

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50219/2013
(22) Anmeldetag: 29.03.2013
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2024

(51) Int. Cl.: **F01K 27/00** (2006.01)
F03G 7/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2009260358 A1
US 2005110099 A1

(73) Patentinhaber:
Maierhofer Siegfried
8641 St. Marein im Mürztal (AT)
Böhm Gerald MBA
3830 Waidhofen an der Thaya (AT)

(72) Erfinder:
Hirschmanner Rudolf
8330 Feldbach (AT)
Maierhofer Siegfried
8641 St. Marein im Mürztal (AT)
Böhm Gerald MBA
3830 Waidhofen an der Thaya (AT)

(74) Vertreter:
WIRNSBERGER & LERCHBAUM
Patentanwälte OG
8700 Leoben (AT)

(54) **Verfahren zur Umwandlung thermischer Energie in eine nicht thermische Energieform sowie System hierzu**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie, wobei ein einen Temperaturgradient aufweisender Bereich (2) mit einer warmen, ersten Position (P1) und einer kalten, zweiten Position (P2) unter Abkühlung einer Umgebung zur Gewinnung elektrischer oder mechanischer Energie eingesetzt wird. Um eine Umwandlung ohne Einsatz kalorischer Energieträger zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, der Temperaturgradient zumindest teilweise künstlich und mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes erzeugt wird.

Weiter betrifft die Erfindung ein System (1) zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie. Um eine Umwandlung auf geringem Raum durchzuführen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass eine Vorrichtung (3) zum Bilden eines Temperaturgradienten mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes in einem Bereich (2) mit einer ersten Position (P1) und einer zweiten Position (P2) sowie eine Einrichtung (4) zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder

mechanische Energie unter Ausnutzung des Temperaturgradienten vorgesehen sind. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Verwendung eines derartigen Systems (1).

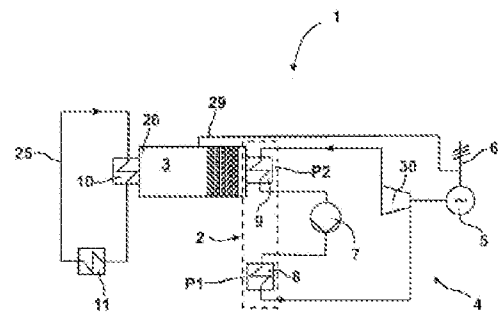


Fig. 3

Beschreibung

VERFAHREN ZUR UMWANDLUNG THERMISCHER ENERGIE IN ELEKTRISCHE ODER MECHANISCHE ENERGIE SOWIE SYSTEM HIERZU

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie, wobei ein einen Temperaturgradienten aufweisender Bereich mit einer warmen, ersten Position und einer kalten, zweiten Position unter Abkühlung einer Umgebung zur Gewinnung elektrischer oder mechanischer Energie eingesetzt wird.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung ein System zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie.

[0003] Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Verwendung eines derartigen Systems.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren bekannt geworden, um thermische Energie in eine nicht thermische Energieform zu wandeln. Beispielsweise werden Kreisprozesse eingesetzt, wobei einem verdichteten Medium thermische Energie zugeführt wird, wonach das Medium in einer Kraftmaschine durch eine Expansion Energie in Form von mechanischer Arbeit abgibt. Anschließend wird eine Abwärme aus dem Medium entnommen und an eine Umgebung abgegeben, wonach das Medium wieder verdichtet wird. Nachteilig dabei ist, dass mit einem solchen Prozess nur thermische Energie umgewandelt werden kann, welche auf einem höheren Temperaturniveau liegt als die Umgebung. Es muss daher einerseits Energie in kalorischer Form zugeführt werden, um durch Verbrennung entsprechende thermische Energie bereitzustellen. Andererseits wird durch die Abwärme die Umgebung ständig erwärmt. Eine Nutzung der in der Umgebung vorhandenen thermischen Energie ist bislang nicht möglich.

[0005] Weiter sind thermoelektrische Effekte bekannt, wobei mittels eines Temperaturunterschiedes zweier Kontakte eines elektrischen Bauteiles aufgrund eines Seebeck-Effektes eine elektrische Spannung entsteht. Durch Erwärmen des ersten Kontaktes des Bauteiles bzw. Kühlen des zweiten Kontaktes kann elektrische Energie durch Einsatz thermischer Energie erzeugt werden. Dabei wird Wärme vom ersten Kontakt an den zweiten Kontakt übertragen, an welchem diese als Abwärme abgeführt werden muss. Auch bei diesem Verfahren kann eine bei Umgebungstemperatur vorliegende Wärme nicht genutzt werden, weswegen auch dieses Verfahren zusätzliche Energiezufuhr erfordert und zu einer Erwärmung der Umgebung führt. Weiter ist ein Wirkungsgrad sehr gering, weswegen thermoelektrische Effekte gegenwärtig nicht zur Energiegewinnung eingesetzt werden.

[0006] Aus dem Dokument US 2009/260358 A1 ist ein Verfahren zur Umwandlung thermischer Energie in eine nichtthermische Energieform bekannt geworden.

[0007] Das Dokument US 2005/110099 A1 offenbart eine elektronische Wärmepumpe.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem thermische Energie mit einem verbesserten Wirkungsgrad in eine nicht thermische Energieform umwandelbar ist.

[0009] Darüber hinaus soll ein System zur Durchführung eines derartigen Verfahrens angegeben werden.

[0010] Weiter soll eine Verwendung eines solchen Systems angegeben werden.

[0011] Die erste Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren der eingangs genannten Art der Temperaturgradient zumindest teilweise künstlich und mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes erzeugt wird.

[0012] Ein erfindungsgemäßes Verfahren hat insbesondere den Vorteil, dass durch Ausnutzung eines Temperaturgradienten Verfahren zur Umwandlung thermischer Energie in eine nicht thermische Energieform mit einem verbesserten Wirkungsgrad einsetzbar sind, wie beispielsweise die eingangs beschriebenen Verfahren. Dies ist möglich, weil eine Abwärme des Prozesses bei

einer Temperatur an den Bereich abgegeben werden kann, welche unter einer Umgebungstemperatur an der ersten Position liegt. Dadurch kann auch eine thermische Energie der Umgebung bei Umgebungstemperatur genutzt bzw. in eine andere Energieform umgewandelt werden. Der Bereich mit dem Temperaturgradienten ist erforderlich, um eine Abwärme durch Heben auf ein höheres Temperaturniveau an die Umgebung abzugeben. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Abwärme durch den Bereich selbst auf ein höheres Temperaturniveau gehoben wird.

[0013] Alternativ ist eine mit dem Bereich verbundene Vorrichtung vorgesehen, mit welcher die Abwärme auf ein höheres Temperaturniveau gehoben werden kann.

