



**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>5</sup> :</b> <b>F01K 25/00, F02G 1/04, 1/057</b>	<b>A2</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/06281</b>
		<b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 16. April 1992 (16.04.92)</b>

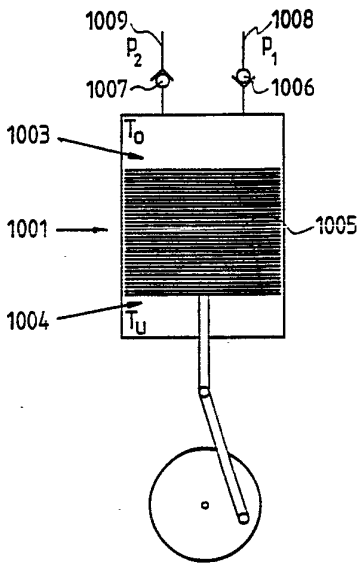
<p><b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP91/01804</p> <p><b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 21. September 1991 (21.09.91)</p> <p><b>(30) Prioritätsdaten:</b> 3152/90-1      1. Oktober 1990 (01.10.90)      CH</p> <p><b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> FELBER, Josef [CH/CH]; Resedastrasse 20, CH-8034 Zürich (CH). BARTL, Ludwig [CH/CH]; Mainaustrasse 100a, D-7750 Konstanz (CH).</p> <p><b>(71)(72) Anmelder und Erfinder:</b> ZWEIDLER, Adrian [CH/CH]; Eschenmosenstrasse 8, CH-8184 Bachenbülach (CH).</p> <p><b>(74) Anwälte:</b> FELBER, Josef usw. ; Felber &amp; Partner AG, Dufourstrasse 116, CH-8034 Zürich (CH).</p>	<p><b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> AT, AT (europäisches Patent), AU, BB, BE (europäisches Patent), BF (OAPI Patent), BG, BJ (OAPI Patent), BR, CA, CF (OAPI Patent), CG (OAPI Patent), CH, CH (europäisches Patent), CI (OAPI Patent), CM (OAPI Patent), CS, DE, DE (europäisches Patent), DK, DK (europäisches Patent), ES, ES (europäisches Patent), FI, FR (europäisches Patent), GA (OAPI Patent), GB, GB (europäisches Patent), GN (OAPI Patent), GR (europäisches Patent), HU, IT (europäisches Patent), JP, KP, KR, LK, LU, LU (europäisches Patent), MC, MG, ML (OAPI Patent), MN, MR (OAPI Patent), MW, NL, NL (europäisches Patent), NO, PL, RO, SD, SE, SE (europäisches Patent), SN (OAPI Patent), SU<sup>+</sup>, TD (OAPI Patent), TG (OAPI Patent), US.</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>
---	---

**(54) Title:** PROCESS AND DEVICES FOR THE FREE MUTUAL CONVERSION OF HEAT AND WORK AND FOR THE APPROXIMATE EXCHANGE OF THE TEMPERATURES OF TWO HEAT CARRIERS BY HEAT TRANSFER

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNGEN ZUR FREIEN UMWANDLUNG VON WÄRME UND ARBEIT INEINANDER UND ZUM NÄHERUNGSWEISEN AUSTAUSCHEN DER TEMPERATUREN ZWEIER WÄRMETRÄGER DURCH WÄRMEÜBERTRAGUNG

**(57) Abstract**

Heat and work are freely mutually converted by changing the temperature of a body by the application and abstraction of heat periodically between an upper  $T_o$  and a lower temperature  $T_u$  by the temperature exchange process of the invention, where a change in volume shifted in phase in relation to its isobaric change is imposed upon the body. In the process for the approximate exchange of the temperature of two heat carriers by heat transfer, two heat carriers are brought into mutual heat contact over a region and are mutually shifted in their general movement. The heat resistance inside the heat carriers in their general direction of movement is kept as high as possible while the heat resistance is kept as low as possible in the direction perpendicular to the general direction of movement.



**(57) Zusammenfassung**

Wärme und Arbeit werden frei ineinander umgewandelt, indem die Temperatur eines Körpers durch Wärmezufuhr und Wärmeabfuhr mittels dem erfindungsgemässen Temperatureaustauschverfahren periodisch zwischen einer oberen  $T_o$  und einer unteren Temperatur  $T_u$  geändert wird, wobei dem Körper eine gegenüber seiner isobaren Volumenänderung phasenverschobene Volumenänderung aufgezwungen wird. Im Verfahren zum näherungsweisen Austauschen der Temperaturen zweier Wärmeträger durch Wärmeübertragung werden zwei Wärmeträger über eine Strecke in gegenseitigen Wärmekontakt gebracht, indem sie in ihrer allgemeinen Bewegung gegeneinander verschoben werden, wobei der Wärmewiderstand innerhalb der Wärmeträger in ihrer allgemeinen Bewegungsrichtung möglichst hoch gehalten wird, währenddem in Normalrichtung zur allgemeinen Bewegungsrichtung der Wärmewiderstand möglichst klein gehalten wird.

+ Siehe Rückseite

### + BESTIMMUNGEN DER "SU"

Die Bestimmung der "SU" hat Wirkung in der Russischen Föderation. Es ist noch nicht bekannt, ob solche Bestimmungen in anderen Staaten der ehemaligen Sowjetunion Wirkung haben.

#### *LEDIGLICH ZUR INFORMATION*

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU <sup>+</sup>	Soviet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

Verfahren und Vorrichtungen zur freien Umwandlung von Wärme und Arbeit ineinander und zum näherungsweise Austausch der Temperaturen zweier Wärmeträger durch Wärmeübertragung

---

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und Vorrichtungen zur freien Umwandlung von Wärme und Arbeit ineinander. Weiter beinhaltet die Erfindung ein Verfahren und Vorrichtungen zum näherungsweise Austausch der Temperaturen zweier Wärmeträger, welches Verfahren und welche Vorrichtungen sich als Mittel zur Ausübung der Verfahren zur freien Umwandlung von Wärme und Arbeit ineinander erweisen.

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik ist ein reiner Erfahrungssatz, von dem es verschiedene Formulierungen gibt. Er gilt heute als Naturgesetz. Erweist sich auch nur eine seiner Formulierungen als unrichtig, so fällt dieser Satz.

Die vorliegende Erfindung geht von mehreren in der Natur beobachteten Vorgängen aus, die im Widerspruch zu den Aussagen des zweiten Hauptsatzes stehen und daher nachweisen, dass der zweite Hauptsatz der Thermodynamik nicht gültig ist.

Doch wie kam es zur Formulierung dieses Satzes? - Der deutsche Arzt Julius Robert Mayer (1814-1878) erkannte als erster, dass Arbeit und Wärme zueinander gleichwertige (äquivalente) Erscheinungsformen ein und derselben Grösse sind, nämlich der Energie. Durch sorgfältige Beobachtung von Vorgängen in der Natur fand er die fundamentalen Naturgesetze der Energie. Er stellte 1842 den Energiesatz auf, welcher heute als erster Hauptsatz der Thermodynamik bezeichnet wird. Die Erkenntnis, dass Wärme und Arbeit äquivalente Grössen sind, ist im Energiesatz als Teilaussage enthalten. Wärme und Arbeit müssen nach der Aussage des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik frei umwandelbar sein, sonst wären sie nicht äquivalente Grössen, die in einer Gleichung addiert werden dürfen. Diese Feststellung löste damals in der Fachwelt heftigste Reaktionen aus, denn nach ihr musste die Konstruktion einer Maschine möglich sein, welche Wärme vollständig in Arbeit umwandelt. Die Aussage dieses Satzes stand damals im Widerspruch zu dem seit dem Jahre 1824 als maximal anerkannten Carnot-Wirkungsgrad einer Maschine zur Umwandlung von Wärme in Arbeit. Und sie steht logischerweise auch heute noch im Widerspruch dazu.

Erst acht Jahre nach Aufstellung des Energiesatzes durch Mayer, im Jahre 1850, formulierte Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822-1888) den Satz, es sei unmöglich, dass Wärme von selbst von einem Körper tieferer Temperatur zu einem Körper höherer Temperatur fliesse. Wärme und Arbeit sei daher nicht frei ineinander umwandelbar. Seine Formulierung gab Anlass, die Wärme fortan je nach der Höhe der Temperatur, auf der sie sich befindet, zu werten. Je höher die Temperatur sei, umso nutzbarer sei Wärme, je tiefer die Temperatur sei, umso wertloser sei die Wärme, bis sie schliesslich bloss noch als Abwärme zu bezeichnen sei. Trotzdem, dass diese Annahme einen klaren Widerspruch zu den Aussagen des ersten Hauptsatzes darstellte, setzte sich diese Ansicht durch. Zu deren Beschreibung führte Clausius schliesslich die Entropie als neue Zustandsgrösse ein, eine Grösse, die in natürlichen Prozessen entsprechend nur zunehmen könne, wie eben Wärme nur von einem Körper höherer zu einem Körper tieferer Temperatur fließen könne. Man fand diese Ansicht in der Natur bestätigt, da man nirgends einen Prozess beobachtete, in dem diese Entropie abnahm.

Die seither offenbar wahrgenommenen Erfahrungen schienen diese Ansicht zu bestätigen und der Satz von Clausius wurde neben dem Energiesatz des J.R. Mayer, obwohl er diesem widerspricht(!), zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, nach welchem die freie Umwandlung der Energie zwischen Wärme und Arbeit, ein sogenanntes Perpetuum mobile 2. Art, unmöglich ist.

Man hat bei jeder anderen Energieform Möglichkeiten und Wege für die theoretisch freie Umwandlung gefunden, nur wenn es um die Wärme geht, soll deren Umwandlung stark eingeschränkt sein. Im Bereich der Elektrizität kennt man zum Beispiel den Transformator zur Umwandlung der Spannung eines elektrischen Stromes. Es kommt aber niemandem in den Sinn, von einer elektrischen Stromquelle mit niedriger Spannung zu sagen, sie sei minderwertig gegenüber einer Stromquelle höherer Spannung. Das gleiche gilt sinngemäss auch für potentielle oder kinetische Energie. So kommt es niemandem in den Sinn, von einer potentiellen Energie, zum Beispiel einem Druckpotential auf tieferer Druckhöhe zu sagen, es sei minderwertiger als eines, das auf höherem Druck gespeichert ist, oder von einer kinetischen Energie, sie sei höherwertig, wenn sie mit höheren Geschwindigkeiten verbunden ist. Es ist klar, dass es allein auf den Betrag der Energie ankommt, nicht auf die Höhe des Druckes oder die Höhe der Spannung. Diese Beträge können gleich oder verschieden sein. Bei der Wärme verhält es sich aber ebenso, und zu unrecht hat man sie bisher stets nach der Temperatur, auf der sie sich befindet, gewertet. Alle Feststellungen, die schliesslich zu den verschiedenen Formulierungen des zweiten Hauptsatzes führten, gingen von einer unzulässigen temperaturabhängigen Bewertung der Wärme als Energieform aus. An Ausdrücke, die widersprüchlich zum Energiesatz sind, haben wir uns inzwischen schon lange gewöhnt. So spricht man zum Beispiel von hochwertiger Energie, Abwärme, Energieverbrauch, Energiesparen usw.

Solange der erste Hauptsatz Gültigkeit hat, sind Wärme und Arbeit äquivalente Grössen und müssen daher frei umwandelbar sein. Alle Feststellungen, die zur Formulierung des zweiten Hauptsatzes führten, müssen deshalb widerlegbar sein. Es bleibt ein rein technisches Problem, ein Verfahren zur freien, uneingeschränkten Umwandlung von Wärme in Arbeit zu finden. Allein, was Julius Robert Mayer schon 1842 erkannte und aussagte, konnte bis heute nicht in die Praxis umgesetzt werden.

Betrachtet man, für welche Temperaturen der Carnot-Wirkungsgrad

$$\eta_c = 1 - T_2/T_1$$

reale Lösungen hat, so ergeben sich folgende Bedingungen:

$$T_1 > 0$$

und

$$T_2 > \text{oder} = 0$$

Für  $T_2 = 0$  findet man eine reale Lösung der Gleichung und  $\eta_c$  wird Eins, was beweist: Wärme und Arbeit sind einander gleichwertig (äquivalent)! Weiter zeigt die Gleichung, dass  $T_1$  nicht Null sein darf, was das Nerntzsche Wärmethorem bestätigt, dass der Nullpunkt unerreichbar ist. Aus dem sogenannten Carnot-Wirkungsgrad geht aber keineswegs hervor, dass in einem Verfahren zur Umwandlung von Wärme in Arbeit prinzipiell Wärme auf einer oberen Temperatur in das System einfließen und Wärme an eine Wärmesenke abgeführt werden muss. Dessenungeachtet fand dieser Glaube in der Formulierung des

zweiten Hauptsatzes seinen Niederschlag. Es ist ausserdem unkorrekt, bei der Carnot-Zahl von einem Wirkungsgrad im eigentlichen Sinne zu sprechen. Diese Zahl gibt bloss den Anteil der zugeführten Wärme an, welcher in diesem speziellen Kreisprozess in Arbeit umgewandelt wird.

Ebensogut kann man direkt vom Energiesatz ausgehen und sich ein System vorstellen, welches einem Wärmeträger einen Teil seiner Wärme entzieht, in Arbeit umwandelt und den Wärmeträger auf einer tieferen Temperatur zurücklässt. Ist  $Q_{zu}$  die ursprüngliche innere Energie des Wärmeträgers und  $Q_{ab}$  die innere Energie des Wärmeträgers nach dem Entzug der Wärme  $\Delta Q$  und  $W$  die gewonnene Arbeit, so gilt

$$\Delta Q = W.$$

Drückt man die Arbeit  $W$  im Verhältnis zur ursprünglichen inneren Energie aus, erhält man

$$W/Q_{zu} = 1 - Q_{ab}/Q_{zu}.$$

Unter der Voraussetzung idealen Verhaltens des Wärmeträgers gilt  $\Delta Q/\Delta T = \text{konstant}$  und man kommt zum gleichen Ergebnis wie Carnot, nämlich auf

$$W/Q_{zu} = 1 - T_2/T_1,$$

wobei  $T_1$  die Temperatur des Wärmeträgers vor dem Umwandeln der Wärmemenge  $\Delta Q$  in die Arbeit  $W$  und  $T_2$  die Temperatur des Wärmeträgers danach bedeutet.

Nachfolgend werden einige Feststellungen aus der Beobachtung der Natur beschrieben, die jeweils eine besondere Formulierung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik widerlegen.

Eine Formulierung des 2. Hauptsatzes lautet:

Alle natürlichen Prozesse sind irreversibel (Clausius).

Widerlegung dieser Formulierung:

Als klassisches Beispiel einer irreversiblen Zustandsänderung gilt der bekannte Ueberström-Versuch von J.L. Gay-Lussac. Man betrachte nun eine entsprechende Versuchsanordnung mit zwei durch eine dichte Trennwand voneinander getrennten Gefäßen. Die Gefäße seien übereinander statt wie üblich dargestellt nebeneinander angeordnet und bilden gleichzeitig die Grenze des betrachteten geschlossenen Systems. Das untere Gefäß sei mit Gas gefüllt, das obere evakuiert. Nach dem Öffnen der Trennwand verteilt sich das Gas auf beide Gefäße. Das entspricht dem bekannten Ueberström-Versuch von Gay-Lussac, mit dem er zeigte, dass die Temperatur und innere Energie des Gases mit dem Ueberströmen unverändert bleibt. Nach dem Ueberströmen kühle man die Gefäße und damit auch das in diesen Gefäßen enthaltene Gas ab, wobei Wärme vom System abgeführt werden muss. Bei genügender Abkühlung kondensiert praktisch alles Gas und sammelt sich als Flüssigkeit im unteren Gefäß an. Schliesst man sodann die Trennwand zwischen den beiden Gefäßen und führt die genau gleiche Wärmemenge, die abgeführt wurde, dem System wieder zu, so wird der Ausgangszustand erreicht. Der Umgebung wurde die genau gleiche Wärmemenge, die ihr erst zugeführt wurde, wieder entnommen. Wie das geschah, ist ein rein technisches Problem. Die Entropie hat weder im System noch in der Umgebung eine Änderung

erfahren. Der Ueberströmversuch erweist sich deshalb als reversibel, im Widerspruch zur bisherigen Lehre, die aussagt, der Gay-Lussac'sche Ueberströmversuch zeige einen irreversiblen Vorgang und könne nur unter Aufwendung von Energie beziehungsweise Arbeit am System und entsprechender Wärmeabfuhr vom System wieder rückgängig gemacht werden, wobei das Rückgängigmachen eine unauslöschliche Veränderung in der Umgebung des Systems zur Folge habe.

Eine weitere Formulierung des 2. Hauptsatzes lautet:

Wärme kann nur dann in Arbeit umgewandelt werden, wenn zugleich ein Teil der Wärme von einem wärmeren auf einen kälteren Körper übergeht. Oder: Es existiert eine Zustandsgrösse, Entropie genannt, deren Änderung gegeben ist durch die dem System auf reversible Art zugeführte Wärme, dividiert durch die absolute Temperatur. In einem abgeschlossenen System kann die Entropie nicht abnehmen. Eine Maschine, welche der obigen Einschränkung nicht unterworfen wäre, wäre ein Perpetuum mobile zweiter Art. Eine solche Maschine existiert nicht (Thomson).

Widerlegung dieser Formulierung:

Ein Thermometer bewegt mit jeder Temperaturänderung einen Flüssigkeitsfaden oder einen Zeiger. Es überwindet dabei Reibung und leistet somit Arbeit. Eine bleibende Veränderung am Thermometer selbst ist jedoch im Laufe der Zeit nicht feststellbar, also muss es, wie das der erste Hauptsatz der Thermodynamik auch fordert, mit seiner Umgebung eine im Durch-

schnitt ausgeglichene Energiebilanz aufweisen. Eine Temperaturänderung ruft für die Veränderung der Anzeige einen separaten Energiekreislauf hervor. Ein Thermometer ist in einer Umgebung von ständig wechselnder Temperatur ein Perpetuum mobile zweiter Art! Zur Veränderung der Anzeige wandelt es laufend die Wärme in Arbeit um, die dann wieder als Reibungswärme anfällt.

Eine weitere Beobachtung, welche im Widerspruch zu herkömmlichen Auffassungen steht, kann an der folgenden Anordnung angestellt werden. Man stelle sich ein geschlossenes Gefäß vor. Dieses sei annähernd mit Wasser und darüber mit Hydraulik-Oel gefüllt. Oben am Gefäß führen über zwei Einwegventile mit bezüglich des Gefäßes zueinander umgekehrten Durchlassrichtungen Druckleitungen in zwei Hydrauliköl-Behälter. Der Behälter, zu dem die Leitung führt, durch welche Oel vom Gefäß her strömen kann, ist ein Hochdruck-Speicher. Der andere Behälter, von dem Oel ins Gefäß strömen kann, mag offen, also mit der Atmosphäre verbunden sein. Das Wasser im Gefäß befinde sich im flüssigen Aggregatzustand. Ein Wärmeentzug bewirkt den Uebergang vom flüssigen in den festen Zustand des Wassers, welches sich dabei im Volumen ausdehnt, während das Oel infolge seines tieferen Gefrierpunktes flüssig bleibt. Als Folge wird Oel von einem Volumen  $V_1$  gegen den Druck  $p_1$ , unter dem der Hochdruck-Speicher steht, aus dem Gefäß in den Hochdruck-Speicher gepumpt. Es wird dabei mechanische Arbeit geleistet, nämlich im Betrag von  $p_1 * V_1$ , wobei  $p_1$  der Förderdruck ist, welcher enorm hoch sein kann.

Interessanterweise wird mechanische Arbeit dadurch geleistet, dass Energie, nämlich Wärme, vom System abgezogen wird! Wird schliesslich wieder Wärme an das gefrorene Wasser zugeführt, so verflüssigt es sich und das Volumen des Wassers vermindert sich um den genau gleichen Betrag  $V_1$ , um den es vorher zuge-  
nommen hat. Entsprechend strömt Oel aus dem anderen, offenen Behälter auf einem viel niedrigeren Druck  $p_2$  als  $p_1$  in das Gefäss. Aus der Tatsache, dass also gilt

$$p_1 * V_1 \gg p_2 * V_1$$

erkennt man sofort, dass wegen des Energieerhaltungssatzes die Wärmezufuhr bei einem solchen Zyklus grösser sein muss als die Wärmeabfuhr. Nichtsdestotrotz wird die mechanische Arbeit durch Wärmeabfuhr geleistet! Die nachher zugeführte Wärme ist an sich eine Ergänzungswärme, mittels welcher der ursprüngliche Zustand des Systems wieder hergestellt wird. Die Differenz zwischen der zugeführten und der abgeführten Wärme entspricht exakt der pro abgeschlossenem Zyklus geleisteten mechanischen Arbeit, im Widerspruch zur obigen 2. Formulierung des zweiten Hauptsatzes. Eine solche Vorrichtung ist in einer Umgebung von zyklisch variierender Temperatur, wie auch das Thermometer, selbstlaufend!

