

Neues Konzept kombiniert Regenwasser- und Erdwärmenutzung

Optimierte Nutzung oberflächennaher Geothermie

Die spezifische Entzugsleistung von Erdwärme über horizontale oberflächennahe Kollektoren steht im engen Zusammenhang mit der jeweiligen Bodenbeschaffenheit. Durch die gezielte Einleitung von Regenwasser und die damit einhergehende Erhöhung des Feuchtigkeitsgehalts, kann die Entzugsleistung gegenüber normalerweise anzutreffenden Bodenverhältnissen deutlich gesteigert und somit die Kollektorfläche minimiert werden.

Trotz drastisch gestiegener Energiepreise wird Erdwärme als kostenlose und umweltfreundliche Energiequelle bisher in Deutschland nur geringfügig und ohne Einfluss auf die Energieverbrauchsstatistik genutzt. In Island dagegen, wird Erdwärme intensiv für Heizzwecke in Gebäuden und im Gartenbau eingesetzt. Bereits 90% aller Gebäude werden auf der Insel mit Erdwärme beheizt. Im römischen Reich beheizte Erdwärme Thermalbäder. Weltweit sind ca. 43×10^{24} Joule gespeichert, wobei der nutzbare Teil aufgrund technischer und ökonomischer Gründe jedoch weit darunter liegt.

Geothermie ist nach VDI 4640 die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde. Umgangssprachlich wird Geothermie jedoch auch für die „Nutzung von Erdwärme“ verwendet. Im Gegensatz zu fast allen anderen regenerativen Energien ist die Erdwärme – abgesehen von der sehr dünnen oberflächennahen Schicht – nicht auf eingestrahlte Sonnenenergie, sondern auf die frei werdende Energie durch den Zerfall radioaktiver Isotope im Erdinneren zurückzuführen. Zur energetischen Nutzung sind allerdings beide Energiequellen hoch interessant.

Trotz der gigantischen Potenziale, die uns die Erdkruste bis in eine Tiefe von 7000 m anbietet – nach einer Studie des Büros für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages liegen sie strom- und wärmeseitig ungefähr 660fach über dem aktuellen Bedarf – wird die Nutzung der (Tiefen-)Geothermie in absehbarer Zukunft aus wirtschaftlichen Gründen nur eine geringe Verdrängung konventioneller endlicher Energieträger vornehmen können. Obwohl nur 1% des Potenzials auf

hydrothermale Vorkommen entfällt, konzentrieren sich die aktuellen Pilotprojekte auf die Anzapfung dieser im Erdreich liegenden Warm- und Heißwasserspeicher (Heißwasser-Aquifere) zu Heizzwecken oder als Antriebsenergie zur Stromerzeugung. In unseren Regionen liegen diese Speicher tief unter der Erdoberfläche. Die im Januar begonnene Bohrung in Unterhaching wird beispielsweise eine Endteufe von 3400 m haben, um Thermalwasser von 100 bis 120°C zu gewinnen und in einem Geothermiekraftwerk zu nutzen.

Nutzung oberflächennaher Geothermie

Oberflächennahe Geothermie lässt sich dagegen mit Hilfe horizontaler Kollektorsysteme oder vertikalen Erdsonden vergleichsweise einfach und in kleinen dezentralen Einheiten nutzen. Die am Wärmeentzug teilnehmenden oberflächennahen Schichten werden von Sonneneinstrahlung beaufschlagt und dabei thermisch aufgeladen und wirken so als saisonale Speicher. Oberflächennahe Geothermie setzt sich zu 98% aus Sonnenenergie und lediglich 2% aus aufsteigender Energie aus tieferen Schichten zusammen.

Horizontale Kollektorsysteme bestehen aus flächig verlegten Rohrsystemen mit Durchmessern von 25 bis 32 mm. In der Regel werden nach benötigter Wärmeentzugsleistung dazu mehrere Kreise parallel auf ein Verteiler-/Sammlersystem geführt. Die Verlegetiefe sollte mindestens 1,20 m betragen aber 1,50 m nicht überschreiten. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Temperatur zwar zu; allerdings nimmt auch die von der Erdoberfläche zufließende Wärmemenge durch Sonneneinstrahlung und damit die Regeneration stark ab.