[0014] Zur Durchführung des Verfahrens können verschiedenste einen Temperaturgradienten aufweisende Bereiche eingesetzt werden. In einem Teilbereich der Atmosphäre liegt ein atmosphärischer Temperaturgradient vor, welcher durch einen gravitationsbedingten Dichteunterschied der Luft zwischen einem bodennahen Teil der Atmosphäre und hohen Luftschichten hervorgerufen ist. Eine Lufttemperatur nimmt in einer Troposphäre daher mit zunehmender Höhe ab, im Mittel etwa um 6 °C je Kilometer.

[0015] Für eine Ausnutzung eines atmosphärischen Temperaturgradienten ist Wärme über große Höhendistanzen zu transportieren, wofür entsprechende Anlagen erforderlich sind. Es ist daher für eine einfache Umsetzung erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Temperaturgradient zumindest teilweise künstlich, insbesondere mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes, erzeugt wird. Ein künstlich erzeugter, dem atmosphärischen Temperaturgradienten nachgebildeter Temperaturgradient kann auf kleinem Bauraum gebildet werden, sodass ein System zur Durchführung des Verfahrens nur eine geringe Baugröße erfordert. Beispielsweise kann ein dem atmosphärischen Temperaturgradienten nachgebildeter Temperaturgradient mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes und einem Arbeitsgas gebildet werden, wobei das elektrische Feld analog zur Gravitation in der Atmosphäre einen Dichteunterschied in dem Arbeitsgas hervorruft, der zu einem Temperaturgradienten führt.

[0016] Um einen künstlichen Temperaturgradienten effizient zu bilden, ist bevorzugt vorgesehen, dass zwischen einer Kathode und einer Anode in einem Arbeitsraum mittels eines im Arbeitsraum befindlichen Arbeitsgases, an dem ein inhomogenes elektrisches Feld anliegt, Moleküle und/oder Atome des Arbeitsgases bewegt werden und dabei zwischen Kathode und Anode pendeln, wobei diese an der Anode Energie aufnehmen und an der Kathode abgeben (im Folgenden sind Moleküle und Atome synonym, da anstelle von Molekülen auch Atome bzw. umgekehrt einsetzbar sind). Eine Bewegung der Moleküle ist dabei durch eine brownische Bewegung hervorgerufen, welche dazu führt, dass die Moleküle zwischen der Anode und der Kathode pendeln. Aufgrund des inhomogenen elektrischen Feldes, welches die Moleküle in Richtung höherer Feldstärke beschleunigt, nimmt eine kinetische Energie eines Moleküls bei der Bewegung in Richtung der höheren Feldstärke zu, bis es an die Kathode prallt, an welche es Energie abgibt. Anschließend wird das Molekül durch die brownische Bewegung zur Anode bewegt, wobei die kinetische Energie des Moleküls aufgrund einer Bewegung in Richtung abnehmender Feldstärke abnimmt. Bei einem Kontakt mit der Anode nimmt das Molekül Energie von der Anode auf. Weil dabei eine Energie des Moleküls geringer ist als beim Aufprall an der Kathode, wird von der Anode Energie an das Molekül auch bei einem gegenüber der Kathode niedrigeren Energieniveau übertragen. Wird dem Arbeitsraum keine Energie zugeführt, sinkt daher eine Temperatur der Anode ab, während eine Temperatur der Kathode steigt. Diese Temperaturdifferenz bleibt auch erhalten, wenn an der Anode eine Wärmemenge zugeführt wird und an der Kathode eine gleich große Wärmemenge abgeführt wird. Dadurch wird eine Energie bzw. Wärmemenge von einem Niveau niedrigerer Temperatur auf ein Niveau höherer Temperatur übertragen.

[0017] Die mit einem Arbeitsraum erzielbare Temperaturdifferenz ist insbesondere begrenzt durch das elektrische Feld bzw. eine Inhomogenität desselben. Um höhere Temperaturdifferenzen zu erreichen, ist es daher zweckmäßig, mehrere Arbeitsräume seriell anzuordnen.

[0018] Eine entsprechende Vorrichtung kann auch mit invertierter Polarität der angelegten elektrischen Spannung betrieben werden, weswegen die Bezeichnungen der Elektroden Anode und Kathode eine Polarität der angelegten Spannung nicht festlegen.

[0019] Ein inhomogenes Feld ist beispielsweise durch einen Arbeitsraum mit einer Anode und einer Kathode mit unterschiedlichen Abmessungen bzw. Oberfläche erzeugbar, beispielsweise einer linienförmigen Kathode und einer konzentrisch zur Kathode angeordneten Anode in Form einer Zylinderoberfläche, wobei zwischen Anode und Kathode eine elektrische Spannung anliegt.

[0020] Vorzugsweise werden dazu ein Arbeitsgas bei geringem Druck, insbesondere 40 mbar bis 100 mbar, und ein Arbeitsraum mit einem Abstand zwischen Anode und Kathode eingesetzt, der weniger als das Fünffache einer freien Weglänge der Moleküle des Arbeitsgases entspricht. Mit Vorteil beträgt der Abstand weniger als die freie Weglänge, sodass eine Knudsen-Zahl des Arbeitsraumes, die ein Verhältnis der freien Weglänge des Arbeitsgases zum Abstand zwischen Anode und Kathode angibt, dann etwa eins bzw. größer als eins ist.

[0021] Aufgrund der üblicherweise eingesetzten hohen Feldstärken von typischerweise 10^7 V/m bis 10^9 V/m an der Anode und 10^8 V/m bis 10^{10} V/m an der Kathode ist es günstig, wenn ein Arbeitsraum eingesetzt wird, welcher durch eine Deckplatte und eine Grundplatte begrenzt wird, die zumindest teilweise aus einem Dielektrikum bestehen.

[0022] Mit einem solchen Verfahren kann künstlich ein wesentlich höherer Temperaturgradient als ein in der Atmosphäre auftretender erreicht werden, weswegen das Verfahren dadurch mit erheblich geringerem Platzbedarf umsetzbar ist.

[0023] Es ist von Vorteil, wenn zur Umwandlung zumindest eines Teiles der thermischen Energie ein thermodynamischer Kreisprozess eingesetzt wird, wobei eine Druckerhöhung in ein Medium eingebracht wird, wonach dem Medium eine Wärmemenge bei einer ersten Temperatur zugeführt wird, wonach das Medium in einer Kraftmaschine Energie abgibt, wonach das Medium eine Abwärme bei einer zweiten Temperatur an die kalte, zweite Position abgibt. Dadurch kann das Verfahren mit bekannten Komponenten aus Anlagen zur Durchführung eines Kreisprozesses umgesetzt werden. Es versteht sich, dass abhängig davon, bei welcher Temperatur Wärme dem Kreisprozess zugeführt wird und bei welcher Temperatur Abwärme an die zweite Position abgegeben wird, ein Medium sowie Druckzustände des Kreisprozesses bei einer konkreten Ausführung gewählt werden, sodass der Kreisprozess in einem entsprechenden Temperaturbereich effizient durchführbar ist. Beispielsweise kann eine Energiezufuhr bei Umgebungstemperatur an einer ersten Position erfolgen, um eine Wärmeenergie der Umgebung zu nutzen.

