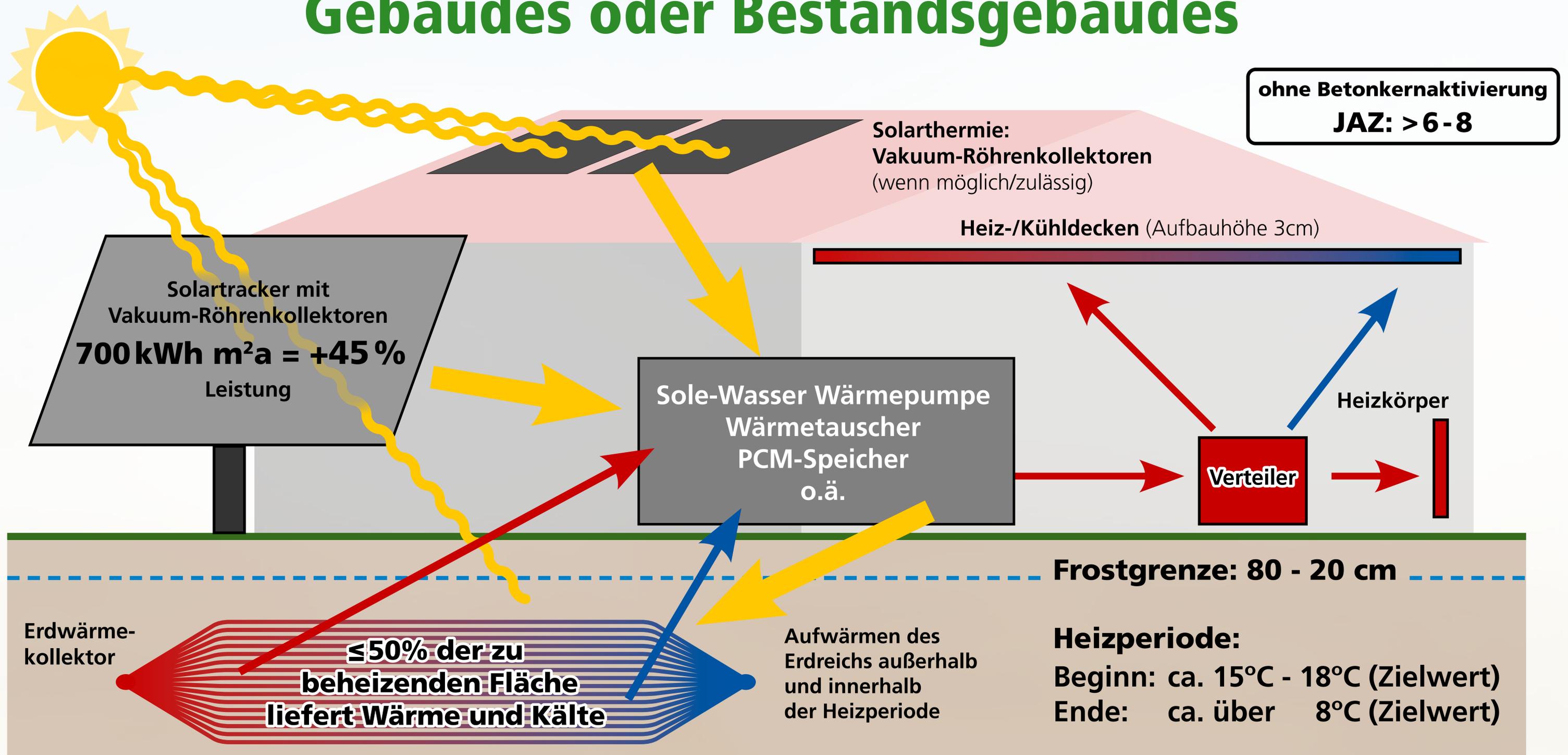
Das Erdreich weist zu Beginn der Heizperiode Temperaturen zwischen 12-13 °C auf, zum Ende der Heizperiode liegt es bei 4-5 °C. Außerhalb der Heizperiode wird dieses Erdreich aus dem Erdinneren wieder kostenlos aufgeheizt.

Die Wärmepumpen entnehmen dem Erdreich während der Heizperiode circa 8 °C und verfügen damit über eine ausreichende Wärmequelle, um eine gute Jahresarbeitszahl (JAZ od. COP) zu generieren.

Funktionsweise: Solarthermie + Geothermie in Kombination



Energetische Sanierung eines denkmalgeschützten Gebäudes oder Bestandsgebäudes



Klassische Verlegungsmethode von Erdwärmekollektoren



Minimalinvasive Verlegungsmethode von Erdwärmekollektoren



- **Lebenserwartung der PE-Erdwärmekollektoren: 75 - 100 Jahre**
- **Erdwärmekollektoren können in Eigenleistung verlegt werden**





Heizkosten im Jahr 2021

Im Jahr 2021 haben die Wärmepumpen **47.000 kWh** Strom verbraucht.

Bezogen auf die beheizte Fläche liegen die Heizkosten bei **ca. 2,20 € pro Quadratmeter und Jahr.**

Das Heizungssystem läuft **seit 1991 störungsfrei.**

Welche Rolle spielt die VDI Richtlinie 4640?

