

Solarenergie und Geothermie

Potenziale, Lösungen, Anwendungsbeispiele

Daniel Zenhäusern, Anex Ingenieure AG

2.12.2024

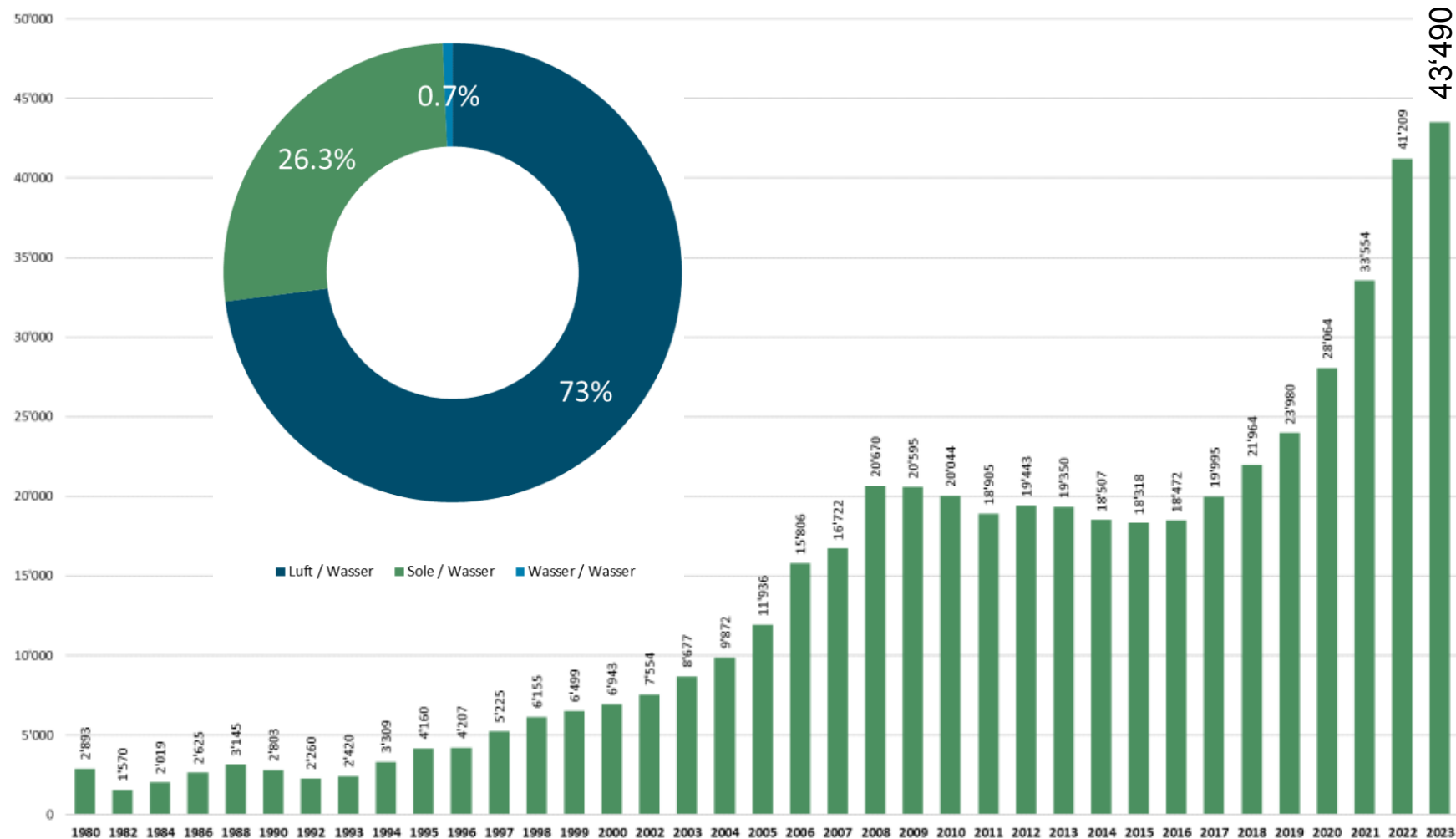


Bild: Fanzun AG

Inhalt

- Markt Geothermie-Wärmepumpen
- Markt Solarwärme und Photovoltaik
- Notwendigkeit bzw. Chance der Regeneration von Erdwärmesonden
- Lösungen für Entlastung und Regeneration von Erdsonden
- Umsetzungsbeispiele

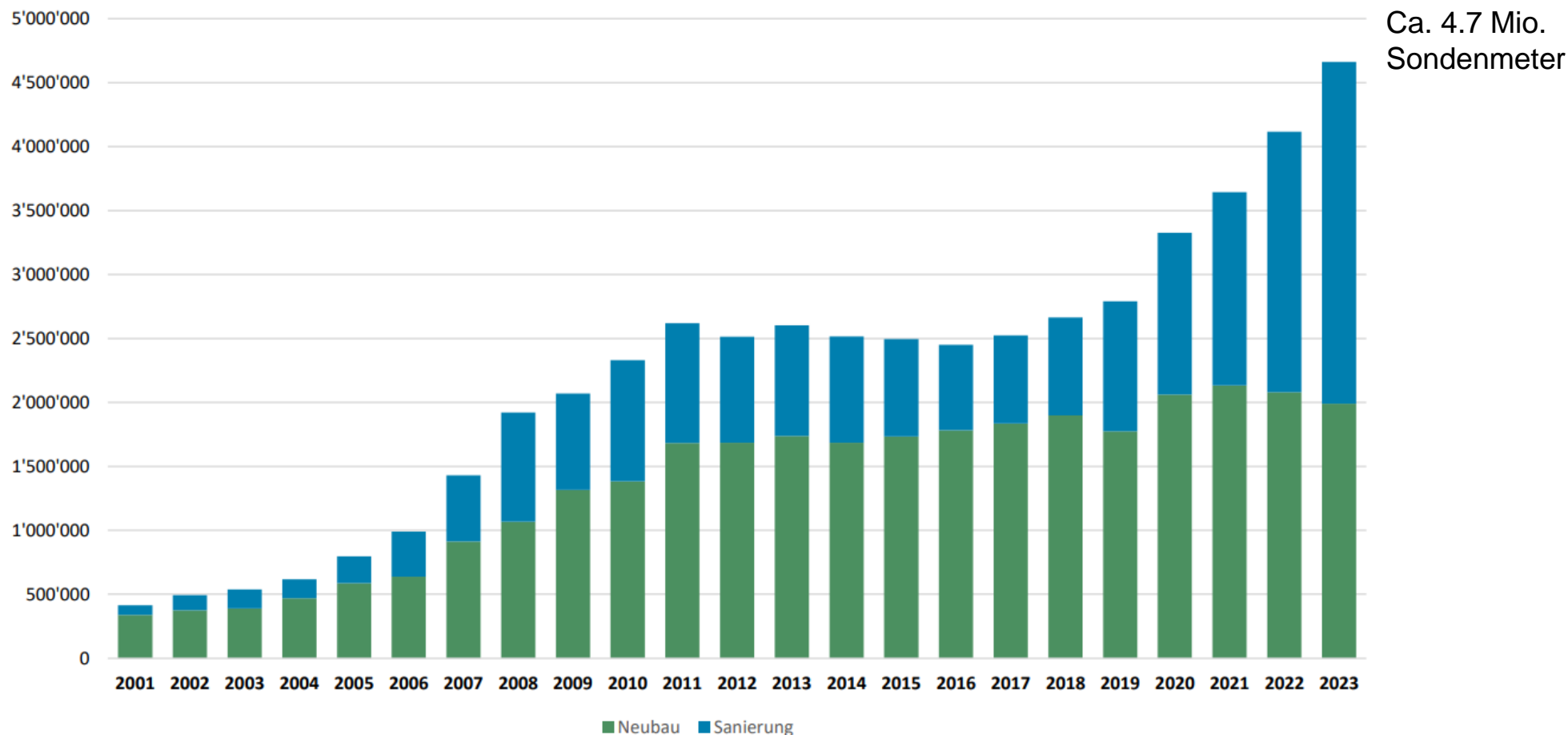
Verkaufte Wärmepumpen / Jahr (Schweiz)