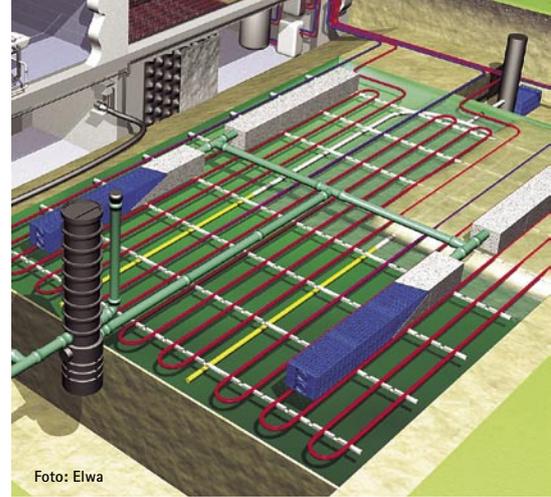


Foto: Elwa

Entzugsleistungen von Erdkollektoren

Wie bereits oben erläutert, handelt es sich um Sonnenenergie, die dem Boden entzogen wird, weil die aus tieferen Erdschichten aufsteigende Wärmeenergie vernachlässigbar klein ist. Für den Prozess des Wärmeaustausches sind daher die Wärmeleitfähigkeit sowie die Wärmekapazität maßgebend. Vereinfacht gilt, dass Speichereigenschaft und Wärmeleitfähigkeit umso größer sind, je mehr der Boden mit Wasser angereichert ist und je höher die mineralischen Bestandteile wie Quarz oder Feldspat und je geringer die Anteile an mit Luft gefüllten Poren sind.

Untergrund	Spezifische Entzugsleistung in W/m ²	
	bei 1800 h	bei 2400 h
Trockener, nicht bindiger Boden	10	8
Bindiger Boden, feucht	20 bis 30	16 bis 24
Wassergesättigter Sand/Kies	40	32

Quelle: VDI 4640-2

Tabelle 1 Spezifische Entzugsleistungen für Erdwärmekollektoren

Tabelle 1 verdeutlicht die Steigerung der möglichen Entzugsleistung bei erhöhtem Feuchtigkeitsgehalt des umgebenden Erdreichs. Da wassergesättigte Böden bei geplanten Objekten mit Erdwärmekollektoren nur in Ausnahmen anzutreffen sind, ist bei herkömmlichen Flächenkollektoren in der Regel von einer mittleren Entzugsleistung von 15 bis 20 W/m² auszugehen. Aufgrund des sich ergebenden großen Platzbedarfs konnten Flächenkollektoren bislang nur auf entsprechend großen Grundstücken eingesetzt werden.

AquaGeoKollektor erhöht Entzugsleistung

Um das Wissen über den Einfluss der Bodenbeschaffenheit nicht nur auf eine Dimensionierungsgrundlage zu beschränken, sondern die Mechanismen gezielt zu beeinflussen und zu nutzen, wurde jetzt von einem Systemlieferant für die Regen-

wasserbewirtschaftung in enger Kooperation mit einem in Deutschland führenden Wärmepumpenanbieter unter Mitwirkung der Fachhochschule Osnabrück ein innovatives Kollektorsystem entwickelt.

Grundgedanke der Entwicklung ist eine Verknüpfung von Regenwasserableitung mit einer effektiveren Nutzung der oberflächennahen Geothermie. Das über Dach- und Hofflächen abzuführende Regenwasser soll verwendet werden, um die Entzugsleistungen im Kollektorfeld deutlich zu erhöhen. Ansatz ist daher eine gezielte Befeuchtung und Feuchthaltung auch in regenarmen Perioden des Jahres. Im Idealfall soll das Regenwasser eine ständige Regeneration des „Schlammabades“ um den Kollektor herum bewirken und durch die aktive Kapillarwirkung das Erdreich zwischen Erdkollektor und Erdoberfläche befeuchten. Durch die Erdfeuchte verbessert sich die Wärmeleit- und Wärmespeicherefähigkeit, wodurch eine schnellere Regeneration erfolgt.