Die Erklärung zu dem offenbaren Widerspruch zur herkömmlichen Lehre ergibt sich aus dem Kreisprozess von Carnot selbst, wie er diesen im Jahre 1824 beschrieben hat. Allerdings muss dieser Kreislauf dazu absolut konsequent interpretiert werden. Streng genommen gilt er nämlich allein für ideale, definierte Verhältnisse. Aufgrund der Zustandsgleichung

$$pV = mRT$$

für ideale Gase leitete S. Carnot für seinen Kreisprozess den Wirkungsgrad

$$\eta_c = 1 - T_2/T_1$$

ab, wobei  $T_1$  die höhere,  $T_2$  die niedrigere Temperatur ist. Dieser Wirkungsgrad wird 1, wenn die Temperatur  $T_2 = 0$  gesetzt wird. Die Annahme des absoluten Nullpunktes ist nur unter den definierten theoretischen Voraussetzungen erlaubt. Setzt man in der Zustandsgleichung  $pV = mRT$  für  $T$  Null ein, so erhält man bei gegebenem Druck  $p > 0$  für das Volumen  $V$  ebenfalls Null, was bedeutet, dass ideale Gase bei der Temperatur  $T = 0$  inkompressibel werden. In diesem Zustand kann der Druck  $p$  beliebig geändert werden, ohne dass die innere Energie des Gases beeinflusst wird. Reale gasförmige Stoffe erreichen nun aber diesen inkompressiblen Zustand, wenn auch nicht absolut, bei höheren Temperaturen, nämlich dann, wenn sie unter die Kondensationstemperatur abgekühlt den flüssigen Aggregatzustand einnehmen. In diesem Zustandsbereich der Stoffe ist die Anwendung der Zustandsgleichung für ideale Gase nicht mehr zulässig und damit verliert auch die auf diesen Zustandsgleichungen beruhende Herleitung für den Wirkungsgrad des Carnot-Kreisprozesses ihre Gültigkeit. Der Wirkungsgrad des Carnot-Kreisprozesses gilt nur eingeschränkt für die Gasphase und ist nicht allgemein gültig. Führt man zum Beispiel mit dem Stirling-Prozess, der bezüglich dem Wirkungsgrad dem Carnot-Prozess gleichwertig ist, mit der unteren Temperatur des Arbeitsmediums bewusst in die Flüssig-

phase, so nimmt der Wirkungsgrad im Idealfall den Wert Eins an.

Die Natur führt uns vor, wie Wärme frei in Arbeit umwandelbar ist. Fasst man das Wasser des natürlichen Wasserkreislaufes als geschlossenes System innerhalb einer alles umfassenden Umgebung auf, so ist nachweisbar, dass die Energiebilanz zwischen dem geschlossenen System und der Umgebung im Durchschnitt exakt ausgeglichen ist, und dass Wärmewechselströme unaufhörlich und verlustfrei die Systemgrenze überqueren. Mit diesen Wärmewechselströmen geht ein Wärmegleichstrom einher, der das Wasser in der Atmosphäre aufsteigen lässt und dabei in potentielle Energie des Wassers übergeht, die schliesslich mit der Ueberwindung der Reibungsarbeit des zu Tale fliessenden Wassers als Reibungswärme wieder an den Ursprung des Wärmegleichstroms zurückkehrt. Das Zustandekommen der Wärmewechselströme ist auf die räumlichen und zeitlichen Unterschiede zwischen der Wärmeeinstrahlung von der Sonne und der Wärmeabstrahlung der Erde zurückzuführen, aber nicht auf die Wärmestrahlung selbst. Die Wärmewechselströme widerlegen das Theorem von Clausius und der geschlossene Energiekreislauf widerlegt das Theorem von Thomson und beide Erscheinungen bestätigen das Energieprinzip des Julius Robert Mayer.

Ein Verfahren zur freien, uneingeschränkten Umwandlung von Wärme in Arbeit zu finden, ist deshalb nicht prinzipiell unmöglich, sondern bloss ein technisches Problem.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, dieses Problem zu lösen.

Diese Aufgabe wird gelöst von einem Verfahren zur freien Umwandlung von Wärme und Arbeit ineinander, das gekennzeichnet ist durch die Merkmale des Patentanspruches 1, und von einem Verfahren zum näherungsweise Austauschen der Temperaturen zweier Wärmeträger durch Wärmeübertragung, das durch die Merkmale des Patentanspruches 2 gekennzeichnet ist und sich als Mittel für die Ausübung des erstgenannten Verfahrens erweist. Die Vorrichtung zur Ausübung der beiden Verfahren geht aus dem Patentanspruch 7 hervor.

Besonders geeignete Verfahren und Vorrichtungen, sowohl zur freien Umwandlung von Wärme und Arbeit ineinander, als auch zum näherungsweise Austauschen der Temperaturen zweier Wärmeträger, gehen aus den weiteren Patentansprüchen hervor.

Die durch die Erfindung möglichen freien Energieumwandlungen beseitigen die Nachteile, welche mit den bisher betriebenen Energieumwandlungen in Kauf genommen werden. Insbesondere wird sich die Verbrennung von Kohlewasserstoffen und Kernbrennstoffen nach einer Uebergangsphase erübrigen und die in diesen Verbrennungen erzeugten Schadstoffe fallen danach nicht weiter an.

In der nachfolgenden Beschreibung wird die Erfindung beschrieben und erläutert. Hierzu werden einerseits die

erfindungsgemässen Verfahren qualitativ diskutiert und andererseits wird der praktische Ablauf dieser Verfahren anhand von schematischen Zeichnungen verschiedener erfindungsgemässer Vorrichtungen zu deren Ausübung im einzelnen erläutert. Auch der Aufbau und die Funktion der einzelnen gezeigten Typen von erfindungsgemässen Vorrichtungen wird beschrieben und erklärt, wobei diese jedoch bloss als mögliche Beispiele verstanden werden mögen.

Es zeigt:

- Figur 1: Ein Schema des Grundprinzipes des Temperatur-Austauschverfahrens;
- Figur 2: Ein Schema eines Verfahrens zum näherungsweise Austauschen der Temperaturen zweier Wärmeträger;
- Figur 3: Einen Wärme-Stapelspeicher aus einem Gitterstapel;
- Figur 4: Einen gewickelten Wärme-Stapelspeicher in perspektivischer Ansicht in einem Teilschnitt während des Wickelns;
- Figur 5: Einen gewickelten Wärme-Stapelspeicher in einer Frontalansicht;

- Figur 6: Ein Temperaturdiagramm der Temperaturen  $T_F$  eines Fluids und  $T_S$  eines Wärme-Stapelspeichers zu einem bestimmten Zeitpunkt, wenn der kalte Wärme-Stapelspeicher von einem heißen Fluid durchströmt wird;
- Figur 7: Ein Temperaturdiagramm der Temperaturen  $T_F$  eines Fluids und  $T_S$  eines Wärme-Stapelspeichers zu einem bestimmten Zeitpunkt, wenn der heiße Wärme-Stapelspeicher von einem kalten Fluid durchströmt wird;
- Figur 8: Einen Temperatúraustauscher aus einer Reihe von spiralförmig gerollten Rohren in einem Querschnitt;
- Figur 9: Einen Temperatúraustauscher aus einer Reihe von spiralförmig gerollten Rohren in einer Seitenansicht in einem Teilschnitt;
- Figur 10: Eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Potentials zur Umwandlung von Wärme in Arbeit aus einem Gefäß mit beweglichem Wärme-Stapelspeicher, das auf der oberen Temperatur mit einer Umgebung kommuniziert;

- Figur 11: Ein pV-Diagramm mit dem Kreisprozess in der Vorrichtung nach Figur 10;
- Figur 12: Eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Potentials zur Umwandlung von Wärme in Arbeit, deren Gefäß-System einen stationären Wärme-Stapelspeicher und einen beweglichen Verdränger enthält und auf der oberen Temperatur mit der Umgebung kommuniziert;
- Figur 13: Eine Vorrichtung zur Umwandlung von Wärme in ein Druckpotential eines Fluids, deren Gefäß-System einen stationären Wärme-Stapelspeicher und einen beweglichen Verdränger enthält und auf der unteren Temperatur mit der Umgebung kommuniziert;
- Figur 14: Eine periodisch arbeitende Vorrichtung zur Umwandlung von Wärme in Arbeit, die als Perpetuum mobile 2. Art. wirkt;
- Figur 15: Zwei TS-Diagramme mit der gegenüberstellenden Darstellung der Kreissprozesse in der Vorrichtung nach Figur 14;
- Figur 16: Eine kontinuierlich arbeitende Anlage mit zwei in einem Kreislauf zusammengeschalteten Vorrichtungen mit beweglichen Wärme-Stapelspei-

chern zur Umwandlung von Wärme in Arbeit, die als Perpetuum mobile 2. Art. wirkt;

Figur 17: Zwei TS-Diagramme zur gegenüberstellenden Darstellung des linksläufigen Kreisprozesses im Kreislauf der Anlage nach Figur 16 und der beiden rechtsläufigen Kreisprozesse in den Vorrichtungen dieser Anlage;

Figur 18: Eine kontinuierlich arbeitende Anlage mit einer Vorrichtung mit stationärem und einer Vorrichtung mit beweglichem Wärme-Stapelspeicher, welche in einem Kreislauf mit zwei Schlaufen zusammenschaltet sind, zur Umwandlung von Wärme in Arbeit, wobei die Anlage als Perpetuum mobile 2. Art. wirkt;

Figur 19: Zwei TS-Diagramme zur gegenüberstellenden Darstellung der Zustandsänderungen in den beiden Schlaufen und des linksläufigen Kreisprozesses des Kreislaufes der Anlage nach Figur 18;

Figur 20: Eine kontinuierlich arbeitende Anlage mit Vorrichtungen für einen kontinuierlichen Temperatureaustausch, die in einem Kreislauf zusammenschaltet sind, zur Umwandlung von Wärme in Arbeit, welche Anlage als Perpetuum mobile 2. Art. wirkt;

Figur 21: Ein TS-Diagramm zur Darstellung des Kreisprozesses im Kreislauf der Anlage 20, welcher eine Achterschleife beschreibt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur freien Umwandlung von Wärme und Arbeit ineinander führt das aus, was Julius Robert Mayer im Jahre 1842 so festhielt:

"Wo Bewegung entsteht, Wärme vergeht,  
wo Bewegung verschwindet, Wärme sich findet,..."

Ändert man die Temperatur eines Körper periodisch, so reagiert er darauf mit einer dem Temperaturverlauf entsprechenden Volumenänderung. Setzt man dieser Volumenänderung einen Widerstand entgegen, so leistet der Körper am Widerstand Arbeit, die der Differenz zwischen der zugeführten und der abgeführten Wärme entspricht. Der Körper erfährt dabei einen rechtsläufigen Kreisprozess. Führt man dem Körper Arbeit zu, so wird der Kreisprozess linksläufig und es muss der Arbeit entsprechend mehr Wärme abgeführt werden als zugeführt wird. Es muss also die Temperatur eines Körpers durch Wärmezufuhr und Wärmeabfuhr periodisch zwischen einer oberen Temperatur  $T_o$  und einer unteren Temperatur  $T_u$  geändert werden, wobei dem Körper eine gegenüber seiner isobaren Volumenänderung phasenverschobene Volumenänderung aufgezwungen wird. So einfach, wie das Verfahren zu verstehen ist, so schwierig oder gar

unmöglich mag es erscheinen, es auszuführen. Das erfindungsgemässe Verfahren zum näherungsweise Austausch der Temperaturen zweier Körper durch Wärmeübertragung erweist sich als das Mittel, mit dem das Kernproblem zu lösen ist.

#### Verfahren nach Figuren 1 und 2

Das Grundprinzip des erfindungsgemässen Verfahrens zum näherungsweise Austausch der Temperaturen zweier Wärmeträger durch Wärmeübertragung wird nachfolgend erläutert. Dieses Grundprinzip ist in einer sehr vereinfachten Anordnung in Figur 1A) - 1E) dargestellt. Die Ausgangslage des betrachteten Systems zeigt Figur 1A), nämlich den Körper A auf der höheren Temperatur  $T_1$  und den Körper B auf der tieferen Temperatur  $T_2$ . Jeder dieser Körper A, B ist nun in zwei gleiche Teilkörper  $A_1, A_2$  beziehungsweise  $B_1, B_2$  aufgeteilt, was in Figur 1B) gezeigt ist. Wenn der Körper A willkürlich angenommene acht Wärmeeinheiten mehr als der Körper B enthält, so haben seine beiden gleichen Teilkörper  $A_1, A_2$  je vier Wärmeeinheiten mehr als die Teilkörper  $B_1, B_2$ . Diese Wärmeeinheiten, welche die Körper beziehungsweise Teilkörper jeweils enthalten, sind zum leichteren Verständnis als schraffierte Körperanteile angedeutet. Auf der linken Seite der Körper ist zusätzlich die Anzahl der von ihnen jeweils enthaltenen Wärmeeinheiten angegeben. Die Wärmeübertragung erfolgt nun in einem ersten Schritt gemäss Figur 1C), indem die Teilkörper  $A_2$  und  $B_1$  in Wärmekontakt zueinander gebracht werden. Hier erfolgt ein Temperatúrausgleich wie herkömmlich bekannt. Der Teilkörper  $A_2$  gibt dabei zwei Wärmeeinheiten an den Teilkörper

per  $B_1$  ab. In einem nächsten Schritt gemäss Figur 1D) wird Wärmekontakt einerseits zwischen den Teilkörpern  $A_1$  und  $B_1$  sowie andererseits zwischen  $A_2$  und  $B_2$  hergestellt. Der Teilkörper  $A_1$  gibt von seinen ursprünglichen vier Wärmeeinheiten eine an den Teilkörper  $B_1$  ab und der Teilkörper  $A_2$  gibt eine Wärmeeinheit an den Teilkörper  $B_2$  ab. Beide Körper A, B sind jetzt durchschnittlich gleichwarm. Schliesslich wird im letzten Schritt gemäss Figur 1E) noch Wärmekontakt zwischen dem Teilkörper  $A_1$  und dem Teilkörper  $B_2$  hergestellt. Der Teilkörper  $A_1$  gibt dabei von seinen drei Wärmeeinheiten, die er noch enthält, eine an den Teilkörper  $B_2$  ab, welcher erst eine Wärmeeinheit enthält. Man erkennt, dass der ursprünglich kältere Körper B nun im Durchschnitt wärmer als der Körper A ist. Er enthält jetzt nämlich fünf der acht Wärmeeinheiten, die der Körper A anfänglich enthielt, und welche die ursprüngliche Temperaturdifferenz ausmachten. Werden nun zwei reale Körper A und B möglichst fein in Teilkörper unterteilt, so lässt sich nahezu die gesamte Differenzwärme vom einen auf den anderen übertragen, wie dies Figur 2 im Ansatz zeigt. Da nur die Differenzwärme von Interesse ist, wurde sie gleich Eins gesetzt. Die Wärmedifferenzwerte sind in die Kästchen, die die einzelnen Teilkörper beziehungsweise die diskreten Wärmekapazitäten darstellen, für jeden Schritt nach erfolgtem Temperaturengleich eingetragen. Aus dem Verlauf dieser Werte erkennt man, dass der wesentliche Teil des Wärmeübergangs sich auf einen überraschend kleinen Bereich der Wärmekapazitäten-Reihe erstreckt. Die Verwandtschaft dieses Verlaufs mit der Hyperbeltangens-Funktion ist offensichtlich. Die Unter-

teilung in diskrete Wärmekapazitäten ist wichtig, muss jedoch nicht unbedingt durch diskrete Teilkörper geschaffen werden, sondern kann auch durch die Wahl der Körpermaterialien, deren konstruktiver Gestaltung und Beeinflussung erzielt werden.

Bisher wurde die Wärme nur in einer Richtung übertragen und es wurde ein maximaler Wärme-Gleichstrom erzeugt. Wird die Bewegungsrichtung der beiden Körper periodisch gewechselt, so wird ein Wärme-Wechselstrom zwischen den beiden Körpern induziert und man erzielt einen periodischen Temperaturaustausch zwischen den beiden Körpern. Man muss also grundsätzlich zwei Wärmeträger über eine Strecke so in gegenseitigen Wärmekontakt bringen, dass sie in ihrer allgemeinen Bewegung gegeneinander verschoben werden, wobei der Wärmewiderstand innerhalb der Wärmeträger in ihrer allgemeinen Bewegungsrichtung möglichst hoch gehalten werden muss, währenddem in Normalenrichtung zur allgemeinen Bewegungsrichtung der Wärmewiderstand möglichst klein gehalten werden muss.

In bezug auf die Ausübung dieses Temperatur-Austauschverfahrens ist zu unterscheiden zwischen Vorrichtungen für einen periodischen Temperaturaustausch zwischen zwei Körpern und einer Vorrichtung für einen kontinuierlich erfolgenden Temperaturaustausch zwischen zwei zueinander gleichförmig bewegten Körpern, in diesem Fall fluidischen Wärmeträgern. Im folgenden werden zuerst einige Vorrichtungen zur Ausübung des periodischen Temperatur-Austauschverfahrens vorgestellt.

Vorrichtung nach Figur 3

Die Figur 3 zeigt ein vorteilhaftes Beispiel einer solchen Vorrichtung, die im folgenden Wärme-Stapelspeicher genannt wird, in einer teilweisen Explosionsdarstellung. Der Wärme-Stapelspeicher besteht aus einem Stapel von dünndrahtigen Kupfernetzen 301, die alle mit geringem Abstand zueinander wärmeisolierend voneinander angeordnet sind und von einem wärmeisolierenden Rohr 302 umschlossen werden. Dieses Rohr 302 kann zum Beispiel aus dichtend zusammengesteckten Ringen 303 aus einem wärmeisolierenden Material bestehen, zum Beispiel aus Korkringen 303, zwischen die jeweils ein Kupfernetz 301 eingelegt ist, wie das aus dem oberen Teil der Figur ersichtlich ist, der in einer Explosionsdarstellung gezeigt ist. Das Fluid strömt in Stapelrichtung oder Rohrrichtung durch die Kupfernetze 301 hin und her.

Vorrichtung nach Figur 4 und 5

Die Figuren 4 und 5 zeigen ein weiteres Beispiel eines Wärme-Stapelspeichers, der aus einer Wicklung eines Drahtes hoher Wärmespeicherfähigkeit besteht. Die Wicklung weist eine Vielzahl von Lagen und Windungen auf und ist derart hergestellt, dass sich die einzelnen Lagen und Windungen nirgends berühren. Dies wird zum Beispiel erreicht, wenn eine erste Lage wie in Figur 4 gezeigt um ein Profil 401 mit x-förmigem Querschnitt und tiefer Wärmeleitfähigkeit gewickelt wird, wobei die einzelnen Windungen 402 mit einer solchen Steigung gewickelt werden, dass sie sich nicht berühren. Auf die Profil-Längsseiten 403 wird dann je ein Streifen 404 aufgesetzt, zum

Beispiel aufgeklebt oder aufgesteckt, wonach die nächste Lage 405 in umgekehrter Aufwickel-Richtung gewickelt wird. Die aufgesetzten Streifen 404 sorgen dafür, dass sich die Wicklungen der benachbarten Lagen nicht berühren. Entsprechend werden weitere Wicklungen angebracht. Ein fertiger solcher Wärme-Stapelspeicher ist in Figur 5 in einem Querschnitt gezeigt. Das Grundprofil 501 wurde mit mehreren Streifen 504 erweitert und der Wärme-Stapelspeicher weist schliesslich eine Vielzahl von Lagen 506 auf. Die ganze Drahtspule wird von einem wärmeisolierenden Vierkantrohr 507 umschlossen. Ein solcher Wärme-Stapelspeicher hat im Vergleich zu seinem Volumen und Gewicht eine sehr hohe Wärmekapazität und ist trotz seiner industriell geeigneten Herstellung aus einem endlos gewickelten Draht in weitgehend diskret wirkende Wärmekapazitäten aufgeteilt, wenn er in Richtung der Wickelachse von einem Fluid durchströmt wird.