[0024] Bevorzugt wird die kalte, zweite Position auf im Wesentlichen konstanter Temperatur gehalten. Dadurch sind konstante Temperaturen im Verfahren gewährleistet, sodass eine dauerhafte Energieerzeugung ermöglicht ist. Üblicherweise erfolgt dies unter Abgabe der Abwärme an einem warmen oder heißen Ende des Temperaturgradienten bzw. einer Vorrichtung, in welcher ein Temperaturgradient künstlich erzeugt wird.

[0025] Es ist von Vorteil, dass die Abwärme durch eine Vorrichtung mit einem künstlichen Temperaturgradienten auf eine Temperatur gebracht wird, welche höher ist als eine Umgebungstemperatur, wonach die Abwärme an eine Umgebung abgegeben wird. Dies ermöglicht eine Durchführung des Verfahrens auf geringem Raum.

[0026] Günstig ist es, wenn eine Kraftmaschine eingesetzt wird, in welcher thermische Energie unter Abkühlung und Expansion eines Mediums in mechanische Arbeit umgewandelt wird und insbesondere in einem mit der Kraftmaschine verbundenen elektrischen Generator elektrische Energie erzeugt wird. Derartige Kraftmaschinen sind beispielsweise als Turbinen oder Kolbenmaschinen bekannt und haben sich als zuverlässig für einen Einsatz in einem Kreisprozess erwiesen. Durch eine Kopplung einer Welle der Kraftmaschine mit einem elektrischen Generator kann auf einfache Weise elektrische Energie hergestellt werden.

[0027] Alternativ oder ergänzend zu einem Kreisprozess kann auch vorgesehen sein, dass zur Umwandlung zumindest eines Teiles der thermischen Energie ein einerseits mit der warmen, ersten Position und andererseits mit der kalten, zweiten Position verbundenes elektrisches Bauelement eingesetzt wird, mit welchem durch einen Seebeck-Effekt elektrische Energie unter Ausnutzung des Temperaturgradienten erzeugt wird. Dabei kann wiederum ein künstlich oder ein natürlich auftretender Temperaturgradient eingesetzt werden. Weil bei einem erfindungsgemä-

Ben Verfahren eine thermische Energie der Umgebung genutzt wird und keine kalorische Energie zugeführt werden muss, ist auch eine Energieumwandlung unter Ausnutzung des Seebeck-Effektes wirtschaftlich umsetzbar, sofern ein ausreichend großes Volumen zur Verfügung steht, welchem Wärmeenergie unter Abkühlung entnehmbar ist.

Ein thermoelektrischer Effekt tritt bei verschiedensten Metallen auf und ist in Halbleitern größer als in Metallen. Um einen höheren Wirkungsgrad zu erzielen, wird daher vorzugsweise ein elektrisches Bauelement eingesetzt, welches ein Halbleiterelement aufweist.

[0028] Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass ein elektrisches Bauelement eingesetzt wird, welches zwei verschiedene elektrische Leiter aufweist. Dadurch kann ein einfach herstellbares Bauelement eingesetzt werden, wodurch Kosten reduziert sind.

[0029] Die weitere Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein System der eingangs genannten Art gelöst, wobei eine Vorrichtung zum Bilden eines Temperaturgradienten mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes in einem Bereich mit einer ersten Position und einer zweiten Position sowie eine Einrichtung zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie unter Ausnutzung des Temperaturgradienten vorgesehen sind. Ein derartiges System ist für das erfindungsgemäße Verfahren geeignet, wobei bei Umgebungstemperatur vorliegende thermische Energie in eine nicht thermische Energieform ohne Einsatz kalorischer Energieträger wie Kohle oder Gas gewandelt werden kann.

[0030] Um einen künstlichen Temperaturgradienten auf kleinem Raum zu bilden, hat es sich bewährt, wenn die Vorrichtung einen gasdichten Arbeitsraum mit einer Kathode und einer Anode aufweist, wobei bei Anlegen einer Spannung zwischen Kathode und Anode im Arbeitsraum ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, sowie ein zwischen Kathode und Anode befindliches Arbeitsgas, wobei ein Abstand zwischen Kathode und Anode kleiner als 5000 nm ist, um mit dem Arbeitsgas einen Wärmetransport von der Anode zur Kathode zu ermöglichen.

[0031] Eine Energieübertragung bzw. Interaktion zwischen Molekülen des Arbeitsgases kann einfach minimiert werden, wenn ein Abstand zwischen Kathode und Anode kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Doppelte, einer freien Weglänge der Moleküle und/oder Atome des Arbeitsgases ist. Dadurch wird eine mit einem Arbeitsraum erzielbare Temperaturdifferenz maximiert.

[0032] Um eine Energieübertragung zwischen Molekülen weiter zu reduzieren, ist der Abstand zwischen Kathode und Anode üblicherweise kleiner als 2000 nm, bevorzugt kleiner als 1000 nm, insbesondere etwa 500 nm.

[0033] Es hat sich bewährt, dass der Arbeitsraum durch eine Deckplatte und eine Grundplatte begrenzt ist, die zumindest teilweise aus einem Dielektrikum bestehen. Dadurch können die vorstehend beschriebenen hohen Feldstärken im Arbeitsraum besonders einfach realisiert werden.

[0034] Große Temperaturdifferenzen können künstlich sehr gut hergestellt werden, wenn die Vorrichtung mehrere in Serie geschaltete Arbeitsräume aufweist. Um unerwünschte Stromflüsse bzw. große elektrische Spannungen zu vermeiden, liegen dann die einzelnen Kathoden und Anoden jeweils auf demselben elektrischen Potenzial.

[0035] Günstig ist es, wenn die Einrichtung zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses ausgebildet ist, wobei eine Druckerhöhungseinrichtung, insbesondere eine Pumpe, ein mit der Druckerhöhungseinrichtung verbundener erster Wärmetauscher, eine mit dem ersten Wärmetauscher verbundene Kraftmaschine sowie ein mit der Kraftmaschine und der Druckerhöhungseinrichtung verbundener zweiter Wärmetauscher vorgesehen sind, wobei der zweite Wärmetauscher thermisch mit der zweiten Position verbunden ist, um eine Abwärme des Kreisprozesses durch den Temperaturgradienten auf eine erhöhte Temperatur zu bringen und an eine Umgebung abzugeben.

[0036] Alternativ oder ergänzend zur Umwandlung mittels eines Kreisprozesses kann auch vorgesehen sein, dass die Einrichtung ein thermisch einerseits mit der ersten Position und andererseits mit der zweiten Position verbundenes elektrisches Bauelement aufweist, mit welchem durch einen Seebeck-Effekt elektrische Energie unter Ausnutzung des Temperaturgradienten erzeugt

bar ist.

