SPF Institut für Solartechnnik

OST Ostschweizer Fachhochschule

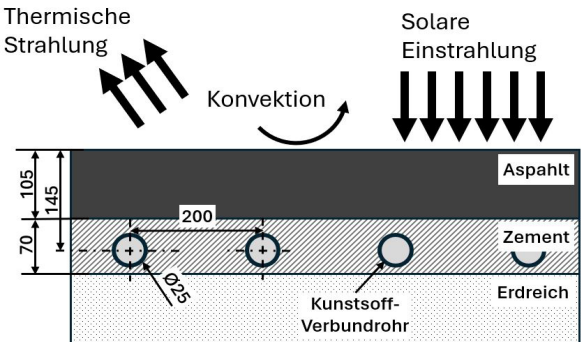
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE
Energieforschung und Cleantech

P&D-AsphaltReg

Demonstration und Optimierung eines rezyklierbaren Asphaltkollektors zur Regeneration von Erdwärmesonden

Mithilfe von Asphaltkollektoren kann Wärme aus Sonnenlicht, Umgebungsluft und Regenwasser gewonnen werden. In diesem Projekt wurde anhand von Feldmessungen und Simulationen untersucht, ob und wie dies gelingt. Um die Rezyklierfähigkeit des Asphalts zu bewahren, wurden die Kollektorrohre unterhalb der Asphaltschicht verlegt.



Prinzipschema Asphaltkollektor

Darum gehts

Im Rahmen des Pilot- und Demonstrationsprojekts AsphaltReg wurde in Wald ZH erstmals in der Schweiz ein rezyklierbarer Asphaltkollektor, zur Regeneration von Erdwärmesonden, erfolgreich thermisch vermessen und modelliert. In einer Zementmörtelschicht in etwa 14 cm Tiefe, und rund damit 2 cm unterhalb der Asphaltschicht, verlaufen wasserführende Rohre, welche sowohl die Wärme der Asphaltschicht als auch des Erdreichs sammeln. Durch diesen innovativen Aufbau bleibt die Asphaltdecke vollständig rezyklierbar, während die Rohre geschützt sind. Somit können nicht nur Verkehrsflächen als Energiequelle genutzt werden, ohne dass es zu einer Konkurrenzsituation mit bspw. PV-Flächen kommt, sondern auch aufgeheizte Asphaltflächen in Innenstädten abgekühlt werden.

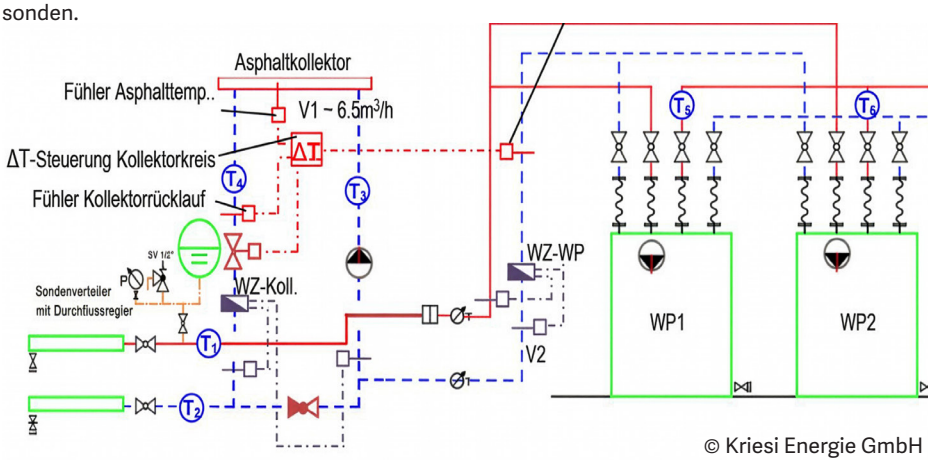
Warum regenerieren?

Erdwärmesonden (EWS) entziehen dem Untergrund über Jahre hinweg kontinuierlich Wärme. Je dichter sie angeordnet sind, desto mehr kühlt das Erdreich aus, wodurch sich die Effizienz der Wärmepumpe reduziert. Dies kann verhindert werden, indem im Sommer Energie in den Untergrund zugeführt und dieser somit regeneriert wird, was seit 2021 durch die Norm SIA 384/6 bei hohen Entzugsdichten auch vorgeschrieben wird. Eine Regeneration bringt mehrere Vorteile: Durch die Rückführung von Wärme steigen die Quellentemperaturen und somit die Effizienz der Wärmepumpe. Je nach Sondenfeld können zudem Sondenmeter und somit Kosten eingespart und eine Auskühlung und potenzielle Konflikte mit benachbarten Anlagen vermieden werden.