Jede einzelne Wärmekapazität speichert diskret eine Wärme bei einer Temperatur. Es ist also möglich, Temperaturinformationen in einen solchen Wärme-Stapelspeicher hineinzuschreiben. Variiert man beim Eingeben die Temperatur, so wird jeder Wärmekapazität eine eigene Temperatur zugeordnet, die rückwärts wieder aus dem Wärme-Stapelspeicher herauslesbar ist. Das ist beim herkömmlichem Wärme-Regenerator nicht möglich. Der Wärme-Stapelspeicher ermöglicht die Trennung zweier Temperaturniveaus, indem er eine schiebende örtliche Grenze zwischen zwei verschiedenen Temperaturen innerhalb eines als zweiten Wärmeträger wirkenden Mediums bildet. Diese Grenze darf nie

aus ihm hinauswandern, sonst wäre die gewünschte Trennung der Temperaturen nicht gewährleistet. Die Temperatur-Grenze im Innern eines solchen Wärme-Stapelspeichers wirkt selektiv, indem äussere Energie die Grenze frei passieren kann, während innere Energie daran aufgehalten wird. Wird zum Beispiel ein Fluidstrom vom Volumen  $V_1$  auf der Temperatur  $T_1$  und auf dem Druck  $p$  durch den Wärme-Stapelspeicher über die Temperaturgrenze in seinem Innern hinaus gefördert, so bewirkt er jenseits der Temperaturgrenze einen Fluidstrom vom Volumen  $V_2$  auf der Temperatur  $T_2$  und dem gleichen Druck  $p$ . Es gilt

$$\frac{p * V_1}{T_1} = \frac{p * V_2}{T_2}$$

Ist  $T_2$  die tiefere Temperatur, so geht stets die äussere Arbeit  $p * V_2$  über die Temperaturgrenze mit dem Fluidstrom mit.

Die Figuren 6 und 7 zeigen Wärmeübergänge von einem Fluid auf den von ihm durchströmten Wärme-Stapelspeicher und umgekehrt anhand von Temperaturkurven  $T_F$ ,  $T_S$  sowohl des durchströmenden Fluids mit der Temperatur  $T_F$  wie auch des Wärme-Stapelspeichers selbst mit der Temperatur  $T_S$ .

#### Diagramm nach Figur 6

Im speziellen zeigt Figur 6 diese in der Durchströmungsrichtung ortsabhängigen Temperaturkurven in einer Momentaufnahme der Situation, wo heisses Fluid den anfänglich kalten Wärme-Stapelspeicher schon eine Weile durchströmt hat und weiter durchströmt. Die Pfeile deuten sowohl die Durchströmungsrichtung

tung wie auch die Verschieberichtungen der Kurven an. Das Fluid strömt von links auf einer heissen Temperatur  $T_1$  in den kalten Wärme-Stapelspeicher, der sich ursprünglich mit Ausnahme der Wärmekapazitäten bei den kleinsten x-Koordinaten auf der Temperatur  $T_2$  befunden hat. Sobald das hier heisse Fluid in den noch kalten Bereich des Wärme-Stapelspeichers einströmt, gibt es Wärme an dessen durchströmte Wärmekapazitäten ab, bis es auf die gleiche Temperatur wie der Wärme-Stapelspeicher abgekühlt ist, die jener an der Stelle hat, wo das Fluid mittlerweile angelangt ist. Umgekehrt nimmt der Wärme-Stapelspeicher die ursprüngliche Temperatur  $T_1$  des Fluids an. In der Praxis stellt sich eine gegenseitige Verschiebung der Temperaturkurven ein, da der Wärmeübergang nicht unendlich schnell vonstatten geht, sondern Zeit erfordert. Je grösser die Temperaturdifferenz, umso mehr Wärme wird pro Zeit übertragen. Entsprechend ist der Wärmeübergang dort am grössten, wo die Temperaturkurven steil verlaufen. Doch auch im flachen Bereich der Temperaturkurven findet ein geringer Wärmeübergang statt. Der Betrieb des Wärme-Stapelspeichers wird so ausgelegt, dass die steilen Bereiche der Temperaturkurven, wo der Wärmeübergang am grössten ist, nur im Innern des Wärme-Stapelspeichers hin- und herwandern, also niemals aus diesem hinauswandern. Hingegen ist es in der Praxis unvermeidlich, dass die durch die beiden Temperaturkurven gebildeten Keile beidseits des Bereiches mit den steilen Temperaturkurven und die von den Flächen dieser Keile repräsentierten Wärmemengen durch den Wärme-Stapelspeicher wandern. Eine gewisse Wärmemenge sickert so mit jedem Zyklus durch den

Wärme-Stapelspeicher hindurch, von der heissen zur kalten Seite hin. Dieser Wärmefluss bewirkt eine Dämpfung des Wärme-wechselstromes und muss kompensiert werden.

#### Diagramm nach Figur 7

Die Figur 7 zeigt die umgekehrte Situation, in der kaltes Fluid bereits eine kurze Weile von rechts in den heissen Wärme-Stapelspeicher eingeströmt ist und ihn weiter durchströmt. Die Pfeile geben wiederum die Durchströmungsrichtung und die jeweilige Verschieberichtung des Wärmeübergangsbereiches an. In den Bereichen, in denen die Temperaturen sowohl des Fluids wie auch des Wärme-Stapelspeichers nahe übereinander verlaufen, findet praktisch kein Wärmeübergang statt. Das kalte Fluid auf der Temperatur  $T_2$  strömt also in den heissen, sich auf der Temperatur  $T_1$  befindlichen Wärme-Stapelspeicher und der Wärme-Uebergangsbereich wandert entsprechend mit, wobei die Temperaturkurven von Fluid und Wärme-Stapelspeicher wiederum etwas verschoben sind. Nachfolgend wird unter der Temperaturgrenze im Innern eines Wärme-Stapelspeichers stets der wesentliche Wärme-Uebergangsbereich mit den steilen Temperaturkurven wie oben beschrieben verstanden. Dieser Bereich erstreckt sich im realen Wärme-Stapelspeicher in Störungsrichtung über einen gewissen Bereich.

#### Vorrichtung nach Figur 8 und 9

Jetzt wird eine Vorrichtung für einen kontinuierlich erfolgreichen Temperaturaustausch zwischen zwei zueinander gleichförmig bewegten Wärmeträgern vorgestellt, die im folgenden

Temperatur-Austauscher genannt wird. Die Figuren 8 und 9 zeigen in einer Front- und teilweise geschnittenen Seitenansicht einen solchen Temperatur-Austauscher, der aus einer Reihe von spiralförmig gerollten oder gebogenen Rohren 801 hoher Wärmeleitfähigkeit besteht. Die einzelnen Spiralen 901 sind deckungsgleich mit jeweils geringem Abstand aneinandergereiht. Die inneren und äusseren Mündungen der Spiralarohre 801 sind je durch ein axial verlaufendes Rohr 803,804;903,904 verbunden, wodurch die Rohrspiralen 901 zusammengehalten werden. Sie können zusätzlich von Distanzelementen zusammengehalten werden. Dieser Temperatúraustauscher dient zum kontinuierlichen Temperatúraustausch zwischen zwei fluidischen Wärmeträgern. Das erste, heisse Fluid durchströmt zum Beispiel die Spiralen 801;901 von aussen nach innen. Das zweite, kalte Fluid umströmt dann die einzelnen Spiralen 901 der Spiralenreihe von einem zentralen, zum Beispiel perforierten Rohr 805;905 aus in radialer Richtung in ein ummantelndes perforiertes Rohr 806;906. Die einzelnen Windungen der Spiralen bilden für das vorbeiströmende Fluid die diskreten Wärmekapazitäten. Bei diesem Temperatúraustauscher befindet sich der steile Temperaturübergang etwa bei halbem Radius der Spiralen. Es ist wichtig, dass das zweite Fluid pro Zeit dieselbe Wärmemenge abführen kann wie das erste zubringt. Andernfalls würde sich die Temperatur-Übergangskurve langsam verschieben und es würde eine Temperaturmischung erfolgen, die ja gerade vermieden werden soll.

Das beschriebene Verfahren und die Vorrichtungen zum näherungsweise Austausch der Temperaturen zweier Wärmeträger können in weiteren Verfahren verwendet werden, die schliesslich die freie Umwandlung von Wärme und Arbeit ineinander ermöglichen. Als erster Schritt für den Vollzug der Energieumwandlung von Wärme in Arbeit wird unter Reduktion der Gesamtentropie ein Energieumwandlungspotential geschaffen, das schliesslich in einem zweiten Schritt die Umwandlung von Wärme in Arbeit ermöglicht. Während viele Vorrichtungen und Verfahren für den zweiten Schritt bekannt sind und in einer grossen Anzahl von verschiedenen hydraulischen und pneumatischen Arbeitsmaschinen und -geräten zur Anwendung kommen, gehören die Verfahren und Vorrichtungen für den ersten Umwandlungsschritt zum wesentlichen Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Die Erzeugung eines Energieumwandlungspotentials bedarf der eingehenden Beschreibung.

#### Vorrichtung nach Figur 10

Die Figur 10 zeigt eine einfachste Vorrichtung zur Ausübung eines erfindungsgemässen Verfahrens für diesen ersten Umwandlungsschritt, das sich des beschriebenen Verfahrens zum näherungsweise Austausch der Temperaturen zweier Wärmeträger bedient. Diese Vorrichtung wandelt noch nicht Wärme in nutzbare Arbeit um, schafft jedoch als Vorbereitung für den Vollzug einer solchen Energie-Umwandlung ein Energieumwandlungspotential, indem eine örtliche Aenderung der Energiedichte innerhalb eines Systems erzeugt wird. Die Vorrichtung nach Figur 10 besteht aus einem druckfesten Gefäss 1001 aus wenig-

stens innen wärmeisolierendem Material, das ein Fluid enthält. Der Fluidanteil im oberen Gefässbereich 1003 befindet sich auf der höheren Temperatur  $T_o$  in der Gasphase, der Fluidanteil im unteren Gefässbereich 1004 auf der tieferen Temperatur  $T_u$  mit grossem Vorteil, jedoch nicht zwingend, in der Flüssigphase. Es sind nicht eingezeichnete Mittel vorhanden, um die beiden Temperaturen  $T_o$ ,  $T_u$  zu halten. Im Innern des Gefässes 1001 ist ein Wärme-Stapelspeicher 1005 angeordnet. Dieser Wärme-Stapelspeicher 1005 ist auf und ab bewegbar, zum Beispiel mittels eines mechanischen oder eines berührungslos arbeitenden elektromagnetischen Antriebes. Das Gefäss 1001 ist auf seiner Oberseite mit einer Umgebung verbunden, die zum Beispiel aus einem geschlossenen Kreislauf bestehen kann. Die Leitung 1008 mit dem Einwegventil 1006 führt in einen Druckbehälter, in dem der Druck  $p_1$  herrscht und der Rücklauf, in welchem der Druck  $p_2 < p_1$  herrscht, erfolgt über die Leitung 1009 mit dem Einwegventil 1007. Durch Auf- und Abbewegen des Wärme-Stapelspeichers 1005 wird ein Fluidwechselstrom an der Temperaturgrenze in seinem Innern erzeugt, der einen Wärmewechselstrom zwischen dem Wärme-Stapelspeicher 1005 und dem Fluid induziert. Ein Teil dieses Fluidwechselstroms kommuniziert mit der Umgebung, während der andere Teil den folgenden Kreisprozess durchläuft und dabei die Verdichtungsarbeit am ersten Teil des Fluidwechselstroms leistet:

- a) isochore Wärmezufuhr (mittels Abwärtsbewegen des Wärme-Stapelspeichers 1005 aus seiner obersten Lage, also von der warmen Seite zu der kalten hin, wobei beide Einwegventile 1006,1007 geschlossen sind),
- b) isobare Wärmezufuhr (mittels weiterem Abwärtsbewegen des Wärme-Stapelspeichers 1005 bis zu seiner untersten Lage bei Förderung von Fluid durch das Einwegventil 1006 beim Druck  $p_1$  aus dem Gefäss 1001 in die Umgebung),
- c) isochore Wärmeabfuhr (mittels Aufwärtsbewegen des Wärme-Stapelspeichers 1005 von der kalten zur warmen Seite hin, wobei beide Einwegventile 1006,1007 geschlossen sind),
- d) isobare Wärmeabfuhr mittels weiterem Aufwärtsbewegen des Wärme-Stapelspeichers 1005 bis zu seiner obersten Lage bei Einströmen von Fluid durch das Einwegventil 1007 auf dem Druck  $p_2$  in das Gefäss 1001, anschliessend wieder Verfahrensschritt a) usw.

#### Diagramm nach Figur 11

Dieser Kreisprozess ist durch ein Rechteck ABCD im pV-Diagramm charakterisiert, welches im Uhrzeigersinn durchlaufen wird, wie das im pV-Diagramm gemäss Figur 11 dargestellt ist. Dieser Kreisprozess erzeugt den Gaswechselstrom, der mittels den zwei Ventilen 1007,1006 gleichgerichtet in die Umgebung wirkt. Der über das Ventil 1007 in die Vorrichtung einfließende Gasstrom beim Druck  $p_2$  und der Temperatur  $T_0$  erfährt zuerst eine isobare Wärmeabfuhr beim Durchströmen des Wärme-Stapelspeichers auf die Seite der tieferen Temperatur  $T_u$ ,

dann wird er isotherm auf den Druck  $p_1$  verdichtet, worauf er den Wärme-Stapelspeicher in umgekehrter Richtung durchströmt und dabei die zuvor eingelagerte Wärme wieder isobar aufnimmt, um schliesslich über das Ventil 1006 wieder in die Umgebung zu gelangen. Die Verdichtungsarbeit wird vom zuvor beschriebenen Kreisprozess geleistet. Die Wärme, welche dieser Arbeit entspricht, muss neben den übrigen Wärmeverlusten auf der oberen Temperatur  $T_o$  dem Fluid zugeführt werden, und dieselbe Wärme muss bei der unteren Temperatur  $T_u$  diesem Fluid entzogen werden. Man erkennt: Je tiefer die untere Temperatur  $T_u$  liegt, umso geringer ist die Verdichtungsarbeit und der Wärmedurchsatz, bis sie schliesslich annähernd verschwindet, wenn das Gas oder Fluid mit der unteren Temperatur den flüssigen, inkompressiblen Aggregatzustand einnimmt. Die Vorrichtung arbeitet als isotherme Gaspumpe.

#### Vorrichtung nach Figur 12

In Figur 12 ist eine alternative Vorrichtung mit einem stationären Wärme-Stapelspeicher dargestellt, die ebenfalls als isotherme Gaspumpe wirkt. Sie unterscheidet sich von der Vorrichtung nach Figur 10 nur durch die Mittel zur Erzeugung des Fluidwechselstromes und schliesst wie hier gezeigt ein Gefäss-System 1201 aus zwei möglichst wärmeisolierenden Zylindern 1206, 1207 ein, deren einer 1206 den Wärme-Stapelspeicher 1205 und deren anderer 1207 einen als Verdränger 1208 wirkenden Kolben 1208 enthält. Der Verdränger 1208 sowie die Temperaturgrenze im Wärme-Stapelspeicher 1205 teilen das Gefäss-System 1201 in zwei variable Gefässbereiche 1202, 1203

mit dem darin befindlichen Fluid auf den beiden Temperaturen  $T_o$  und  $T_u$  auf. Der Fluidanteil im Gefäßbereich 1202 befindet sich auf der höheren Temperatur  $T_o$  in Gasphase, der Fluidanteil im Gefäßbereich 1203 auf der tieferen Temperatur  $T_u$  wiederum vorteilhaft, jedoch nicht zwingend, in der Flüssigphase. Es sind nicht eingezeichnete Mittel vorhanden, um die beiden Temperaturen  $T_o$ ,  $T_u$  zu halten. Der Verdränger-Kolben 1208 besteht aus einem gasdichten Material möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit und kleiner Wärmekapazität. Er ist im Innern des Zylinders 1207 möglichst reibungsarm und dichtend gelagert und kann mittels der Stange 1209 auf und ab bewegt werden. Auf diese Weise ist eine Relativbewegung zwischen dem Fluid und dem Wärme-Stapelspeicher 1205 erzeugbar. Die beiden Zylinder 1206, 1207 sind oben und unten über Leitungen 1210, 1211 verbunden. Die obere Leitung 1210 kommuniziert über die Leitung 1212 und das Einwegventil 1214 mit einem Druckbehälter, in dem der Druck  $p_1$  herrsche, und über die Leitung 1213 und das Einwegventil 1215 mit dem Rücklauf, in welchem der Druck  $p_2 < p_1$  herrsche.

Zum Betrieb des Verfahrens beziehungsweise der Vorrichtung wird der Verdränger-Kolben 1208 auf und ab bewegt, womit sich die Gefäßbereiche 1202, 1203 örtlich hin und her verschieben und infolge dessen in bezug auf den stationären Wärme-Stapelspeicher 1205 Fluidwechselströme und entsprechende Wärmewechselströme induziert werden. Die thermodynamischen Vorgänge sind identisch mit jenen, die zu der Figur 10 bereits beschrieben wurden.

Bei den zwei eben beschriebenen Verfahren kommuniziert der Fluidwechselstrom auf der oberen Temperatur  $T_o$  mit der Umgebung, indem von der Umgebung ein Fluid aufgenommen wird, das Fluid isotherm auf höheren Druck gebracht und schliesslich vom Druckbehälter aus durch eine Entspannung wieder an die Umgebung abgegeben wird. Bei dieser Entspannung erfolgt dann eine eigentliche Umwandlung der Energieform. Durch die isotherme Verdichtung vor der Entspannung ist die örtliche Energiedichte des aus dem Prozessraum geförderten Fluids gegenüber dem von ihm aufgenommenen Fluid bei gleichbleibender Temperatur erhöht worden.

Die für das Bewegen des Wärme-Stapelspeichers beziehungsweise des Verdrängerkolbens erforderliche Energie ist gering, da sich ja der Druck im Prozessraum allseitig gleich ausbreitet. Wird zum Beispiel der obere Teil 1216 der Stange 1209 weggelassen, so ist zusammen mit den wechselnden Drucken innerhalb der Vorrichtung an einem Kurbeltrieb ein resultierendes Drehmoment erzeugbar, sodass die Vorrichtung selbstlaufend ausgeführt werden kann.

#### Vorrichtung nach Figur 13

Figur 13 zeigt eine Vorrichtung, bei welcher das Fluid im Gegensatz zu der in Figuren 10 und 12 gezeigten Vorrichtungen auf der unteren Temperatur  $T_u$  der Wärme-Stapelspeicher 1311 mit der Umgebung kommuniziert. Ansonsten weist die Vorrichtung ebenfalls ein Gefäss-System 1301 mit den gleichen Ele-

menten auf wie jene nach Figur 12. Oben sind die Gefässe über die Leitung 1310, unten über die Leitung 1302 miteinander verbunden. Von der Verbindungsleitung 1302 führt eine weitere Leitung 1303 über ein Einwegventil 1304 in einen Hydro-Speicher. Andererseits führt auch eine Leitung 1306 über ein Einwegventil 1307 von einem offenen, das heisst mit der Umgebung verbundenen Hydrobehälter in die Leitung 1302 hinein. Das im Gefäss-System enthaltene Fluid wird auf zwei solchen Temperaturen  $T_o$ ,  $T_u$  gehalten, dass es sich im oberen Gefässbereich 1308 auf der höheren Temperatur  $T_o$  in Gasphase und im unteren Gefässbereich 1309 auf der tieferen Temperatur  $T_u$  in Flüssigphase befindet.

Im Verlauf des Betriebes erfährt der gesamte, über die Temperaturgrenze fliessende Fluidwechselstrom den Kreisprozess wie zu Figur 10 beschrieben. Bei der oberen Temperatur muss diesem Kreisprozess die der Pumparbeit entsprechende Wärme zugeführt werden.

Die bisher beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen sind noch nicht gänzlich selbstlaufend. Es bedarf zusätzlicher Mittel, um die Verfahren und Vorrichtungen in Betrieb zu halten. So müssen die Temperaturen  $T_u$  im unteren und  $T_o$  oberen Gefässbereich gehalten werden und die Fluidwechselströme beziehungsweise Wärmewechselströme müssen mittels Erzeugung einer Relativbewegung zwischen Fluid und Wärme-Stapelspeicher induziert werden. Die Erzeugung dieser Relativbewegung wie auch das Aufrechterhalten der geforderten Wärmesenke auf der

unteren Temperatur  $T_u$  kann mit Mitteln geschaffen werden, die einen geringen Teil des erzeugten fluidischen Druckpotentials entsprechend nutzen. Die Umwandlung des fluidischen Druckpotentials in mechanische Arbeit kann in bekannter Weise mittels einer Expansionsmaschine erfolgen. Es kann sich dabei zum Beispiel um eine Expansionsturbine für die Entspannung eines komprimierten Gases oder um einen Hydrostaten für die Umwandlung eines hydraulischen Druckpotentials handeln. Im Falle der Expansionsturbine tritt gleichzeitig eine Abkühlung des Gases ein, das dann als Kühlmittel zur Aufrechterhaltung der geforderten Wärmesenke verwendet werden kann. Wird von einem fluidischen Druckpotential ausgegangen, so kann zum Beispiel über die Umwandlung in mechanische Arbeit eine Wärmepumpe angetrieben werden, um die zwei Temperaturen zu halten.