ICS 27.080		VDI-RICHTLINIEN		Juni 2019 June 2019	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Thermische Nutzung des Untergrunds Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen Thermal use of the underground Ground source heat pump systems		VDI 4640 Blatt 2 / Part 2 Ausg. deutsch/englisch Issue German/English	
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.		The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.			
Inhalt		Contents			
	Seite			Page	
Vorbemerkung	2	Preliminary note		2	
Einleitung	3	Introduction		3	
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope		4	
2 Normative Verweise	4	2 Normative references		4	
3 Begriffe	4	3 Terms and definitions		4	
4 Formelzeichen und Abkürzungen	5	4 Symbols and abbreviations		5	
5 Thermische Nutzung des Grundwassers mit Brunnenanlagen	7	5 Thermal use of groundwater with well systems		7	

- Nach VDI-Richtlinie **4640** sind **200%** der zu beheizenden Fläche als Erdwärmekollektorenfläche vorzusehen.

- **NULLplusNULL** Lösung:
In Verbindung mit **Sonnenkollektoren** reichen **50%** Erdwärmekollektorenfläche aus.

action – even for internal use – not permitted

Frühere Ausgaben: 09/01; 05/15, Entwurf, deutsch
Former editions: 09/01; 05/15, Draft, in German only
reserviert © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2019

Grüne Hausnummer / Heiz-/Kühldecken



Ersatz fossiler Energie durch Solarthermie + Geothermie in denkmalgeschütztem Gebäude



Aufgrund der positiven Erfahrungen der letzten 30 Jahre mit der Beheizung des Gebäudes Bahnhofstraße 4-6 wird das Wirkprinzip, das dort zur Anwendung kam, überarbeitet und durch den Einsatz besserer Technik erheblich verbessert. Der Einsatz der Sonnenenergie wird stark ausgebaut.

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein denkmalgeschütztes Gebäude aus dem Jahr **1733** mit **2000 m²** zu beheizender Fläche (Hauptgebäude und ein Nebengebäude).

Eine Außendämmung ist nicht möglich, aber auch nicht nötig.

Vorlauftemperatur: >55 °C erforderlich

Verbesserungen des bewährten Heizsystems: aufwärmen u. regenerieren des Erdreichspeichers durch Solarthermie



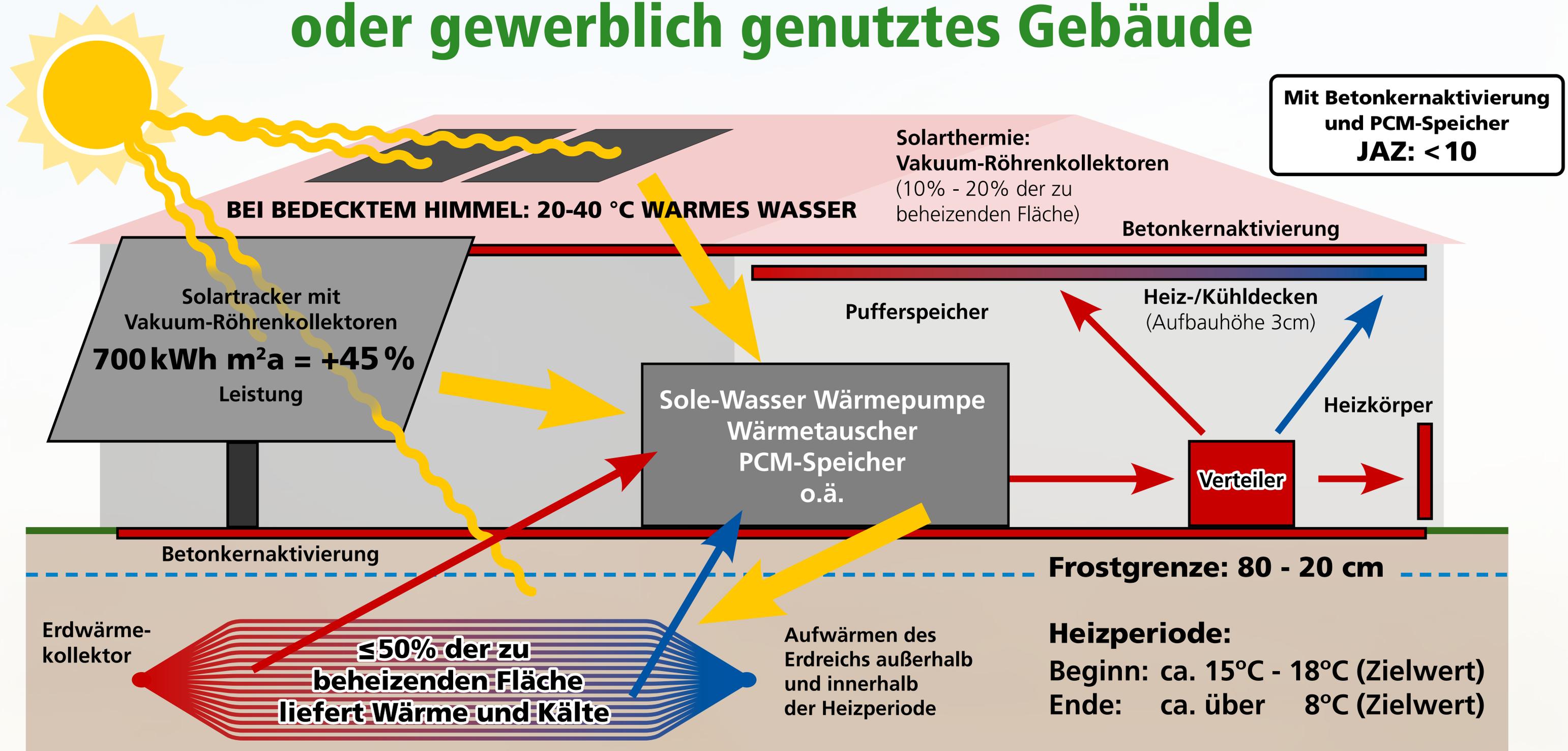
Um die Jahresarbeitszahl der zum Einsatz kommenden Wärmepumpen zu verbessern, wird das Erdreich durch Einsatz von Solarenergie außerhalb der Heizperiode um ein paar Grad höher aufgewärmt. Zu Beginn der Heizperiode sollte das Erdreich dann Temperaturen zwischen **15 °C** und **18 °C** aufweisen, gegen Ende der Heizperiode rechnen wir mit Temperaturen von **über 8 °C**.