Demonstration dank der EW-Wald AG

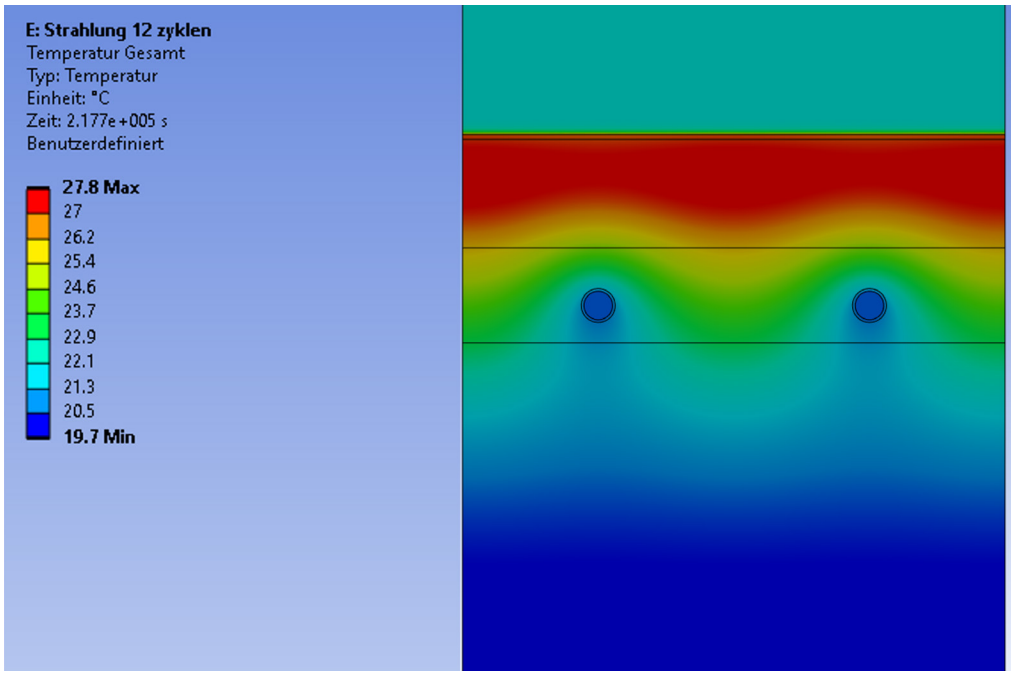
Für den im Jahr 2023 errichteten Neubau setzte das EW Wald nicht nur auf einen besonders effizienten Baustandard, sondern wollte auch neue, innovative Konzepte zur Wärmeversorgung einsetzen und testen. Zu diesem Zweck wurden 17 Asphaltkollektoren mit einer Gesamtfläche von 262 m² für die Erdsondenregeneration installiert und in das Wärmeerzeugungssystem eingebunden. Die Integration erfolgt, wie in der Abbildung unten links dargestellt, zwischen Wärmepumpen und Rücklauf der EWS. Aus Sicherheitsgründen wurde

Einbindung der Kollektoren in den Kreislauf der Wärmepumpen mit Erdwärmesonden.



© Kriesi Energie GmbH

Technische Details	
Anzahl Kollektoren	17
Gesamtfläche	262 m²
Kollektorlänge	1190 m
Spezifischer Ertrag	200 kWh/m²·a
Anzahl Erdsonden	6
Erdsondenlänge	je 230 m
Regenerationsbilanz EWS 2024	
Entzug Warmwasser und Heizen	- 58.4 MWh
Entzug sonstige	- 6.7 MWh
Wärme Asphaltkollektor	+ 52.3 MWh
Wärme aktives Kühlen	+ 18.1 MWh
Summe	**+5.6 MWh**



Momentaufnhme der thermischen Analyse (Ansys).

das EWS-Feld jedoch so ausgelegt, dass es auch ohne Regeneration genügend Wärme liefert. Die Sorge, dass die Kollektoren bei der erstmaligen Umsetzung eventuell nicht genügend Energie bereitstellen könnten, erwies sich als unbegründet. Der spezifische Ertrag lag in den ersten beiden Betriebsjahre bei über 200 kWh/m²a womit die Prognosen deutlich übertroffen wurden.