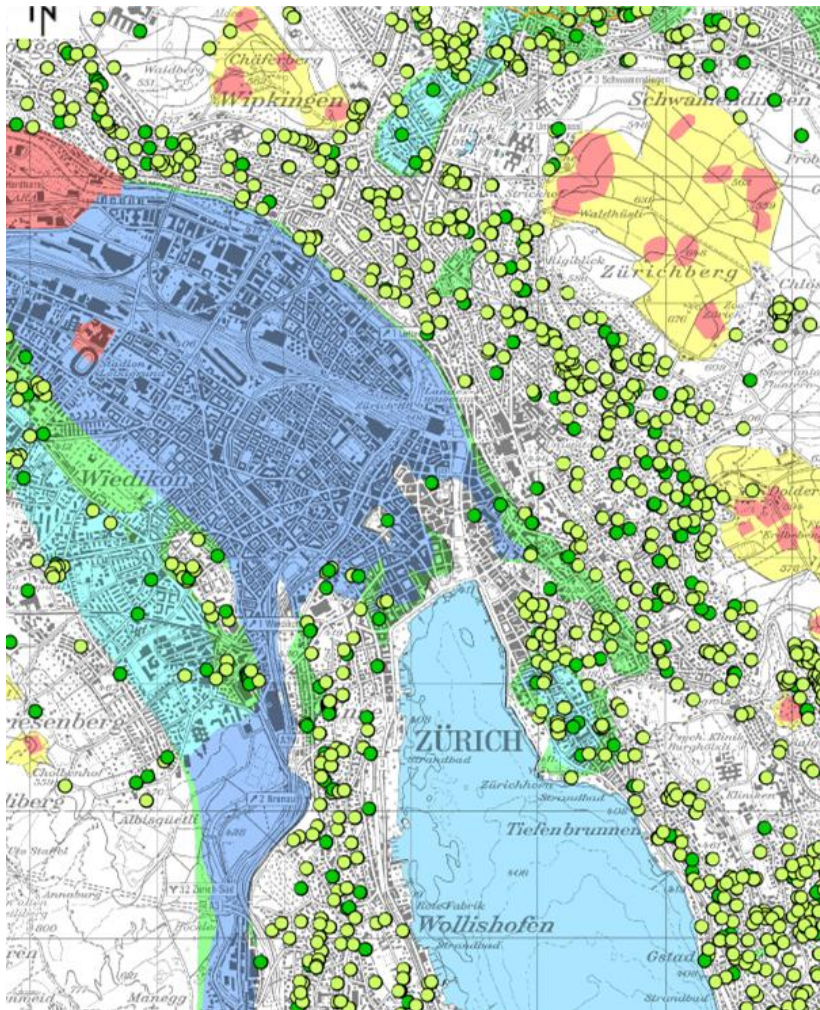
Drei Viertel der
verkauften
Heizungen

2024 starker
Marktrückgang

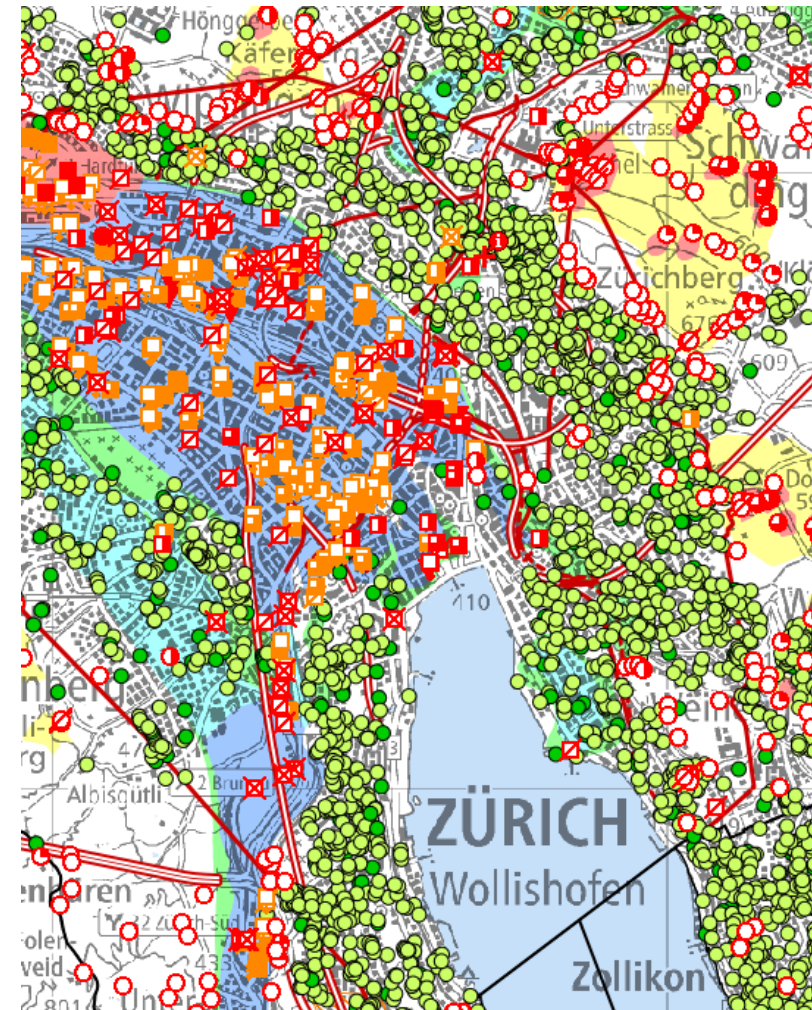
Verteufte Erdwärmesonden in Laufmeter pro Jahr



