



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: F 24 J

3/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ **PATENT**SCHRIFT A5

⑪

629 293

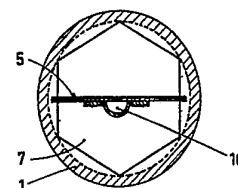
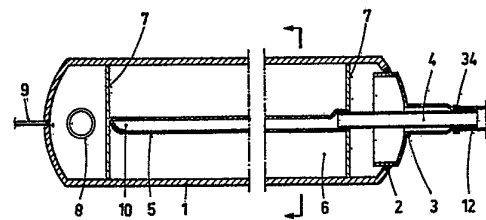
<p>⑳ Gesuchsnummer: 15742/77</p> <p>㉒ Anmeldungsdatum: 19.12.1977</p> <p>㉔ Patent erteilt: 15.04.1982</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.04.1982</p>	<p>⑦③ Inhaber: Irasol AG, Schaan (LF)</p> <p>⑦② Erfinder: Dr. Mahdjuri Faramarz, Lugano</p> <p>⑦④ Vertreter: Patentanwälte Racheli & Fiammenghi, Lugano</p>
--	---

⑤④ **Solarkollektor mit einem in ein evakuiertes Glasrohr eingebauten Absorber.**

⑤⑦ Der Solarkollektor besteht aus einem Absorber, einem Kondensator und einem auf diesen Kondensator leicht aufsteckbaren Wärmeaustauscher.

Der Absorber ist in einem länglichen, transparenten und evakuierten Glasrohr (1) angeordnet und besteht aus einer Absorberplatte (5), an welcher wenigstens ein das Treibmittel enthaltender Kanal (10) ausgebildet ist. Der Kanal (10) ist an einem Endbereich geschlossen und an dem anderen Endbereich über ein weiteres Rohr (4) und eine Dichtungsmuffe (3) mit dem Kondensator (11) verbunden. Letzterer umfasst eine Wärmeaustauschfläche (111), an die mehrere Kanäle (112) zur Aufnahme des Treibmittels angebracht sind, wobei die Austauschfläche (111) an einer ihr zugewandten Fläche (151) des Wärmeaustauschers, der von der Arbeitsflüssigkeit durchflossen wird, eng anliegt.

Dadurch wird ein Solarkollektor geschaffen, der billig in der Herstellung, leicht austauschbar und im Aufbau einfach ist. Ausserdem ist dieser Solarkollektor unempfindlich gegen Frost.



PATENTANSPRÜCHE

1) Solarkollektor mit einem Absorber zur Umwandlung der Sonnenstrahlung in Wärme, der in einem evakuierten Glasrohr eingebaut ist, einem Kondensator, der mit dem Absorber über eine Leitung zum Transport der Wärme verbunden ist, wobei diese Leitung ein flüssiges Treibmittel enthält, welches im Absorber verdampft sowie im Kondensator kondensiert wird und dabei auf diesen letzteren die Verdampfungswärme überträgt, und wobei dem erwähnten Kondensator ein Wärmeaustauscher zugeordnet ist, welcher von einer Arbeitsflüssigkeit durchflossen wird, die die Wärme an eine Verbraucherstelle bringt, dadurch gekennzeichnet, dass das evakuierte Glasrohr (1) länglich ausgebildet und transparent ist, dass der im Glasrohr (1) angeordnete Absorber eine Absorberplatte (5) besitzt, an welcher wenigstens ein das Treibmittel enthaltender Kanal (10) ausgebildet ist, dass der Kanal (10) an einem Endbereich geschlossen und an dem anderen Endbereich über ein weiteres Rohr (4) und eine Dichtungsmuffe (3) mit dem Kondensator verbunden ist, dass der Kondensator (11) mehrere weitere Kanäle (112) besitzt, die zur Aufnahme des kondensierten Treibmittels dienen, wobei der Kondensator (11) eine Wärmeaustauschfläche (111) besitzt, die an einer ihr zugewandten Fläche (151) des Wärmeaustauschers anliegt.

2) Solarkollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeaustauschfläche (111) eine ebene Fläche ist.

3) Solarkollektor nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeaustauschfläche (111) den einfallenden Sonnenstrahlen zugewandt ist und die Kanäle (112) auf der dieser Wärmeaustauschfläche abgekehrten Seite angeordnet sind.

4) Solarkollektor nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der thermische Kontakt zwischen der Wärmeaustauschfläche (111) des Kondensators und dem Wärmeaustauscher über eine aus einer zähflüssigen Substanz bestehenden Schicht (19) oder aus Paraffin, Schmieröl oder Metallgriessen hergestellt ist, wobei der thermische Kontakt überdies mittels Federn (14), welche die Ecken der Wärmeaustauschfläche (111) des Kondensators an die entsprechende Austauschfläche (151) des Wärmeaustauschers andrücken, begünstigt wird.

5) Solarkollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der der Absorberplatte (5) zugehörige Kanal (10) aus einem profilierten Blech mit seitlichen Randbereichen (101) besteht.

6) Solarkollektor nach den Ansprüchen 1 und 3, mit mehreren Kanälen (10), dadurch gekennzeichnet, dass ein die Kanäle (10) bildendes profiliertes Blech derart verformt ist, dass die Kanäle einen halbkreisförmigen bzw. einen trapezförmigen Querschnitt aufweisen.

7) Solarkollektor nach den Ansprüchen 1 bis 4 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Austauschfläche (111) des Kondensators an die Wärmeaustauschfläche (151) des Wärmeaustauschers mechanisch angepresst wird.

8) Solarkollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungsmuffe (3) aus einem Metall, beispielsweise aus einer Eisen-Nickel-Legierung mit gleichem Ausdehnungskoeffizient wie das Glasrohr (1) besteht und trichterförmig ausgebildet ist, wobei der einen grösseren Durchmesser aufweisende Bereich der Dichtungsmuffe (3) mit dem Glasrohr (1) mittels eines Glaslotes verschmolzen ist und wobei deren Bereich mit kleinerem Durchmesser mit dem genannten weiteren Rohr (4) vakuumdicht verschweisst ist, und dass die Verbindung (12) zwischen dem weiteren Rohr (4) und dem Kondensator (11) mittels eines aus einem leicht verformbaren Metallprofil, beispielsweise ein Metall-Balg, sowie insbesondere aus Kupfer bestehenden Verbindungsstückes (12) erzielt wird.

9) Solarkollektor nach den Ansprüchen 1 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Glasrohr (1) aus Gründen der Transparenz aus einem eisenarmen Weichglas besteht.

10) Solarkollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Absorberplatte (5) mit einer selektiven Beschichtung versehen ist.

11) Solarkollektor nach den Ansprüchen 1 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Absorberplatte (5) auf einer metallischen Unterlage mit kleinem Emissionskoeffizient, insbesondere Kupfer, Nickel und Silber, eine aus einem Metalloxyd wie insbesondere Chrom-Nickel-, Kupfer-, Kobaltoxyden oder einem Metallsulfid wie beispielsweise Blei-, Eisen-, Nickel-, Chrom-, Kobaltsulfiden, oder einer Mischung derselben bestehende Schicht aufweist.

12) Solarkollektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die kritische Temperatur des benutzten Treibmittels im Bereich der höchsten zulässigen Arbeitstemperatur des Solarkollektors liegt.

13) Solarkollektor nach den Ansprüchen 1 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Treibmittel aus Dichlordifluormethan, Chlordifluormethan oder Propan besteht.

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Solarkollektor mit einem Absorber zur Umwandlung der Sonnenstrahlung in Wärme, der in einem evakuierten Glasrohr eingebaut ist, einem Kondensator, der mit dem Absorber über eine Leitung zum Transport der Wärme verbunden ist, wobei diese Leitung ein flüssiges Treibmittel enthält, welches im Absorber verdampft sowie im Kondensator kondensiert wird und dabei auf diesen letzteren die Verdampfungswärme überträgt, und wobei dem erwähnten Kondensator ein Wärmeaustauscher zugeordnet ist, welcher von einer Arbeitsflüssigkeit durchflossen wird, die die Wärme an eine Verbraucherstelle bringt.

Der Solarkollektor gemäss der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das evakuierte Glasrohr länglich ausgebildet und transparent ist, dass der im Glasrohr angeordnete Absorber eine Absorberplatte besitzt, an welcher wenigstens ein das Treibmittel enthaltender Kanal ausgebildet ist, dass der Kanal an einem Endbereich geschlossen und an dem anderen Endbereich über ein weiteres Rohr und eine Dichtungsmuffe mit dem Kondensator verbunden ist, dass der Kondensator mehrere weitere Kanäle besitzt, die zur Aufnahme des kondensierten Treibmittels dienen, wobei der Kondensator eine Wärmeaustauschfläche besitzt, die an einer ihr zugewandten Fläche des Wärmeaustauschers anliegt.

Sonnenkollektoren sollen den Hauptteil des Strahlungsspektrums des Sonnenlichtes in Wärme umwandeln und diese mit möglichst hohem Wirkungsgrad an ein fluides Transportmedium, z. B. Wasser, austauschen. Sie sollen nach Möglichkeit folgende Eigenschaften besitzen.

a) hohe Absorption d. h. ein Absorptionsvermögen $\alpha \geq 0,9$ des Absorbers im gesamten Spektralbereich des Sonnenlichtes, mit $\lambda = 0,3$ bis $2,2 \mu\text{m}$;

b) geringe effektive Emission, d. h. ein Emissionsvermögen $\epsilon \leq 0,3$ des Absorbers im Bereich der Wärmestrahlung mit $\lambda = 3$ bis $30 \mu\text{m}$;

c) geringe Wärmeverluste durch Wärmeleitung und Konvektion;

d) geringe thermische Kapazität;

e) hohe Wärmeübertragung vom Absorber auf die Arbeitsflüssigkeit.

In diesem Zusammenhang versteht man unter einer selektiven wärmereflektierenden Schicht eine für Sonnenlicht, $0,3$ bis $2,2 \mu\text{m}$, transparente und für Wärmestrahlung, 3 bis $30 \mu\text{m}$, reflektierende Schicht mit einem Emissionsvermögen $\epsilon \leq 0,3$ und einem Reflexionsvermögen für Wärmestrahlung $R > 0,7$, wobei $\epsilon = 1 - R$ ist.

Derartige selektive wärmereflektierenden Schichten können

aus Gold, Silber, Zinndioxyd oder vorzugsweise aus mit Zinn dotiertem Indiumoxyd bestehen.

Selektive Wärmeabsorber besitzen für Sonnenlicht, 0,3 bis 2,2 μm , ein Absorptionsvermögen $\alpha \geq 0,9$ und für Wärmestrahlung, 3 bis 30 μm , ein Emissionsvermögen $\epsilon < 0,15$. Derartige selektive Absorber können z. B. aus Metalloxyden, z. B. Nickel, Chrom oder Kobalt oder Metallsulfiden z. B. Eisen, Chrom, Nickel, Kobalt, Blei usw. auf metallischer Unterlage, bestehen.

Ausserdem kann ein selektiver Absorber aus einem mit dotiertem Indiumoxyd überzogenen, nicht-selektiven Absorber bestehen.

