



(11) **EP 4 283 098 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**29.11.2023 Patentblatt 2023/48**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F01K 11/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **23173569.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F01K 11/00**

(22) Anmeldetag: **16.05.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Hydrotaurus C-Tech GmbH**  
**1010 Wien (AT)**

(72) Erfinder: **BAYER, Christian**  
**3730 Eggenburg (AT)**

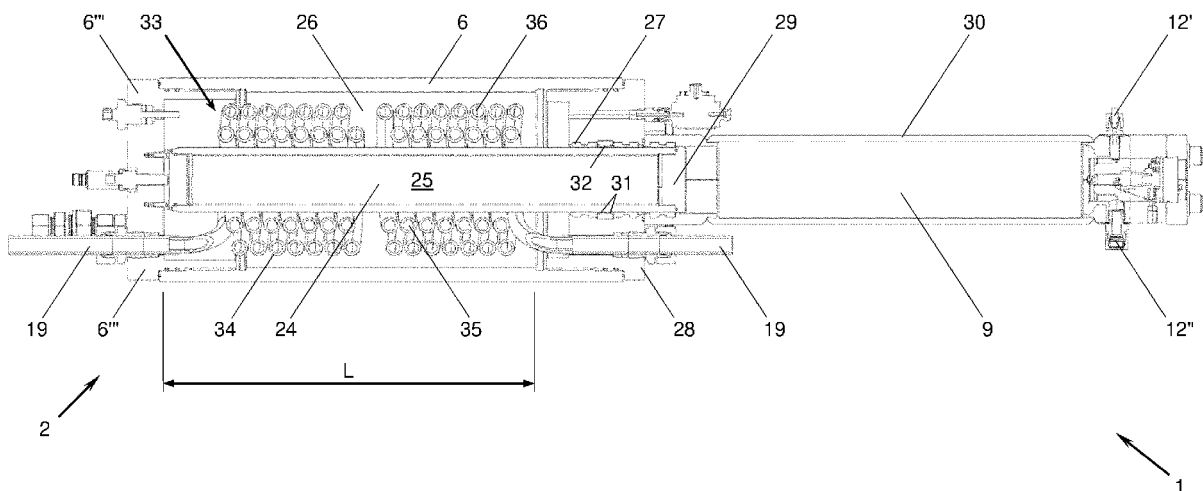
(74) Vertreter: **Weiser & Voith**  
**Patentanwälte Partnerschaft**  
**Kopfgasse 7**  
**1130 Wien (AT)**

(30) Priorität: **16.05.2022 AT 503472022**

(54) **WÄRMEKRAFTMASCHINE**

(57) Eine Wärmekraftmaschine (1) für den Nieder-temperaturbetrieb zur Verwertung von Solarwärme oder Abwärme aus biologischen oder industriellen Prozessen hat zumindest eine Zylinder/Kolben-Einheit (2 - 5), deren Zylinder (6) zur Aufnahme eines Dehnungsfluids (8) ausgebildet ist, welches bei Temperaturänderung sein Vo-

lumen ändert und so den Kolben im Zylinder (6) bewegt, und Mittel (33) zur Wärmezufuhr zum Dehnungsfluid (8) im Zylinder (6), wobei der Kolben ein Plungerkolben (24) ist, der im Zylinder (6) rund um seinen Hubraum (25) einen Ringraum (26) belässt, in welchem die Wärmezufuhrmittel (33) angeordnet sind.



**Fig. 2**

**EP 4 283 098 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wärmekraftmaschine, insbesondere für den Niedertemperaturbetrieb zur Verwertung von Solarwärme oder Abwärme aus biologischen oder industriellen Prozessen, mit zumindest einer Zylinder/Kolben-Einheit, deren Zylinder zur Aufnahme eines Dehnungsfluids ausgebildet ist, welches bei Temperaturänderung sein Volumen ändert und so den Kolben im Zylinder bewegt, und mit Mitteln zur Wärmezufuhr zum Dehnungsfluid im Zylinder, wobei der Kolben ein Plungerkolben ist, der im Zylinder rund um seinen Hubraum einen Ringraum belässt, in welchem die Wärmezufuhrmittel angeordnet sind, und wobei die Wärmezufuhrmittel eine von einem Wärmeträgermedium durchströmbare Rohrschlinge aufweisen, die in zumindest einer wendelförmigen Wicklung um den Hubraum des Plungerkolbens herum angeordnet ist.

**[0002]** Eine derartige Wärmekraftmaschine ist aus der AT 510 459 A1 bekannt.

**[0003]** Wärmekraftmaschinen für den Niedertemperaturbetrieb, beispielsweise auch aus der EP 2 238 318 B1, EP 2 668 374 B1, US 2011/0100002 A1 oder US 10 975 697 B2 bekannt, verwenden als Dehnungsfluid flüssiges bzw. superkritisches Kohlendioxid ( $\text{sCO}_2$ ). Kohlendioxid zeigt ab einem Druck von ca. 60 - 70 bar bereits bei einer Erwärmung von nur 20 °C auf 30 °C eine Volumensexpansion um das etwa 2,2-Fache und ist daher zur Verrichtung mechanischer Arbeit aus Niedertemperatur-Wärmeträgern besonders geeignet.

**[0004]** Bei den bekannten Wärmekraftmaschinen besteht weiterhin Verbesserungsbedarf hinsichtlich des Wärmeeintrags in das Dehnungsfluid, wenn dieses expandiert.

**[0005]** Die Erfindung setzt sich zum Ziel, eine Wärmekraftmaschine mit verbessertem Wirkungsgrad zu schaffen.

**[0006]** Dieses Ziel wird mit einer Wärmekraftmaschine der einleitend genannten Art erreicht, die sich erfindungsgemäß dadurch auszeichnet, dass die Rohrschlinge in zumindest zwei voneinander radial beabstandeten wendelförmigen Wicklungen um den Hubraum des Plungerkolbens herum angeordnet ist.

**[0007]** Durch die Verwendung zumindest zweier wendelförmiger Wicklungen, die mit gegenseitigem Radialabstand voneinander in dem Bereich rund um den Hubraum des Plungerkolbens angeordnet sind, wird ein besonders inniger Wärmeaustausch zwischen einem fließfähigen Wärmeträgermedium, z.B. Abwasser einer Industrieanlage, Warmwasser aus einer Solaranlage usw. und dem Dehnungsfluid erreicht. Im Ergebnis kann so ein signifikant verbesserter Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine erzielt werden.