[0037] Die weitere Aufgabe wird dadurch gelöst, dass ein erfindungsgemäßes System zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie verwendet wird.

[0038] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiele. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

[0039] Fig. 1 eine Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0040] Fig. 2 ein Zustandsdiagramm eines Verfahrens gemäß Fig. 1;

[0041] Fig. 3 ein erfindungsgemäßes System;

[0042] Fig. 4 ein Detail einer Vorrichtung eines Systems nach Fig. 3;

[0043] Fig. 5 eine weitere Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Systems.

[0044] Fig. 1 und 2 zeigen ein Verfahren, wobei ein Bereich 2 der Atmosphäre, welcher einen atmosphärischen Temperaturgradienten aufweist, zur Umwandlung thermischer Energie in eine nicht thermische Energieform eingesetzt wird. Bei diesem Verfahren ist eine Einrichtung 4 vorgesehen, welche zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses ausgebildet ist. Der Bereich 2 weist in einem bodennahen Teil der Atmosphäre eine warme, erste Position P1 auf, an welcher Energie für den Kreisprozess entnommen wird. Ersichtlich ist, dass an der ersten Position P1 ein erster Wärmetauscher 8 angeordnet ist, um einem Medium des Kreisprozesses eine Wärmemenge bei einer ersten Temperatur T1 zuzuführen. Diese Energiezufuhr führt zu einem Verdampfen des Mediums.

[0045] Gegenüber einem thermischen Kraftwerk, wobei ein Verdampfen in einem Kessel bei hohen Temperaturen unter Verbrennung eines kalorischen Energieträgers erfolgt, wird das Medium beim dargestellten Verfahren etwa bei Umgebungstemperatur verdampft. Es sind daher Druckverhältnisse im Kreisprozess sowie ein Medium entsprechend vorherrschenden Temperaturverhältnissen im Bereich 2 zu wählen, um einen effizienten Kreisprozess zu ermöglichen, wobei ein Verdampfen und Kondensieren des Mediums bei den gegebenen Temperaturen erfolgt. Der Kreisprozess kann beispielsweise als ein Clausius-Rankine-Prozess ausgebildet sein.

[0046] Nach einem Verdampfen des Mediums im ersten Wärmetauscher 8 tritt das Medium mit einer Heißdampf Temperatur TH, welche geringfügig niedriger ist als die erste Temperatur T1, aus dem ersten Wärmetauscher 8 aus. Anschließend wird das Medium in einer als Turbine ausgebildeten Kraftmaschine 30 expandiert, wobei mechanische Arbeit abgegeben wird. Die Turbine ist mit einem elektrischen Generator 5 verbunden, in welchem mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird. Diese wird anschließend an ein elektrisches Netz 6 abgegeben.

[0047] Von der Turbine wird das Medium in einen zweiten Wärmetauscher 9 geleitet, in welchem dieses abkühlt und vollständig kondensiert wird. Der zweite Wärmetauscher 9 ist an einer oberhalb der ersten Position P1 liegenden zweiten Position P2 im Bereich 2 angeordnet. Eine zweite Temperatur T2 an der zweiten Position P2 ist aufgrund des thermischen Temperaturgradienten, welcher in der Atmosphäre etwa 6 °C je Kilometer beträgt, geringer als die erste Temperatur T1. An der zweiten Position P2 wird eine Abwärme des Kreisprozesses an den Bereich 2 abgegeben. Die Abwärme ist geringer als die Wärmemenge, welche vom Kreisprozess an der ersten Position P1 aufgenommen wird.

[0048] Nach vollständiger Kondensation tritt das Medium mit einer Kondensattemperatur TK, welche geringfügig höher als die zweite Temperatur T2 ist, aus dem zweiten Wärmetauscher 9 aus und wird zu einer Pumpe 7 gefördert. Die Pumpe 7 ist üblicherweise durch die Turbine angetrieben bzw. von dieser indirekt mit Energie versorgt. In der Pumpe 7 wird eine Druckerhöhung in das Medium eingebracht, bevor diesem im ersten Wärmetauscher 8 wieder eine Wärmemenge zugeführt wird.

[0049] Wird das dargestellte Verfahren mit einem großen bzw. offenen Teil der Atmosphäre als Bereich 2 durchgeführt, erfolgt eine Abkühlung des Bereiches 2 bzw. der Atmosphäre nur sehr

langsam, sodass große Energiemengen umgewandelt werden können. Dadurch ist eine Erzeugung elektrischer Energie unter Abkühlung einer Umgebung möglich, wobei der atmosphärische Temperaturgradient ausgenutzt wird. Eine erzeugte elektrische Energie entspricht dabei einer Differenz zwischen zugeführter Wärmemenge an der ersten Position P1 und abgeführter Abwärme an der zweiten Position P2.

[0050] Fig. 2 zeigt ergänzend ein T-s-Diagramm eines Verfahrens gemäß Fig. 1, wobei Temperatur und Entropie des Mediums während Durchlaufen des Kreisprozesses schematisch dargestellt sind. Weiter ist eine durch eine Siedelinie und eine Taulinie begrenzte Glockenkurve eingetragen, welche ein Nassdampfgebiet des Mediums begrenzt. Aus dem T-s-Diagramm ist ersichtlich, dass der Kreisprozess einem Clausius-Rankine-Prozess entspricht. Abweichend von Kreisprozessen in thermischen Kraftwerken, liegen bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wie vorstehend ausgeführt meist niedrigere Temperaturen vor, welche in der Atmosphäre auftreten. Aufgrund einer niedrigen Kondensattemperatur TK, welche durch Ausnutzen des Temperaturgradienten sowie der niedrigen zweiten Temperatur T2 möglich ist, wird ein Wirkungsgrad bei einem erfindungsgemäßen Verfahrens erreicht, welcher höher ist als ein in thermischen Kraftwerken erreichbarer. So kann eine Heißdampf Temperatur TH bei einem erfindungsgemäßen Verfahren auch bei einer Umgebungstemperatur liegen, welche in einem bodennahen Teil der Atmosphäre an der ersten Position P1 auftritt.

[0051] Fig. 3 zeigt ein erfindungsgemäßes System 1 zur Umwandlung thermischer Energie in eine nicht thermische Energieform, wobei eine Vorrichtung 3 zum Bilden eines Temperaturgradienten vorgesehen ist. Analog zu dem in Fig. 1 und 2 gezeigten Verfahren ist die Einrichtung 4 zur Durchführung eines Kreisprozesses ausgebildet. In einer Pumpe 7 wird in ein Medium des Kreisprozesses eine Druckerhöhung eingebracht, wonach dem Medium eine Wärmemenge an einer ersten Position P1 bei einer ersten Temperatur T1 zugeführt wird, wonach das Medium in einer Kraftmaschine 30 Arbeit unter Expansion abgibt und wonach das Medium in einem zweiten Wärmetauscher 9 unter Abgabe einer Abwärme bei einer zweiten Temperatur T2 an einer zweiten Position P2 abgekühlt und vollständig kondensiert wird. Das in Fig. 2 dargestellte T-s-Diagramm ist daher auch für einen mit dem System 1 nach Fig. 3 durchgeführten Kreisprozess zutreffend.