Zunahme der Erdsondendichte am Beispiel der Stadt Zürich



Vor ca. 10 Jahren

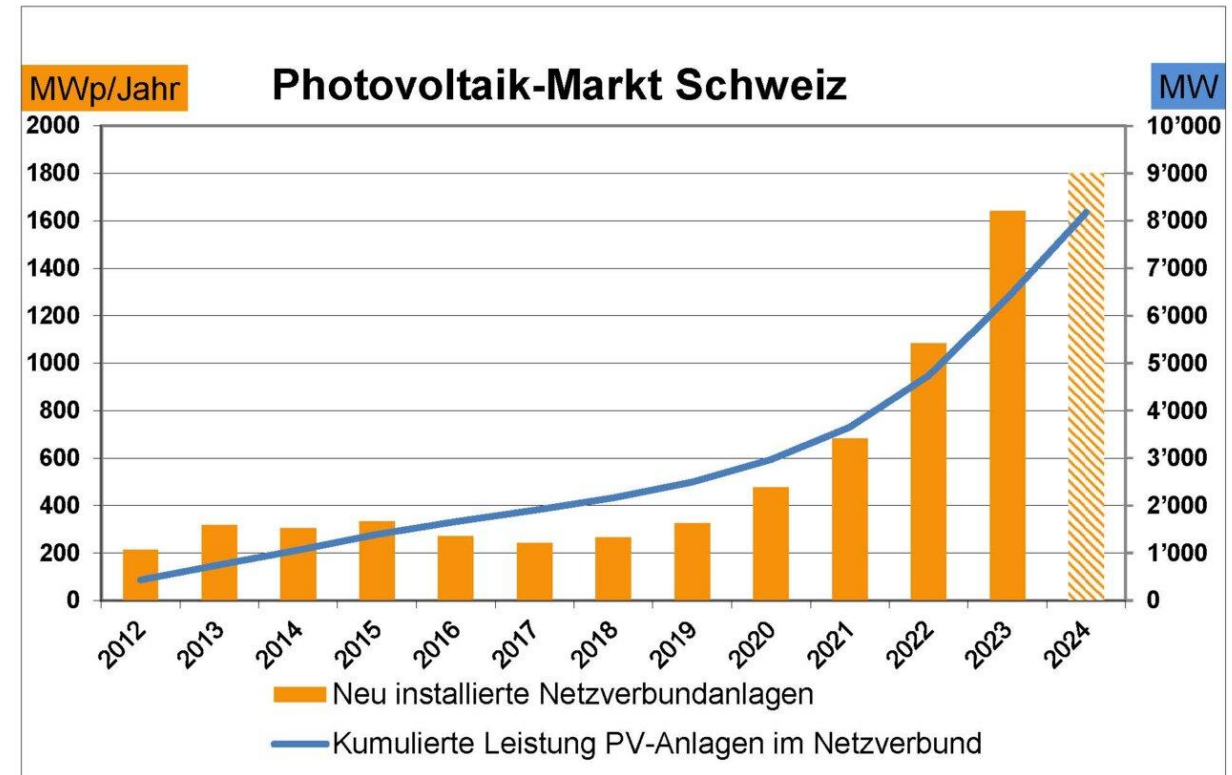


Heute

CH-Markt Photovoltaik

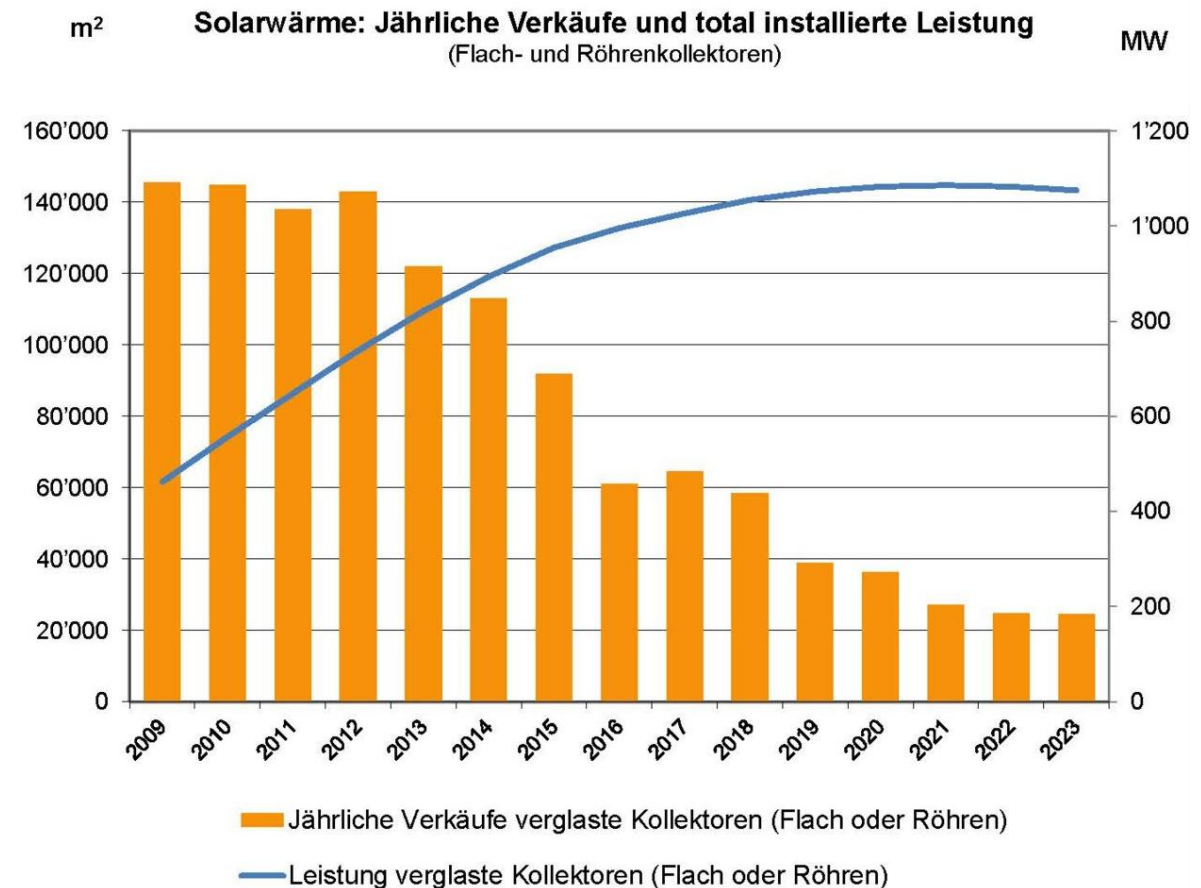


- Marktwachstum 2023: +51%
- Installiert im Jahr 2023: 1'641 MWp
- Insgesamt installiert: 6375 MWp
- Energieertrag 4'600 GWh/a, d.h. 8.25 % des Schweizer Stromverbrauchs
- Zudem
 - Moduleffizienz in den letzten 10 Jahren von 17 % auf 21.5 % angestiegen
 - Kostenreduktion von Aufdach-PV-Systemen ca. um Faktor 3.5 seit 2006



CH-Markt Solarwärme

- Markt für Flach- und Röhrenkollektoren nach starkem Rückgang stabilisiert
- Installiert im Jahr 2023: 27'500 m²/a (17.5 MW)
- Davon ca. 3'000 m²/a unverglaste Kollektoren
- Insgesamt installierte Fläche ca. 1.7 Mio. m² (1100 MW)
- Wärmeertrag insgesamt 730 GWh/a

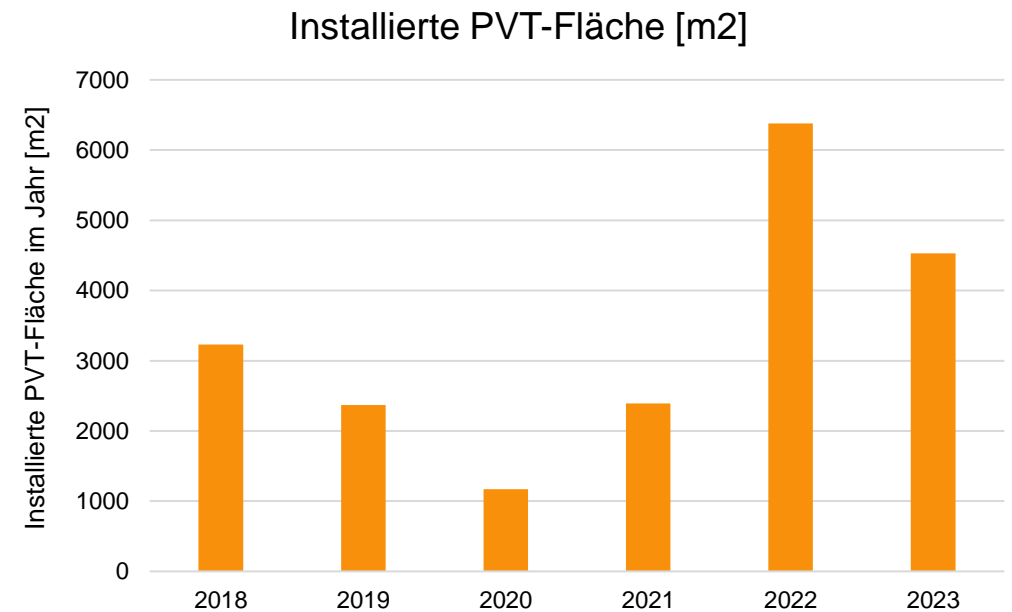


CH-Markt Photovolatisch-Thermische Kollektoren (PVT)



Bild: PVT Solar AG

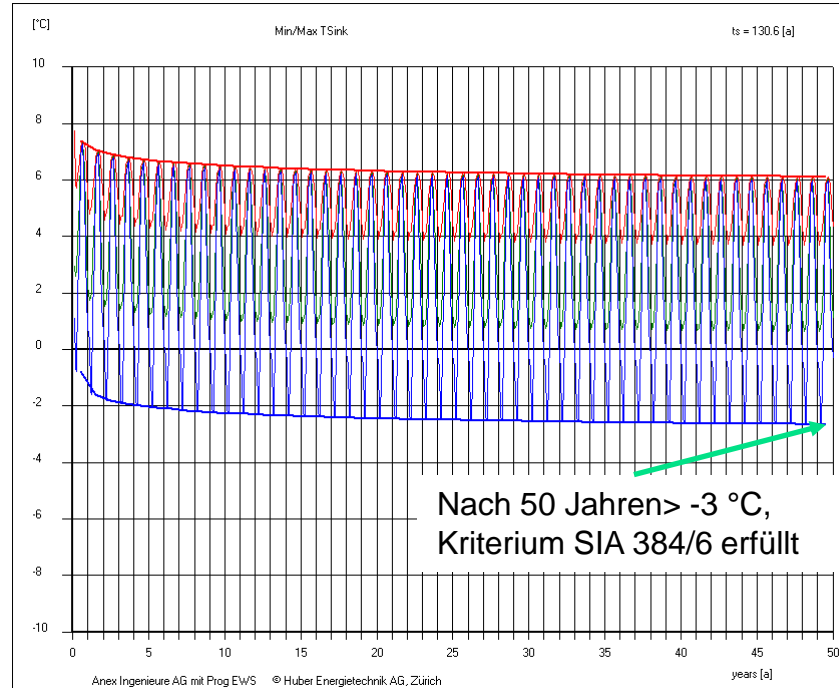
- Markt für PVT-Kollektoren weiterhin klein und stark schwankend
- PVT-Kollektoren installiert in 2023: ca. 4'500 m²
- Insgesamt installiert: 26'000 m² (13.1 MW_{th}, 5.7 MW_p)



Quelle: Solar Heat World Wide Edition 2024 (IEA SHC)

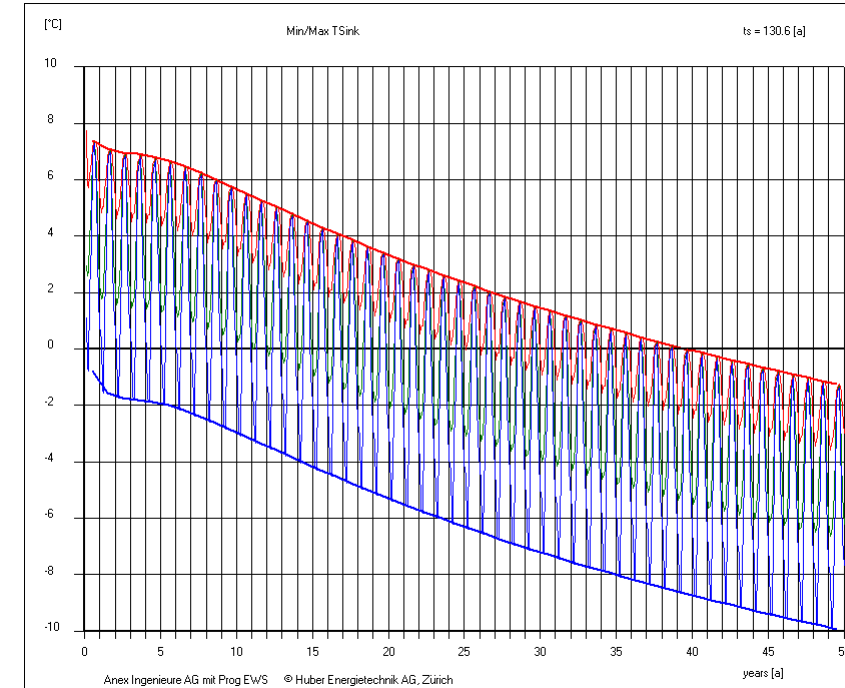
Total installierte Fläche Ende 2023	
PV	33.5 Mio. m ²
Solarwärme	1.7 Mio. m ²
PVT	0.03 Mio. m ²

