

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. Juni 2009 (11.06.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2009/071222 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**Nicht klassifiziert**

(74) Anwalt: PFENNING, MEINIG & PARTNER GBR;  
Theresienhöhe 13, 80339 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/009986

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. November 2008 (25.11.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2007 058 182.5  
4. Dezember 2007 (04.12.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHMIDT, Ferdinand** [DE/DE]; Flaunserstrasse 13, 79102 Freiburg (DE). **HÄBERLE, Andreas** [DE/DE]; Schwarzkohlchenweg 36, 79111 Freiburg (DE). **HERMANN, Michael** [DE/DE]; Dorfstrasse 9, 79100 Freiburg (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(54) Title: SYSTEM FOR USE OF SOLAR ENERGY WITH A DEVICE FOR DISSIPATING HEAT TO THE ENVIRONMENT, METHOD FOR OPERATING SAID SYSTEM AND USE THEREOF

(54) Bezeichnung: SYSTEM ZUR SOLARENERGIENUTZUNG MIT VORRICHTUNG ZUR WÄRMEABGABE AN DIE UMGEBUNG, VERFAHREN ZUM BETREIBEN DES SYSTEMS SOWIE VERWENDUNG

(57) Abstract: The present invention relates to a system for use of solar energy with a device for dissipating heat to the environment, to a method for operating said system and possible uses thereof. The system is essentially characterized in that it can be used for generating thermal and/or electric energy from sunlight during the day and for cooling a heat transfer medium at night.

(57) Zusammenfassung: Vorliegende Erfindung betrifft ein System zur Solarenergienutzung mit einer Vorrichtung zur Wärmeabgabe an die Umgebung, ein Verfahren zum Betreiben des Systems sowie Verwendungsmöglichkeiten des Systems. Das System zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass es tagsüber zur Erzeugung von thermischer und/oder elektrischer Energie aus Sonnenstrahlung genutzt werden kann und nachts zur Kühlung eines Wärmeträgers dient.



WO 2009/071222 A2

System zur Solarenergienutzung mit Vorrichtung zur  
Wärmeabgabe an die Umgebung, Verfahren zum Betreiben  
des Systems sowie Verwendung

- 5 Vorliegende Erfindung betrifft ein System zur Solarenergienutzung mit einer Vorrichtung zur Wärmeabgabe an die Umgebung, ein Verfahren zum Betreiben des Systems sowie Verwendungsmöglichkeiten des Systems. Das System zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass
- 10 es tagsüber zur Erzeugung von thermischer und/oder elektrischer Energie aus Sonnenstrahlung genutzt werden kann und nachts zur Kühlung eines Wärmeträgers dient.
- 15 Thermisch angetriebene Verfahren zur Kälteerzeugung auf Basis von Absorptions- oder Adsorptionsprozessen sind seit vielen Jahren bekannt. Die Antriebswärme für diese Prozesse kann beispielsweise durch thermische Solarkollektoren zur Verfügung gestellt werden,
- 20 man spricht dann von „solarer Kühlung“ bzw. „solarer

Gebäudeklimatisierung". Diese Verfahren stehen in Konkurrenz zu konventionellen Kühlverfahren, d.h. heute v.a. zu elektrisch betriebenen Kompressionskältemaschinen. Unter den derzeitigen Marktbedingungen ist ein Kühlsystem, das einen großen Teil seiner Antriebsenergie aus thermischer Solarenergie bezieht, meist mit höheren Kältegestehungskosten verbunden als ein vergleichbares konventionelles System (H.-M. Henning, (ed.): Solar assisted Air Conditioning in Buildings - A Handbook for Planners. ISBN: 3211006478. Springer, Wien 2004).

Um das Potential der solaren Kühlung zur Einsparung von fossilen Brennstoffen und Treibhausgasemissionen ausschöpfen zu können, ist es wünschenswert, die Wirtschaftlichkeit gegenüber konventionellen Konkurrenzsystemen zu erhöhen.

Neben aktiven Verfahren zur Kälteerzeugung gibt es für die Gebäudekühlung auch passive Verfahren und solche, die nur wenig Hilfsenergie zur Zirkulation eines Kühlmediums benötigen und somit „fast passiv“ genannt werden können. Dazu gehören die Nachtlüftung von Gebäuden sowie die nächtliche Kühlung von Wasser in offenen oder geschlossenen Kreisläufen mittels Wärmeabgabe an die Umgebungsluft, Verdunstungskühlung, Strahlungskühlung an den Nachthimmel oder einer Kombination dieser Effekte. Um für die Gebäudekühlung während der Tagesstunden nutzbar zu sein, benötigen alle diese Verfahren einen „Kältespeicher“, also ein System mit genügend großer thermischer Masse, das nachts abgekühlt wird und tagsüber Wärme aufnimmt und dabei einen Teil der Kühllast des Gebäudes deckt. Die Speicherung kann in der thermischen Masse des Gebäudes selbst erfolgen (wie im Fall der Nachtauskühlung durch kontrollierte Belüftung) oder z.B. in einem

Kaltwasserspeicher, aus dem tagsüber Kühlwasser durch das Gebäude gepumpt wird.

Häufig können die oben genannten passiven Kühlmetho-  
den nicht den gesamten Kältebedarf eines Gebäudes de-  
cken, so dass weiterhin ein aktives Kühlungs- bzw.  
Klimatisierungssystem benötigt wird, das dann jedoch  
kleiner dimensioniert werden kann.

Es gibt bereits Anlagen zur solaren Kühlung, insbe-  
sondere zur Eiserzeugung (solar ice maker), die in-  
termittierend mit einem Tag/Nacht-Zyklus betrieben  
werden und den Unterschied zwischen Tages- und Nacht-  
temperatur ausnutzen. Bei diesen Anlagen wird typi-  
scherweise der Adsorber in den Solarkollektor integ-  
riert (siehe M. A. Lambert and B. J. Jones: A Review  
of Solid-Vapor Adsorption Heat Pumps; AIAA Report  
2003-0514, 41st Aerospace Sciences Meeting and Exhi-  
bit, 6-9 January 2003, Reno, Nevada, und darin zi-  
tierte Arbeiten, sowie E. E. Anyanwu and N. V. Ogue-  
ke, Thermodynamic design procedure for solid adsorp-  
tion solar refrigerator, Renewable Energy, Volume 30,  
Issue 1, January 2005, pages 81-96). Auch bei den in  
diesen Anlagen zum Einsatz kommenden Kollektoren be-  
steht der Zielkonflikt zwischen thermischer Isolation  
für den Tagbetrieb und guter thermischer Kopplung an  
die Umgebung im Nachtbetrieb.

Für solarthermische Kraftwerke zur Stromerzeugung  
werden konzentrierende Solarkollektoren eingesetzt,  
die das Sonnenlicht auf eine relativ kleine Absor-  
berfläche bündeln, um hohe Absorbertemperaturen zu  
erreichen. Auf diese Weise lässt sich in einem durch-  
strömten Absorberrohr direkt Dampf für den Betrieb  
einer Dampfturbine erzeugen. Der am weitesten ver-  
breitete Kollektortyp für diesen Einsatzzweck ist

heute der Parabolrinnenkollektor. Eine viel versprechende Weiterentwicklung für denselben Einsatzzweck stellen Fresnel-Kollektoren dar, bei denen viele am Boden einachsiger schwenkbar gelagerte Spiegel das Sonnenlicht auf den über dem Spiegelfeld fest installierten Absorber fokussieren. Für den Absorber und den Aufbau des Spiegelfeldes befinden sich derzeit verschiedene Ansätze im Entwicklungsstadium. In einer viel versprechenden Variante, die derzeit von der Fa. Solarmundo und ihren Entwicklungspartnern verfolgt wird (Hansjörg Lerchenmüller et al., Abschlussbericht für BMU: Technische und wirtschaftliche Machbarkeitsstudie zu horizontalen Fresnel-Kollektoren, Fraunhofer ISE, Bericht TOS1-LERCH-0402-E1, Februar 2004), wird das von den Primärspiegeln reflektierte Licht durch einen Sekundärspiegel auf ein selektiv beschichtetes Absorberrohr fokussiert. Unterhalb des Absorberrohres befindet sich eine mit dem nach außen wärmeisolierten Sekundärspiegel dicht abschließende Glasplatte, die zur Reduzierung der thermischen Verluste des Absorberrohres beiträgt.

Bei dem Solarmundo-Fresnel-Konzept ist die auf die Kollektorfläche bezogene Effizienz zwar etwas geringer als die von Parabolrinnenkollektoren, jedoch lässt sich der Fresnel-Kollektor bei wesentlich geringeren Kosten realisieren. Andere Konzepte für die Aufstellung der Primärspiegel, die v.a. in Australien verfolgt werden (siehe z.B. D. Burbridge, D. R. Mills and G. L. Morrison: Stanwell Solar Thermal Power Project, Solarpaces 10th Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies, Sydney, 2000) sehen eine kompaktere Aufstellung vor, in der benachbarte Spiegelreihen das Licht auf zwei verschiedene Absorber reflektieren. Durch diese Spiegelanordnung kann der Abstand zwischen den Spiegelreihen vermindert werden,

ohne dass die Spiegel sich gegenseitig verschatten  
(CLFR-Technologie: Compact Linear Fresnel Reflector).

Unabhängig davon, welche Art konzentrierender Solar-  
kollektoren in solarthermischen Kraftwerken zum Ein-  
satz kommt, spielt bei der Umwandlung in Strom ein  
niedriges Temperaturniveau des Kondensators für den  
Wirkungsgrad der Dampfturbine eine entscheidende Rol-  
le (siehe z.B. Franz Trieb, Stefan Kronshage, Volker  
Quaschnig, Jürgen Dersch, Hansjörg Lerchenmüller,  
Gabriel Morin, Andreas Häberle: Endbericht BMU-Pro-  
jekt SOKRATES (solarthermische Kraftwerkstechnologie  
für den Schutz des Erdklimas), Arbeitspaket 2,  
1. März 2004). Durch eine Nasskühlung des Kondensa-  
tors (Durchflussskühlung oder Verdampfungskühlung)  
können wesentlich niedrigere Kondensatortemperaturen  
erreicht werden als bei einer Trockenkühlung an die  
Umgebungsluft. Daher werden in den gegenwärtigen Pla-  
nungen Standorte für solarthermische Kraftwerke prä-  
feriert, an denen Kühlwasser zur Verfügung steht  
(z.B. an Küsten oder Flüssen). In vielen dünn besie-  
delten Regionen der Erde mit hohen solaren Einstrah-  
lungen, die also aufgrund der Flächenverfügbarkeit  
und der Einstrahlungsbedingungen gut als Standorte  
für solare Kraftwerke geeignet wären, steht jedoch  
kein Kühlwasser zur Verfügung.

