

Thermopneumatischer oder thermoelektrischer Wandler

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Umwandlung einer Temperaturdifferenz in eine Druckdifferenz, beispielsweise eines Gases. In Kombination mit einem Gasexpansionsmotor oder einer Turbine lassen sich damit allerlei Wärmekraftmaschinen aufbauen. Mit elektrisch geladenem Arbeitsfluid kann die Vorrichtung auch eine elektrische Spannung erzeugen. Nützliche Anwendungen ergeben sich in der Solarthermie, in der mobilen und dezentralen Stromerzeugung, oder in der Verwertung von industrieller Abwärme.

Stand der Technik ist unter anderem der Verdränger bei einem Stirlingmotor. Dieser schiebt ein Arbeitsgas zwischen einem heißen und einem kalten Bereich eines abgeschlossenen Raumes hin und her, wobei das Gas sich periodisch erwärmt und abkühlt und entsprechend seinen Druck ändert. Die Druckschwankungen werden dann mittels Zylinder, Kolben und Kurbeltrieb in eine Drehbewegung umgesetzt. Der Verdränger leistet keinerlei Volumenarbeit an dem Gas und benötigt daher nur sehr wenig Kraft. Ursprünglich ist der Verdränger ein besonderer Kolben, der über den Kurbeltrieb mit dem Arbeitskolben synchronisiert ist. Inzwischen gibt es auch rotierende Verdränger, die ohne die komplizierte Kolbenmechanik auskommen und außerdem ruhiger laufen (DE4307211, DE102008027158). Wegen des nach wie vor benötigten Arbeitskolbens bleibt der Aufbau eines solchen Stirlingmotors insgesamt aber dennoch aufwendig.

Die vorliegende Erfindung vermeidet die genannten Nachteile des Standes der Technik und bildet letzteren in vorteilhafter Weise weiter.

Vorgeschlagen wird ein so genannter „thermopneumatischer Wandler“, also ein Energiewandler, der thermische Energie in pneumatische Energie umwandelt. Figur 1 zeigt einen solchen im Schnitt.

Ein Drehtürmechanismus fördert ein Arbeitsgas im Kreis herum, wobei es portionsweise in Hohlräumen eingeschlossen ist, deren Volumen sich nicht ändert. Die Druckkräfte auf die Drehtüren heben einander in der Summe auf, so dass das eingeschlossene Gas an dem Drehtürmechanismus kein Drehmoment bewirkt, und zwar unabhängig davon, welcher Druck in den einzelnen Förderhohlräumen herrscht. Der Drehtürmechanismus wird vielleicht von einem kleinen Motor angetrieben, der im Wesentlichen nur die entstehende Reibung überwinden muss.

Auf seinem Weg wird das Gas mal an einer heißen Wand entlang geschoben, mal an einer kalten Wand. Dabei tauscht es mit der jeweiligen Wand Wärme aus und verändert entsprechend seinen Druck. Unmittelbar nach der heißen Wand ist der Druck am größten, unmittelbar nach der kalten Wand ist er am kleinsten. An diesen Stellen befinden sich Öffnungen, über die der Druckunterschied abgegriffen und einer pneumatischen Maschine zugeführt werden kann. Bei der Nutzung dieses Druckunterschieds kommt es zum Druckausgleich über die pneumatische Maschine, und damit zum Nachströmen von Gas. Die Öffnung unmittelbar nach der heißen Wand wird zur Ausströmöffnung, weil sie Gas aus einem Förderhohlraum heraus lässt. Die Öffnung unmittelbar nach der kalten Wand wird entsprechend zur Einströmöffnung, weil sie Gas in einen Förderhohlraum hinein lässt.

Der erzeugte Druckunterschied ist gemäß den bekannten Gasgesetzen proportional zum Temperaturunterschied, den das Arbeitsgas zwischen Eintritts- und Austrittsöffnung erreicht. Dreht sich der Drehtürmechanismus langsam genug, so kann der Temperaturunterschied des Gases sich dem der Wände beinahe

vollständig angleichen. Der von dem thermopneumatischen Wandler erreichbare Druckunterschied ist somit durch den Temperaturunterschied an seinen Wänden begrenzt. Durch schnelleres Drehen wird die Angleichung der Temperaturen zunehmend unvollständig, der Druckunterschied nimmt ab. Allerdings kann man durch Hintereinanderschalten vieler thermopneumatischer Wandler zu einer thermopneumatischen „Batterie“ grundsätzlich beliebig hohe Drucke erzeugen.