Das Wärmerohr ist ein Gerät, dessen wesentliche Funktion im Transport und in der Verteilung von Wärme mittels Verdampfung und Kondensation eines Treibmittels besteht. Sein charakteristisches Merkmal ist, dass die zur Zirkulation der Flüssigkeit und des Dampfes, bei Vorhandensein von Gravitation und Reibungsverlusten, benötigte Energie vollständig aus der Wärmequelle stammt; es wird also kein externes Pumpsystem benötigt. Der Einsatz von Wärmerohren in Solarkollektoren ist z. B. durch die Deutsche Offenlegungsschrift Nr. 26 46 987.4, oder aus dem ASE-Bericht der Essener Tagung Feb. 1977 S. 35 bekannt.

Im Gegensatz zu den obengenannten Ausführungen ist ein Docht oder kapillarartige Hohlräume zum Pumpen des kondensierten Treibmittels vom Kondensator zu dem Verdampferbereich nicht mehr notwendig, da der Kollektor gegen den Horizont geneigt ist und der Kondensator höher als der Verdampfer steht, so dass in diesem Fall die Schwerkraft für den Rückfluss in den Verdampferbereich, d. h. in den Absorber des Kollektors, sorgt.

Aufgabe und Problemstellung eines rationellen, evakuierten Heatpipe-Solarkollektors sind folgende:

1) *Leerlauf* – Unter dem Begriff «Leerlauf» (no load) versteht man den Zustand, in dem vom Kollektor keine Energie abgeführt werden kann. Der Leerlaufzustand kann eintreten, wenn:

a) eine Störung im System vorliegt, z. B. Ausfall der Umlaufpumpe;

b) die Energieaufnahme des Systems erschöpft ist, z. B. der Speicher gefüllt ist, oder kein Energieverbrauch vorliegt, wie z. B. im Urlaubsfall).

Da bei den evakuierten und mit selektivem Absorber versehenen Kollektoren Leerlaufstemperaturen bis über 250° C im Absorber erreicht werden können, muss für die Sicherheit des gesamten Systems gesorgt werden. Eine Absicherung des Systems gegen den Leerlaufzustand erhöht die Gesamtkosten des Systems erheblich. Es muss also dafür gesorgt werden, dass durch spezielle Kunstgriffe in dem Kollektoraufbau eine aufwendige Absicherung des Systems überflüssig wird.

2) *Frost* – Die mit Wasser als Wärmetransportmedium betriebenen Solarkollektoren weisen den Nachteil auf, dass sie im Winter gegen Frost geschützt werden müssen.

Der Einsatz von Frostschutzmittel führt zu zusätzlichen Kosten und kann, im Falle eines Leckes, unübersehbaren Schaden hervorrufen; hinzu kommen noch die schlechten Wärmeübertragungseigenschaften der Wasser/Glykol-Mischung dem Wasser gegenüber.

Es muss daher versucht werden, evakuierte Heatpipe-Kollektoren zu entwickeln, die ein System ohne Frostschutzmittel ermöglichen.

3) *Absorber* – Die Ausführung des Absorbers nach DOS 26 46 987.4 aus Glas ist zweckmässig, da das Glas nicht den für diesen Zweck notwendigen thermischen bzw. mechanischen Belastungen ausreichend standhält; hinzu kommt noch die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Glases und die Schwierigkeit der selektiven Beschichtung von Glas.

Die Ausführung, nach ASE-Bericht der Essener Tagung Feb. 1977 S. 35 aus Aluminium ist für diesen Zweck geeignet, jedoch relativ kostspielig wegen des Strangpress-Verfahrens. Es muss

also nach einem Metallabsorber gesucht werden, der preisgünstig in der Herstellung ist.

4) *Metall-Glas-Verschmelzung* – Die Metall-Glas-Verschmelzung ist vor allem aus der Lampenindustrie bekannt und muss selbstverständlich für diese spezielle Anwendung neu konstruiert werden; dabei ist auf die mechanische Stabilität sowie auf den Temperatur-Swing bei der Konstruktion zu achten.

5) *Wärmeaustauscher* – Der Aufbau des Kondensators eines Heatpipe-Kollektors stellt eine der wichtigsten Teilkonstruktionen dar. Es muss für einen guten Wärmetransport aus dem Kondensatorraum gesorgt werden. Die Kondensatorfläche muss für den Kollektor entsprechend dimensioniert sein. Durch besondere Massnahmen muss für einen geringen Wärmewiderstand zwischen Kondensatorraum und fluidem Transportmedium gesorgt werden.

6) *Befestigungen* – Die Kollektoreinheiten müssen leicht montierbar sein und die im Bauwesen üblichen Toleranzen aufweisen.

Sie müssen ausserdem leicht auswechselbar sein. Der evakuierte Heatpipe-Solarkollektor gemäss der Erfindung erfüllt alle diese Bedingungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Solarkollektor mit hohem Wirkungsgrad zu schaffen, der billig in der Herstellung, leicht austauschbar und im Systemaufbau einfach ist.

Anhand der beiliegenden Zeichnungen wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 zeigt den Längsschnitt des Absorbers.

Fig. 2 zeigt die Seitenansicht des Kondensators.

Fig. 3 einen Querschnitt des Kollektors.

Fig. 4 den Kondensator in Draufsicht von oben.

Fig. 5 einen Schnitt des Kondensators nach der Linie II von Fig. 4.

Fig. 6, 7, 8, 9, einen Querschnitt der Absorberplatte mit verschiedenen Ausführungsformen des Kanals.

Fig. 10 und 11, die Darstellung der entsprechenden Berechnungen für die Ausführungen gemäss Fig. 6 und 8.

Fig. 12 einen Querschnitt des Kondensators mit Wärmeaustauscher.

Fig. 13 die Seitenansicht des Kollektors mit einem Formstück an einem Balken befestigten Kollektors;

Fig. 14 den entsprechenden Querschnitt durch Formstück und Balken.