Einzelsonde - Beeinflussung durch Nachbarschaft



Einzelsonde bei Standardauslegung
(Bedarf: 22.5 MWh, WP-Leistung: 12 kW,
Erdsonde: 185 m → 50 W/m, 90 kWh/m)

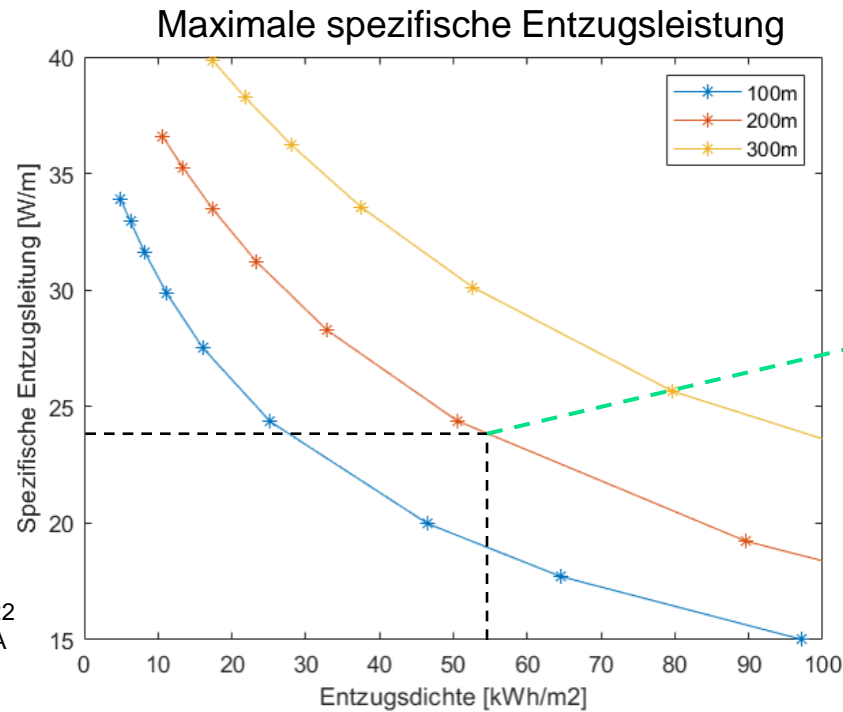
- 7 K



Gleiche Erdsonde in Zone mit hoher Erdwärmennutzung
(alle 20 m x 20 m eine Sonde, **55 kWh/m²/a**)

- Energiekonzept 2050 Stadt Zürich: Gebietsweise 20 – 110 kWh/m²/Jahr
- Nachhaltig ohne Regeneration: 3 kWh/m²/Jahr (Wagner und Weisskopf, 2014)

Auslegungsgrenzen bei nachbarschaftlicher Beeinflussung

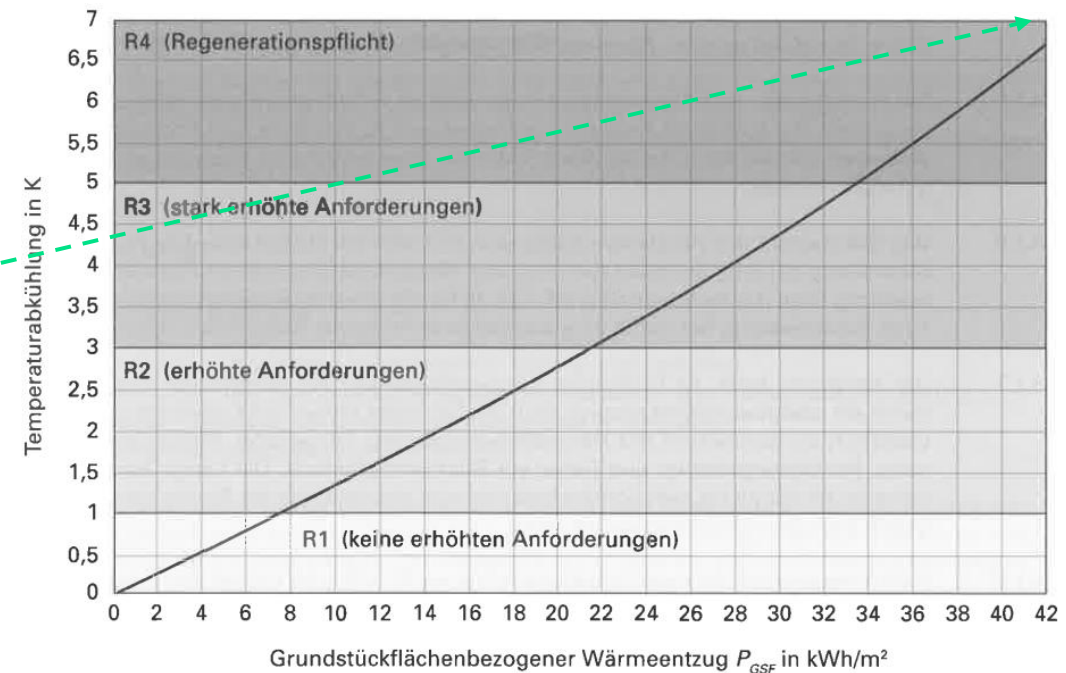


Ruesch et al., 2022
(basierend auf SIA
384/6)

Im vorangehenden Beispiel mehr als
Verdoppelung der Sondenmeter nötig

bzw.

Zusätzliche Temperaturabsenkung durch Nachbarsonden

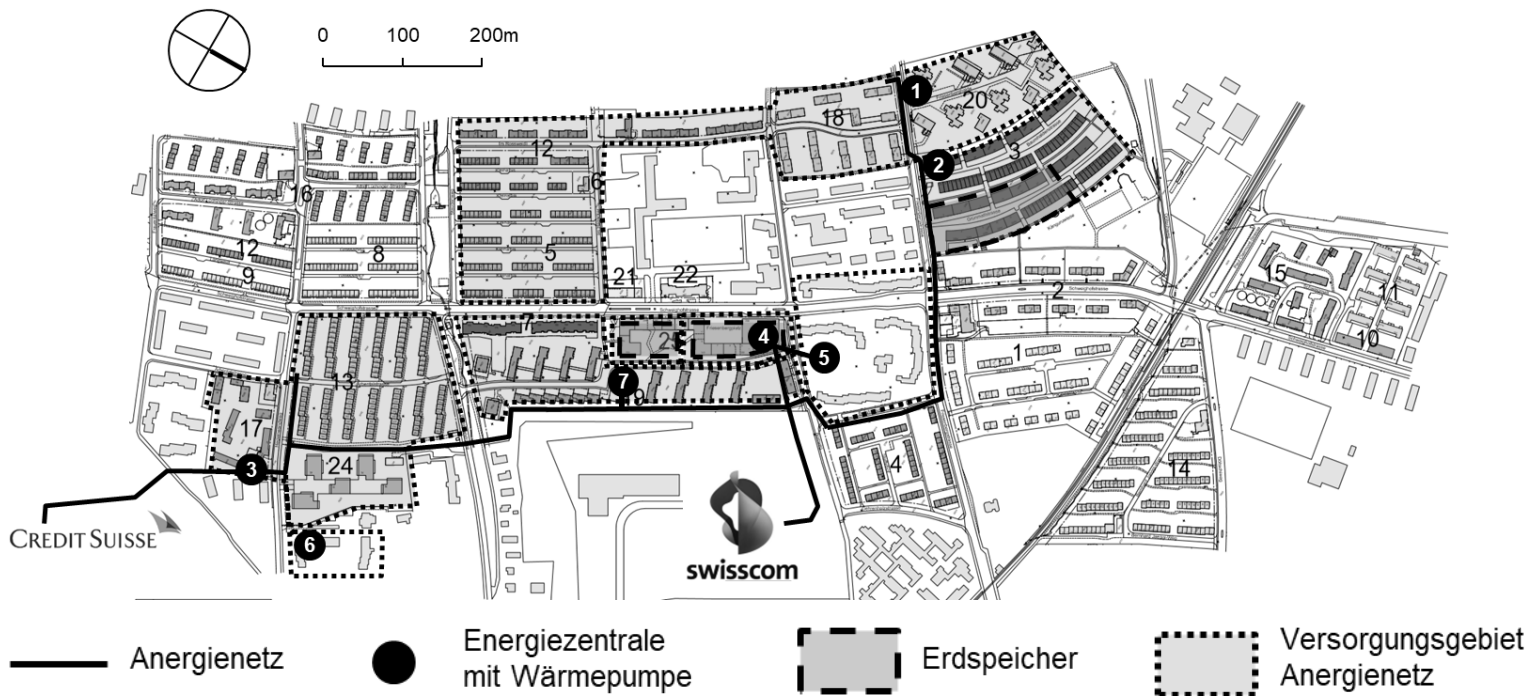


Poppei, Huber 2019
(aus SIA 384 / 6)

