

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 137 (2011)
Heft: 48: Erdwärme

Rubrik: Magazin

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

OPTIMIERUNG VON ERDWÄRMESONDEN

Der Bau von Wärmepumpen mit Erdwärmesonden erlebt derzeit einen Boom. Der Stromverbrauch dieser Anlagen ist zwar im Vergleich zum Gesamtverbrauch der Schweiz klein. Trotzdem kann auch dessen Begrenzung einen Beitrag zur Energieeffizienz leisten. Ein Forschungsprojekt des Instituts für Facility Management der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) untersucht daher, welche Optimierungsmöglichkeiten bestehen.

Wärmepumpen (WP) mit Erdwärmesonden (EWS) sind überall dort eine sinnvolle Variante der Wärmeherzeugung, wo der Schutz des Grundwassers das Erstellen von Erdwärmesonden nicht verhindert. Mit relativ wenig Strombedarf kann die notwendige Wärme für Heizung und Warmwasser effizient und langfristig kostengünstig erzeugt werden. Der Bau solcher Anlagen ist für Neu- und Altbauten meist problemlos möglich. Die Betriebserfahrungen zeigen, dass die Anlagen störungsfrei funktionieren.

Ein vierjähriges Forschungsprojekt des Instituts für Facility Management der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) untersucht derzeit, wie sich diese Anlagen noch weiter optimieren lassen.^{1,2} Optimierungsmöglichkeiten bestehen bei der Hinterfüllung, dem Fluid in der Sonde und der Auslegung.

WAHL DES HINTERFÜLLMATERIALS

Das Bohrloch muss nach dem Einbau der EWS mit einem dauerhaft leicht elastischen Mörtel hinterfüllt werden (Abb. 1). Diese Hinterfüllung soll einerseits die Sondenrohre thermisch an das Erdreich resp. den Fels anbinden. Andererseits muss eine dauerhafte Abdichtung des Bohrlochs gewährleistet werden, um unkontrollierte Grundwasserströmungen zu verhindern. Zum Dritten dient die Hinterfüllung dazu, die Sondenrohre mechanisch zu stützen und vor vorzeitigem Defekt zu schützen.³

Um diese Aufgaben zu erfüllen, muss das Hinterfüllmaterial gut wärmeleitend und frostsicher sein sowie nicht durch Erosion abbaubar. In der Schweiz werden heute aber überwiegend Hinterfüllmörtel angewendet, die diesen Forderungen nicht entsprechen. Dazu



01 Die Wahl eines thermisch besser leitfähigen Hinterfüllmaterials ist eine einfache Massnahme, um die Effizienz einer Erdwärmesonde zu verbessern (Foto/ Grafik: Autor)

gehört auch eine durch Bohrunternehmer selbst herstellbare Mischung aus Sand, Zement und Bentonit (FWS-Standardmischung). Diese Mischung hat nicht nur eine schlechte Wärmeleitfähigkeit, sie ist auch nicht frostsicher und kann durch Erosion abgebaut werden. Fachleute aus Deutschland und Österreich lehnen dieses Hinterfüllmaterial deshalb klar ab.^{4,5} Auf dem Markt finden sich heute verschiedene Fertigmischungen. Diese sind mit tiefer oder mit verbesserter Wärmeleitung erhältlich. Optimal ist eine Wärmeleitfähigkeit des Mörtels von etwa 2 bis 2.5 W/mK, was etwa dem umgebenden Gestein entspricht. Zu empfehlende Fertigmischungen, die die oben erwähnten Forderungen erfüllen, sind auf der Website des Projekts aufgelistet.² Die Mehrinvestition für Mörtel mit guter Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa 4 bis 6 Fr. pro Laufmeter EWS. Dafür wird die Soletemperatur bis zu 2°C höher, was zu einer Stromeinsparung von ca. 6% führt.⁶ Immer dann, wenn mit Erdwärmesonden geheizt und gekühlt werden soll, ist die Verwendung von gut wärmeleitendem Hinterfüllmaterial ein absolutes Muss, denn die Effizienz der Anlage kann im Sommer wie im Winter wesentlich verbessert werden.⁷

