



# Speicherung von Wärme in Erdwärmesonden

**Arthur Huber** dipl. Masch.-Ing. ETH / SIA  
dipl. Ing. ETH Mitglied SWKI / FEZ



1995 Gründung der Firma Huber Energietechnik

- Geothermische Planungen
- MINERGIE – Planungen HLK
- Programm EWS für Erdwärmesonden
- Programm WKM für Luft – Erdregister
- Bauphysik
- MSR-Planungen und Ausführung

**Huber Energietechnik AG**  
Jupiterstrasse 26  
CH – 8032 Zürich  
[www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

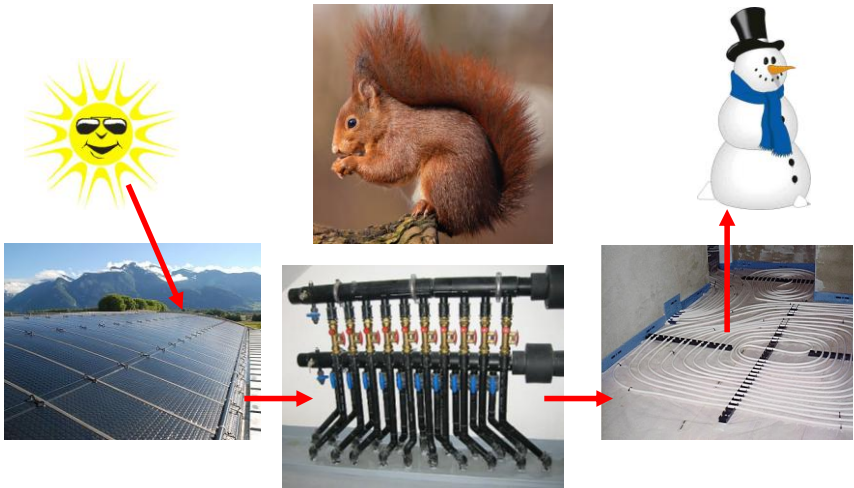
1

### Speicherung von Wärme in Erdwärmesonden

#### Inhalt

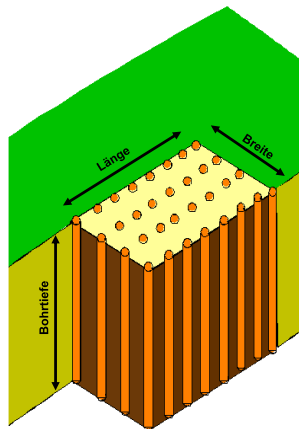
- Grundprinzipien der Saisonspeicherung von Wärme in Erdsonden
- Beispiel 1: Einfamilienhaus mit Erdsonden-Wärmepumpe
- Beispiel 2: Wohnüberbauung mit Erdsonden-Wärmepumpe
- Mögliche hydraulische Einbindung
- Solardächer mit unverglasten Kollektoren

## Eichhörnchenprinzip: Sommerwärme in der Erde speichern



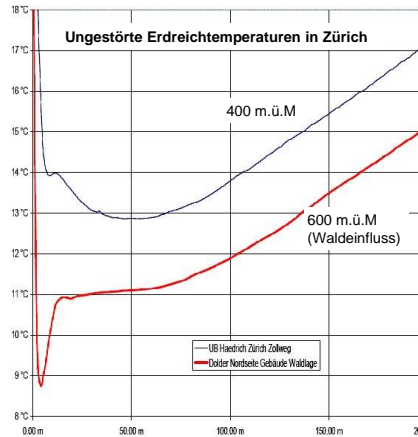
## Saisonspeicherung von Wärme in Sondenfeldern

- Die Effizienz der Wärmespeicherung in Erdwärmesonden hängt vom **Verhältnis** des **Speichervolumens** des Sondenfeldes (Länge x Breite x Bohrtiefe) zur **Oberfläche** des Speichervolumens (= Verlustfläche) ab.
- Je mehr Sonden, um so besser ist das Verhältnis von Speichervolumen zu Oberfläche (d.h. um so geringer die Verluste)
- Einzelsonden haben ein miserables Oberflächen-Volumen-Verhältnis und eignen sich nicht für Jahreszeitenspeicherung