**[0008]** Die Erfindung beruht dabei auf der Erkenntnis, dass der Wärmeeintrag in das Dehnungsfluid bei den bekannten Konstruktionen mit zylinderinternem Wärmetauscher dadurch leidet, dass sich das Dehnungsfluid bei seiner Expansion fortschreitend weiter vom Zylinder-

boden und damit dem dort angeordneten Wärmetauscher wegbewegt und sich dadurch zunehmend schlechter erwärmt. Im Gegensatz dazu wird bei der Erfindung durch die Verwendung eines Plungerkolbens der rund um den Plungerkolben verbleibende Ringraum für die Anordnung der Wärmezufuhrmittel ausgenutzt. Das Dehnungsfluid steht so bei seiner Expansion, wenn es den Plungerkolben aus dem Zylinder verdrängt, stets über dieselbe Axiallänge des Zylinders mit den Wärmezufuhrmitteln in Kontakt, unabhängig von der Ein- und Ausfahrstellung des Plungerkolbens. Dadurch werden ein von der Kolbenstellung weitgehend unabhängiger Wärmeeintrag in das Dehnungsfluid und damit insgesamt ein verbesserter Wirkungsgrad erreicht.

**[0009]** Besonders günstig ist es, wenn die Wärmezufuhrmittel sich über mehr als die Hälfte, bevorzugt mehr als zwei Drittel, der Axiallänge des Ringraums erstrecken. Dadurch werden in jeder Phase der Ein- und Ausfahrbewegung des Plungerkolbens ein guter Kontakt zwischen den Wärmezufuhrmitteln und dem Dehnungsfluid und damit insgesamt ein hoher Wirkungsgrad erreicht.

**[0010]** Die erfindungsgemäße Wärmekraftmaschine eignet sich für den Einsatz mit unterschiedlichsten Dehnungsfluiden, z.B. Mischungen aus Kohlendioxid und anderen Gasen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn - wie an sich aus den oben genannten Literaturstellen bekannt - der Zylinder mit Kohlendioxid als Dehnungsfluid gefüllt ist und auf den Plungerkolben entgegengesetzt zum Dehnungsfluid ein Vorspannfluid wirkt, welches das Kohlendioxid unter einen Vorspanndruck setzt, der über dem Verflüssigungsdruck von Kohlendioxid liegt. Dadurch kann Kohlendioxid im flüssigen bzw. superkritischen Zustand verwendet werden, welches einen besonders hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten hat.

**[0011]** Gemäß einem vorteilhaften Merkmal ist der Plungerkolben in einer stirnseitigen Stopfbuchse des Zylinders axial geführt, welche zumindest einen Dichtring aus  $\text{CO}_2$ -beständigem Kunststoff und zumindest einen Gleitring auf Graphitbasis, bevorzugt aus PTFE-Graphit, enthält. Dies erzielt eine besonders reibungsarme und gleichzeitig dauerhafte Abdichtung des Plungerkolbens.

**[0012]** Der für manche Dehnungsfluide, wie z.B. Kohlendioxid, notwendige Vorspanndruck kann auch verschiedenste Arten erreicht werden. So könnte beispielsweise der Plungerkolben mittels eines Hilfskolbens, der mit einem Vorspannfluid beaufschlagt wird, gegen das Dehnungsfluid vorgespannt werden, oder die Last, welche der Plungerkolben treibt, bringt diese Gegenkraft auf. In einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die Wärmekraftmaschine zumindest zwei Zylinder/Kolben-Einheiten der genannten Art, die gegeneinander zueinander angeordnet und deren Plungerkolben starr miteinander verbunden sind. Wenn die Zylinder der beiden Zylinder/Kolben-Einheiten beispielsweise am Boden oder aneinander fixiert sind, dann bringt der eine Kolben jeweils den Vorspanndruck für das Dehnungsfluid der anderen Zylinder/Kolben-Einheit auf.

**[0013]** In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform werden die Plungerkolben zumindest zweier Zylinder/Kolben-Einheiten von einem gemeinsamen Vorspannfluid beaufschlagt, um einen gemeinsamen Vorspanndruck auf die Dehnungsfluide in den Zylindern auszuüben, wie es an sich aus der EP 2 238 318 B1 oder der EP 2 668 374 B1 bekannt ist. Dabei kann eine die Wärmezufuhrmittel steuernde, an einen Druckmesser für den Vorspanndruck angeschlossene Steuereinrichtung die Erwärm- und Abkühlphasen der Dehnungsfluide der einzelnen Zylinder/Kolben-Einheiten in Abhängigkeit vom gemessenen Vorspanndruck so steuern, dass dieser innerhalb eines vorgegebenen Bereichs gehalten wird.

**[0014]** Das gemeinsame Vorspannfluid kann gleichzeitig als Arbeitsfluid zum Betreiben einer hydraulischen Last verwendet werden, indem es von den Zylinder/Kolben-Einheiten über erste Rückschlagventile zu einem Eingang und über entgegengesetzt gerichtete zweite Rückschlagventile zu einem Ausgang einer hydraulischen Last geführt wird.

**[0015]** Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigefügten Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 eine Wärmekraftmaschine mit vier Zylinder/Kolben-Einheiten nach dem Stand der Technik in einem Prinzipschaltbild;

Fig. 2 eine erste Ausführungsform der Wärmekraftmaschine gemäß der Erfindung mit einer einzigen Zylinder/Kolben-Einheit in einem Längsschnitt;

Fig. 3 ein Detail der Wärmekraftmaschine von Fig. 2 in einer perspektivischen Explosionsdarstellung; und

Fig. 4 eine zweite Ausführungsform der Wärmekraftmaschine der Erfindung mit zwei gegenläufigen Zylinder/Kolben-Einheiten in einem perspektivischen Längsschnitt.

**[0016]** Fig. 1 zeigt eine Wärmekraftmaschine 1' nach dem Stand der Technik, wie sie beispielsweise in der EP 2 668 374 B1 beschrieben ist. Die Wärmekraftmaschine 1' hat eine oder mehrere (hier: vier) Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5. Jede Zylinder/Kolben-Einheit 2 - 5 hat einen Zylinder 6, in dem sich ein Kolben 7 (hier: ein Scheibenkolben) zwischen einer eingefahrenen Stellung (gezeigt bei 2) und einer ausgefahrenen Stellung (gezeigt bei 5) bewegen kann.

**[0017]** Der Raum 6' im Zylinder 6 zur linken Seite jedes Kolbens 7 wird vollständig von einem Dehnungsfluid 8 eingenommen. Das Dehnungsfluid 8 hat einen hohen Wärmedehnungskoeffizienten und expandiert bei seiner Erwärmung, um den Kolben 7 von der eingefahrenen in die ausgefahrene Stellung zu bewegen, bzw. kontrahiert bei seiner Abkühlung, um den Kolben 7 wieder zurückzubewegen.

