

Oberflächennahe Erdkollektoren: Leistungsmaximierung

Autor(en): **Messner, O.H.C. / Winter, Francis de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **111 (1993)**

Heft 10

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78141>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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 Strahlungslei-

stungen einzufangen und zur Nutzung an einen Zwischenspeicher entsprechender Kapazität weiterzugeben. Demgegenüber nutzt der oberflächennahe Erdkollektor das umgebende Erdreich als Tages- und Jahreszeitspeicher. Ihm kann bedarfskonform und mit

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 Pumpen-antriebsenergie – 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/m^2 . Der äusserst kostengünstige Einbau «in der grünen Wiese» war bei Einsatz des nachbeschriebenen Heat-Shunt-Systems 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.

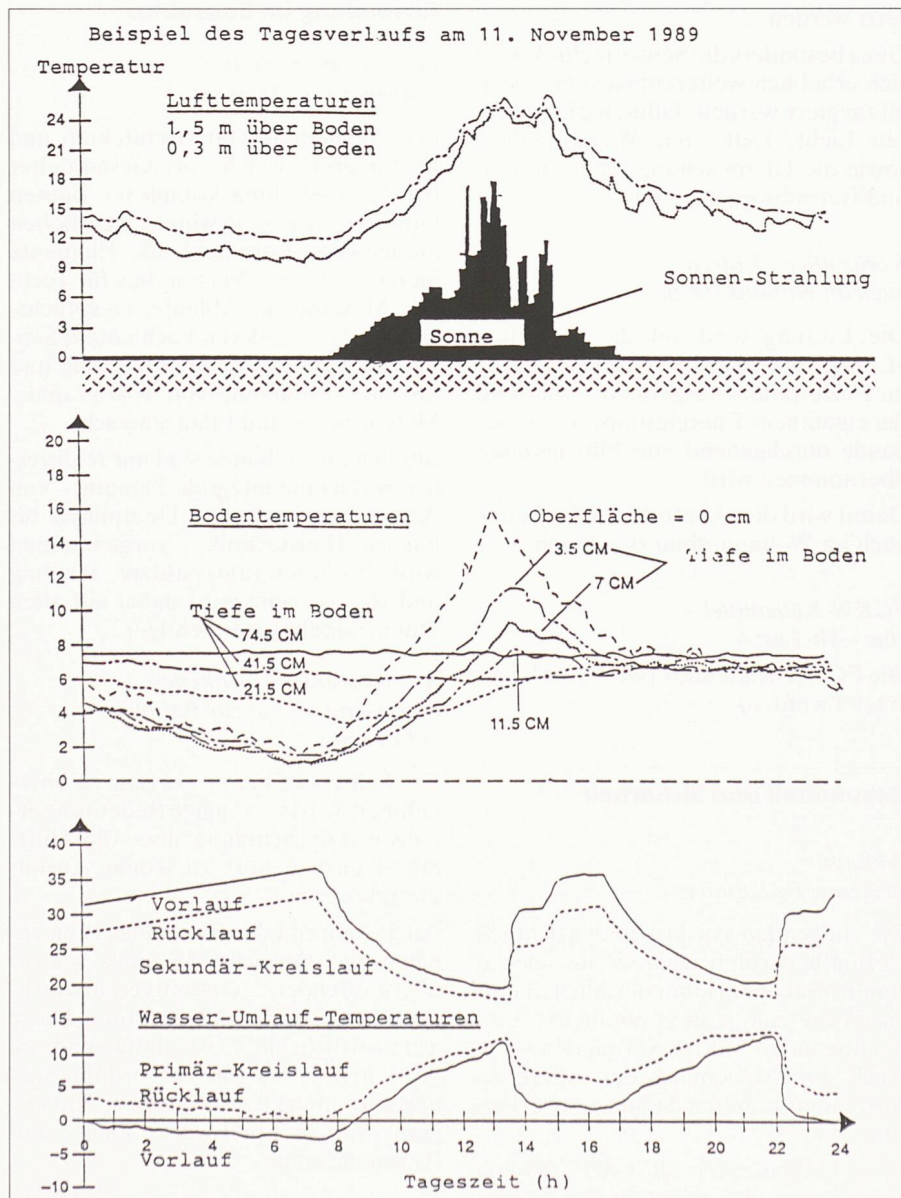