Damit aber sind die für den Betrieb der Verfahren und Vorrichtungen erforderlichen Bedingungen geschaffen, sodass eine solche Vorrichtung und das mit ihr betriebene Verfahren selbstlaufend ist.

#### Vorrichtung nach Figur 14

Die Figur 14 zeigt eine Vorrichtung, welche eine zusätzliche Vorrichtung zur Umwandlung des fluidischen Druckpotentials in mechanische Energie einschliesst, von der dann ein Anteil direkt zur Aufrechterhaltung des Betriebes des Verfahrens verwendet wird, während der Rest frei nutzbar ist. Diese Vorrichtung ist ein Perpetuum mobile 2. Art, dem soviel Wärme

zufließen muss, wie es nutzbare mechanische Arbeit abgibt. Die Vorrichtung besteht aus zwei zylindrischen Gefässen 1401, 1402, in denen je ein Kolben 1403, 1404 dichtend gelagert ist. Die beiden Kolben 1403, 1404 sind zueinander in bezug auf die von ihnen bewirkte Raumänderung phasenverschoben gekoppelt, womit die erfindungsgemässe Phasenverschiebung der Volumenänderungen der Fluida erzwungen wird. Vorteilhaft bewirkt die Koppelung, dass der Kolben 1404 im zweiten Zylinder 1402 um eine Phasenverschiebung von etwa  $90^\circ$  dem Kolben 1403 im ersten Zylinder 1401 vorausläuft. Im Innern des zylinderförmigen Gefässes 1401 ist über dem oberen Totpunkt des Kolbens 1403 ein Wärme-Stapelspeicher 1405 angeordnet, welcher der Haupt-Wärme-Stapelspeicher 1405 dieser Vorrichtung darstellt. Ueber diesem Haupt-Wärme-Stapelspeicher 1405 befindet sich ein kapazitiver Wärmespeicher 1406, der aus einem Material mit einer hohen Wärmespeicherfähigkeit besteht, zum Beispiel aus einem dünn gewalzten Kupfer-Wellblech, das gleich einer Rolle Wellkarton im Gefäss längs der Zylinderachse angeordnet ist und deshalb in Richtung der Längsachse des Gefässes durchströmbar ist. Dieser Wärmespeicher 1406 kann aber zum Beispiel auch durch feine Kupferwolle gegeben sein, welche diesen Raum ausfüllt. Wichtig ist, dass dieser Wärmespeicher 1406 rasch Wärme aufnehmen, speichern und wieder abgeben kann. Oberhalb des Wärmespeichers 1406 befindet sich ein zweiter Wärme-Stapelspeicher 1407. Wiederum oberhalb dieses zweiten Wärme-Stapelspeichers 1407 enthält der Zylinder 1401 eine als Faltenbalg 1408 ausgebildete Trennmembrane 1408 aus dichtendem, wärmeleitfähigem Material. Diese Trennmembran

1408 unterteilt das Innere des Zylinders 1401 dichtend in zwei variable Bereiche. Der an diesem oberen Zylinderende verbleibende Raum 1409 ist so bemessen, dass der darin angeordnete Faltenbalg 1408 ausziehbar und wieder zusammenfaltbar ist, wobei das Verdrängungsvolumen des Faltenbalges 1408 zwischen dem zusammengefalteten und dem auseinandergefalteten Zustand wenigstens dem Hubvolumen des Kolbens 1404 im zweiten Zylinder 1402 entspricht. Vom oberen Ende des ersten Zylinders 1401 aus führt eine Druckleitung 1410 in den zweiten Zylinder 1402. Die Druckleitung 1410 kann unter anderem zur Wärmeaufnahme dienen und hierfür durch entsprechende Heizmittel 1411 oder Medien geführt sein, sodass das darin fließende Fluid die Wärme in den ersten Zylinder 1401 transportieren kann. Die Wärmeaufnahme kann aber auch direkt im Bereich oberhalb des Faltenbalges 1408 erfolgen.

Das zylindrische Gefäß 1401 wird von den beiden Wärme-Stapelspeichern 1405, 1407 grundsätzlich in drei Bereiche mit darin unterschiedlichen Temperaturen unterteilt. Zwischen den beiden Wärme-Stapelspeichern 1405, 1407 herrscht die höchste Temperatur  $T_o$ . Unterhalb der Temperaturgrenze im unteren Wärme-Stapelspeicher herrscht die tiefere Temperatur  $T_u$  und oberhalb der Temperaturgrenze im oberen Wärmestapelspeicher herrscht eine weitere tiefe Temperatur  $T_{u'}$ . Es gilt  $T_o > T_u > T_{u'}$ . Es kann aber auch sein, dass gilt  $T_u = T_{u'}$ . Stets muss jedoch gelten  $T_o > T_u, T_{u'}$ . Der Zylinder 1401 enthält unterhalb der Trennmembran 1408 grundsätzlich zwei Fluida unterschiedlicher Stoffe, von denen eines  $F_a$  auf der unteren Tem-

peratur  $T_u$  des Wärme-Stapelspeichers 1405 stets in Flüssigphase ist und sich auf dessen oberer Temperatur  $T_o$  in der Gasphase befindet. In seiner Gasphase nimmt es im wesentlichen den Raum bis zur Temperaturgrenze im oberen Wärmestapelspeicher 1407 ein, obwohl es diese Grenze im Betrieb kurzzeitig überströmen kann. Das zweite Fluid  $F_b$  befindet sich stets in der Gasphase und nimmt den gesamten freibleibenden Raum im ersten Zylinder 1401 bis hin zur Innenseite des Faltenbalges 1408 ein.

Zum Beispiel eignet sich als erstes Fluid  $F_a$  Wasser und als zweites Fluid  $F_b$  Stickstoff. Geeignet wäre auch die Kombination von Alkohol als  $F_a$  und Stickstoff als  $F_b$ , flüssigem Kohlendioxid als  $F_a$  und Stickstoff als  $F_b$  oder flüssigem Stickstoff als  $F_a$  und Helium als  $F_b$ . Oberhalb des Faltenbalges ist der Zylinder 1401 mit einer temperaturbeständigen Hydraulikflüssigkeit  $F_H$  gefüllt. Auch die Druckleitung 1410 und der Zylinder 1402 sind vollständig mit dieser Hydraulikflüssigkeit  $F_H$  gefüllt.

Es handelt sich bei dieser Vorrichtung um eine selbstlaufende Maschine, die periodisch Wärme reversibel in mechanische Energie umwandelt. Die Nutzung der mechanischen Energie bewirkt schliesslich wieder die Umwandlung zurück in Wärme, welche an die Umgebung abgegeben wird. Von eben dieser Umgebung kann aber auch die Vorrichtung die zum Betrieb erforderliche Wärme beziehen, da bei der Entspannung des Gases im Innern des Faltenbalges 1408 von aussen her Wärme zufließen muss. Bedin-

gung hierfür ist, dass die Temperatur  $T_u$ , im Innern des Faltenbalges 1408 auf einem tieferen Niveau als der Umgebungstemperatur sein muss. In diesem Fall wird dem System aus der Umgebung über den Wärmeüberträger 1411 über die Hydraulikflüssigkeit  $F_H$  Wärme zugeführt. Die Effizienz einer solchen Maschine wird in erster Linie von der Grösse der Temperaturdifferenz zwischen der unteren, in der Umgebung herrschenden Temperatur  $T_u$  bzw.  $T_u$ , und der oberen Temperatur  $T_o$ , die im Innern des Zylinders 1401 in der Wärmekapazität 1406 herrscht, bestimmt. Verluste ergeben sich ausschliesslich infolge der zu verwendenden Baumaterialien und Bestandteile, die naturgemäss nicht ideal sind. So wird ein geringer Anteil der Wärme durch die Zylinderwände des Zylinders 1401 nach unten abfliessen und auch durch den Wärme-Stapelspeicher 1405 wird aufgrund seiner nichtidealen Charakteristik ein kleiner Teil der Wärme nach unten auf seine kalte Seite gelangen. Die untere Temperatur  $T_u$  beim flüssigen Fluidanteil  $F_a$  kann annähernd der Umgebungstemperatur entsprechen, sodass sie durch Kühlung durch die Umgebung aufrechterhalten wird. Im Innern des Faltenbalges 1408 andererseits kann die dortige Temperatur  $T_u$ , niemals über jene des Faltenbalges und damit der Hydraulikflüssigkeit steigen, da mit jedem Zyklus eine Entspannung erfolgt, die eine Abkühlung nach sich zieht. Die Energie, die mit dem Kolben 1403 bei dessen Kompressionshub eingebracht wird, wird als Wärme in den Wärmespeicher 1406 eingelagert und steigert so dessen Temperatur.

Diagramme nach Figur 15

Der mit dem Kolben 1403 an der Temperaturgrenze im Haupt-Wärme-Stapelspeicher 1405 erzeugte Fluidwechselstrom des auf der unteren Temperatur  $T_u$  flüssigen Fluids  $F_a$  erfährt einen Kreisprozess, welcher näherungsweise im TS-Diagramm nach Figur 15A dargestellt ist und nacheinander annähernd folgende Schritte einschliesst:

- a) Isochore Wärmezufuhr,
- b) Isotherme Expansion,
- c) Isochore Wärmeabfuhr,
- d) Isotherme Kompression (Erhöhung des Druckes in der Flüssigphase).

Das andere Fluid  $F_b$ , welches stets in der Gasphase ist, erfährt annähernd folgenden Kreisprozess, der näherungsweise im TS-Diagramm nach Figur 15B dargestellt ist:

- a) Isotherme Kompression, indem die Verdichtungswärme in den Wärme-Speicher 1406 eingelagert wird,
- b) Isobare Wärmeabfuhr, indem Wärme in den Wärme-Stapelspeicher 1407 eingelagert wird,
- c) Isotherme Expansion unter Wärmeaufnahme durch den Faltenbalg 1408, und
- d) Isobare Wärmezufuhr aus dem Wärme-Stapelspeicher 1407.

Anlage nach Figur 16

Figur 16 zeigt eine Vorrichtung, welche die verschiedenen erfindungsgemässen Verfahren und Vorrichtungen zu einer Anlage kombiniert, welche kontinuierlich arbeitet und ein Perpetuum mobile 2. Art ist. Diese Anlage führt das Fluid in einem äusseren Kreislauf durch zwei verschiedene erfindungsgemässe Vorrichtungen 1601 und 1602, die den Druck des Fluids stufenweise erhöhen und dann durch eine Maschine 1616 zur Umwandlung von fluidischer in mechanische Energie, zum Beispiel durch eine bekannte Expansionsmaschine. Der Fluidwechselstrom und damit ein Wärmewechselstrom wird in den hier gezeigten Vorrichtungen 1601,1602 dadurch induziert, dass die Wärmestapelspeicher 1605,1607 selbst in jeder erfindungsgemässen Vorrichtung 1601,1602 relativ zum Fluid bewegt werden, zum Beispiel mittels Kurbeltrieben.

Der äussere Kreisprozess, den das Fluid beim Durchströmen des Kreislaufes erfährt, ist linksläufig und schafft neben der Umwandlung von Wärme in Arbeit die Temperaturspanne zur Aufrechterhaltung des Betriebs der beiden Vorrichtungen zur Erzeugung des Energie-Umwandlungspotentials. Die inneren Kreisprozesse, welche die Fluidwechselströme im Innern der einzelnen Vorrichtungen 1601,1602 erfahren, sind rechtsläufig, und die Flächen, die von ihnen im pV- oder TS-Diagramm eingeschlossen werden, sind ein Mass für die von ihnen je Zyklus geleistete Verdichtungsarbeit am äusseren Kreisprozess.

Die erste Vorrichtung 1601 läuft zwischen der oberen Temperatur  $T_{O1}$ , welche vorteilhaft der Umgebungstemperatur entspricht, und der unteren Temperatur  $T_{u1}$ , und das in ihr enthaltene Fluid kommuniziert auf der unteren Temperatur  $T_{u1}$  mit dem äusseren Kreislauf. Der Druck in der ersten Vorrichtung 1601 variiert zwischen dem oberen Druck  $p_{O1}$  und dem unteren Druck  $p_{u1}$ . In einer zweiten Vorrichtung 1602, die zwischen der oberen Temperatur  $T_{O2}$  und der unteren Temperatur  $T_{u2} >$  oder  $= T_{u1}$  läuft, kommuniziert das Fluid auf der oberen Temperatur  $T_{O2}$  mit diesem Kreislauf. Das Fluid befindet sich im ganzen geschlossenen Kreislauf in der Gasphase, mit Ausnahme vom Raum unterhalb der Temperaturgrenze im Wärme-Stapelspeicher 1607 der Vorrichtung 1602. Dort allein befindet es sich in der Flüssigphase. Der Druck im Innern dieser Vorrichtung 1602 varriert zwischen dem oberen Druck  $p_{O2}$  und dem unteren Druck  $p_{u2}$ , wobei  $p_{u2} = p_{O1}$  gilt.

Die erste Vorrichtung 1601 nimmt von der Umgebung Wärme auf, um ihre obere Temperatur  $T_{O1}$  zu halten. Hierzu ist der obere Abschluss des Gefässes 1608 von möglichst grosser Oberfläche, sodass beispielsweise von unten her gesehen eine Vielzahl von Kappen 1621 gebildet werden. In diese Kappen 1621 können Nadeln 1622 einfahren, die auf der obersten Wärmekapazität des Wärme-Stapelspeichers 1605 sitzen, sodass im oberen Totpunkt des Wärme-Stapelspeichers 1605 nur ein minimales Totvolumen verbleibt und ein grosser Wärmeübergang pro Zeit von der Umgebung auf das zwischenliegende Gas möglich ist. Unten im Zylinder 1608 führt eine Druckleitung 1609 über ein Einwegven-

til 1610 aus dem Gefäss 1608 hinaus. Diese Druckleitung 1609 führt weiter durch Heizmittel 1611 für eine weitere Wärmeaufnahme aus der Umgebung und schliesslich über ein Einwegventil 1612 in die Seite der oberen Temperatur  $T_{O2}$  des Gefässes 1615 der zweiten Vorrichtung 1602. Eine Druckleitung 1613 führt über ein Einwegventil 1614 aus der oberen Seite des Gefässes 1615, das heisst auf der Seite seiner oberen Temperatur  $T_{O2}$  hinaus und in eine Expansionsmaschine 1616. Von jenseits der Expansionsmaschine 1616 führt eine Druckleitung 1617 zurück zur zweiten Vorrichtung 1602 und dort als Kühlschlange 1618 um den Bereich tiefer Temperatur  $T_{u2}$  des Gefässes 1615 dieser Vorrichtung 1602. Schliesslich führt sie vom Ende dieser Kühlschlange 1618 als Druckleitung 1619 weiter über ein Einwegventil 1620 in die untere Seite des Gefässes 1608 der ersten Vorrichtung 1601, das heisst in die Seite dessen unterer Temperatur  $T_{u1}$ . Wenn sich die Wärme-Stapelspeicher 1605, 1607 in diesen Vorrichtungen 1601, 1602 auf und ab bewegen, so erfährt das im beschriebenen Kreislauf eingeschlossene Fluid einen äusseren, linksläufigen Kreisprozess, während die Fluidwechselströme in den Vorrichtungen 1601, 1602 rechtsläufige Kreisprozesse erfahren.

#### Diagramme nach Figur 17

Nachfolgend werden diese Kreisprozesse anhand von zwei einander gegenübergestellten dimensionslosen TS-Diagrammen qualitativ beschrieben:

Zuerst wird der linksläufige Kreisprozess beschrieben, der im linken Diagramm nach Figur 17A dargestellt ist. Im Punkt 1

ist das Fluid infolge der adiabaten Entspannung auf dem tiefsten Druck  $p_{u1}$  und auf der tiefsten Temperatur  $T_1$ . Es wird danach zum Halten der unteren Temperatur  $T_{u2}$  der zweiten Vorrichtung 1602 durch die Kühlschlange 1618 am unteren Teil dieser Vorrichtung geführt und nimmt dort isobar Wärme auf, wonach es die Temperatur  $T_{u1}$  erreicht. Im TS-Diagramm entspricht dies dem Weg von Punkt 1 nach Punkt 2. Auf dieser Temperatur gelangt es unten in die Vorrichtung 1601 und wird darin adiabatisch verdichtet, wobei die Verdichtungsarbeit in Form von Wärme auf der oberen Temperatur  $T_{o1}$  der Umgebung entzogen wird. Im TS-Diagramm ist diese adiabatische Verdichtung durch den Weg von Punkt 2 nach Punkt 3 beschrieben. Durch das Einströmen des Fluids auf der unteren Temperatur  $T_{u1}$  wird die Wärmesenke in der Vorrichtung 1601 gehalten. Das Fluid strömt vom Punkt 3 aus durch die Heizmittel 1611, die sich auf der höchsten Temperatur  $T_o$  der ganzen Anlage befinden. Es nimmt dort isobar Wärme auf, was dem Weg vom Punkt 3 zu Punkt 4 im TS-Diagramm entspricht. In der zweiten Vorrichtung 1602 wird es anschliessend isotherm verdichtet, was durch die Horizontale von Punkt 4 zu Punkt 5 im TS-Diagramm beschrieben ist. Danach wird es in der Expansionsmaschine 1616 adiabatisch entspannt und gelangt durch die Senkrechte im TS-Diagramm beschrieben wieder zum Zustand in Punkt 1. Der Zustand des flüssigen Anteils des Fluids ist durch den Punkt 6 dargestellt.

Es werden jetzt die rechtsläufigen Kreisprozesse betrachtet, welche die Fluidwechselströme in den einzelnen Vorrichtungen

1601 und 1602 erfahren. Diese Kreisprozesse sind im rechten Diagramm nach Figur 17B dargestellt. Der Kreisprozess des Fluidwechselstromes in der zweiten Vorrichtung 1602 läuft auf höheren Drucken ab. Er beginnt bei der Temperatur gemäss Punkt 6 im linksläufigen TS-Diagramm. Das Fluid erfährt zuerst eine isochore Wärmezufuhr vom Wärme-Stapelspeicher 1607 und sein Zustand ändert sich längs der Isochoren vom Punkt 6 zum Punkt 7. Danach kann Fluid über das Einwegventil 1614 ausströmen und die weitere Wärmezufuhr erfolgt isobar von Punkt 7 zu Punkt 8. Daran anschliessend folgt eine isochore Wärmeabfuhr vom Fluid an den Wärmestapel-Speicher 1607, die von der Isochoren vom Punkt 8 bis Punkt 9 beschrieben ist. Der Druck sinkt dabei, bis das Einwegventil 1612 öffnet und die weitere Wärmeabfuhr vom Punkt 9 zurück zum Punkt 6 isobar erfolgt.

Der Kreisprozess des Fluidwechselstromes in der ersten Vorrichtung 1601 läuft auf niedrigeren Drucken ab. Er beginnt bei der tieferen Temperatur  $T_{u1}$ , noch unterhalb der unteren Temperatur  $T_{u2}$  der zweiten Vorrichtung 1602 im Punkt 10. Es folgt gleich wie in der zweiten Vorrichtung zuerst eine isochore Wärmezufuhr von Punkt 10 nach Punkt 11, bis das Einwegventil 1610 öffnet und Fluid ausströmen kann. Die weitere Wärmezufuhr erfolgt dann isobar längs der Isobaren von Punkt 11 zu Punkt 12. Daran anschliessend kommt eine isochore Wärmeabfuhr vom Fluid an den Wärme-Stapelspeicher 1605 von Punkt 12 zu Punkt 13, bis das Einwegventil 1620 öffnet und die wei-

tere Wärmeabfuhr isobar erfolgt, von Punkt 13 zurück zu Punkt 10.

Nachdem die Zustandsänderungen der Fluidwechselströme betrachtet wurden, können auch die Zustandsänderungen der Fluidanteile, die auf der jeweils oberen oder unteren Temperatur verbleiben, betrachtet werden. Im wesentlichen ändern diese Fluidanteile ihren Druck annähernd längs von Isothermen. In der zweiten Vorrichtung 1602 bewegt sich das gasförmige Fluid im Bereich der oberen Temperatur  $T_{o2}$  isotherm zwischen den Punkten 4 und 5 im Diagramm links und das flüssige Fluid im Bereich der unteren Temperatur  $T_{u2}$  bleibt auf dem Punkt 6, da eine Druckänderung im Punkt 6 nicht darstellbar ist.