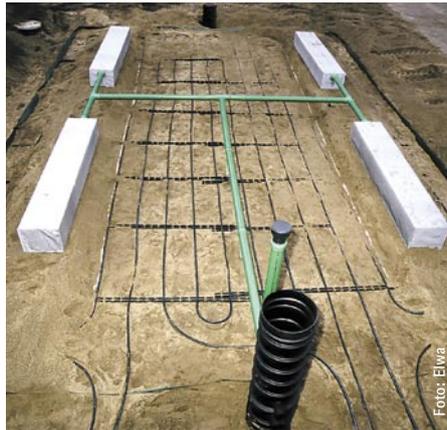


Bild 2 Fertig verlegtes Kollektorfeld

eine gezielte Anordnung von speziellen Sickerblöcken im Kollektorfeld. Die Sickerblöcke sind durch ein verrottungs-festes Geo-Textil vor Bodeneintrag geschützt und gewährleisten eine gleichmäßige Beaufschlagung des Kollektorfelds mit Regenwasser. Durch die begrenzte Höhe der Bodenwanne von 20 cm kann über-

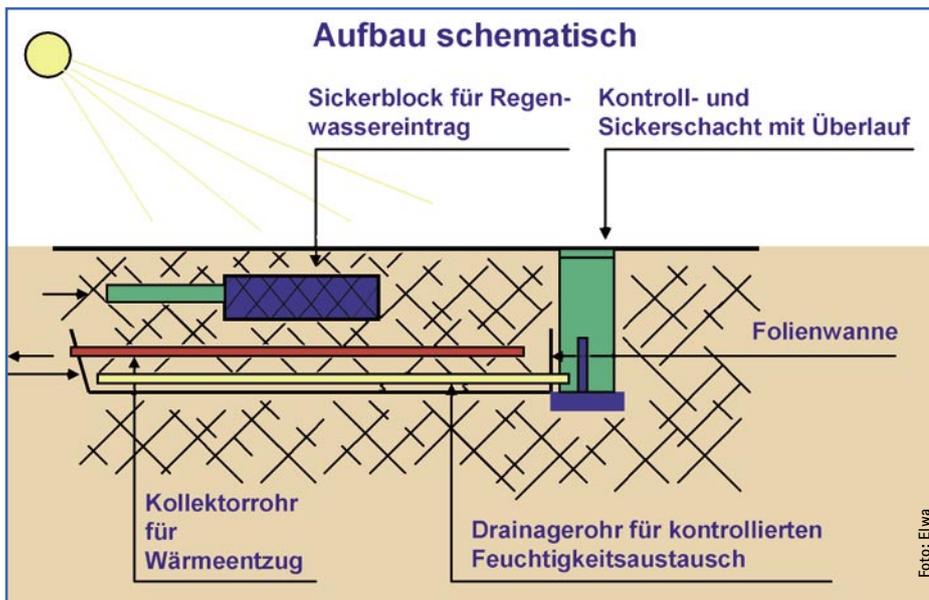


Bild 1 AquaGeoKollektor, schematischer Aufbau

Dazu besteht der Grundaufbau des Aqua-GeoKollektors aus einer wasserdichten Wanne, die den unteren Abschluss des Kollektorsystems bildet (Bild 1). Die Versorgung mit Regenwasser erfolgt über

laufendes Wasser über den Wannenanrand hinaus versickern. Innerhalb der durch Regenwasser gesättigten Bodenwanne verlaufen die Kollektorrohre für den Wärmeentzug (Bild 2).

AquaGeothermie-Versuchsanlage

Es wurden bei der Wärmepumpen-Versuchsanlage vier unterschiedliche Entzugsflächen konzipiert. Hierdurch soll am Ende des Versuchszeitraums eine Vergleichbarkeit der einzelnen Felder untereinander ermöglicht werden. Der Aufbau der einzelnen Testfelder ergibt sich wie folgt:

Feld 1

Mit Pflaster versiegelte Oberfläche, ohne zusätzliche Regenwasserzufuhr, mit Bodenwanne, ohne Drainage

Feld 2

Mit Pflaster versiegelte Oberfläche, mit Regenwasserzufuhr, mit Bodenwanne und kontrollierter Drainage

Feld 3

Unversiegelte Oberfläche, mit Regenwasserzufuhr, mit Bodenwanne und kontrollierter Drainage