Bild 1. Messdaten am Messner-Rosenberg-Kollektor, Herbst

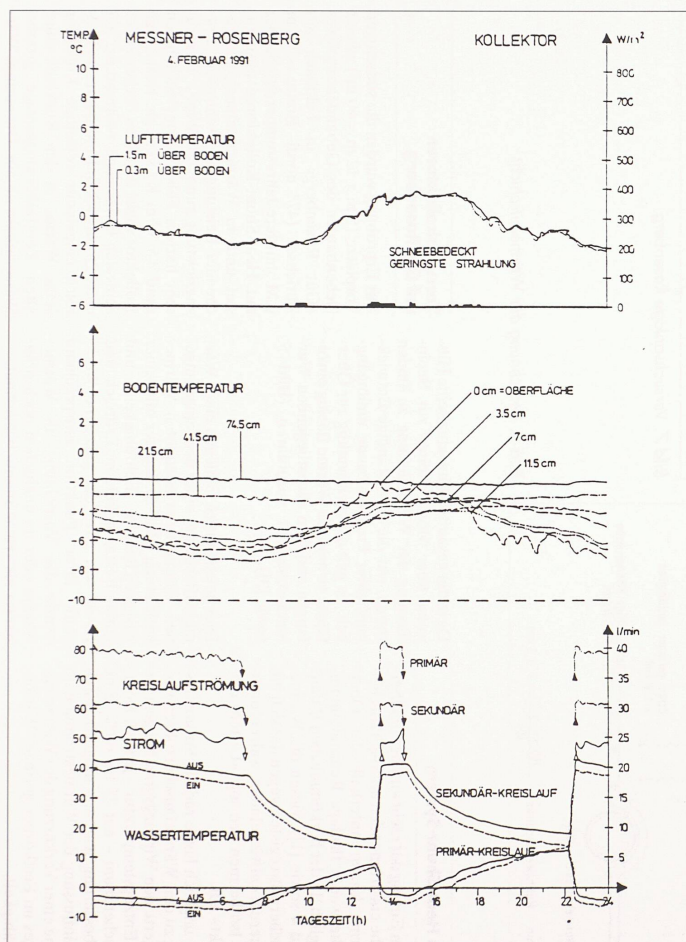


Bild 2. Messdaten am Messner-Rosenberg-Kollektor, Winter

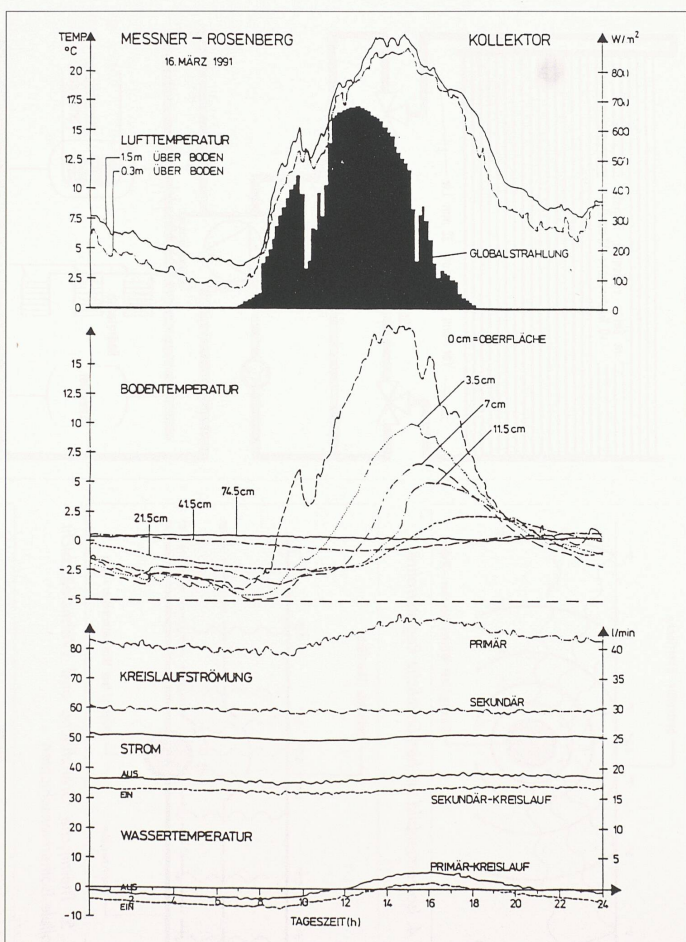


Bild 3. Messdaten am Messner-Rosenberg-Kollektor, Frühjahr

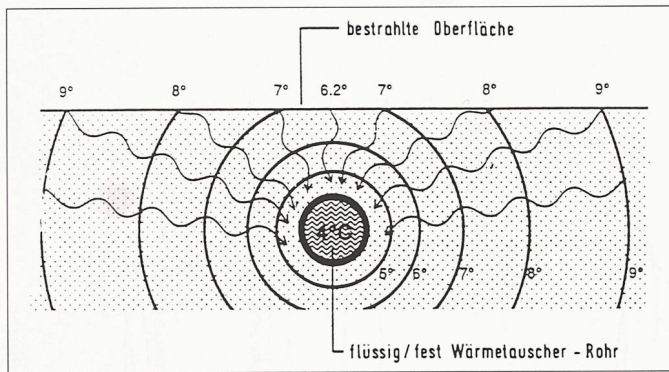


Bild 4. Isothermenbild um herkömmliche Registerrohre

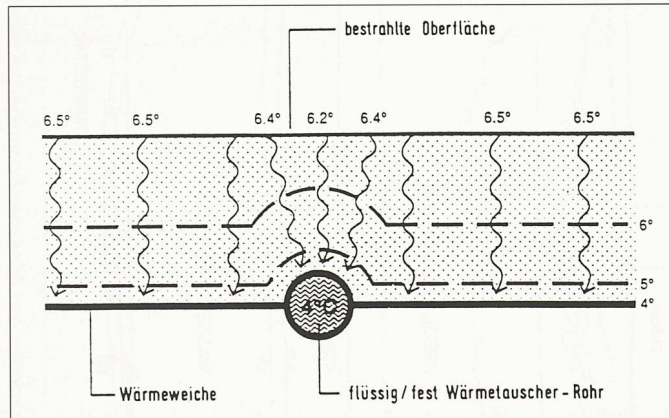


Bild 5. Thermische Grenzfläche und Wärmeleitschicht = parallele Isothermensichten