[0052] Die zweite Position P2 liegt analog zu dem in Fig. 1 beschriebenen Verfahren auf einer zweiten Temperatur T2, welche niedriger ist als die erste Temperatur T1. Bei einem in Fig. 3 gezeigten Verfahren ist jedoch anstatt eines Bereiches 2 mit einem atmosphärischen Temperaturgradienten eine Vorrichtung 3 vorgesehen, mit welcher ein Temperaturgradient künstlich gebildet wird. Dadurch ist es möglich, die Abwärme von einem niedrigen Temperaturniveau auf ein Temperaturniveau zu heben, welches oberhalb einer Umgebungstemperatur liegt, beispielsweise höher als die erste Temperatur T1. Somit kann eine Abwärme des Kreisprozesses unter Ausnutzung des Temperaturgradienten an eine Umgebung abgegeben werden, welche auf gleicher Temperatur liegt wie die erste Position P1.

[0053] Dazu ist der zweite Wärmetauscher 9 thermisch mit einer zweiten Position P2 der Vorrichtung 3 verbunden, welche eine niedrige, zweite Temperatur T2 aufweist. Durch die Vorrichtung 3 wird die Abwärme auf eine höhere Temperatur gehoben, welche an einem heißen Ende 26 der Vorrichtung 3 auftritt. Für eine Energieabgabe an die Umgebung sind ein dritter Wärmetauscher 10 und ein vierter Wärmetauscher 11 vorgesehen, wobei der dritte Wärmetauscher 10 die Vorrichtung 3 am heißen Ende 26 kühlt und die Abwärme an einen Zwischenkreis 25 überträgt. Mit dem Zwischenkreis 25 verbunden ist der vierte Wärmetauscher 11, mit welchem die Abwärme aus dem Zwischenkreis 25 an die Umgebung übertragen wird.

[0054] Analog zu dem in Fig. 1 und 2 dargestellten Verfahren ist eine durch einen ersten Wärmetauscher 8 aus der Umgebung aufgenommene Wärmemenge geringer als die Abwärme, welche durch den vierten Wärmetauscher 11 an die Umgebung abgegeben wird. Eine Differenz zwischen zugeführter Wärme und Abwärme wird durch einen mit der Kraftmaschine 30 verbundenen Generator 5 in elektrische Energie gewandelt. Die elektrische Energie wird durch eine Versorgungsleitung 29 zur Versorgung der Vorrichtung 3 eingesetzt. Darüber hinaus wird elektrische Energie an ein elektrisches Netz 6 abgegeben.

[0055] Im Unterschied zu einer Ausführung gemäß Fig. 1 wird die Abwärme des Kreisprozesses nahe der ersten Position P1 an die Umgebung abgegeben. Dies ist möglich, da durch Einsatz der Vorrichtung 3 zum Bilden eines Temperaturgradienten die Abwärme auf ein über der ersten Temperatur T1 liegendes Temperaturniveau gehoben wird, wodurch auch eine Energieabgabe an einen bodennahen Teil der Atmosphäre möglich ist. Analog zu dem in Fig. 1 gezeigten Verfahren kann mit diesem Verfahren thermische Energie in elektrische Energie gewandelt werden, bis eine Umgebung unter eine Mindesttemperatur abgekühlt ist, welche für eine Durchführung des Kreisprozesses erforderlich ist.

[0056] Fig. 4 zeigt einen Teil einer Lage einer Vorrichtung 3 zum Bilden eines Temperaturgradienten eines Systems 1 nach Fig. 3. Ersichtlich ist, dass eine Grundplatte 13 und eine Deckplatte 14 vorgesehen sind, welche einen Arbeitsraum 12 begrenzen. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel werden die Grundplatte 13 und die Deckplatte 14 aus jeweils einer Substratschicht 15, bevorzugt bestehend aus einem Siliciumsubstrat, gebildet, auf die jeweils eine Flächenelektrode 16 aufgebracht ist. Auf die Flächenelektroden 16 ist jeweils eine Schicht bestehend aus einem Dielektrikum 17 aufgebracht. Die Flächenelektroden 16, die zwischen der Schicht bestehend aus dem Dielektrikum 17 und der Substratschicht 15 jeweils in Grundplatte 13 und Deckplatte 14 positioniert sind, bestehen mit Vorteil aus Gold, insbesondere um eine Wärme, welche transportiert wird, gut leiten zu können. Die Grundplatte 13 weist eine im Wesentlichen ebene Oberfläche auf, auf welcher als Drahtelektroden ausgebildeten Kathoden 19 angeordnet sind. Die Deckplatte 14 weist an jener Seite, welche der Grundplatte 13 gegenüberliegt, eine Strukturierung auf. Eine Oberfläche der strukturierten Seite ist von einer Metallisierung bedeckt, die bevorzugt aus Gold gebildet ist und Anoden 18 bildet. Aufgrund der Strukturierung der Deckplatte 14, der flächigen Ausbildung der Anoden 18 und einer linienförmigen Ausbildung der Kathoden 19 bildet sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen den Anoden 18 und den Kathoden 19 ein inhomogenes elektrisches Feld, welches für die Ausbildung eines Temperaturgradienten vorteilhaft ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Strukturierung der Deckplatte 14 im Querschnitt etwa halbkreisförmig ausgebildet, um einen gleichmäßigen Abstand von der flächigen Anoden 18 zur linienförmigen Kathode 19 zu erlauben. Dies ermöglicht ein elektrisches Feld, welches für das Ausbilden eines Temperaturgradienten besonders günstig ist. Die Vorrichtung 3 weist eine Erstreckung in einer Richtung normal zu einer dargestellten Zeichenebene auf, sodass die Strukturierung der Deckplatte 14 im Wesentlichen halbzylinderförmige Oberflächen aufweist. Der Arbeitsraum 12, der zwischen jeweils einer Kathode 19 und der halbkreisförmigen gegenüber der Kathode 19 liegenden Anode 18 gebildet ist, ist von einem Arbeitsgas ausgefüllt. In Fig. 4 sind drei Arbeitsräume 12 vollständig im Querschnitt abgebildet, wobei die einzelnen Arbeitsräume 12 untereinander durch Stege 21 verbunden sind. Die Stege 21 verhindern einen Wärmefluss von der Kathode 19 zur Anode 18 über die Schicht, die aus einem Dielektrikum 17 gebildet ist. Ein aufgrund der Stege 21 bestehender Minimalabstand 20 zwischen der Grundplatte 13 und der Deckplatte 14 beträgt im dargestellten Ausführungsbeispiel etwa 100 nm. Als Dielektrikum 17 wird bevorzugt ein Polymer, insbesondere ein Parylen, oder ein Fotolack eingesetzt, mit Vorteil ein handelsüblicher Fotolack mit der Bezeichnung SU-8. Zur genauen Positionierung der Deckplatte 14 und der Grundplatte 13 werden zwischen Grundplatte 13 und Deckplatte 14 abgebildete Abstandshalter angeordnet, welche die Abmessungen des Minimalabstandes 20 zwischen Grundplatte 13 und Deckplatte 14 aufweisen, um den Minimalabstand 20 sicherzustellen.

