



Forschungsprojekt zur Regeneration von Erdwärmesonden

# Wenn das Gebäude als Wärmekollektor dient

Werden Erdwärmesonden dicht verlegt, kühlt das Erdreich über die Jahre nach und nach ab. Der Auskühlung lässt sich entgegenwirken, indem man das Erdreich in den Sommermonaten mit der Wärme regeneriert, die bei der aktiven Kühlung der zugehörigen Gebäude anfällt. Eine Studie der Ostschweizer und der Luzerner Fachhochschule zeigt Potenzial und Grenzen dieses Ansatzes auf.

Text Benedikt Vogel, im Auftrag des BFE  
Bilder Benedikt Vogel, LSS Bohr AG  
Grafiken Schlussbericht Cool2Regen

Für die Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser sind Wärmepumpen heute eine bevorzugte Technologie. Die wachsende Dichte von Sole/Wasser-Wärmepumpen zieht nun aber ein neues Problem nach sich: Werden in einem Gebiet sehr viele Erdwärmesonden verlegt, kühlt das Erdreich über die Jahre nach und nach ab. Damit droht die Bodentemperatur auf unter  $-1.5^{\circ}\text{C}$  im Jahresdurchschnitt abzusinken. Diesen Wert hat der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) festgelegt, um ein Gefrieren des Erdreichs und Frostschäden auszuschliessen. Problematisch ist ferner, dass Wärmepumpen bei tieferen Bodentemperaturen weniger effizient arbeiten.

## Abwärme aus aktiver Kühlung

«Aktuell ist die Auskühlung des Bodens noch kein akutes Problem, aber schon heute sind die Erdsonden in gewissen Gebieten so dicht verlegt, dass während der 50-jährigen Lebensdauer dieser Heizungssysteme mit einer deutlichen Auskühlung zu rechnen ist», sagt Florian Ruesch, Wissenschaftler am SPF Institut für Solartechnik an der Ostschweizer Fachhochschule (OST). Diese Entwicklung lässt sich verhindern, wenn das Erdreich um die Erdwärmesonden in den Sommermonaten durch Zuführung von Wärme regeneriert wird. Dafür stehen verschiedene Ansätze zur Verfügung, beispielsweise Wärme aus Sonnenkollektoren oder Abwärme aus industriellen Prozessen.

Eine weitere Technologie ist das Geocooling (auch «Freecooling»): Die Wärme stammt in diesem Fall aus Gebäuden, die durch die sommerliche Hitze erwärmt wurden. Die Wärme der Innenräume wird durch das Wasser aufgenommen, das durch die Rohre der Bodenheizung zirkuliert. Dadurch werden die Räume gekühlt. Die Wärme gelangt über einen Wärmetauscher in die Erdwärmesonden und erwärmt rund um die Sonden das ausgekühlte Erdreich. Mit dem Verfahren wird ein Regenerationsgrad von 10 bis 20% erreicht. Den Erdsonden wird also bis zu ein Fünftel der Wärme wieder zugeführt, die dem Boden in den Wintermonaten entzogen wurde. Da dieses Verfahren nur einen Wärmetauscher benötigt, aber keine Kältemaschine, spricht man von «passiver Kühlung».

Mit dem Klimawandel dürften die Hitzetage in den Sommermonaten künftig zunehmen. Damit entsteht ein Wärmeüberschuss, der sich für die Regeneration der Erdwärmesonden nutzen liesse. Um dies zu tun, reicht die «passive Kühlung» nicht aus. Benötigt wird eine «aktive» Kühlung, die dem Gebäude mehr Energie entziehen kann. Die technische Umsetzung gelingt zum Beispiel mit einer Wärmepumpe, die «umgekehrt» (reversibel) betrieben werden kann: Die Wärmepumpe liefert im reversiblen Betriebsmodus nicht Heizwärme für das Gebäude, sondern Regenerationswärme für das Erdreich.

Zürich-Binz ist eines von vier städtischen Quartieren, die die Forschenden der Fachhochschulen OST und HSLU ihren Simulationen zur Regeneration von Erdwärmesonden zugrunde gelegt haben.

Baustelle in Zürich-Binz.