Regenerationspflicht

→ In Gebieten mit hoher Entzugsdichte ist Standardauslegung nicht möglich → Mehr Sonden, Reduktion Entzug od. Regeneration

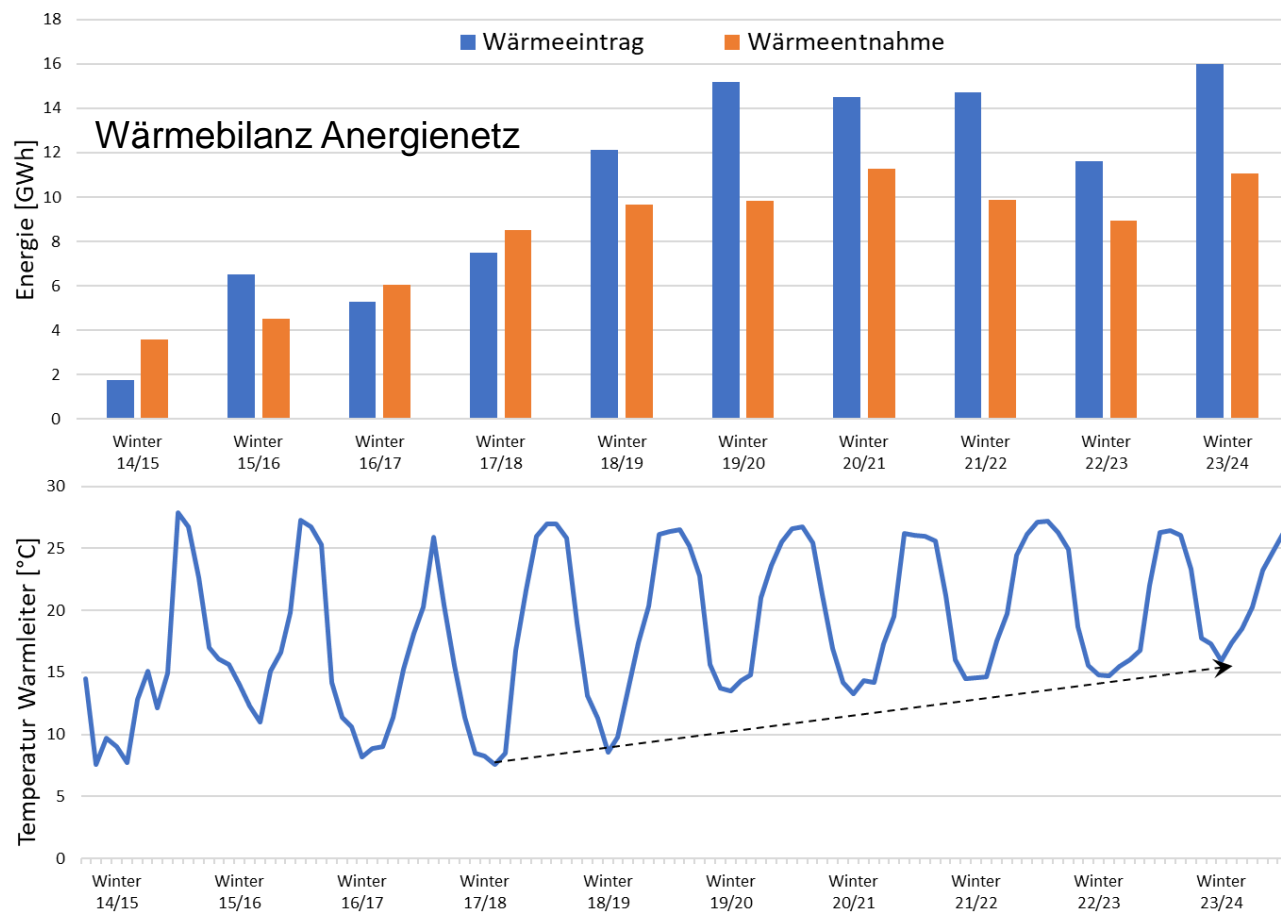
Erdsondenfeld als Speicher – Beispiel Anergienetz FGZ Zürich



- Wärmebedarf aktuell rund 15 GWh (weitere Netzetappen geplant)
- Abwärme von Swisscom und Credit Suisse / UBS – Rechenzentren
- Heizung und WW ab Wärmepumpenzentralen
- Zwischenspeicherung von Abwärme in 2 Erdsondenspeichern (total 333 Sonden à 250 m, Abstand 5 m)
- **Entzugsleistung ~ 30 W/m**
- **Entzugsdichte ~ 500 kWh/m²/a**



→ Dichte Sondenfelder sind nur mit Regeneration möglich (als Speicher, nicht als Quelle zu betrachten).

Erdsondenfeld als Speicher – Beispiel Anergienetz FGZ Zürich






- In den vergangenen Jahren positive Wärmebilanz im Anergienetz
- Erdspeicher wurden beladen
- Entsprechend ist die jährliche Minimaltemperatur des Netzes angestiegen

