

## Solare Regeneration von Erdwärmesondenfeldern



**Arthur Huber**  
dipl. Ing. ETH

dipl. Masch.-Ing. ETH / SIA  
Mitglied SWKI / FEZ



- 1995 Gründung der Firma Huber Energietechnik
- Geothermische Planungen
- Programm EWS für Erdwärmesonden
- Programm WKM für Luft – Erdregister
- Planungen HLK (Geothermie / MINERGIE)
- Bauphysik
- MSR-Planungen und Ausführung

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

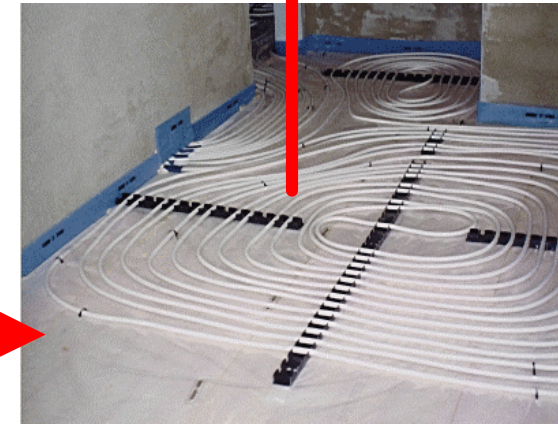
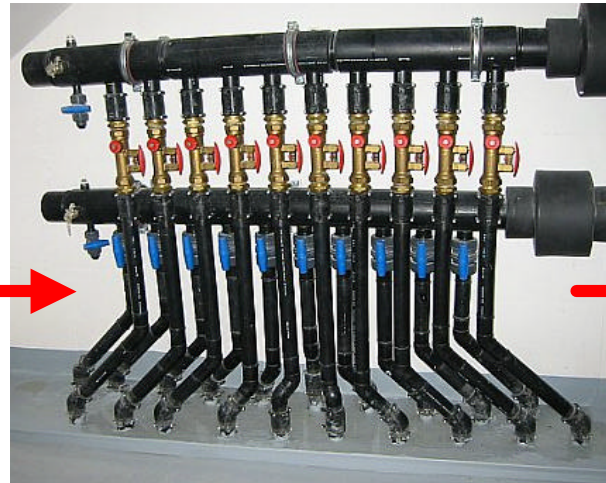
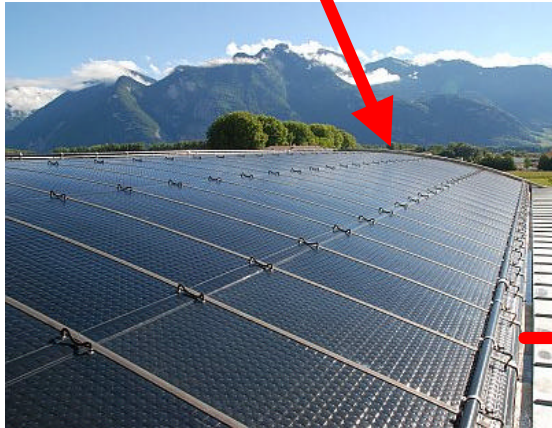


# Speicherung von Wärme in Erdwärmesonden

## Inhalt

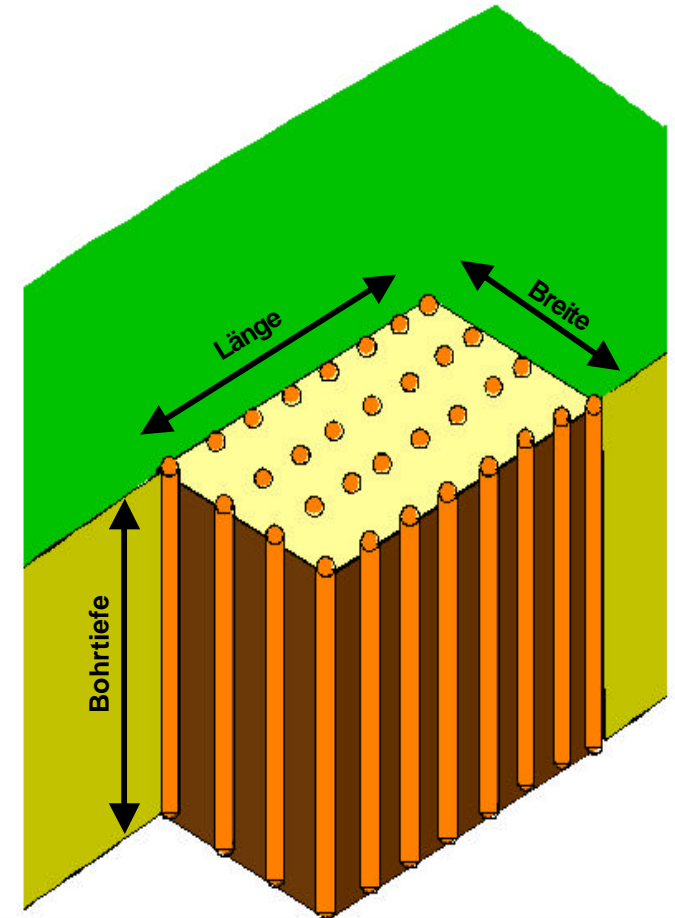
- Grundprinzipien der Saisonspeicherung von Wärme in Erdsonden
- Beispiel: Wohnüberbauung mit Erdsonden-Wärmepumpe
- Mögliche hydraulische Einbindung
- Erfassung der Sondenfelder im Programm EWS
- Solardächer mit unverglasten Kollektoren

# Eichhörnchenprinzip: Sommerwärme in der Erde speichern



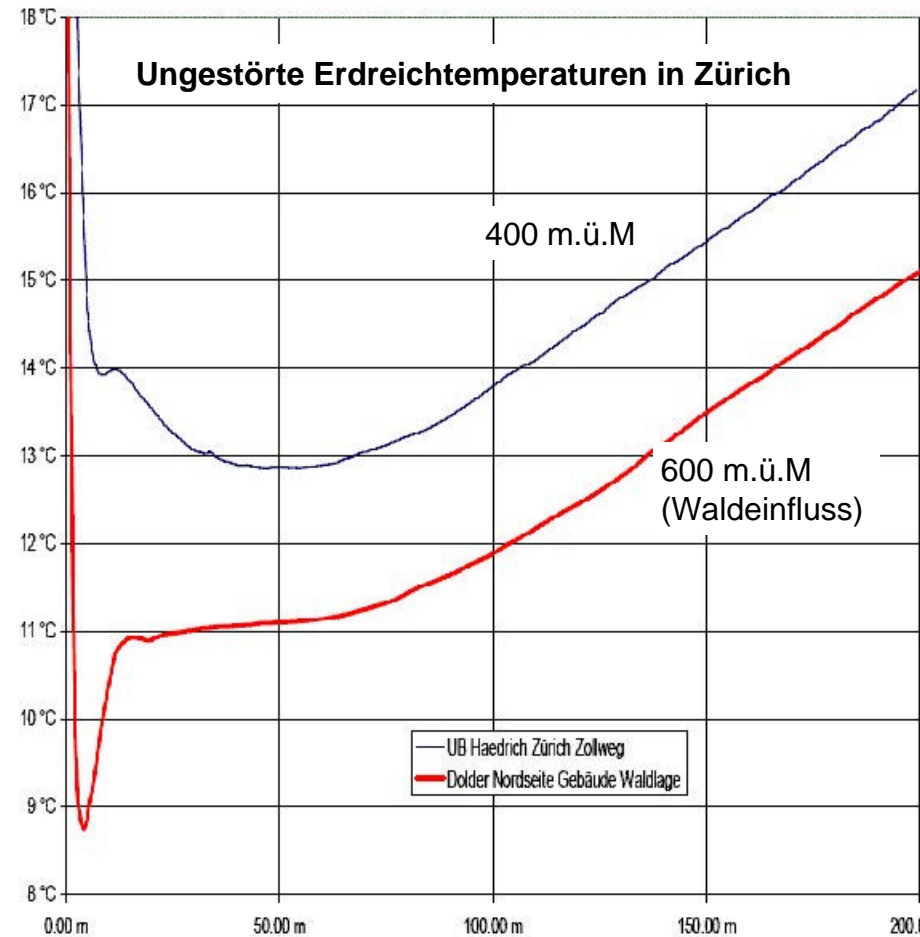
## Saisonspeicherung von Wärme in Sondenfeldern