Infolge der höheren Temperaturen der Wärmequelle werden die Wärmepumpen eine hohe **Jahresarbeitszahl (Zielwert: 5)** erreichen.

Solarenergie wird durch den Einsatz von Vakuum-Röhrenkollektoren auf Solartrackern generiert. Die Solartracker werden zweiachsig nachgeführt, um während der Heizperiode jedes Watt der kostenlosen Sonnenenergie einzufangen.

Die Solarkollektoren sind mit dem Pufferspeicher verbunden und können diesen bei ausreichend Sonnenenergie auf Solltemperatur bringen. Überschüssige Sonnenenergie wird dann ins Erdreich zur **Regenerierung** eingespeist. Die Regenerierung des Erdreichs dient der Aufrechterhaltung des Wirkungsgrades der Wärmepumpen vor allem in der zweiten Hälfte der Heizperiode zur Erreichung einer möglichst hohen Jahresarbeitszahl.

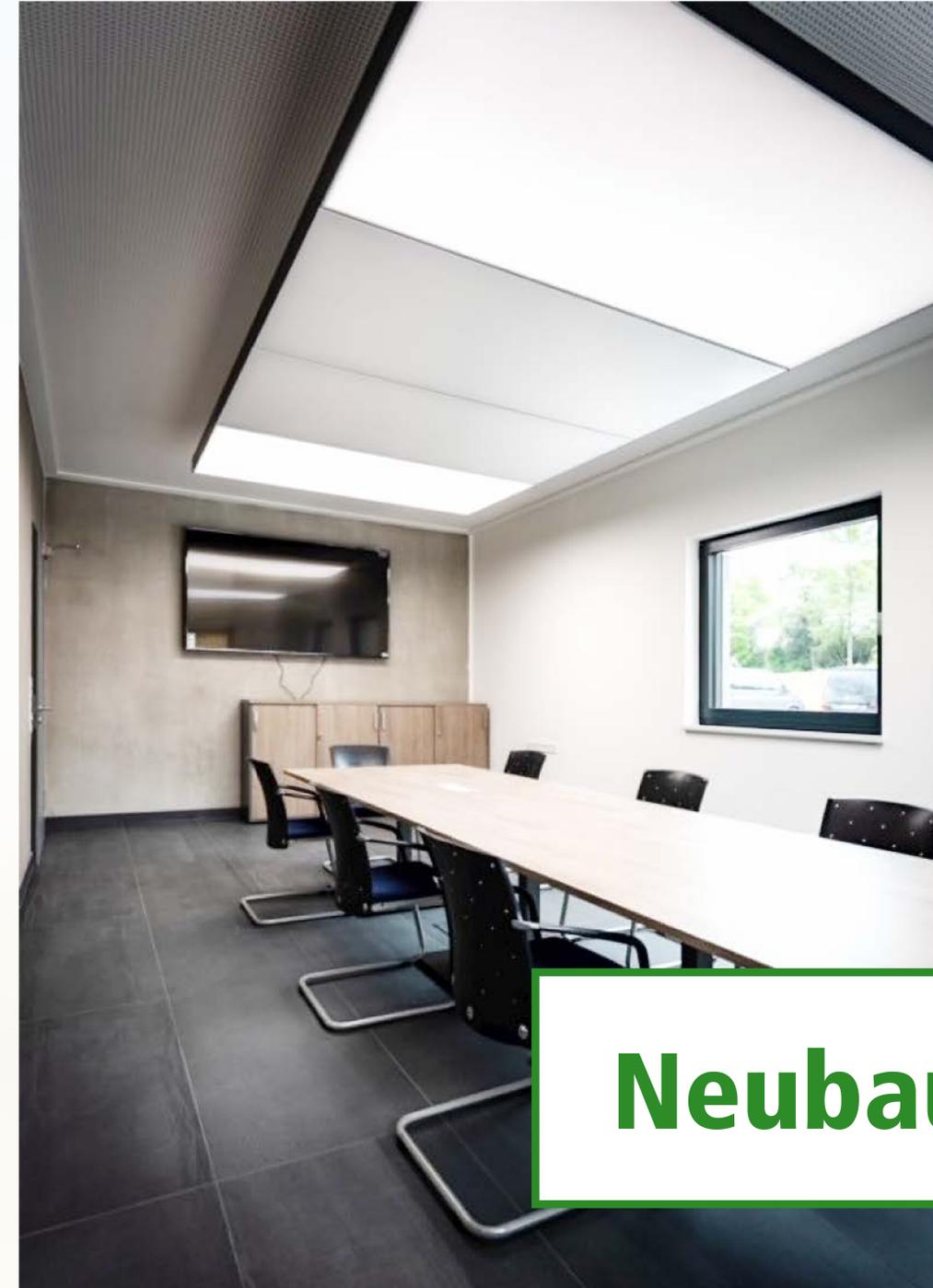
Neubau: Ein- oder Mehrfamilienhaus oder gewerblich genutztes Gebäude