Wenn an solchen Standorten ohne verfügbares Kühlwas-  
ser solarthermische Kraftwerke mit Trockenkühlung des  
Kondensators errichtet werden, wäre es sinnvoll, den  
Unterschied zwischen Tages- und Nachttemperatur aus-  
zunutzen durch einen Tag/Nacht-Kältespeicher, der  
nachts durch Wärmeabgabe an die Umgebung gekühlt wird  
und tagsüber im Kraftwerksbetrieb einen Teil der Kon-  
densationswärme aufnimmt.

5 Bisher sind keine Solarkollektoren bekannt, die spezifische Vorteile für den Einsatz in Anlagen zur solaren Kühlung aufweisen (gegenüber anderen Anwendungen, die dasselbe Temperaturniveau des erhitzten Wärmeträgermediums erfordern).

10 Somit ist es Aufgabe der Erfindung, konzentrierende thermische Solarkollektoren bereitzustellen, die zugleich zur Wärmeabgabe an die Umgebung genutzt werden können. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Solarkollektors anzugeben, das eine effiziente Nutzung eines derartigen Systems erlaubt.

15 Diese Aufgabe wird bezüglich des Solarkollektors mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und bezüglich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 30 gelöst, wobei jeweils die abhängigen Ansprüche vorteilhafte Ausführungsformen darstellen. Mit den Ansprüchen 41  
20 bis 43 werden Verwendungsmöglichkeiten des Systems genannt.

25 Erfindungsgemäß wird somit ein System zur thermischen und/oder elektrischen Solarenergienutzung bereitgestellt, das folgende Bestandteile aufweist:

- 30 a) mindestens einen konzentrierenden Reflektor, der auf der Oberfläche mindestens ein reflektives Element zur Fokussierung der einfallenden Sonnenstrahlung aufweist, wobei mindestens ein Reflektor um mindestens eine Achse drehbar gelagert ist,
- b) mindestens ein Mittel zur Umwandlung von Strahlungsenergie der Sonne in thermische und/oder elektrische Energie, das sich mindestens zeitweise im Fokus der vom Reflektor reflektierten Strahlung  
35 befindet, sowie

c) mindestens ein Wärmetauschelement, das mit mindestens einem Mittel zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers ausgestattet ist.

5        Bevorzugt erfolgt der Wärmetausch mit der Umgebung dabei über mindestens eine Oberfläche des mindestens einen Wärmetauschelementes.

10        Konzentrierende Solarkollektoren sind in der Regel aus mehreren (Einzel-) Reflektoren gebildet, die das einfallende Sonnenlicht auf den Absorber fokussieren. Diese Reflektoren bieten für die Aufgabenstellung der Wärmeabgabe an die Umgebung den Vorteil, dass die  
15        Primärspiegel (auf der Oberfläche der Reflektoren aufgebrachte reflektive Elemente) nicht thermisch isoliert sein müssen, da die Umwandlung der Solarstrahlung in Wärme erst auf der Oberfläche des Absorbers erfolgt, der über eine eigene thermische Isolierung verfügt. Somit steht die Fläche der Reflektoren,  
20        insbesondere auch die Rückseite der Trägerkonstruktion der Reflektoren, für den Wärmeaustausch mit der Umgebung zur Verfügung.

25        Somit wird es ermöglicht, einen Solarkollektor, der tagsüber z.B. zum Antrieb eines aktiven Kälteerzeugungsverfahrens dient, nachts für eine Wärmeaustauscherfläche für eine (fast) passive Kühlung zu verwenden. Bisher sind keine für diesen doppelten  
Einsatzzweck optimierten Solarkollektoren bekannt.

30        Bei herkömmlichen Solarkollektoren mit flüssigem Wärmeträgermedium verhindert die für eine effiziente Wärmeerzeugung notwendige thermische Isolation des Absorbers von der Umgebung eine hohe Wärmeabgabe im Nachtbetrieb.

Der hier beschriebene Kollektor erlaubt somit die Konstruktion effizienterer thermisch angetriebener Kältegeräte mit Tag/Nacht-Zyklus.

5 Vorzugsweise weist das mindestens eine Wärmetausch-  
element eine Emissivität im nahen Infrarotbereich,  
d.h. in einem Wellenlängenbereich von etwa 5 bis  
15  $\mu\text{m}$ , von mindestens 0,85, bevorzugt 0,94, besonders  
bevorzugt 0,98 auf.

10

Das Wärmetauschprinzip, nach dem das Wärmetauschele-  
ment c) funktioniert, kann dabei jedes beliebige phy-  
sikalische Wärmetauschprinzip sein. So sind bei-  
spielsweise auch Luft-Wasser-Wärmetauscher denkbar.

15

Besonders bevorzugt wird jedoch bei vorliegender Er-  
findung ein Wärmetauscher eingesetzt, der in Strah-  
lungswärmeaustausch mit der Umgebung, insbesondere  
dem Nachthimmel gebracht werden kann. Beispielsweise  
kann hierzu ein Wärmetauschelement verwendet werden,  
20 wie es von M. G. Meir et al. (Solar Energy, Vol. 73,  
No. 6, S. 403-417, 2002) beschrieben wurde. Erfin-  
dungsgemäß ist es dabei bevorzugt, wenn mehrere Wär-  
metauschelemente vorhanden sind, die Strahlungswärme-  
tauschelemente sind, d.h. auf die beschriebene Weise  
25 funktionieren.

Eine effiziente Kühlung wird dadurch ermöglicht, dass  
die Dimension des Wärmetauschelementes bezüglich der  
Aperturfläche des Solarkollektors möglichst groß ge-  
wählt wird. Bevorzugt beträgt die Oberfläche des min-  
destens einen Wärmetauschelementes bezüglich der  
Aperturfläche des mindestens einen Reflektors mindes-  
tens 20 %, kann jedoch beliebig größer sein und die  
Aperturfläche des Reflektors bzw. des der Solarkol-  
lektors übersteigen.

35

Sowohl bei Fresnel-Kollektoren als auch bei Parabol-  
rinnen-Kollektoren kann die Trägerkonstruktion der  
Reflektoren mit fluidführenden Rohren, Kanälen, La-  
mellen, Panelen und/oder Rollbond-Blechen versehen  
5 werden, die es ermöglichen, die Oberfläche der Re-  
flektoren bzw. deren Rückseite sowie die Trägerkon-  
struktion als Wärmeaustauscherfläche zu nutzen.

Die einzelnen Reflektoren sind so aufgebaut, dass sie  
10 unterhalb der reflektierenden Schicht die Möglichkeit  
der Durchströmung mit einem Wärmeträgerfluid bieten.  
Es soll ein enger thermischer Kontakt zwischen der  
gesamten rückseitigen Oberfläche des Reflektors und  
dem Wärmeträgerfluid bestehen. Der Wärmeübertragungs-  
15 widerstand zwischen dem Wärmeträgerfluid und der als  
Wärmeaustauscher genutzten Oberfläche sollte dabei  
möglichst gering sein, so dass ein enger thermischer  
Kontakt des ersten Wärmeträgers mit dem Wärmetausch-  
element gewährleistet ist.

20 In einer bevorzugten Realisierung enthält der Reflek-  
tor ein Rollbond-Blech, bei dem die Fluid-Kanäle nur  
auf der Rückseite, d.h. auf der dem reflektiven Ele-  
ment abgewandten Seite, des Bleches hervorstehen  
25 (sog. „one side flat“-Ausführung). Auf der Vordersei-  
te weist das Blech die entsprechend dem Strahlengang  
des Kollektors erforderliche Krümmung auf (Fig. 1).  
Die Anordnung der Fluidkanäle auf der Rückseite des  
Blechtes kann so gewählt werden, dass sowohl eine  
30 großflächige Durchströmung des Bleches als auch eine  
hohe mechanische Steifigkeit erreicht werden. Die  
Rollbond-Technik ermöglicht es also, die für die  
Durchströmung der Trägerstruktur der Reflektoren be-  
nötigten Fluidkanäle zugleich zur mechanischen Stabi-  
35 lisierung dieser Trägerstruktur zu nutzen.

An Stelle von Rollbond-Blechen, durch deren Kanäle das Wärmeträgerfluid strömt, können auch Rohre für das Wärmeträgerfluid verwendet werden, die in geeigneter Weise gut wärmeleitend mit der Trägerstruktur der Reflektoren zu verbinden sind. Dabei können alle Verbindungstechniken zum Einsatz kommen, die aus der Technik thermischer Solarkollektoren bekannt sind.

Dabei sind die Mittel zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers auf der Oberfläche und/oder im Inneren des mindestens einen Wärmetauschelements angeordnet.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist der Solarkollektor ein Fresnel-Kollektor mit in Bodennähe befindlichen Spiegelreihen (Reflektoren). Diese Reflektoren müssen drehbar gelagert sein, um bei wechselndem Sonnenstand eine Fokussierung der reflektierten Strahlung auf das fest installierte Absorberrohr zu gewährleisten. Bei genügend hoher Lagerung der Drehachse über dem Boden ist es somit ohne großen konstruktiven Zusatzaufwand möglich, die Spiegelemente nachts umzudrehen, so dass ihre Unterseite zum Himmel zeigt. Beim Solarmundo-Konzept für den Fresnel-Kollektor erfolgt die Nachführung der Spiegelemente über ein Schneckengetriebe. Alle Spiegelemente, die ihre Strahlung auf dasselbe Absorberrohr fokussieren, können über dieselbe Antriebswelle (auf der die Schnecken sitzen) angesteuert werden, da alle Spiegel nur synchron bewegt werden müssen. Hier wird nun ein System vorgeschlagen, bei dem die Spiegel nachts (nach Sonnenuntergang und bis zum Sonnenaufgang) über diese Welle in eine Position gedreht werden, so dass die IR-emittierende Rückseite der Spiegel den kältesten Teil des Himmels sieht. Gegenüber der Spiegelstellung am Mittag sind die Reflektoren somit je nach Anordnung innerhalb des Fresnel-

Kollektors um einen Winkel zwischen  $100^\circ$  und  $260^\circ$  gedreht.

In einer weiteren bevorzugten Realisierung ist der Reflektor als Leichtbau-Sandwich aufgebaut. Dadurch lässt sich ein verringertes Gewicht des Spiegelementes erreichen, wodurch der spezifische Aufwand (pro  $m^2$  Reflektorfläche) für die mechanische Aufhängung bzw. den Drehmechanismus reduziert wird.