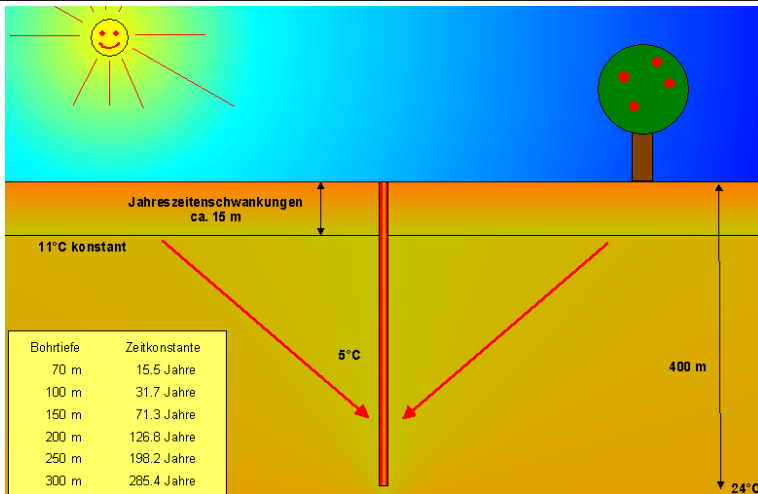
## Saisonspeicherung von Wärme in Sondenfeldern

- Die Effizienz der Wärmespeicherung in Erdwärmesonden hängt auch von der **Temperaturdifferenz vom Speicher zur ungestörten Erdtemperatur** ab. Je kleiner die Temperaturdifferenz, um so geringer die Speicherverluste.
- Jahreszeitenspeicherung in kleineren Sondenfeldern (< 50 Erdsonden) ist nur bei tiefem Temperaturniveau möglich. Eine **optimale Speichertemperatur liegt bei 10 – 20°C**. Damit sind hohe Arbeitszahlen für die Wärmepumpe möglich.
- Tiefentemperaturige Speicher ermöglichen die effiziente Nutzung von Abwärme und unverglasten Sonnenkollektoren mit hohem Wirkungsgrad (geringe Kollektorkosten).

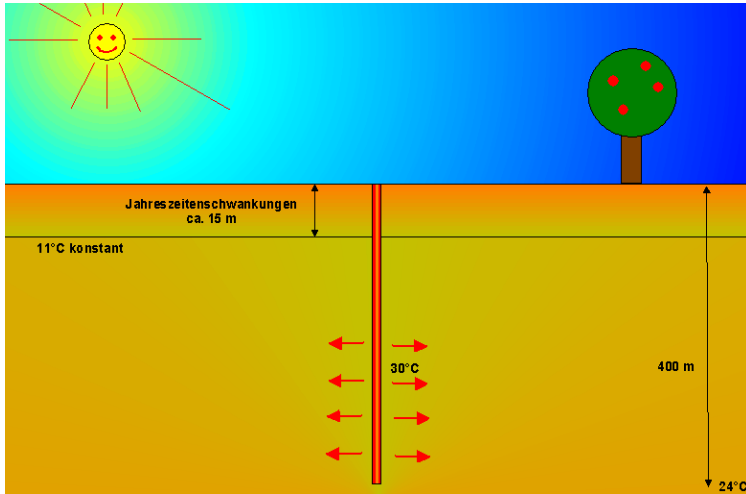


Rohner / Bassetti (2006); Projekt Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS-Feld Hotel Dolder Zürich. BFE.

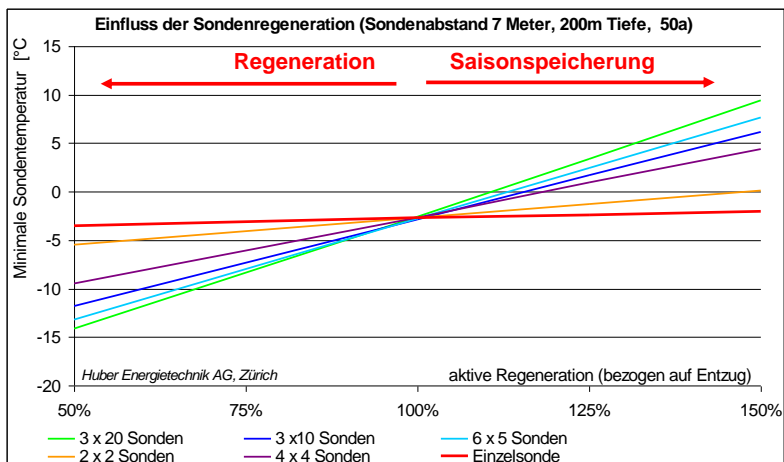
## Passive Regeneration einer tieferen Erdwärmesonde