Energieverteilung über Heiz-Kühldecken

- Heiz-Kühldecken sind ein integraler und unverzichtbarer Bestandteil des NULLplusNULL-Konzepts.
- Heiz-Kühldecken erlauben sowohl die Beheizung mit Niedertemperatur (30-40 °C) als auch die Raumkühlung.
- Niedrige Vorlauftemperaturen können aus erneuerbaren Energien ohne Verbrennungsprozess (Kohle, Öl, Gas, Holz) erzeugt werden.
- Heiz-Kühldecken sind das Mittel der Wahl bei der energetische Sanierung von Bestandsgebäuden (Aufbauhöhe: circa 3 cm) wie bei Neubauten.
- Heiz-Kühldecken schaffen ein gleichmäßiges Temperaturniveau und eine hohe thermische Behaglichkeit. Die Wärmestrahlung erzeugt eine geringe Luftbewegung beim Heizen und keine Zugluft beim Kühlen.
- Anbringung als Wandheizung und Sockelheizung möglich.

Energieverteilung über Heiz-Kühldecken



Neubauten

Energieverteilung über Heiz-Kühldecken



Bestandsbauten

Kombiniertes kaltes Nahwärmenetz

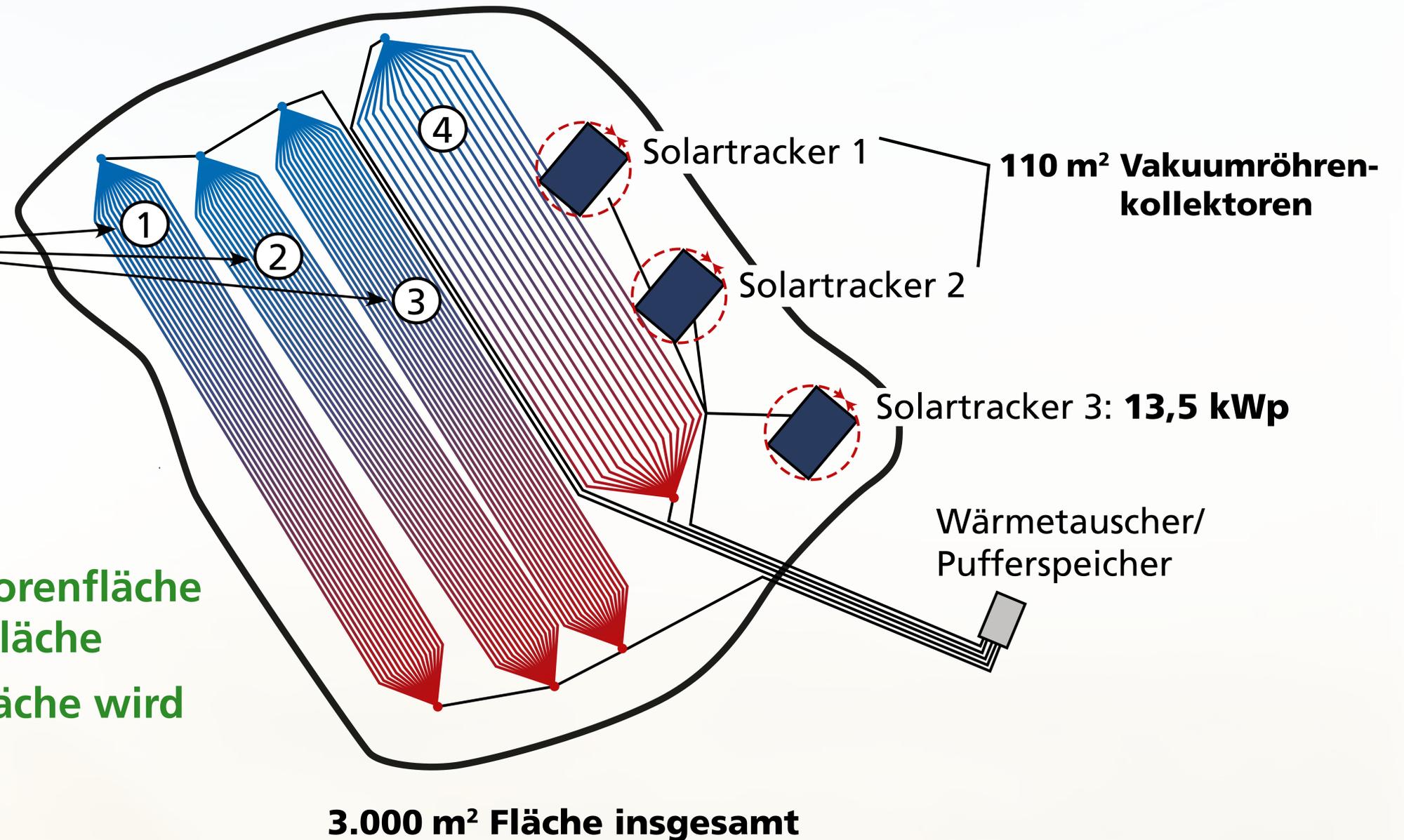
① ② ③

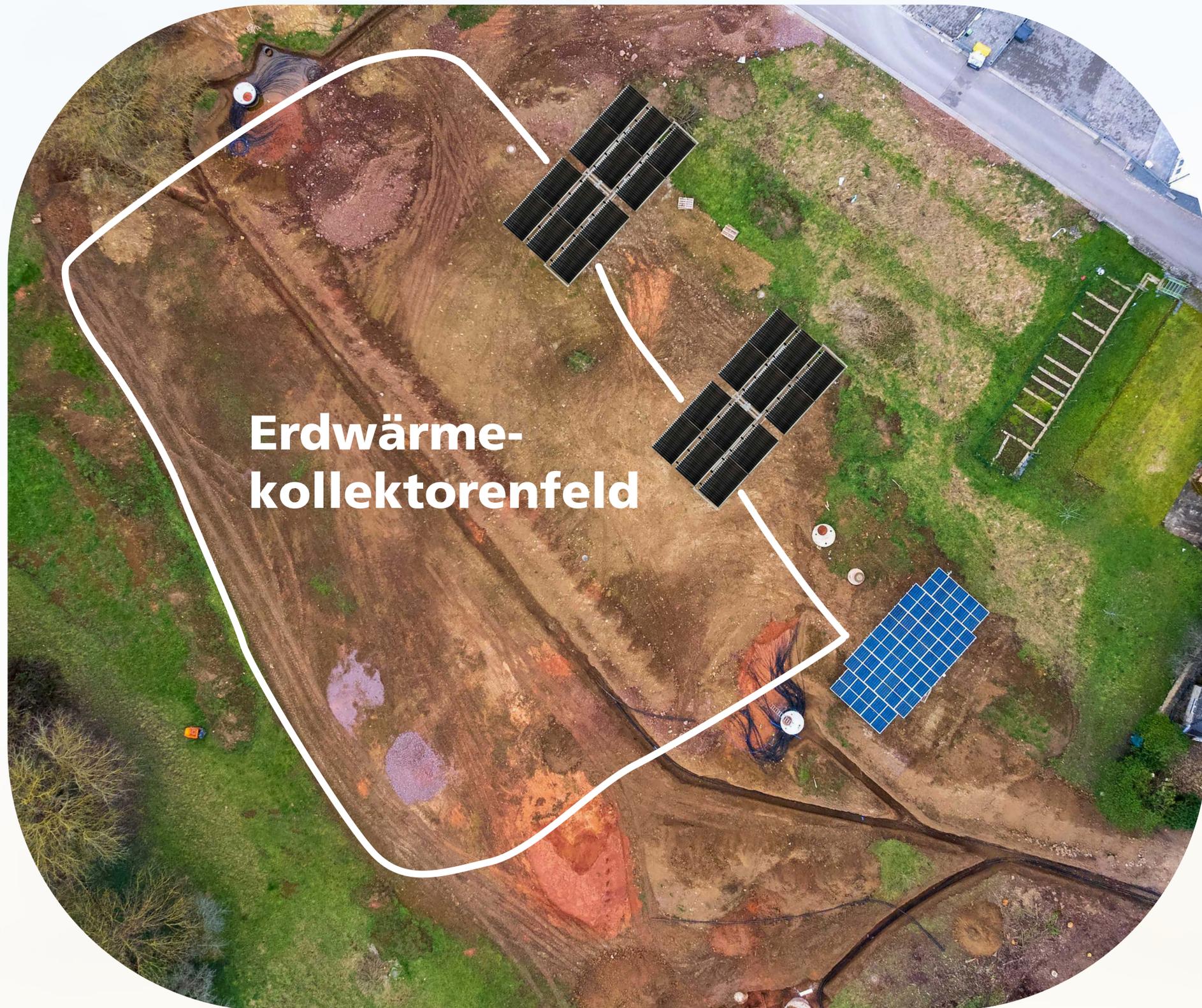
3x 600 m² Erdwärmekollektoren
in 1,4 m Tiefe (Bestand von 1991)

④

890 m² Erdwärmekollektoren
in 1,4 m Tiefe (Neuer Erdwärmekollektor)

- **Insgesamt 2690 m² Erdwärmekollektorenfläche für ca. 7000 m² geheizte / gekühlte Fläche**
- **Die gesamte Erdwärmekollektorenfläche wird zusätzlich erwärmt und regeneriert**





