

# Solare Saisonspeicherung von Wärme in Erdwärmesonden

<b>Objekte:</b>	Wohnbausiedlung Pfruendmatt, 8932 Mettmenstetten, 3 Häuser
<b>Bauherrschaft:</b>	Wohnbaugenossenschaft maettmi50Plus, Mettmenstetten
<b>Architektur:</b>	<a href="#">AmreinHerzig Architekten GmbH, Baar</a>
<b>Planung Wärmezeugung / Solardach / Erdwärmesonden:</b>	<a href="#">Huber Energietechnik AG, Zürich</a>
<b>Heizungs- &amp; Solarunternehmer:</b>	<a href="#">Solarline AG, Zürich</a>
<b>Erdwärmesonden</b>	6 x 240m / 3 x 260m, Broder AG, Sargans
<b>Solardach:</b>	3 x 110 m <sup>2</sup> , Solardach, <a href="#">Energie Solaire SA, Sierre</a>
<b>Steuerung Solaranlage</b>	Netlogger, <a href="#">Huber Energietechnik AG, Zürich</a>
<b>Wärmeerzeugung:</b>	je 2 Wärmepumpen CTA (OH18es und OH14 es)
<b>Inbetriebnahme:</b>	Sommer 2015



Abb. 1: Eines von 3 Mehrfamilienhäusern mit solarer Saisonspeicherung in Erdwärmesonden in Mettmenstetten.

## Solare Saisonspeicherung von Wärme in Erdwärmesonden

Lässt sich Sommerwärme bis in den Winter speichern? Die Idee fasziniert: Gebäudeheizung mit Überschusswärme aus dem Sommer! Als möglicher Speicher bietet sich das Erdreich an, das über Erdwärmesonden im Sommer aktiv aufgeheizt werden kann. Aber welche Voraussetzungen müssen dazu erfüllt sein und welches ist das optimale Temperaturniveau für eine solche Wärmespeicherung?

### Voraussetzung für Saisonspeicherung

Wie bei jedem thermischen Speicher hängt die Effizienz der Wärmespeicherung vom Verhältnis des Speicherinhaltes zur Speicheroberfläche ab, an der die Wärmeverluste stattfinden. Bei einer geringen Speicher-Effizienz bleibt im Winter nur sehr wenig von der im Sommer eingespeisten Wärme übrig. Je grösser ein thermischer Speicher ist, um so höher ist die Effizienz des Speichers, da das Speichervolumen mit der dritten Potenz der Grösse zunimmt, die Speicheroberfläche aber nur quadratisch.

### Keine Saisonspeicherung in Einzelsonden

Was bedeutet dies nun für die Wärmespeicherung über Erdwärmesonden? Je grösser ein Sondenfeld ist, um so effizienter die Wärmespeicherung. Oder umgekehrt ausgedrückt: In Einzelsonden lässt sich keine Saisonspeicherung realisieren, zu gross sind die Verluste im Verhältnis zum aktivierbaren Speichervolumen. Von der eingespeisten Wärme aus dem Sommer bleibt in der Regel weniger als 1 K im Winter übrig, selbst wenn überhaupt keine Wärme entzogen wird.

### Wahl der Speichertemperatur

Als zweiter Grundsatz gilt, dass die Wärmespeicherung um so effizienter ist, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Speicher und umgebendem Erdreich ist. Das Erdreich hat in ca. 15m Tiefe die mittlere Jahrestemperatur der Erdoberfläche und nimmt mit ca. 3 K pro 100m Tiefe zu. In 150m Tiefe haben wir im Schweizer

Mittelland also ca. 15°C natürliche Erdreich-temperatur. Wenn wir die Speichertemperatur nur geringfügig über diesem Wert wählen, so sind die Verluste klein und die Effizienz gross. Mit diesem Temperaturniveau kann zwar noch kein Gebäude im Winter beheizt werden, es können aber mit Hilfe von Wärmepumpen sehr hohe Arbeitszahlen realisiert werden, womit in Zukunft eine Halbierung des Strombedarfs für Wärmepumpen möglich wird, und dies für die Gebäudeheizung und die Warmwasserproduktion. Und da auch die Speichereffizienz hoch ist, ist bei einer relativ tiefen Speichertemperatur eine Saisonspeicherung selbst bei kleineren Sondenfeldern realisierbar. Ein weiterer Vorteil von tiefen Speichertemperaturen ist die Möglichkeit, die bestens eingeführten und kostengünstigen Standard – Erdwärmesonden einzusetzen, die hohe Temperaturen nicht ertragen.