Zugleich gibt die Sandwich-Bauweise dem Spiegelement eine erhöhte Steifigkeit, die erforderlich ist, um auch bei Windlast die Verformung so gering zu halten, um die gewünschte Strahlungsfokussierung auf den Absorber bzw. Sekundärspiegel zu gewährleisten. Wird das Spiegelement als Leichtbau-Sandwich ausgeführt, so befindet sich der Primärspiegel - das reflektive Element - auf der (in der Regel konkav gewölbten) oberen Lage des Sandwiches oder grenzt an diese an. Im Zwischenraum des Sandwich-Elementes finden sich Leichtbau-Strukturen, wie Waben, ein Metall- oder Keramikschäum oder miteinander verklebte Hohlkugeln, die insbesondere nach den in WO 2005/000502 A1 (aus Metallschaumbausteinen aufgebautes Bauteil und Verfahren zu seiner Herstellung) beschriebenen Verfahren eingebracht werden können. Auf der Unterseite des Sandwiches befinden sich die durchströmbaren Fluidkanäle sowie die untere Decklage des Sandwiches, wobei die untere Decklage auch durch ein Rollbond-Blech gegeben sein kann, das die Fluidkanäle enthält. Insbesondere kann das als untere Decklage dienende Rollbond-Blech in den Bereichen zwischen den Fluidkanälen derart verformt sein, dass gegenüber der oberen Decklage zusätzliche Hohlräume entstehen, die mit der Leichtbau-Struktur gefüllt werden können und damit zu einer zusätzlichen mechanischen Stabilisierung des Spiegelementes (insbesondere Verbesserung der Tor-

sionssteifigkeit) beitragen. Besonders bevorzugt sind Sandwichelemente, deren Kern durch einen Aufschäum- oder Schüttprozess (letzter mit anschließendem Verkleben oder Sintern der Schüttpartikel) derart entsteht, dass der Hohlraum zwischen den beiden Deckplatten vollständig ausgefüllt wird und somit auch die in der unteren Deckplatte enthaltenen Kanäle in einem Arbeitsgang lückenlos von dem Kernmaterial umgeben werden. Für den Aufschäumprozess kann beispielsweise eine kalt oder bei geringen Temperaturen aushärtende Gießkeramik verwendet werden, bei der die zum Aushärten benötigte Temperatur deutlich geringer als die Schmelz- oder Erweichungstemperatur des Materials der Deckplatten ist. Im Idealfall entsteht bereits durch den Aufschäum- bzw. Sinterprozess eine stoffschlüssige Verbindung zwischen Kern- und Deckmaterial (Verkleben/chemische Reaktion). Ist dies durch den Prozess allein noch nicht der Fall, können die formschlüssig ineinander greifenden Teile in einem zweiten Arbeitsgang miteinander stoffschlüssig verbunden werden (z.B. durch Kleben). In einer weiteren Variante des Aufschäumprozesses werden die Kanäle erst nach dem Aufschäumen, aber noch vor Aushärten des Schaums erstellt, d.h. sie werden beim Aufblasen in den noch formbaren Schaum hineingedrückt.

Die Reflektoren für solarthermische Kraftwerke sollen über eine möglichst lange Lebensdauer eine hohe optische Effizienz aufweisen (d.h. einen möglichst großen Strahlungsanteil in ein bestimmtes Winkelement reflektieren) und sollen zugleich möglichst kostengünstig herstellbar sein. Um diese Anforderungen zu erfüllen, besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, wie aus einem Review von Kennedy und Terwilliger (C. E. Kennedy and K. Terwilliger, Optical Durability of Candidate Solar Reflectors, Journal of Solar Energy

Engineering 127, pp. 262-269, May 2005) hervorgeht.

Besonders aussichtsreich erscheinen glasfreie Spiegel, bei denen ein Substrat mit geeigneten Reflexions- und Schutzschichten beschichtet wird (z.B. der „Advanced Solar Reflective Mirror“ ASRM, (C. E. Kennedy and K. Terwilliger, Optical Durability of Candidate Solar Reflectors, Journal of Solar Energy Engineering 127, pp. 262-269, May 2005). Da glasfreie Spiegel bei erheblich geringerem Gewicht hergestellt werden können, ist für diese Technologie die Verwendung von Rollbond-Blechen als Trägerstruktur (und möglicherweise zugleich als Substrat für die Spiegelschichten) besonders bevorzugt.

Der hydraulische Anschluss für das die Spiegelemente durchströmende Fluid wird so ausgeführt, dass die Drehbarkeit des Reflektors um mindestens  $120^\circ$ , bevorzugt mindestens  $180^\circ$ , besonders bevorzugt mindestens  $270^\circ$ , nicht beeinträchtigt wird. Vorzugsweise ist dieser Anschluss in der Nähe der Drehachse auszuführen, da dann nur ein kurzes Stück flexiblen Schlauchs benötigt wird. Um den Druckverlust bei der Durchströmung der Spiegelemente gering zu halten, wird es unter typischen Betriebsbedingungen sinnvoll sein, viele Spiegelemente parallel anzuströmen, z.B. können mehrere Spiegelemente, die auf derselben Drehachse montiert sind, parallel angeströmt werden. Dazu wird je ein Sammelkanal für den Vor- und Rücklauf benötigt, die entweder am Boden verlegt werden können oder in geeigneter Weise in die Trägerkonstruktion der Spiegelemente integriert werden können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Erfindungsidee ist die bei der Strahlungskühlung abstrahlende Fläche nicht durch die Rückseite der Primär-

spiegel gegeben, sondern befindet sich räumlich getrennt davon unterhalb der Primärspiegel (z.B. am Boden). Solange eine langzeitstabile glasfreie Spiegel-Technologie, die eine kostengünstige Integration der Strömungskanäle in die Primärspiegel (Reflektoren) ermöglicht, nicht zur Verfügung steht, kann diese Variante Kostenvorteile aufweisen. Die nachts abstrahlende Fläche kann in diesem Fall als am Boden liegende Matte nach Art eines Schwimmbadabsorbers gestaltet sein. Die darüber angeordneten Primärspiegel gehen in dieser Variante nachts in eine senkrechte Stellung, damit die abstrahlende Fläche unter einem möglichst großen Winkel gegen den Nachthimmel ausgerichtet ist. Ein konstruktiver Vorteil dieser Variante ist, dass keine um die Spiegelachse drehbaren hydraulischen Anschlüsse erforderlich sind.

Zusätzlich sind auch Kombinationen denkbar, bei denen die Wärmeaustauschelemente zumindest teilweise auf der Rückseite der Reflektoren und zusätzlich unterhalb der Reflektoren angebracht sind, z.B. zwischen den Spiegelreihen eines Fresnel-Kollektors.

Bei einer weiteren alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kollektorsystems ist der Reflektor aus einem Parabolrinnen-Kollektor gebildet. In diesem Fall kann die Wärmeaustauscherfläche für die nächtliche Strahlungskühlung auf der Rückseite der Parabolrinnen angeordnet sein. Bei vielen Parabolrinnen-Konstruktionen wird es nicht möglich sein, die Rinne nachts so weit zu drehen, dass die Flächennormalen der Rückseite der Parabolrinne alle in den Halbraum oberhalb des Horizontes zeigen. In diesem Fall kann es vorteilhaft sein, nur den Teil der Rückseite der Parabolrinne als Wärmeaustauscherfläche für die Strahlungskühlung vorzusehen, deren Flächennormale

zum Himmel (d.h. nach oberhalb des Horizontes) ausgerichtet werden kann.

Für den Betrieb des erfindungsgemäßen Solarkollektors, der nachts im Modus der Strahlungskühlung betrieben wird, bietet es sich an, während der Nacht einen Kältespeicher zu beladen bzw. zu regenerieren. Vorzugsweise sollte dies ein gut stratifizierter Speicher sein, z.B. ein Schichtspeicher, ein Reservoir mit Phasenwechselmaterial und/oder Kombinationen hieraus, vorzugsweise ein Wasser-Schichtspeicher. Für den Nachtbetrieb wird dem Speicher vorzugsweise an der wärmsten Stelle (also der obersten Schicht) z.B. Wasser entnommen, das nach dem Durchströmen der IR-emittierenden Flächen des Kollektors abgekühlt durch ein Schichtladesystem wieder in den Speicher eingeschichtet wird, ohne die Temperaturschichtung des Speichers zu zerstören. Je nach Anwendungsfall des Systems in einem solarthermische Kraftwerk oder einer Anlage zur solaren Kühlung wird mit dem kalten Wasser des Speichers tagsüber entweder der Kondensator oder ein Gebäude gekühlt. Im Fall der Gebäudekühlung kann das kühle Speicherwasser einerseits zur Kühlung des Kondensators der thermisch angetriebenen Kältemaschine genutzt werden, andererseits kann es (je nach Temperaturniveau) auch direkt als Kaltwasser für das Gebäude dienen. In beiden Fällen (Kraftwerk und Gebäudekühlung) ist es sinnvoll, tagsüber dem Speicher Wasser an der kältesten Stelle zu entnehmen (also aus der untersten Schicht) und den Rücklauf dieses Kühlkreises wiederum über ein Schichtladesystem in den Speicher einzuschichten, ohne die Stratifizierung zu beeinträchtigen. In einer alternativen Realisierung enthält der Kältespeicher ein Phasenwechselmaterial (z.B. aus der Gruppe der Paraffine oder Salze) und kann somit weitgehend isotherm betrieben werden. Es

ist auch möglich, dass als Wärmeträgerfluid auf der Kälteseite eine Suspension (Slurry) oder eine Emulsion mit einem Phasenwechselmaterial eingesetzt wird, die dann zur Wärmeabgabe durch die IR-emittierenden Flächen des Kollektorsystems gepumpt wird. Im Fall der Gebäudekühlung kann auch die thermische Masse des Gebäudes selbst als Speicher dienen (Bauteilaktivierung, insbesondere Betonkernaktivierung).

Weiter bevorzugt ist es, wenn der Kreislauf mindestens einen Rückkühler, bevorzugt einen Wärmetauscher, zur Vorkühlung des ersten Wärmeträgers aufweist.

In vielen Kühlanwendungen wird es sinnvoll sein, das Wärmeträgerfluid (erster Wärmeträger) vor der Durchleitung durch den Wärmetauscher mittels eines weiteren Wärmetauschers, beispielsweise eines Luft-/Flüssigkeitswärmetauschers, vorzukühlen. Eine Vorkühlung ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Temperatur des zu kühlenden Wärmeträgers am Vorlauf der Wärmetauscherfläche mehr als 4 °C oberhalb der Umgebungstemperatur liegt (bei größeren Temperaturdifferenzen ist der Hilfsenergieverbrauch für konvektive Energieabgabe an die Umgebung - wie z.B. durch einen trockenen Rückkühler mit Ventilator - i.a. geringer als der Hilfsenergieverbrauch, der zum Durchströmen der Strahlungsaustauschfläche mit dem Wärmeträgerfluid aufgewendet werden muss).

In einer weiteren bevorzugten Systemkonfiguration wird der erfindungsgemäße Kollektor zusammen mit einem Sorptionsspeicher oder einem anderen indirekten Speicher eingesetzt. Indirekte Speicher haben die Eigenschaft, dass sie Energie und Entropie nicht gemeinsam speichern, sondern bei ihrer Beladung mit Hochtemperatur-Wärme Entropie in Form von Niedertem-

peratur-Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Bei der Entladung muss dann Niedertemperatur-Wärme zugeführt werden, um Nutzwärme auf höherem Temperaturniveau zu erhalten.