Bei Belastung durch eine pneumatische Maschine versucht der thermopneumatische Wandler, den durch die Drehzahl und die Wandtemperaturen vorgegebenen, größtmöglichen Druckunterschied durch Nachliefern von Arbeitsgas aufrecht zu erhalten. Sobald ein Förderhohlraum eine Öffnung erreicht, strömt Gas zwischen diesem und der dahinter liegenden Leitung, bis das Druckgefälle ausgeglichen ist. Es fließt gerade so viel Gas, wie von der pneumatischen Maschine verbraucht wird, wobei sich aber der erzeugte Druckunterschied in Abhängigkeit von der nachgelieferten Gasmenge verringert. Der thermopneumatische Wandler stellt dem von ihm angetriebenen Gasstrom einen inneren Widerstand entgegen. Dieser hängt ab von der Größe der Förderhöhlräume sowie von der Anzahl der Ausgleichsvorgänge in einem gegebenen Zeitraum, also ebenfalls von der Drehzahl. Die Drehzahl hat darüber hinaus Einfluss auf die Leistungsverluste durch Reibung, Wirbelbildung und Leckströme. Es ist daher eine der jeweiligen Anwendung angemessene optimale Drehzahl zu suchen und einzustellen. Durch Nebeneinanderschalten vieler phasenverschoben arbeitender Drehtürmechanismen kann man einen besonders gleichmäßigen Gasfluss erreichen.

Die heiße und die kalte Wand des thermopneumatischen Wandlers sind vorzugsweise gut wärmeleitend, mit entsprechender Wärmequelle oder Wärmesenke an der Außenseite. Zwischen der heißen und der kalten Wand befindet sich ein Wärmeisolator, der den thermischen Kurzschluss verhindert. Eine Wärmezufuhr

oder Wärmeabfuhr kann auch durch Strahlung erfolgen, die eine transparente Wand durchdringt. Wärmetauschende Oberflächen können durch Lamellen oder andere geeignete Strukturen vergrößert sein, oder auch durch eine Aufteilung des Wandlers in viele kleinere Einheiten oder Abschnitte mit vielen gut wärmeleitenden Zwischenwänden.

Als Wärmequellen kommen insbesondere Verbrennungsvorgänge in Frage, auch katalytische, gebündelte Sonnenstrahlung, geothermische Wärme, industrielle Abwärme. Gute Wärmesenken sind atmosphärische Luft und fließendes Wasser. Bei hohen Temperaturen lässt sich Wärme auch effizient durch Strahlung abführen. Auf einem Schiff kann die kalte Wand des Wandlers Teil der Schiffshülle sein, die vom umgebenden Wasser gut gekühlt wird.

Die Drehtüren sind von den Wänden vorzugsweise durch enge Spaltdichtungen getrennt, arbeiten also berührungsfrei und ohne Verschleiß. Die dabei entstehenden Leckverluste kann man durch eine hohe Türenzahl in erträglichen Grenzen halten. Die Türenzahl darf aber nicht zu groß werden, weil sonst die Förderhohlräume zu eng würden, um eine ausreichende Umwälzung des Arbeitsgases und damit einen effizienten Wärmeaustausch zu ermöglichen.

Den thermopneumatischen Wandler kombiniert man am besten mit einem Gasexpansionsmotor oder einer Turbine, um aus der Druckdifferenz eine nutzbare Wellenarbeit zu erhalten. Mit dieser Wellenarbeit kann man wiederum einen Stromgenerator antreiben und elektrischen Strom erzeugen. Ein kleiner Teil der Wellenarbeit wird vorzugsweise zum Drehen des Drehtürmechanismus benutzt. Ein besonders kompakter Gasexpansionsmotor ist das Drehkolbenarray, welches unter anderem beschrieben ist in US2410341, FR1199521, DE19738132 und

DE102006018183. Der in den Figuren 2 und 3 gezeichnete Gasexpansionsmotor meint so ein Drehkolbenarray.

Grundsätzlich kann man statt Gas auch andere Arbeitsfluide verwenden. Bei Flüssigkeiten muss man die erheblich geringere Kompressibilität und Wärmedehnung beachten, und auch die viel höhere Viskosität.

Sehr viel interessanter ist hingegen ein elektrisch geladenes Arbeitsfluid. Der thermopneumatische Wandler erzeugt jetzt einen Druckunterschied von Elektronen, also elektrische Spannung. Er wird dadurch zu einem „thermoelektrischen Wandler“.

Das am besten beherrschbare geladene Fluid sind die Elektronen in einem elektrischen Leiter. Anstelle der Förder Hohlräume benötigt der Drehtürmechanismus jetzt Speichermöglichkeiten für Elektronen, also Kondensatoren, Spulen, Akkumulatoren oder ähnliches. Diese Speichermöglichkeiten müssen darüber hinaus bei Temperaturänderung ihre Kapazität verändern, wodurch die Elektronen mal mehr, mal weniger eng zusammen rücken, so dass sich letztendlich die Spannung an dem Speicher ändert. Als Eintritts- und Austrittsöffnungen gibt es jetzt elektrische Kontakte und Leitungen, insbesondere Roll- oder Schleifkontakte, die eine Spannung von dem sich drehenden Drehtürmechanismus abgreifen.