[0057] Um mit der Vorrichtung 3 ein Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten zu ermöglichen, sind die Abmessung des Arbeitsraumes 12 sowie der Abstand zwischen Grundplatte 13 und Deckplatte 14 derart zu wählen, dass der Abstand zwischen Kathode 19 und Anode 18 etwa einer freien Weglänge von Molekülen oder Atomen des Arbeitsgases entspricht. Dies ist abhängig vom eingesetzten Arbeitsgas und einem Druck im Arbeitsraum 12. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel beträgt der minimale Abstand zwischen Kathode 19 und Anode 18 jeweils etwa 500 nm; die Kathode 19 weist einen kreisrunden Querschnitt mit einem Durchmesser von etwa 50 nm auf. Der Minimalabstand 20 zwischen Grundplatte 13 und Deckplatte 14 im Bereich der Stege 21 beträgt etwa 100 nm. Das Dielektrikum 17 der Grundplatte 13 weist eine Dielektrikumdicke 22 von etwa 350 nm auf. Die Anoden 18 der einzelnen Arbeitsräume 12 sind untereinander über eine Metallisierung, welche die gesamte strukturierte Oberfläche der Deckplatte

14 bedeckt, im Bereich der Stege 21 elektrisch leitend verbunden. Um Stromflüsse zwischen den einzelnen Kathoden 19 zu unterbinden, sind auch die einzelnen Kathoden 19 untereinander elektrisch verbunden.

[0058] Da mit einem einzigen Arbeitsraum 12 aufgrund der geringen Abmessungen nur kleine Temperaturdifferenzen und übertragbare Wärmeströme erzielbar sind, werden in einer Vorrichtung 3 bevorzugt mehrere Arbeitsräume 12 nebeneinander und übereinander angeordnet, wie in Fig. 3 und 5 schematisch dargestellt. Dadurch sind große Temperaturdifferenzen mit einer Vorrichtung 3 erzielbar, beispielsweise mehr als 100 °C. Um hohe elektrische Potenzialunterschiede zwischen den einzelnen Lagen zu vermeiden, hat es sich bewährt, sämtliche Anoden 18 untereinander sowie die Kathoden 19 untereinander elektrisch zu verbinden. Als Arbeitsgas wird ein dipolmomentfreies Edelgas eingesetzt. Der Arbeitsraum 12 kann wie in Fig. 4 schematisch dargestellt ausgebildet sein. Üblicherweise sind scharfe Kanten, insbesondere nahe der Stege 21, verrundet ausgeführt, um Spitzenentladungen zu vermeiden.

[0059] Es kann allerdings auch günstig sein, die Anoden 18 der Arbeitsräume 12 nicht zu beschichten, sodass die Anoden 18 vom Dielektrikum 17 gebildet werden und keine Metallisierung vorgesehen ist. Dies hat sich als zweckmäßig erwiesen, um bei einem direkten Kontakt zwischen Anode 18 und Kathode 19 Stromflüsse und damit auch Feldverzerrungen zu vermeiden. Darüber hinaus wird auch eine Fertigung dadurch vereinfacht. Aufgrund der Abmessung im Nanometerbereich kann ein direkter Kontakt insbesondere aufgrund von Fertigungsungenauigkeiten nicht ausgeschlossen werden.

[0060] Um mit der vorstehend beschriebenen Vorrichtung 3 einen Temperaturgradienten zu bilden und Wärme von einem niedrigen an ein höheres Temperaturniveau zu übertragen, wird an Anode 18 und Kathode 19 oder an den Flächenelektroden 16 eine elektrische Spannung angelegt, sodass im Arbeitsraum 12 ein inhomogenes elektrisches Feld entsteht. Das elektrische Feld weist dabei an der Anode 18 eine Feldstärke von etwa 10^8 V/m und an der Kathode 19 eine Feldstärke von etwa 10^9 V/m auf. Aufgrund des elektrischen Feldes werden Moleküle des normalerweise dipolmomentfreien Arbeitsgases polarisiert und in Richtung der Kathode 19 beschleunigt. Da der minimale Abstand zwischen Anode 18 und Kathode 19, der Arbeitsraumradius 27, etwa einer freien Weglänge des Arbeitsgases entspricht, pendeln die Moleküle des Arbeitsgases aufgrund einer brownischen Bewegung ständig zwischen Anode 18 und Kathode 19. Ein Druck im Arbeitsraum 12 ist üblicherweise kleiner als ein Umgebungsdruck, bevorzugt kleiner als 500 mbar, besonders bevorzugt zwischen 40 mbar und 100 mbar, insbesondere 60 mbar.

[0061] Aufgrund einer Beschleunigung, welche die Moleküle bei einer Bewegung von Anode 18 zu Kathode 19 im inhomogenen elektrischem Feld erfahren, erhöht sich eine kinetische und damit thermische Energie der Moleküle. Bei Auftreffen der Moleküle auf der Kathode 19 geben die Moleküle Wärme an die Kathode 19 ab, wodurch es zu einem Erwärmen der Kathode 19 kommt. Anschließend werden die Moleküle von der Kathode 19 reflektiert und bewegen sich in Richtung der Anode 18. Bei Bewegung in diese Richtung nimmt die kinetische und thermische Energie der Moleküle ab, weil sie entgegen dem elektrischen Feld bewegt werden. Dadurch sind die Moleküle abgekühlt, bis sie an der Anode 18 eintreffen und nehmen bei einem Aufprall der Anode 18 Energie von derselben in Form von Wärme auf. Anschließend werden die Moleküle wieder in Richtung der Kathode 19 reflektiert. Bevorzugt wird ein dipolmomentfreies Arbeitsgas, insbesondere ein Edelgas, eingesetzt. Es ist allerdings auch möglich, ein Arbeitsgas einzusetzen, das ein Dipolmoment aufweist. Moleküle eines derartigen Arbeitsgases werden durch das elektrische Feld in Richtung des elektrischen Feldes ausgerichtet.