5

10

15

20

25

30

35

Im Fall eines bevorzugten Sorptionsspeichers mit dem Arbeitspaar Zeolith-Wasser wird zur Beladung des Speichers der Zeolith im Temperaturbereich von typischerweise 100 °C - 300 °C desorbiert und das ausgetriebene Wasser kondensiert, wobei die Kondensationswärme an die Umgebung abgegeben wird. Bei der Speicherentladung wird Verdampfungswärme zugeführt und Adsorptionswärme im Temperaturbereich von typischerweise 50 °C - 250 °C freigesetzt. Somit kann ein Sorptionsspeicher auch als „indirekter Kältespeicher“ in einem Kühlsystem eingesetzt werden, da bei der Speicherentladung im Verdampfer Nutzkälte erzeugt werden kann. Die bei der Speicherentladung freiwerdende Wärme kann wiederum genutzt werden, um eine thermisch angetriebene Kältemaschine zu betreiben, so dass sich aus der Kombination von Speicher und Kältemaschine ein zweistufiger Kälteerzeugungsprozess ergibt. Wenn Speicher und Kältemaschine dasselbe Arbeitsmittel einsetzen (z.B. Wasser bei Zeolith als Sorptionsmittel im Speicher und AlPO (Aluminophosphat), SAPO (Silico-Aluminophosphat) oder Silikagel als Sorptionsmittel in der Kältemaschine), so können Speicher und Kältemaschine in ein Gesamtsystem integriert werden und einem gemeinsamen Verdampfer nutzen.

Um als Pufferspeicher in einem System zur solaren Kühlung sinnvoll einsetzbar zu sein, muss ein Sorptionsspeicher zumindest über einige Stunden den Wärmeantrag des Solarkollektors aufnehmen können. Da konzentrierende Solarkollektoren wegen des Aufwands für die Nachführung erst ab einer Mindestgröße wirt-

schaftlich interessant werden, die typischerweise größer 20 m<sup>2</sup> Kollektorfläche liegt, muss der Sorptionsspeicher typischerweise mehr als 50 kWh Wärme aufnehmen können. Für Speicher dieser Größe kommen aus wirtschaftlichen Erwägungen nur sehr kostengünstige Sorptionsmaterialien in Betracht. Die Adsorptionseigenschaften des Materials sollten zudem an das vom konzentrierenden Solarkollektor mit gutem Wirkungsgrad erzielbare Temperaturniveau angepasst sein. Für Fresnel-Kollektoren entsprechend z.B. dem Solarmundo-Konzept, mit denen sich problemlos Fluidtemperaturen von 200 °C erreichen lassen, sind Zeolithe vom Strukturtyp LTA (Zeolithe A und Alpha, insbesondere hydrothermal stabilere mit zweiwertigen Kationen ausgetauschte Formen, wie NaCa-A) und Strukturtyp FAU (Faujasite) insbesondere der hydrothermal sehr stabile Li-LSX sowie ionenausgetauschte X- und Y-Zeolithe entsprechend dem Stand der Technik der Zeolithsynthesen) besonders gut geeignet. Unter einem Sorptionsspeicher wird jedoch erfindungsgemäß jeder Speicher mit einem festen oder flüssigen Sorptionsmittel verstanden.

Ist ein Sorptionsspeicher vorhanden, so wird die erfindungsgemäße IR-emittierende Wärmeaustauschfläche bevorzugt dazu genutzt, während der Nacht zumindest einen Teil der Kondensationswärme des Sorptionsspeichers an die Umgebung abzugeben. Da der Solarkollektor nachts keine Wärme liefert, ist dafür zusätzlich entweder ein Wärmespeicher auf einem zur Beladung des Sorptionsspeichers hinreichenden Temperaturniveau oder eine zusätzliche, externe Wärmequelle nötig.

Eine bevorzugte externe Wärmequelle ist eine Anlage der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), die Abwärme auf geeignetem Temperaturniveau zur Verfügung zu stellt.

Insbesondere kann dies ein Blockheizkraftwerk mit Otto- oder Dieselmotor sein, ein Stirling-Motor oder besonders bevorzugt eine Anlage, deren gesamte Abwärme auf einem zur Desorption des Speichers nutzbaren Temperaturniveau vorliegt, wie z.B. eine Mikrogasturbine (typische Abgastemperatur 270 °C) oder eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle.

In Verbindung mit einem Sorptionsspeicher weist die erfindungsgemäße IR-emittierende Oberfläche des Kollektorsystems den Vorteil auf, dass sie genutzt werden kann, um nachts die Kondensationstemperatur des Sorptionsspeichers zu verringern und damit je nach Wahl des Sorptionsmaterials eine weitergehende Desorption (stärkere Trocknung) des Sorptionsmaterials zu erreichen und somit die Speicherdichte zu erhöhen.

Für das Anwendungsgebiet der solaren Kühlung bietet der als bevorzugte Ausführung dieser Erfindung beschriebene modifizierte Fresnel-Kollektor weitere Nutzungsmöglichkeiten, von denen hier einige exemplarisch genannt werden.

Während solarthermische Kraftwerke erst mit einer Kollektorfläche von vielen Tausend Quadratmetern ökonomisch interessant werden, sind Anlagen zur solaren Kühlung schon mit sehr viel kleineren Kollektorflächen interessant. Hier ist z.B. an eine einzelne Fresnel-Kollektorreihe zu denken, die auf einem Gebäudedach oder z.B. über einem Parkplatz installiert werden kann. Zum Betrieb einer hocheffizienten thermisch angetriebenen Kältemaschine, z.B. einer zweistufigen Absorptions- oder Adsorptionskältemaschine, sind typischerweise Antriebstemperaturen von 160°C bis 200°C ausreichend. Diese Betriebstemperaturen ermöglichen eine viel einfachere Absorbertechnologie

des Kollektors als für die solarthermischen Kraftwerke (mit Direktverdampfung von Wasser im Absorber) erforderlich.

5 Wenn der Hauptzweck der Solaranlage die solare Kühlung ist und nicht die solarthermische Stromerzeugung, kann es vorteilhaft sein, photovoltaische Stromerzeugung in das System zu integrieren (z.B. wenn es  
10 sich um ein System handelt, das abgekoppelt von einem Stromnetz energieautark betrieben werden soll). Wenn in einem Fresnel-Kollektor Sekundärspiegel und Absorber durch ein PV-Modul ersetzt werden, muss dieses typischerweise gekühlt werden, um eine Überhitzung zu  
15 verhindern. Bei genügend niedriger Vorlauftemperatur des Kollektors kann so ein flüssiggekühltes PV-Modul direkt an den Anfang (Vorlauf) eines Kollektorstrangs geschaltet werden. Wenn die Vorlauftemperatur des Kollektors für die Solarzellen schon zu hoch ist, können die PV-Module entweder mit Wasser aus einem  
20 (nachts abgekühlten) Kaltwasserspeicher oder mit Wasser, das tagsüber direkt durch die Reflektorelemente geleitet und dort abgekühlt wird, durchströmt werden.

Solche Hybridsysteme sind insbesondere für den Einsatz in Entwicklungsländern interessant. In ländlichen, nicht elektrifizierten Regionen, in denen zur  
25 Zeit etwa zwei Milliarden Menschen leben, kann der erfindungsgemäße Kollektor mit integrierten PV-Modulen in kleinen, dezentralen Einheiten (ab ca. 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche) eingesetzt werden, um a) Wärme für eine thermisch angetriebene Kältemaschine zu  
30 liefern, die Eis erzeugt; b) Wärme zum solaren Kochen zur Verfügung zu stellen und c) Strom zu liefern, z.B. für eine Batterieladestation. So ein System stellt für die Zielregionen eine angepasste Technologie dar, da 1. das System zu sehr geringen Kosten  
35

mehrere Grundbedürfnisse befriedigt, 2. ein großer Teil des Systems im Zielland hergestellt werden kann (Tragekonstruktion, System zur Nachführung der Spiegel, evtl. die Spiegelelemente) und 3. die wartungsanfälligen Teile des Systems von lokalen Technikern gewartet werden können.

Die zentrale Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, dass die Fläche der Reflektoren eines konzentrierenden Solarkollektors durch die Erfindung einen Zusatznutzen als Wärmeaustauscherfläche erfährt. Ein Bedarf an Wärmeabgabe an die Umgebung besteht sowohl bei solarthermischen Kraftwerken (Kondensationswärme) als auch bei Anwendungen der solaren Kühlung, z.B. Rückkühlung der Abwärme eines aktiven Kälteerzeugungssystems oder direkte Kühlung.

Durch die erfindungsgemäße Nutzung der Strahlungskühlung an den Nachthimmel kann die Kollektorfläche auch nachts sinnvoll genutzt werden, zudem kann der in typischen Zielregionen große Unterschied zwischen Tages- und Nachttemperatur ausgenutzt werden (in Verbindung mit einem thermischen Speicher).

Bei der Integration von photovoltaischen Modulen in einen Fresnel-Kollektor können die PV-Module gekühlt werden, indem das an den PV-Modulen erwärmte Wärmeträgerfluid durch die Reflektorflächen geleitet wird, um sich dort wieder abzukühlen. Auch hier kann gegebenenfalls noch zusätzlich eine Vorkühlung erfolgen.

Die hier beschriebene Erfindung lässt sich jedoch unabhängig von der gewählten Absorbertechnologie realisieren, da sie nur eine Modifikation der Primärspiegel erfordert.

Erfindungsgemäß wird ebenso ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Systems angegeben, wobei

- 5           a) Sonnenstrahlung kollektiert und in thermische  
          und/oder elektrische Energie umgewandelt wird und
- b) der erste Wärmeträger über das mindestens eine  
          Wärmetauschelement, das mit mindestens einem Mittel zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers ausgestattet ist, gekühlt wird.

10

Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegen dabei die Erkenntnisse von C. Armenta-Dén et al. (Renewable Energy 28 (2003), S. 1105-1120) zugrunde.

15

Eine besonders effiziente Möglichkeit der Wärmeabgabe während der Nacht über die Oberfläche des Kollektors stellt die Strahlungskühlung an den Nachthimmel dar.

20

Unter günstigen Bedingungen (klarer Nachthimmel, geringe Luftfeuchtigkeit, hohe Emissivität der Oberfläche) können bei Umgebungstemperatur Abstrahlungsleistungen von  $100 \text{ W/m}^2$  erreicht werden (M. G. Meir et.