**[0018]** Im gezeigten Beispiel ist das Dehnungsfluid 8

flüssiges Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das bei Raumtemperatur einen Verflüssigungsdruck von ca. 65 bar hat. Im superkritischen Zustand, der über 73,8 bar und über 31 °C erreicht wird, zeigt Kohlendioxid bei einer Temperaturänderung von z.B. 10 °C eine Wärmedehnung um das etwa 2,2-Fache. Anstelle von reinem Kohlendioxid könnten auch Mischungen von flüssigem Kohlendioxid mit anderen Stoffen als Dehnungsfluid 8 verwendet werden.

**[0019]** Um das CO<sub>2</sub> als Dehnungsfluid 8 in seinem flüssigen Zustand zu halten, wird der Kolben 7 mit einem Vorspanndruck größer oder gleich dem Verflüssigungsdruck in Richtung auf das Dehnungsfluid 8 beaufschlagt bzw. vorgespannt. Für den superkritischen Zustand wird der Vorspanndruck entsprechend höher gewählt.

**[0020]** Der Vorspanndruck wird von einem Vorspannfluid 9 ausgeübt, das in dem Raum 6" zur rechten Seite jedes Kolbens 7, d.h. auf die dem Dehnungsfluid 8 abgewandte Seite jedes Kolbens 7 wirkt. Das Vorspannfluid 9 - bevorzugt ein Hydrauliköl - zirkuliert in einem allen Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5 gemeinsamen Hydraulikkreis, welcher eine hydraulische Last 10 enthält. Die hydraulische Last 10 ist bei beispielsweise ein Hydraulikmotor mit einem Eingang 11' und einem Ausgang 11", der vom Vorspannfluid 9 durchströmt ist und die Druckenergie bzw. kinetische Energie des Vorspannfluids 9 in mechanische Arbeit für eine Abtriebswelle 11''' umwandelt. Zwischen dem Eingang 11' und dem Ausgang 11" der Last 10 tritt dabei ein Druckabfall  $\Delta p$  auf. Anstelle eines Hydraulikmotors könnte auch jede andere Art von hydraulischer Last 10 eingesetzt werden, welche mit einem Druckgefälle  $\Delta p$  antreibbar ist, wie in der Technik bekannt.

**[0021]** Das Vorspannfluid 9 ist von den Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5 über einen Satz erster Rückschlagventile 12' und eine erste Sammelleitung 13' zum Eingang 11' der Last 10 geführt, und von deren Ausgang 11" über eine zweite Sammelleitung 13" und einen Satz zweiter Rückschlagventile 12" zurück zu den Zylinderräumen 6" der Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5. Jeder einzelnen Zylinder/Kolben-Einheit 2 - 5 ist somit ein erstes, in Richtung vom Raum 6" zum Eingang 11' hin öffnendes und in umgekehrter Richtung sperrendes Rückschlagventil 12' zugeordnet, sowie ein vom Ausgang 11" zum Raum 6" hin öffnendes, in umgekehrter Richtung sperrendes zweites Rückschlagventil 12".

**[0022]** Beim Ausfahren eines Kolbens 7 (Pfeil 14') errichtet das Vorspannfluid 9 somit über die ersten Rückschlagventile 12' und die erste Sammelleitung 13' - gleichsam als "Arbeitsfluid" - ein erstes Druckniveau  $p_1$  am Eingang 11' der Last 10 (Eingangsdruck). Beim Einfahren des Kolbens 7 (Pfeil 14") schließt das jeweilige erste Rückschlagventil 12' und öffnet das jeweilige zweite Rückschlagventil 12", so dass das um den Druckabfall  $\Delta p$  verringerte zweite Druckniveau  $p_2$  vom Ausgang 11" der Last 10 ("Ausgangsdruck") über die zweite Sammelleitung 13" in die jeweilige Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5 rückwirkt und das Dehnungsfluid 8 vorspannend beaufschlagt.

**[0023]** Der Druck des Vorspannfluids 9 in den Räumen 6" der Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5 pendelt daher zwischen dem Eingangsdruck (oberen Niveau)  $p_1$  beim Ausfahren (Pfeil 14') und dem Ausgangsdruck (unteren Niveau)  $p_2$  beim Einfahren (Pfeil 14"). Wie später noch ausführlicher erläutert wird, wird durch entsprechende Druckmess- und Steuereinrichtungen dafür Sorge getragen, dass das untere Druckniveau, der Ausgangsdruck  $p_2$ , des Vorspannfluids 9 in keiner Phase der Bewegung 14', 14" den notwendigen Betriebsdruck für das Vorspannfluid 9, z.B. den Verflüssigungdruck von flüssigem  $\text{CO}_2$ , unterschreitet und gleichzeitig die gewünschte oder erforderliche Druckdifferenz  $\Delta p = p_1 - p_2$  an der Last 10 aufrechterhalten wird.

**[0024]** An den Eingang 11' bzw. die Sammelleitung 13' kann ein erster elastischer Zwischenspeicher 15' angeschaltet sein, beispielsweise ein Druckbehälter mit Gasfüllung und/oder mit einer elastischen Membran 15, um kurzfristige Druckschwankungen abzufedern. Alternativ oder zusätzlich kann auch an den Ausgang 11" bzw. die Sammelleitung 13" ein zweiter derartiger elastischer Zwischenspeicher 15" angeschaltet werden.

**[0025]** Die Erwärmung der Dehnungsfluide 8 in den Zylinder/KolbenEinheiten 2 - 5 wird mit Hilfe von steuerbaren Wärmezufuhrmitteln 16 - 20 veranlasst. Die Wärmezufuhrmittel 16 - 20 umfassen im gezeigten Beispiel einen Wärmetauscher 16 für jede Zylinder/Kolben-Einheit 2 - 5, der das Dehnungsfluid 8 wärmeleitend kontaktiert und in dem ein Wärmeträgermedium 17 zirkuliert. Das Wärmeträgermedium 17 wird z.B. von einem Solarpanel 18 in einem Wärmeträgerkreis 19 erwärmt (Rückleitungen in Fig. 1 zwecks Übersichtlichkeit nicht gezeigt).

**[0026]** Jeder Wärmetauscher 16 ist mit einem steuerbaren Sperrventil 20 versehen. Die Sperrventile 20 werden von einer zentralen Steuereinrichtung 21 abwechselnd und intermittierend geöffnet, um jede Zylinder/Kolben-Einheit 2 - 5 abwechselnd zu erwärmen und abzukühlen, dadurch die Dehnungsfluide 8 in den Zylindern 6 abwechselnd zu expandieren und zu kontrahieren und damit letztlich die Kolben 7 hin und her zu bewegen. Die Kolbenbewegungen sind dabei über das im Hydraulikkreis 10 - 13 zirkulierende Vorspannfluid 9 synchronisiert, indem das vom Ausgang 11' über die zweiten Rückschlagventile 12" rückströmende Vorspannfluid 9 die Einfahrbewegung (Pfeil 14") mitunterstützt und zwangskoppelt.