Man beachte, dass die Vorrichtungen 1601 und 1602 selbstlaufend sind. Dies ist der Fall, weil nur auf ihrer Unterseite eine Kolbenstange in ihr Inneres ragt und gleichzeitig die Innendrucke während des Aufwärtsfahrens der Wärmestapelspeicher niedriger sind als die Drucke beim Abwärtsfahren. Daraus resultiert ein Drehmoment an den Kurbelwellen.

#### Anlage nach Figur 18

Figur 18 zeigt eine weitere Anlage zum Umwandeln von Wärme in Arbeit. In einem äusseren Kreislauf, welcher zwei Schlaufen umfasst, ist eine erste Vorrichtung 1801 integriert, die auf der oberen Temperatur  $T_{o1}$  mit dem Kreislauf kommuniziert. Die Vorrichtung 1801 weist einen von der unteren Seite in den Zy-

linder 1823 der Vorrichtung wirkenden Kolben 1803 auf und enthält ein auf der unteren Temperatur  $T_{u1}$  flüssiges Fluid, zum Beispiel Stickstoff. Am oberen Zylinderende befindet sich ein stationärer Wärme-Stapelspeicher 1805 und vom oberen Zylinderende führt eine Druckleitung 1804 über das Einwegventil 1806 in die Vorrichtung hinein und eine Druckleitung 1809 über das Einwegventil 1808 aus der Vorrichtung 1801 hinaus. Diese Vorrichtung 1801 wirkt im wesentlichen als Pumpe, indem sie das Fluid durch den Wärme-Stapelspeicher 1805 pumpt, welches dort Wärme aufnimmt und in der Gasphase auf hohem Druck die Vorrichtung 1801 verlässt. Mit der Druckleitung 1809 ist ein Blasenspeicher 1810 verbunden, um Druckschwankungen in der Druckleitung 1809 auszugleichen. Das komprimierte Gas wird als nächstes in der Expansionsmaschine 1811 entspannt. Die von der Expansionsmaschine 1811 dabei geleistete Arbeit wird zu einem Teil für den Betrieb der Vorrichtung 1801 verwendet. Das entspannte Gas nimmt Wärme auf der unteren Temperatur  $T_{u2}$  einer zweiten Vorrichtung 1802 auf, um diese Temperatur  $T_{u2}$  dort zu halten, und fließt dann durch einen Temperatureaustauscher 1812, wo es wieder Wärme aufnimmt, dann unter nochmaliger Wärmeaufnahme durch eine Heizquelle 1813 und schliesslich über die Druckleitung 1804 und das Einwegventil 1806 wieder zurück in die erste Vorrichtung 1801. Auch die Druckleitung 1804 ist mit einem Blasenspeicher 1814 verbunden, um Druckschwankungen auszugleichen. Der beschriebene Kreislauf bildet die erste Schlaufe. Eine zweite Schlaufe zweigt vor der Expansionsmaschine 1811 ab und führt über die Leitung 1815 und das Einwegventil 1816 in den Bereich oberer

Temperatur  $T_{O_2}$  der zweiten Vorrichtung 1802. In dieser Vorrichtung 1802 ist ein beweglicher Wärme-Stapelspeicher 1807 angeordnet, der zum Beispiel mittels eines Kurbeltriebes auf und ab bewegbar ist. Das ankommende Gas wird in der Vorrichtung 1802 verdichtet und über das Einwegventil 1817 in die Druckleitung 1818 gefördert. Diese Druckleitung 1818 ist zum Ausgleich von Druckschwankungen ebenfalls mit einem Blasen-speicher 1819 verbunden. Sie führt das Gas als gegenströmen-des Fluid durch den Temperatúraustauscher 1812, wo es Wärme abgibt. Von dort fließt das Fluid unter weiterer Wärmeabgabe durch einen weiteren Temperatúraustauscher 1820 und dann durch eine Drossel 1821. Sein nun verflüssigter Anteil fließt durch die Leitung 1822 auf der Seite der unteren Temperatur  $T_{u1}$  über eine weitere Drossel 1824 in die erste Vorrichtung 1801 zurück. Der noch gasförmige Anteil wird als entgegenströmendes Fluid im Temperatúraustauscher 1820 verwendet, wo dieses Wärme aufnimmt und dann über die Leitung 1825 vor der Expansionsmaschine zurück in die Druckleitung 1808 strömt.

#### Diagramme nach Figur 19

In den TS-Diagrammen nach Figur 19A und 19B sind die Zustandsänderungen des Fluides in den beiden Schlaufen qualitativ dargestellt. Die Zustände sind nummeriert und korrespondieren mit den entsprechenden Zahlen in den Schlaufen des Kreislaufes.

Das Fluid in der ersten Schlaufe erfährt einen linksläufigen Kreisprozess, der in Figur 19A dargestellt ist. Im Punkt 1 beim Herauspumpen aus der Vorrichtung 1801 befindet es sich auf der höchsten Temperatur  $T_{O1}$  und dem höchsten Druck. Nach dem adiabaten Entspannen in der Expansionsmaschine 1811 hat es den Zustand im Punkt 2 erreicht. Die Zustandsänderung ist im linken Diagramm als Senkrechte vom Punkt 1 zum Punkt 2 dargestellt. Dann folgen mehrere isobare Wärmeaufnahmen, nämlich zuerst von der Vorrichtung 1802, sodass der Zustand längs der Isobaren auf den Punkt 3 wandert, dann im Turaustauscher 1812, indem der Zustand sich weiter längs der Isobaren zum Punkt 4 hin ändert, und schliesslich von den Heizmittel 1813, welche den Zustand des Fluids längs der Isobaren zum Punkt 5 auf der oberen Temperatur  $T_{O1}$  bringen. Bei dieser letzten Wärmeaufnahme durch die Heizmittel 1813 nimmt das Fluid jene Wärme auf, die von der Expansionsmaschine 1811 in nutzbare Arbeit umgewandelt wurde. Zwischen dem Zustand gemäss Punkt 5 und dem Ausgangspunkt 1 erfährt das Fluid eine isotherme Kompression in der ersten Vorrichtung 1801, wonach sein ursprünglicher Zustand wieder erreicht ist. Die zweite Schlaufe dient dazu, die Aufrechterhaltung der Flüssigphase des Fluids im Bereich der unteren Temperatur  $T_{U1}$  der ersten Vorrichtung 1801 sicherzustellen. Das in der zweiten Schlaufe strömende Fluid erfährt die im Diagramm nach Figur 19B dargestellten Zustandsänderungen. Vor der Expansionsmaschine 1811 wird ein Teil des Fluids im Zustand 1 auf der Temperatur  $T_{O1}$  entnommen und in der zweiten Vorrichtung 1802 verdichtet, ohne dass diese dafür Wärme aufnimmt. Die Wärme, welche auf

der unteren Temperatur  $T_{u2}$  zwischen den Punkten 2 bis 3 von der zweiten Vorrichtung 1802 abgeführt wird, wird oben nicht ergänzt und deswegen fällt die Temperatur bei der Verdichtung. Das Fluid ändert bei dieser Kompression seinen Zustand längs einer Polytropen, die zwischen einer Isobaren und Isothermen von Punkt 1 zu Punkt 6 verläuft. Anschliessend wird es durch den Temperatúraustauscher 1812 geführt, wo es isobar Wärme abgibt, entsprechend der Zustandsänderung vom Punkt 6 zu Punkt 7 im Diagramm. Beim Durchströmen des zweiten Temperatúraustauschers 1820 wird erneut isobar Wärme abgeführt, sodass schliesslich auf der Isobaren der Punkt 8 erreicht wird. Von dort aus folgt eine Drosselung bei konstanter Enthalpie, da man keine Arbeit abnimmt. Gedrosselt wird dabei die Drucksteigerung, die in der zweiten Vorrichtung 1802 erfolgt ist. Die entsprechende Zustandsänderung im Diagramm verläuft vom Punkt 8 aus schräg abwärts in das Nass-Dampf-Gebiet hinein, wo das Fluid in Gas- und Flüssigphase koexistiert. Der flüssige Anteil im Zustand gemäss Punkt 10 strömt durch eine weitere Drossel 1824 in den Bereich unterer Temperatur  $T_{u1}$  in die erste Vorrichtung 1801 ein. Durch den damit erzeugten leichten Gleichstrom durch die erste Vorrichtung 1801 hindurch wird diese unten gekühlt und es wird sichergestellt, dass das Fluid auf der unteren Temperatur  $T_{u1}$  und somit in der Flüssigphase bleibt. Der gasförmige Anteil im Zustand gemäss Punkt 9 wird durch den Temperatúraustauscher 1820 zurückgeführt, wo eine isobare Wärmeaufnahme bis hinauf zur Temperatur gemäss dem Zustand in Punkt 1 erfolgt, womit die zweite Schlaufe geschlossen ist.

Anlage nach Figur 20

In Figur 20 ist eine kontinuierlich laufende Anlage gezeigt, in der allein das kontinuierlich laufende Verfahren zum Austauschen der Temperaturen zweier gleichförmig zueinander strömenden Wärmeträger verwendet wird. Die Anlage besteht aus einem Kreislauf, in welchem das Fluid vom Zustand höchsten Druckes durch eine Expansionsmaschine 2001 geht und darin entspannt wird. Anschliessend nimmt es in einem ersten Temperaturlaustauscher 2002 Wärme auf, wird dann durch eine Heizquelle 2003 geführt, wo es weiter Wärme aufnimmt, und geht dann durch einen Verdichter 2004, in welchem es adiabatisch komprimiert wird. Danach strömt es durch einen zweiten Temperaturlaustauscher 2005, in dem es isobar Wärme abgibt und verflüssigt wird. Es strömt dann weiter als entgegenströmendes Fluid durch den bereits beschriebenen ersten Temperaturlaustauscher 2002, in dem es weiter Wärme abgibt und seine Temperatur in der Flüssigphase weiter sinkt. Das flüssige Fluid wird dann mittels der Pumpe 2006 verdichtet und gefördert und strömt als entgegenströmendes Fluid durch den ebenfalls schon beschriebenen Temperaturlaustauscher 2005, in welchem es isobar Wärme aufnimmt, verdampft und wieder in den ursprünglichen Zustand gelangt.

Diagramme nach Figur 21

Die einzelnen Zustandsänderungen, welche das Fluid im beschriebenen Kreislauf erfährt, werden im TS-Diagramm durch eine Achterschleife charakterisiert. Sie sind im TS-Diagramm

gemäss Figur 21 im einzelnen qualitativ eingezeichnet und nachfolgend beschrieben, wobei die einzelnen angegebenen Punkte mit den entsprechenden, im Kreislauf der Anlage nach Figur 20 eingezeichneten Punkten korrespondieren:

- 1 - 2: Adiabate Entspannung und Arbeitsleistung;
- 2 - 3: Isobare Erwärmung, wobei jene Wärme vom entgegenströmenden Fluid abgeführt wird, die von der warmen Seite her auf die kalte Seite abfliesst, sowie die Reibungs- und Verdichtungswärme, die auf der kalten Seite anfällt. Mit dieser Wärmeaufnahme wird zugleich das Tiefhalten der Temperatur des flüssigen, entgegenströmenden Fluids gewährleistet;
- 3 - 4: Isobare Erwärmung, wobei jene Wärme aufgenommen wird, die in Arbeit umgewandelt wird, also durch die adiabate Entspannung von 1 bis 2 netto erzeugt wird;
- 4 - 5: Adiabate Kompression unter Aufnahme eines Teils der bei der adiabaten Entspannung von 1 bis 2 gewonnenen Arbeit. Diese Kompression ist erforderlich, damit die Temperatur im Zustand 5 über die im Zustand 1 und die im Zustand 2 unter die im Zustand 7 zu liegen kommt;
- 5 - 6: Isobare Abkühlung in die Flüssigphase durch Wärmeabfuhr und Uebertragung dieser Wärme auf das entgegenströmende Fluid, um jenes vom Zustand 7 auf den Zustand 1 zu bringen;

- 6 - 7: Fördern und Verdichten des flüssigen Fluids auf den höheren Druck;
- 7 - 1: Isobare Erwärmung durch Zufuhr der Wärme, welche dem entgegenströmenden Fluid entnommen wird, um dieses vom Zustand 5 auf den Zustand 6 zu bringen.

Die Expansionsmaschine 2001 gibt die Brutto-Leistung  $P_B$  ab. Von dieser Leistung wird ein Anteil  $P_p$  als Pumpenleistung und ein weiterer Anteil  $P_v$  für den Antrieb des Verdichters gebraucht. Die restliche Leistung  $P$  kann frei genutzt werden. Es gilt

$$P_B = P_p + P_v + P$$

Man beachte, dass von der Pumparbeit  $W_p$  im TS-Diagramm nur der Anteil dargestellt werden kann, welcher zur Aenderung der Dichte des flüssigen Fluids erforderlich ist, während dem die reine Förderarbeit nicht darstellbar ist.

Patentansprüche

- 1.) Verfahren zur freien Umwandlung von Wärme und Arbeit ineinander, bei dem die Temperatur eines Körpers durch Wärmezufuhr und Wärmeabfuhr periodisch zwischen einer oberen Temperatur  $T_o$  und einer unteren Temperatur  $T_u$  geändert wird, wobei dem Körper eine gegenüber seiner isobaren Volumenänderung phasenverschobene Volumenänderung aufgezwungen wird.
- 2.) Verfahren zum näherungsweise Austauschen der Temperaturen zweier Wärmeträger durch Wärmeübertragung, bei dem die zwei Wärmeträger über eine Strecke in gegenseitigen Wärmekontakt gebracht werden, indem sie in ihrer allgemeinen Bewegung gegeneinander verschoben werden, wobei der Wärmewiderstand innerhalb der Wärmeträger in ihrer allgemeinen Bewegungsrichtung möglichst hoch gehalten wird, währenddem in Normalenrichtung zur allgemeinen Bewegungsrichtung der Wärmewiderstand möglichst klein gehalten wird.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Körper einen oder beide Wärmeträger in einem Verfahren nach Anspruch 2 bildet.

- 4.) Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere in Serie geschaltete Verfahren nach Anspruch 3 mit einem zu diesem oder zu diesen entgegengesetzt laufenden Verfahren nach Anspruch 1 oder 3 so zu einem gegenläufigen Kreisprozess-System zusammengeschaltet sind, dass die technisch und prinzipiell bedingten Unzulänglichkeiten kompensiert werden.
- 5.) Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Wärmeträger, der aus einem in einem Rohr (302) angeordneten Stapel von in Stapelrichtung durchströmbaren, gleichen Wärmekapazitäten (301) besteht, die gegeneinander wärmeisoliert sind und als möglichst diskrete Wärmekapazitäten für einen zweiten, fluidischen Wärmeträger zu wirken bestimmt sind.
- 6.) Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine in einem isolierten Rohr (507) angeordnete Drahtspule, deren Windungen (402) und Lagen (506) so gewickelt sind, dass sich die einzelnen Windungen (402,405) und Lagen (506) nicht berühren, wobei die Drahtspule als erster Wärmeträger zu wirken bestimmt ist, welcher in der Rohr- oder Spulenachse von einem zweiten Wärmeträger durchströmbar ist.
- 7.) Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Reihe deckungsgleich mit Abstand aneinander angereihter, in gleicher Richtung spi-

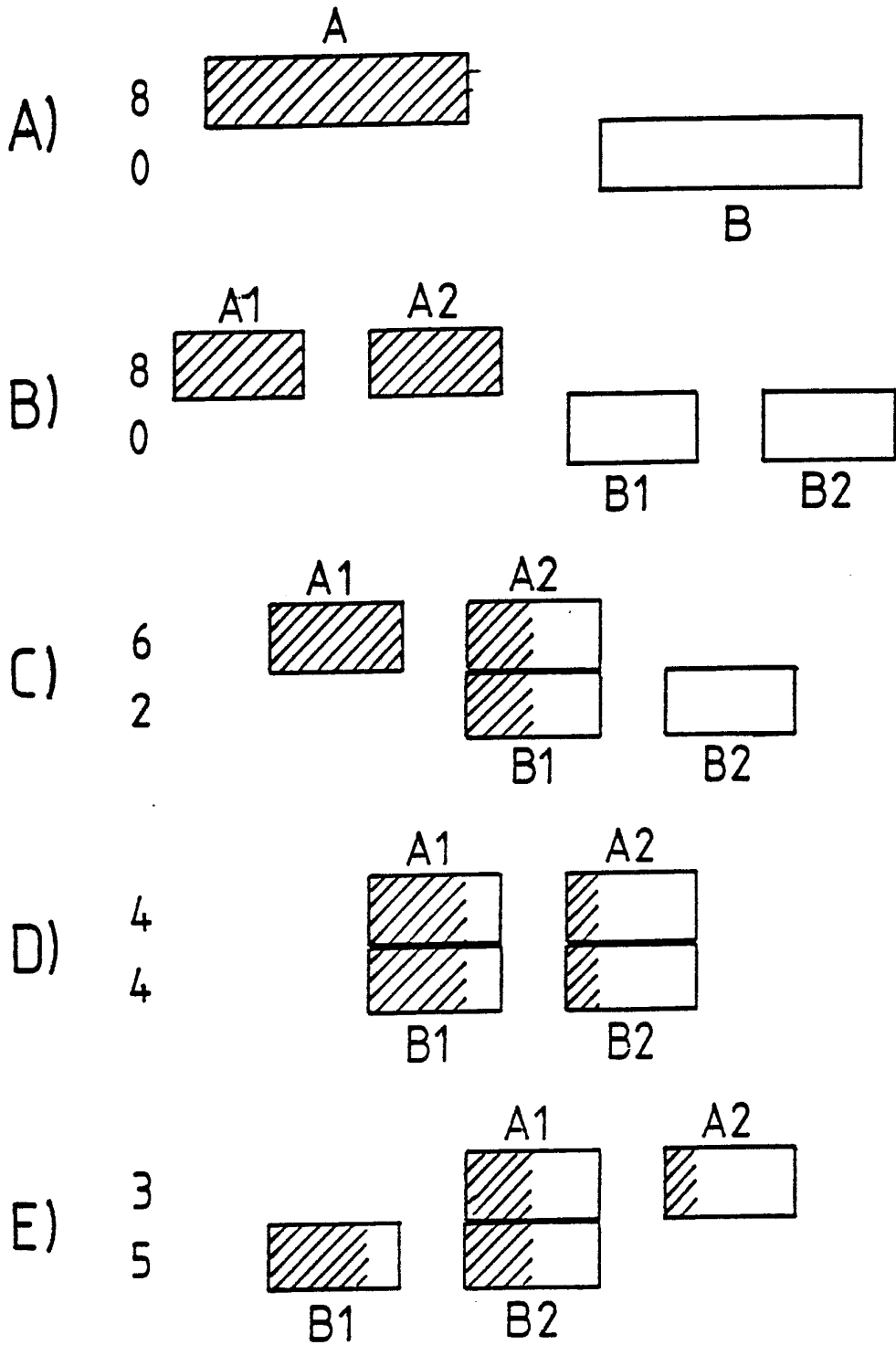
ralförmig gerollter Rohre (801;901), deren innere und äussere Enden je mit einem in Reihenrichtung verlaufenden Rohr (803,804;903,904) verbunden sind, sowie einem bezüglich der Spiralen zentralen Rohr (805;905) mit durchlässiger Rohrwand und einem die Spiralen-Reihe ummandelnden, doppelwandigen Rohr (806;906) mit durchlässiger innerer Rohrwand.

- 8.) Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 3 oder 4, gekennzeichnet durch ein Gefäss-System (1001;1201;1301;1401,1402;1601,1602;1801,1802), das einen Kreislauf wenigstens eines Körpers einschliesst, welcher Kreislauf Mittel (1007,1006;1214,1215;1304,1307;1403,1404;1610,1620,1612,1614;1806,1808,1809,1816,1817) zur Aufzwingung einer gezielten Volumenänderung des oder der Körper einschliesst, und Mitteln zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 2 innerhalb des oder der als Wärmeträger wirkenden Körper.
- 9.) Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Aufzwingung einer gezielten Volumenänderung Ventile (1007,1006;1214,1215;1304,1307;1610,1620,1612,1614;1806,1808,1816,1817;2001,2006,2004) im Kreislauf einschliessen, welche die Volumenänderung steuern, oder dass die Mittel Raumänderungsmaschinen (1403,1404;1803) einschliessen.

10.) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 2 innerhalb des oder der als Wärmeträger wirkenden Körper ein oder mehrere Vorrichtungen (1005;1205;1311;1405,1407;1605,1607;1805,1807,1812,1820;2002,2005) nach Anspruch 5 bis 7 einschliessen, und dass die Vorrichtungen nach Anspruch 5 oder 6 mechanisch, pneumatisch oder elektromagnetisch relativ zum Körper bewegt werden, oder dass Mittel vorhanden sind, um den Körper relativ zu den stationär angeordneten Vorrichtungen nach Ansprüchen 5 oder 6 zu bewegen.

