

# Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen

## Effiziente Kühlung ohne Mehraufwand?

Die sommerliche Kühlung von Gebäuden gewinnt zunehmend an Bedeutung. Hauptgründe sind höhere innere thermische Lasten in Verbindung mit modernen Bauweisen, die einen zunehmenden Anteil an transparenten Flächen aufweisen, bis hin zu den populären Glasfassaden. Dazu kommt ein gesteigerer Lebensstandard mit hohen Ansprüchen an die thermische Behaglichkeit.

In einem BFE-Projekt wurde die Frage untersucht, wie man mit bestehenden Wärmepumpensystemen ohne nennenswerten Mehraufwand auch kühlen kann.

## Anwendung

Dies wurde mit Hilfe von Simulationen an einem MINERGIE® - Gebäude mit einer Erdsondenwärmepumpe für Heizung und Warmwasser untersucht, das über die Bodenfläche beheizt und gekühlt wird. Das in der Untersuchung betrachtete Gebäude wurde mit einer Niedertemperatur - Fussbodenheizung mit Nutzung des Selbstregelfektes (Vorlauftemperatur im Heizfall < 30 °C) ohne Raumthermostatventile betrieben.



Abb. 1: In der theoretischen Untersuchung der passiven Kühlung mit Erdwärmesonden betrachtetes Gebäude

Die passive Kühlung mit Erdwärmesonden lässt sich wegen der guten Eignung für Flächenabgabesysteme (Bodenheizung) besonders gut in Niedrigenergiegebäuden einsetzen, die beispielsweise nach dem Standard MINERGIE® oder MINERGIE-P® zertifiziert sind.

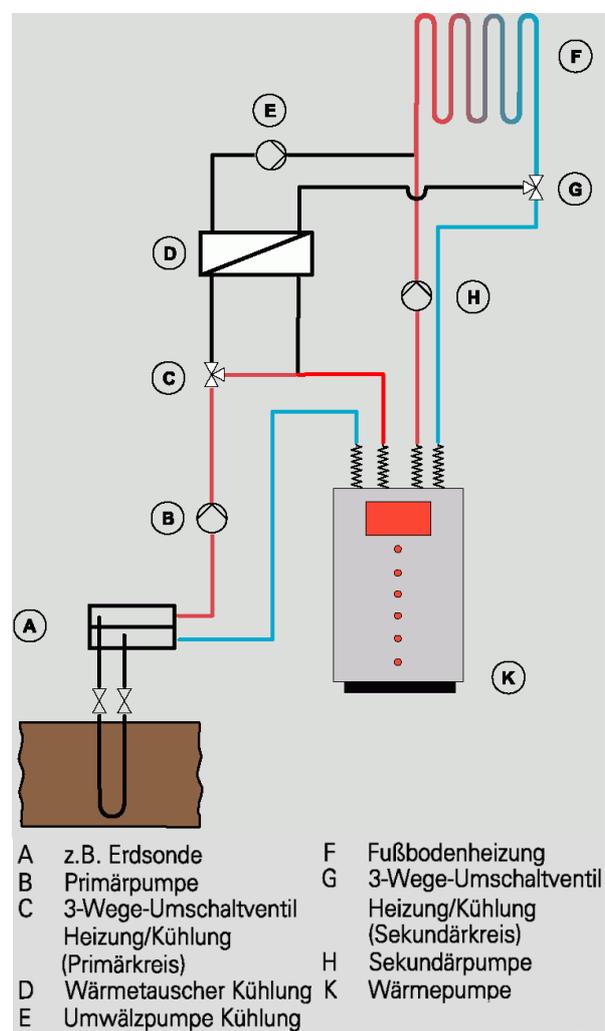


Abb. 2: Vereinfachtes Anlagenschema zum Heizen und Kühlen mit erdgekoppelter Wärmepumpenanlage und Fussbodenheizung (Quelle: Viessmann)

## Welche Hydraulik ist anzuwenden?

Die durchgeführte Untersuchung zeigte, dass eine passive Kühlung über die Erdwärmesonde die gestellten Anforderungen hinsichtlich Kühlung zu über 90% decken kann.

Die Energiesparmöglichkeiten durch eine Kühlung mit gleichzeitiger Wassererwärmung sind jedoch zu klein, um den Mehraufwand für die Investitionskosten zu rechtfertigen.

In der Hydraulik ist darauf zu achten, dass der Wärmetauscher Kühlung (D in Abb. 3:) am Austritt der Erdwärmesonde angeschlossen wird. Durch die Pufferwirkung der Erdsonde wird das Frostrisiko im Wärmetauscher für die Kühlung minimiert, wenn die Wärmepumpe läuft und die Wärme an den Warmwasserspeicher abgibt.