Erkenntnisse aus Monitoring und Modellierung

Mithilfe des Monitorings wurde sowohl eine thermische Analyse zur Optimierung des Kollektoraufbaus als auch eine Systemsimulation in Polysun durchgeführt, um Asphaltkollektoren mit anderen Regenerationstechnologien zu vergleichen. Dazu wurden verschiedene Temperatursensoren in unterschiedlichen Bereichen des Asphaltkollektors sowie eine Wetterstation installiert. Für die thermische Analyse des Kollektoraufbaus wurde ein vereinfachtes 2D-Modell des Kollektors erstellt. Anhand der Messdaten wurden Parameter wie die thermische Leitfähigkeit und die Wärmekapazität der einzelnen Schichten angepasst. Anschliessend wurden die Parameter variiert, um die Auswirkungen unterschiedlicher Fluidtemperaturen im Kollektor und unterschiedlicher Rohrabstände auf das Kollektorverhalten zu untersuchen und Optimierungspotenziale zu identifizieren. Da transiente thermische Analysen sehr rechenintensiv sind, wurde ein Analyszeitraum von zwölf Tagen gewählt und die spezifischen Erträge mit einem Referenzszenario verglichen, das möglichst gut mit den realen Ertragsdaten für diesen Zeitraum übereinstimmt.

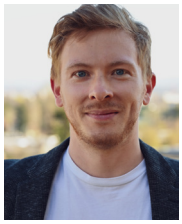
Szenario	Ø Spezifische Leistung	Ertragsänderung
Referenz	58 W/m²	0 %
Ø Fluidtemp. - 5 K	86 W/m²	+ 48 %
Ø Fluidtemp. + 5 K	33 W/m²	- 44 %
Abstand halbiert	78 W/m²	+ 34 %
Abstand verdoppelt	37 W/m²	- 35 %

Die Tabelle zeigt die spezifischen Erträge der verschiedenen Analysen und den prozentualen Unterschied zum Referenzszenario. Deutlich erkennbar ist die Temperatursensibilität des Asphaltkollektors. Die Analysen des Rohrabstandes zeigen, dass mit einem kleineren Abstand noch deutlich mehr Energie aus dem Kollektor gewonnen werden könnte. Mithilfe der Monitoring-Daten konnte ausserdem das Polysun-Modell für unabgedeckte solarthermische Kollektoren als Asphaltkollektor parametrisiert werden, wodurch eine gute Planungsgrundlage für solche Kollektoren zur Verfügung steht. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit einer Langzeitanalyse (50 Jahre) sowie der Vergleich mit weiteren Regenerationstechnologien aus der RegenOpt-Studie[1]. Die Simulation zeigt, dass der Asphaltkollektor vor allem bei niedrigen Regenerationsgraden, das heisst bei geringen Betriebstemperaturen, effizient betrieben werden kann. Hierbei liegen die spezifischen Erträge und Regenerationswirkungen des Asphaltkollektors in derselben Grössenordnung wie die von unselektiven oder PVT-Kollektoren. RegenOpt zeigt auf, dass für ein saniertes Mehrfamilienhaus mit zwölf Wohnungen eine Teilregeneration mit 60 m² Asphaltfläche ausreicht, um einer nächtlichen Auskühlung signifikant entgegenzuwirken. Eine solche Fläche lässt sich auch in dicht besiedelten Gebieten leicht unter Strassen, Trottoirs, Parkplätzen oder Tiefgarageneinfahrten realisieren. Mit den in dem Projekt erzielten Kollektormehrkosten von 500 CHF/m² ist diese Technologie bereits konkurrenzfähig zu anderen Regenerationstechnologien. Dabei muss angemerkt werden, dass die ohnehin benötigte Asphaltierung nicht in die Kosten miteinberechnet wurde. Es handelt sich dabei aber um die Kosten einer erstmaligen Umsetzung im Pilotprojekt. Bei Folgeprojekten ist durch zunehmende Erfahrung und optimierter Bauprozesse mit hohen Kosteneinsparungen zu rechnen.

Ausblick – ein Beitrag zur Wärmewende

Die Ergebnisse zeigen, dass sich Asphaltkollektoren gegenüber anderen Regenerationstechnologien als wirtschaftlich konkurrenzfähig erweisen. Die Doppelnutzung versiegelter Flächen ist besonders interessant. Die Herausforderung: Asphalt-Sanierungen oder Neubauten fallen selten mit dem Einbau von Kollektoren zeitlich zusammen. Dennoch können Asphaltkollektoren in dicht besiedelten Gebieten, mit Flächenknappheit und obligatorischer Regeneration, ein entscheidender Faktor für die grossflächige Verbreitung hocheffizienter geothermischer Wärmepumpen sein.

[1]Hier geht es zur RegenOpt-Studie



Kontakt
Alexander Schmitt
OST – Ostschweizer Fachhochschule,
Campus Rapperswil-Jona
Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil
+41 58 257 4144
alexander.schmitt@ost.ch