Die einfachste Speichermöglichkeit für Elektronen ist der Kondensator. Ein Dielektrikum mit einer temperaturabhängigen Permittivität zwischen den Kondensatorplatten sorgt für eine temperaturabhängige Kapazität. Wasser ist so ein Stoff. Bei Raumtemperatur beträgt seine Permittivität 80, bei 95 Grad Celsius nur noch 55. Entsprechend sinkt die Kapazität des Kondensators, während bei gleich bleibender Ladung seine Spannung steigt, und zwar um einen Faktor von 1,45 in dem genannten Temperaturbereich. Vermutlich sind andere

Dielektrika noch sehr viel besser geeignet. Um eine Spannung auf diese Weise vergrößern zu können, darf die Ladung des Kondensators natürlich nicht Null sein. Der Kondensator muss zuvor aus einer separaten Spannungsquelle aufgeladen werden. Die dafür aufzuwendende Leistung ist vergleichsweise klein, wenn die Ladung über viele Temperaturwechsel erhalten bleibt. Wärmeströme leitet man vorzugsweise über die Kondensatorplatten an das Dielektrikum heran, da gute elektrische Leiter meist auch gute Wärmeleiter sind.

Die Kapazität eines Kondensators lässt sich auch durch mechanische Krafteinwirkung verändern, etwa indem man den Abstand oder den Überdeckungsgrad der Platten verändert, oder die Menge des Dielektrikums zwischen den Platten. Eine Veränderung des Plattenabstands durch die Kraftwirkung von Schallwellen ist bereits vom Kondensatormikrofon bekannt. Wenn die den Kondensator verändernde Kraft auf einer Temperaturänderung beruht, insbesondere eines Gases, so erhält man indirekt wieder einen Kondensator mit temperaturabhängiger Kapazität, mit dem sich in der beschriebenen Weise thermische in elektrische Energie umwandeln lässt. So könnte man beispielsweise mit den Druckschwankungen in einem gasgefüllten Hohlraum des Drehtürmechanismus den Abstand von Kondensatorplatten verändern, die nach Art eines Kondensatormikrofons als Membranen ausgebildet sind. Man könnte damit auch ein flüssiges Dielektrikum zwischen die Kondensatorplatten hinein- und herauspumpen.

Einen Drehtürmechanismus mit Kondensatoren kann man kurz als „Drehtürkondensator“ bezeichnen, zumal man die Kondensatoren vorzugsweise mit einer gemeinsamen Kathode ausführt und in einem einzigen Bauteil unterbringt. Figur 4 zeigt einen thermoelektrischen Wandler mit so einem Drehtürkondensator. Figur 5 zeigt schließlich einen Drehtürkondensator mit temperaturabhängigem Dielektrikum im Längsschnitt.

Wärmequellen und Wärmesenken, wie etwa ein heißes oder ein kaltes Gas, befinden sich hier direkt am Drehtürkondensator, ohne Zwischenwände. Mit der Batterie und dem Schalter werden die Einzelkondensatoren von Zeit zu Zeit neu aufgeladen. Im heißen Bereich steigt deren Spannung, im kalten Bereich sinkt sie. Mit dem Spannungsunterschied kann man beispielsweise einen Elektromotor betreiben. Die Energie dafür stammt aus dem Temperaturgefälle.

Mit vorliegender Erfindung werden die folgenden Vorteile erreicht.

Der vorgeschlagene thermopneumatische oder thermoelektrische Wandler bietet eine einfache und kostengünstige Möglichkeit zur Nutzung thermischer Energie, mit einem breiten Anwendungsspektrum. Er kann pneumatische oder elektrische Energie liefern, oder in Kombination mit einem Gasexpansionsmotor auch mechanische Energie. Die erzeugbare Druckdifferenz bzw. Spannung lässt sich durch Hintereinanderschalten vieler Wandler zu einer entsprechenden Batterie beliebig erhöhen. Der hergestellte Gleichdruck bzw. Gleichstrom lässt sich technisch oft besonders einfach verwerten.

Nachfolgend werden die Zeichnungen näher erläutert.

Die Ziffern bezeichnen: Drehtürmechanismus (1), Drehtür (2), Förderhohlraum (3), Eintrittsöffnung (4), Austrittsöffnung (5), Wärmequelle (6), Wärmesenke (7), wärmeleitende Wand (8), heiße Wand (9), kalte Wand (10), Wärmeisolator (11), Antriebswelle (12), thermopneumatischer Wandler (13), Gasexpansionsmotor (14), Parabolspiegel (15), Sonnenstrahlung (16), absorbierende Wand (17), Drehtürkondensator (18), Anode (Pluspol) (19), Kathode (Minuspole) (20), Dielektrikum (21), Roll- oder Schleifkontakt (22), elektrischer Isolator (23), Elektromotor (24), Batterie (25), Schalter (26).