Erdwärmekollektorenfeld

Testfeld für Erdwärmekollektoren:

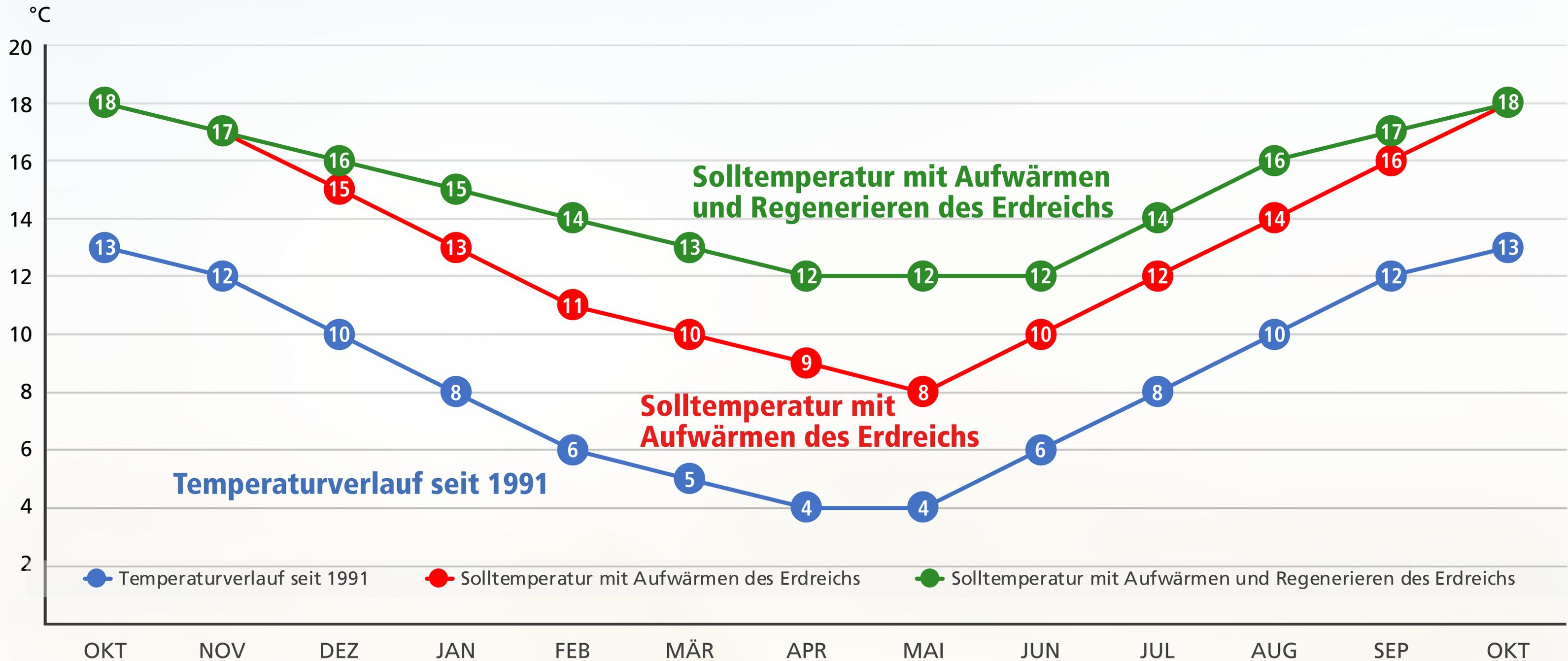
- Verlegung auf zwei Ebenen gemäß Patent:



- Edelstahl vs. PE

Temperaturverläufe im Erdreich „NULL plus NULL“

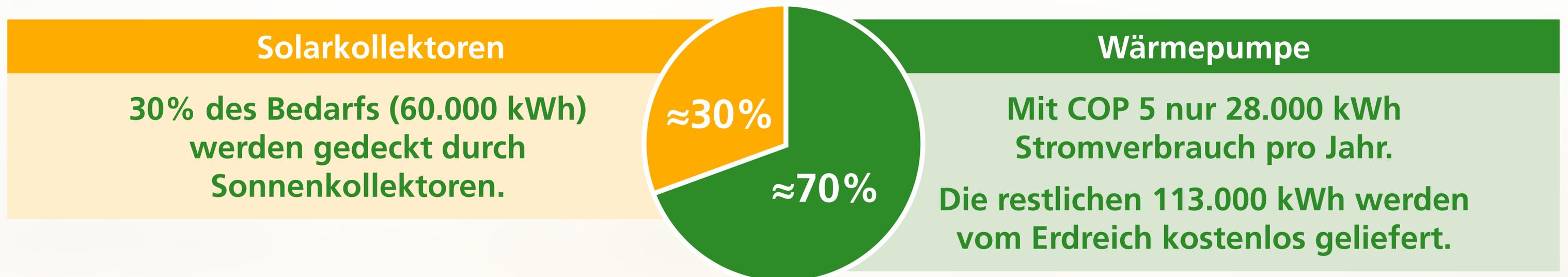
Sole-Wasser WP oder Wasser-Wasser WP?