25

al., Solar Energy, Vol. 73, No. 6, S. 403-417, 2002). Dazu müssten die dafür vorgesehenen und geeignet beschichteten Flächen nachts zum Himmel hin ausgerichtet werden. Eine Abkühlung von Oberflächen auf Temperaturen unterhalb der Umgebungstemperatur wird dadurch ermöglicht, dass die Strahlungstemperatur des

30

wolkenlosen Nachthimmels häufig deutlich unterhalb der Umgebungstemperatur liegt (siehe dazu z.B. M. G. Meir, J. B. Rekstad and O. M. Lowik: A study of a Polymer-based radiative Cooling System, Solar Energy Vol. 73, No. 6, pp. 403-417, 2002). Um die Wärmeabstrahlung der Oberfläche zu maximieren, sollte die Oberfläche eine möglichst hohe Emissivität im infra-

roten Spektralbereich aufweisen. Bei nicht-konzentrierenden Kollektoren besteht hier ein Zielkonflikt, da der Absorber für den Kollektorbetrieb eine möglichst geringe Emissivität in diesem Spektralbereich aufweisen sollte, um die Wärmeabstrahlungsverluste zu minimieren. Bei konzentrierenden Kollektoren kann dieser Zielkonflikt umgangen werden, indem die Rückseite der Reflektorfläche so gestaltet wird, dass sie eine hohe Emissivität im Infraroten aufweist und nachts auf den Himmel ausgerichtet werden kann. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Oberfläche schwarz gefärbt wird.

In einer Ausführungsform erfolgt dabei ein Ausrichten des Wärmetauschelementes auf den Nachthimmel durch Drehen mindestens eines Reflektors, so dass die dem reflektiven Element abgewandte Seite des Reflektors dem Nachthimmel zumindest partiell zugewandt ist.

Alternativ dazu ist es jedoch auch möglich, durch Senkrechtstellen der den Fresnel-Kollektor bildenden Reflektoren die beispielsweise darunter angeordneten Wärmetauschelemente auf den Himmel auszurichten.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht darauf beschränkt, dass die Kühlung lediglich nachts erfolgt. Insbesondere bei einer hohen Temperaturdifferenz zwischen dem ersten Wärmeträger und der Außentemperatur kann selbstverständlich auch tagsüber eine effektive Kühlung erfolgen.

Als Verwendungsmöglichkeiten des Systems sind Umwandlung von Sonnenstrahlung in thermische und/oder elektrische Energie, Kühlung von Gebäuden, Kondensatoren von thermischen Kraftwerken, bevorzugt solarthermischen Kraftwerken und/oder Photovoltaikmodulen

sowie das Betreiben von solarthermischen Kraftwerken und/oder Adsorptions- und/oder Absorptionskältemaschinen zu nennen.

5 Vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Figur näher erläutert, ohne die Erfindung auf die dort abgebildeten speziellen Eigenschaften beschränken zu wollen.

10 Figur 1 zeigt den Querschnitt eines als Parabolspiegel ausgebildeten Reflektors 1, der aus Aluminium besteht. Bei diesem Element ist die Vorderseite als Frontseitenreflektor 2 - das reflektive Element - ausgebildet (beispielsweise, indem die Aluminium-  
15 Vorderseite hochglanzpoliert und somit spiegelnd ausgebildet oder mit einer spiegelnden Beschichtung versehen ist). Der Reflektor ist in Leichtbau-Bauweise ausgebildet, wobei die Trägerplatte des Reflektors als Sandwichstruktur 3 ausgebildet ist. Auf der Rück-  
20 seite weist der Reflektor 1 durch Rollbond-Technik ausgebildete Strukturen auf, die Kanäle 4 zur Durchleitung eines Wärmeträgers aufweisen. Die Versorgung der Kanäle 4 erfolgt durch das Anschlussrohr 5, das gleichzeitig als Aufhängung und Drehachse des Reflektors fungiert. Die Verteilung des durch das An-  
25 schlussrohr 5 zu- und abgeleitete zu leitende Fluid in die Kanäle 4 ist in Fig. 5 und 6 näher erläutert. Das Anschlussrohr kann sich auch auf der Rückseite des Reflektors befinden und als Aufhängung des Reflektors 1 fungieren.  
30

In Figur 2 ist ein Reflektorelement 1 eines Fresnel-Kollektors abgebildet. Der prinzipielle Aufbau ist identisch mit dem Reflektor 1, der in Figur 1 dargestellt ist, außer dass das Element plan und nicht parabolisch ausgebildet ist.  
35

In Figur 3 ist eine alternative Ausführungsform des Elements 1 aus Figur 2 dargestellt, das zusätzlich mit einer Drehachse versehen ist, über die der Reflektor 1 gedreht oder gekippt werden kann. Die Drehachse 5 kann dabei gleichzeitig als Rohr 5 zur Zuführung bzw. Abführung des Wärmeträgers ausgebildet sein. Die Verteilung des Wärmeträgers erfolgt vom Anschlussrohr 5 in die Kanäle 4, beispielsweise wie in Fig. 5 oder 6 erläutert. Ebenso ist die reflektierende Eigenschaft der verspiegelten Oberfläche 2 angedeutet.

In Figur 4 ist die Rückseite des bereits in Figur 3 beschriebenen Reflektors 1 dargestellt, bei dem das auf der Rückseite aufgebrachte Wärmetauschelement 6 an der Oberfläche geschwärzt ist. Die Schwärzung kann beispielsweise durch einen schwarzen Anstrich oder durch Beschichtung mit Ruß o.Ä. erfolgen. Das Grundmaterial des Wärmetauschelementes 6 ist dabei bevorzugt ein Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit, beispielsweise Aluminium. Dadurch ist gewährleistet, dass sich die thermische Energie der durch die Lamellen 4 geleiteten, zu kühlenden Flüssigkeit gleichmäßig und ganzflächig über die gesamte Oberfläche des Wärmetauschelementes 6 verteilt, so dass, wie in Figur 4 durch die gewellten Pfeile angedeutet, eine effiziente Abgabe der thermischen Energie an beispielsweise den Nachthimmel durch Strahlungskühlung erfolgen kann.

In Figur 5 ist eine Aufsicht auf die mit dem Wärmetauschelement 6 versehene Rückseite des Reflektors 1 dargestellt, aus der ersichtlich wird, wie das Fluid über die Anschlussrohre 5 in die Kanäle 4 verteilt wird. Die Verteilung des Fluids erfolgt dabei ausge-

hend vom Verteilerrohr 5 zunächst über einen Verteilerkanal (in der Figur horizontal dargestellt), im Anschluss daran über mehrere parallele Kanäle 4 und schließlich wieder über einen Sammelkanal, am gegenüber liegenden Ende ebenfalls horizontal dargestellt, zurück zum Auslass, also der entsprechenden Ableitung 5.

In Figur 6 ist, in Analogie zu Figur 5, eine alternative Verteilungsstruktur ausgehend von einem Zuleitungs- und Ableitungsrohr 5 in verschiedene Kanäle dargestellt. Die Verteilung erfolgt hier nach dem bionischen FracTherm®-Ansatz, der eine mehrfach verzweigte Struktur aufweist. Funktionsweise und Herstellungsmöglichkeiten dieser Verteilungsstrukturen sind beispielsweise in der EP 1 525 428 beschrieben.

Figur 7 zeigt eine Gesamtansicht des Kollektorsystems 10 zur thermischen und/oder elektrischen Solarenergienutzung, wobei das Kollektorsystem 10 hier in Fresnel-Bauweise ausgeführt ist. Das System besteht dabei aus einem Array aus einer Vielzahl von Reflektoren 1, die beispielsweise in der Bauart ausgeführt sein können, wie dies in einer der Figuren 2, 3 oder 4 beschrieben ist, d.h. die Reflektoren 1 weisen eine Frontseitenverspiegelung 2 sowie ein Wärmetauschelement 6 auf, durch das, beispielsweise durch die in den Figuren 2 bis 4 beschriebenen Fluidverteilungsstrukturen 4 das zu kühlende Fluid geleitet wird. Die Reflektoren 1 sind dabei drehbar gelagert und können zur Konzentrierung des einfallenden Sonnenlichtes 8 in entsprechend variierender Position dem Sonnenverlauf nachgeführt werden. Die Vielzahl der Reflektoren 1 bewirkt eine Konzentration des Sonnenlichtes 8 auf eine Rohrleitung 7, durch das ein zu erhitzender Wärmeträger geführt wird. Alternativ oder zusätzlich

hierzu ist es jedoch auch möglich, die Wärmetausch-  
elemente 6 separat von den Reflektoren 1 in der Vor-  
richtung 10 anzubringen, beispielsweise, wie dies in  
Figur 7 dargestellt ist, am Boden, unterhalb der Re-  
flektoren 1. Diese Wärmetauschelemente 6 können als  
5 Matten ausgebildet sein und verfügen jeweils über ei-  
ne Zu- und Ableitung 5 für zu kühlendes Fluid sowie  
entsprechende Verteilungsstrukturen 4 für das Fluid.  
Für den Fall, dass bei den in Figur 7 dargestellten  
Fresnel-Kollektoren 10 Reflektoren 1, wie sie in den  
10 Figuren 2 bis 4 beschrieben sind, eingesetzt werden,  
erfolgt im Nachtbetrieb des Reflektors eine Ausrich-  
tung des Wärmetauschelementes 6 auf den Nachthimmel,  
indem die Reflektoren 1 mit ihrer Rückseite auf den  
15 Nachthimmel ausgerichtet werden. Für den Fall, dass  
die Wärmetauschelemente 6 am Boden, unterhalb der Re-  
flektoren 1, angebracht sind, erfolgt im Nachtbetrieb  
des Kollektorsystems 10 eine derartige Ausrichtung  
der Reflektoren 1, dass in Projektion von oben eine  
20 möglichst geringe Fläche der Wärmetauschelemente 6  
von den Reflektoren 1 verschattet ist, d.h. bevorzugt  
eine Senkrechtstellung bzw. vertikale Ausrichtung der  
Reflektoren 1 bezüglich des Nachthimmels.

25 Eine alternative Ausführungsform des Kollektorsystems  
10 ist in Figur 8 dargestellt, wobei hier der Reflek-  
tor 1 parabolisch ausgebildet ist und dem in Figur 1  
dargestellten Reflektor entspricht. Durch diesen pa-  
rabolischen Reflektor erfolgt ebenfalls eine Konzent-  
30 ration des Sonnenlichtes 8 auf die Rohrleitung 7,  
durch die ein zu erhitzendes Fluid geführt wird. Die  
erfindungsgemäße Kühlung erfolgt durch Ausrichten der  
Rückseite des Reflektors 1 auf den Nachthimmel.

