Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 111 (1993)

Heft: 10

Artikel: Oberflächennahe Erdkollektoren: Leistungsmaximierung

Autor: Messner, O.H.C. / Winter, Francis de DOI: https://doi.org/10.5169/seals-78141

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: 30.11.2025

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

Oberflächennahe Erdkollektoren

Leistungsmaximierung

Durchgeführte Messungen belegen die Vorteile kombinierter atmosphärisch/terrestrischer Energiegewinnung in der Übergangszeit unter spezifischen Entzugsbedingungen, und umgekehrt den ungünstigen Wärmefluss herkömmlicher Kollektoren. Mit dem patentierten «Heat Shunt» wird dieser maximiert. Nebst der praktisch bewährten Wärmepumpenkoppelung ergibt sich eine Fülle weiterer Anwendungen vom Megawatt- bis zum Milliwatt-Bereich.

Ein direkter Sonnenkollektor nimmt die während der Sonnenscheindauer eingestrahlte Wärme unmittelbar auf. Das damit gekoppelte Wärmepumpensystem muss daher in der Lage sein, die im Tageslauf zwischen «null» und der maximal auftreffenden Strahlungsleistungen einzufangen und zur Nutzung an einen Zwischenspeicher entsprechender Kapazität weiterzugeben. Demgegenüber nutzt der oberflächennahe Erdkollektor das umgebende Erdreich als Tages- und Jahreszeitenspeicher. Ihm kann bedarfskonform und mit

Beispiel des Tagesverlaufs am 11. November 1989 Temperatur Lufttemperaturen 24 1,5 m über Boden 0,3 m über Boden 21 18 15 Sonnen-Strahlung 6 20 18 16 Oberfläche = 0 cm Bodentemperaturen Tiafe im Boden 12 efe im Boden 74.5 CM 41.5 CM 35 Vorlauf --30 Rücklauf Sekundär-Kreislauf 20 Wasser-Umlauf-Temperaturen 15 10 Primär-Kreislauf Rücklauf 12 14 18 20 -5 Vorlauf Tageszeit (h)

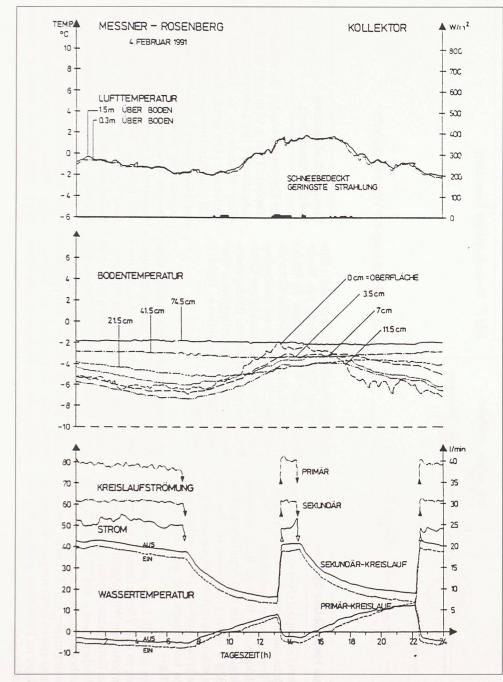
Bild 1. Messdaten am Messner-Rosenberg-Kollektor, Herbst

praktisch konstanter Leistung, d.h. konstanter Wärmepumpendrehzahl, Wärme entzogen werden. Es ist dazu die rechtwinklig zur Oberfläche bei Sonnenschein oder warmer Witterung einströmende, in der Kälte abströmende Wärme dem flüssigen oder verdampfenden Transportmedium des primären Pumpenkreislaufes zuzuführen.

VON O. H. C. MESSNER, FELDBACH, UND F. DE WINTER, SANTA CRUZ, Ca., USA

Bei Lokalklimas mit angemessener Sonneneinstrahlung ermöglicht der Wärmeentzug unter einer wärmespitzenausgleichenden Deckschicht von 5 bis 25 cm Dicke in der Übergangszeit die Tageswärme optimal zu nutzen (Bild 1 und 3, sowie [4]). Die Temperatur der dann im Tageslauf ein- und abströmenden Wärme liegt wesentlich höher, als wenn die Wärme im tiefen Winter nur nach oben strömt (Bild 2). Ist das Wärmepumpensystem als Zusatzheizung zur Deckung des Wärmebedarfs in der Übergangszeit ausgelegt, so kann damit - je nach Verfügbarkeit in der Pumpenantriebsenergie - 40 bis 70% des Energiebedarfs einer Heizperiode emissionsfrei gedeckt werden. Damit kann der Heizkessel weitgehend ergänzt werden. Seine völlige Ablösung erfordert Winterspitzen deckende Wärmepumpen mehrfacher Leistung, die ausgerechnet in Zeiten knappen Stromangebots voll laufen müssen.