WAHL DES FLUIDS IN DER SONDE

Eine weitere Optimierungsmöglichkeit liegt in der Wahl des Fluids, das in der EWS zirkuliert. Heute üblich ist eine Mischung von Wasser und 20 bis 25% Ethylenglykol. Wegen seiner thermodynamischen Eigen-

schaften ist aber reines Wasser am besten geeignet. Wenn reines Wasser angewendet wird, muss die EWS jedoch tiefer gebohrt werden, um ein Gefrieren des Fluids zu vermeiden. Die Temperatur im Wasser kann damit immer oberhalb der Temperatur gehalten werden, die eine Frostgefahr auch im Verdampfer der Wärmepumpe verhindert. Die Hersteller sind gefordert, Wärmepumpen zu liefern, die diese Temperatur auf ein Minimum von 2°C begrenzen und zusätzliche Sicherungen gegen Frost eingebaut haben (Temperatur und Durchflussüberwachung, Frost als unerwünschter Betriebsfall, nicht aber als Störfall mit Abschaltung der Anlage). Wenn gut wärmeleitender Mörtel verwendet wird, beträgt die notwendige Mehrlänge der EWS etwa 25 bis 30% gegenüber einer Auslegung nach SIA-Norm 384/6.

Eine Mehrlänge der EWS ist auch zu empfehlen, da zukünftige Generationen von Wärmepumpen eine um ca. 20% bessere Effizienz (Leistungsziffer COP) aufweisen könnten. Wird im Laufe der Lebensdauer einer EWS, die etwa zwei- bis viermal länger ist als diejenige einer WP, zu einer WP mit besserer Leistungszahl gewechselt, wird der geringere Antriebsstrom der WP in entsprechend weniger Wärme umgewandelt. Somit muss mehr Wärme aus dem Erdreich gezogen werden, was eine entsprechend tiefere Sonde erforderlich macht.

Falls kein reines Wasser gewählt wird oder die Sonde sich als zu kurz erweist, dann ist

eine Mischung aus Wasser und ca. 20 % Ethanol zu empfehlen. Diese Mischung hat eine bessere Wärmekapazität als Wasser mit Ethylenglykol, wodurch geringere Umwälzmengen und damit eine deutlich geringere Pumpenleistung erforderlich sind. Ethanol ist heute mit der VOC-Abgabe belegt und daher teuer. Alcosuisse, die zur Eidg. Alkoholverwaltung gehört, plant, ein Ethanol-Wasser-Gemisch für EWS auf den Markt zu bringen, das dank Befreiung von dieser Abgabe auch preislich attraktiv wäre.

DIMENSIONIERUNG DER UMWÄLZPUMPEN

Die korrekte Dimensionierung der Umwälzpumpen, die das Fluid in den Erdwärmesonden umwälzen, beinhaltet weiteres Sparpotenzial. Hier ist vor allem eine Überdimensionierung zu vermeiden. Zuschläge sind kontraproduktiv, und es kann auch das nächst kleinere Modell (anstelle des nächst grösseren) gewählt werden. Bei Auslegung auf 3°C Temperaturdifferenz im Sondenfluid funktioniert die Anlage auch dann noch einwandfrei, wenn eine nur halb so grosse Pumpe gewählt würde. Insbesondere bei tieferen EWS kann diese Temperaturdifferenz auf 4 oder 5°C ausgelegt werden. Heute hilft auch die Entwicklung hocheffizienter Pumpen, den Strombedarf der Umwälzpumpen auf Werte unter 3 % der Antriebsenergie des Kompressors zu drücken. Die Werte der neuen SIA-Norm 384/3 (Entwurf) können so gut eingehalten werden.

GROSSES SPARPOTENZIAL DURCH GESAMTOPTIMIERUNG

Die Optimierung der Gesamtanlage (Gebäude, Wärmeabgabe, Wärmepumpe, EWS und Regulierung) kann den Stromverbrauch ebenfalls deutlich senken. Dazu gehört eine sehr gute Wärmedämmung des Gebäudes (wie heute vorgeschrieben), eine Flächenheizung mit tiefer Vorlauftemperatur (max. 30°C), eine effiziente Wärmepumpe (hohe Leistungszahl COP) und eine optimierte EWS. Auf einen technischen Speicher im Gebäude ist zu verzichten, da ein gut gedämmtes Gebäude selbst einen sehr guten Speicher darstellt. Feldstudien zeigen, dass einfache Anlagen ohne Speicher die besten Jahresarbeitszahlen erreichen.⁸

Die Anlage sollte sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen genutzt werden können, denn aufgrund des Trends zu mehr Komfort und aufgrund der Klimaerwärmung wird die Nachfrage nach Kühlung im Sommer zunehmen. Dazu sollte die Flächenheizung, wenn immer möglich, in die Decke eingebaut werden, was bei gut gedämmten Gebäuden keinerlei Probleme verursacht.