Der Solarkollektor wird nunmehr anhand der Zeichnungen näher erläutert:

In Fig. 6, 7, 8, 9 sind verschiedene Absorberformen im Querschnitt dargestellt. Sie bestehen alle aus einer Platte 51 und einem Kanal 10, in dem sich das Treibmittel befindet. Die Platte 51 besteht z. B. aus einem verkupferten Eisenblech, welches auf der oberen Fläche mit einem selektiven Absorber 52 versehen ist. Die Strahlungsenergie der Sonne, die in Wärme umgewandelt ist, wird mittels der Platte 51 aus Eisen auf den Kanal 10 übertragen. Für die Wärmeübertragung ergibt die Berechnung folgende Beziehung:

$$\Delta T = \frac{Q}{\varphi \cdot d} \cdot L^2$$

Q : die umgewandelte Sonnenenergie; L : Abstand zwischen dem Rand des Streifens und dem Kanal; φ : spez. Wärmeleitfähigkeit des Metalls; d : Dicke der Metallplatte; ΔT : Temperaturunterschied zwischen Rand der Platte und Mittel des Kanals.

Fig. 10 zeigt die ΔT als Funktion der Dicke für eine Ausführung in Eisen nach Fig. 6 und 7 ($2L = 6 \text{ cm}$). Bei den Ausführungen Fig. 8 und 9 muss die obige Beziehung abgeändert werden. Fig. 11 zeigt die Darstellung der entsprechenden Berechnungen für die Ausführungsform Fig. 8, wobei $2L = 6 \text{ cm}$; $2t = 3 \text{ cm}$

beträgt. Aus dem Vergleich der Fig. 10 und 11 erkennt man sofort die thermischen Vorzüge der Ausführungen Fig. 8 und 9; hinzu kommt noch das einfache Herstellungsverfahren dieser Profile.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt und Fig. 3 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel des Kollektors. Danach besitzt der Solarkollektor ein evakuiertes, transparentes Glasrohr, das an einem Ende verschlossen ist. Das andere Ende ist in mit einer Dichtungsmuffe 3 aus Metall verschmolzen.

Die Verschmelzung des Glasrohrs 1 mit der Dichtungsmuffe 3 geschieht mit dem Zwischenstück 2, aus einem Spezialglas, z. B. Bleiglas. Die Dichtungsmuffe 3 besteht aus einem Material mit etwa gleichem Ausdehnungskoeffizient wie Glas, z. B. Eisen-Nickel. Die Formgebung der Dichtungsmuffe 3 hat zwei wichtige Funktionen zu erfüllen: 1. Mechanische Stabilität: dafür muss die Muffe an der Verschmelzungsstelle möglichst gleiche Abmessung besitzen wie das Glasrohr 1, um damit die Hebelwirkung zu schwächen; 2. Der thermische Weg soll so lang wie möglich sein, damit die Wärmeverluste durch die Leitung so klein wie möglich gehalten werden.

Der Kanal 10 der Absorberplatte 5 ist an einem Ende vakuumdicht verschlossen und am anderen Ende mit einem Metallrohr 4 vakuumdicht verbunden. Das Metallrohr 4 soll eine möglichst schlechte Wärmeleitfähigkeit besitzen, z. B. aus Eisen bestehen (Bundyrohr); es soll möglichst nur ein Wärmetransport vom Absorber nach aussen, durch das Treibmittel, stattfinden.

Der Absorber ist im Glasrohr 1 mit Hilfe von zwei flachen Reflektoren 7 gehalten, die an den Enden des zylindrischen Bereiches des Glasrohres 1, quer zur Glasrohrachse, eingebaut sind und aus mit Aluminium bedampftem oder mit dünner Al-Platte verbundenem Glimmer bestehen, welche eine schlechte Leitfähigkeit besitzen.

An einem Ende des Absorbers ist ferner ein Gettering 8 befestigt.

Das Rohr 4 und die Dichtungsmuffe 3 sind in 34 vakuumdicht miteinander verbunden. An der verschlossenen Stirnfläche des Glasrohres befindet sich ein abgeschmolzener Pumpstengel 9, durch den das Innere des Glasrohres 1 auf einen Restgasdruck von weniger als 10^{-1} Torr evakuiert wird.

Der Wärmeaustauscher ist mittels einem Verbindungsstück 12, aus einem leicht verformbaren Metallprofil, z. B. Kupferrohr oder Metall-Balg, mit dem Rohr 1 verbunden. Der Wärmeaustauscher besitzt einen flachen Teil oder eine Wärmeaustauscherfläche 111 (Fig. 5) und ein tiefgezogenes Profil 112, welche miteinander so verbunden sind, dass eine Mehrzahl Kanäle 13 beispielsweise vier Kanäle entstehen.

Die Kanäle 13 des Wärmeaustauschers und der Kanal 10 des Absorbers sind über Zwischenstücke 4 und 12 miteinander verbunden und werden an der Stelle 113 mit einem Treibmittel, wie weiter unten eingehend erläutert wird, gefüllt. Die Füllstelle 113 wird danach vakuumdicht verschlossen.

Die flache Wärmeaustauscherfläche 111 ist Plan-Parallel mit der Absorberplatte 5 und befindet sich auf der gleichen Seite wie die Beschichtung 52 der Platte 5.

Diese flache Seite (111) des Kondensators bildet die Austauschfläche des Kondensators mit dem Wärmeaustauscher des Treibmittels 15 (Fig. 12).

Diese Konstruktion bringt den entscheidenden Vorteil mit sich, dass das Treibmittel an der Wärmeaustauscherfläche 111 kondensiert und, infolge der Schwerkraft, nach erfolgter Kondensation sofort auf die untere Seite 112 (Fig. 5) fällt, infolgedessen die Wärmeaustauscherfläche 111 stets für die Kondensation aktiv bleibt.