Figur 1 zeigt einen thermopneumatischen Wandler im Querschnitt.

Figur 2 zeigt einen Verbrennungsmotor mit zwei hintereinander geschalteten thermopneumatischen Wandlern. Deren Unterseiten werden über einem Feuer erhitzt, die Oberseiten mit Luft oder Wasser gekühlt. Der erzeugte Druck treibt ein Drehkolbenarray. Die Anordnung ist beispielsweise geeignet als Schiffsmotor.

Figur 3 zeigt eine Sonnenkraftmaschine. Die Unterseite des Wandlers absorbiert gebündelte Sonnenstrahlung von einem Parabolspiegel, die Oberseite wird zum Beispiel mit Luft gekühlt. Der erzeugte Druck treibt ein Drehkolbenarray.

Figur 4 zeigt einen thermoelektrischen Wandler im Querschnitt.

Figur 5 zeigt einen Drehtürkondensator im Längsschnitt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Umwandlung einer Temperaturdifferenz in eine Druckdifferenz, der „Wandler“, umfassend

ein Arbeitsfluid,

ein Mechanismus, der „Drehtürmechanismus“, der das Arbeitsfluid portionsweise im Kreis herum befördert, ohne dabei wesentlich Arbeit zu verrichten, wobei jede Portion Fluid zeitweise in einem separaten Förderhohlraum oder Förderspeicher eingeschlossen ist, und wobei die beschriebene Bahn nicht zwingend eine geometrische Kreisbahn sein muss,

eine Eintrittsöffnung, durch die Fluid in den Drehtürmechanismus hinein gelangen kann,

eine Austrittsöffnung, durch die Fluid aus dem Drehtürmechanismus heraus gelangen kann,

eine Vorrichtung, mit der dem Fluid oder seinem Speicher Wärme zugeführt werden kann, während es sich im Drehtürmechanismus von der Eintrittsöffnung zur Austrittsöffnung bewegt,

eine Vorrichtung, mit der dem Fluid oder seinem Speicher Wärme entzogen werden kann, während es sich im Drehtürmechanismus von der Austrittsöffnung zur Eintrittsöffnung bewegt,

ein Wärmeisolator, der sich zwischen der heizenden und der kühlenden Vorrichtung befindet,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Drehtürmechanismus zu jedem Zeitpunkt eine direkte Durchflussmöglichkeit zwischen der Eintrittsöffnung und der Austrittsöffnung ausschließt,

dass sich der Druck des Arbeitsfluids erhöht, während es sich von der Eintrittsöffnung zur Austrittsöffnung bewegt,

dass sich der Druck des Arbeitsfluids verringert, während es sich von der Austrittsöffnung zur Eintrittsöffnung bewegt.

2. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Arbeitsfluid ein Gas ist - „thermopneumatischer Wandler“.
3. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Arbeitsfluid die Ladungsträger in einem elektrischen Leiter sind, deren Druck sich als elektrische Spannung äußert - „thermoelektrischer Wandler“.
4. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei dieser zur Vergrößerung einer wärmetauschenden Oberfläche in kleinere Einheiten oder Abschnitte unterteilt oder gegliedert ist, oder Lamellen oder andere geeignete Strukturen aufweist.
5. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei dieser in einer Zusammenschaltung mehrerer Wandler betrieben wird, insbesondere in einer Hintereinanderschaltung zur Vervielfachung des Gesamtdrucks.