Deckung des Heizbedarfs im Beispiel-Gebäude

Heizölverbrauch von 21.000 L entspricht ca. 200.000 kWh.

200.000 kWh werden in Zukunft durch kostenlose Sonnen- und Erdreichenergie größtenteils gedeckt.



Zu erwartende jährliche Kosten im Beispiel-Gebäude

Zu rechnen ist mit jährlichen Stromkosten von **7.000 €**.

Heiz- und Kühlkosten liegen somit in etwa bei **3,50 €/m² netto pro Jahr**.
(gekühlte Fläche ca. 400 m²)

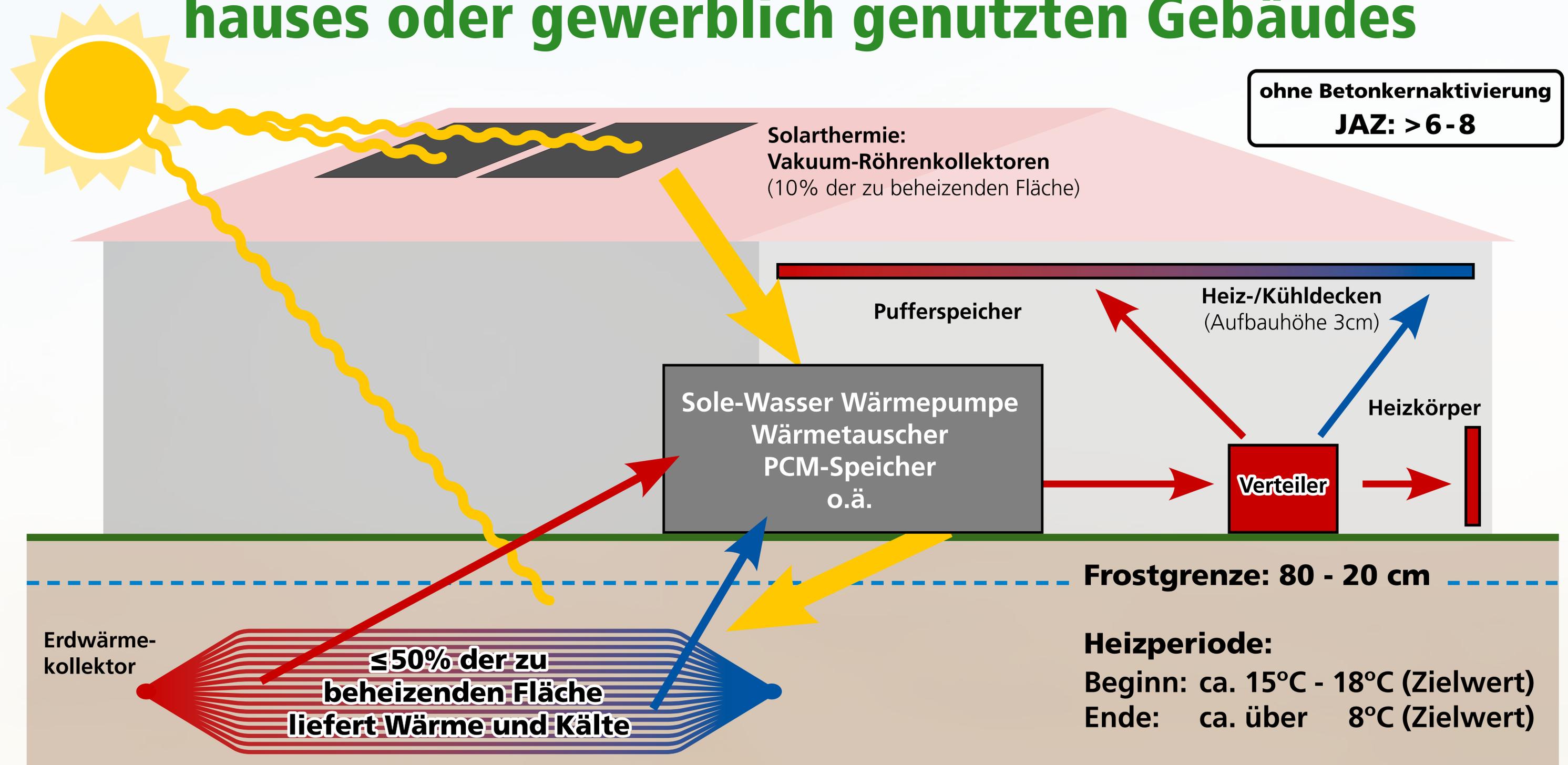
Ersparnis <80%

Schonender Betrieb

Hohe Lebenserwartung aller Technologien durch schonenderen Betrieb dank besserer Wärmequelle.

In den immer **heißeren Sommern** können die Wärmepumpen zur **Raumkühlung** betrieben werden.