### Aktive Regeneration einer tieferen Erdwärmesonde



### Sondenregeneration bei Einzelsonden und Sondenfeldern

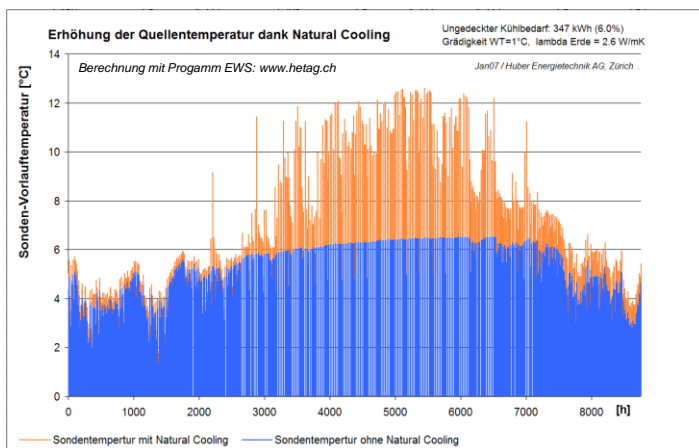


**Beispiel 1: Einfamilienhaus mit Wärmepumpe und einer Erdwärmesonde mit Geocooling**



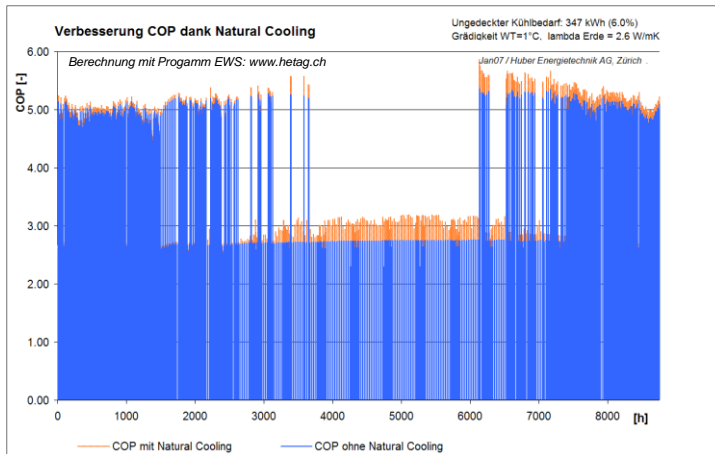
Quelle : Afjei, Th.; Dott, R.; Huber, A. (2007): „Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen“. Schlussbericht. BFE.

**Beispiel 1: Erhöhung Sondentemperatur dank Geocooling (d.h. Kühlung über Fussbodenheizung)**



Quelle : Afjei, Th.; Dott, R.; Huber, A. (2007): „Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen“. Schlussbericht. BFE.

## Beispiel 1: Verbesserung COP dank Geocooling



## Sondenregeneration bei Einzelsonden

- Aktive Sondenregeneration (Wärmeeinspeisung) bei Einzelsonden, z.B. durch Geocooling kann den mittleren COP (Wirkungsgrad der Wärmepumpe) verbessern.
- Eine wesentliche Erhöhung der Sondentemperatur nach 4 Monaten ist durch eine aktive Sondenregeneration oder Wärmeeinspeisung nicht möglich (die Wärme verschwindet ins Erdreich)
- Mit Einzelsonden ist keine Saisonspeicherung von Wärme möglich