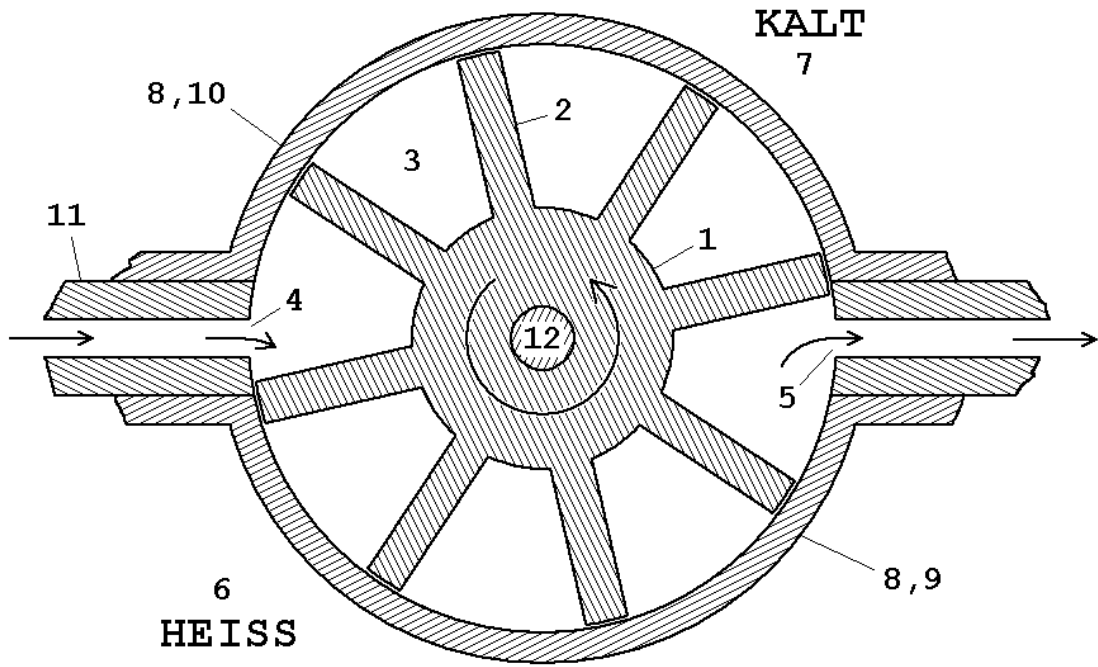
6. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei verschiedene Abschnitte oder Teile desselben, oder auch die einzelnen Wandler einer Zusammenschaltung phasenverschoben arbeiten, insbesondere um einen möglichst gleichmäßigen Fluidstrom zu erzielen.
7. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Wärmestrom insbesondere eine gut wärmeleitende Wand desselben durchdringt.
8. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Wärmestrom insbesondere als Strahlung eine transparente oder teilweise transparente Wand desselben durchdringt.
9. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Wärmestrom mittels eines besonderen Wärmetransportfluids zum Arbeitsfluid oder dessen Speicher gelangt, oder von diesem fort.
10. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bewegliche Maschinenteile, insbesondere wenn sie hoher Temperatur ausgesetzt sind, zumindest dort eine Berührung mit anderen Maschinenteilen vermeiden.
11. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die dem Fluid oder seinem Speicher zugeführte Wärme aus einem Verbrennungsvorgang stammt, aus einer katalytischen Verbrennung, aus der Sonnenstrahlung, aus Erdwärme, oder aus industrielle Abwärme.
12. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die von dem Fluid oder seinem Speicher abzuführende Wärme auf die atmosphärische Luft oder auf fließendes Wasser übertragen wird, oder abgestrahlt.

13. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei, wobei dieser auf einem Schiff als Teil der Schiffshülle ausgeführt ist und das vorbeiströmende Wasser als Wärmesenke dient.
14. Thermopneumatischer Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei dieser mit einer Turbine oder mit einem Gasexpansionsmotor kombiniert ist, insbesondere mit einem Drehkolbenarray, um aus dem erzeugten Druck eine nutzbare Wellenarbeit zu erhalten.
15. Thermopneumatischer Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei dessen Förderhöhlräume berührungsfrei durch Spaltdichtungen abgedichtet sind.
16. Thermoelektrischer Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Speicher ein Kondensator mit temperaturabhängiger Kapazität dient, insbesondere mit einem Dielektrikum, welches bei Temperaturänderung seine Permittivität ändert.
17. Thermoelektrischer Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Wärmestrom insbesondere entlang einer gut wärmeleitenden Kondensatorplatte fließt.
18. Thermoelektrischer Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Dielektrikum eines Kondensators aus einer Mehrzahl von Teilen oder Schichten oder Abschnitten aufgebaut ist, die insbesondere aus unterschiedlichen Materialien bestehen und unterschiedliche Funktionen erfüllen können.
19. Thermoelektrischer Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Kondensator von Kanälen oder Spalten etwa für ein Wärmetransportfluid durchzogen ist.