- 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 Jahreszeitspeicherung



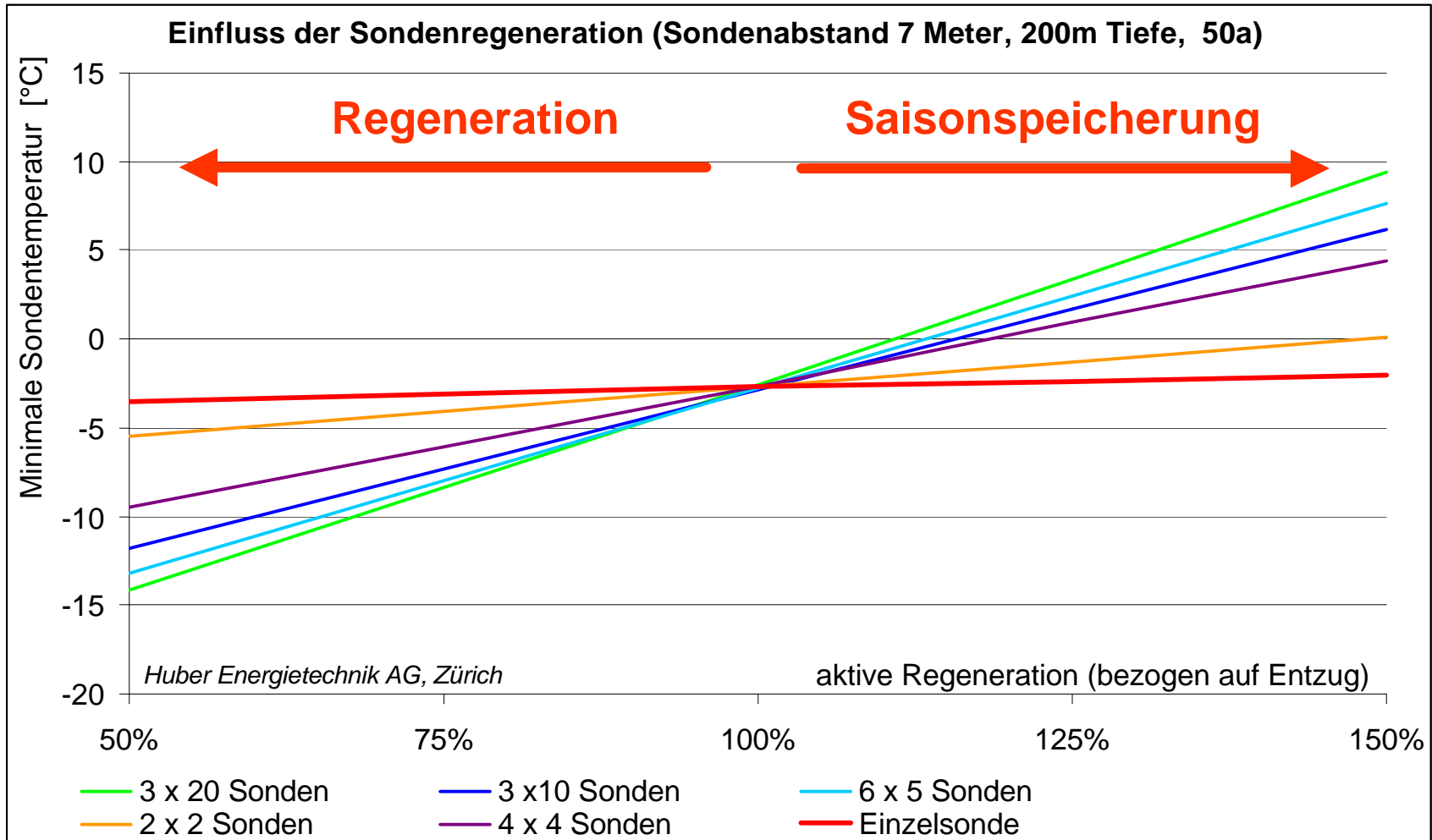
## Saisonspeicherung von Wärme in Sondenfeldern

- 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.
- Tieftemperaturige 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.

# Sondenregeneration bei Einzelsonden und Sondenfeldern



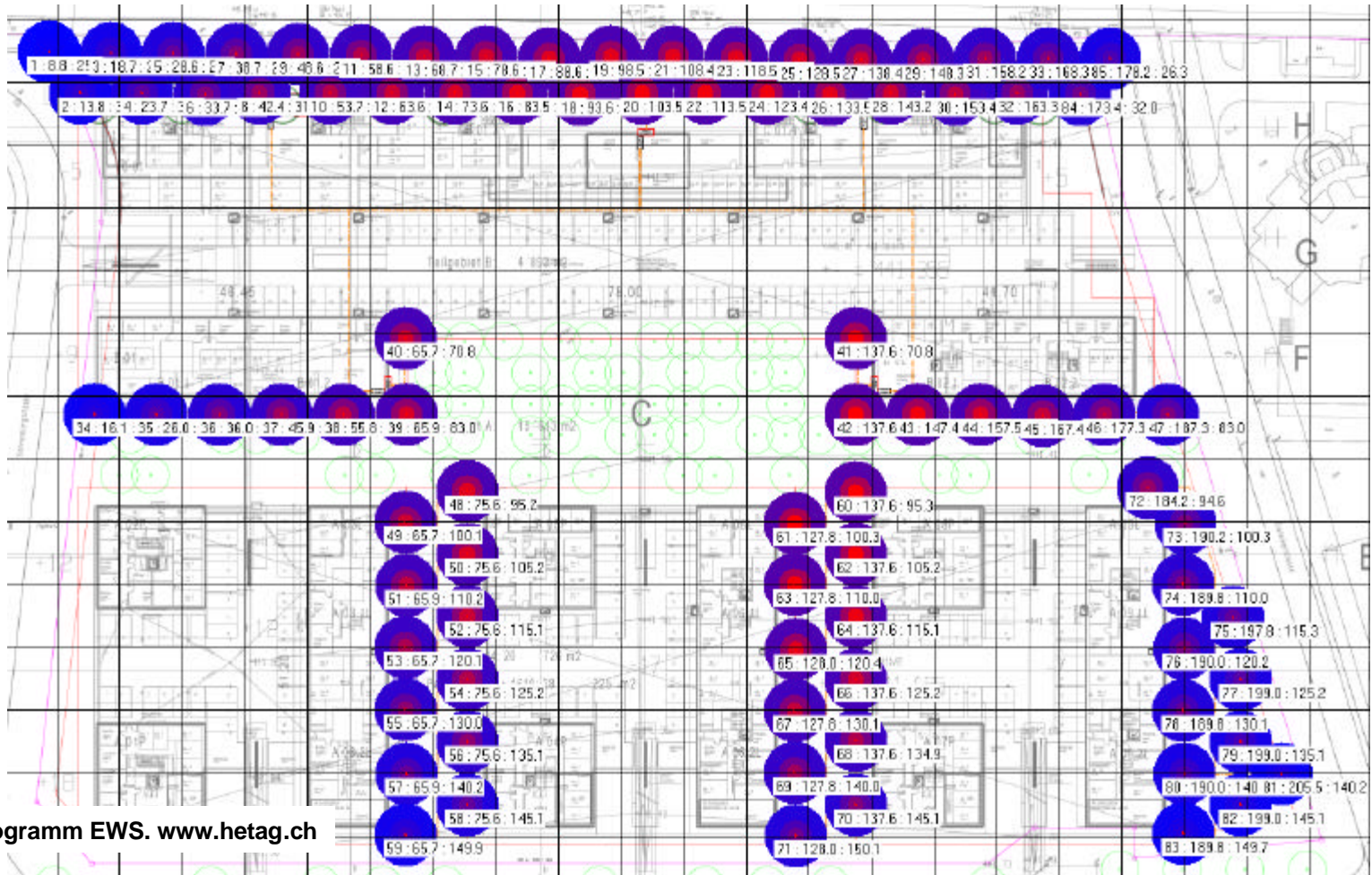
# Beispiel: Wohnüberbauung „Im Vieri“, Schwerzenbach