**[0027]** Die Steuereinrichtung 21 betätigt die Sperrventile 20 in Abhängigkeit von Messwerten des Eingangsdrucks  $p_1$  und bevorzugt auch des Ausgangsdrucks  $p_2$ , die sie von entsprechenden Druckmessern 22', 22" erhält, welche an die Eingänge 11', 11" bzw. deren Sammelleitungen 13', 13" angeschlossen sind. Ein erstes, primäres Regelungsziel der Steuereinrichtung 21 ist es, den Ausgangsdruck  $p_2$  innerhalb eines ersten vorgegebenen Bereichs  $p_{2,\min}$ ,  $p_{2,\max}$  zu halten, welcher insbesondere durch den Mindest-Vorspanndruck für das Dehnungsfluid 8 bestimmt ist, z.B. (temperaturabhängig)

ca. 50 - 60 bar bei flüssigem Kohlendioxid im Temperaturbereich 20 - 50 °C. Insbesondere wird die untere Grenze  $p_{2,\min}$  des ersten Bereichs durch den erforderlichen Mindest-Vorspanndruck festgelegt.

**[0028]** Weitere Regelungsziele der Steuereinrichtung 21 können sein, dass gleichzeitig darauf geachtet wird, dass der Eingangsdruck  $p_1$  innerhalb eines vorgegebenen (zweiten) Bereichs  $p_{1,\min}$ ,  $p_{1,\max}$  liegt. Der erste und der zweite Bereich können identisch sein oder sich teilweise überlappen oder unmittelbar aneinander anschließen oder gegenseitigen Abstand haben, in welchem letzterem Fall der Ausgangsdruck  $p_2$  in einem unteren Bereich (Druckband) und der Eingangsdruck  $p_1$  in einem oberen Bereich (Druckband) liegt. Mit der letztgenannten Ausführungsform kann auch eine Mindestdruckdifferenz bzw. ein Mindest-Druckabfall  $\Delta p = p_1 - p_2$  an der Last 10 eingestellt werden, wenn ein solcher für den ordnungsgemäßen Betrieb der Last 10 erforderlich ist, oder die Druckdifferenz für die Last 10 wahlweise variiert werden, um z.B. ihren Energieumsatz vorzugeben bzw. zu steuern.

**[0029]** Wenn der Druckabfall  $\Delta p$  an der Last 10 einstellbar ist, d.h. die Arbeit der Last 10 gesteuert werden kann, kann die Steuereinrichtung 21 in weiteren Regelungszielen auch den Druckabfall  $\Delta p$  der Last 10 steuern, siehe optionale Steuerleitung  $e_1$ . Beispielsweise können die aufgrund der aktuellen Temperaturbedingungen erzielbaren Druckbereiche von Ein- und Ausgangsdruck  $p_1$ ,  $p_2$  dazu verwendet werden, eine ausnützbare Druckdifferenz  $p_1 - p_2$  zu berechnen und diese als Vorgabe für den Druckabfall  $\Delta p$  an der Last 10 einzustellen.

**[0030]** Die genannten Regelungsziele der Steuereinrichtung 21 werden z.B. mit einer Steuerung der Anzahl jener Zylinder/KolbenEinheiten 2 - 5, welche sich zu einem bestimmten Zeitpunkt gerade in der Erwärmphase befinden, im Verhältnis zu der Anzahl jener anderen Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5, die sich zu diesem Zeitpunkt gerade in der Abkühlphase befinden, erreicht, wie in der EP 2 668 374 B1 beschrieben ist.

**[0031]** Die in Fig. 1 gezeigten Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5 mit Scheibenkolben 7, die sich bei der Expansion der Dehnungsfluide 8 von den an den Zylinderböden 6" angeordneten Wärmetauschern 16 wegbewegen, hat den Nachteil, dass mit fortschreitender Expansion des Dehnungsfluids 8 dieses immer weniger vom Wärmetauscher 16 erreicht wird, siehe z.B. die maximale Ausfahrstellung der Zylinder/Kolben-Einheit 5. Dadurch verschlechtert sich der Wärmeübertrag vom Wärmetauscher 16 zum Dehnungsfluid 8 speziell im Bereich des Hubraums 23, den jeder Kolben 7 im Zylinder 6 überstreicht. Die in den Fig. 2 - 4 dargestellten Ausführungsformen der Erfindung überwinden dieses Problem.

**[0032]** In den Fig. 2 - 4 bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile wie in Fig. 1, und es wird im Folgenden nur auf die Unterschiede gegenüber der Ausführungsform von Fig. 1 eingegangen.

**[0033]** Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine 1 mit einer

einzigem Zylinder/Kolben-Einheit 2. Es versteht sich, dass die Wärmekraftmaschine 1 von Fig. 2 auch mehr als eine Zylinder/Kolben-Einheit 2 haben könnte, beispielsweise zwei, drei oder mehr Zylinder/Kolben-Einheiten 2 - 5, die alle wie die in Fig. 2 gezeigte Zylinder/Kolben-Einheit 2 ausgeführt sind und wie in Fig. 1 über ein gemeinsames Vorspannfluid 9 zusammengeschaltet sein können, das gleichzeitig als Arbeitsfluid einer Last 10 dienen kann.

**[0034]** Gemäß Fig. 2 ist der Kolben 7 der Zylinder/Kolben-Einheit 2 als Plungerkolben 24 ausgeführt. Im Gegensatz zu einem Scheibenkolben dichtet der Plungerkolben 24 nicht gegenüber der Innenumfangswand des Zylinders 6 ab, sondern belässt rund um seinen Hubraum 25 einen Ringraum 26. Der Hubraum 25 ist jenes Volumen, das der Plungerkolben 24 in seiner vollständig eingefahrenen Stellung (in Fig. 2 und bei der linken Zylinder/Kolben-Einheit 2 von Fig. 4 dargestellt) einnimmt und in seiner vollständig ausgefahrenen Stellung (bei der rechten Zylinder/Kolben-Einheit 3 von Fig. 4 dargestellt) im Zylinder 6 freigibt.

**[0035]** Der Plungerkolben 24 ist beispielsweise in Form einer zylindrischen Stange ausgebildet und in einer Stopfbuchse 27 axial geführt, die in eine Stirnseite 28 des Zylinders 6 eingesetzt ist, d.h. der Plungerkolben 24 durchsetzt dort die Stirnseite 28 des Zylinders 6 und fährt dort aus. Das ausfahrende Ende 29 des Plungerkolbens 24 kann dort gleich als Arbeitskolbenfläche in einen Hilfszylinder 30 eintreten, welcher z.B. das Vorspann- und Arbeitsfluid 9 enthält. Die Stopfbuchse 27 ist mit zumindest einem Dichtring 31, z.B. aus CO<sub>2</sub>-beständigem Kunststoff, und/oder zumindest einem Gleitring 32, z.B. auf Graphitbasis, bevorzugt aus PTFE-Graphit, ausgestattet.