Die Austauschfläche 111 des Kondensators 11 sowie die Austauschfläche 151 des Wärmeaustauschers werden mittels

eines dickflüssigen Materials 19, z. B. Paraffin, Schmieröl, oder Metallgriesse usw. unter sich in einen guten thermischen Kontakt gebracht.

Für den guten thermischen Kontakt sorgen z. B. zwei Federblätter 14, die alle die vier Ecken der Wärmeaustauscherfläche 111 des Kondensators an die entsprechende Austauschfläche 151 des Wärmeaustauschers pressen.

Die beiden Federblätter 14 werden in 16 eingerastet.

Das leicht verformbare Verbindungsstück 12 ist dafür vorgesehen, dass, unabhängig von den vorhandenen Toleranzen in der Bautechnik, die beiden Wärmeaustauscherflächen 111 und 151 miteinander stets einen guten Kontakt besitzen. Eine günstige Dimensionierung der Solarkollektoren liegt dann vor, wenn die Austauschfläche 111 des Kondensators etwa 5-8 % der Absorberplatte 5 beträgt.

Der Wärmeaustauscher der Arbeitsflüssigkeit, bestehend aus Wasser 17 ist, zur thermischen Isolation so eingeschäumt 18, dass der Kondensator des Kollektors leicht hineingesteckt werden kann.

An das andere, verschlossene Ende des Kollektors ist ein Formstück 20, z. B. aus Kunststoff, aufgeklebt und mittels einer Schraube 201 an einen Balken 21 befestigt.

Die auftretende Längenausdehnung kann sowohl vom Wärmeaustauscher als auch von dem hierzu vorgesehenen Formstück 20 aufgenommen werden.

Die Glasrohre des Kollektors können durch einen dünnen Kunststoff-, Gummi- oder Silikonstreifen, der an einer Seite eines Rohres durch Kleben angebracht ist, getrennt sein.

Die Sicherheitsmassnahmen des Solarsystems, im Fall eines Leerlaufes sowie auch beim Überangebot von Solarenergie, führen bekanntlich zu Systemkomplikationen, die den Einsatz von Solarkollektoren zusätzlich verteuern. Hier wird beschrieben, wie durch die geeignete Auswahl des Treibmittels eine zusätzliche Systemsicherung überflüssig wird.

Wie eingangs erwähnt, wird die Wärme von der Absorberplatte mit Hilfe einer «Heatpipe» abgeführt.

Bekanntlich wird eine «Heatpipe» weit unterhalb der kritischen Temperatur des verwendeten Treibmittels benutzt.

Oberhalb der kritischen Temperatur T_K funktioniert eine «Heatpipe» nicht, da das Treibmittel nicht mehr kondensiert und folglich kein Wärmetransport stattfinden kann. Da sich aber der Kondensator ausserhalb des Kollektors befindet und das Verbindungsstück 12 keine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt, kann dort die Temperatur die kritische Temperatur nicht wesentlich überschreiten, zumal der Wärmetransport durch das überkritische Gas sehr klein ist. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Temperatur der Absorberplatte 5 im Glasrohr 1 weit über T_K steigt. Da aber die Arbeitsflüssigkeit des Solarsystems den Kondensator umströmt, kann die Temperatur des Systems nur geringfügig T_K überschreiten. Wenn ein Treibmittel so gewählt ist, dass sein T_K etwa der höchsten zulässigen Temperatur im System entspricht, dann wird es bei Leerlauf oder bei Überangebot von Solarenergie kein Problem für die Sicherheit des Systems geben.

In Tabelle I sind die für die Warmwasserbereitung in Frage kommenden Treibmittel aufgeführt.

Treibmittel	krit. Temp. T_K (° C)	krit. Druck P_K (Bar)
Freon C 318	115	27,8
Freon 12 (CF ₂ Cl ₂)	112	41,2
Freon 500 (CF ₂ Cl ₂ /CH ₃ CHF ₂)	106	44,2
Propan (C ₃ H ₈)	96,8	43,4
Freon 22 (CHF ₂ Cl)	96	49,8
Freon 502 (CHF ₂ Cl/CCl F ₂ -CF ₃)	82	40,7
Freon 13 B1 (CBr F ₃)	67	39,6

Für Warmwasserbereitung sind insbesondere geeignet: Freon 12 od. 22, d. h. Dichlordifluormethan, od. Chlordifluormethan, oder Propan.

Das Anbringen einer Menge von Molekularsieben (Natrium-Aluminium-Silikat) in der «Heatpipe», z. B. in Kondensorraum sorgt für die Absorbtion der Restgase im Wärmerohr (Heatpipe), welche ggf. einen Gaspuffer bilden können.