## Sondenregeneration bei Einzelsonden

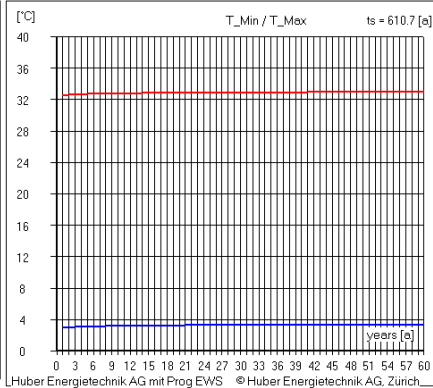
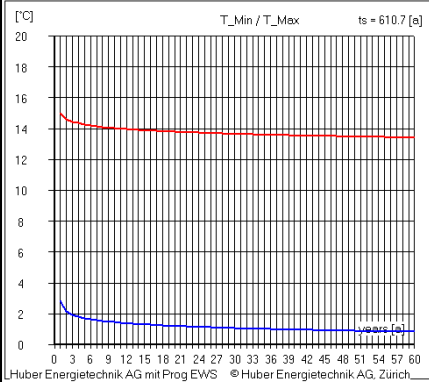
- Aktive Sondenregeneration (Wärmeeinspeisung) bei Einzelsonden, z.B. durch Geocooling kann den mittleren COP (Wirkungsgrad der Wärmepumpe) verbessern.
- Eine wesentliche Erhöhung der Sondentemperatur nach 4 Monaten ist durch eine aktive Sondenregeneration oder Wärmeeinspeisung nicht möglich (die Wärme verschwindet ins Erdreich)
- **Mit Einzelsonden ist keine Saisonspeicherung von Wärme möglich**

## Tiefe Einzelsonden im Städtischen Gebiet



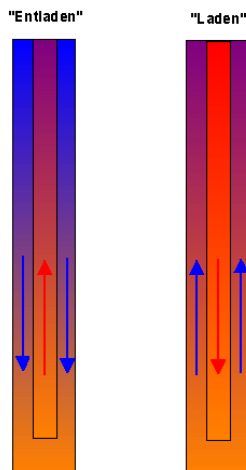
Bild: Heim Bohrtechnik AG

## Regeneration 150% einer 400m Sonde (50mm duplex)



-> Regenerationspotential über 60 Jahre: 2.5 K

## Gegenstromprinzip bei Koaxialsonden

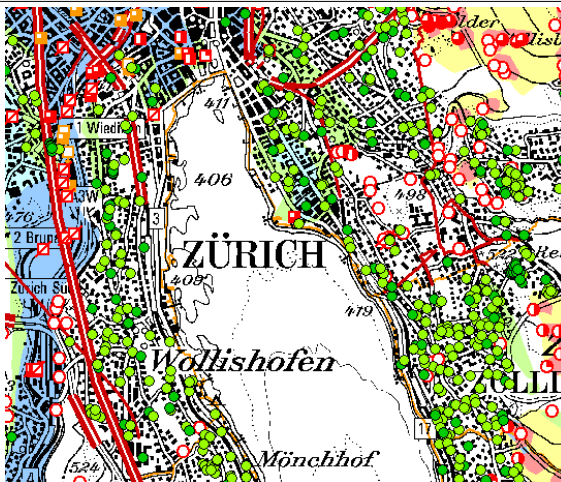


Potential noch ungeklärt

## Aktive Regeneration einer tieferen Erdwärmesonde

- Je tiefer die Sonde, um so grösser das Potential der Regeneration auch von Einzelsonden
- Bei Einzelsonden bleibt das Regenerationspotential trotzdem beschränkt
- Wärmetransport ist immer mit Verlusten verbunden

## Städte sind Sondenfelder



Massgebend für die passive Regenerationsmöglichkeit ist das Verhältnis von Bohrabstand B zu Bohrtiefe H (B/H)

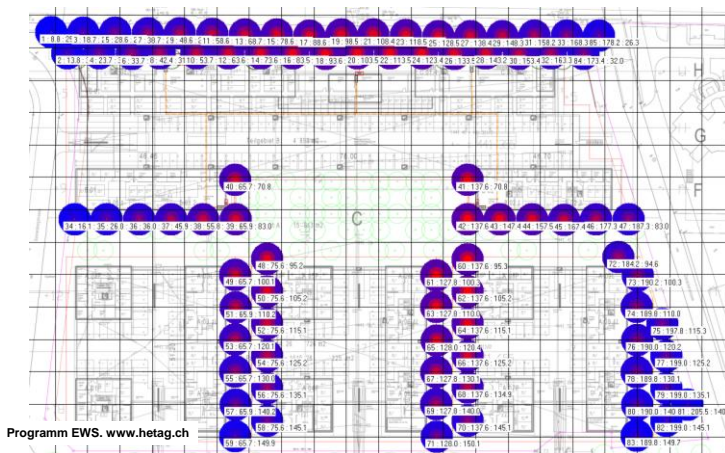
## Beispiel 2: Wohnüberbauung „Im Vieri“, Schwerzenbach



12 Mehrfamilienhäuser mit 188 Mietwohnungen, einer Kindertagesstätte, einem Wohn- und Pflegeheim mit 52 Zimmern und eine öffentliche Cafeteria.