**[0036]** In dem Ringraum 26 rund um den Hubraum 25 des Plungerkolben 24 sind Wärmezufuhrmittel 33 zur Erwärmung des Dehnungsfluids 8 angeordnet. Die Wärmezufuhrmittel 33 können beispielsweise eine elektrische Heizschlange sein. Im gezeigten Beispiel sind die Wärmezufuhrmittel 33 ein Wärmetauscher für das Wärmeträgermedium 17, und zwar insbesondere eine Rohrschlange 34 zur Durchströmung mit dem Wärmeträgermedium 17, das vom Solarpanel 18 erwärmt wird.

**[0037]** Die Wärmezufuhrmittel 33 bzw. (hier:) die Rohrschlange 34 erstrecken sich über einen wesentlichen Teil der Axiallänge L des Ringraums 26, insbesondere über mindestens die Hälfte der Axiallänge L, bevorzugt über mindestens zwei Drittel der Axiallänge L. Dadurch bleibt das Dehnungsfluid 8 über einen größeren Teil der Längserstreckung des Zylinders 6 in Wärmekontakt mit den Wärmezufuhrmitteln 33, unabhängig von der Ein- und Ausfahrstellung des Plungerkolbens 24. Im gezeigten Beispiel ist die die Wärmezufuhrmittel 33 bildende Rohrschlange 34 in Form zweier coaxialer, sich axial weitestgehend überlappender wendelförmiger Wicklungen 35, 36 rund um den Hubraum 25 des Plungerkolben 24 herum angeordnet.

**[0038]** Fig. 3 zeigt die doppelwendelförmige Rohr-

schlange 34 bei teilweise ausgefahrenem Plungerkolben 24 im Detail. Es versteht sich, dass die Rohrschlange 34 auch in einer oder mehr als zwei Wicklungen 35, 36 verlaufen und/oder aus Teil-Rohrschlangen 34 zusammengesetzt sein kann. Die ein oder mehreren Wicklungen 35, 36 der Rohrschlange 34 sind vom Außenumfang des Plungerkolbens 24, vom Innenumfang des Zylinders 6 sowie voneinander jeweils radial beabstandet, um eine Umspülung der Rohrschlange 34 mit Dehnungsfluid 8 von allen Seiten zu ermöglichen.

**[0039]** Im Falle von zwei oder mehr Wicklungen 35, 36 werden diese insbesondere gegenläufig durchströmt. Beispielsweise verläuft die Wendelrichtung der inneren Wicklung 35 entgegengesetzt zur Wendelrichtung der äußeren Wicklung 36 und die beiden Wicklungen 35, 36 sind an einem Ende zusammengeschaltet.

**[0040]** Fig. 4 zeigt eine alternative Ausführungsform der Wärmekraftmaschine 1 mit zwei Zylinder/Kolben-Einheiten 2, 3, die jeweils wie in den Fig. 2 und 3 dargestellt aufgebaut sind. Die beiden Zylinder/Kolben-Einheiten 2, 3 sind hier coaxial und axial hintereinanderliegend sowie gegenläufig zueinander angeordnet. Die beiden Zylinder 6 der Zylinder/Kolben-Einheit 2, 3 sind über den zwischenliegenden Hilfszylinder 30 starr miteinander verbunden, und die beiden Plungerkolben 24 sind an ihren jeweiligen Enden 29 bei 37 starr miteinander verbunden.

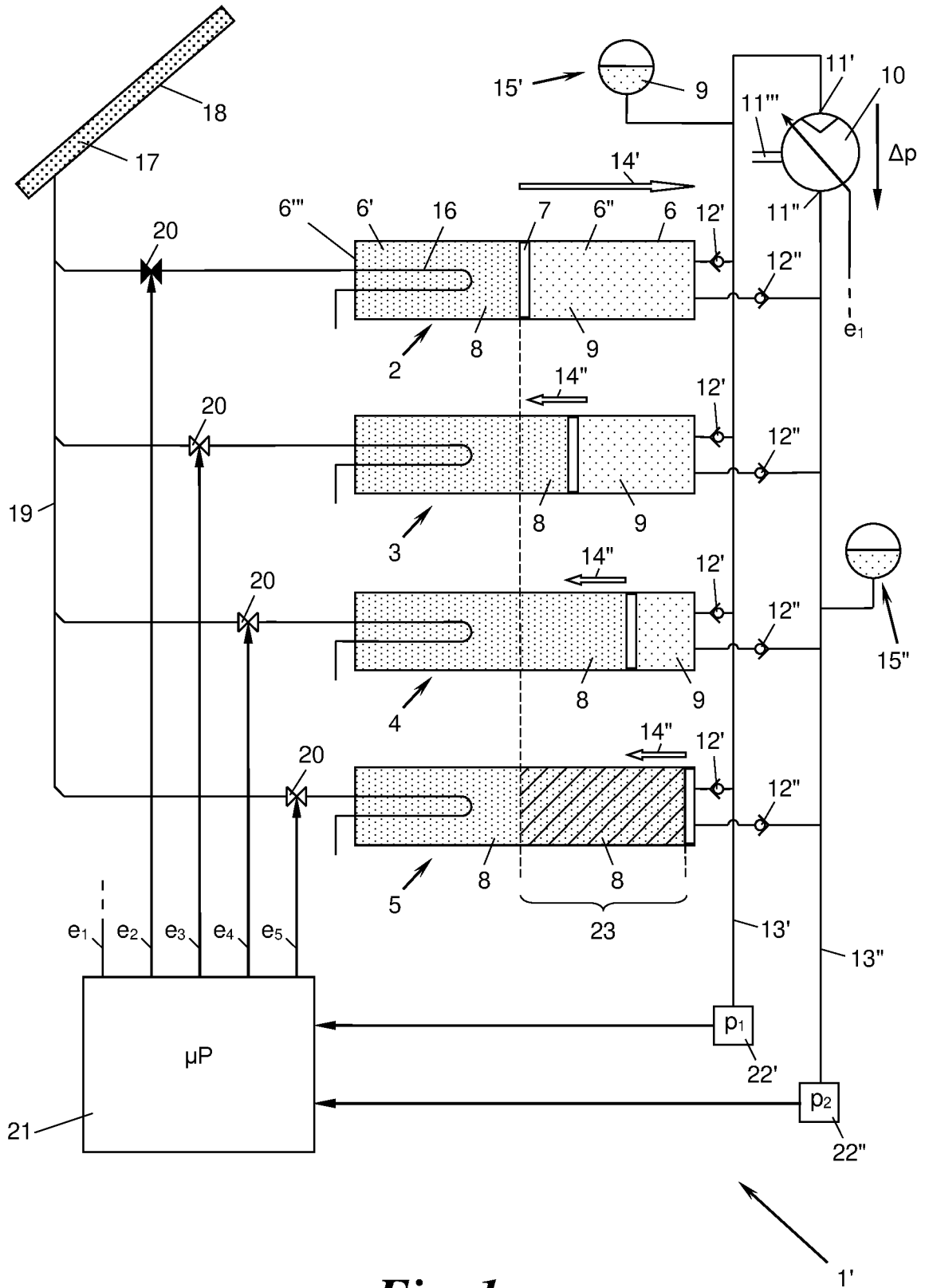
**[0041]** An ihrer Verbindungsstelle 37 können die beiden Plungerkolben 24 einen doppelwirkenden Scheibenkolben 38 tragen, der sich im Hilfszylinder 30 hin und her bewegt und dort zwei Zylinderkammern 39, 40 bildet, in denen das Vorspann- und/oder Arbeitsfluid 9 betrieben werden kann. Der Vorspanndruck für die Dehnungsfluide 8 in den Zylindern 6 der beiden Zylinder/Kolben-Einheiten 2, 3 wird dabei durch entsprechende Dimensionierung der Längen der Zylinder 6, 30 und der Plungerkolben 24 erreicht.