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](http://www.bauart.ch)

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

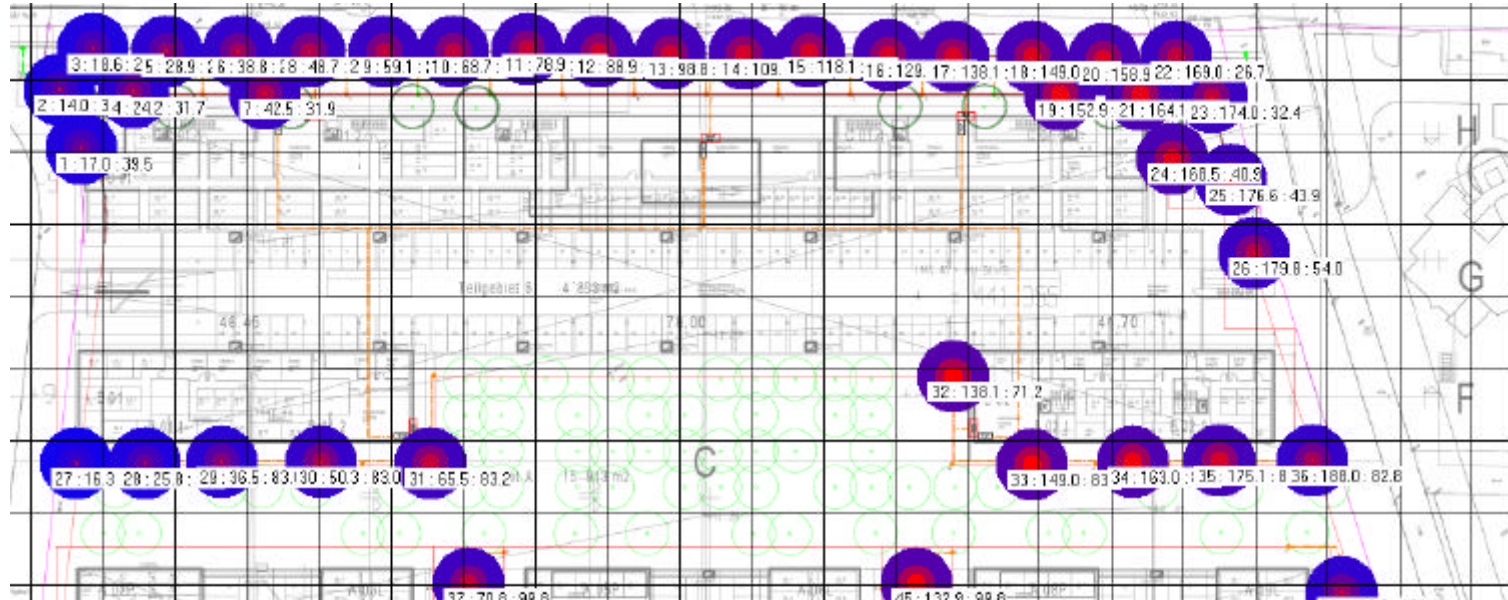


Programm EWS. [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

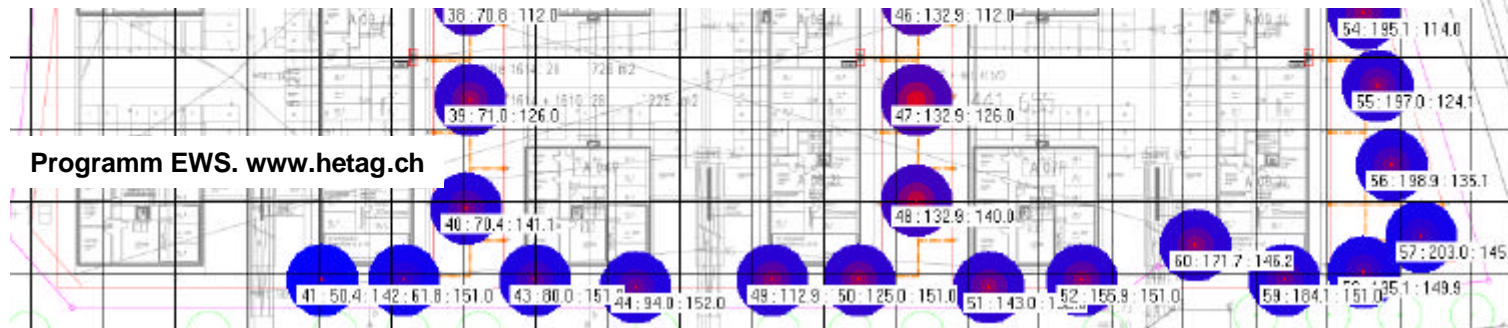
Architektur: Bauart Architekten und Planer AG. HLKS-Planung: RMB Engineering AG



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



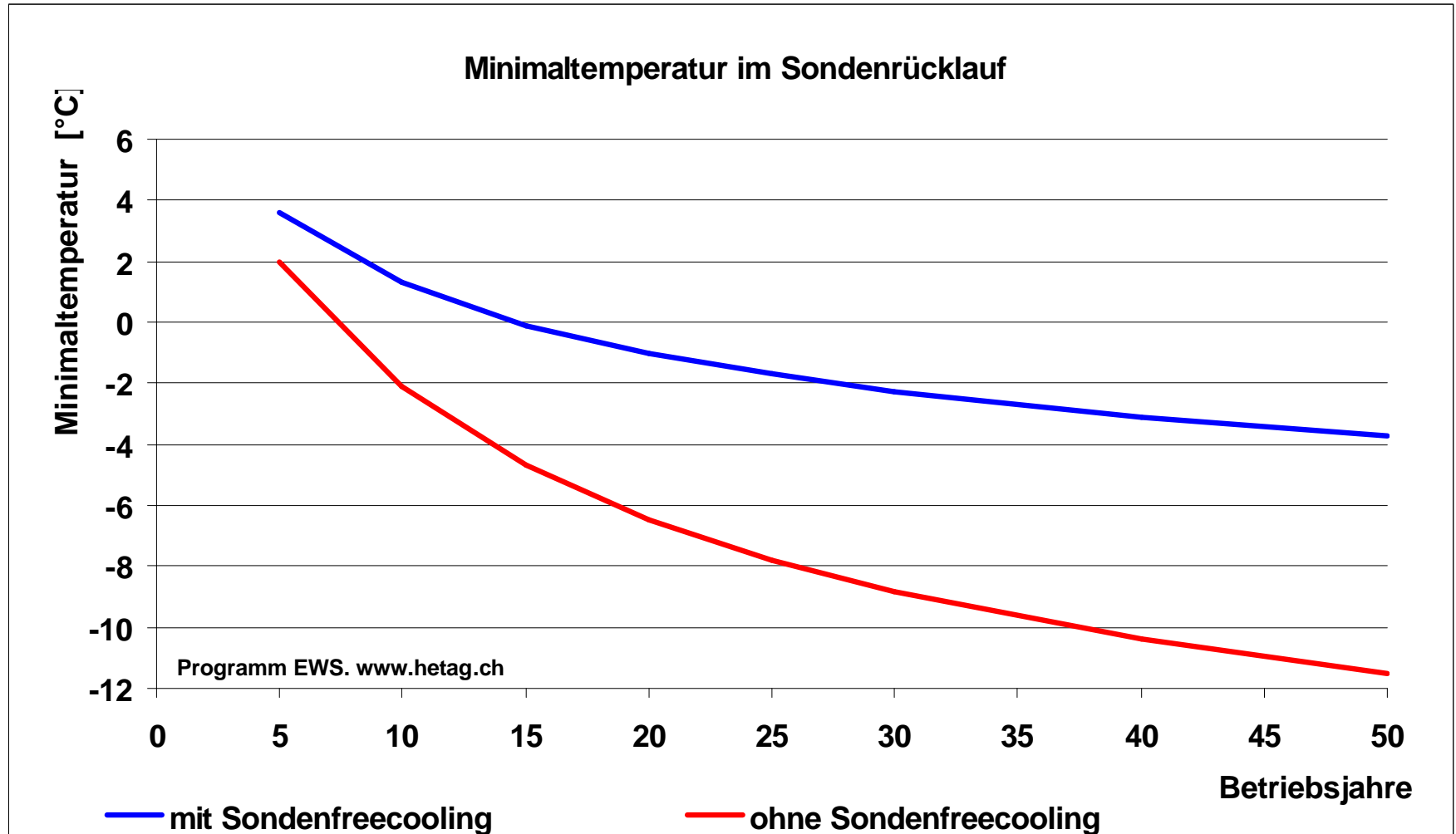
**Dank dem Geocooling können 8500m Sonden gespart werden**