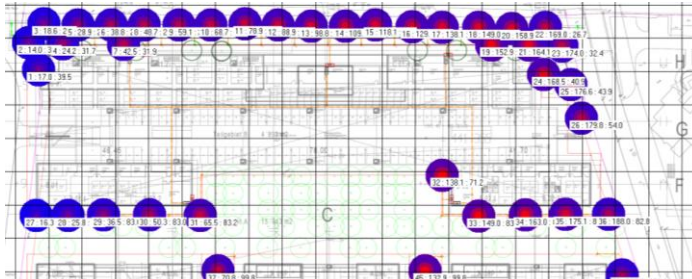
Quelle : Bauart Architekten und Planer AG. www.bauart.ch

## Ohne Regeneration: 85 Erdwärmesonden mit 250m - 310m

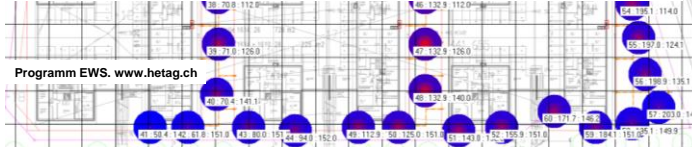


Architektur: Bauart Architekten und Planer AG. HLKS-Planung: RMB Engineering AG

## Regeneration mit Sondenfreecooling (Geocooling) über Fussbodenheizung: 60 Erdwärmesonden mit 245m - 260m



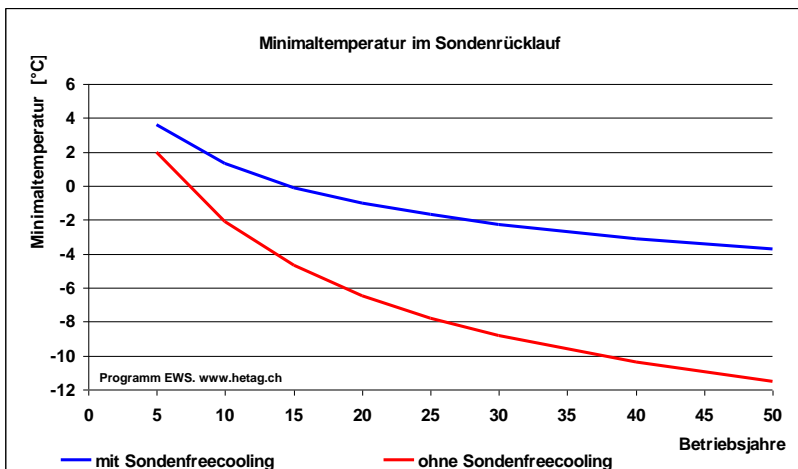
**Dank dem Geocooling können 8500m Sonden gespart werden**



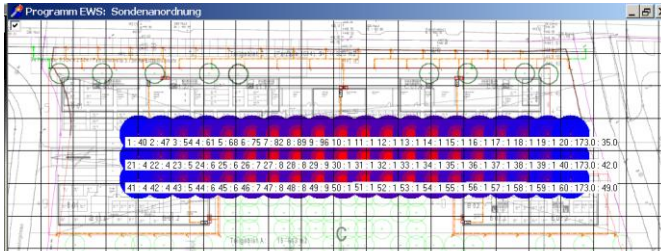
Programm EWS: [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

Architektur: Bauart Architekten und Planer AG. HLKS-Planung: RMB Engineering AG

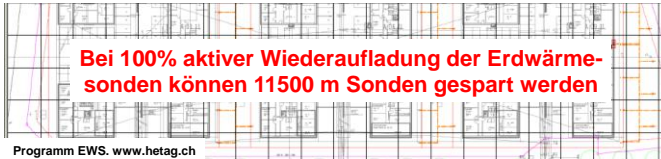
## Vergleich bei 60 Sonden mit und ohne Geocooling