1/19

FIG. 1



2/19

FIG. 2

A) 

1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---

B) 

1	1	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$
---	---	---	---	---	---	---------------

$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	0
---------------	---	---	---	---	---	---

C) 

1	1	1	1	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
---	---	---	---	---	---------------	---------------

$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	0
---------------	---------------	---	---	---	---	---

D) 

1	1	1	1	$\frac{7}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{1}{8}$
---	---	---	---	---------------	---------------	---------------

$\frac{7}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{1}{8}$	0	0	0	0
---------------	---------------	---------------	---	---	---	---

E) 

1	1	1	$\frac{15}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{16}$
---	---	---	-----------------	-----------------	----------------	----------------

$\frac{15}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{16}$	0	0	0
-----------------	-----------------	----------------	----------------	---	---	---

F) 

1	1	$\frac{31}{32}$	$\frac{26}{32}$	$\frac{16}{32}$	$\frac{6}{32}$	$\frac{1}{32}$
---	---	-----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------

$\frac{31}{32}$	$\frac{26}{32}$	$\frac{16}{32}$	$\frac{6}{32}$	$\frac{1}{32}$	0	0
-----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------	---	---

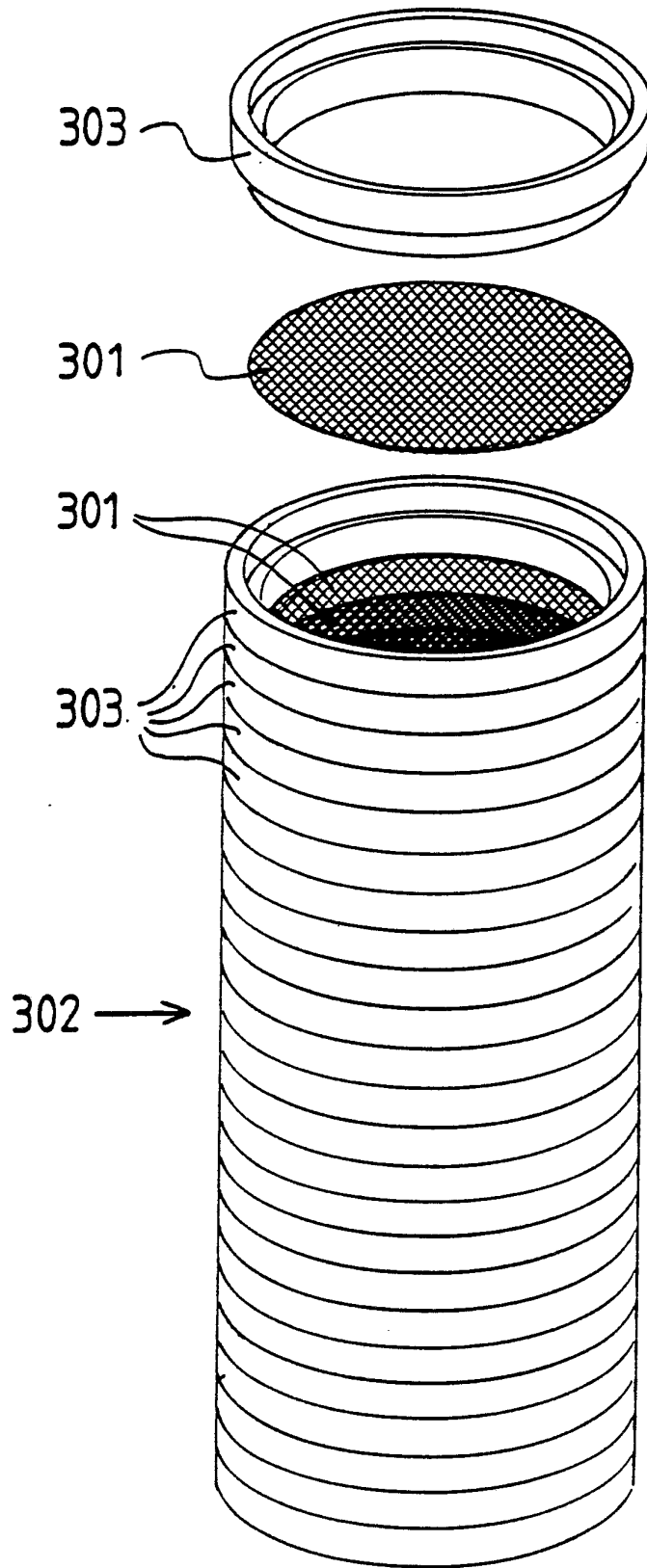
G) 

1	$\frac{63}{64}$	$\frac{57}{64}$	$\frac{42}{64}$	$\frac{22}{64}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{1}{64}$
---	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------

$\frac{63}{64}$	$\frac{57}{64}$	$\frac{42}{64}$	$\frac{22}{64}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{1}{64}$	0
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------	---

3/19

FIG. 3



4/19

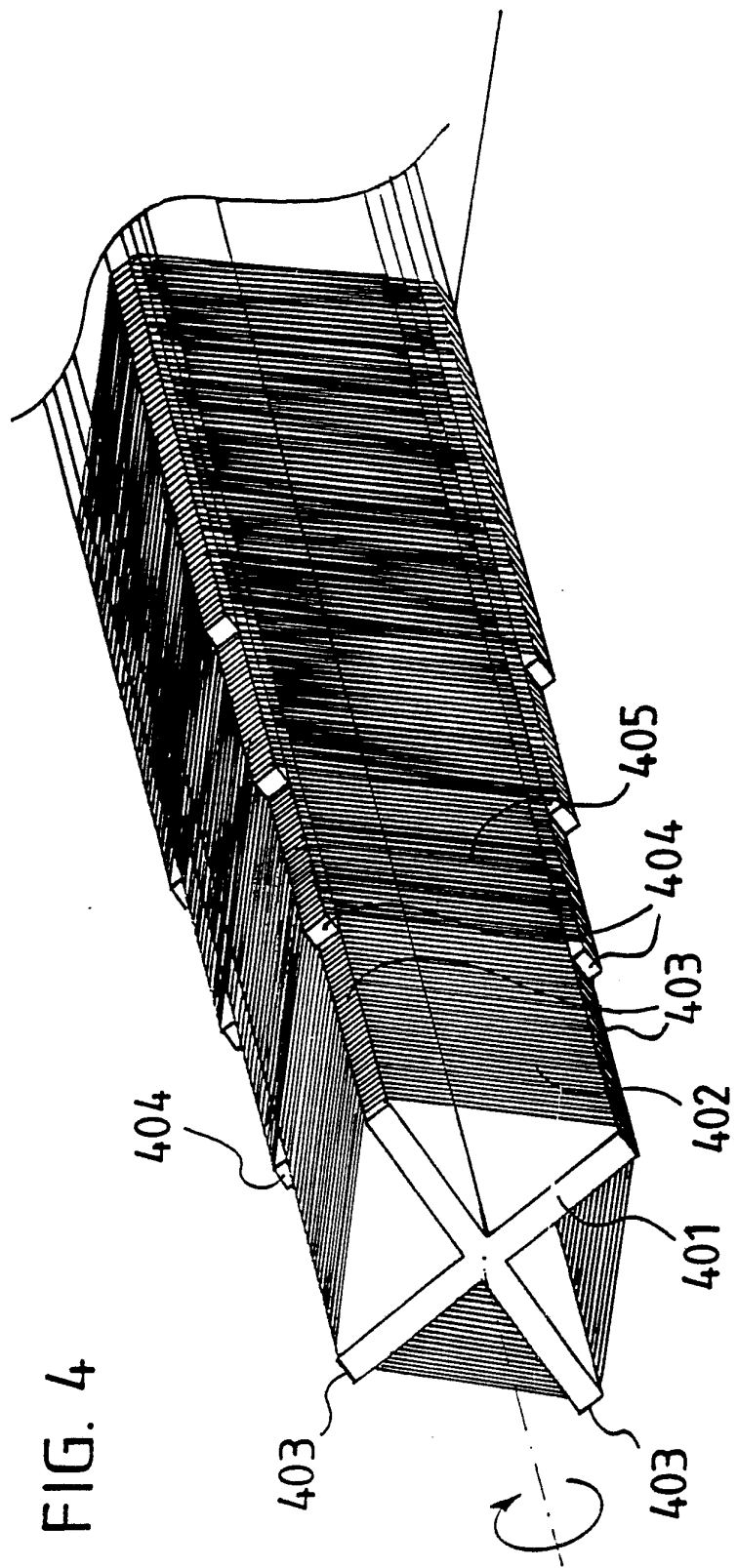
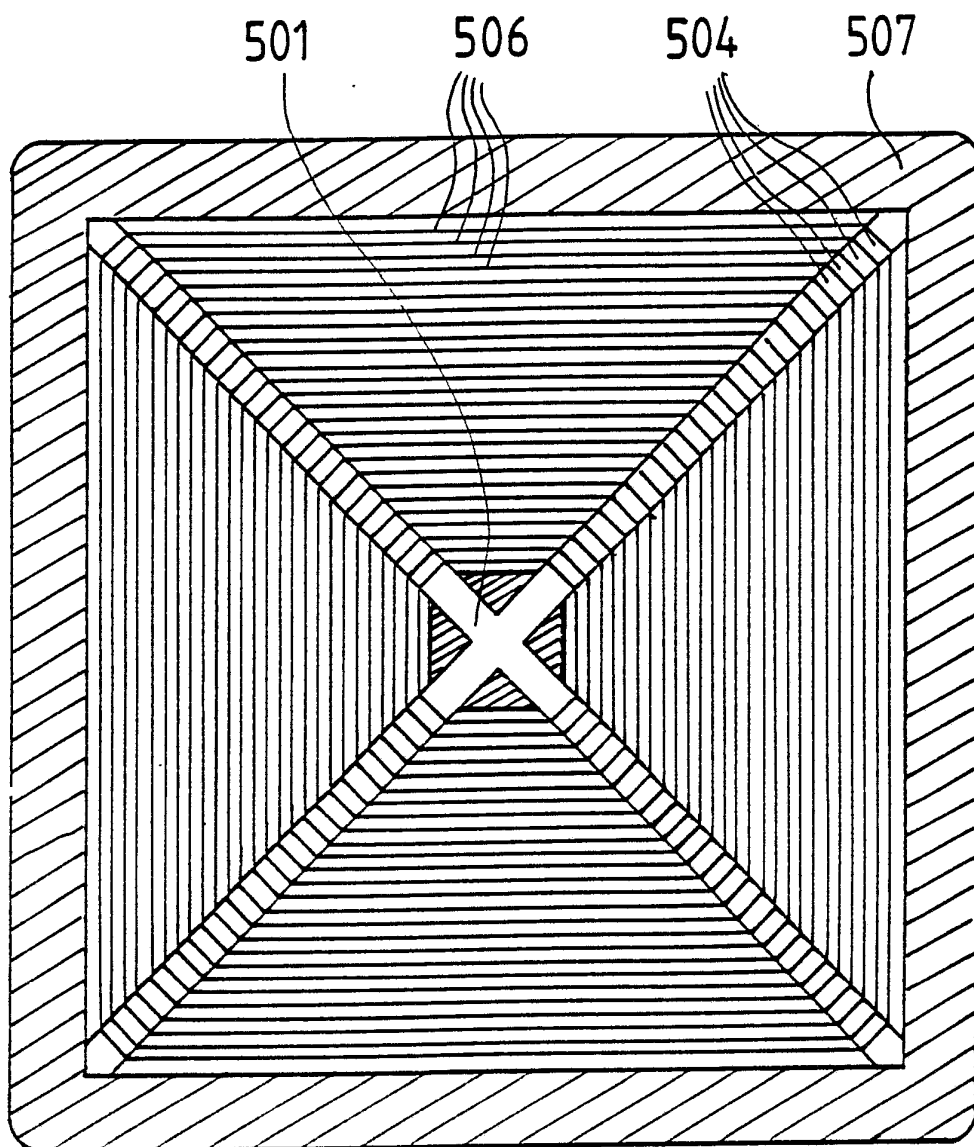


FIG. 4

FIG. 5



6/19

FIG. 6

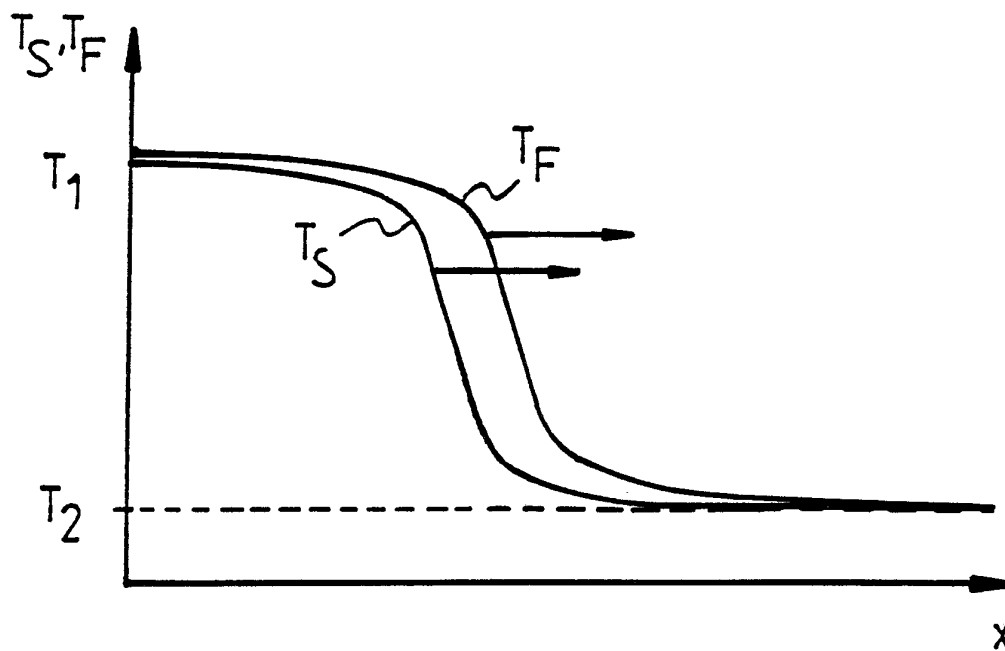
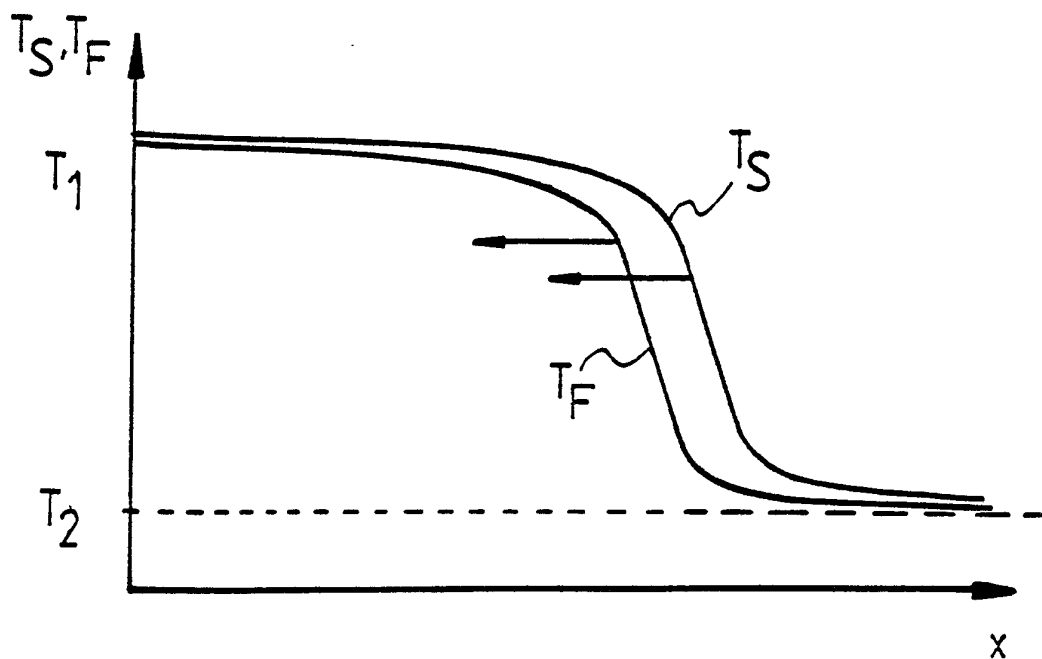
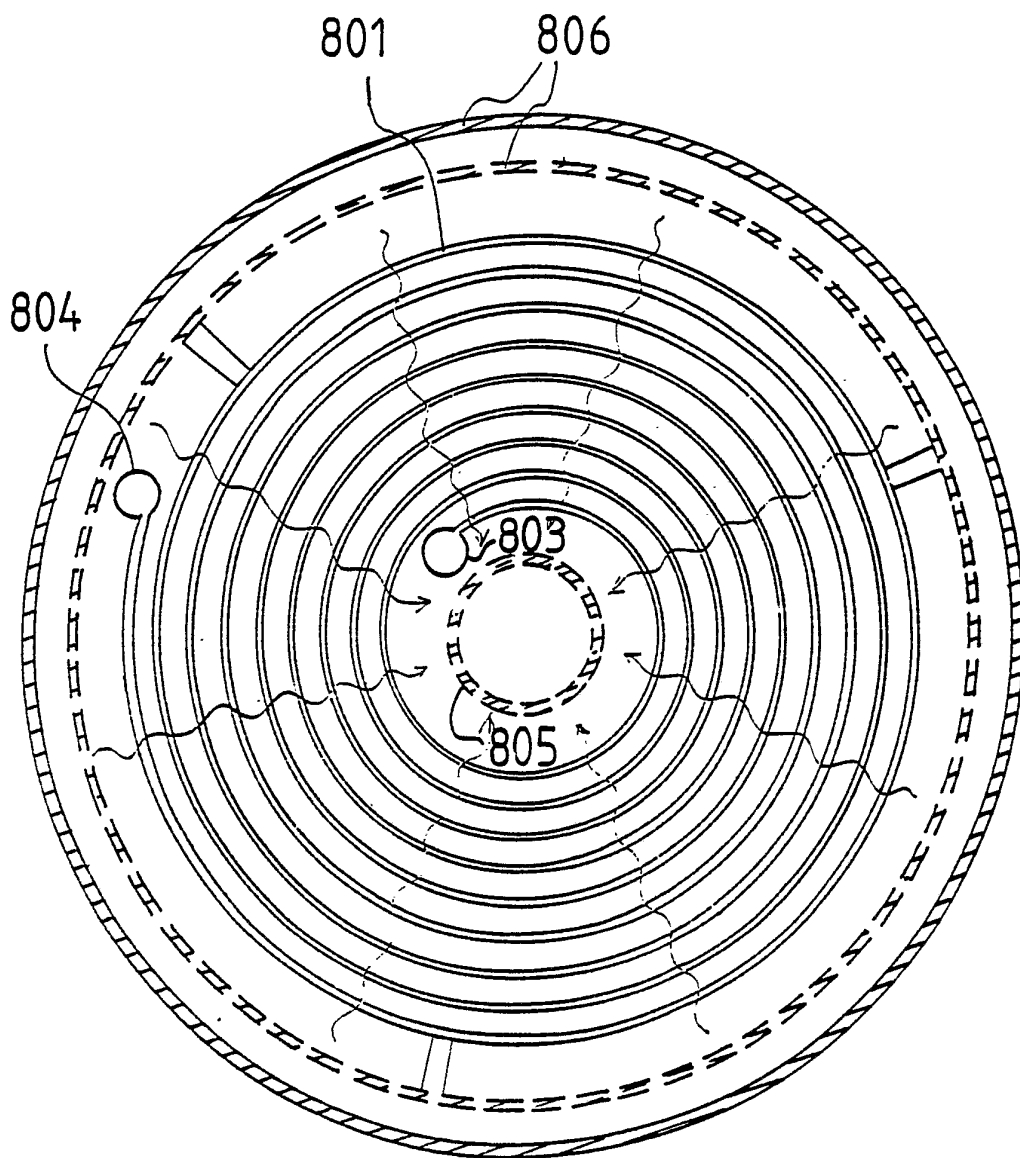