Energetische Sanierung eines Ein- oder Mehrfamilienhauses oder gewerblich genutzten Gebäudes



Investitionskosten

Mehraufwand

- Erdwärmekollektoren (hohe Eigenleistung durch Bauherren möglich)
- taupunktunabhängige Heiz-Kühldecken
- besser isolierender Baustein

Minderaufwand

- aufwändige Aussendämmung
- keine Folgekosten wg. Spätschäden durch Aussendämmung
- Ausgaben für Estrich, Fussbodenheizung
- Verkürzung der Bauzeit
- Heizungsinstallationsaufwand durch moderne Heiz-Kühldecken
- Steuerungsaufwand durch taupunktunabhängige Heiz-Kühldecken

sowieso anfallender Aufwand

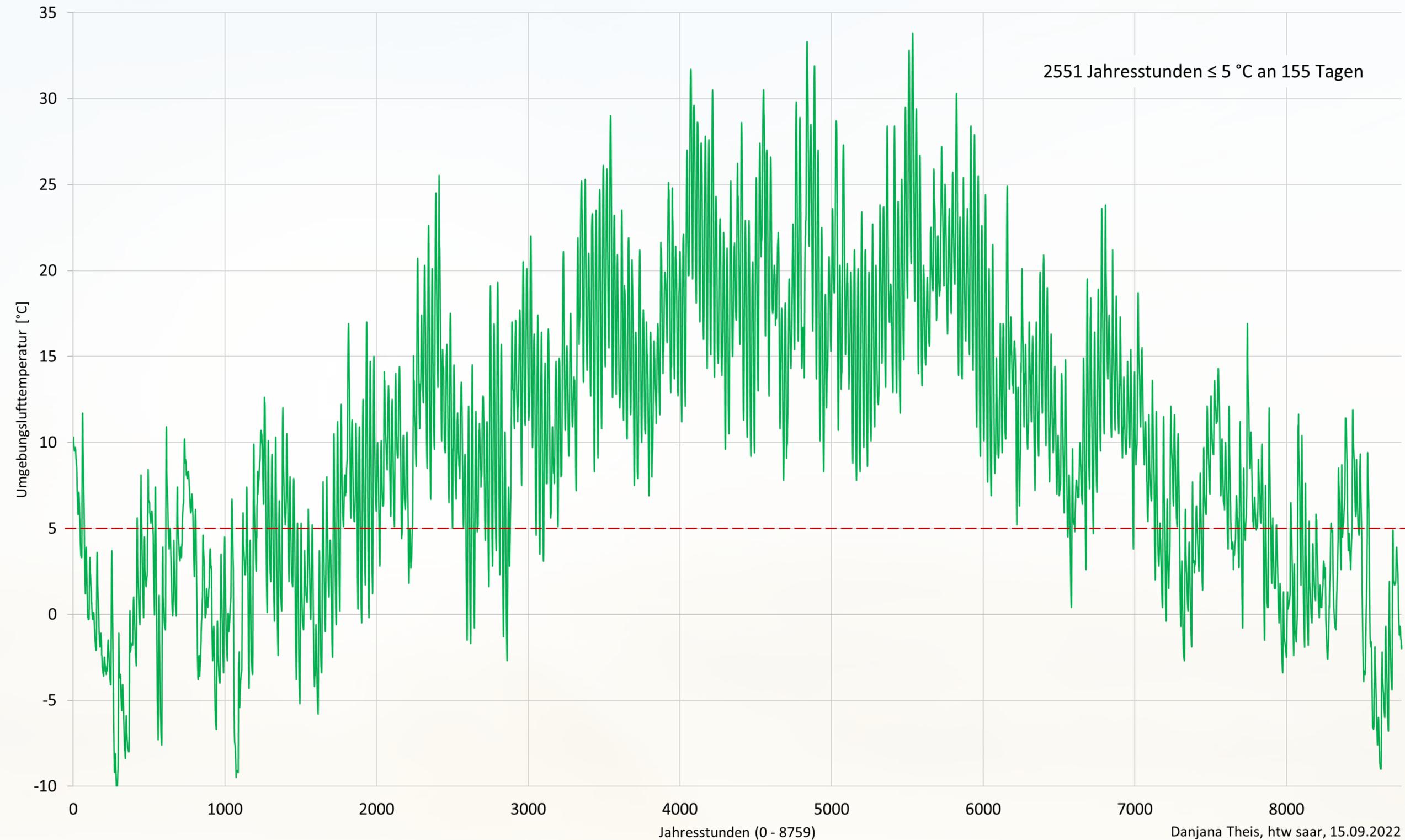
- Wärmepumpe
- Sonnenkollektoren
- Pufferspeicher (grössere Auslegung erforderlich)

Investitionskosten Fazit

- Mehraufwand und Minderaufwand halten sich die Waage
- Steigerung des Wohnwertes durch nachhaltiges Heizen und Kühlen
- Vermeidung eines Wertverlustes bzw. Erzielung einer Wertsteigerung der Immobilie
- Vermietung beheizt und gekühlt („all inclusive“) möglich

Stundenwerte der Umgebungslufttemperatur am Standort Würzburg ($\varphi = 49.8^\circ$, $\lambda = 9.95^\circ$)

Referenzwetterdaten des Meteonorm Webservice (2010 - 2021)



Danjana Theis, htw saar, 15.09.2022

Bau und Betrieb von kalten Nahwärmenetzen

NULL *plus* NULL

Nachhaltig **heizen** und **kühlen**
ohne Verbrennungsprozess
mit Hilfe von
SONNE *und* ERDWÄRME

www.nullplusnull.com