**Mit 100% solarer Regeneration: 60 Erdwärmesonden mit 200m**



**Bei ausgeglichener Energiebilanz der Sonden verhält sich ein Sondenfeld ähnlich wie eine Einzelsonde**

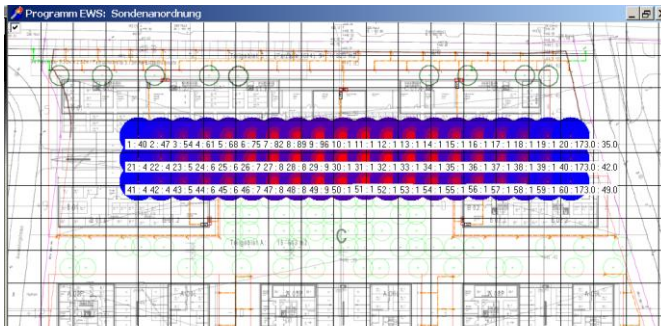


**Bei 100% aktiver Wiederaufladung der Erdwärmesonden können 11500 m Sonden gespart werden**

Programm EWS. [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

Architektur: Bauart Architekten und Planer AG. HLKS-Planung: RMB Engineering AG

**Mit 150% solarer Wiederaufladung:  
Sondentemperaturen von 10° – 20°C (Saisonspeicherung)**



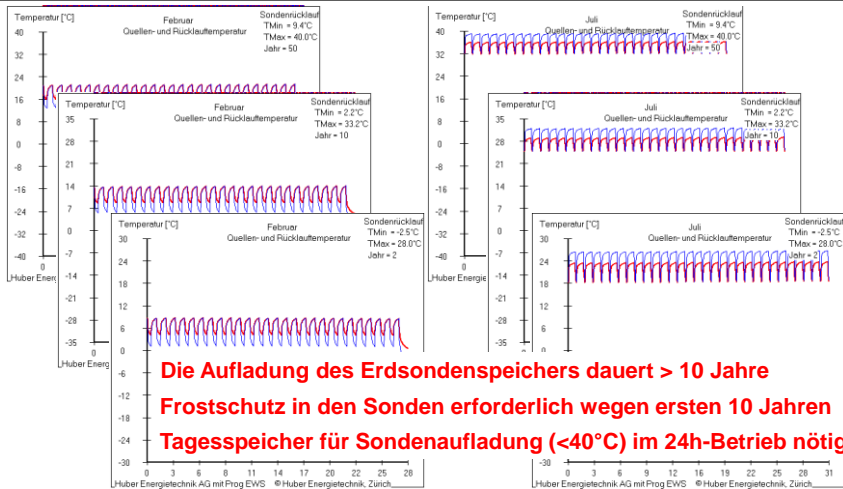
**Bei 150% aktiver Wiederaufladung der Erdwärmesonden können 11'500 m Sonden gespart werden und es können im Winter Sondentemperaturen von 10°C – 20°C realisiert werden**

Programm EWS. [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

Architektur: Bauart Architekten und Planer AG. HLKS-Planung: RMB Engineering AG



## Mit 150% solarer Wiederaufladung: Sondentemperaturen von 10° – 20°C (Saisonspeicherung)

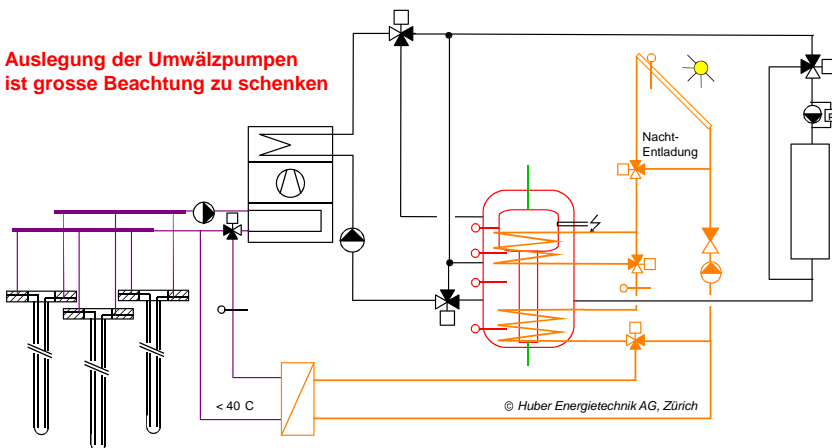


**Die Aufladung des Erdsondenspeichers dauert > 10 Jahre**  
**Frostschutz in den Sonden erforderlich wegen ersten 10 Jahren**  
**Tagesspeicher für Sondaufladung (<40°C) im 24h-Betrieb nötig**