### Wachsender Kühlbedarf

Dieses Konzept hat Florian Ruesch mit einem Team der OST und der Hochschule Luzern (HSLU) untersucht. Da die im Handel erhältlichen Wärmepumpen zunehmend reversibel betrieben werden können, liegt der Einsatz zur Gebäudekühlung quasi auf der Hand. Zum Betrieb der Wärmepumpen bietet sich der überschüssige Photovoltaik-Strom an, der im Sommer bei einem fortschreitenden PV-Ausbau zu erwarten ist. «In den betrachteten Zukunftsszenarien kann erwartet werden, dass auf Quartierebene in den Sommermonaten die Menge an lokal produziertem PV-Strom den Strombedarf für die aktive Gebäudekühlung deutlich übertrifft und dass eine sehr gute zeitliche Korrelation zwischen diesen Grössen besteht», konstatieren die Autoren des Projektabschlussberichts.

Die Forschenden von OST und HSLU haben die Versorgung mit PV-Strom für vier Quartiere in der Stadt Zürich und Rappers-

wil-Jona beispielhaft durchgerechnet. «In den betrachteten Quartieren könnte je nach Szenario 60 – 80% des elektrischen Bedarfs direkt durch PV-Strom gedeckt werden», halten sie fest. Diese Deckungsgrade könnten durch Einsatz von intelligenter Anlagensteuerung und/oder Kältespeicherung (z. B. mittels kalter Wasserspeicher) noch optimiert werden, vermuten die Forschenden.

### Geeignet für Neubauten

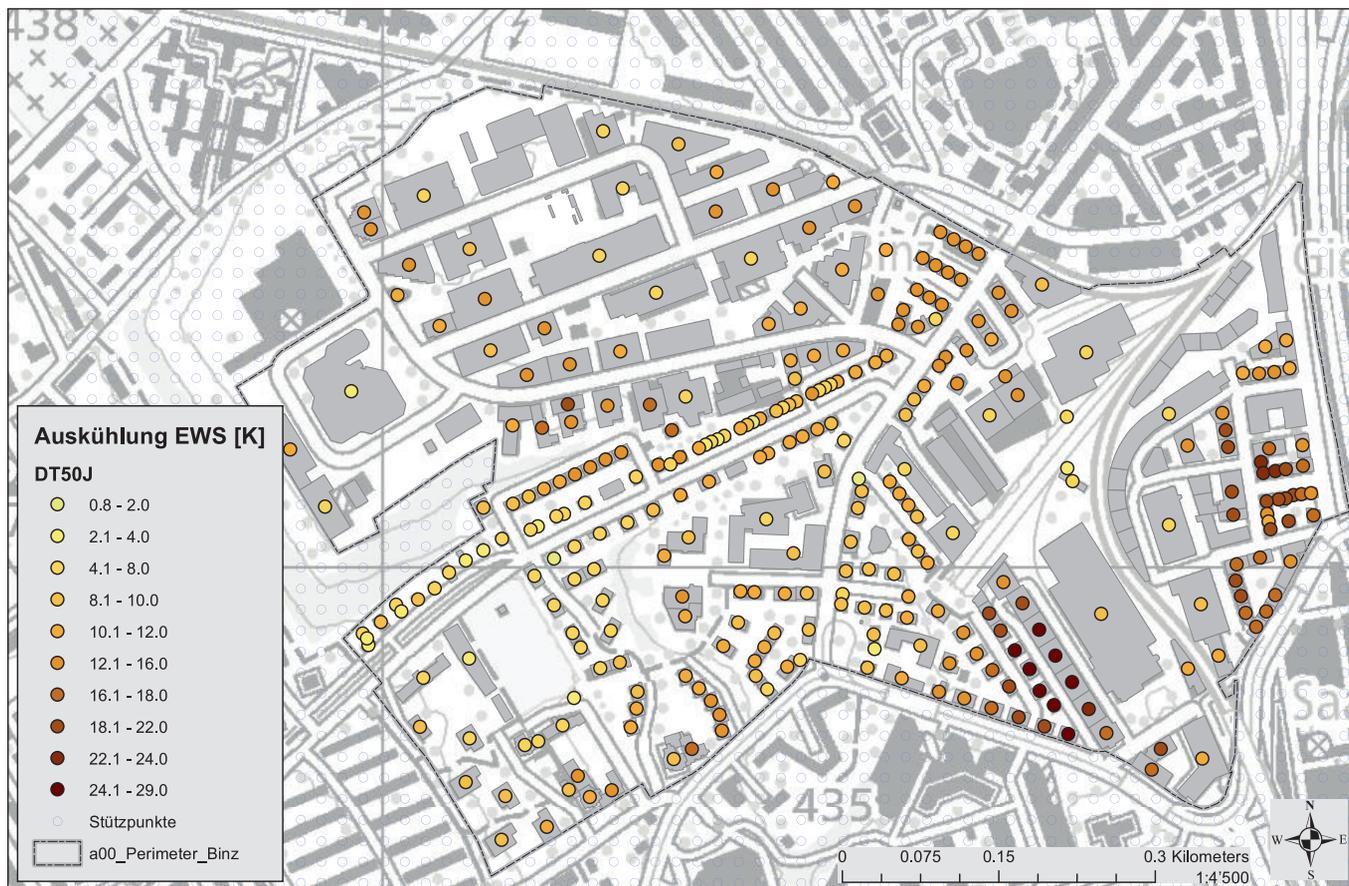
Damit genug Wärme zur Regeneration der Erdwärmesonden zur Verfügung steht, braucht es Gebäude mit einem tiefen Wärmeverbrauch (gute Wärmedämmung) und mit einem hohen Wärmeeintrag (grosse Fenster). Zudem dürfen die solaren Gewinne nicht durch sommerliche Wärmeschutzmassnahmen wie Storen unterbunden werden. Um dies zu gewährleisten, müsste der heute übliche oder gar vorgeschriebene Sonnenschutz weggelassen werden. In