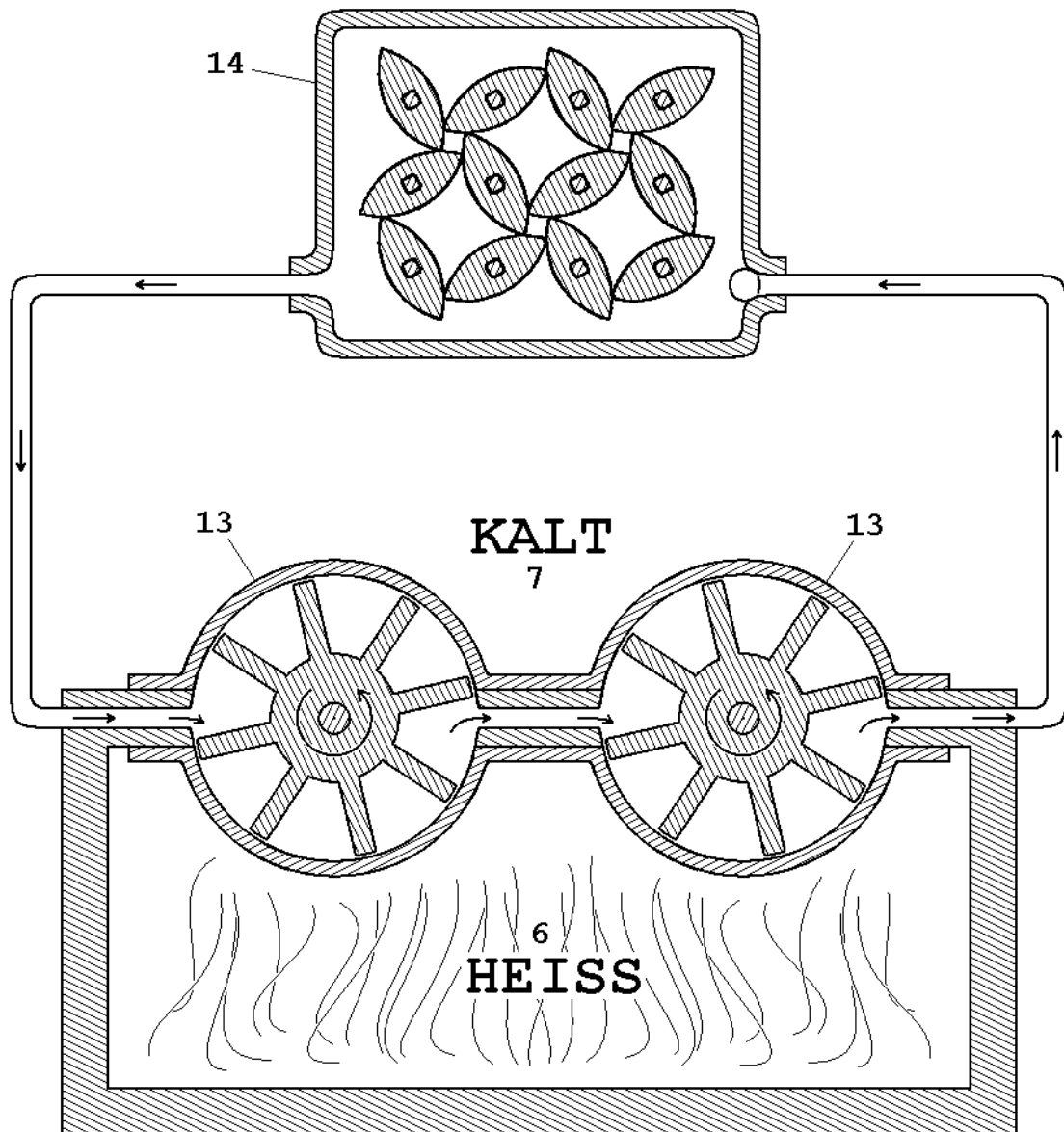
20. Thermoelektrischer Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kapazität eines Kondensators durch eine mechanische Kraft verändert wird, die auf einer Temperaturänderung beruht, insbesondere auf der Wärmedehnung eines Gases oder einer Flüssigkeit, oder auf dem Verbiegen von Bimetall.