## Mögliche hydraulische Solar-Einbindung (vereinfacht)

**Auslegung der Umwälzpumpen  
ist grosse Beachtung zu schenken**



## Wie sieht die Zukunft aus?

## Wie Sieht die Zukunft aus?

Bild: Naef Energietechnik AG, Zürich

## Schwimmbadkollektor für Sondenregeneration



Bild: Naef Energietechnik AG, Zürich

## Solardach mit unverglasten Sonnenkollektoren



Quelle: Energie Solaire SA, Sierre

## Solardach mit unverglasten Sonnenkollektoren



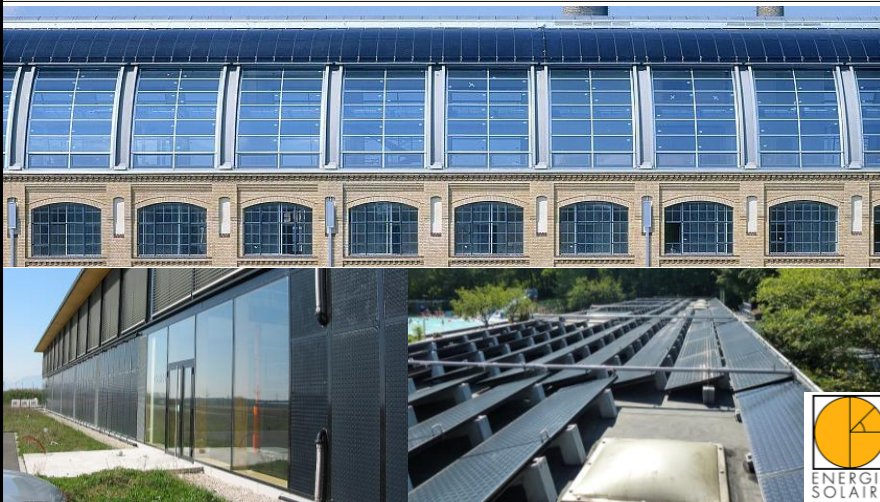
Quelle: Energie Solaire SA, Sierre

## Unverglaste Sonnenkollektoren ersetzen Dachhaut



Quelle: Energie Solaire SA, Sierre

## Unverglastem Sonnenkollektor auf Dach und Fassade



Quelle: Energie Solaire SA, Sierre

## Hybridkollektoren: Wärme und Strom



Foto: ETH Zürich, Professur für Gebäudetechnik, ITA Institut für Technologie in der Architektur

## Hybridkollektoren: Wärme und Strom



Foto: ETH Zürich, Professur für Gebäudetechnik, ITA Institut für Technologie in der Architektur

## Hybridkollektoren: Wärme und Strom

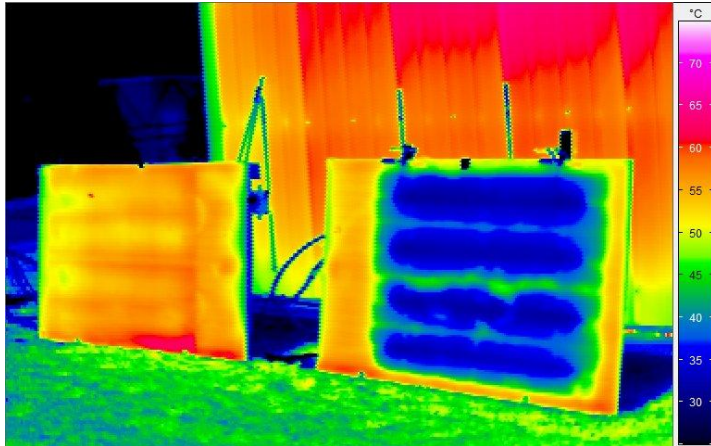


Foto: ETH Zürich, Professur für Gebäudetechnik, ITA Institut für Technologie in der Architektur