..... kompakt .....

## Cool2Regen

In diesem SPF-Projekt wird untersucht, unter welchen Bedingungen eine aktive Kühlung von Gebäuden mit Wärmepumpen und Erdsonden energetisch und ökonomisch sinnvoll ist.

.....



Würden im Quartier Zürich-Binz alle Gebäude über Erdwärmesonden beheizt, würde der Boden innerhalb der nächsten 50 Jahre deutlich abgekühlt, wie die Grafik zeigt. Dargestellt ist dabei allein die Ausköhlung aufgrund der benachbarten Sonden. Bezieht man die Ausköhlung durch die eigene Sonde mit ein, ist die Abkühlung noch ausgeprägter. Die Abkühlung des Erdreichs kann durch Regeneration der Erdwärmesonden verhindert werden.

Neubauten mit diesen Merkmalen rechnen die Studienautoren für das Jahr 2050 unter den Vorzeichen des Klimawandels damit, dass einem Gebäude jährlich Energie bis zu 20 kWh/m<sup>2</sup> entzogen werden könnte. Damit steht genug Wärme für eine weitgehende Regeneration der Erdsonden bereit. Fazit der Studienautoren: «Bei Neubauquartieren kann die Regeneration durch aktive Kühlung der Langzeitausköhlung des Untergrundes entscheidend entgegenwirken, wenn auf den Sonnenschutz verzichtet wird.»

Das bedeutet im Umkehrschluss: Greifen die Bewohnerinnen und Bewohner zum Sonnenschutz, lassen sich bereits keine relevanten Regenerationsgrade mehr erreichen. Unpraktikabel ist das Konzept bei Bestandsbauten: Diese sind in aller Regel nicht mit einer Bodenheizung ausgerüstet, über die sich die Raumwärme «einsammeln» lässt. Zudem dringt wegen der generell kleineren Fenster nicht genug Wärme in die Wohnung bzw. es gibt wegen mangelnder Wärmedämmung einen hohen Wärmeverbrauch. Hier herrscht ein Kühlbedarf, der sich auch bei höheren Durchschnittstemperaturen in aller Regel durch passive Kühlung decken lasse, betonen die Autorinnen und Autoren der Studie.