Feld 4

Unversiegelte Oberfläche ohne Regenwasserzufuhr, ohne Bodenwanne, ohne Drainage

Die gewählten Feldvarianten lassen eine detaillierte Untersuchung und Auswertung aller relevanten Einflüsse in Bezug auf die Wärmeentzugsleistung, wie Feuchtigkeitsgehalt, Regenerationsdauer, Kapillarität oder Wärmeleitfähigkeit zu. In diesem Zusammenhang wurde auch mit verschiedenen Bodenzusammensetzungen experimentiert, da auch hiermit ein unmittelbarer Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Kollektorsystems gegeben ist.



Foto: Elwa

Kostenvergleich

Aufgrund der erweiterten Systemgrenzen ist ein Preisvergleich zu konkurrierenden Systemen nicht direkt möglich. Im Vergleich zu Erdwärmesonden, besteht ein deutlicher Investitionskostenvorteil zu Gunsten des AquaGeoKollektors. Herkömmliche Flächenkollektoren sind auf den ersten Blick in der Anschaffung günstiger, erfordern aber bei gleicher Entzugsleistung je nach örtlichen Verhältnissen einen zwei- bis viermal größeren Platzbedarf. Daher sind Kosten für Erdaushub, Rohrverlegung und Wiederverfüllung deutlich höher anzusetzen.

Bei weitergehender Betrachtungsweise fällt der Kostenvergleich noch eindeutiger aus. Da bei dem ELWA-System eine Sickeranlage praktisch integriert ist, kann das anfallende Regerwasser auf dem eigenen Grundstück abgeleitet werden. Dadurch können je nach kommunaler Gebührenregelung bei gesplitteter Abwassergebühr die Regenwasserableitungsgebühren für die anrechenbaren (versiegelten) Flächen Jahr für Jahr gutgeschrieben werden. Niederschlagswasserentgelte liegen in Deutschland im Bereich von 0,39 Euro/m² (Münster) und 1,54 Euro/m² (Wuppertal).

Kollektor ein Filterschacht, um Blätter, Blütenstaub und andere Verunreinigungen aus dem System fernzuhalten.

Versuchsanlage bestätigt Annahmen

Auf Basis der oben beschriebenen Annahmen erfolgte bereits in der Entwicklungsphase der Bau einer in Deutschland wohl einzigartigsten Versuchsanlage. Grundlage dieses Großversuchs sind unterschiedlich aufgebaute Entzugsflächen, mit deren Hilfe eine objektive Vergleichsmöglichkeit der Leistungsfähigkeit besteht (siehe Infokasten). Verglichen wurden beispielsweise Versuchsflächen mit und ohne gezielter Wasserzuführung sowie versiegelte und unversiegelte Flächen. Angeschlossen an die jeweiligen Versuchsfelder sind identische Sole-/Wasserwärmepumpen mit einer Wärmeleistung von 5,8 kW.

Zur Simulation einer Gebäudebeheizung wurden die Testfelder pro Kalendermonat unterschiedlichen Belastungszeiten ausgesetzt. So wurde in den Sommermonaten

mit zweistündiger Betriebsdauer eine Warmwasserbereitung nachgebildet, während in den Wintermonaten alle Versuchsanlagen jeweils zwölf Stunden im Betrieb waren, um Warmwasserbereitung und Gebäudebeheizung zu entsprechen. Allen Anlagen ist ein separater Verbraucher nachgeschaltet, dessen abgegebene Heizenergie für eine Produktionshalle verwendet wird.

Messdaten wie Wärmequellenvor- und Rücklauftemperatur, heizungsseitige Vor- und Rücklauftemperatur, Außentemperatur und Temperatur im Erdreich werden permanent aufgezeichnet und per Datenfernübertragung zur Auswertung weitergeleitet. Bereits nach Auswertung der ersten Datenreihen konnten eindeutige Vorteile zu Gunsten der Testfelder mit AquaGeothermie-Technik in Bezug auf Leistungsausbeute und Regeneration festgestellt werden.