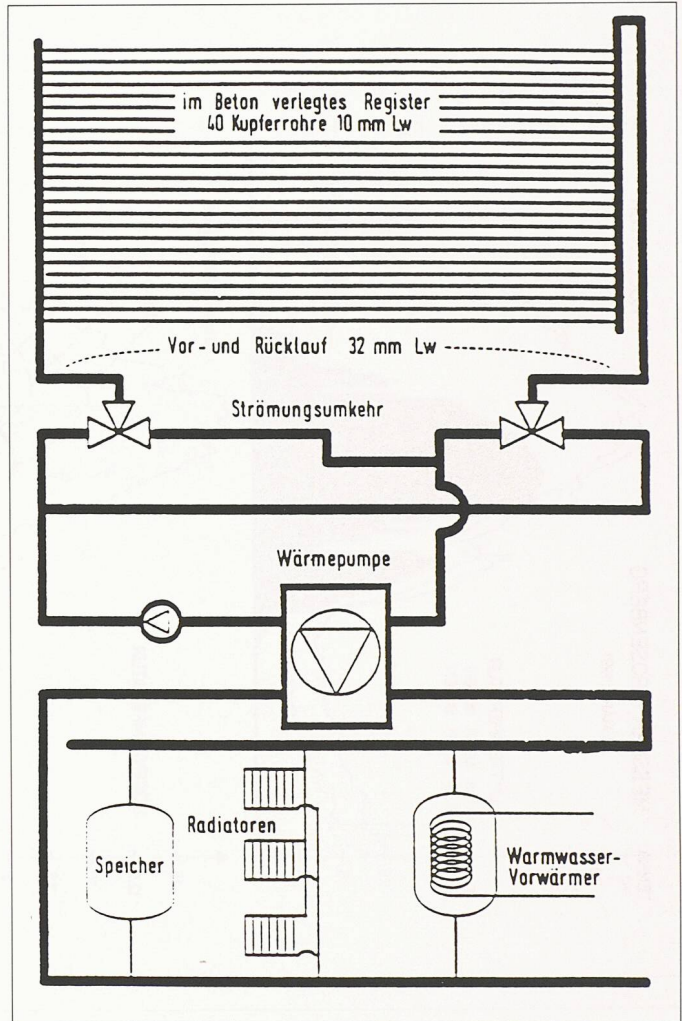
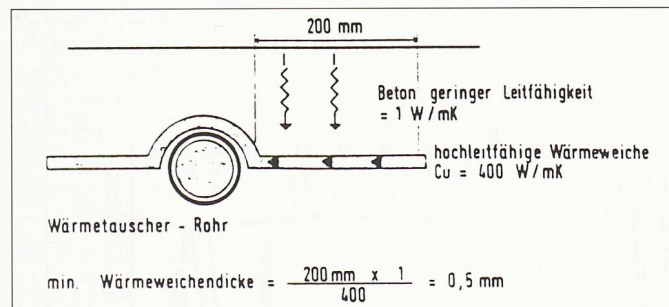


Bild 7. Versuchsanlage Rosenberg

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 Wärmeleitfähigkeit (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 m²) 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 Wär-

meleitfähigkeit 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 Übergangszeit 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 Anlagendaten (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-

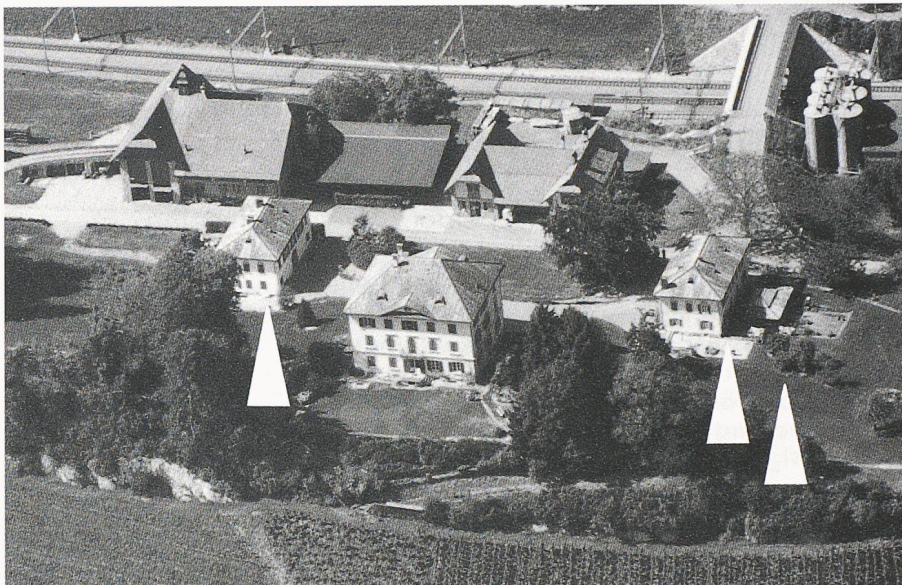


Bild 8. Gut Rosenberg, Lage der Erdkollektoren unter zwei Terrassen- sowie einer Wiesenfläche

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, Europ., 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 enthaltenden) 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 Werkstoffforschung 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 (Grossbehälter 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 langfristige 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.

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)