Zusammenfassung

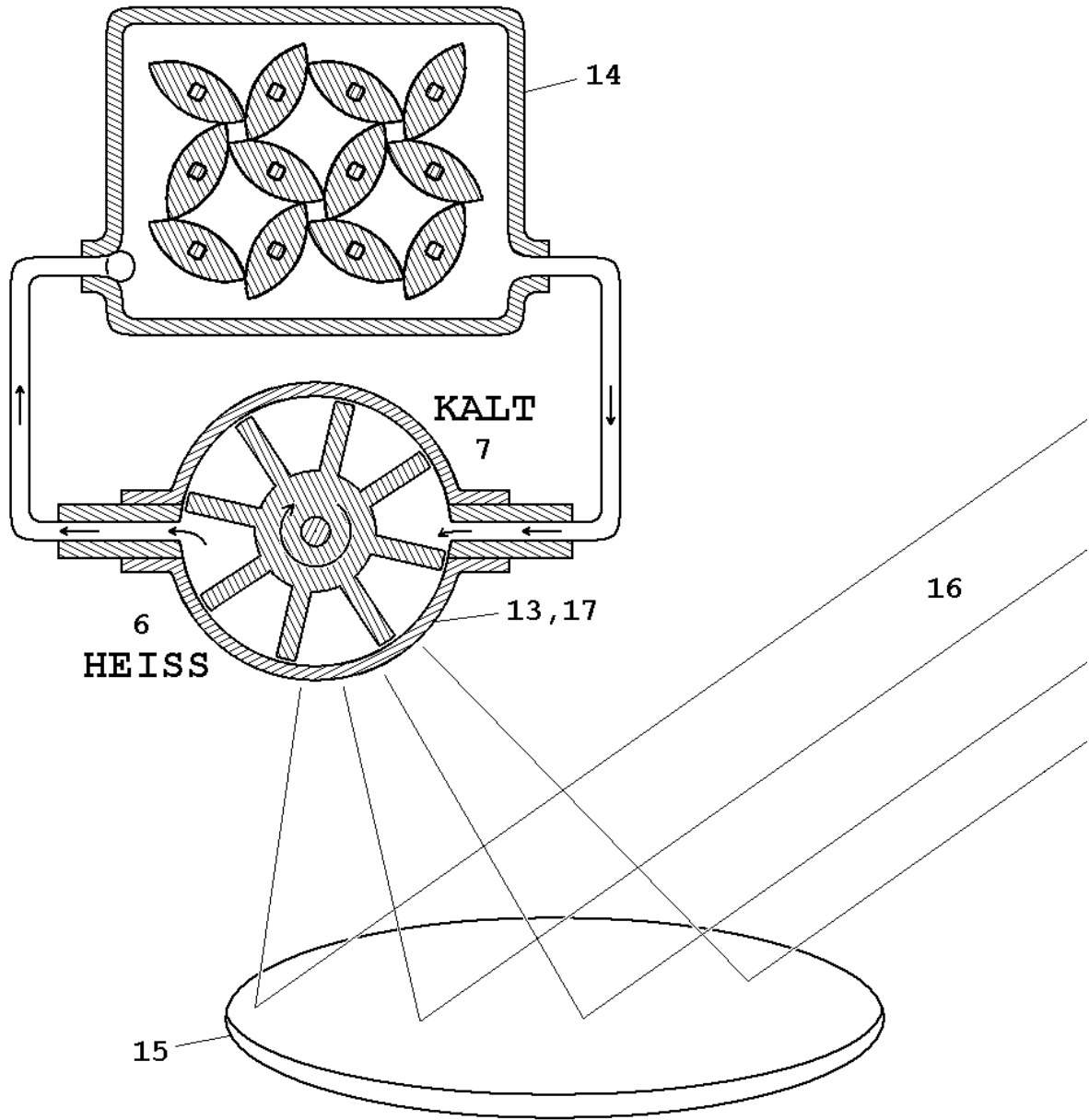
Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Umwandlung einer Temperaturdifferenz in eine Druckdifferenz, beispielsweise eines Gases. In Kombination mit einem Gasexpansionsmotor oder einer Turbine lassen sich damit allerlei Wärmekraftmaschinen aufbauen. Mit elektrisch geladenem Arbeitsfluid kann die Vorrichtung auch eine elektrische Spannung erzeugen. Nützliche Anwendungen ergeben sich in der Solarthermie, in der mobilen und dezentralen Stromerzeugung, oder in der Verwertung von industrieller Abwärme. Wichtigster Baustein ist ein Drehtürmechanismus, der ein Arbeitsfluid zwischen einer heißen und einer kalten Wand im Kreis herum transportiert.