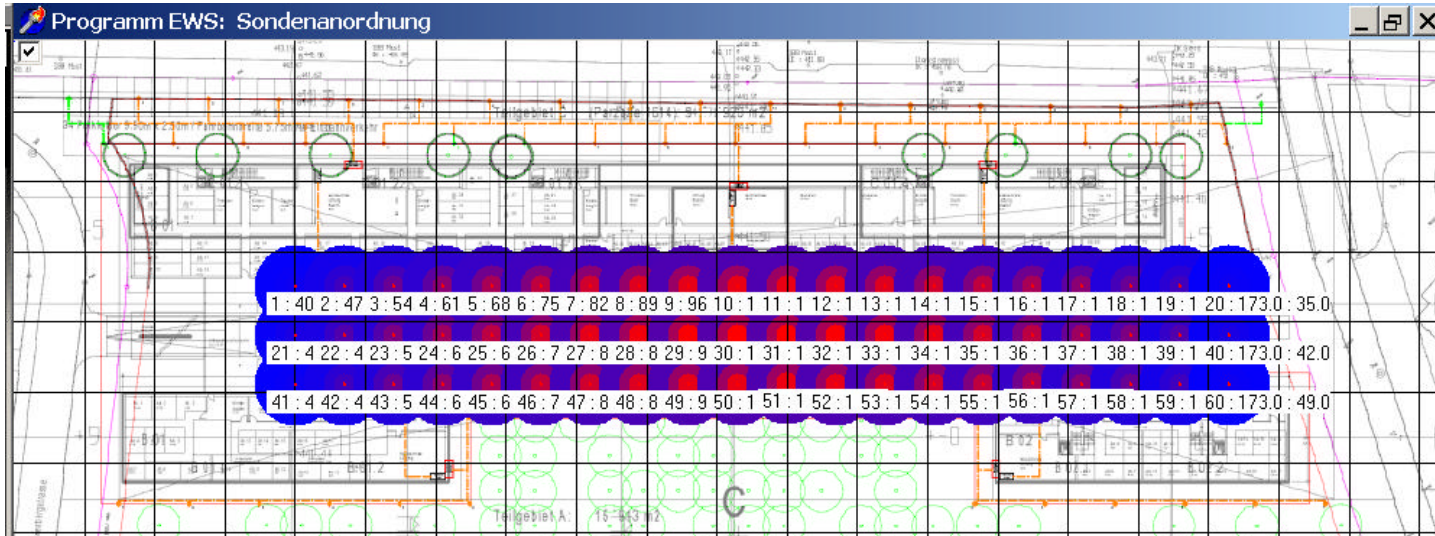
Programm EWS. [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

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

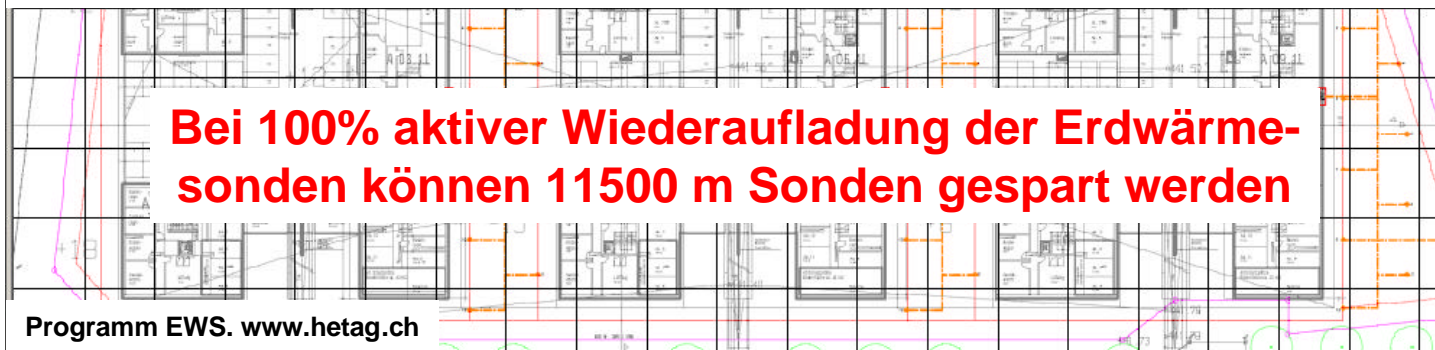
# Vergleich bei 60 Sonden mit und ohne Geocooling



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



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

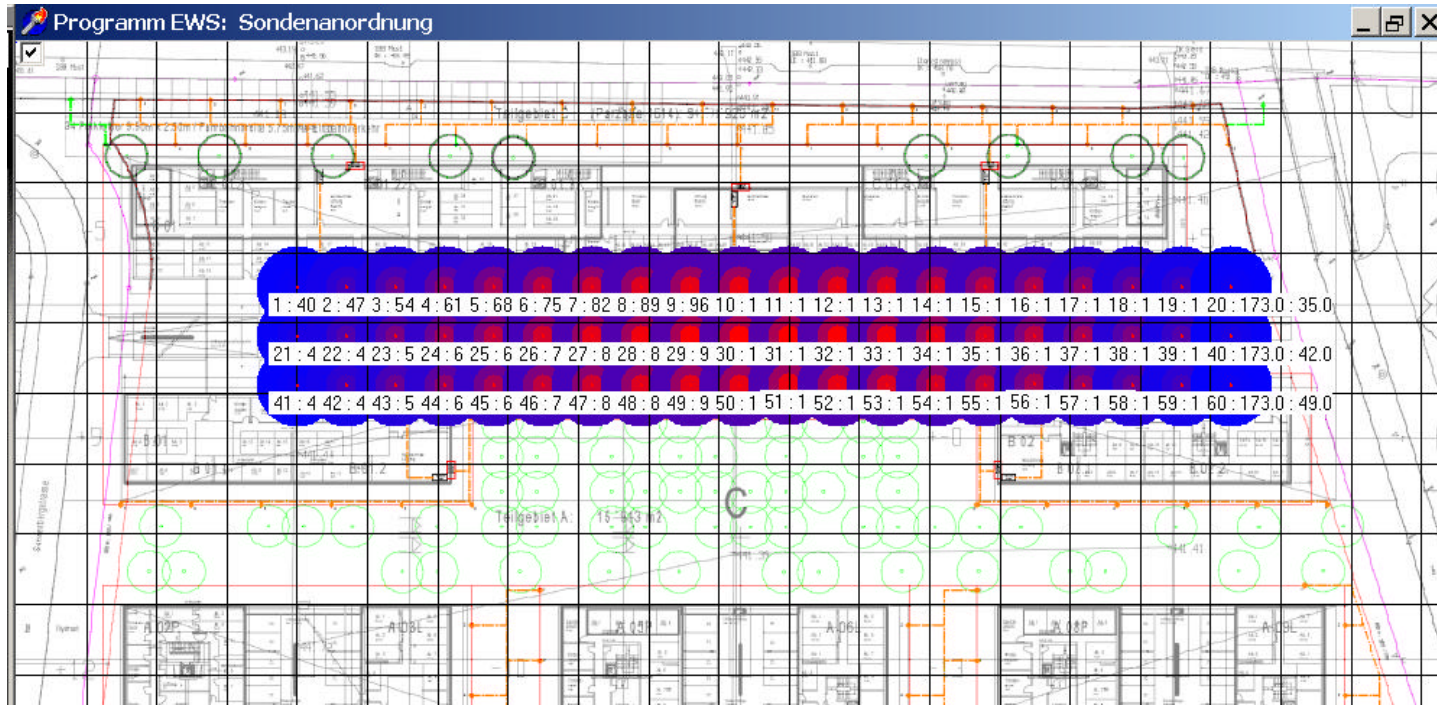


**Bei 100% aktiver Wiederaufladung der Erdwärmesonden können 11500 m Sonden gespart werden**

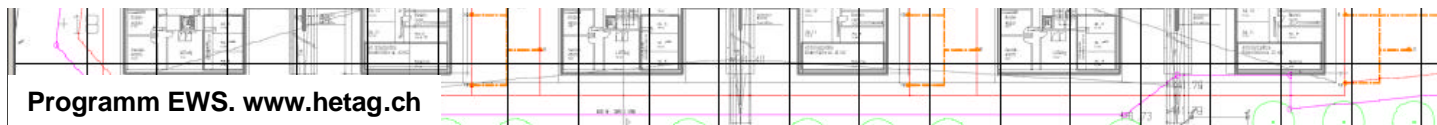
Programm EWS. [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