FIG. 7



7/19

FIG. 8



8/19

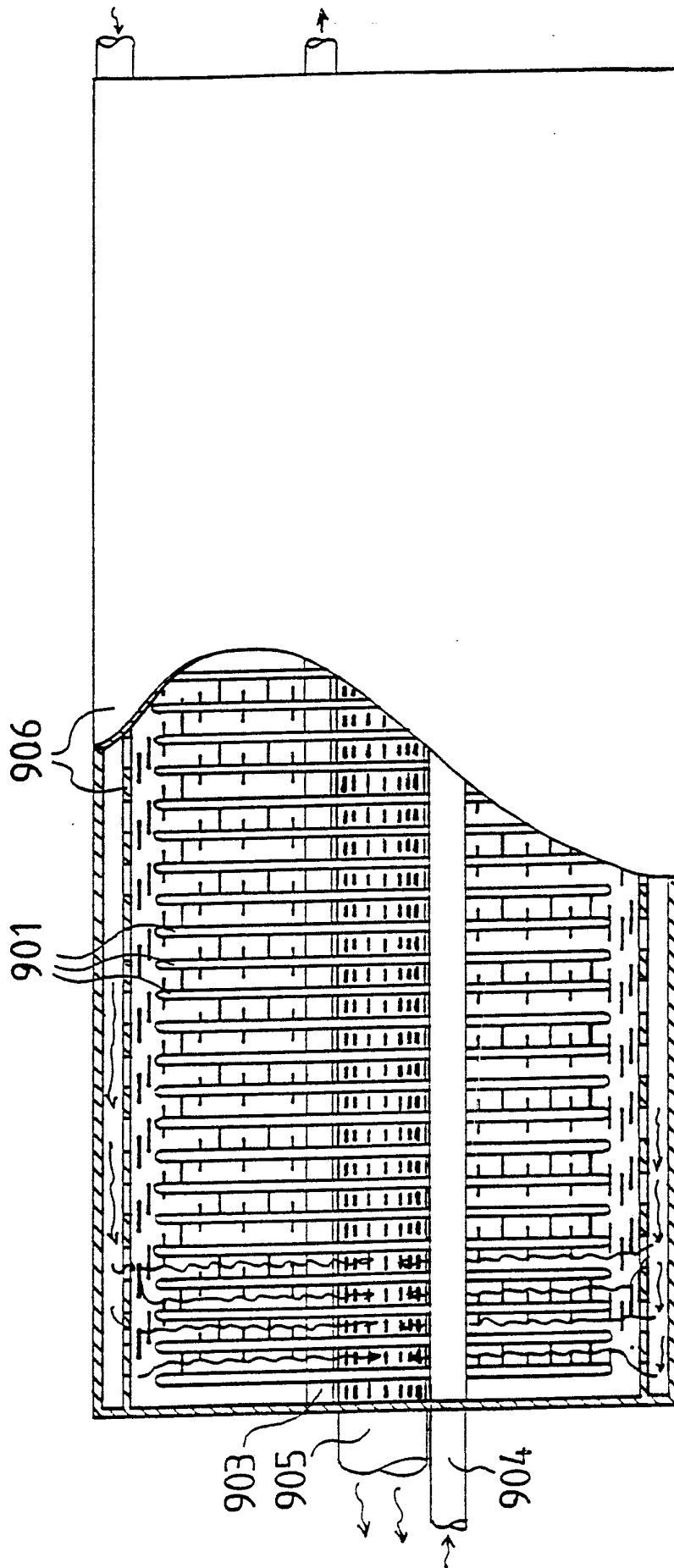


FIG. 9

9/13

FIG. 10

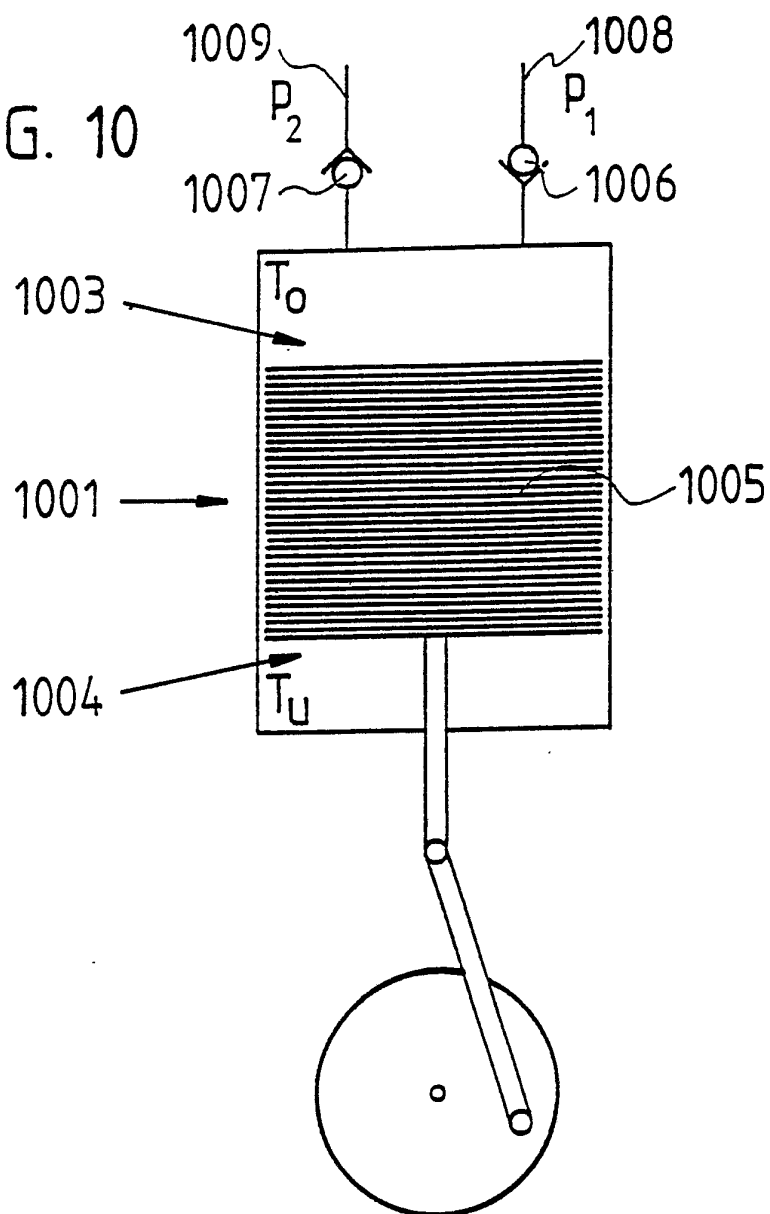
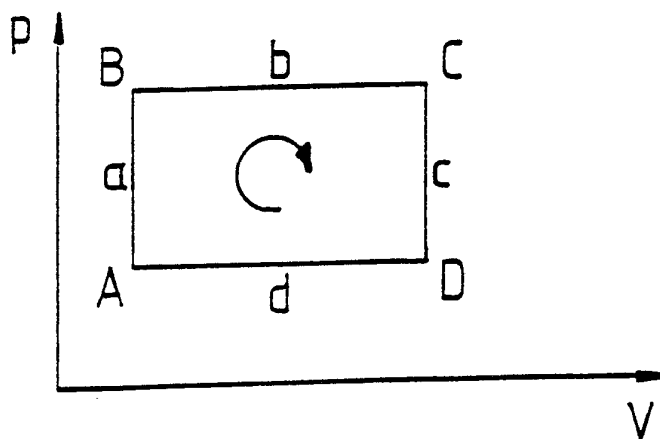
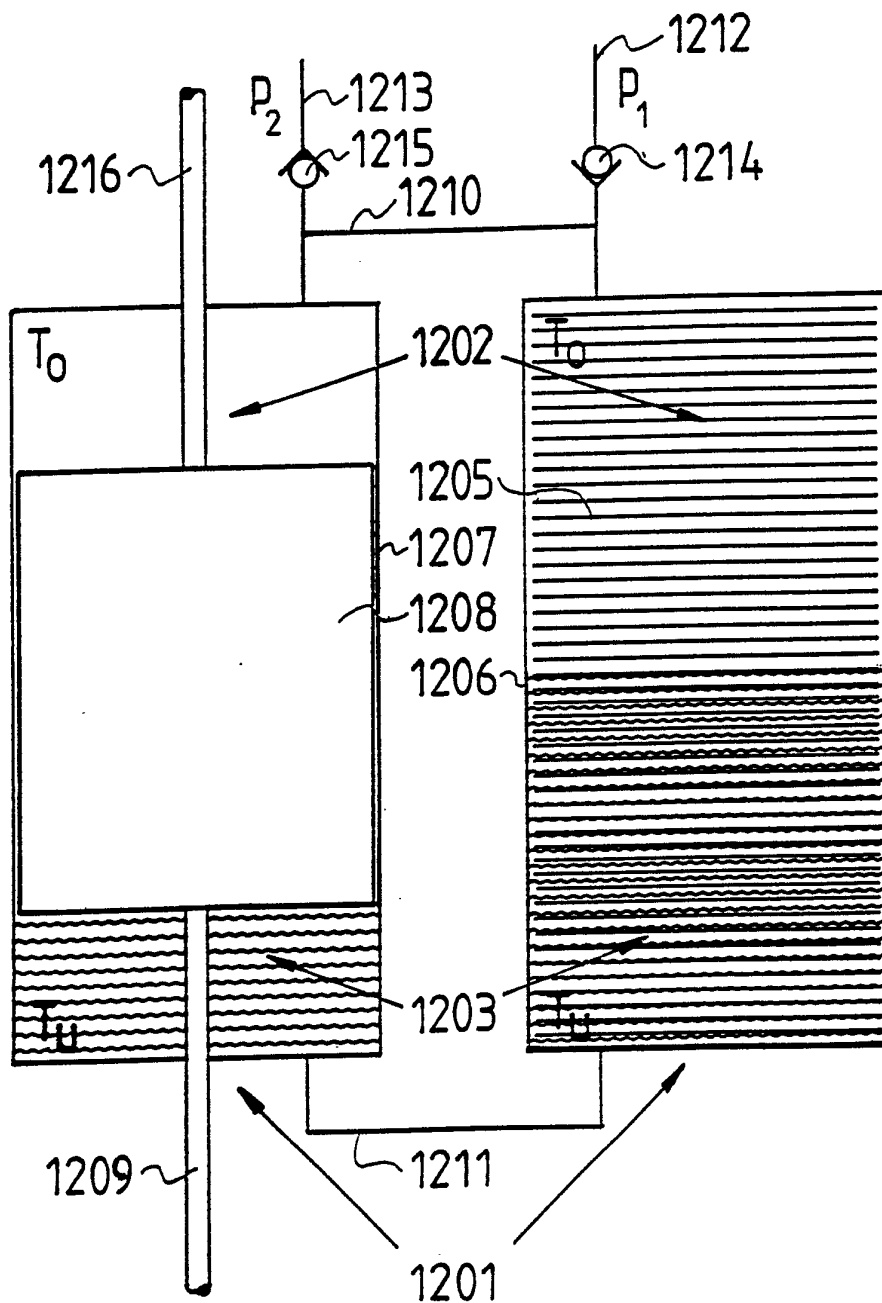