[0062] Mit einer Vorrichtung 3, welche entsprechende Arbeitsräume 12 aufweist, ist ein Temperaturunterschied zwischen Anode 18 und Kathode 19 erzielbar, wobei eine Energieaufnahme sehr gering ist.

[0063] Fig. 5 zeigt ein weiteres System 1 zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Bei dem System 1 nach Fig. 5 ist die Einrichtung 4 zur Durchführung eines thermoelektrischen Prozesses ausgebildet. Dabei wird thermische Energie anstatt durch einen Kreisprozess mit einem thermoelektrischen Bauelement 23 in elektrische Energie gewandelt, welches auch als

Halbleiterelement ausgebildet sein kann. Das thermoelektrische Bauelement 23 ist an einem ersten Kontakt mit einer ersten Position P1 verbunden, welche konstant etwa auf Umgebungstemperatur gehalten ist. Dazu ist ein Zwischenkreis 25 mit zwei Wärmetauschern vorgesehen. Ein zweiter Kontakt des Bauelementes 23 ist mit einer zweiten Position P2 verbunden, welche durch eine Vorrichtung 3 zum Bilden eines Temperaturgradienten konstant auf einer Temperatur gehalten ist, die niedriger ist als die Temperatur der ersten Position P1. Durch das Bauelement 23 wird Wärme teilweise in elektrische Energie umgewandelt und teilweise als Abwärme von der ersten Position P1 an die zweite Position P2 transportiert. Die an der zweiten Position P2 von der Vorrichtung 3 aufgenommene Abwärme wird durch die Vorrichtung 3 auf ein Temperaturniveau gehoben, welches höher ist als eine Umgebungstemperatur. Die Abwärme wird anschließend von der Vorrichtung 3 an einem heißen Ende 26 über einen Zwischenkreis 25 mit Wärmetauschern an die Umgebung abgegeben.

[0064] Eine Temperaturdifferenz in der Vorrichtung 3 kann je nach Anzahl seriell angeordneter Lagen beliebig groß sein. Dadurch wird mittels der Vorrichtung 3 ein Temperaturgradient in einem Bereich 2 gebildet, in welchem die erste Position P1 und die zweite Position P2 angeordnet sind. Wie in den in Fig. 1 und 3 dargestellten Verfahren wird der Umgebung Wärme entzogen und in elektrische Energie umgewandelt.

[0065] Für einen Betrieb der Vorrichtung 3 erforderliche elektrische Energie wird durch das elektrische Bauelement 23 erzeugt, wobei überschüssige Energie an ein elektrisches Netz 6 abgegeben wird. Weil das elektrische Bauelement 23 üblicherweise eine Gleichspannung erzeugt, ist dazu im Ausführungsbeispiel insbesondere ein Wechselrichter 28 vorgesehen. Eine für einen Betrieb der Vorrichtung 3 erforderliche Energie wird wieder über eine Versorgungsleitung 29 an die Vorrichtung 3 übertragen.

[0066] Durch ein erfindungsgemäßes Verfahren ist es möglich, thermische Energie in eine nicht thermische Energieform, beispielsweise elektrische Energie, umzuwandeln, wobei eine Umgebung abgekühlt wird. Vorzugsweise wird dazu ein Temperaturgradient eingesetzt, um eine Abwärme auf eine Temperatur zu heben, welche über einer Umgebungstemperatur liegt. Unter Ausnutzung einer Vorrichtung 3 zum Bilden eines Temperaturgradienten ist dies auch auf geringem Raum möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie, wobei ein einen Temperaturgradienten aufweisender Bereich (2) mit einer warmen, ersten Position (P1) und einer kalten, zweiten Position (P2) unter Abkühlung einer Umgebung zur Gewinnung elektrischer oder mechanischer Energie eingesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperaturgradient zumindest teilweise künstlich und mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Bereich (2) ein Teil einer Atmosphäre eingesetzt wird, in welchem ein natürlicher Temperaturgradient vorliegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen einer Kathode (19) und einer Anode (18) in einem Arbeitsraum (12) mittels eines im Arbeitsraum (12) befindlichen Arbeitsgases, an dem ein inhomogenes elektrisches Feld anliegt, Moleküle und/oder Atome des Arbeitsgases bewegt werden und dabei zwischen Kathode (19) und Anode (18) pendeln, wobei diese an der Anode (18) Energie aufnehmen und an der Kathode (19) abgeben.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Umwandlung zumindest eines Teiles der thermischen Energie ein thermodynamischer Kreisprozess eingesetzt wird, wobei eine Druckerhöhung in ein Medium eingebracht wird, wonach dem Medium eine Wärmemenge bei einer ersten Temperatur (T1) zugeführt wird, wonach das Medium in einer Kraftmaschine (30) Energie abgibt, wonach das Medium eine Abwärme bei einer zweiten Temperatur (T2) an die kalte, zweite Position (P2) abgibt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die kalte, zweite Position (P2) auf im Wesentlichen konstanter Temperatur gehalten wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kraftmaschine (30) eingesetzt wird, in welcher thermische Energie unter Abkühlung und Expansion eines Mediums in mechanische Arbeit umgewandelt wird und insbesondere in einem mit der Kraftmaschine (30) verbundenen elektrischen Generator (5) elektrische Energie erzeugt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Umwandlung zumindest eines Teiles der thermischen Energie ein einerseits mit der warmen, ersten Position (P1) und andererseits mit der kalten, zweiten Position (P2) verbundenes elektrisches Bauelement (23) eingesetzt wird, mit welchem durch einen Seebeck-Effekt elektrische Energie unter Ausnutzung des Temperaturgradienten erzeugt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein elektrisches Bauelement (23) eingesetzt wird, welches ein Halbleiterelement aufweist.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein elektrisches Bauelement (23) eingesetzt wird, welches zwei verschiedene elektrische Leiter aufweist.
10. System (1) zur Umwandlung thermischer Energie in eine elektrische oder mechanische Energie, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vorrichtung (3) zum Bilden eines Temperaturgradienten mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes in einem Bereich (2) mit einer ersten Position (P1) und einer zweiten Position (P2) sowie eine Einrichtung (4) zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie unter Ausnutzung des Temperaturgradienten vorgesehen sind.
11. System (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (3) einen gasdichten Arbeitsraum (12) mit einer Kathode (19) und einer Anode (18) aufweist, wobei bei Anlegen einer Spannung zwischen Kathode (19) und Anode (18) im Arbeitsraum (12) ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, sowie ein zwischen Kathode (19) und Anode (18) befindliches Arbeitsgas, wobei ein Abstand zwischen Kathode (19) und Anode (18) kleiner als 5000 nm ist, um mit dem Arbeitsgas einen Wärmetransport von der Anode (18) zur Kathode (19) zu ermöglichen.