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

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



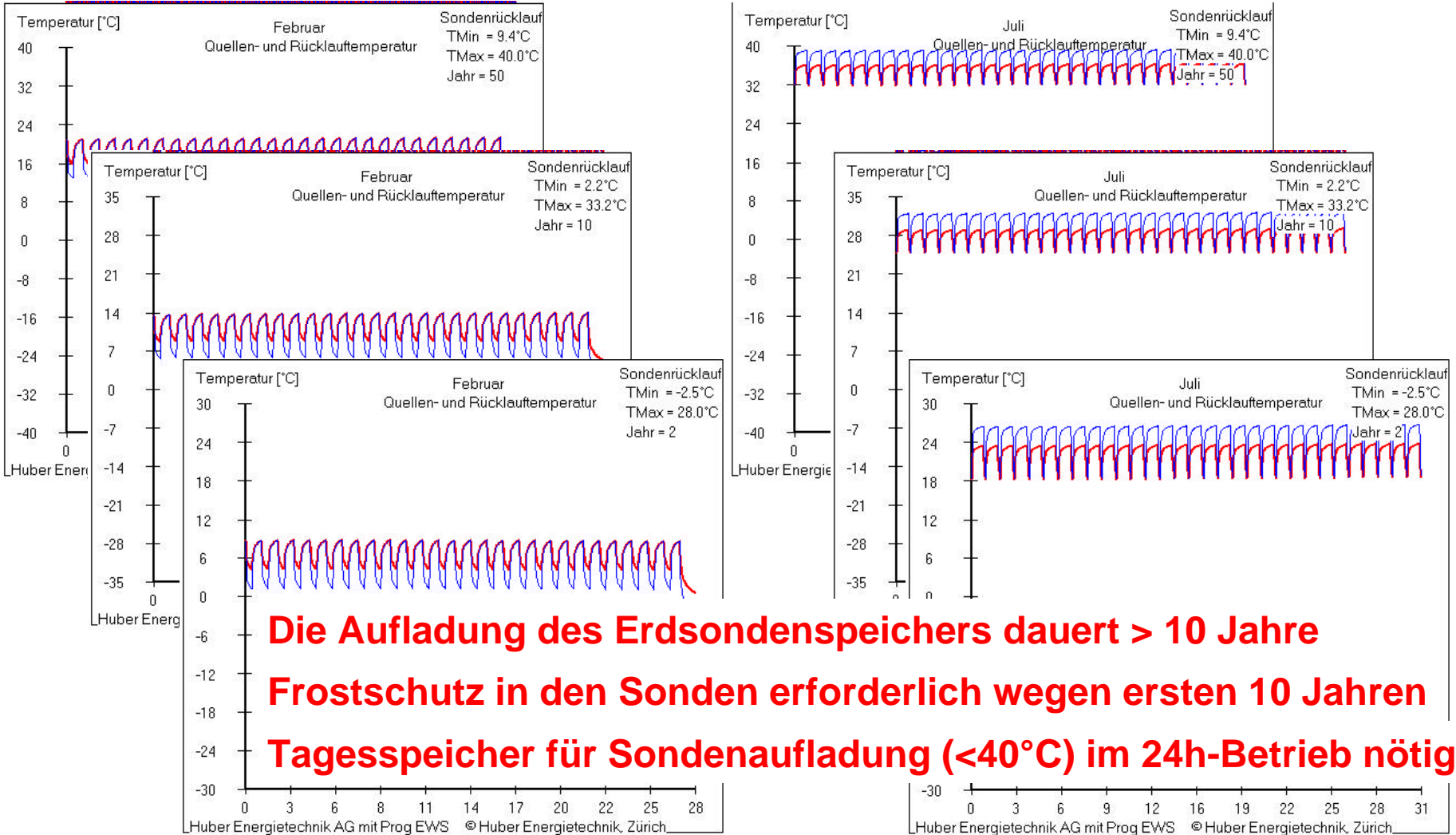
**Bei 150% aktiver Wiederaufladung der Erdwärmesonden können 11'500 m Sonden gespart werden und es können im Winter Sondentemperaturen von 10°C – 20°C realisiert werden**



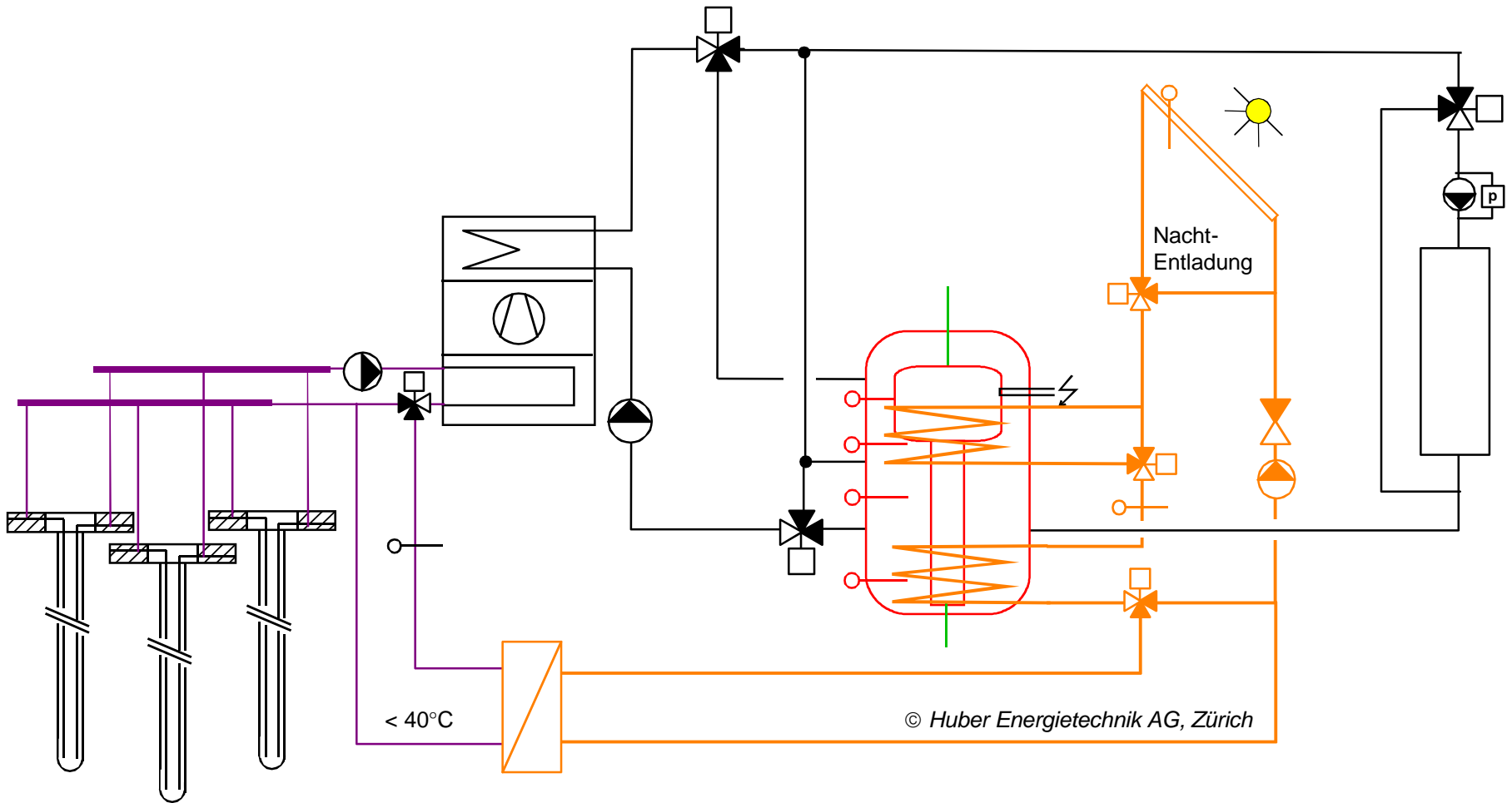
Programm EWS. [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)