Wärmepumpen kombiniert mit Fotovoltaik sind am sinnvollsten (Abb. 2). Der jährliche Strombedarf für eine optimierte WP-Anlage kann relativ leicht mit einer Fotovoltaikanlage (PV) erzeugt werden. Die stark sinkenden Preise für PV-Module ermöglichen es so oft, mit tragbarer Mehrinvestition ein Nullheizenergiehaus zu erreichen. Heute werden oft

thermische Solarkollektoren als Zusatz zu einer WP angeboten. Da ein Teil der erforderlichen Wärme von den Kollektoren produziert wird, sinkt der Strombedarf der WP. Eine PV-Anlage, die gleich viel Strom produziert wie mit den thermischen Kollektoren gespart werden kann, ist heute aber ca. dreimal billiger. Die Kombination WP und thermische Solarkollektoren muss daher inzwischen fast als Geldverschwendung bezeichnet werden. Am allerbesten sind kombinierte PV-Module (auch als Hybridkollektoren bezeichnet), die Strom und Niedertemperaturwärme gleichzeitig gewinnen. Mit der Wärme kann im Sommer die EWS regeneriert werden und die WP dann mit höherer Wärmequellentemperatur noch effizienter betrieben werden.

Markus Hubbuch, dipl. Ing. ETH/SIA, Prof., Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Departement Life Science und Facility Management, Institut für Facility Management, Wädenswil, markus.hubbuch@zhaw.ch

Anmerkungen

1 Das Forschungsprojekt wurde im Oktober 2009 gestartet. Beteiligt sind neben dem Institut für Facility Management der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ), die Firma Störi AG Wärmepumpen Wärmetechnik in Au (ZH) sowie die Firma Huber Energietechnik AG in Zürich

2 Die Website www.erdsondenoptimierung.ch steht allen Interessierten und Beteiligten zur Verfügung, um optimierte Wärmepumpenanlagen mit Erdwärmesonden bestellen, planen, erstellen und betreiben zu können. Mit den Informationen können Anlagen realisiert werden, deren Jahresarbeitszahl besser ist als heute üblich. Damit können mit wenig Mehrinvestitionen deutlich tiefere Energiekosten erreicht werden. Die Website wird bis zum Projektende im Jahr 2013 laufend ergänzt und aktualisiert

3 SIA-Norm 384/6 (2010), Erdwärmesonden, Norm des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins, Zürich, Kap. 4.3.1.1

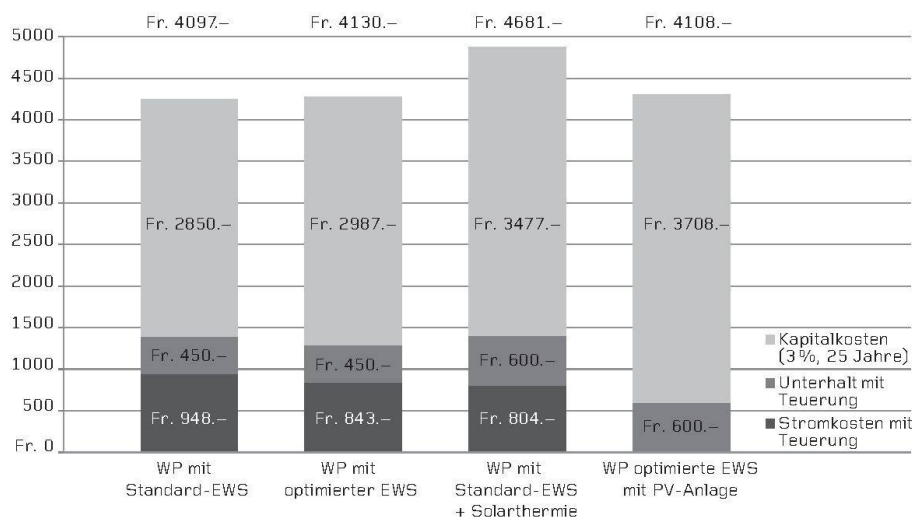
4 Müller, Lutz (2009), Frost – Tau – Widerstand von Verfüllbaustoffen für Erdwärmesonden. Beitrag in «Der Geothermiekongress 2009», Bochum

5 Niederbrucker R., Steinbacher N. (2007), Eignungsuntersuchung von Verpressmaterialien für Erdwärmesonden, Endbericht, Land Oberösterreich, Linz

6 Huber A. (2010), Einfluss der Sondenhinterfüllung, Bericht im Rahmen des Projektes Optimierung von EWS, Zürich (veröffentlicht auf www.erdsondenoptimierung.ch)

7 Ebert H.-P. et al. (2000), Optimierung von Erdwärmesonden, Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V., Würzburg

8 Erb, Hubacher (2004), Schlussbericht FAWA 1996–2003, BFE Bern



02 Jahreskosten einer Wärmepumpenanlage für ein durchschnittliches EFH, Stromkosten CH-Mittel