## Patentansprüche

5

1. Kollektorsystem (10) zur thermischen und/oder elektrischen Solarenergienutzung, das folgende Bestandteile aufweist:

10

- a) mindestens einen konzentrierenden Reflektor (1), der auf der Oberfläche mindestens ein reflektives Element (2) zur Fokussierung der einfallenden Sonnenstrahlung aufweist, wobei mindestens ein Reflektor (1) um mindestens eine Achse drehbar gelagert ist,

15

- b) mindestens ein Mittel (7) zur Umwandlung von Strahlungsenergie der Sonne in thermische und/oder elektrische Energie, das sich mindestens zeitweise im Fokus der vom Reflektor (1) reflektierten Strahlung befindet, sowie

20

- c) mindestens ein Wärmetauschelement (6), das mit mindestens einem Mittel (4) zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers ausgestattet ist.

25

2. System (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wärmetauschelement (6) mindestens eine Oberfläche aufweist, über die ein Wärmeaustausch mit der Umgebung ermöglicht ist.

30

3. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wärmetauschelement (6) ein Strahlungswärmetauschelement ist.

4. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Oberfläche des mindestens einen Wärme-  
5 tauschelements (6), über die ein Wärmeaustausch mit der Umgebung ermöglicht ist, eine Emissivität im nahen Infrarotbereich von mindestens 0,85, bevorzugt 0,94, besonders bevorzugt 0,95 aufweist.
- 10 5. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Oberfläche des mindestens einen Wärmetauschelementes (6), über die ein Wärmeaustausch mit der Umgebung ermöglicht ist, bezüglich der Aperturfläche des mindestens einen Re-  
15 flektors (1) mindestens 20 % beträgt.
- 20 6. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Mittel (4) zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Rohren, Kanälen, Lamellen, Paneelen und/oder Rollbond-Bleichen.
- 25 7. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Mittel (4) zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers auf der Oberfläche und/oder im Inneren des mindestens einen Wärmetauschelements (6) angeordnet ist.
- 30 8. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Mittel (4) zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers so bezüglich des Wärme-  
tauschelementes (6) angeordnet ist, dass ein enger thermischer Kontakt des ersten Wärmeträgers

mit dem Wärmetauschelement (6) gewährleistet ist.

- 5 9. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Wärmetauschelement (6) mit mindestens einem Wärmereservoir oder Wärmequelle, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Schichtspeicher, einem Reservoir mit Phasenwechselmaterial und/oder Kombinationen hieraus über  
10 einen Kreislauf verbunden ist.
- 15 10. System (10) nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Schichtspeicher oder das Reservoir mit Phasenwechselmaterial, Stoffe zur thermischen Energiespeicherung, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser, Paraffinen, Thermoölen, Salzen und/oder Mischungen, Suspensionen, Dispersionen und/oder Emulsionen hieraus, enthält.
- 20 11. System (10) nach einem der Ansprüche 9 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Kreislauf mindestens einen indirekten Speicher, bevorzugt einem Sorptionsspeicher aufweist.
- 25 12. System (10) nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Sorptionsspeicher Zeolithe enthält.
- 30 13. System (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Sorptionsspeicher mit mindestens einer externen Wärmequelle, die bei Bedarf den Sorptionsspeicher beheizt, verbunden ist.
14. System (10) nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die externe Wärme-

quelle ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einer Anlage zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung, z.B. einem Otto-Motor, Diesel-Motor, Stirling-Motor, Mikrogasturbine, Hochtemperatur-Brennstoffzelle und/oder einem weiteren Wärmereservoir, in dem solare Energie als thermische Energie zwischengespeichert wird.

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
15. System (10) nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Kreislauf mindestens einen Rückkühler, bevorzugt einen Wärmetauscher, zur Vorkühlung des ersten Wärmeträgers aufweist.
  16. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Wärmetauschelemente (6) Anschlüsse (5) zur parallelen Versorgung des Mittels (4) mit dem ersten Wärmeträger aufweisen.
  17. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wärmetauschelement (6) zumindest bereichsweise auf der dem reflektiven Element (2) abgewandten Seite mindestens eines Reflektors (1) aufgebracht ist.
  18. System (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wärmetauschelement (6) beabstandet zu mindestens einem Reflektor (1), bevorzugt unterhalb zu mindestens einem Reflektor (1) beabstandet, angebracht ist.
  19. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor (1) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Fresnel-, Parabolrinnen-, ASRM-

und/oder CLFR-Reflektoren, je bevorzugt basierend auf glasfreien Spiegeln.

- 5           20. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Reflektor (1) in Sandwich-Bauweise (3), bevorzugt als Leichtbau-Sandwich ausgeführt ist.
- 10           21. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Reflektor (1) Bestandteile aus Materialien, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Leichtbau-Füllelementen, wie z.B. verklebten metallischen Hohlkugeln oder einem Metall- oder Keramikschäum, geschäumten Materialien, Schüttungen, kalt oder bei geringen Temperaturen aushärtbare Gießkeramiken und/oder Kombinationen hieraus, enthält.
- 15           22. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Reflektor (1) einen Konzentrationsfaktor von mindestens 2 aufweist.
- 20           23. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Reflektor (1) mindestens um  $120^\circ$ , bevorzugt mindestens um  $180^\circ$ , besonders bevorzugt um mindestens  $270^\circ$  um mindestens eine Achse drehbar ist.
- 25           24. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Mittel (7) zur Umwandlung von Strahlungsenergie der Sonne in thermische und/oder elektrische Energie ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Absorberrohr zur Erwärmung ei-
- 30

nes weiteren Wärmeträgers, einem Photovoltaikmodul und/oder Kombinationen hieraus.

- 5           25. System (10) nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikmodul mindestens ein Mittel zur Flüssigkeitskühlung aufweist.
- 10           26. System (10) nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Flüssigkeitskühlung mit dem mindestens einen Mittel (4) zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers des mindestens einen Wärmetauschelements (6) in thermischer Verbindung steht.
- 15           27. System (10) nach Anspruch 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikmodul auf dem Absorberrohr (7) zur Erwärmung eines weiteren Wärmeträgers im Bereich der geringsten Temperatur des weiteren Wärmeträgers angeordnet ist.
- 20           28. System (10) nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Absorberrohr (7) zur Erwärmung eines weiteren Wärmeträgers Teil eines Kreislaufs des weiteren Wärmeträgers ist.
- 25           29. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an das mindestens eine Mittel (7) zur Umwandlung von Strahlungsenergie oder an den Kreislauf dessen Teil das mindestens eine Mittel (7) zur Umwandlung von Strahlungsenergie ist, mindestens eine Kältemaschine, bevorzugt eine Adsorptions- und/oder Absorptionskältemaschine angeschlossen
- 30           ist.
30. Verfahren zum Betreiben eines Systems (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- a) Sonnenstrahlung kollektiert und in thermische und/oder elektrische Energie umgewandelt wird und
- b) der erste Wärmeträger über das mindestens eine Wärmetauschelement (6), das mit mindestens einem Mittel (4) zum Durchleiten des ersten Wärmeträgers ausgestattet ist, gekühlt wird.
- 5
31. Verfahren nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlung zumindest zum Teil nachts erfolgt.
- 10
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlung durch Strahlungskühlung erfolgt.
33. Verfahren nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungskühlung durch Ausrichten des mindestens einen Wärmetauschelementes (6) auf den Nachthimmel erfolgt.
- 15
34. Verfahren nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausrichten des Wärmetauschelementes (6) auf den Nachthimmel durch Drehen mindestens eines Reflektors (1) erfolgt, so dass die dem reflektiven Element (2) abgewandte Seite des Reflektors (1) dem Nachthimmel zumindest partiell zugewandt ist, wobei das Wärmetauschelement (6) auf der dem reflektiven Element (2) abgewandten Seite des Reflektors (1) angeordnet ist.
- 20
- 25
35. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausrichten des Wärmetauschelementes (6) auf den Nachthimmel dadurch erfolgt, dass die den Fresnel-Kollektor bildenden Reflektoren (1) so ausgerichtet werden, dass ihr stö-
- 30

render Einfluss auf den Strahlungsaustausch zwischen Wärmetauschelement und Nachthimmel minimiert wird, vorzugsweise durch Senkrechtstellen der den Fresnel-Kollektor bildenden Reflektoren.

- 5            36. Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kühlung mittels mindestens eines indirekten Speichers, bevorzugt mindestens eines Sorptionsspeichers erfolgt.
- 10           37. Verfahren nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein indirekter Speicher, bevorzugt der Sorptionsspeicher nachts durch die mindestens eine externen Wärmequelle regeneriert wird.
- 15           38. Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass der gekühlte erste Wärmeträger in dem mindestens einen Wärmereervoir gespeichert wird.
- 20           39. Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Mittel (4) zum Durchleiten eines ersten Wärmeträgers parallel von dem ersten Wärmeträger durchströmt werden.
- 25           40. Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische und/oder elektrische Energie zum Betreiben einer Kältemaschine verwendet wird.
- 30           41. Verwendung eines Systems (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 29 zur Umwandlung von Sonnenstrahlung in thermische und/oder elektrische Energie.

5           42.   Verwendung eines Systems (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 29 zur Kühlung von Gebäuden, Kondensatoren von thermischen Kraftwerken, bevorzugt solarthermischen Kraftwerken und/oder Photovoltaikmodulen.

10           43.   Verwendung eines Systems (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 29 zum Betreiben von solarthermischen Kraftwerken und/oder Kältemaschinen, bevorzugt Adsorptions- und/oder Absorptionskältemaschinen.