Nach der ursprünglichen Idee des allzufrüh verstorbenen Renée Schärers (basierend auf einer versuchsweisen Nutzungsumkehr einer Vorplatzheizung), waren dazu die überall in mehr oder weniger geeigneter Art vorhandenen Verkehrsflächen gegeben. Sie sind indessen flächenmässig – nicht zuletzt auch wegen der höheren Kosten eines Einbaus in Hartbelagsflächen - beschränkt und erfordern angemessen hohe Entzugsleistungen in W/m². Der äusserst kostengünstige Einbau «in der grünen Wiese» war bei Einsatz des Heat-Shunt-Synachbeschriebenen stems wider Erwarten völlig problemlos. Der befürchtete Kulturschaden blieb aus. Er war bei Wintereinbruch ohnehin belanglos; beim Vegetationsbeginn im Frühjahr (Bild 3) übertraf die vegetationsfördernde Sonnenstrahlung die Entzugsleistung um das 10 bis 20fache, so dass auch bei Betrieb rund um die Uhr keine Wachstumshemmungen feststellbar waren.



TEMPA MESSNER - ROSENBERG KOLLEKTOR ▲ W/m² °C 16. MÄRZ 1991 20 -- 801 17.5 -- 70.1 15 -- 600 LUFTTEMPERATUR -1.5m ÜBER BODEN 12.5 - 501 -0.3m ÜBER BODEN 4C7 7.5 GLOBAL STRAHLUNG 200 2.5 - 100 0 cm = OBERFLÄCHE 15 -3.5cm BODENTEMPERATUR 12.5 10 7.5 2.5 21.5cm PRIMÄR KREISLAUFSTRÖMUNG - 35 SEKUNDÄR STROM 30 SEKUNDÄR-KREISLAUF 20 WASSERTEMPERATUR 10 PRIMÄR-KREISLAUF TAGESZEIT(h)

Bild 3. Messdaten am Messner-Rosenberg-Kollektor, Frühjahr

Bild 2. Messdaten am Messner-Rosenberg-Kollektor, Winter

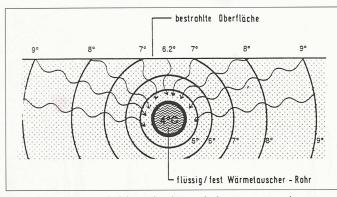


Bild 4. Isothermenbild um herkömmliche Registerrohre

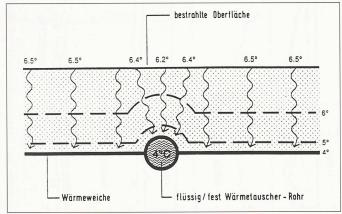
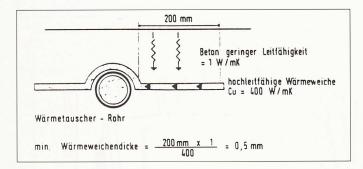


Bild 5. Thermische Grenzfläche und Wärmeleitschicht = parallele Isothermenschichten



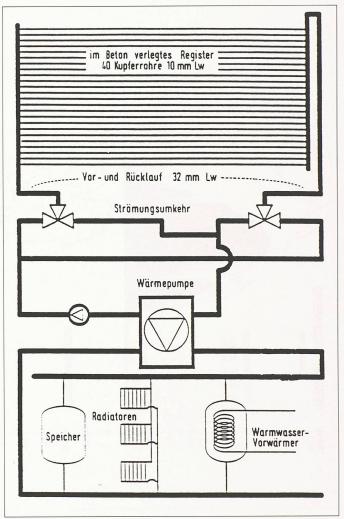


Bild 7. Versuchsanlage Rosenberg

Bild 6. Berechnung der Wärmeleitschicht

Das Heat-Shunt-System

Zum Entzug der rechtwinklig zur Oberfläche einströmenden atmosphärischen Wärme knapp unterhalb der Oberfläche waren flächige Register unumgänglich. In der herkömmlichen Bauart (Bild 4 sowie [1]) wiesen die Wärmetauscherrohrregister wegen der sich um sie herum entwickelnden, walzenförmigen Isothermen den sog. «Lattenzauneffekt» auf.