### Sondenregeneration und Saisonspeicherung

Je grösser ein Feld mit Erdwärmesonden ist, um so mehr behindern die Nachbarsonden das passive Nachfliessen von Wärme aus der Umgebung. Bei Sondenfeldern kann die spezifische Leistungsfähigkeit einer Einzelsonde nur erreicht werden, wenn wir das Sondenfeld im Sommer aktiv regenerieren, also Wärme in die Erdwärmesonden einspeisen. Dabei ist der Übergang von Sondenregeneration zu Saisonspeicherung fließend: Wir sprechen von Regeneration, wenn wir im Sommer weniger Wärme in das Sondenfeld laden, als wir im Winter entziehen. Von Saisonspeicherung spre-

chen wir, wenn wir mehr Wärme in den Boden bringen als wir im Winter wieder herausnehmen (cf. Abb. 2). In diesem Fall erhöht sich die Temperatur im Erdreich über die Jahre über das natürliche Niveau und auch der Strombedarf für die Wärmeerzeugung mit der Wärmepumpe nimmt jährlich ab!

### Woher kommt die Sommerwärme

In modernen Gewerbeliegenschaften und Verwaltungsbauten gibt es im Sommer oft Kühlbedarf aus Prozess- oder Klimakälte. Die Rückkühlung der Kälteproduktion kann bei richtiger Auslegung in das Sondenfeld abgeführt werden und damit kann eventuell sogar die klassische Rückkühlung über Dach eingespart werden. Im Wohnungsbau sind Solardächer aus unverglasten Kollektoren eine Alternative. Diese Art des Dachaufbaus ist dichtend und ersetzt die Ziegel des klassischen Dachaufbaus. Unverglaste Kollektoren haben den grossen Vorteil, dass die Temperatur auch im Stillstand nie über 100°C steigt und damit über ein Mischventil die maximal zulässige Sondereintrittstemperatur nie überschritten wird. Ausserdem kann mit den unverglasten Kollektoren das Brauchwasser vorgewärmt werden und in der Übergangszeit können die Kollektoren unter die Lufttemperatur abgekühlt werden, was den Sondenentzug weiter reduziert und damit das Verhältnis von Wärmeentzug zu Rückspeisung weiter verbessert. Kombinationen mit verglasten Kollektoren sind denkbar.