### Kostengünstiger Ansatz

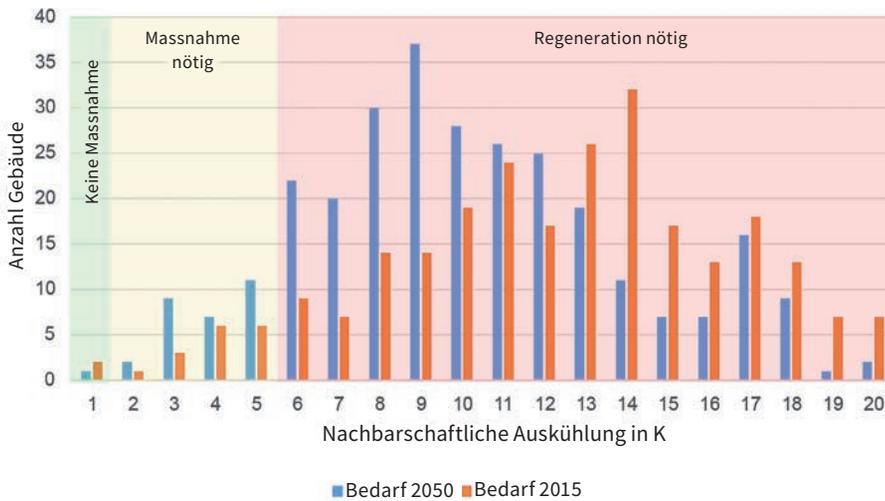
Bei Neubauten ist die Regeneration von Erdwärmesonden über aktive Kühlung der Gebäude unter den dargestellten Bedingungen nicht nur wirksam, sondern auch die kostengünstige Regenerationsmethode, hält das Studienteam vor dem Hintergrund seiner Berechnungen fest. Bei Einzelsonden sei die Wirtschaftlichkeit bei hohen Entzugsdichten im Quartier (40 bis 60 kWh/m<sup>2</sup>) gegeben, für grössere Anlagen mit mehreren Sonden sogar schon bei tieferen Entzugsdichten. Hierzu ist anzufügen, dass bei Einzelsonden eine Sondenverlängerung oft billiger ist als eine Regeneration durch aktives Kühlen, und dies selbst dann, wenn eine gewisse Langzeitausköhlung durch nachbarschaftliche Beeinflussung berücksichtigt wird. Wird eine Sonde verlängert, kann diese mehr Wärme aus dem Erdreich aufnehmen.

Ein Knackpunkt des OST-Konzeptes liegt beim Wärmeschutz: Die Regeneration der Erdwärmesonden über die Raumkühlung funktioniert nur, wenn Bewohnerinnen und Bewohner auf sommerliche Wärmeschutzmassnahmen wie z. B. Storeschliessen verzichten. Das heisst, das Gebäude wird bewusst aufgeheizt, um ihm die über-

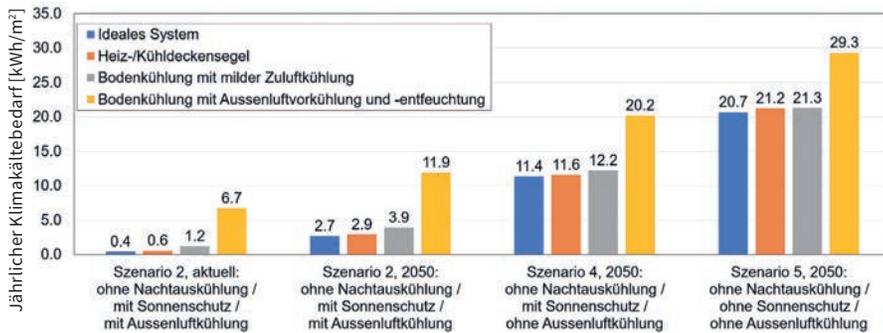
# Administration? KEINE SACHE.