**[0042]** Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt, sondern umfasst alle Varianten, Modifikationen und Kombinationen, die in den Rahmen der angeschlossenen Ansprüche fallen.

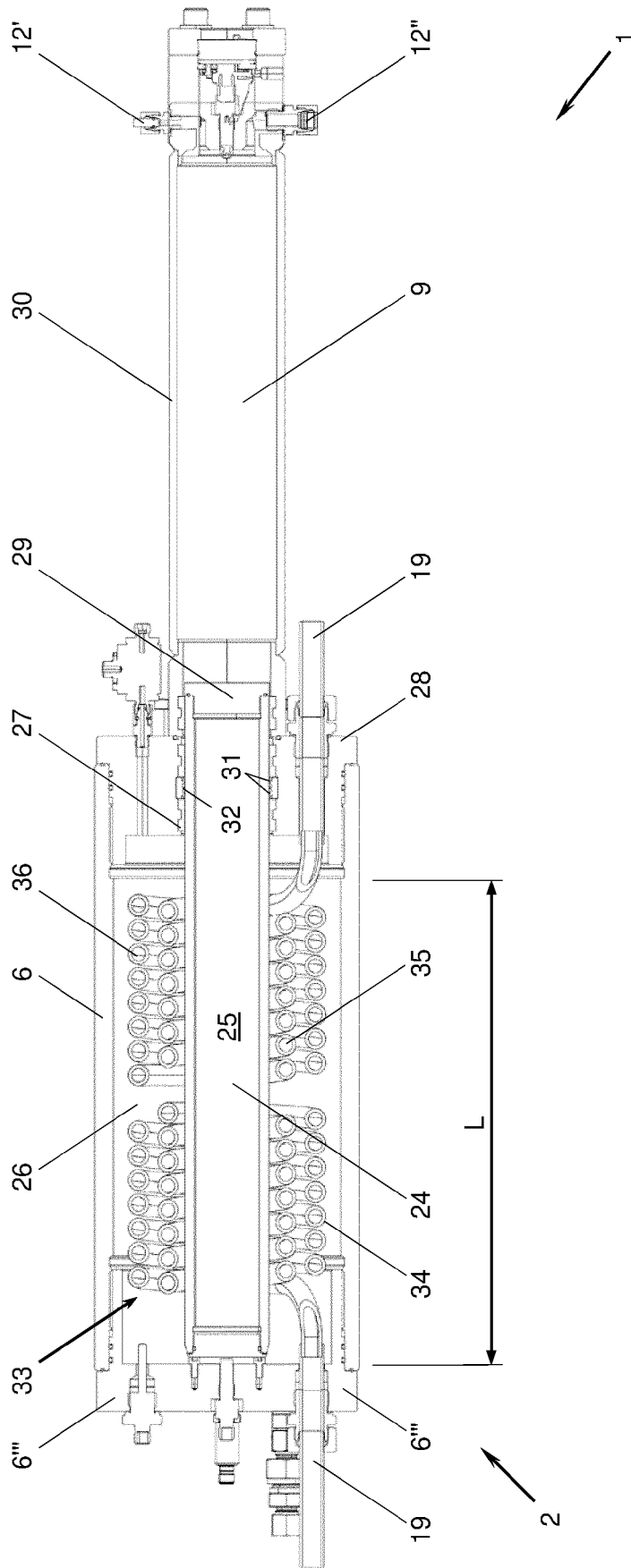
## Patentansprüche

1. Wärmekraftmaschine, insbesondere für den Nieder-temperaturbetrieb zur Verwertung von Solarwärme oder Abwärme aus biologischen oder industriellen Prozessen, mit zumindest einer Zylinder/Kolben-Einheit (2 - 5), deren Zylinder (6) zur Aufnahme eines Dehnungsfluids (8) ausgebildet ist, welches bei Temperaturänderung sein Volumen ändert und so den Kolben im Zylinder (6) bewegt, und mit Mitteln (33) zur Wärmezufuhr zum Dehnungsfluid (8) im Zylinder (6), wobei der Kolben ein Plungerkolben (24) ist, der im Zylinder (6) rund um seinen Hubraum (25) einen Ringraum (26) belässt, in welchem die Wärmezufuhrmittel (33) angeordnet sind, und wobei die