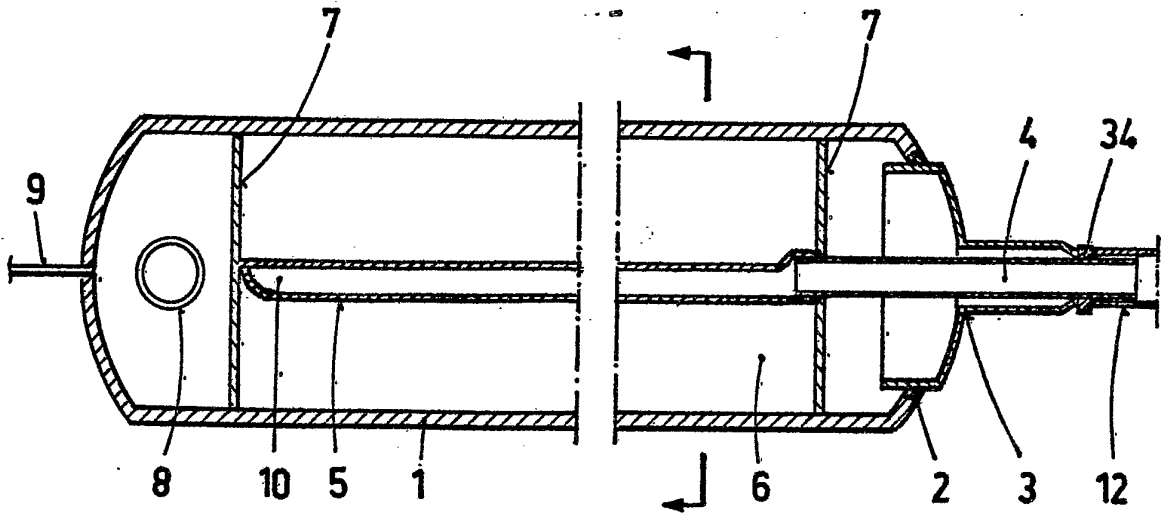


Fig. 1

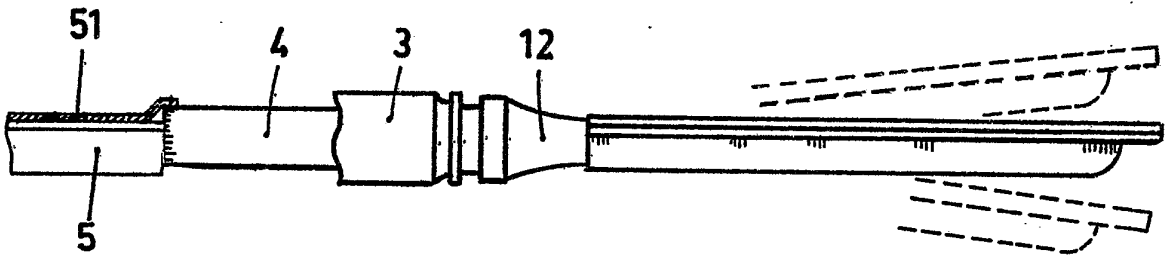


Fig. 2

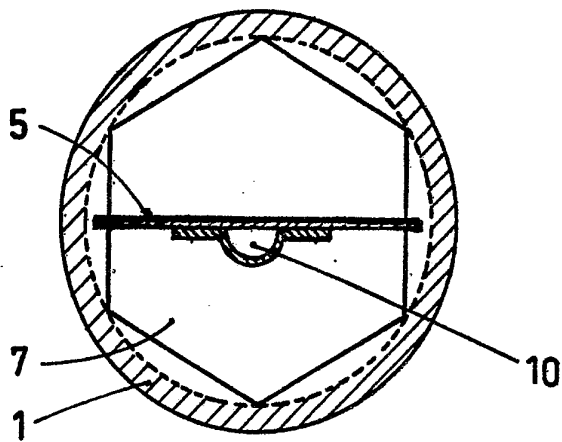


Fig. 3

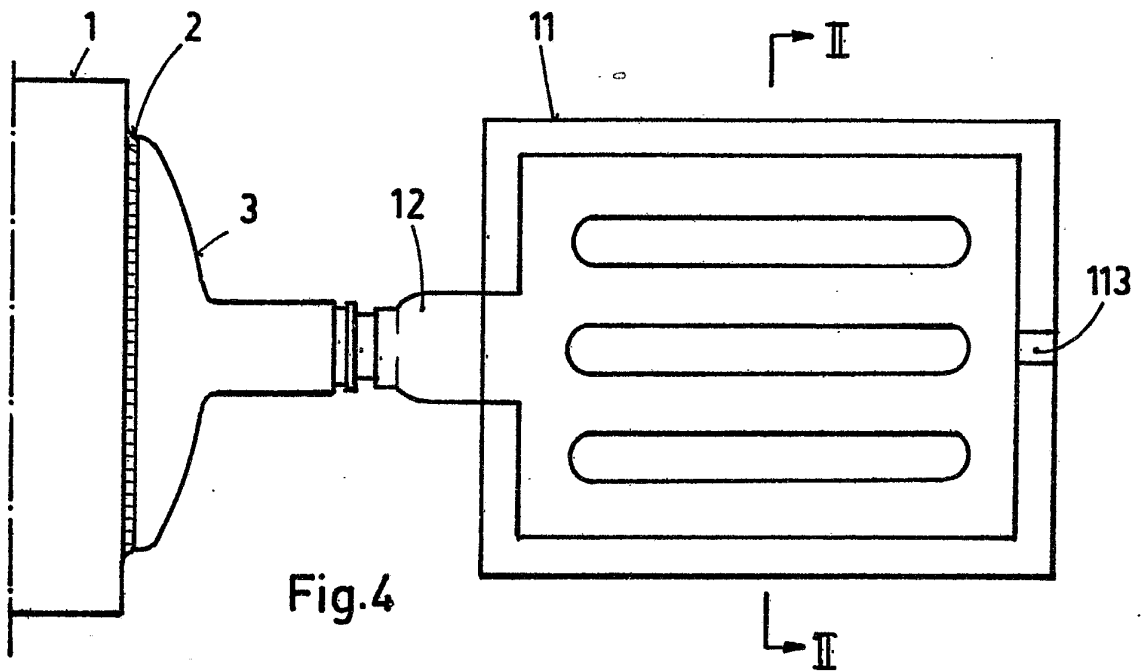


Fig. 4

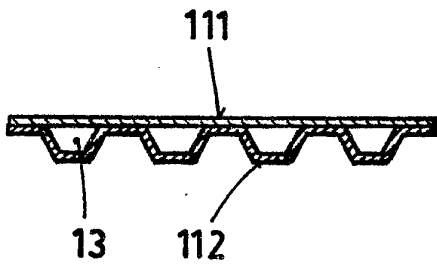