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

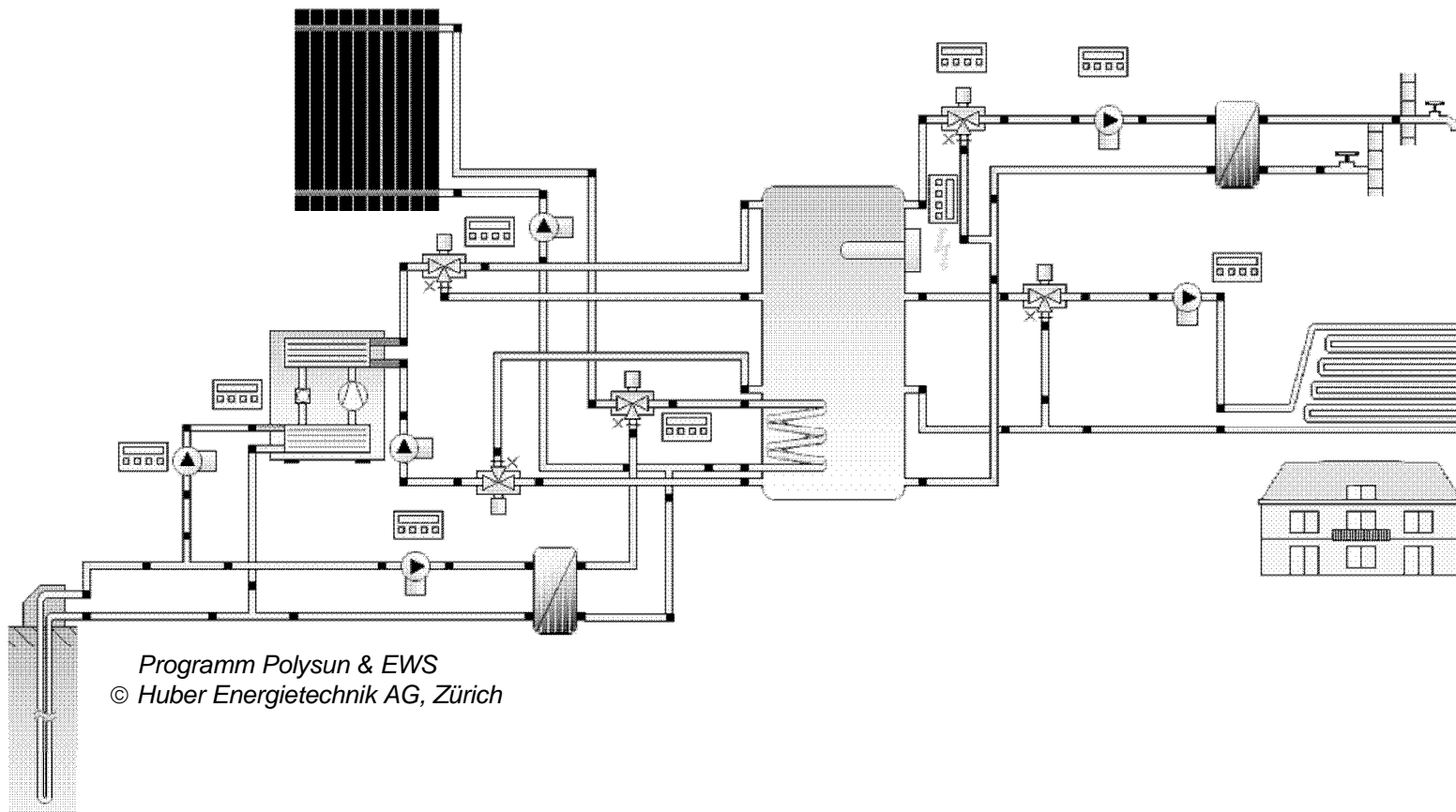
**Mit 150% solarer Wiederaufladung:  
Sondentemperaturen von 10° – 20°C (Saisonspeicherung)**