- Wärmezufuhrmittel (33) eine von einem Wärmeträgermedium durchströmbare Rohrschlange (34) aufweisen, die in zumindest einer wendelförmigen Wicklung (35, 36) um den Hubraum (25) des Plungerkolbens (24) herum angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohrschlange (34) in zumindest zwei voneinander radial beabstandeten wendelförmigen Wicklungen (35, 36) um den Hubraum (25) des Plungerkolbens (24) herum angeordnet ist. 5 10
2. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmezufuhrmittel (33) sich über mehr als die Hälfte, bevorzugt mehr als zwei Drittel, der Axiallänge (L) des Ringraums (26) erstrecken. 15
3. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinder (6) mit Kohlendioxid als Dehnungsfluid (8) gefüllt ist und auf den Plungerkolben (24) entgegengesetzt zum Dehnungsfluid (8) ein Vorspannfluid (9) wirkt, welches das Kohlendioxid unter einen Vorspanndruck setzt, der über dem Verflüssigungsdruck von Kohlendioxid liegt. 20 25
4. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Plungerkolben (24) in einer stirnseitigen Stopfbuchse (27) des Zylinders (6) axial geführt ist, welche zumindest einen Dichtring (31) aus CO<sub>2</sub>-beständigem Kunststoff und zumindest einen Gleitring (32) auf Graphitbasis, bevorzugt aus PTFE-Graphit, enthält. 30
5. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** zumindest zwei Zylinder/Kolben-Einheiten (2, 3) der genannten Art, die gegengleich zueinander angeordnet und deren Plungerkolben (24) starr miteinander verbunden sind. 35 40
6. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** zumindest zwei Zylinder/Kolben-Einheiten (2 - 5) der genannten Art, deren Plungerkolben (24) von einem gemeinsamen Vorspannfluid (9) beaufschlagt sind, um einen gemeinsamen Vorspanndruck auf die Dehnungsfluide (8) in den Zylindern (6) auszuüben. 45
7. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** eine die Wärmezufuhrmittel (33) steuernde, an einen Druckmesser (22', 22'') für den Vorspanndruck angeschlossene Steuereinrichtung (21), welche dafür ausgebildet ist, die Erwärm- und Abkühlphasen der Dehnungsfluide (8) der einzelnen Zylinder/Kolben-Einheiten (2 - 5) in Abhängigkeit vom gemessenen Vorspanndruck ( $p_1$ ,  $p_2$ ) zu steuern, um diesen innerhalb eines vorgegebenen Be- 50 55
- reichs zu halten.
8. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorspannfluid (9) von den Zylinder/Kolben-Einheiten (2 - 5) über erste Rückschlagventile (12') zu einem Eingang (11') und über entgegengesetzt gerichtete zweite Rückschlagventile (12'') zu einem Ausgang (11'') einer hydraulischen Last (10) geführt ist.