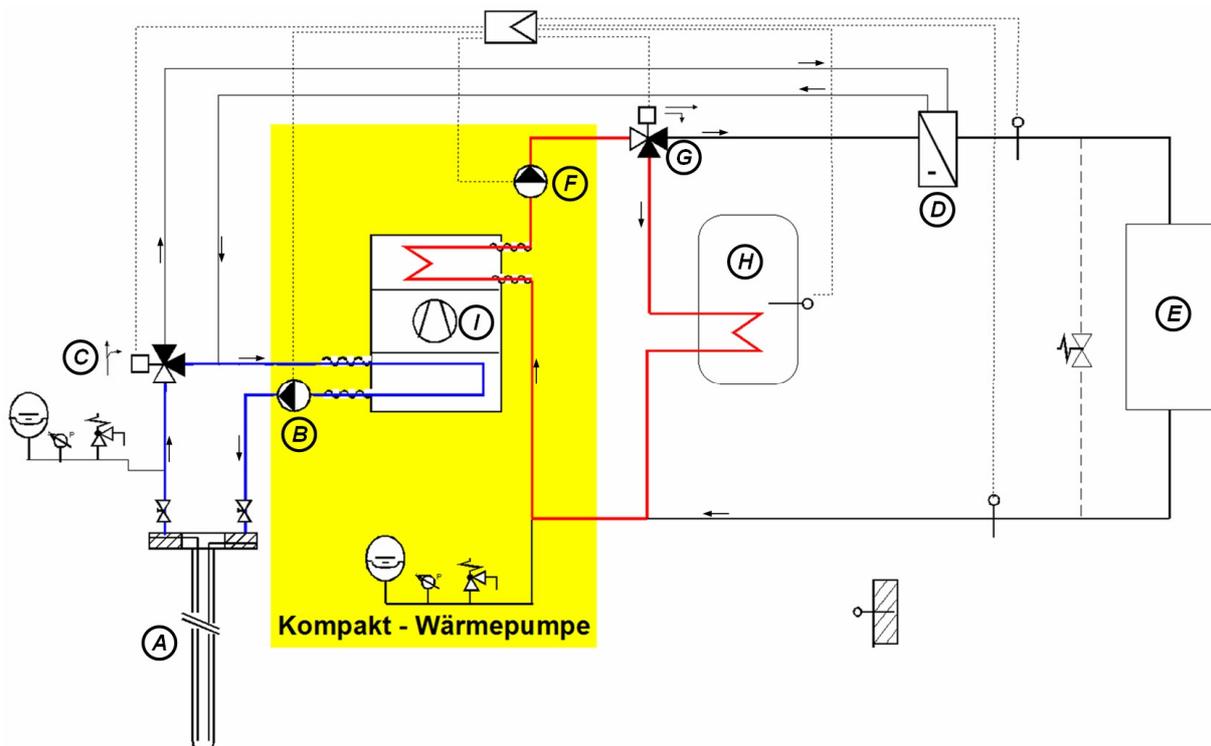


Abb. 3: Empfohlene Hydraulikschaltung für die Kühlung mit erdgekoppelten Wärmepumpen: A - Erdwärmesonde; B - Sondenpumpe; C - 3-Wege-Mischventil Kühlung; D - Wärmetauscher Kühlung; E - Fussbodenheizung; F - Pumpe Heizkreis & Warmwasserladung; G - Umschaltventil Heizkreis ↔ Warmwasserspeicher; H - Warmwasserspeicher; I - Wärmepumpe

## Wie sind die Komponenten auszulegen?

Im untersuchten Fall reicht die Auslegung der Erdwärmesonde und Fussbodenheizung für den Heizbetrieb auch im Kühlbetrieb aus. Zur maximalen Ausnutzung des Kühlpotenzials der Erdwärmesonde sollte die Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeaufnahme-system (E in Abb. 3) und dem Sondenfluid (A in Abb. 3) minimiert werden.

Einen wesentlichen Einfluss darauf hat die Auslegung des Wärmetauschers zwischen dem Erdwärmesondenkreis und dem Wärmeaufnahme-system. Die Senkung der Temperaturdifferenz (Grädigkeit) im Wärmetauscher von 3 K auf 1 K erhöht im betrachteten Fall den Kühldeckungsgrad von 66% auf 94%. Neben der Grädigkeit muss auch der Druckverlust im Wärmetauscher minimiert werden.

## Was bedeutet thermische Behaglichkeit?

Ein Raum wird als thermisch behaglich bezeichnet, wenn die Raumtemperatur im Sommer unter 28 °C liegt. Dies gilt für nicht klimatisierte Räume. Daneben haben auch andere Randbedingungen Einfluss auf die thermische Behaglichkeit. So sollte bei der Kühlung von Wohngebäuden die Oberflächentemperatur des Fussbodens nicht unter 20 °C liegen. Die behagliche minimale Oberflächentemperatur barfuss betretener Böden liegt je nach Wärmewiderstand des Oberflächenbelags zwischen 21 °C und 26 °C.

## Wie gross ist der Nutzen der passiven Kühlung?



Abb. 4: Verschattung zur Kombination mit thermisch aktiver Fussbodenfläche

Simulationen zeigten, dass die passive Kühlung mit Erdwärmesonde und Fussbodenheizung die Temperatur im Gebäudeinnern je nach Verschattungsregime um 2 bis 4 °C senken kann.