Der ungleich lange radiale Strömungsweg zu den Wärmetauscherrohren verringerte den Wirkungsgrad bei gegebener Entzugstemperatur – je nach Rohrzwischenraum – auf 25 bis 60%. Eine Verbesserung war nur möglich durch Beeinflussung der Wärmeströmung im Sinne einer Verkürzung des Wärmeleitweges im Festkörper geringer Wärmeleitfähigkeit.

Da in der gesamten Literatur keine Hinweise über Möglichkeiten zur Beeinflussung der Wärmeleitung zu finden waren, war die eigenständige Entwicklung einer Problemlösung unumgänglich. Es galt die rechtwinklig zur Oberfläche strömende Wärme flächig einzufangen und dem nächstliegenden Wärmetauscherrohr zuzuführen (Bild 5, sowie [3]).

Dies gelang durch Einlegen einer Wärmeleitfläche mit einer dem eingefangenen Wärmestrom adäquaten Wärmeleitleistung (Bild 6). Kupfer mit seiner ausgezeichneten Leitfähigkeit und guten Beständigkeit in Erdreich und Beton war dazu der gegebene Werkstoff. Ihrer Funktion entsprechend wurde die Vorrichtung als Wärmeweiche oder im englischen noch prägnanter als «Heat Shunt» bezeichnet.

Versuchskollektoren auf Gut Rosenberg

Zur Erprobung wurden die südseitigen Vorplätze (5 m x 12 m = 60 m^2) zweier Nebenbauten des Gebäudekomplexes «Gut Rosenberg» in Feldbach am Zürichsee (47° nördl. Breite, 434 m ü.M., mittlere Jahrestemperatur 8,4 °C) mit Heat-Shunt-Kollektoren ausgerüstet und an Wärmepumpen entsprechender Leistung angeschlossen (Entzugsleistung rund 130 W/m²). Der auf sehr hartem Fels (Wärmeleitfähigkeit rund 3,5 W/m K) verlegte westseitige Kollektor speist den Speicherkessel der zentralen Heizanlage, während der auf einer 25 cm dicken Betonplatte im Erdreich eingebaute ostseitige Kollektor seine Wärme in den Rücklauf einer alten Zentralheizungsanlage grossen Wasserinhalts abgibt. Die geringe Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds unter dem letzteren erforderte tiefere Entzugstemperaturen, was durch Ergänzung mit einem, in einer Parkwiese verlegten 200 m² grossen Kollektor korrigiert wurde. Die Anlage hat sich in 4 Winterheizperioden praktisch bewährt. Sie entsprach in der Übergansgzeit dem vollen Heizbedarf und ergänzte in der Winterzeit im Nachtstrombetrieb den Feuerungskessel derart, dass über die Hälfte des gesamten Energiebedarfs über die Wärmepumpe gedeckt werden konnte.

Da alle bisherigen Angaben über den Wärmefluss im Erdboden auf den Messungen der Meteorologen im stationären Zustand beruhten, für die Beurteilung des Konzeptes und die Bestimmung der Anlagedaten (spezifische Kollektorbelastung) und der Betriebsdaten (optimale Einschaltzeiten in Abhängigkeit von Kollektortemperatur, Pumpenenergieangebot und Wärmebedarf) aber die bisher unbekannten Wärmeflusswerte unter Entzugsbedingungen erforderlich waren, wurde die Anlage messtechnisch zur Gewinnung von Daten gemäss Bild 1 bis 3 ausgerüstet. Die schwierige Aufgabe konnte im dritten Anlauf befriedigend gelöst werden; die vollständigen Messdaten stehen seit Sommer 1990 zur Verfügung.

Anwendungsmöglichkeiten und Zukunftsaussichten

Der hohe Aufwand zur Erstellung und messtechnischen Ausrüstung der Anlage begründete den Schutz des geistigen Eigentums. Hauptanspruch der ersten Anmeldung im internationalen PCT-Verfahren und darauf beruhend des in-

Literatur

- [1] Chappuis, D. (1991): Deflecteur de flux thermique. SSIZ 9/91, S. 75+76, Zürich
- [2] Messner, O.H.C. (1988): Anlage zur Erzeugung eines Wärmeflusses in einem Körper niedriger thermischer Leitfähigkeit. – PCT/CH88/00060
- [3] Messner, O.H.C. (1990): Shunting Heat with Copper Conductors. – Proc. IOM London Copper 90, S. 591–599
- [4] Messner, O.H.C. (1990): Beeinflussung der Wärmeströmung in Festkörpern durch anisotrope thermische Leitfähigkeit. Metall 11/90, S. 1038–1041, Berlin
- [5] Europäische Patentschrift Nr. 0306508 B1 sowie Länderpatente USA 5.069.199, Kanada 561.815, SA 88/1894, Australien 612634 (weitere Patente in Erteilung)