# Mögliche hydraulische Solar-Einbindung 1 (vereinfacht)

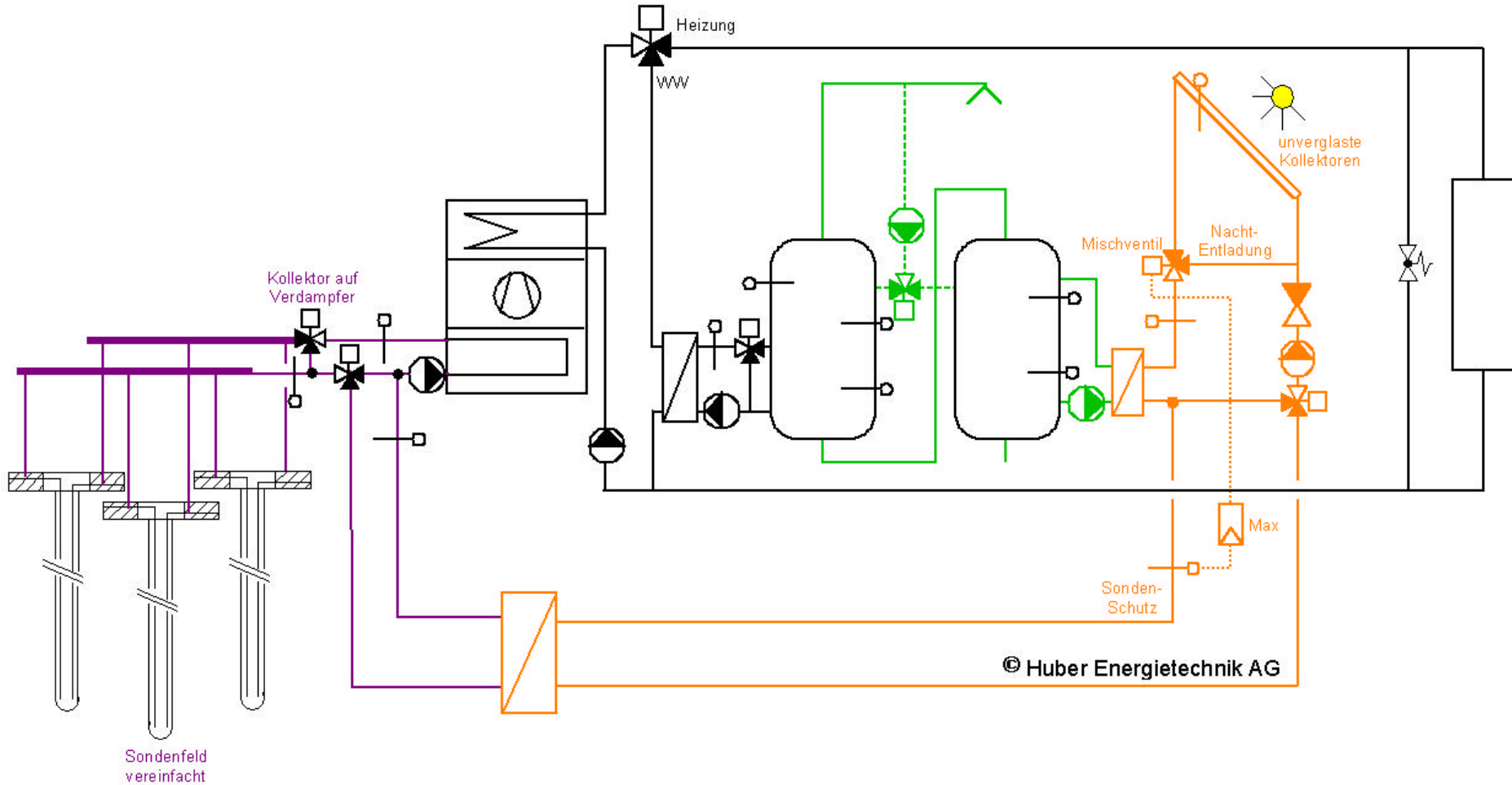


# Mögliche hydraulische Solar-Einbindung 1 (vereinfacht)



Programm Polysun & EWS  
 © Huber Energietechnik AG, Zürich

# Mögliche hydraulische Solar-Einbindung 2 (vereinfacht)



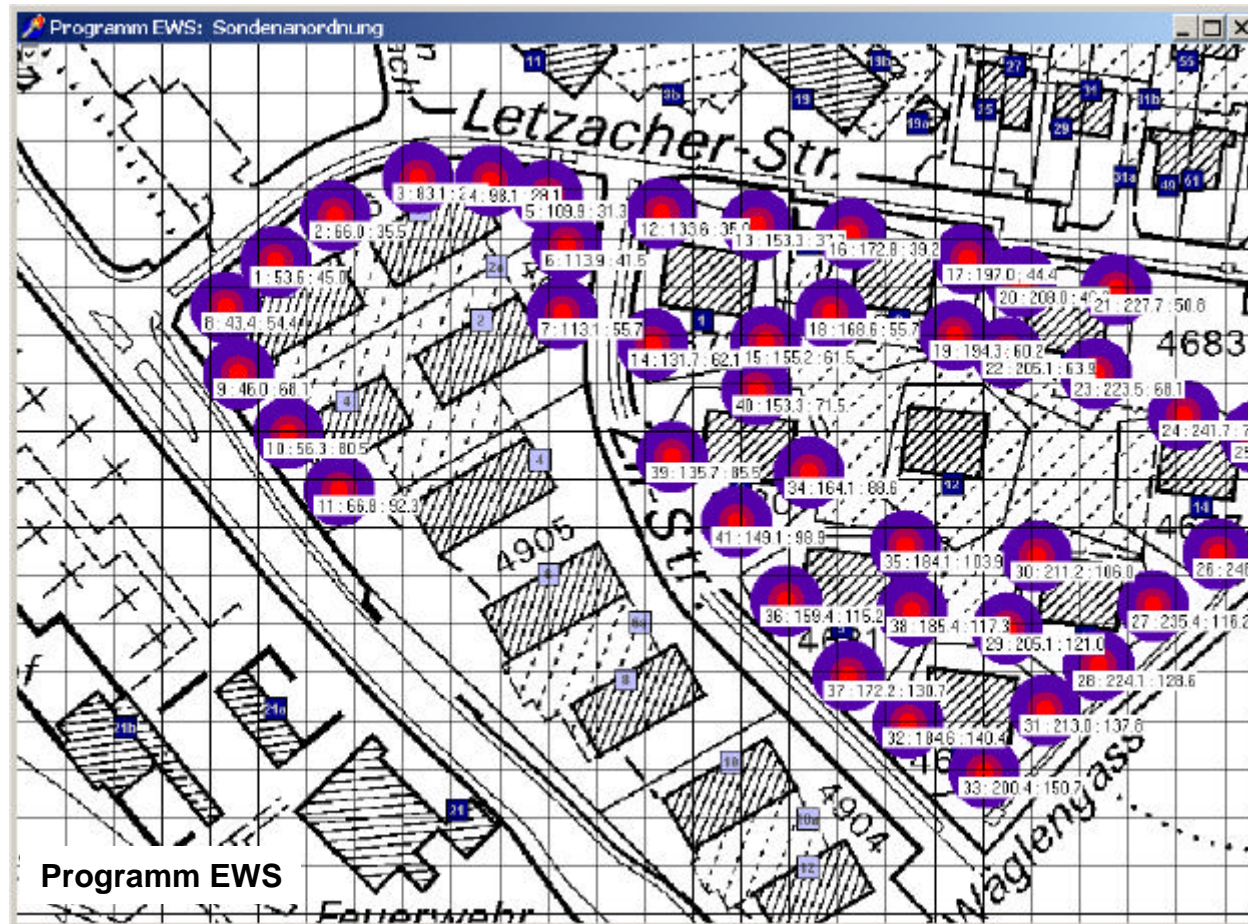


# Grundsätze zur hydraulische Solar-Einbindung

## Merksätze:

- Einfachheit anstreben
- Unverglaste Kollektoren ermöglichen einfache Schaltungen
- Unverglaste Kollektoren können überdimensioniert werden
- Unverglaste Kollektoren können unter Aussentemperaturen abgekühlt werden
- In der Regel Verzicht auf Heizungsunterstützung
- Erdsonden vor zu hohen Temperaturen schützen ( $<35^{\circ}\text{C}$ )
- Nachtentladung Vorboiler über Sonden vorsehen
- Direktnutzung Solarwärme immer in 1. Priorität
- Kollektorkreis und Sondenkreis hydraulisch trennen
- Frischwasserstationen verringern Solarertrag (hohe Rücklauftemperaturen)

## Erfassen der Sondenfelder im Programm EWS



Die Erdsonden können im Programm EWS direkt auf dem Bildschirm auf einer Planhinterlage erfasst werden und dann optional ins Programm Polysun exportiert werden!

# Erfassen solarer Regeneration in Programm EWS

**Eingabedaten EWS**

Datei Eingaben Import Ausgabe Fenster Info Beispiel

Sonden Sole Erde Lastprofil Info

**Eingaben**

Berechnung

Öffnen

Speichern

Resultate

Schliessen

**Neues Lastprofil mit den folgenden Werten erzeugen?** (bei 'nein' werden die Daten aus dem Eingabefile übernommen)  Ja  Nein

Heizenergie ohne WW/Bandlast	<input type="text" value="701400"/> [kWh]	COP bei Volllast	<input type="text" value="4.64"/>	Heizleistung Volllast	<input type="text" value="872.0"/> [kW]
Heizenergie Warmwasser	<input type="text" value="734000"/> [kWh]	COP Warmwasser	<input type="text" value="3.00"/>	Heizleistung WW	<input type="text" value="666.0"/> [kW]
Bandlast Heizenergie	<input type="text" value="0"/> [kWh]	COP Heizfall	<input type="text" value="4.90"/>	Heizleistung Teillast	<input type="text" value="580.0"/> [kW]
Kühlenergie ohne Bandlast	<input type="text" value="400000"/> [kWh]	EER im Kühlfall	<input type="text" value="100000."/>	Kühlleistung	<input type="text" value="354.0"/> [kW]
Bandlast Kühlenergie	<input type="text" value="0"/> [kWh]				
Dauerbetrieb Ende Februar	<input type="text" value="2"/> [Tage]	Simulationsdauer [Jahre]	<input type="text" value="50"/>	Maximal 60 Jahre	

**Monatliche Heiz- und Kühlenergie (ohne Warmwasser, immer positives Vorzeichen):**

	Heizenergie	Kühlenergie		Heizenergie	Kühlenergie
im Januar	<input type="text" value="130000"/> [kWh]	<input type="text" value="0"/> [kWh]	im Juli	<input type="text" value="0"/> [kWh]	<input type="text" value="140000"/> [kWh]
im Februar	<input type="text" value="105000"/> [kWh]	<input type="text" value="0"/> [kWh]	im August	<input type="text" value="0"/> [kWh]	<input type="text" value="120000"/> [kWh]
im März	<input type="text" value="98100"/> [kWh]	<input type="text" value="0"/> [kWh]	im September	<input type="text" value="0"/> [kWh]	<input type="text" value="40000"/> [kWh]
im April	<input type="text" value="66600"/> [kWh]	<input type="text" value="0"/> [kWh]	im Oktober	<input type="text" value="70100"/> [kWh]	<input type="text" value="0"/> [kWh]
im Mai	<input type="text" value="10500"/> [kWh]	<input type="text" value="20000"/> [kWh]	im November	<input type="text" value="98100"/> [kWh]	<input type="text" value="0"/> [kWh]
im Juni	<input type="text" value="0"/> [kWh]	<input type="text" value="80000"/> [kWh]	im Dezember	<input type="text" value="123000"/> [kWh]	<input type="text" value="0"/> [kWh]