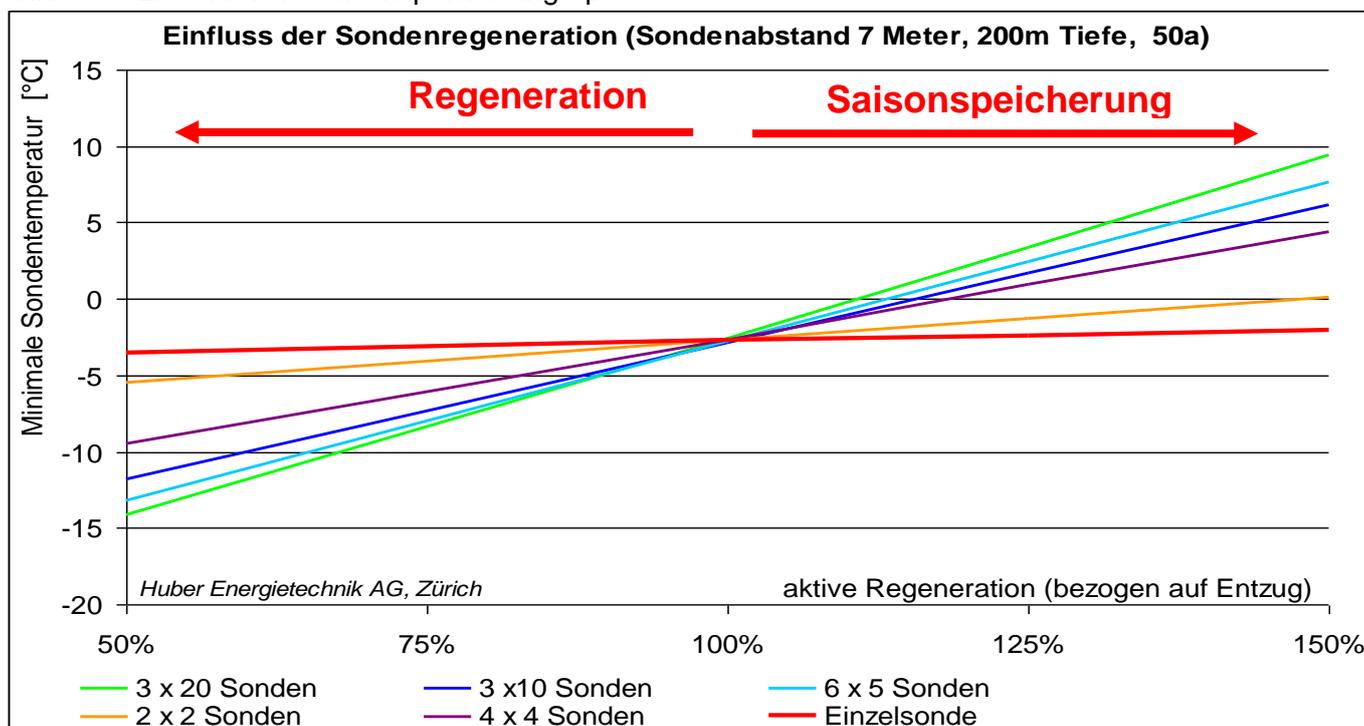


Abb. 2: Saisonspeicherung und Sondenregeneration bei Einzelsonden und Sondenfeldern, berechnet mit dem Programm EWS.

## Anlagenbeispiel

Nachfolgend soll ein Anlagenbeispiel vorgestellt werden, das sich zur Zeit in Bau befindet und im Auftrag des Kantons Zürich als Pilot und Demonstrationsobjekt ausgemessen werden soll. Damit sollen insbesondere die Planungswerkzeuge für die Auslegung der Kollektoren und der Erdwärmesonden validiert werden.

### Solardach mit unverglasten Kollektoren

Bei diesem Beispiel handelt es sich um 3 Mehrfamilienhäuser in der Kernzone der Gemeinde Mettmenstetten (Kanton Zürich). Bauherrin ist die Wohnbaugenossenschaft maettmi50Plus, eine Baugenossenschaft mit mehrheitlich Rentnern als Genossenschaftlern. Die 3 identischen Gebäude (cf. Abb. 1) werden gemäss der geltenden Bauordnung für die Kernzone mit einem Satteldach gebaut. Die Süddächer sind als Solardächer ausgebildet, wobei 2/3 der Dachfläche (110 m<sup>2</sup>) mit den unverglasten Solarabsorbern von Energie Solaire SA und 1/3 mit Solarzellen zur Stromerzeugung bedeckt sind (cf. Abb. 6). Sowohl die Solarabsorber, als auch die Solarzellen erfüllen somit die Doppelfunktion von Dachhaut und solarer Energiegewinnung, die Dachziegel können somit eingespart werden. Die Ziegeleinfassung des Daches entspringt einer Kernzonen-Auflage der Gemeinde.

### Zentrale Sondenordnung

Das Energiekonzept sieht eine hausweise Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser mit je 2 Erdwärmesonden-Wärmepumpen in der klassischen Master-Slave – Schaltung vor (cf. Abb. 4). Diese hydraulische Schaltung erlaubt eine präzise Leistungsanpassung an den effektiven Wärmebedarf (was sich positiv auf die Sondenauslegung auswirkt) und eine Brauchwasser-Erwärmung mit innenliegendem Wärmetauscher im Speicher, womit die Anlage kostengünstiger realisiert werden kann als mit einer einzigen Wärmepumpe. Obwohl auf eine zentrale Wärmeerzeugung verzichtet wird (und damit die Verbindungsleitungen zwischen den Gebäuden eingespart werden können), werden die Sonden in der Tiefgarage zentral mit einem Sondenabstand von 7m angeordnet (cf. Abb. 5), womit die kritische Erd-Speichergrösse überschritten werden kann und eine Jahreszeitspeicherung erst ermöglicht wird. Entsprechend den Empfehlungen des Bundesamtes für Energie in Bern und in der Schweiz mehrheitlich üblich, wird auf den technischen Heizzspeicher verzichtet.

### Sondenauslegung nach der Norm SIA 384/6

Die Norm SIA 384/6 verlangt bei einem Sondenfeld von mehr als 4 Erdwärmesonden eine numerische Berechnung der Sonden über 50 Jahre, wobei die Mitteltemperatur des Sondenfluids (Mittelwert zwischen Sonden-Eintrittstemperatur und –Austrittstemperatur) in dieser Zeit – 1.5°C nicht unterschreiten darf. Um die Festigkeit der Sondenrohre aus dem Material HDPE langfristig nicht zu beeinträchtigen, sollte zudem die maximale Temperatur im Sondenfluid 35°C nicht übersteigen. Die Berechnung des Sondenfeldes wurde mit dem Programm EWS ( [www.hetag.ch](http://www.hetag.ch) ) durchgeführt (cf. Abb. 7-10). Dieses Programm erlaubt es dem Anwender, die Erdwärmesonden auf einem hinterlegten Plan frei zu platzieren (cf. Abb. 5) und die maximale Soletemperatur auf einen festen Wert zu begrenzen. In Abb. 7 und 8 ist dargestellt, wie die Temperaturen im Sondenfluid bei 3 x 260m Bohrtiefe pro Haus (40mm duplex) ohne die solare Sondenregeneration absinken würden. Mit der solaren Sondenregeneration andererseits (Abb. 9 und 10) sinkt die minimale Temperatur im Sondenfluid nie unter 2.5°C und steigt über die Jahre sogar an. Die Berechnung des Solarertrages der unverglasten Solarabsorber wurde mit dem Programm Polysun ( [www.velasolaris.com](http://www.velasolaris.com) ) durchgeführt. Dieses Programm berücksichtigt, dass unverglaste Solarabsorber auch als Luft-Wärmetauscher arbeiten können und so im Sommer selbst in der Nacht Ertrag bringen.