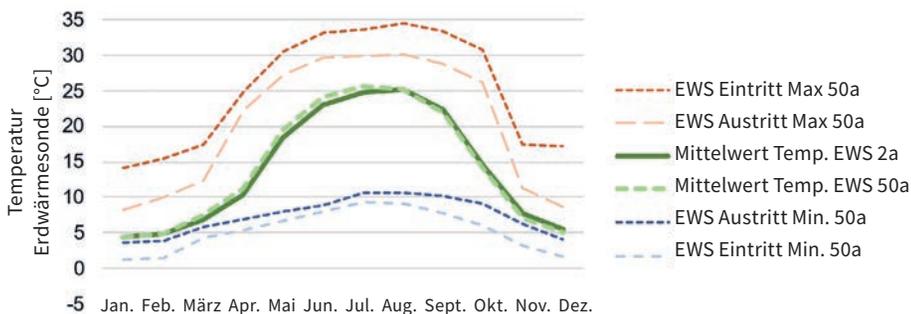
**Gegenseitige Beeinflussung Binz**



Auskühlung des Bodens im Zürcher Binz-Quartier aufgrund von benachbarter Erdsonden nach 50 Betriebsjahren. In diesem Maximalszenario wird angenommen, dass der Wärmebedarf sämtlicher Gebäude mit Erdwärme gedeckt wird. Das führt zu der theoretisch möglichen Abdeckung mit Erdwärmesonden. Die Darstellung zeigt, dass für praktische alle Heizsysteme eine Regeneration nötig wäre. Diese Aussage gilt auch dann, wenn man der Berechnung nicht den Wärmebedarf der Gebäude aus dem Jahr 2015 (rot) zugrunde legt, sondern den tieferen Wärmebedarf, der für das Jahr 2050 erwartet wird (blau).



Die vier Säulen ganz rechts zeigen die Situation, in der man ein Gebäude bewusst als «Wärmesammler» nutzt, um möglichst viel solare Wärme für die Regeneration der Erdsonden zu gewinnen. Durch Einbindung eines Lüftungssystems mit Aussenluftkühlung und Entfeuchtung kann zusätzlich Energie zur Regeneration aus dem Gebäude entzogen werden.



Temperatur der Erdsonde eines Neubaus, der wegen bewusster Nutzung der Sonnenwärme einen hohen Kühlbedarf hat und somit viel Wärme zur Regeneration der Erdsonden bereitstellt: Die Erdsonde hat nach zwei Betriebsjahren (ausgezogene grüne Linie) praktisch die gleiche Temperatur wie nach 50 Betriebsjahren (gestrichelte grüne Linie). Anders ausgedrückt: Dank der hohen Regenerationswärme aus dem Neubau kann die Erdwärmesonde auch langfristig vollständig regeneriert werden.



## BRANCHENLÖSUNG FÜR SANITÄR / HEIZUNG / LÜFTUNG.

Unsere Software unterstützt Sie bei der Verwaltung und Steuerung Ihres Unternehmens.

Ob mit ALBAU-Flex, der flexiblen, kostengünstigen Branchensoftware oder mit ALBAU-Plus, der integrierten, flexiblen Lösung mit SIA-451 Schnittstelle. Mit ALBAU ist Administration keine Sache!

Mehr Infos auf [www.alsoft.ch](http://www.alsoft.ch).  
Testen Sie uns!

Herstellung und Vertrieb:



info@alsoft.ch | 081 650 10 10 | 7417 Paspels

Vertriebspartner:

ORBIT Informatik AG | 8832 Wollerau | 043 888 29 88  
info@orbitag.ch | www.orbitag.ch

Erdwärmesonden werden 50 bis 300 m tief verlegt. Sie bestehen aus parallel verlaufenden Kunststoffrohren, in denen ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel (Sole) zirkuliert.



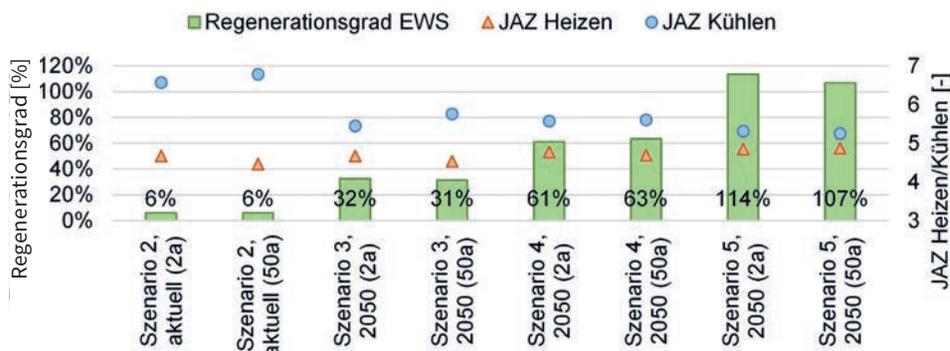
schüssige Wärme anschliessend unter Einsatz von Strom zu entziehen. Um diesen Zusatzaufwand an Energie zu vermeiden, wird auf die aktive Kühlung von Wohngebäuden bisher weitgehend verzichtet. Aus Sicht der OST-Forschenden ist diese Zurückhaltung überholt, wie sie im Schlussbericht ihres Projektes schreiben: «Diese Regeln sind historisch gewachsen und berücksichtigen nicht den steigenden Kühlbedarf durch den Klimawandel und die prognostizierte Überproduktion von Solarstrom im Sommer.» Florian Ruesch