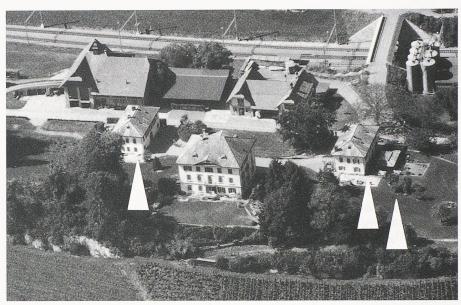


Bild 8. Gut Rosenberg, Lage der Erdkollektoren unter zwei Terrassen- sowie einer Wiesenfläche

zwischen erteilten DP-3808773 war noch der Erdkollektor mit Wärmeleitschicht. Da in keinem Verfahren gegen die vorerst in einem Nebenanspruch erwähnte grundlegend neue Idee der Beeinflussung der Wärmeströmung durch künstliche Anisotropie der Leitfähigkeit «Stand der Technik» entgegengehalten werden konnte, wurde in einer zweiten PCT-Anmeldung [2], für die die wichtigsten Länderpatente (US, Europat., Australien, Südafrika usw.) [5] zugesichert sind, die nun international als «Heat Shunt» bezeichnete Wärmeleitschicht mit ihrer universellen Verwendbarkeit - vom MW- bis zum mW-Bereich – als Hauptanspruch aufgeführt.

Wohl bleibt damit der erprobte, unmittelbar anwendbare Erdkollektor weiterhin oberstes Ziel weltweiter Entwicklung praktischer Anwendungen. Die auf der Versuchsanlage «Gut Rosenberg» laufend bestimmten Kenndaten bilden eine wichtige Hilfe zur Bestimmung optimaler Anlagendaten unter Berücksichtigung von Lokalklima und Bodenstruktur, ferner zur Ermittlung des örtlichen Energieangebotes und -bedarfes sowie der günstigsten Betriebsweise. Hinzu kommt die örtliche Nutzung des Wärmeangebotes in Feuchtgebieten, verschmutzten Grundwasserläufen, Abwasserkanälen und dergleichen, welche höhere spezifische Entzugsleistungen gestatten. An dieser Stelle sei, insbesondere im Zusammenhang mit zulässigen Entzugsleistungen über 200 W/m² auf die Möglichkeit der Gestaltung von umweltschutzgerechten (d.h. leckgesicherten, minimale Kältemengen enhaltenden) Direktverdampferelementen maximaler Leistung bei kleinen Temperaturdifferenzen hingewiesen.

Der Heat Shunt bietet aber – nicht zuletzt auch wegen der Entdeckung neuer Wärmeleiter (nebst den klassischen Metallen wie Cu, Al, Ag, Au) wie gewisse Kohlenstoffkonfigurationen, Silicide und Nitride und sogar Polymere – eine Fülle sich täglich mehrender Anwendungsmöglichkeiten, die – weil Wärmeleitung bisher ein Stiefkind der Werkstofforschung war – noch zeitraubende Entwicklungsarbeiten erfordern. Nach Aufgaben geordnet sind es:

☐ Optimierung des Wärmedurchgangs durch eine thermische Grenzfläche (oberflächennaher Erdkollektor, Wärmeabgabe oder -entzug über Gebäude-Innenflächen, keramische Rauchgaswärmetauscher u.a.m.)

☐ Beschleunigung der Auf- und Entladung von Festkörperspeichern (keramische Füllungen, flüssig/fest oder gekapselte «Latentwärmemassen»)

☐ Temperaturregelung in grossen, dickwandigen, nichtmetallischen Gefässen (Grossbehalter der biochemischen Verfahrenstechnik, Containements u.a.)

☐ Kühlung oder Erwärmung kritischer Teile komplexer Bauelemente (Maschinenbauelemente mit unzugänglichen Lagern, schwingungsbeanspruchte Flugzeugbauteile, mikroelektronische Bauelemente und dergleichen)

So warten eine Fülle mittel- und langfristig zu lösender Aufgaben einem umfassenden Heat-Shunt-Entwicklungsprojekt, welche für die praktische Erfahrung mit dem unmittelbar anwendbaren atmosphärisch/terrestrischen Speicherkollektor wertvolle Beiträge liefern können.

Adressen der Verfasser: O. H. C. Messner, Dr. sc.techn., F.I.M., Tit.Prof. ETH, Gut Rosenberg, 8714 Feldbach, und Francis de Winter, P.E., Altas Corporation, 1401 Laurent Street, Santa Cruz, Ca 95060, USA.