Fig. 1

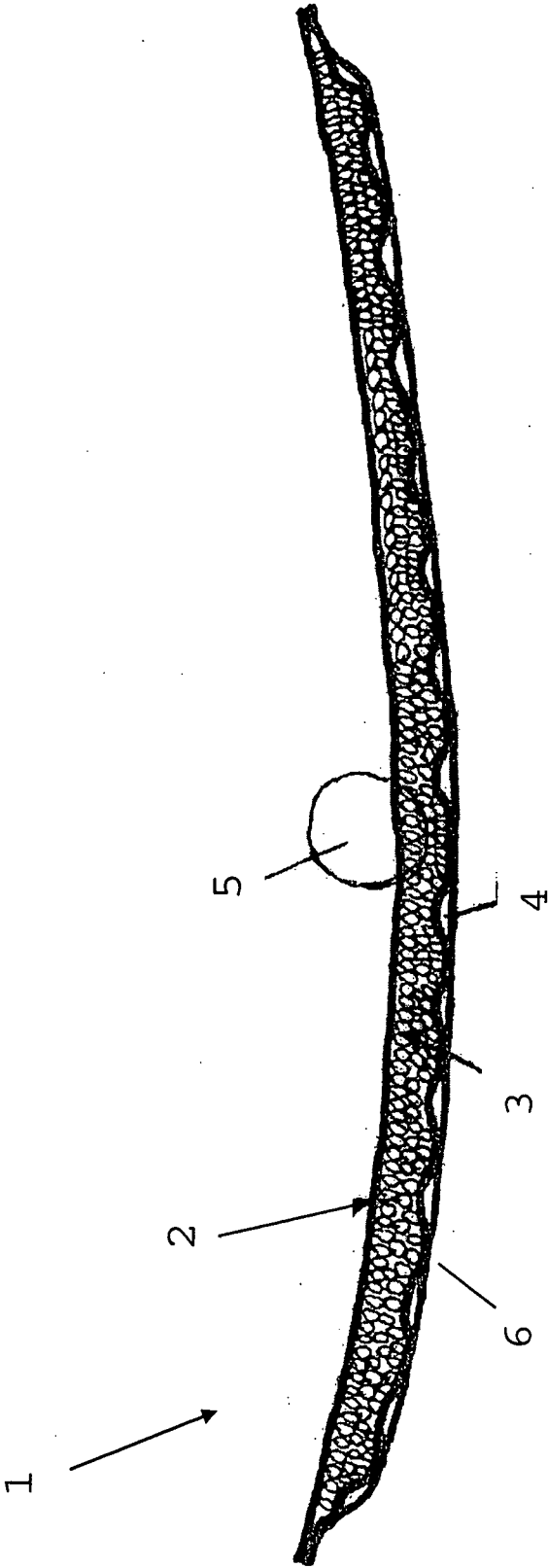


Fig. 2

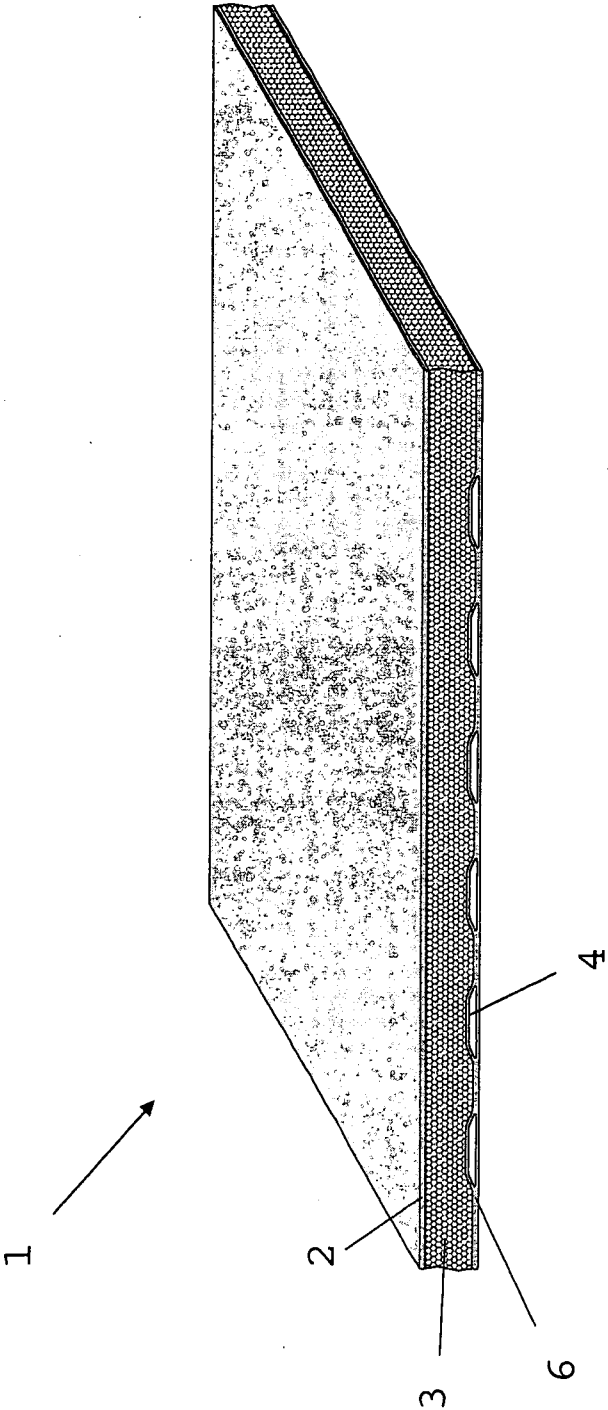


Fig. 3

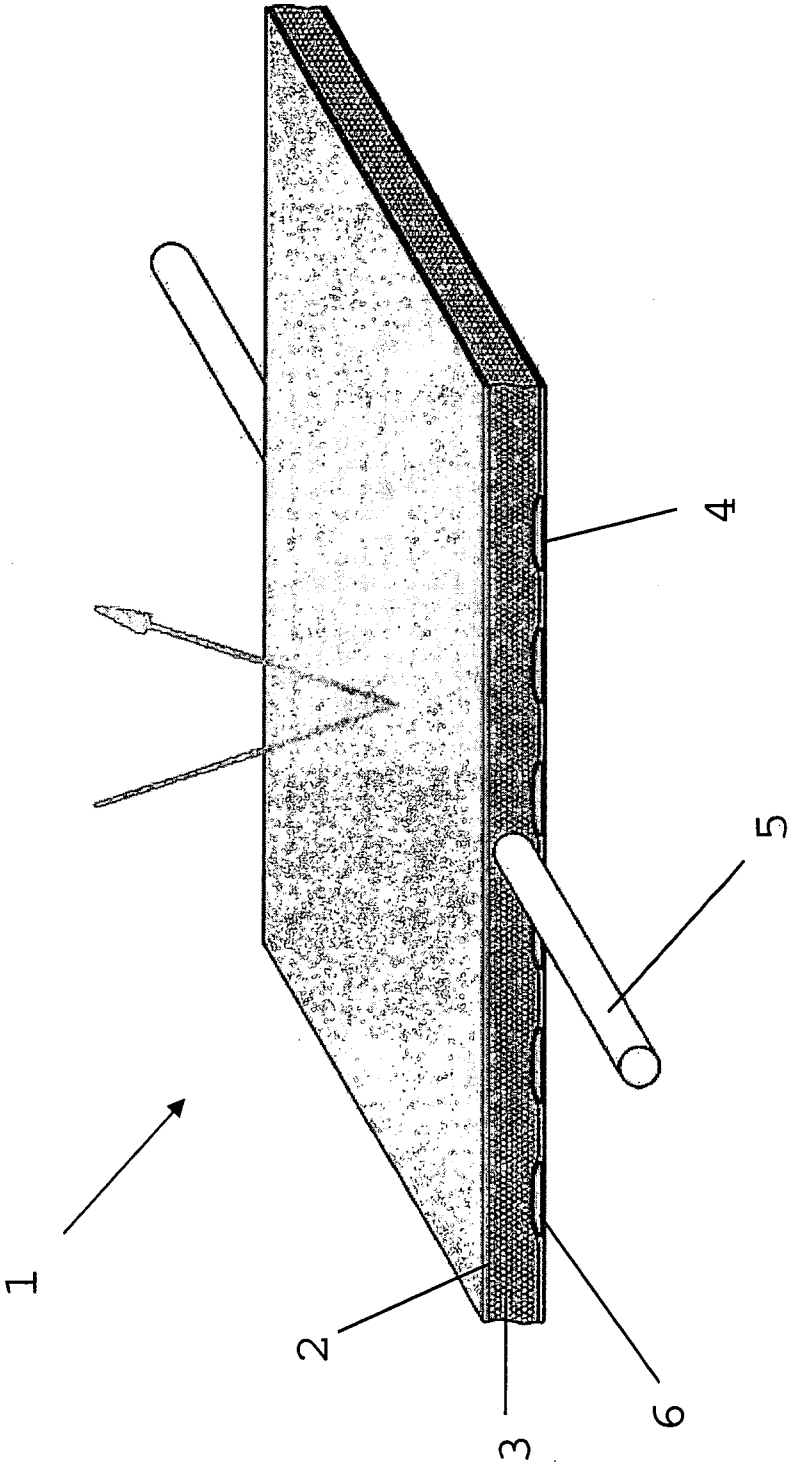
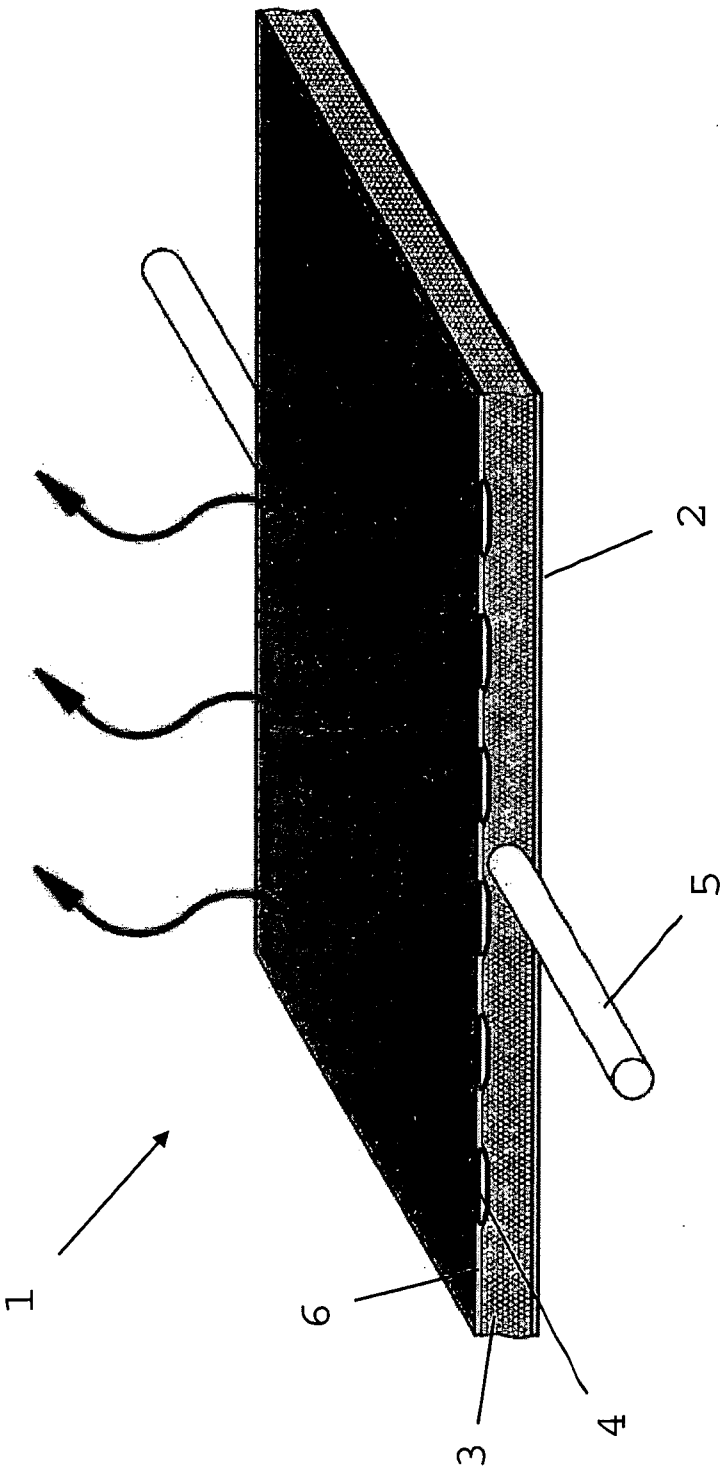