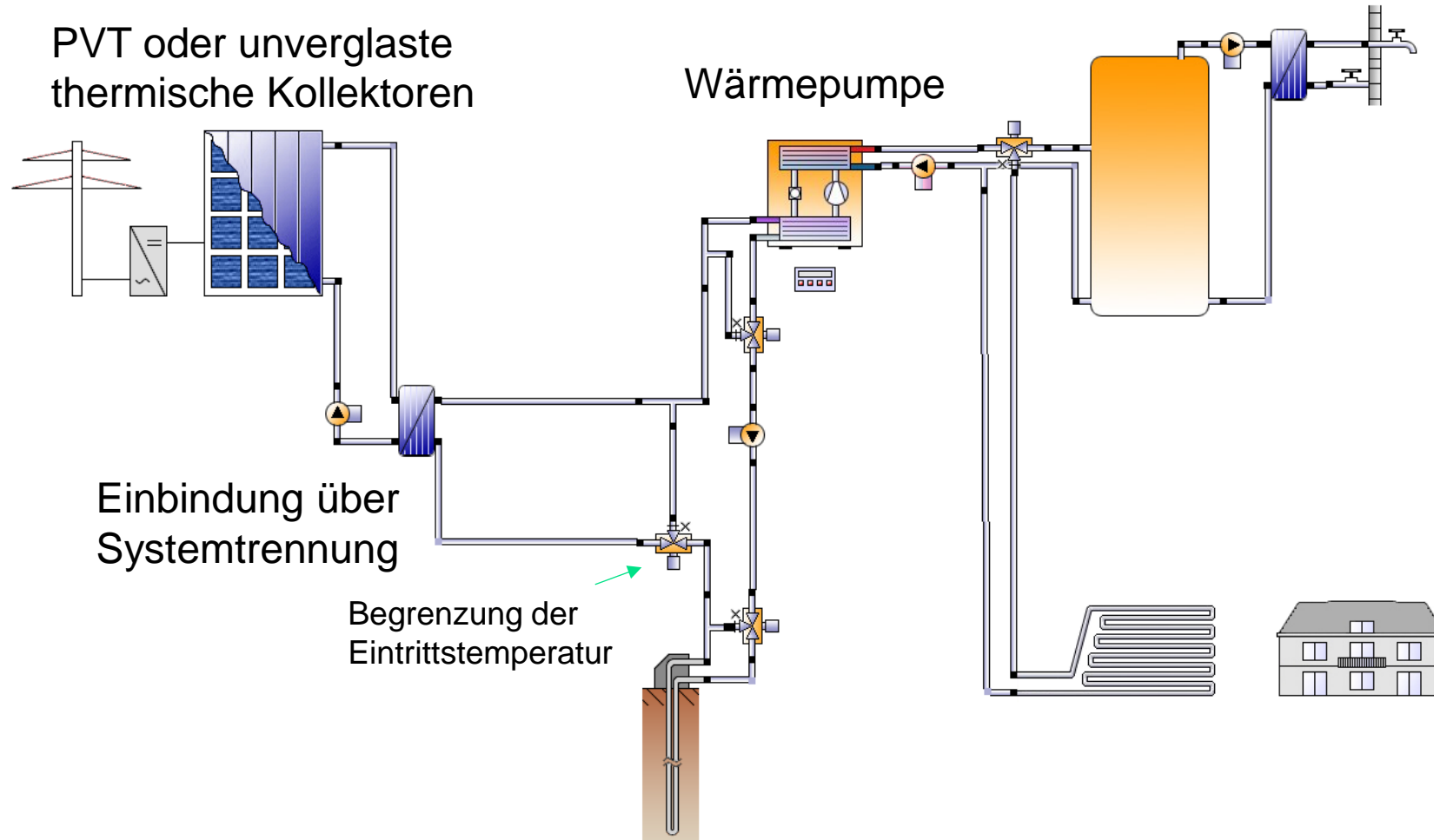
Möglichkeiten zur Erdsondenentlastung

- Bauliche Massnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs
 - Dämmung, Fensterersatz, etc.
- Zusätzlicher Wärmeerzeuger
 - Thermische Solarkollektoren (Flachkollektoren) 
 - Solare Warmwasseranlage deckt ~ 50 % des jährlichen Warmwasserbedarfs
 - Anlage mit Heizungsunterstützung deckt ~ 25 % des gesamten Wärmebedarfs
 - Überschüsse können zur Erdsondenregeneration genutzt werden
 - Wärmepumpenboiler oder Aussenluft-WP (bzw. zusätzliche Quelle für gleiche WP)
 - Zu Betreiben sobald Aussentemperaturen $> \sim 10\text{ °C}$
 - Nutzung von PV-Strom 
 - Andere

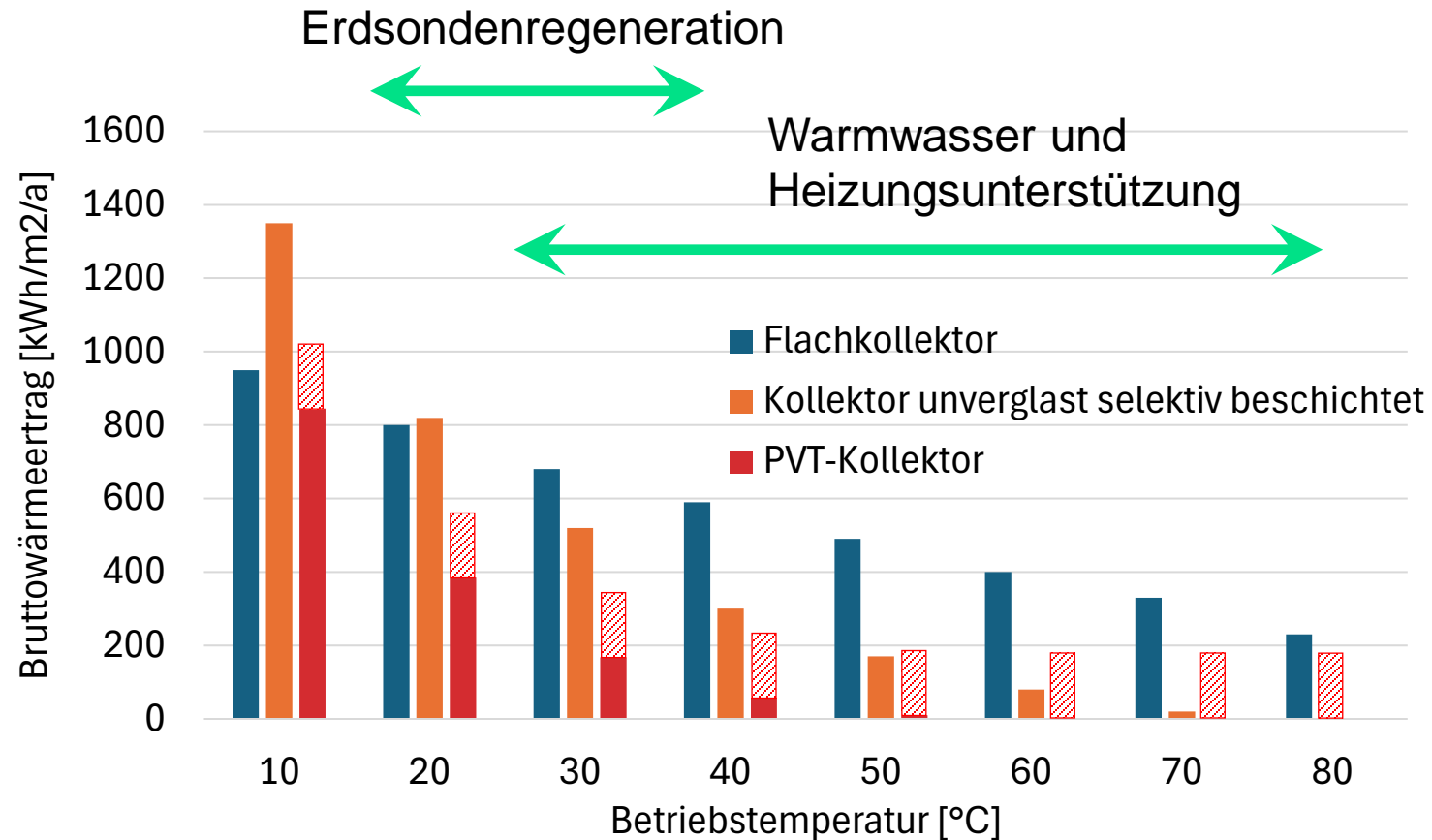
Möglichkeiten zur Erdsondenregeneration


- Freecooling / Geocooling
 - Im MFH typischerweise Regenerationsgrad von 20 % erreichbar
 - Schwierig kombinierbar mit anderen Regenerationsquellen → zu hohe RL-Temperaturen
- Abwärme aus aktiver Gebäudekühlung mit Kältemaschine
 - Hohe Regenerationsgrade möglich
 - Gute Gleichzeitigkeit mit PV-Stromerzeugung 
 - Bei Wohnbauten ist aktive Kühlung aktuell nicht zugelassen
- Umgebungswärme via Rückkühler
 - Direkte Nutzung der Umgebungstemperatur → Komplette Regeneration kaum zu erreichen
 - Über Wärmepumpe mit PV → hohe Regeneration möglich, interessant in Kombination mit Entlastung Sondenfeld WW-Erzeugung ebenfalls mit Umgebungsluft als Quelle 
- Industrielle Abwärme → FGZ, Freilager, KEK Küsnacht, etc.
- Solarwärme bzw. PVT-Kollektoren
 - Hohe Regenerationsgrade möglich
 - Im Fall von PVT keine Flächenkonkurrenz mit PV-Nutzung
 - Gute Integration und keine Geräuschimmissionen 

Erdsondenregeneration mit Solarwärme - Einbindung



Wärmeerträge unterschiedlicher Solarwärmekollektortypen

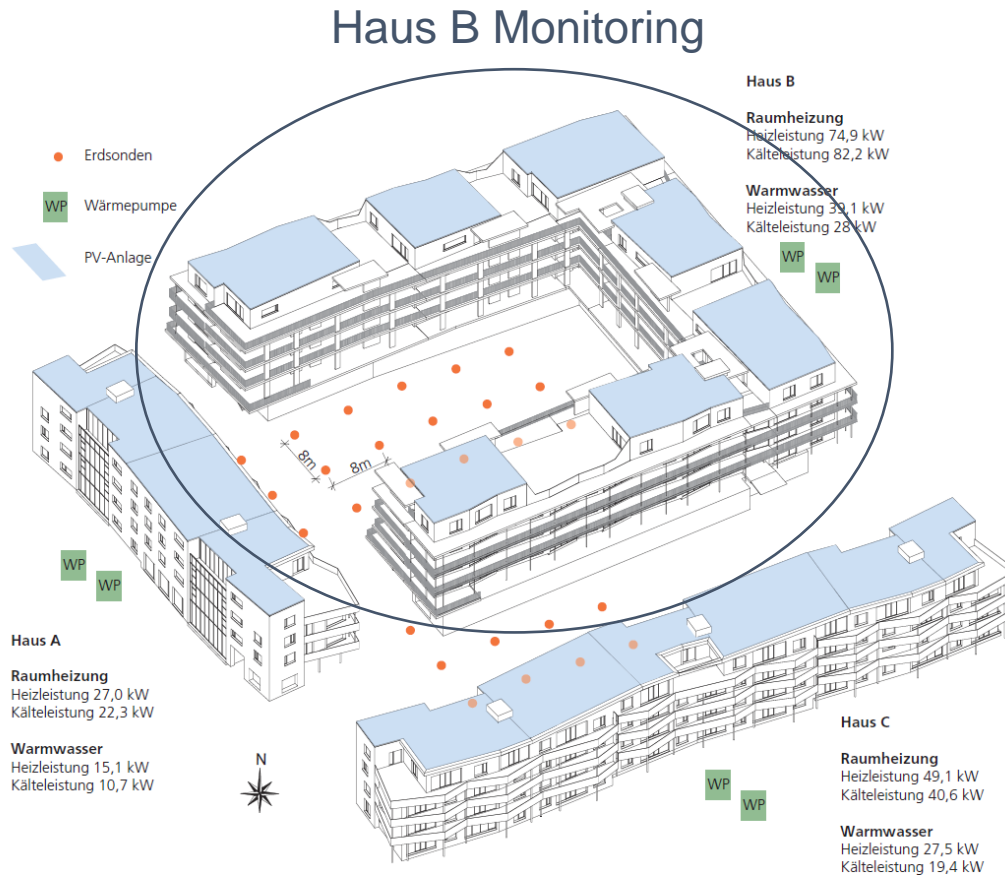


- Unverglaste und PVT-Kollektoren nur bei niedrigen Betriebstemperaturen thermisch effizient
- Bei PVT-Kollektoren kommen rund 180 kWh/m² Stromertrag  hinzu.