Freecooling:  Ja  Nein

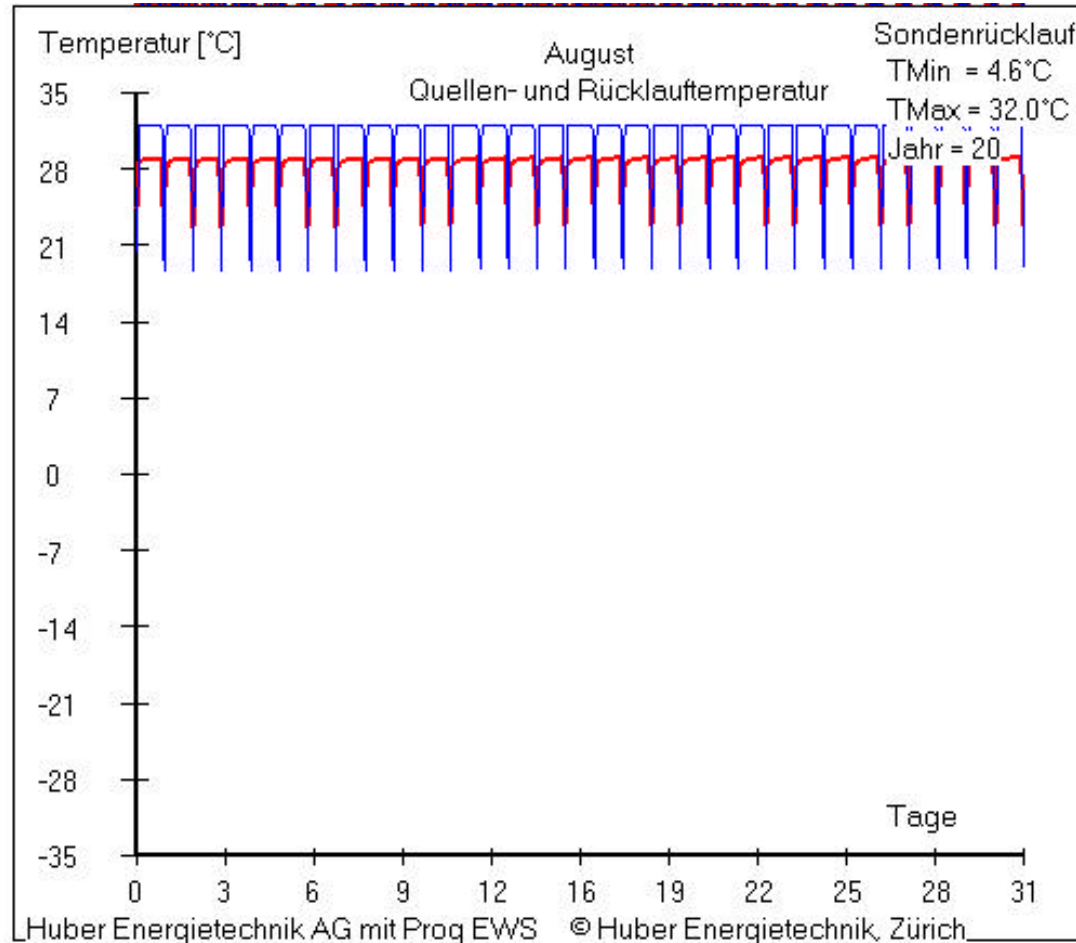
Sondenrücklauf  °C

Programm EWS



Im Programm EWS ist der SONDENSCHUTZ mit einer maximalen Rückspeisetemperatur erfassbar

# Erfassen solarer Regeneration in Programm EWS



Programm EWS



Im Programm EWS ist der Sondenschutz mit einer maximalen Rückspeisetemperatur erfassbar

# 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





# 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:  $0.35 \text{ MWh/m}^2 * 4'800 \text{ m}^2 = 1'700 \text{ MWh/a}$**

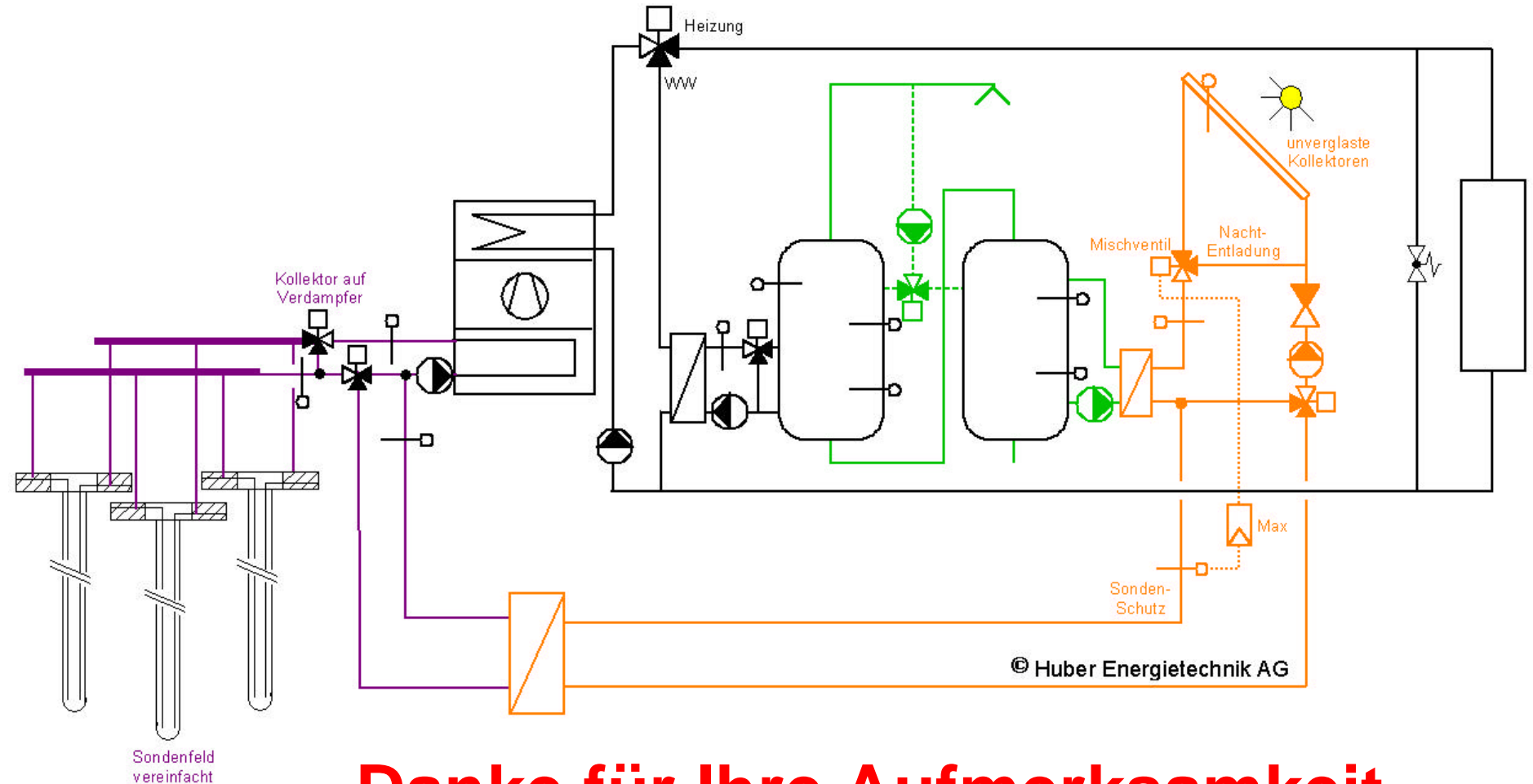
12 Mehrfamilienhäuser mit 188 Mietwohnungen, einer Kindertagesstätte, einem Wohn- und Pflegeheim mit 52 Zimmern und eine öffentliche Cafeteria.

Quelle : Bauart Architekten und Planer AG. [www.bauart.ch](http://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
- 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
- Saisonspeicherung in Erdwärmesonden ist heute sehr gut berechenbar (z. B. Programm EWS)
- Ungenutzte Dachflächen werden bald der Vergangenheit angehören

# Solare Wärmespeicherung in Erdwärmesonden



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**