Fig. 5

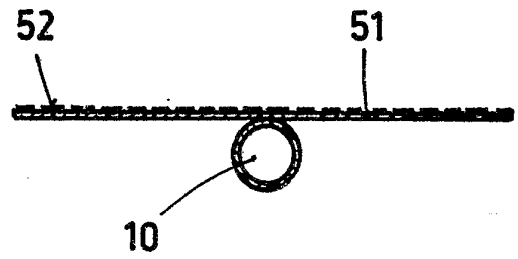


Fig. 6

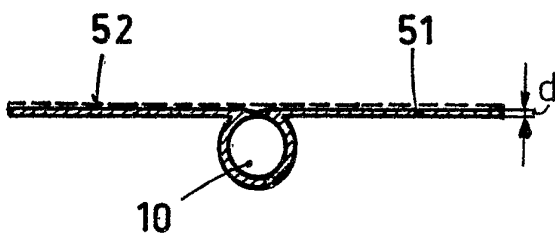


Fig. 7

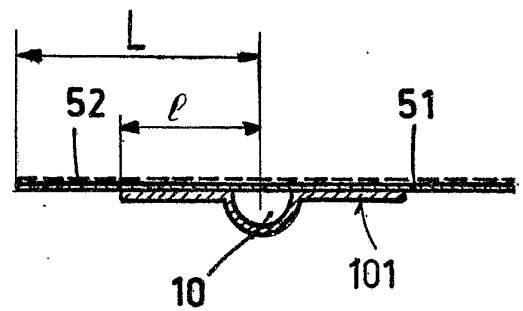


Fig. 8

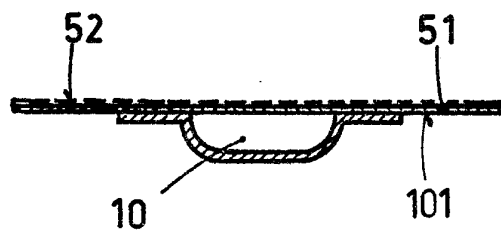


Fig. 9