12. System (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Abstand zwischen Kathode (19) und Anode (18) kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Doppelte, einer freien Weglänge der Moleküle und/oder Atome des Arbeitsgases ist.
13. System (1) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand zwischen Kathode (19) und Anode (18) kleiner als 2000 nm, bevorzugt kleiner als 1000 nm, insbesondere etwa 500 nm, ist.
14. System (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Arbeitsraum (12) durch eine Deckplatte (14) und eine Grundplatte (13) begrenzt ist, die zumindest teilweise aus einem Dielektrikum (17) bestehen.
15. System (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (3) mehrere in Serie geschaltete Arbeitsräume (12) aufweist.
16. System (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (4) zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses ausgebildet ist, wobei eine Druckerhöhungseinrichtung, insbesondere eine Pumpe (7), ein mit der Druckerhöhungseinrichtung verbundener erster Wärmetauscher (8), eine mit dem ersten Wärmetauscher (8) verbundene Kraftmaschine (30) sowie ein mit der Kraftmaschine (30) und der Druckerhöhungseinrichtung verbundener zweiter Wärmetauscher (9) vorgesehen sind, wobei der zweite Wärmetauscher (9) thermisch mit der zweiten Position (P2) verbunden ist, um eine Abwärme des Kreisprozesses durch den Temperaturgradienten auf eine erhöhte Temperatur zu bringen und an eine Umgebung abzugeben.
17. System (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (4) ein thermisch einerseits mit der ersten Position (P1) und andererseits mit der zweiten Position (P2) verbundenes elektrisches Bauelement (23) aufweist, mit welchem durch einen Seebeck-Effekt elektrische Energie unter Ausnutzung des Temperaturgradienten erzeugbar ist.
18. Verwendung eines Systems (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 17 zur Umwandlung thermischer Energie in elektrische oder mechanische Energie.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

2/4

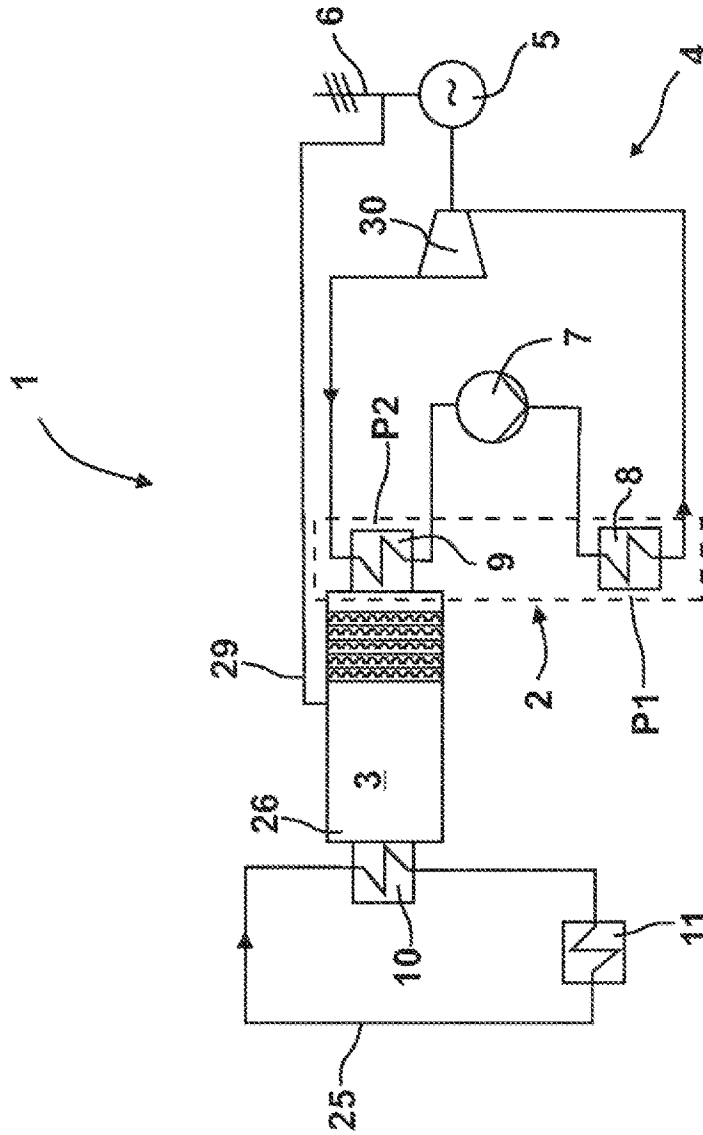


Fig. 3

3/4

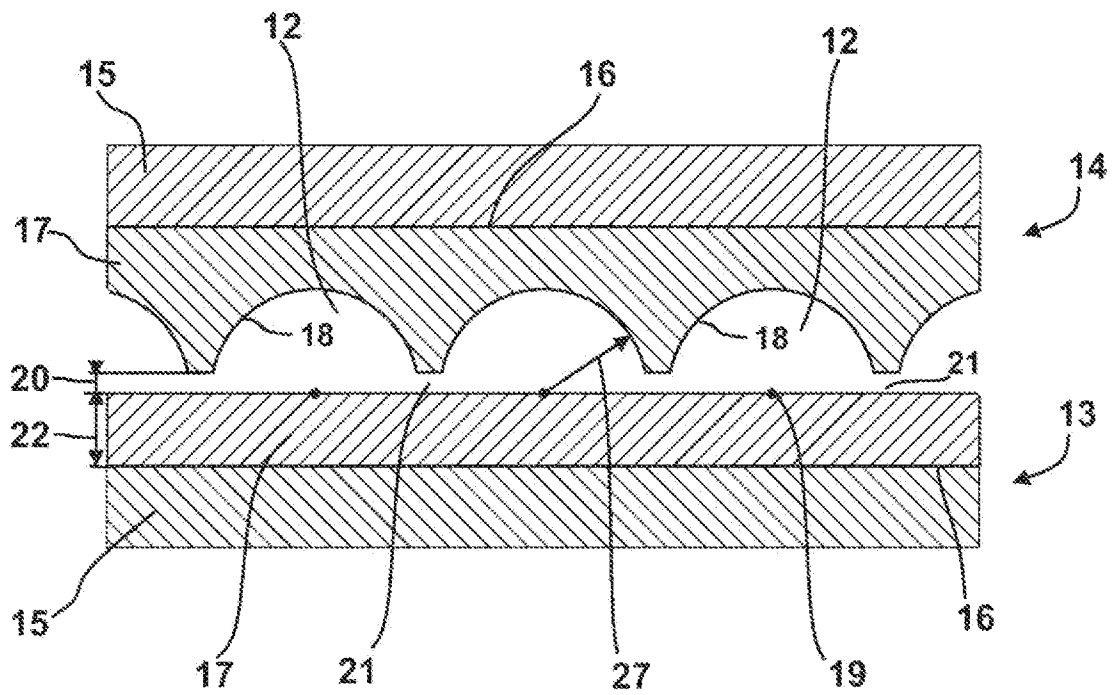


Fig. 4