### Verzicht auf Frostschutz in den Sonden

Nicht die minimale Bohrlänge, sondern optimale Wirtschaftlichkeit wurde bei diesem Bau angestrebt. Aus diesem Grund erfolgte die Auslegung der Bohrlänge und der Solarabsorber so, dass auf Frostschutz in den Sonden ganz verzichtet werden kann. Dafür sind nicht alle Wärmepumpen geeignet, mit den Serien-Produkten der Firma CTA AG ist dies aber möglich (und bereits dutzendfach erprobt). Neben der Kosteneinsparung beim Frostschutz bietet reines Wasser auch den Vorteil der höheren Wärmekapazität und der geringeren Viskosität. Zudem können damit höhere Warmwassertemperaturen ohne spezielle Kältemittel realisiert werden.

### Messung

Mit der Anlage wird eine Jahresarbeitszahl (inkl. Warmwasser) von 5 bis 6 angestrebt. Die vom Kanton Zürich finanzierte Messung soll eine Erfolgskontrolle dazu liefern.



Abb. 3: Solardach mit unverglasten Kollektoren von [Energie Solaire SA](#) als Wärmequelle für die tieftemperaturige Saisonspeicherung in den Erdwärmesonden.

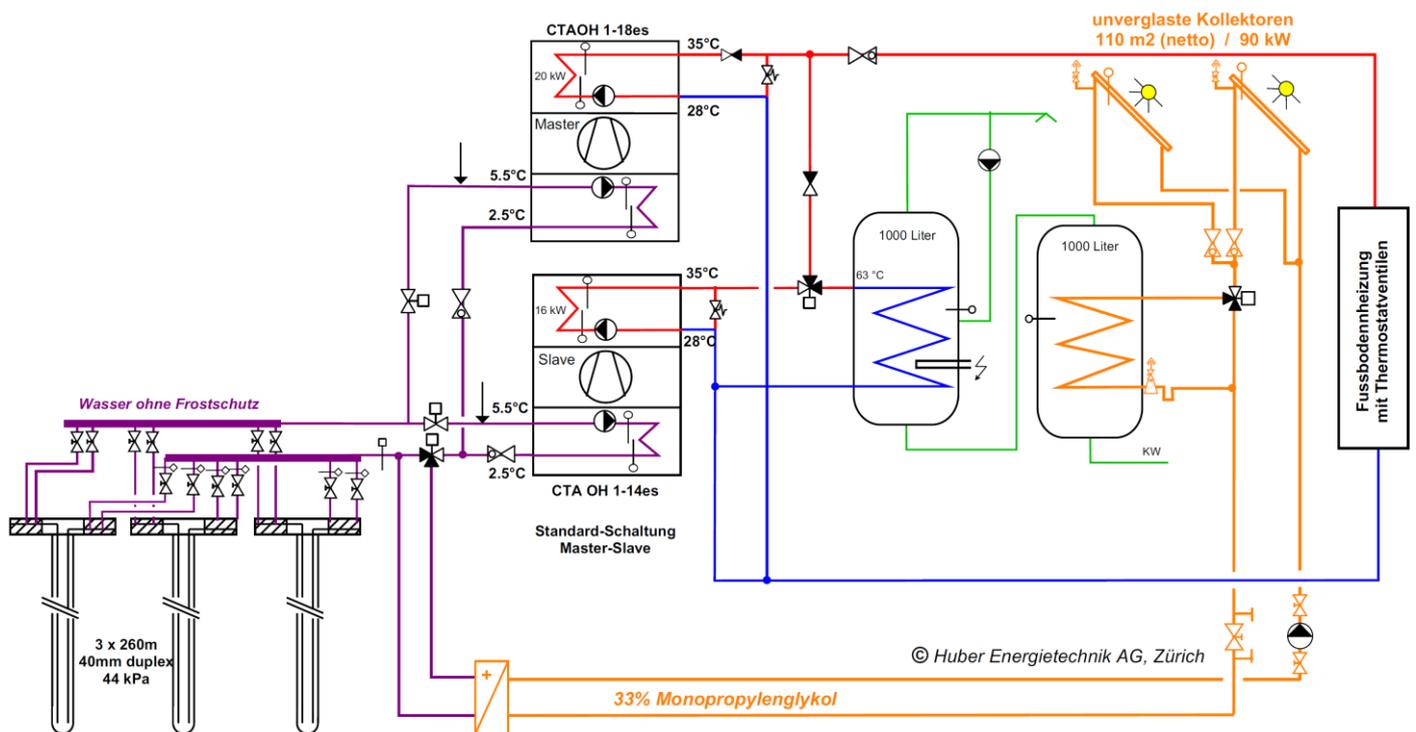


Abb. 4: Hydraulische Einbindung Wohnbausiedlung Pfruendmatt in Mettmenstetten (Kt. Zürich) mit 9 Erdwärmesonden für 3 Mehrfamilienhäuser



Abb. 5: Zentrale Sondenordnung mit 7m Sondenabstand, Eingabemaske im [Programm EWS](#)