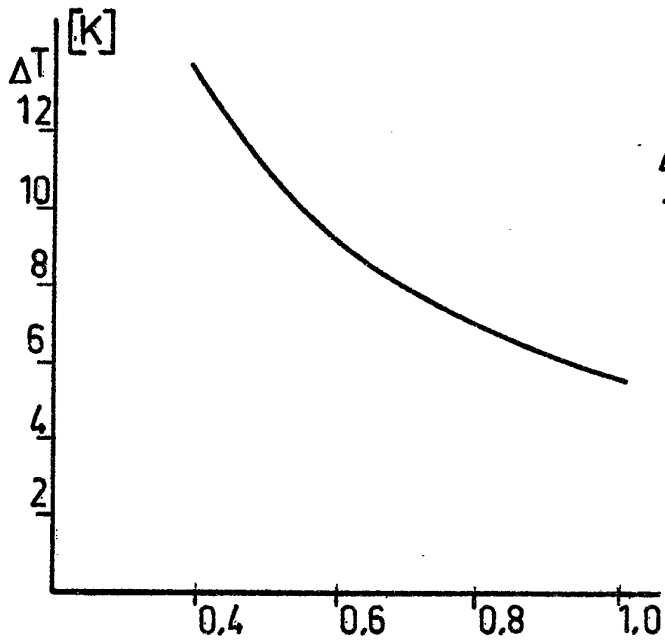


Fig.10

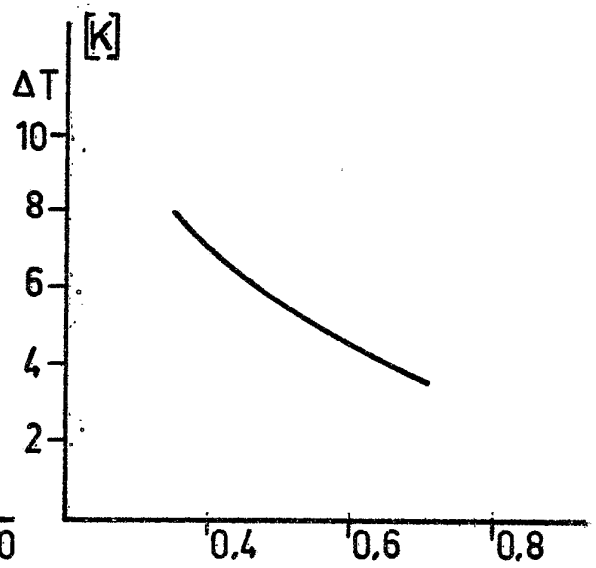


Fig.11

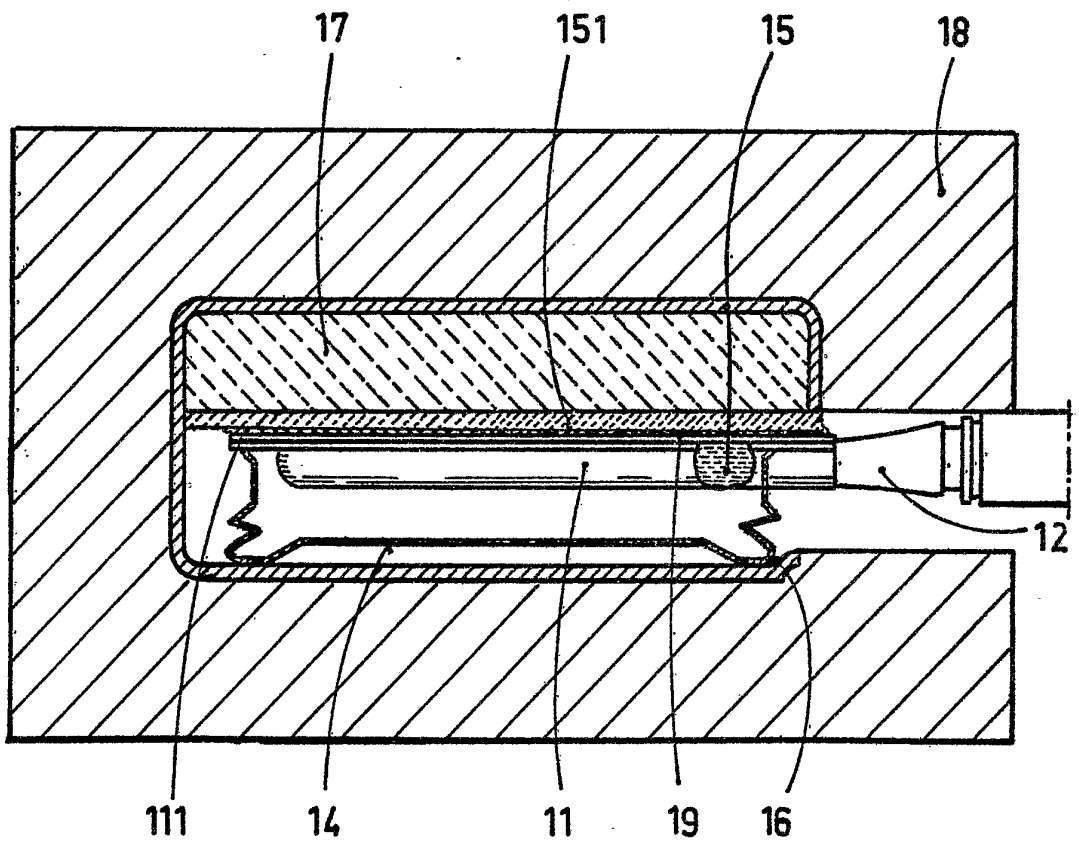


Fig.12

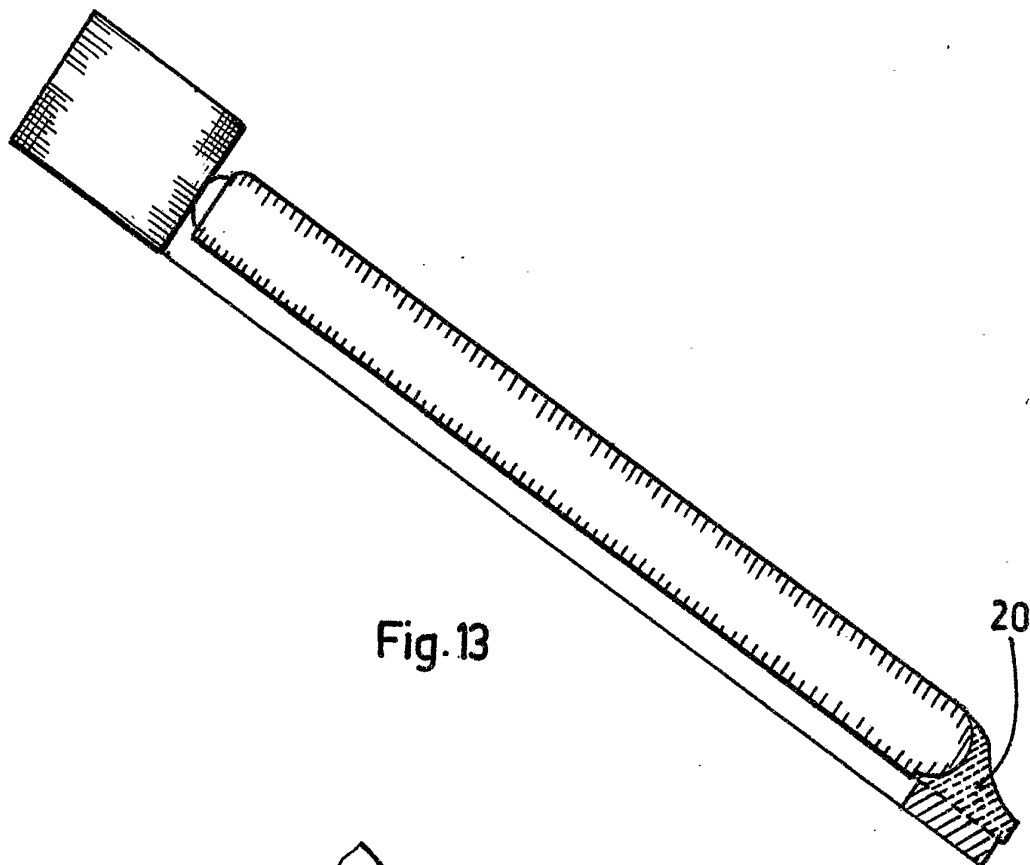


Fig. 13

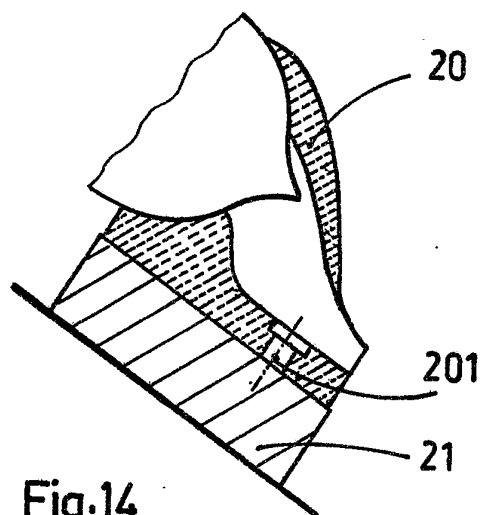


Fig. 14