## Solarertrag unverglaster Kollektoren (Beispiel Energie Solair Solar Roof AS)

### Einstrahlung in die Kollektorebene

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Globalstrahlung	27	45	83.5	114	148	155	171	144	99.7	58.8	26.9	20.6	1094 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung	19.3	30	52.1	71.3	91.6	88.3	96.4	66.5	58.1	37.6	19.3	14.9	645.4 kWh/m <sup>2</sup>

### Kollektorertrag bei fester mittlerer Kollektortemperatur (T<sub>m</sub>) in [kWh/m<sup>2</sup>]

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
BWE T <sub>m</sub> = 10°C	11.6	25	66.4	107	159	180	217	187	122	63.2	16.4	7.7	1162 kWh/m <sup>2</sup>
BWE T <sub>m</sub> = 20°C	3.6	12.2	42.3	77	118	136	164	136	80.4	33.4	6.4	1.5	810.8 kWh/m <sup>2</sup>
BWE T <sub>m</sub> = 30°C	0.8	4.6	23.8	51.8	85.5	102	126	104	54	17.8	1.8	0.2	573 kWh/m <sup>2</sup>
BWE T <sub>m</sub> = 40°C	0.1	0.7	10.8	31.4	57.3	73.8	92.6	77	33	7.7	0.4	0	384.7 kWh/m <sup>2</sup>
BWE T <sub>m</sub> = 50°C	0	0	3.9	15.8	34.4	49.6	62.9	52.9	17.5	2.1	0	0	239.1 kWh/m <sup>2</sup>
BWE T <sub>m</sub> = 60°C	0	0	0.8	6.4	16.7	29.1	37.6	32.8	7.2	0.3	0	0	130.9 kWh/m <sup>2</sup>
BWE T <sub>m</sub> = 80°C	0	0	0	0	0.7	4.1	5.5	5.8	0	0	0	0	16.2 kWh/m <sup>2</sup>
BWE T <sub>m</sub> = 100°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh/m <sup>2</sup>

**350 – 400 kWh/m<sup>2</sup> Solarertrag sind realisierbar dank tiefen Betriebstemperaturen**

## Beispiel 2: Dachfläche reicht für 150% solare Rückspeisung



**Dachfläche: ca. 6'000 m<sup>2</sup>, davon nutzbar ca. 4'800 m<sup>2</sup>**

**Heizwärmebedarf: 700 MWh/a  
Wärmebedarf WW: 730 MWh/a**

**Deckung WW solar: ca. 300 MWh/a (Deckung 40%)  
Deckung Wärmepumpe: 1'130 MWh/a  
Entzug Erdsonden: 940 MWh/a (JAZ  $\geq$  6.0, inkl. Sondenpumpen)  
Solare Wärme-Einspeisung: 1'410 MWh/a  
Solare Wärmeproduktion: 0.35 MWh/m<sup>2</sup> \* 4'800 m<sup>2</sup> = 1'700 MWh/a**

12 Mehrfamilienhäuser mit 188 Mietwohnungen, einer Kindertagesstätte, einem Wohn- und Pflegeheim mit 52 Zimmern und eine öffentliche Cafeteria.

Quelle : Bauart Architekten und Planer AG. www.bauart.ch

## Solare Wärmespeicherung in Erdwärmesonden

- Saisonale Wärmespeicherung in Erdwärmesonden ist möglich bei einer **minimalen Grösse** des Sondenfeldes
- **Einzelsonden** sind für Wärmespeicherung **ungeeignet**
- Die optimale **Speichertemperatur** liegt im Bereich der natürlichen Erdreichtemperatur, also **10 – 20°C** (= minimale Speicherverluste). Einspeisung maximal 40°C.
- Um die optimale Speichertemperatur zu erreichen ist eine **Aufladung** des Speicher über **mehrere Jahre** nötig und es muss zwingend mehr Wärme eingespeichert werden, als wieder entzogen wird
- Begrenzende Faktoren sind die **verfügbare Flächen auf Dach** und Fassade für Sonnenkollektoren und die maximal erlaubte Sondentemperatur für Einspeisung.
- Ohne eine **sehr gute Wärmedämmung** der Gebäude und kompakte Bauweise ist das vorgestellte Konzept nicht umsetzbar (cf. begrenzende Faktoren)
- Saisonspeicherung in Erdwärmesonden ist heute sehr gut berechenbar (z. B. Programm EWS und Programm Polysun)
- Ungenutzte Dachflächen werden bald der Vergangenheit angehören