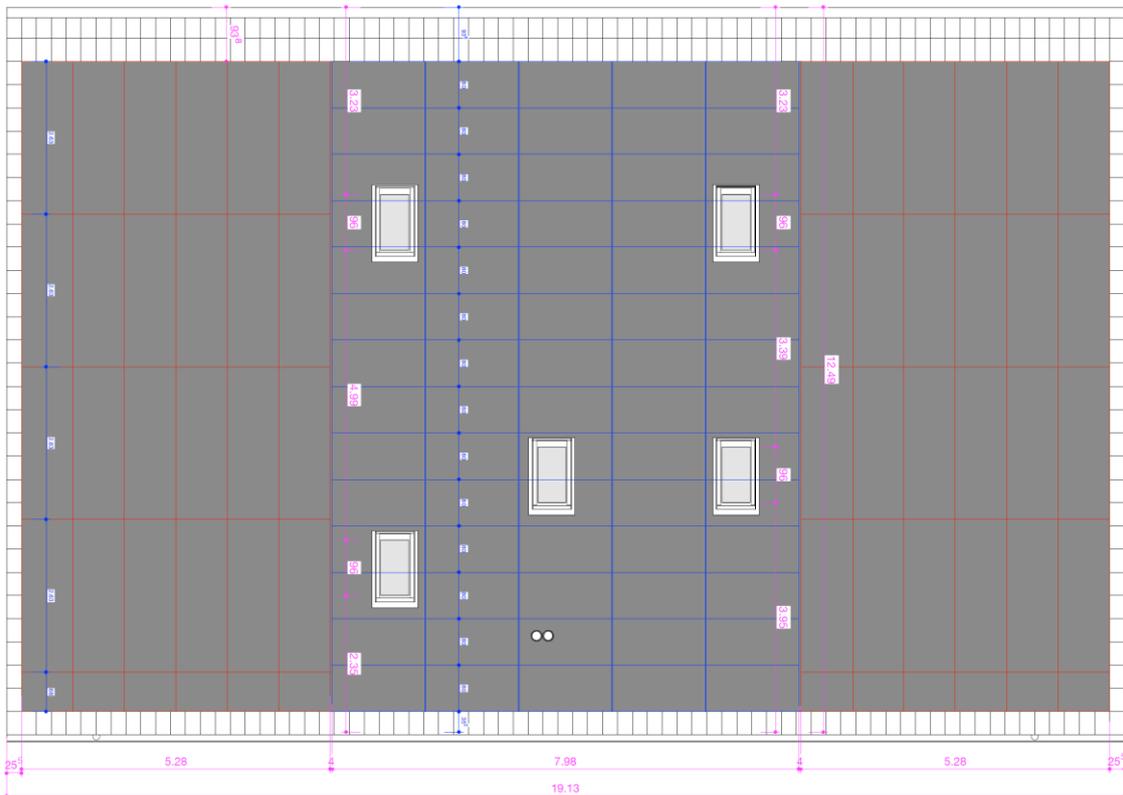
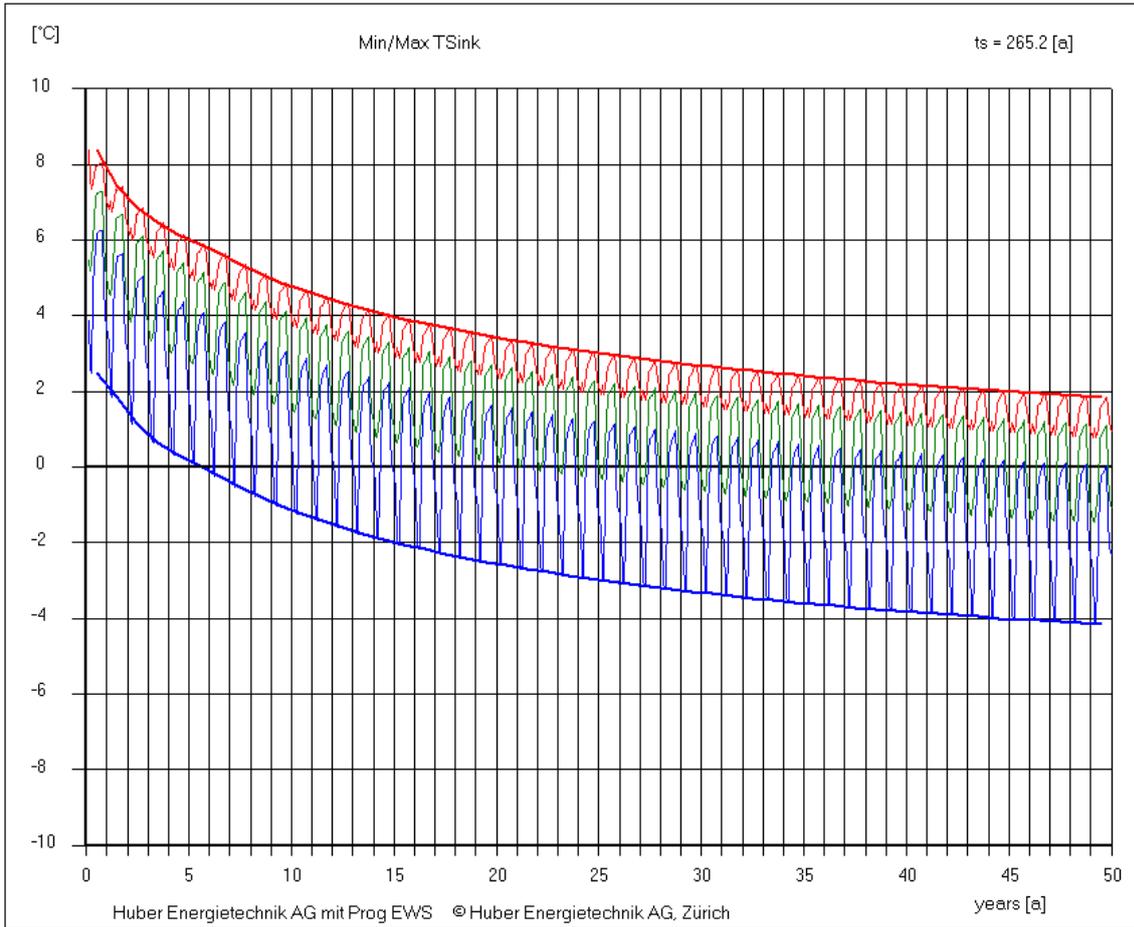