Erdsonden mit PVT – Beispiel Oberfeld Ostermündigen



Erdsonden mit PVT – Beispiel Oberfeld Ostermundigen



Objekt:

100 Wohnungen

11'383 m² Energiebezugsfläche

Minergie-P zertifiziert

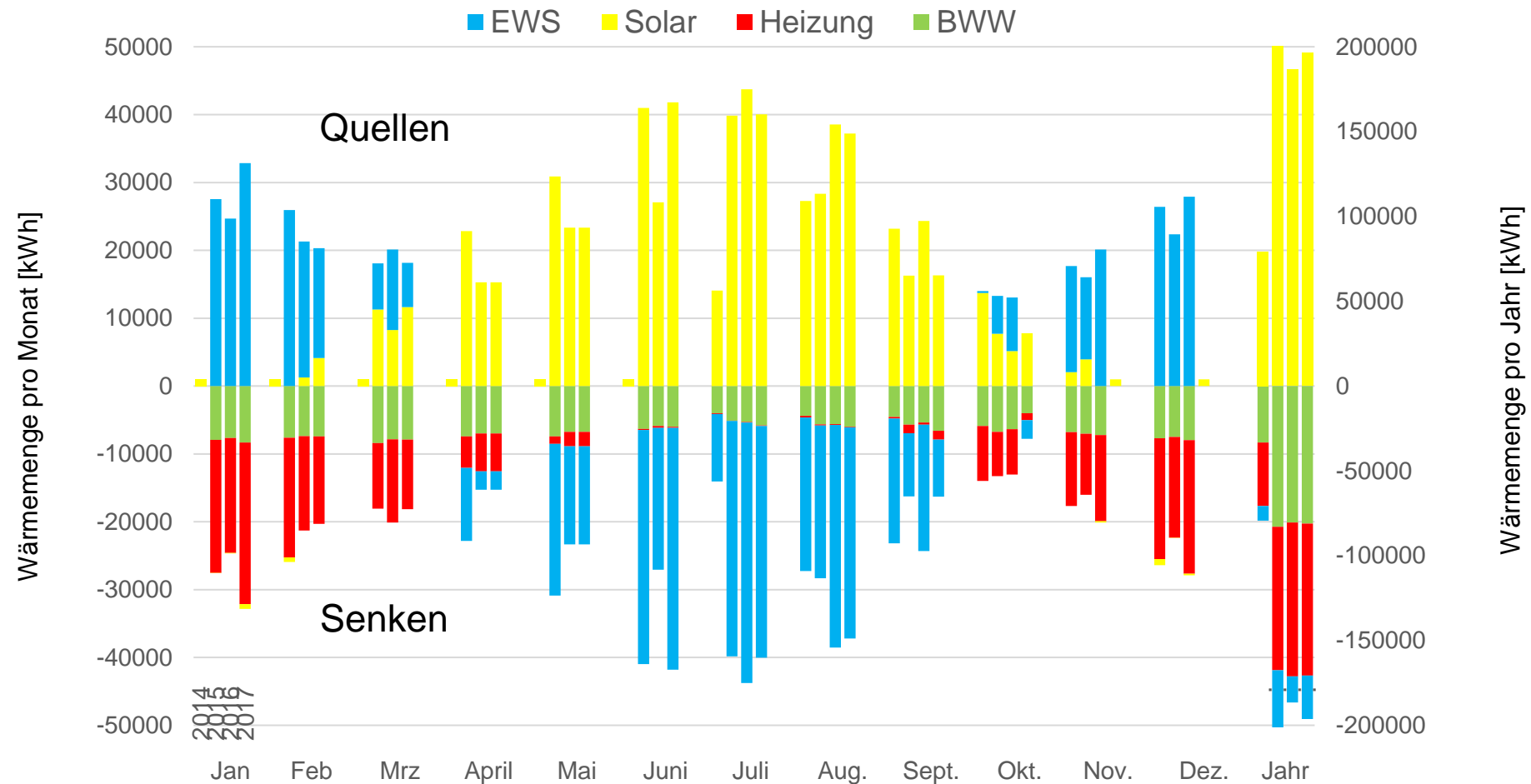
Wärmeversorgung:

28 Erdwärmesonden à 200 m

Dezentrale W/W-Wärmepumpen

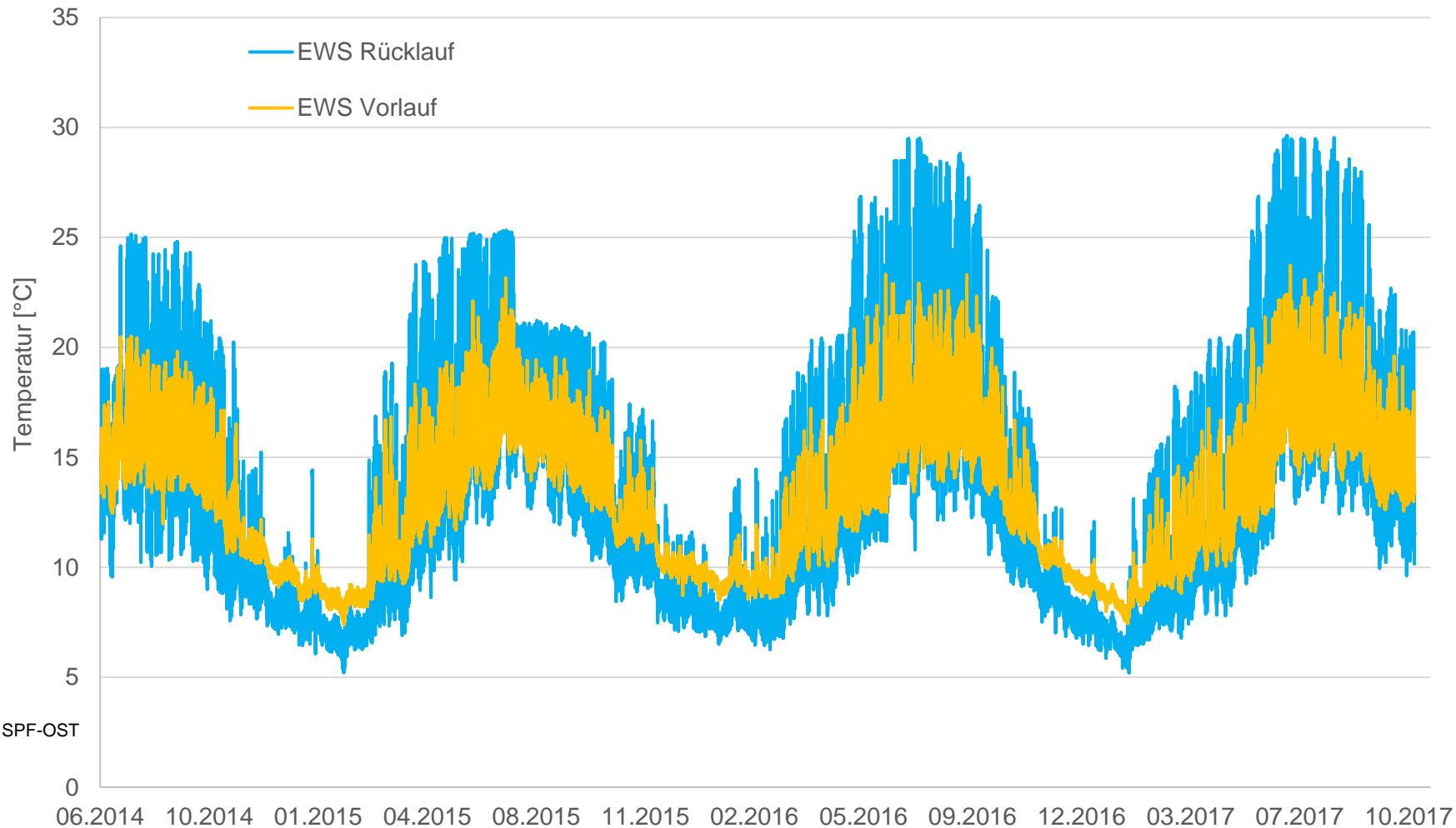
1320 m² PVT-Kollektoren

Erdsonden mit PVT – Beispiel Oberfeld Ostermündigen



Erdsonden mit PVT – Beispiel Oberfeld Ostermundigen

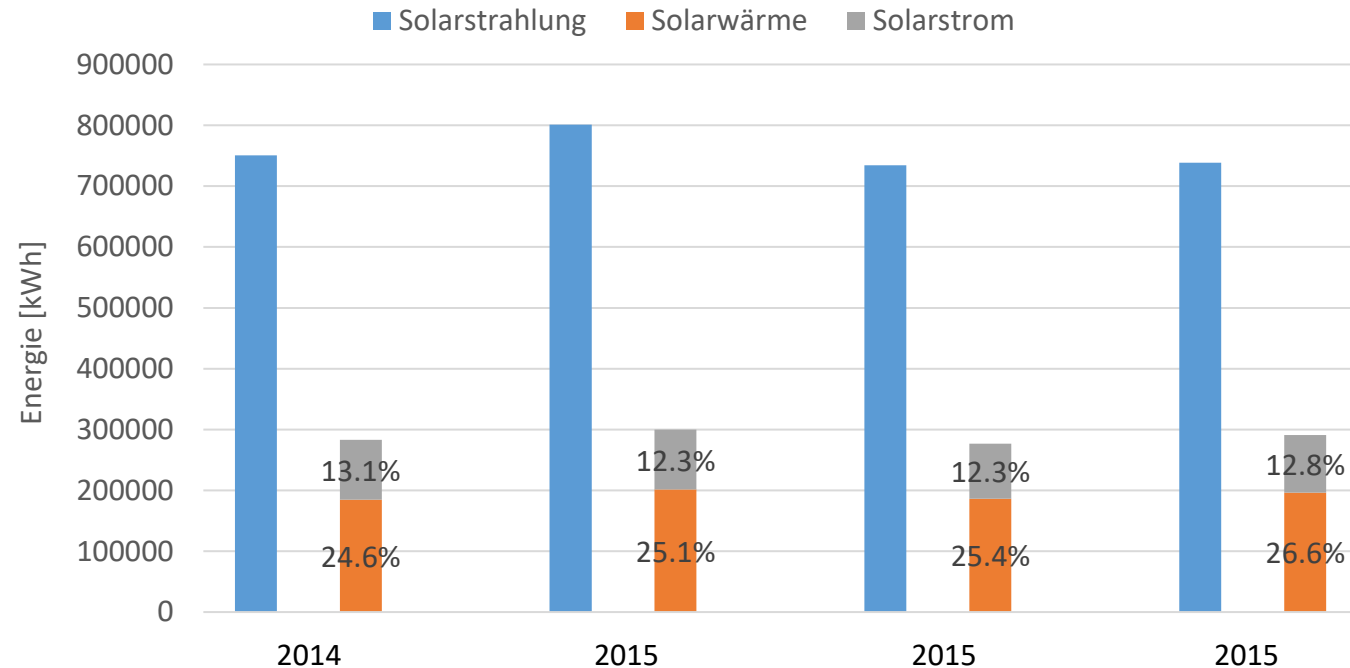
Erdsondentemperaturen VL, RL, Stundenmittel



Jahr	Regenerationsgrad
2014	112 %
2015	120 %
2016	109 %
2017	115 %

- Leicht positive Bilanz des Erdsondenfeldes
- Temperaturen des Sondenfeldes stabil bis steigend

Erdsonden mit PVT – Beispiel Oberfeld Ostermündigen



Jahr ; kWh/m2	Solarstrahlung	Solarwärme	Solarstrom
2014	1211	298	159
2015	1292	325	159
2016	1184	301	146
2017	1191	317	153

Erdsonden mit PVT - Beispiel Reka-Dorf Blatten

Objekt

Reka Feriendorf, 7 MFH, 50 Wohnungen,
Schwimmbad

Wärmeversorgung

31 Erdwärmesonden à 150 m
Zentrale Wärmepumpen
WRG für Schwimmbad und BWW
670 m² PVT-Kollektoren

Ertrag PVT

Thermisch 400 kWh/m²/a
Elektrisch 130 kWh/m²/a
Regenerationsgrad EWS ~ 100 %

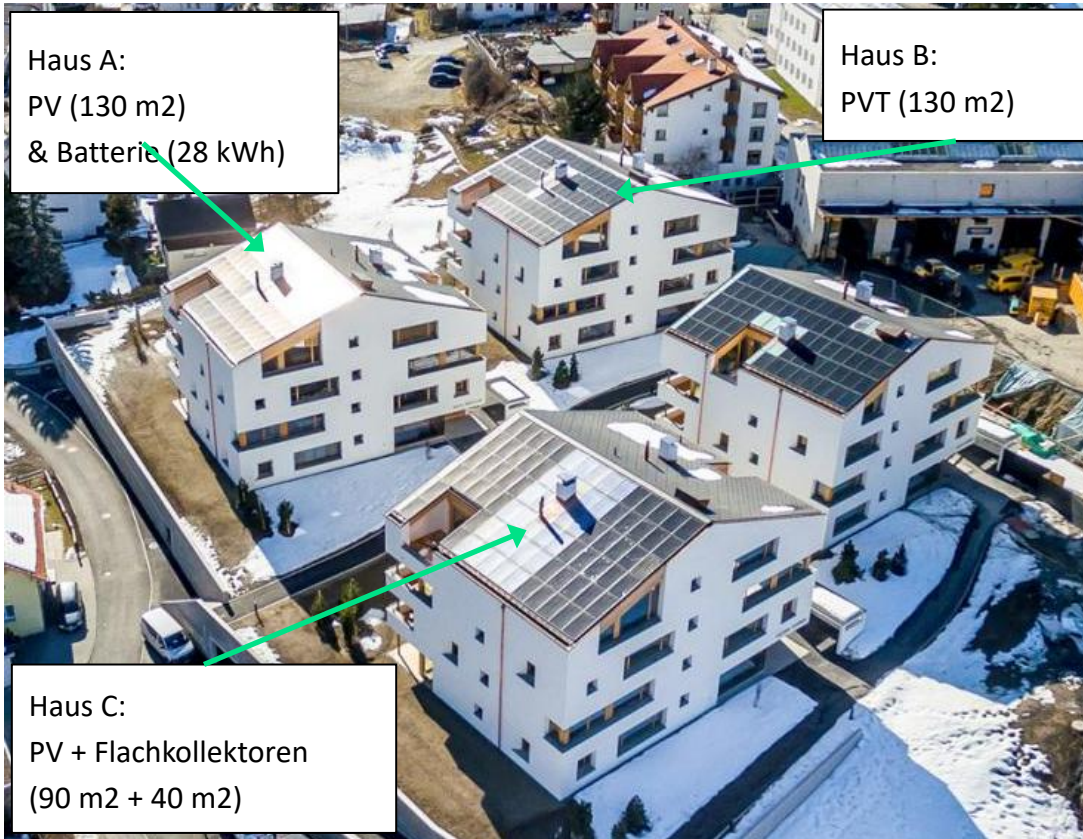
Monitoring

HSLU Luzern



Quelle: Lauber IWISA AG

Erdsonden mit PVT und Solarthermie - Beispiel Sotchà Scuol



- Drei baugleiche Häuser, je 1226 m² Energiebezugsfläche aufgeteilt in 8 Wohnungen
- Jedes Gebäude mit 30 kW Wärmepumpe und je 5 x 170 m Erdsonden
- Solarwärme in Häusern B und C für Erdsondenregeneration, direkte Quelle für die Wärmepumpe, sowie zur Beladung des Pufferspeichers für Warmwasser und Heizung
- Haus A ohne Erdsondenregeneration

Quelle: Fanzun, Caotec, Vassella, SPF-OST

Literaturhinweise

- SIA Norm 384/6 Erdwärmesonden
- RegenOpt – Optionen zur Vermeidung nachbarschaftlicher Beeinflussung von Erdwärmesonden: energetische und ökonomische Analysen, Persdorf et al., 2015, [Link](#)
- Cool2Regen - Aktives Kühlen von Gebäuden mit Wärmepumpen und Erdsonden für hohe Regenerationsgrade, Ruesch et al., 2022, [Link](#)
- PVT Wrap-Up - Energiesysteme mit PhotovoltaischThermischen Solarkollektoren, Zenhäusern et al., 2017, [Link](#)
- P&D Oberfeld – Einbindung von PVT-Kollektoren in erdsondengekoppelte Wärmepumpensysteme, Baggenstos et al., 2020, [Link](#)
- Merkblatt Erdwärmesonden: Entlastung oder Regeneration, Suissetec, 2020, [Link](#)