FIG. 11



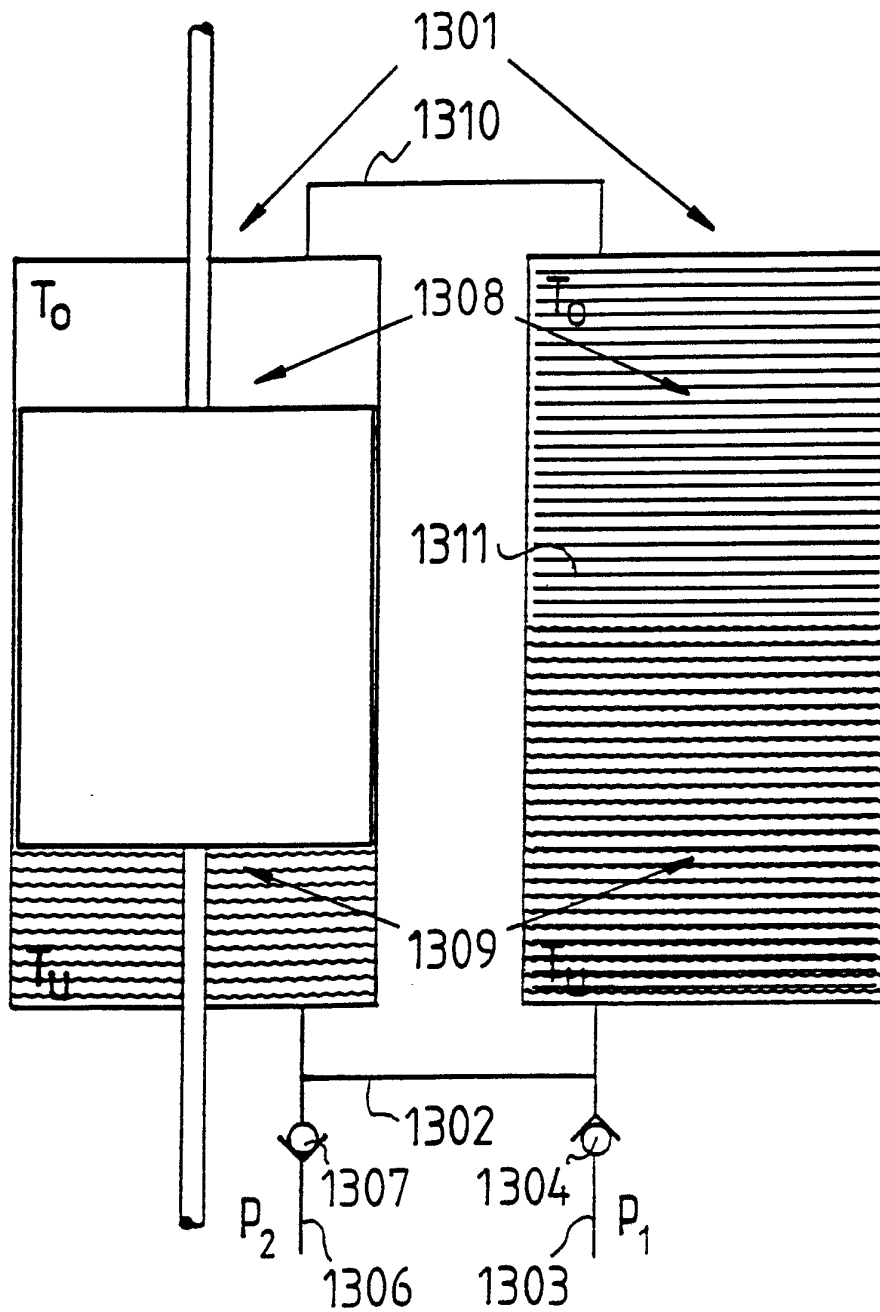
10/19

FIG. 12



11/19

FIG. 13



12/19

FIG. 14

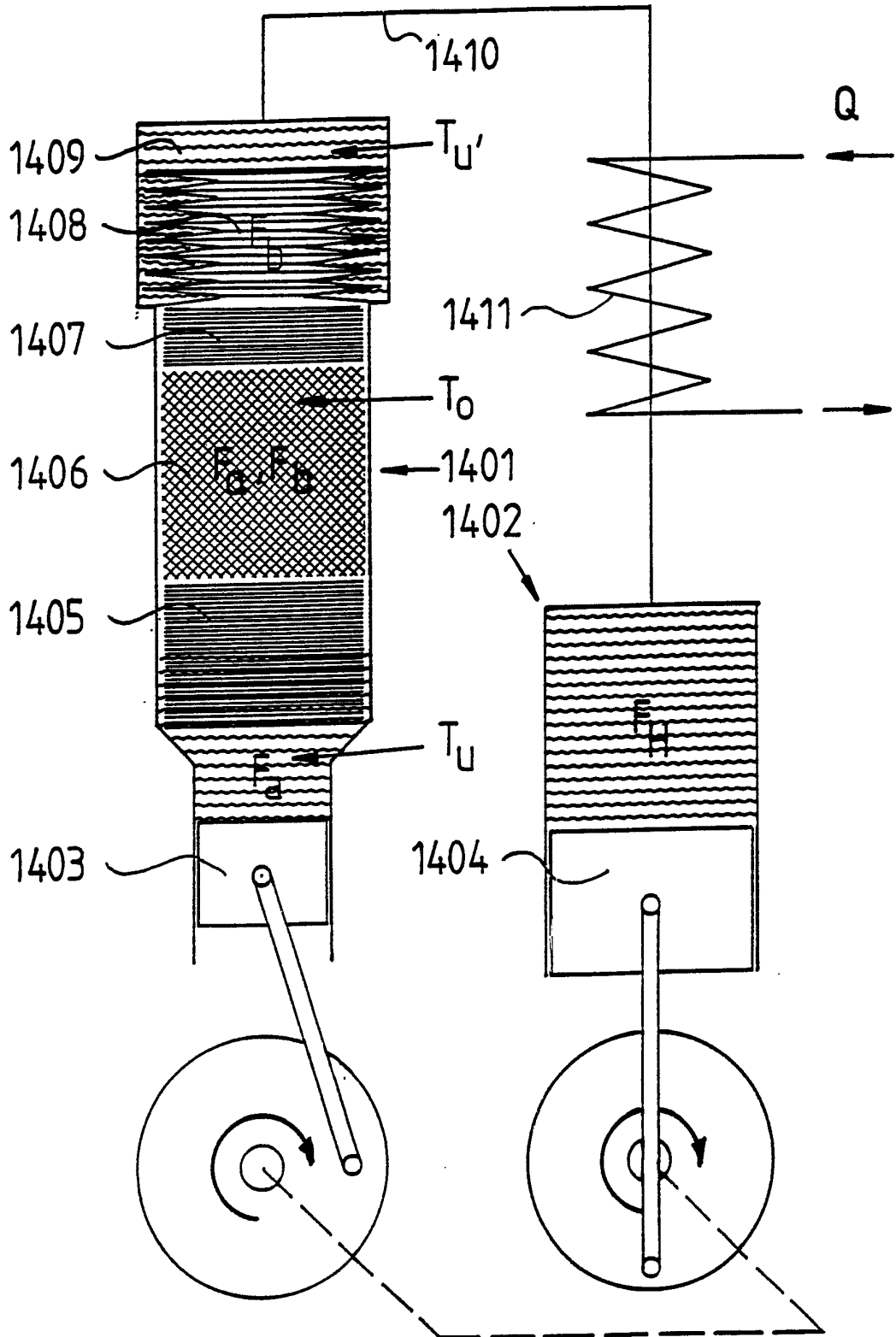


FIG. 15A

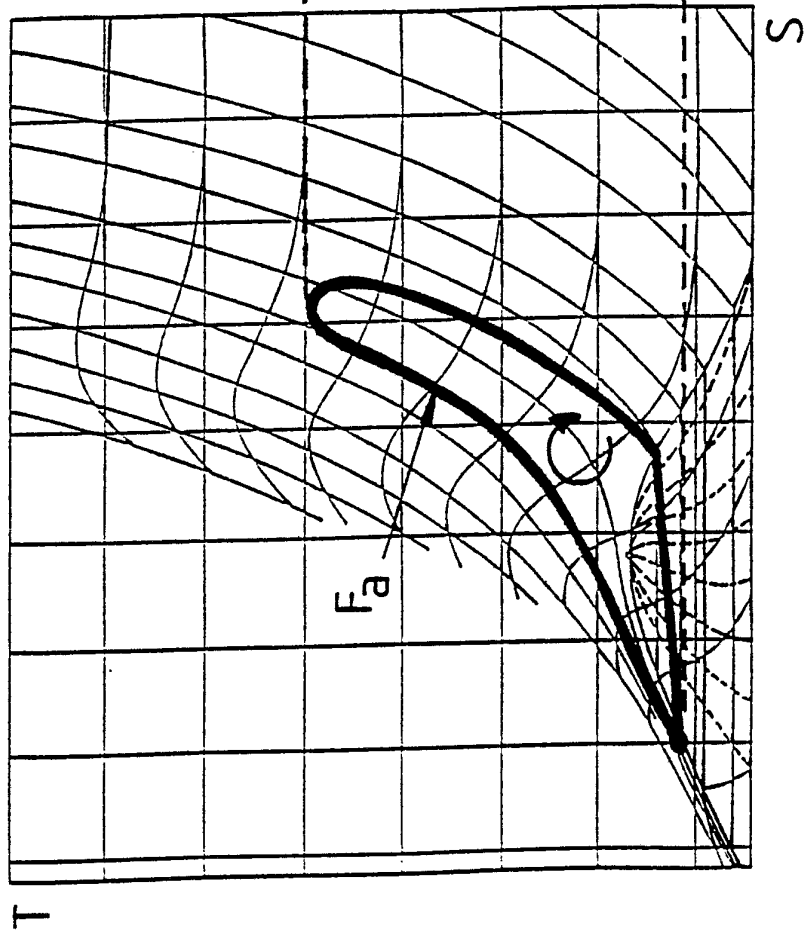


FIG. 15B

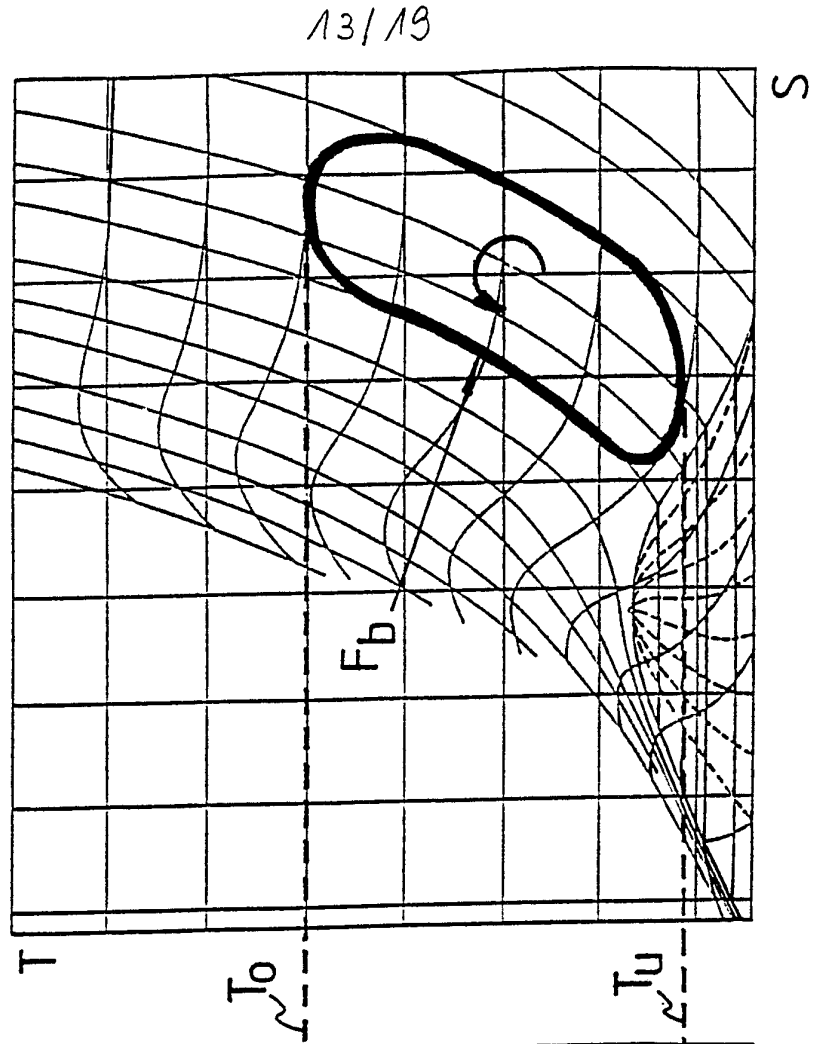


FIG. 16

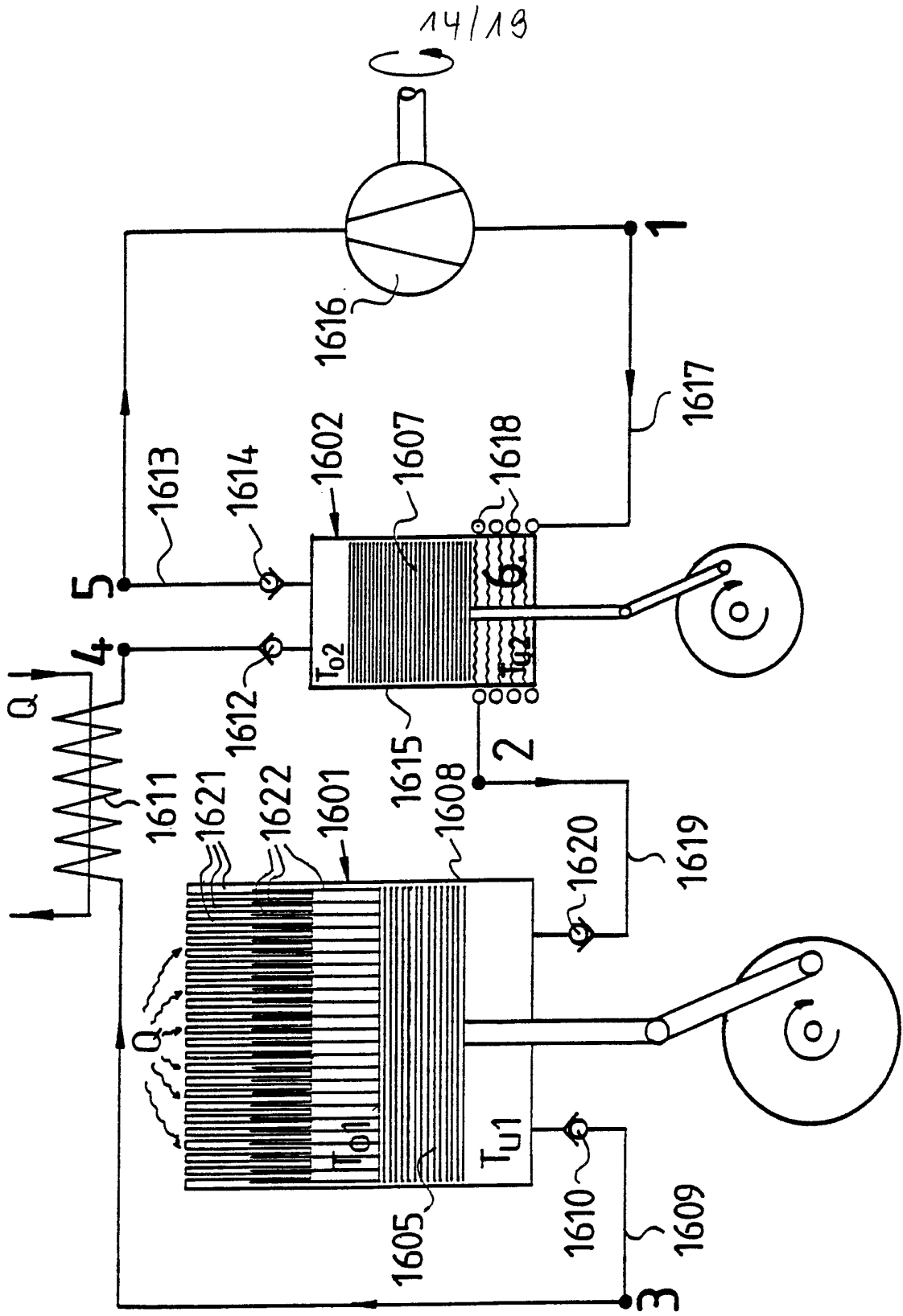


FIG. 17B

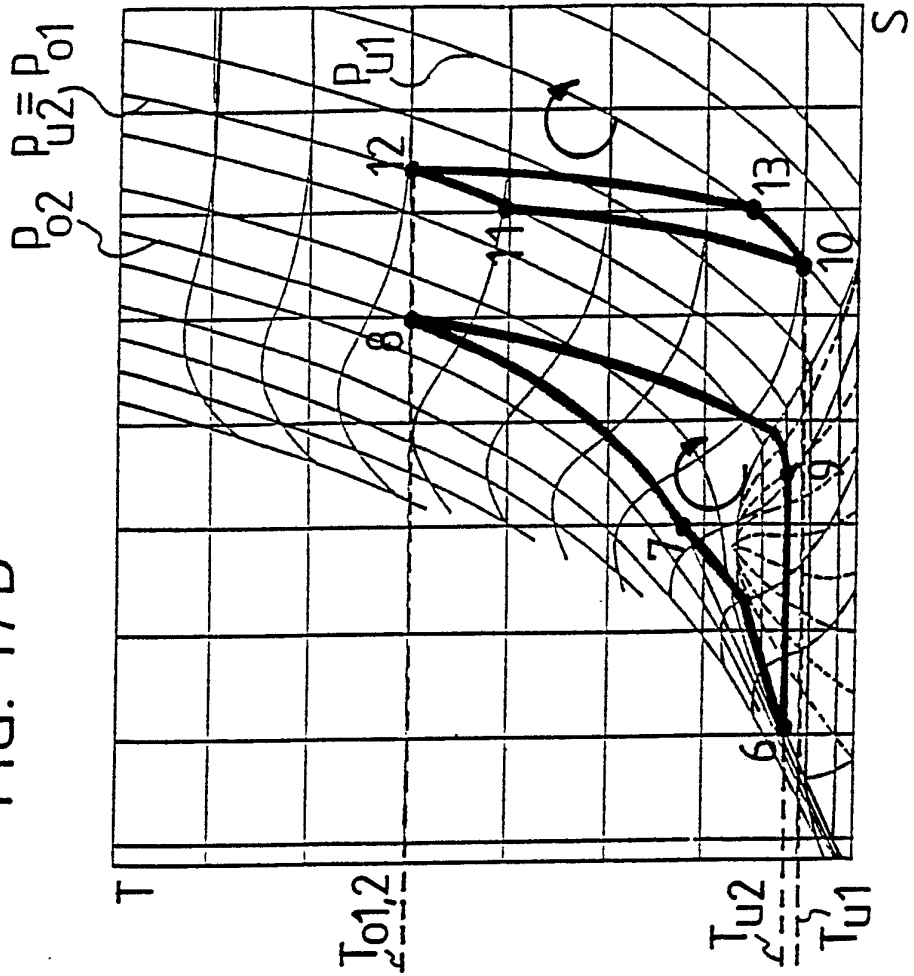


FIG. 17A

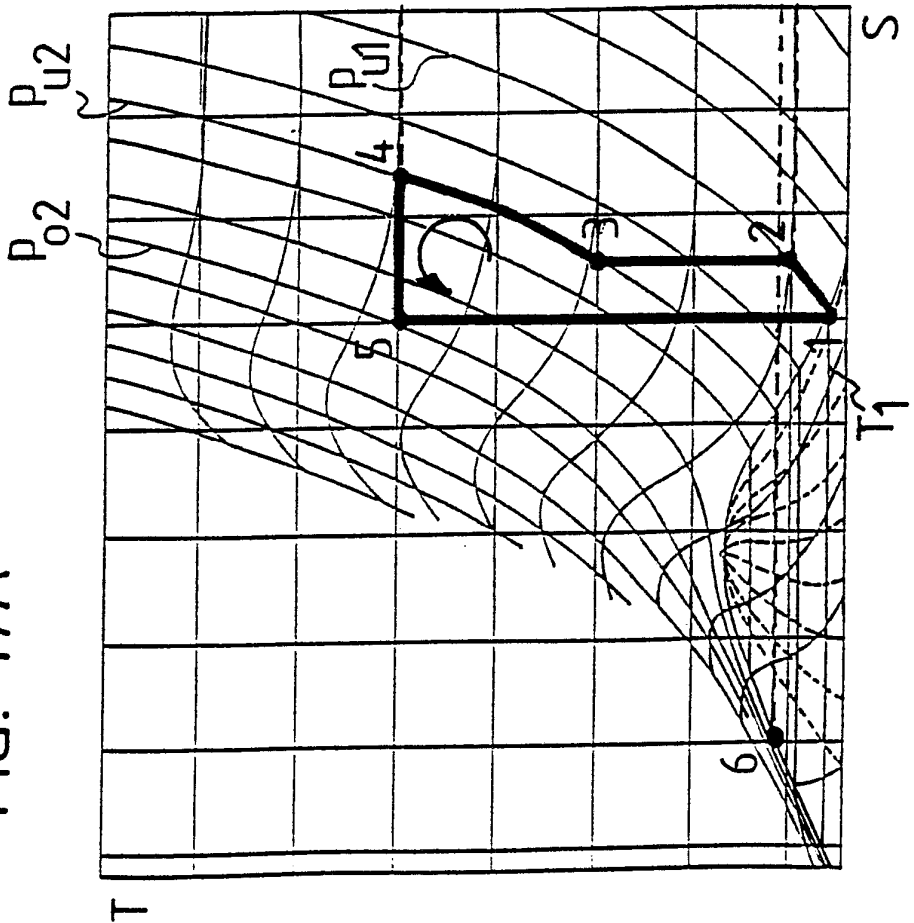




FIG. 19A

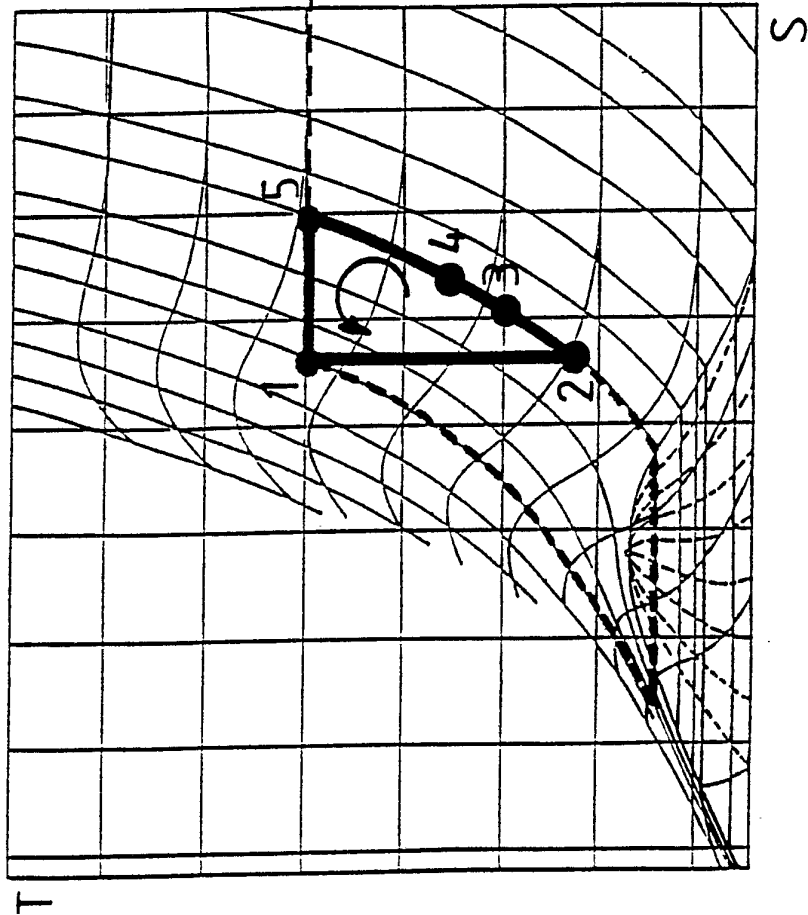


FIG. 19B

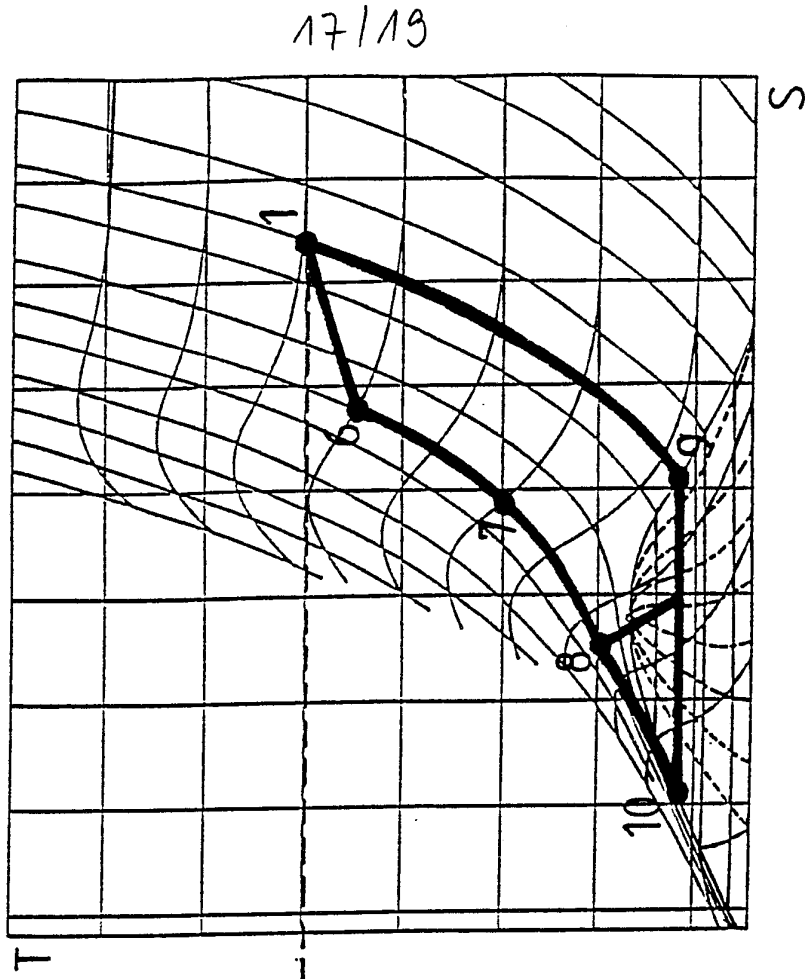


FIG. 20

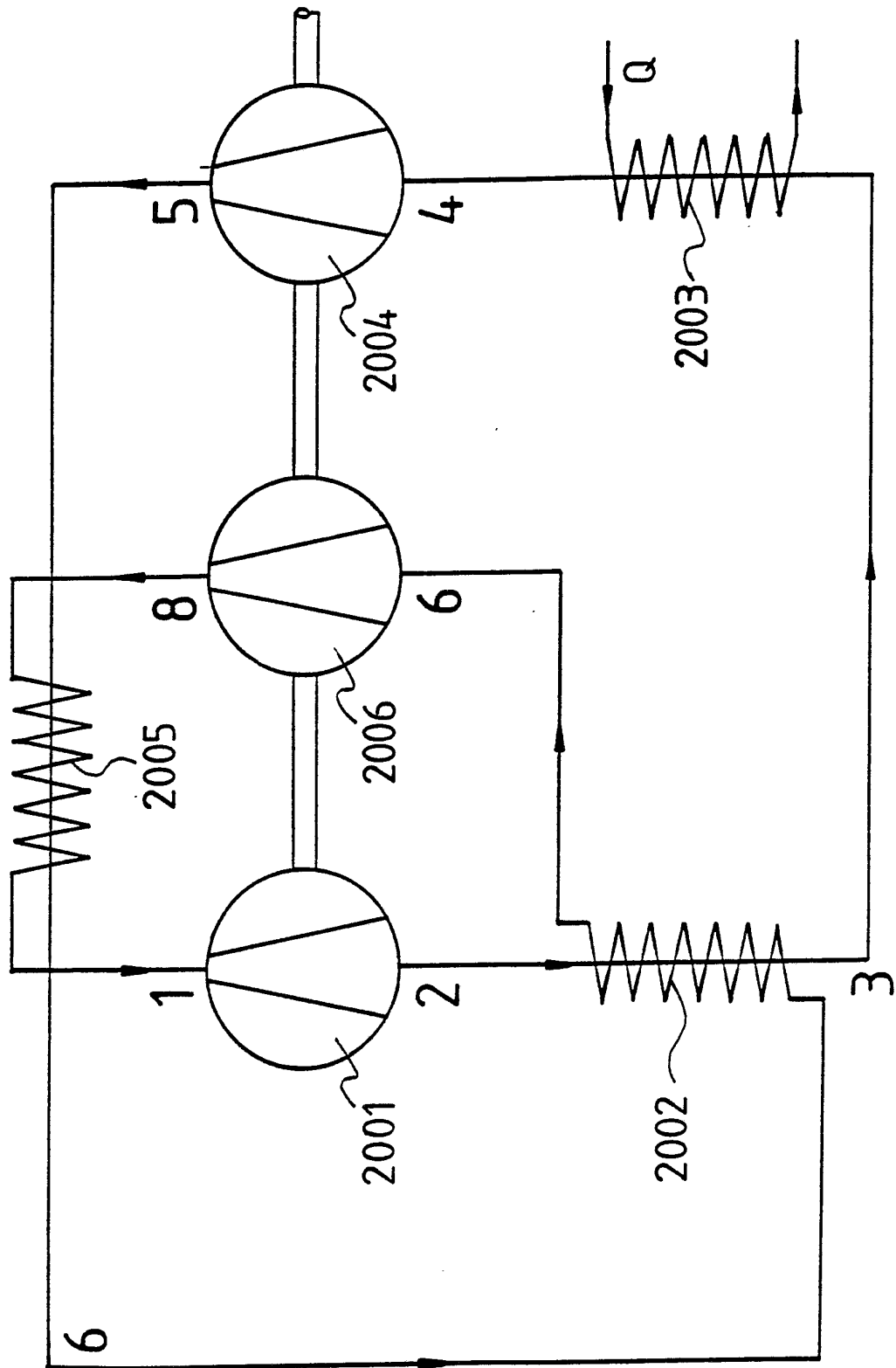


FIG. 21