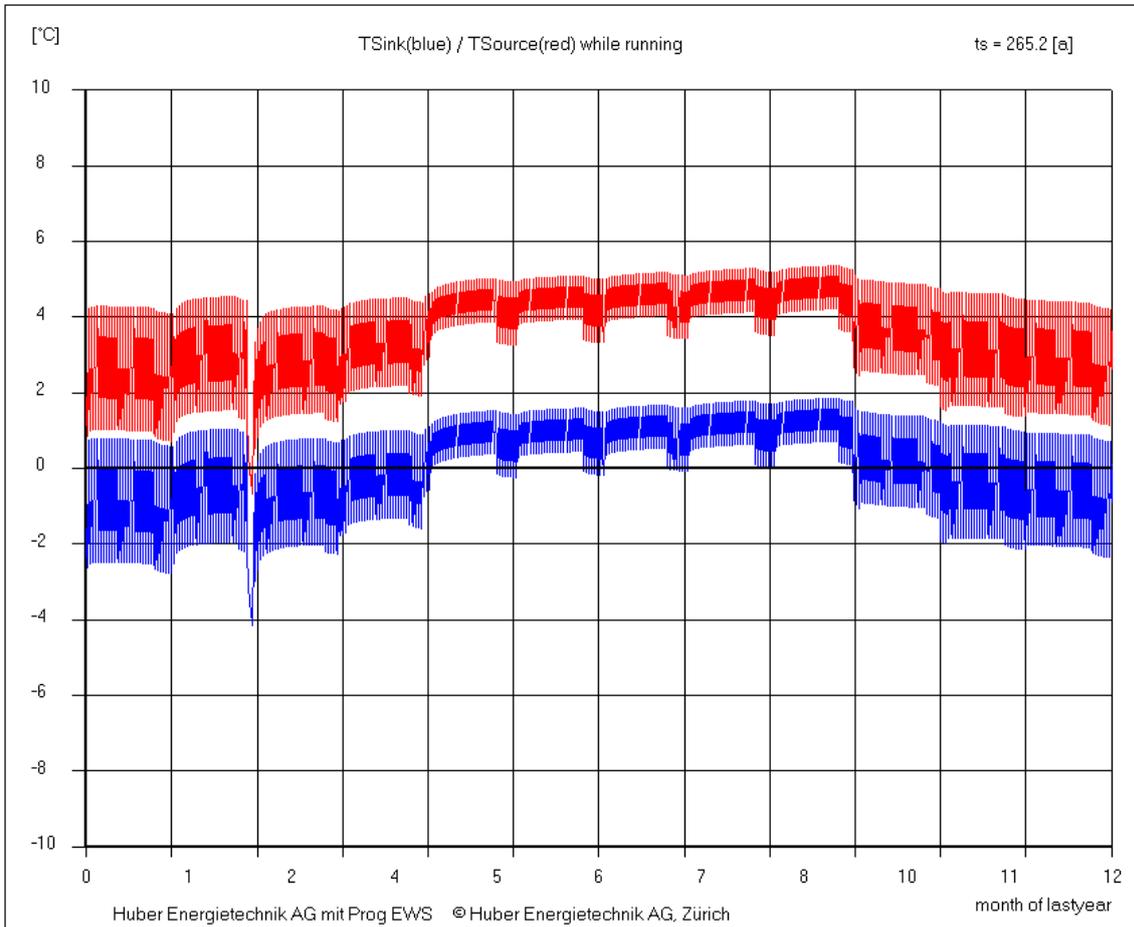