Fig. 4



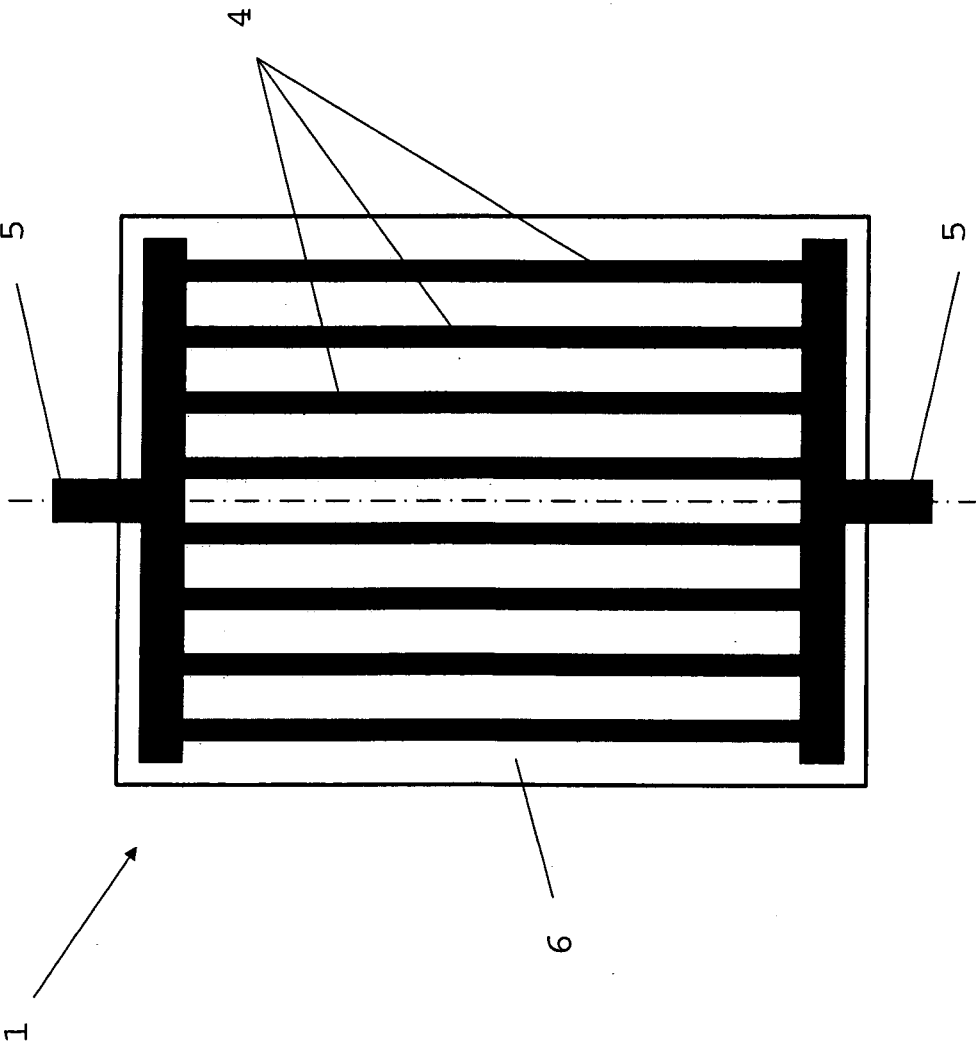


Fig. 5

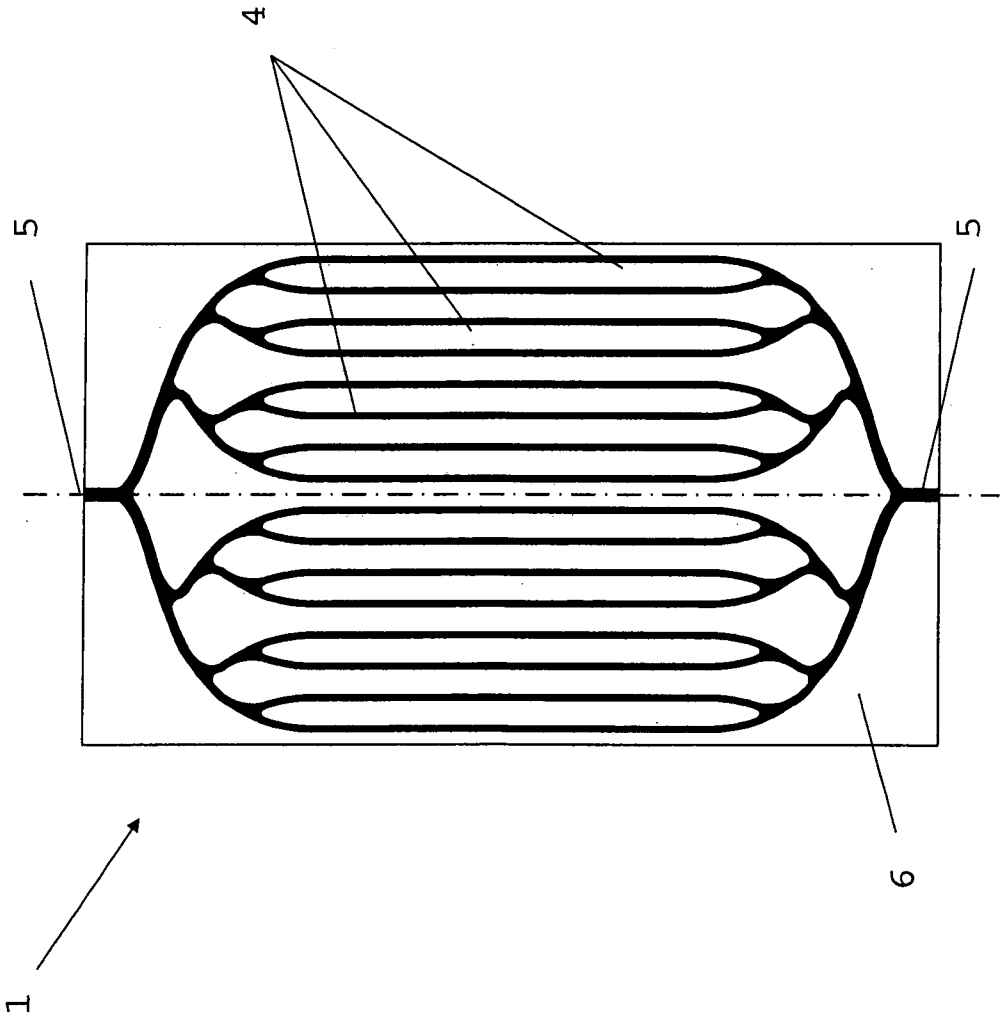


Fig. 6

Fig. 7

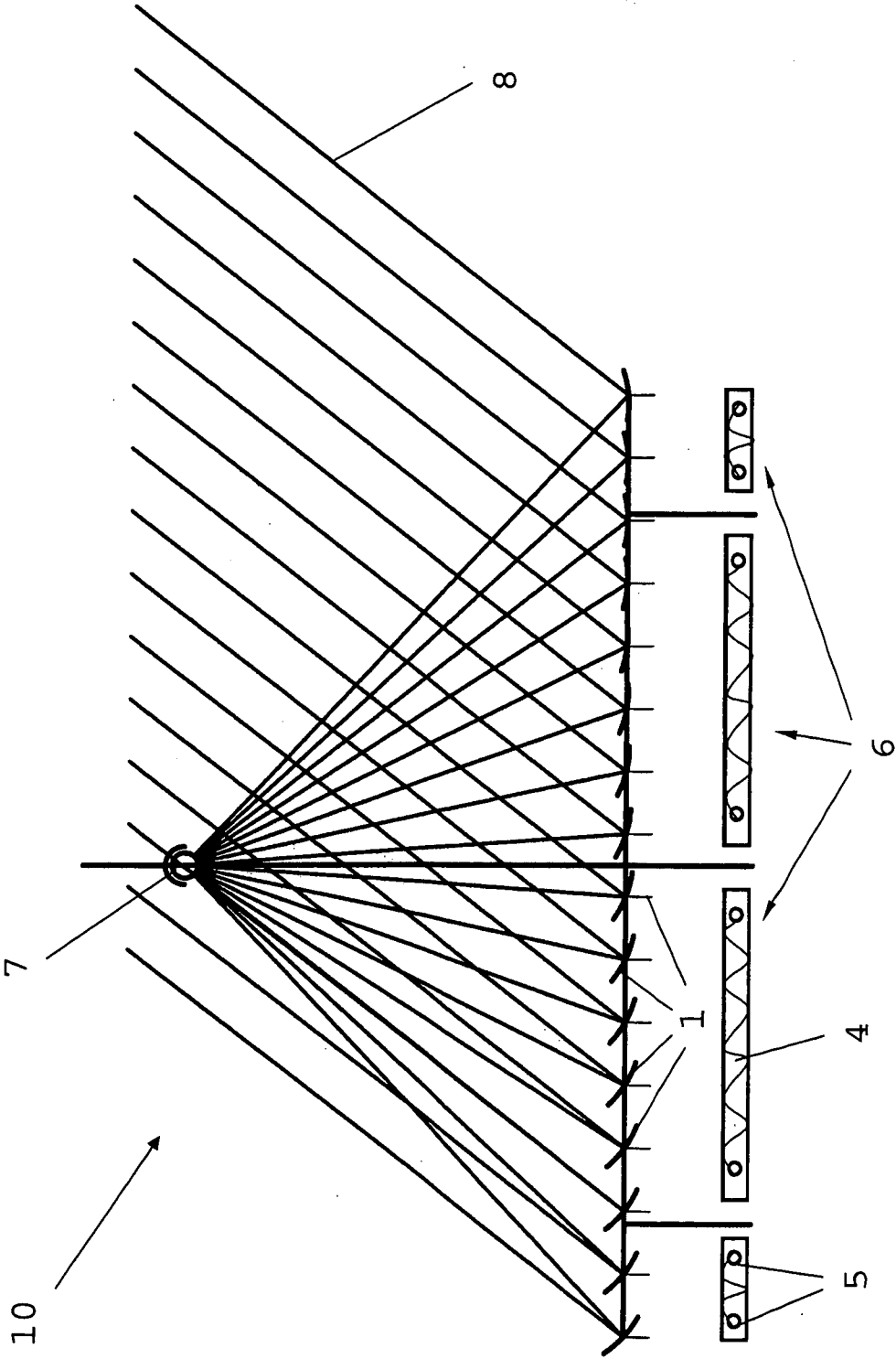


Fig. 8