Dabei ist auf das Zusammenspiel verschiedener Massnahmen zu achten. So kann die Kombination von einer konsequenten Verschattung mit passiver Luftkühlung in der Nacht ergänzt durch die passive Kühlung mit Erdsonde und Bodenfläche im untersuchten Gebäude auch in einem warmen Sommer Temperaturen unter 28 °C gewährleisten.

## Wie ist das Aufwand- / Nutzenverhältnis?

Die Simulationen zeigten weiter, dass die Systemnutzungsgrade im passiven Kühlbetrieb im Bereich von 10 bis 25 liegen. Mit dem Systemnutzungsgrad Kühlen ist das Verhältnis zwischen Kühlenergie und elektrischem Aufwand für die Pumpen gemeint. Mit einer Kilowattstunde Strom können also zwischen 10 und 25 Kilowattstunden Wärme aus dem Gebäude abgeführt werden.

Die minimale Leistungsfähigkeit der Erdwärmesonde bei 1 K Grädigkeit des Wärmetauschers liegt im betrachteten Fall bei 26 W/m. Bei einer Grädigkeit von 3 K sind es nur noch 13 W/m.

Die Regeneration der Erdwärmesonde im Sommer macht sich im Winter kaum bemerkbar. Die Steigerung des Systemnutzungsgrades für den Heizbetrieb im Winter ist mit 2.5% gering, da der Effekt auf die Sondaustrittstemperatur im Februar mit ca. 0.5 K vernachlässigbar klein ist. Die passive Erdwärmesondenkühlung hat jedoch zur Folge, dass die für den Warmwasserbetrieb zur Verfügung stehende Sondaustrittstemperatur im Sommer und in der Übergangszeit zwischen 1 K und 5 K höher liegt. Die Arbeitszahl für Heizung und Warmwasser kann damit in dieser Zeit um 7-8% erhöht werden.

## Besteht die Gefahr der Kondensatbildung?

Simulationen zeigten, dass für die meisten schweizerischen Klimabedingungen eine Kondensatbildung nicht zu erwarten ist, sofern die Räume mechanisch belüftet werden und die Temperaturdifferenz zwischen der Bodenoberfläche und dem Raum unter 6 K liegt. Einschränkungen gelten für feucht-warme Regionen (z.B. Lugano) in denen die Taupunkttemperatur der Aussenluft 20 °C überschreiten kann. Zu beachten ist, dass Räume mit hohen Feuchtelasten (z.B. Bad) nicht über Flächen gekühlt werden sollten.

## Welche Wärmeabgabe & Regelung?



Abb. 5: Fussboden zum Heizen & Kühlen

Mit der gewählten Dimensionierung der Niedrigtemperaturbodenheizung und den daraus resultierenden geringen Temperaturdifferenzen kann eine hohe Effizienz der Wärmepumpe im Heizbetrieb sowie eine weitreichende Ausnutzung der passiven Erdwärmesondenkühlung erreicht werden. Damit die Anlage in der Übergangszeit nicht zu häufig zwischen Heiz- und Kühlbetrieb wechselt, muss beim vollautomatischen Betrieb in der Regelung eine Totzeit von 12 Stunden zwischen Heizen und Kühlen vorgesehen werden. Damit kann weitgehend vermieden werden, dass sich der Heizwärmebedarf durch den zusätzlichen Kühlbetrieb erhöht.

## Referenz

### „Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen“

Schlussbericht; Bundesamt für Energie;  
Bern; 2007; <http://www.empa-ren.ch>

Eine manuelle Freigabe / Sperrung der Kühlfunktion durch den Benutzer kann den durch die Kühlung verursachten Energiebedarf senken, sofern reduzierte Anforderungen an die thermische Behaglichkeit toleriert werden.

Die Anwendung einer witterungsgeführten Kühlkurve steuert die Kühlleistung und minimiert das Kondensationsrisiko.

## Was braucht es und was kostet es?

Um ein Einfamilienhaus mit einer erdgekoppelten Wärmepumpe und Fussbodenheizung zusätzlich mit einer passiven Erdwärmesondenkühlung auszurüsten, sind folgende Komponenten erforderlich:

- ein Wärmetauscher vom Sondenkreislauf zum Heizungskreislauf,
- ein Regelventil mit Temperaturfühlern zur Einstellung der Kühlkurve,
- ein Regelgerät für Heiz-/Kühlbetrieb
- und, je nach Abgabesystem, umschaltbare Raumthermostaten für Heiz- und Kühlbetrieb.

Beim Neubau beträgt die Zusatzinvestition hierfür etwa 2'000 - 3'000 CHF. Die zusätzlichen Energiekosten betragen bei einem Strompreis von 16 Rp/kWh ca. 20 CHF/Jahr.

## Kontakt

### Afjei, Th.; Dott, R.

Institut Energie am Bau – FHNW  
St. Jakobs - Strasse 84, 4132 Muttenz  
thomas.afjei@fhnw.ch  
<http://www.fhnw.ch/habg/iebau>

### Huber A.

Huber Energietechnik AG  
Jupiterstrasse 26, 8032 Zürich  
huber@hetag.ch  
<http://www.hetag.ch>