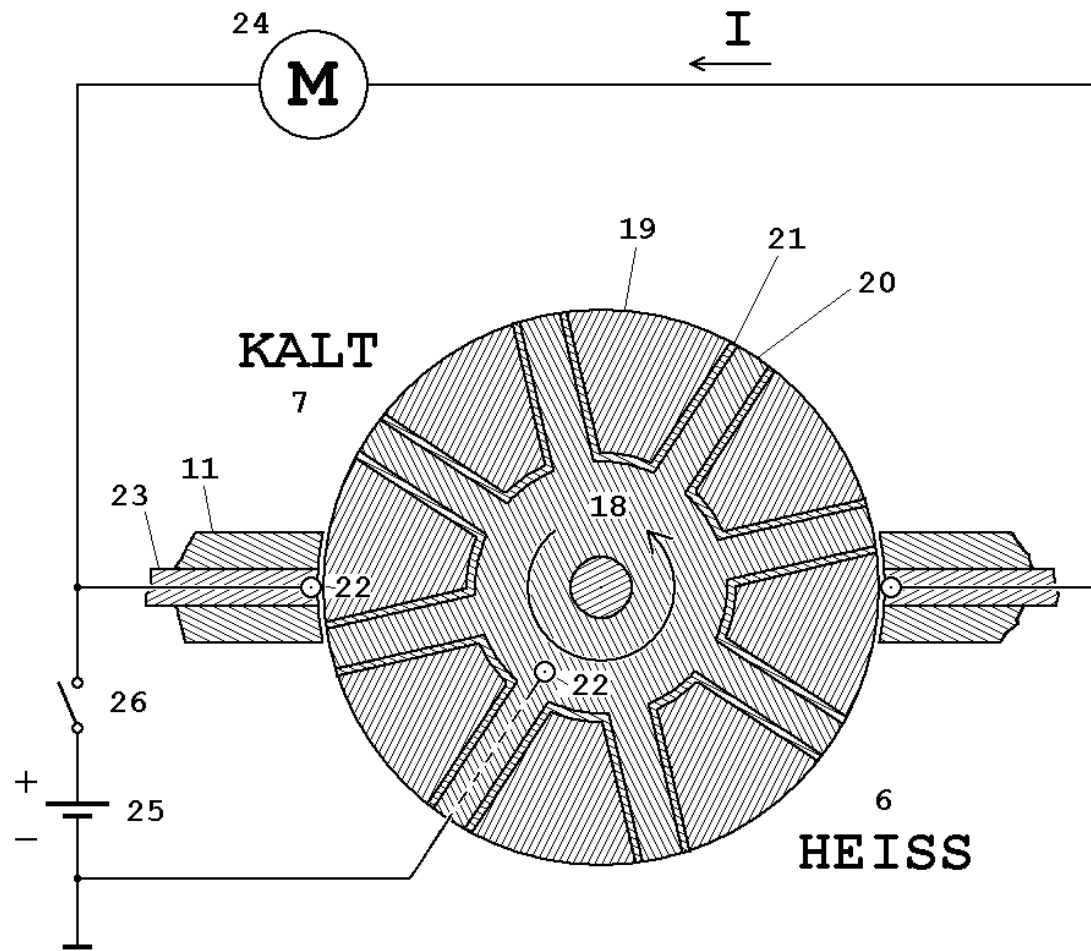
Figur 1. Thermopneumatischer Wandler im Querschnitt.



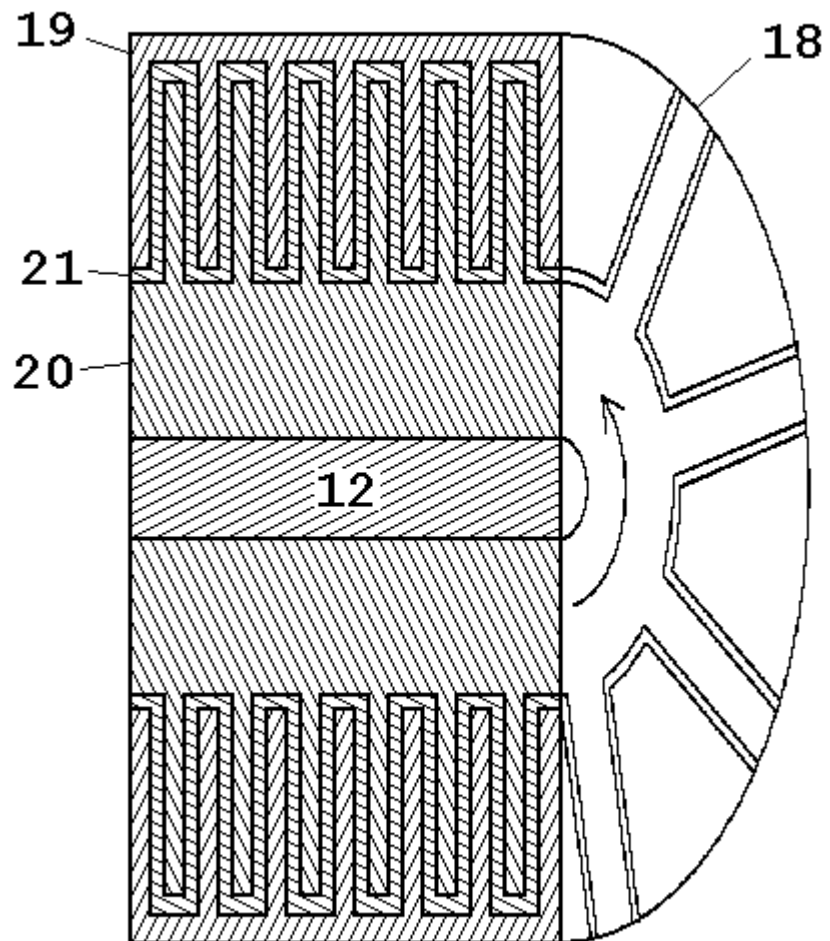
Figur 2. Verbrennungsmotor mit thermopneumatischen Wandlern.



Figur 3. Sonnenkraftmaschine.



Figur 4. Thermoelektrischer Wandler im Querschnitt.



Figur 5. Drehtürkondensator im Längsschnitt.