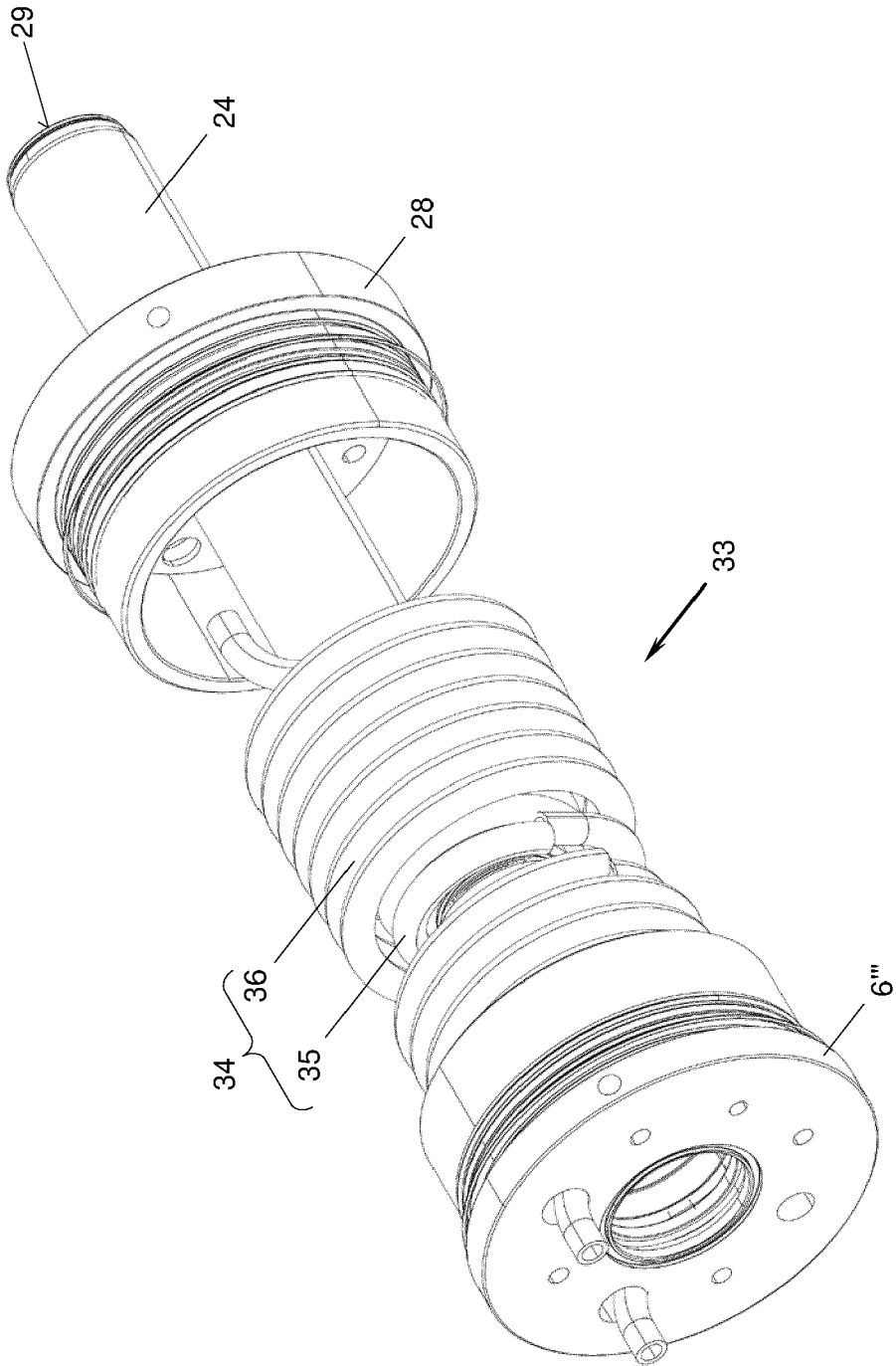


**Fig. 1**  
(Stand der Technik)

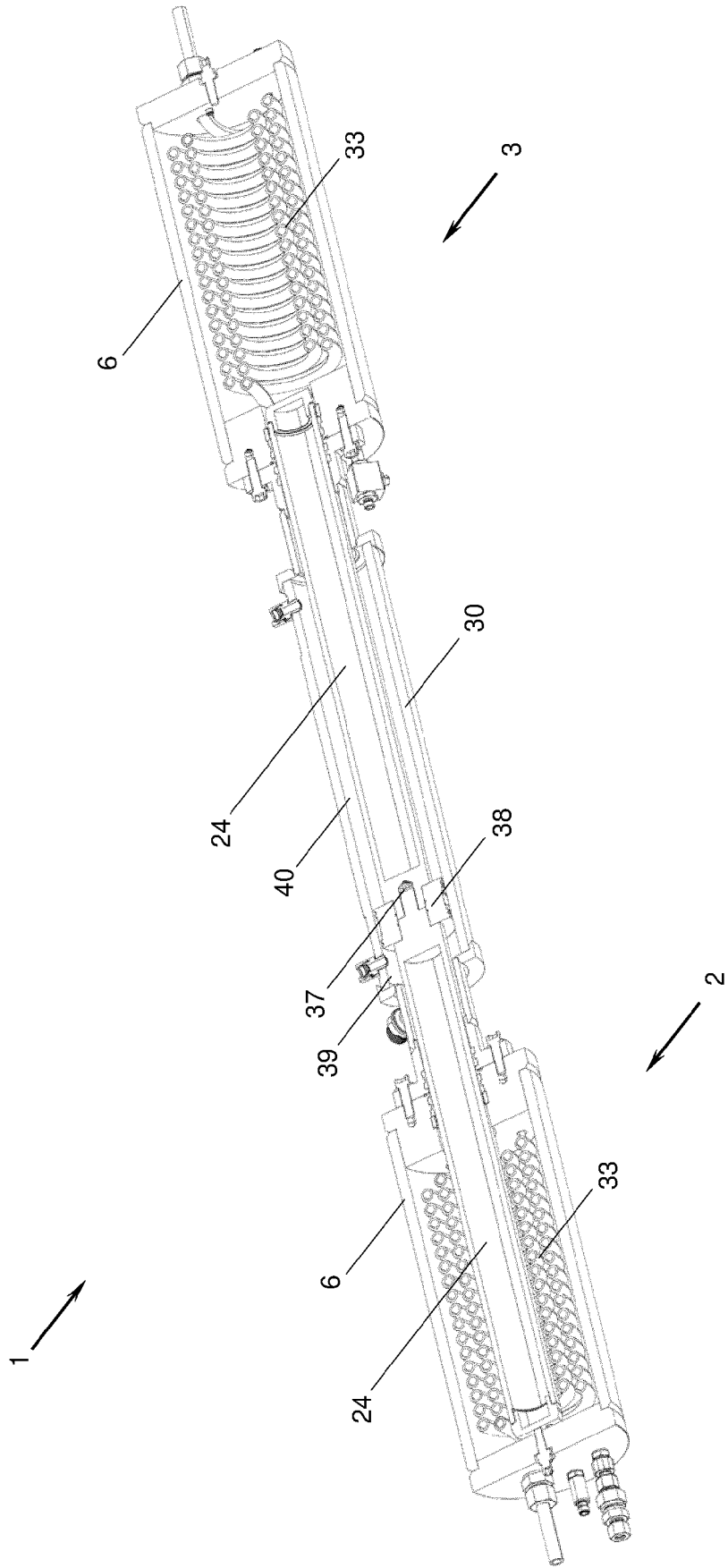


*Fig. 2*





**Fig. 3**



*Fig. 4*



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 3569

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A, D	AT 510 459 A1 (GROSSAUER JOHANN [AT]; HINTERPLATTNER JOHANN [AT] ET AL.) 15. April 2012 (2012-04-15) * Seiten 4-6; Abbildung 1 *	1-8	INV. F01K11/00
A	DE 828 988 C (SIEGFRIED GRANTZ DR ING) 21. Januar 1952 (1952-01-21) * Seite 2, Zeilen 45-101; Abbildung 1 *	1-8	
A	DE 195 46 658 A1 (IAV GMBH [DE]) 19. Juni 1997 (1997-06-19) * Absätze [0012], [0013]; Abbildung 1 *	1-8	
A	US 2019/107277 A1 (CHATROUX ANDRÉ [FR] ET AL) 11. April 2019 (2019-04-11) * Absätze [0058] - [0064]; Abbildung 1 * * Absatz [0105] *	1-8	
A	US 4 796 570 A (LAMERIS HERMAN J [NL]) 10. Januar 1989 (1989-01-10) * Spalte 2, Zeile 55 - Spalte 3, Zeile 19; Abbildung 2 *	1-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>16. Oktober 2023</b>	Prüfer <b>Röberg, Andreas</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 17 3569

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-10-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>AT 510459</b>	<b>A1</b>	<b>15-04-2012</b>	<b>KEINE</b>
-----			
<b>DE 828988</b>	<b>C</b>	<b>21-01-1952</b>	<b>KEINE</b>
-----			
<b>DE 19546658</b>	<b>A1</b>	<b>19-06-1997</b>	<b>KEINE</b>
-----			
<b>US 2019107277</b>	<b>A1</b>	<b>11-04-2019</b>	<b>CA 3019206 A1</b>
			<b>19-10-2017</b>
		<b>DK 3443264 T3</b>	<b>02-03-2020</b>
		<b>EP 3443264 A1</b>	<b>20-02-2019</b>
		<b>FR 3050254 A1</b>	<b>20-10-2017</b>
		<b>JP 6794466 B2</b>	<b>02-12-2020</b>
		<b>JP 2019516055 A</b>	<b>13-06-2019</b>
		<b>US 2019107277 A1</b>	<b>11-04-2019</b>
		<b>WO 2017178725 A1</b>	<b>19-10-2017</b>
-----			
<b>US 4796570</b>	<b>A</b>	<b>10-01-1989</b>	<b>AU 593932 B2</b>
			<b>22-02-1990</b>
		<b>BR 8704337 A</b>	<b>19-04-1988</b>
		<b>CA 1309907 C</b>	<b>10-11-1992</b>
		<b>CN 87105782 A</b>	<b>09-03-1988</b>
		<b>CS 273331 B2</b>	<b>12-03-1991</b>
		<b>DD 262063 A5</b>	<b>16-11-1988</b>
		<b>EP 0257719 A1</b>	<b>02-03-1988</b>
		<b>ES 2022876 B3</b>	<b>16-12-1991</b>
		<b>IN 170062 B</b>	<b>01-02-1992</b>
		<b>JP 2523336 B2</b>	<b>07-08-1996</b>
		<b>JP S6361805 A</b>	<b>18-03-1988</b>
		<b>NO 166300 B</b>	<b>18-03-1991</b>
		<b>PT 85577 A</b>	<b>17-08-1988</b>
		<b>SU 1658828 A3</b>	<b>23-06-1991</b>
		<b>US 4796570 A</b>	<b>10-01-1989</b>
		<b>ZA 876257 B</b>	<b>01-03-1988</b>
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- AT 510459 A1 [0002]
- EP 2238318 B1 [0003] [0013]
- EP 2668374 B1 [0003] [0013] [0016] [0030]
- US 20110100002 A1 [0003]
- US 10975697 B2 [0003]