Durch die Sättigung mit Regenwasser und Leistungsbestätigung durch die umfangreichen Versuche kann in Anlehnung an VDI 4640 (Tabelle 1) eine spezifische Wärmeleistung von 40 W/m² Kollektorfläche genannt werden. Die erzielbare hohe spezifische Wärmeleistung bedeutet für die Praxis weitaus kleinere Kollektorflächen gegenüber bislang bekannten Horizontalkollektoren. Weiterhin ist mit dem AquaGeoKollektor auch eine Installation unter versiegelten Flächen ohne Einbußen möglich, da die Zufuhr von Regenwasser unterirdisch über Sickerblöcke erfolgt. Denkbar ist auch eine gleichzeitige Nutzung der eingebauten Sickerblöcke als Sickeranlage. Dies ist jedoch im Einzelfall in Abhängigkeit von eingebauter Blockanzahl im Zusammenhang mit der Sickerfähigkeit des vorhandenen Bodenmaterials, sowie der Größe der abgeschlossenen Fläche zu prüfen.

Auch im Vergleich zu einer vertikalen Erdwärmesonde ergeben sich durch den niedrigen Preis sowie den einfachen und genehmigungsfreien Einbau deutliche Vorteile zu Gunsten des AquaGeoKollektors. So steht mit dem neuen System erstmals ein Flächenkollektorsystem zur Verfügung, das durch seine hohe spezifische Entzugsleistung und geringen Abmessungen auch für kleinere Grundstücke interessant ist.

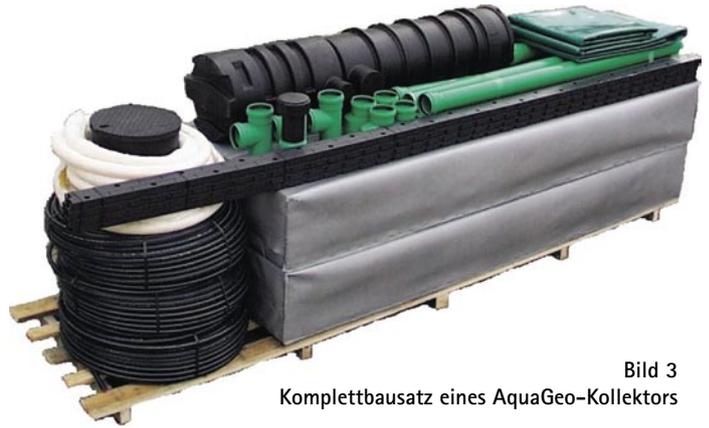


Bild 3
Komplettbausatz eines AquaGeo-Kollektors

Ausblick auf die „AquaGeothermie“

AquaGeoKollektoren werden zurzeit in vier Bausätzen als Komplettsystem (Bild 3) für den Ein- und Zweifamilienhausbereich von der Elwa-Wassertechnik GmbH aus Lingen angeboten. Erstmals wird hier mit der Hilfe von Regenwasser Wärme erzeugt bzw. die Wärmeausbeute des Kollektors deutlich gesteigert. Ein weiterer Synergieeffekt stellt die gleichzeitige Nutzung des Kollektorsystems als Sickeranlage dar, wodurch Kosten kompensiert und minimiert werden können.

Als System- und Konzeptanbieter auf dem Gebiet der Regenwasser-, Versickerungs- und Wärmetechnik sieht Elwa die jetzt in dem neuen System vorgenommene Verknüpfung aller drei Einzeldisziplinen erst als Anfang eines zukunftssträchtigen Entwicklungsfeldes „AquaGeothermie“ an. Spielraum bieten weitere Optimierungen und noch feinere Abstimmung der Einzelkomponenten und die Nutzung weiterer Synergieeffekte durch enges Verketteten der Systeme Regenwassernutzung, Versickerungs- und Wärmetechnik. Aber auch neue bzw. erweiterte Konzepte lassen für die Zukunft weitere Leistungssteigerungen bzw. die Minimierung der Kollektorflächen und den breiteren Einsatz von Flächenkollektorsystemen erwarten. ←



Karl-Heinz Kramer ist technischer Leiter bei der Elwa-Wassertechnik in 49809 Lingen, Telefon (05 91) 97 35 00, Telefax (05 91) 9 73 50 20,

E-Mail: karl-heinz.kramer@elwa.de, www.elwa.de