ergänzt: «Wenn man Hausbesitzer dazu bringt, mehr oder grössere Solaranlagen zu installieren, indem man das aktive Kühlen mit eigenem Solarstrom erlaubt, ist das sinnvoll. Denn eine grössere Solaranlage produziert auch im Winter, wenn kein Kühlbedarf besteht, mehr Strom, der dann für andere Anwendungen zur Verfügung steht.»

**Passive Kühlung konsequent nutzen**

Ob diese Position mehrheitsfähig wird, bleibt abzuwarten. Die SIA-Norm 180

Ein aktiv gekühlter Neubau, in dem keine sommerlichen Wärmeschutzmassnahmen eingesetzt werden, erlaubt je nach Szenario einen Regenerationsgrad der Erdsonden von 114 %. Das heisst: Im Jahresverlauf wird der Erdsonde mehr Wärme (über Regeneration) zugeführt als ihr (für Heizzwecke) entzogen wird.





Verlegung von Erdwärmesonden  
in Ruswil LU.

schreibt vor, Gebäude müssten so geplant werden, dass angenehme Temperaturen allein durch passive Kühlung erreicht werden. «Solange wir die Überhitzung von Innenräumen mit Sonnenschutzmassnahmen verhindern können, sollten wir diese Massnahmen konsequent nutzen, statt zusätzlich Strom für die Kühlung von Wohngebäuden einzusetzen», sagt Nadège Vetterli, externe Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte. Sie verweist auf die Abwärme von Gewerbebauten und auf PVT-Kollektoren, die

neben Strom auch Wärme produzieren und im Sommer überschüssige Wärme bereit halten: «Bevor wir diese Wärmequellen nicht konsequent für die Regeneration von Erdwärmesonden genutzt haben, sollten wir keinen Strom für die aktive Kühlung von Wohngebäuden einsetzen.» ■

#### Hinweise

Der Schlussbericht zum Projekt «Cool2Regen» – aktives Kühlen von Gebäuden mit Wärmepumpen und Erdsonden für hohe Regenerationsgrade ist abrufbar unter: [aramis.admin.ch/Texte/?ProjektID=47563](http://aramis.admin.ch/Texte/?ProjektID=47563)

Auskünfte zu dem Projekt erteilt Nadège Vetterli ([nadege.vetterli@anex.ch](mailto:nadege.vetterli@anex.ch)), externe Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte. Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte findet man unter [bfe.admin.ch/ec-gebäude](http://bfe.admin.ch/ec-gebäude).

## Regeneration wird immer wichtiger

Der Einsatz von Sole/Wasser-Wärmepumpen zur Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser wird immer wichtiger. Die Stadt Zürich rechnet damit, dass solche Wärmepumpen künftig über 20% der Wärme bereitstellen werden. Wird die Erdwärme intensiv genutzt, hat das Entzugsdichten von jährlich ca. 20 – 100 kWh/m<sup>2</sup> zur Folge. Die neue SIA-Norm 384/6 (2021) fordert bereits ab einer grundstücksflächenbezogenen Entzugsdichte von 8 kWh/m<sup>2</sup>, dass Erdwärmesonden entweder regeneriert oder länger ausgelegt werden müssen. Ab einer Entzugsdichte von ca. 33 kWh/m<sup>2</sup> ist eine Regeneration vorgeschrieben. Der weitere Ausbau von Heizsystemen mit Wärmepumpen und Erdwärmesonden wird somit dazu führen, dass Erdwärmesonden zumal in städtischen Gebieten grossflächig regeneriert werden müssen.