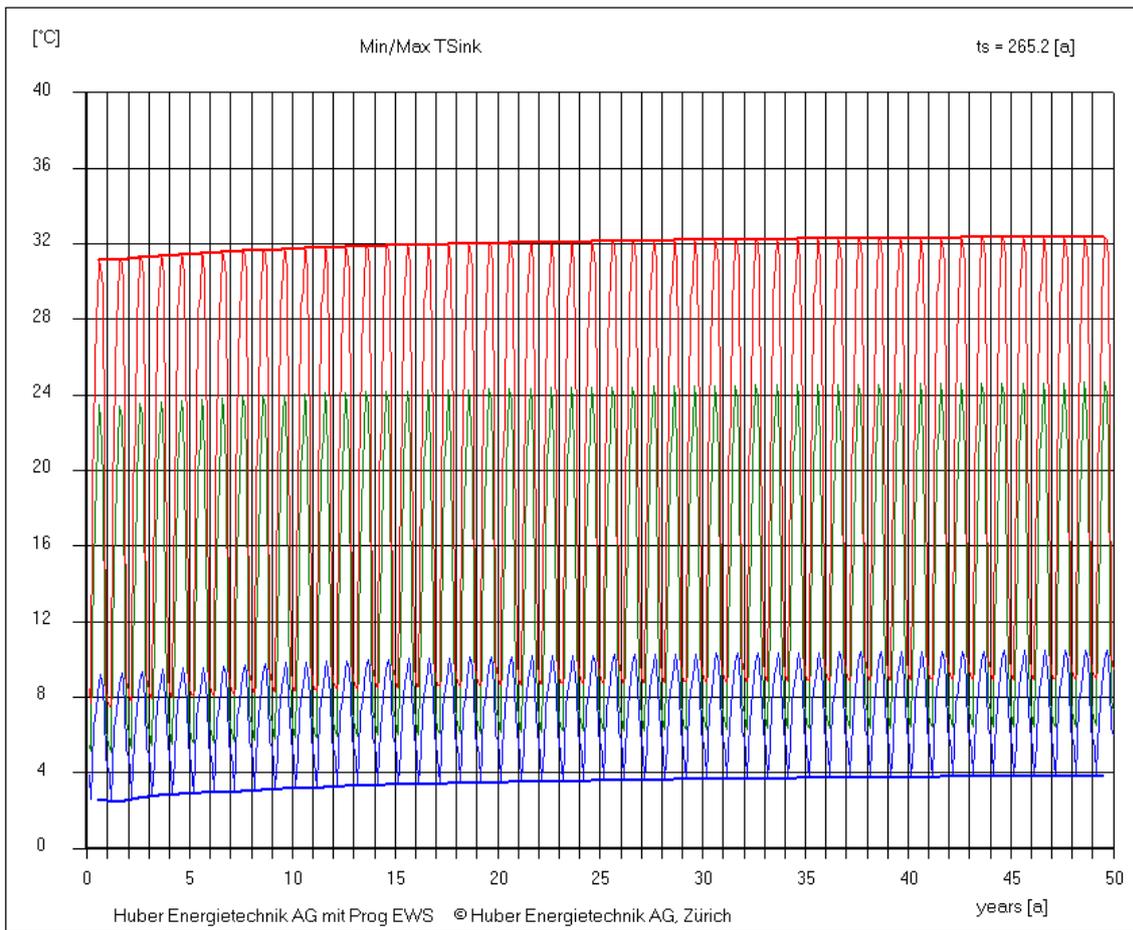
Abb. 6: Dachaufbau mit 2 Feldern von thermischen Solarabsorbern (links und rechts) und einem zentralem Feld mit Photovoltaik (Mitte).



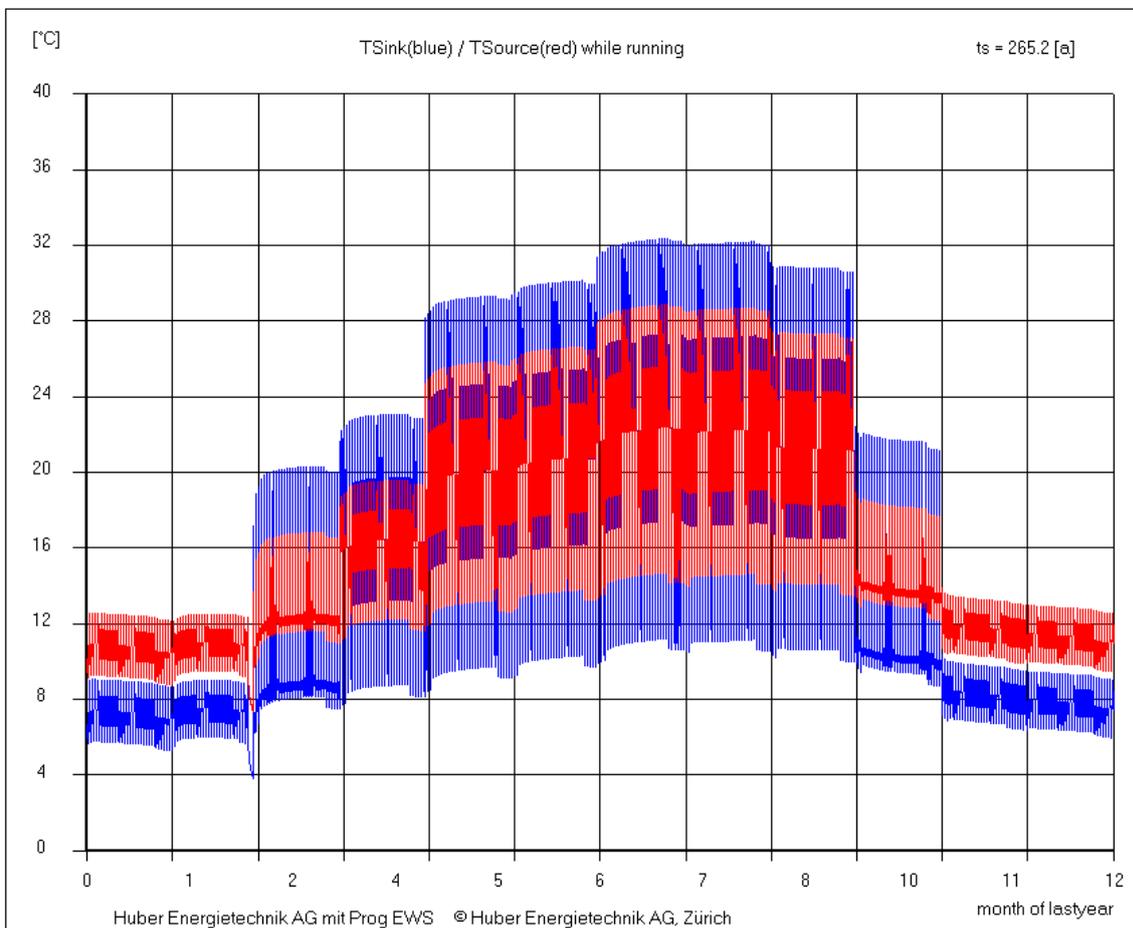
**Abb. 7: Berechnung der Erdwärmesonden mit dem Programm EWS über 50 Jahre ohne Sondenregeneration**



**Abb. 8: Berechnung der Erdwärmesonden mit dem Programm EWS nach 50 Jahren ohne Sondenregeneration. Blau: Eintrittstemperatur in die Sonden / Rot: Austrittstemperatur aus den Sonden.**



**Abb. 9: Berechnung der Erdwärmesonden mit dem Programm EWS über 50 Jahre mit solarer Sondenregeneration**



**Abb. 10: Berechnung der Erdwärmesonden mit dem Programm EWS nach 50 Jahren mit solarer Sondenregeneration. Blau: Eintrittstemperatur in die Sonden / Rot: Austrittstemperatur aus den Sonden.**