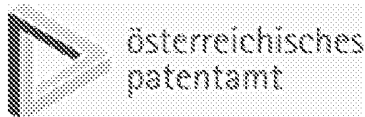


(19)



(10)

AT 514817 A1 2015-04-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50625/2013
 (22) Anmeldetag: 27.09.2013
 (43) Veröffentlicht am: 15.04.2015

(51) Int. Cl.: **F01B 17/04** (2006.01)
F01B 7/16 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 DE 3215487 A1
 US 1798816 A

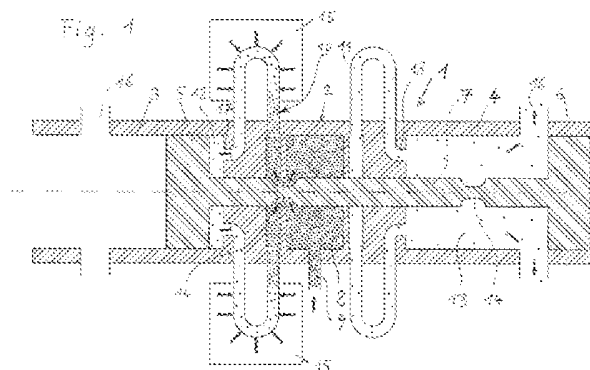
(71) Patentanmelder:
 Knopf Richard Matthias
 3003 Gablitz (AT)

(72) Erfinder:
 Knopf Richard Matthias
 3003 Gablitz (AT)

(74) Vertreter:
 BABELUK MICHAEL DIPL.ING. MAG.
 WIEN

(54) Verfahren zur Gewinnung mechanischer Arbeit

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung mechanischer Arbeit aus der Entspannung eines Fluids in einer Expansionsmaschine mit einem ersten und einem zweiten Zylinder (3, 4) mit gemeinsamer Achse, die beidseits eines gemeinsamen Zylinderkopfs (2) angeordnet sind, wobei im ersten und im zweiten Zylinder (3, 4) ein erster bzw. ein zweiter Kolben (5, 6) beweglich angeordnet ist, und wobei die Kolben (5, 6) durch eine gemeinsame Kolbenstange (7) miteinander verbunden sind, wobei das Fluid im Bereich des Zylinderkopfs (2) in die Zylinder (3, 4) eingebracht wird. Erfindungsgemäß wird ein hoher Wirkungsgrad dadurch erreicht, dass der Einlass des Fluids in die Zylinder (3, 4) durch die gemeinsame Kolbenstange (7) gesteuert wird.



Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung mechanischer Arbeit aus der Entspannung eines Fluids in einer Expansionsmaschine mit einem ersten und einem zweiten Zylinder mit gemeinsamer Achse, die beidseits eines gemeinsamen Zylinderkopfs angeordnet sind, wobei im ersten und im zweiten Zylinder ein erster bzw. ein zweiter Kolben beweglich angeordnet ist, und wobei die Kolben durch eine gemeinsame Kolbenstange miteinander verbunden sind, wobei das Fluid im Bereich des Zylinderkopfs in die Zylinder eingebracht wird.

Die Gewinnung mechanischer Arbeit durch Expansion von Fluiden, beispielsweise aber nicht ausschließlich Wasserdampf, erfolgt bei größeren Leistungen nahezu ausschließlich unter Verwendung von Turbomaschinen, da diese hohe Wirkungsgrade bei kompaktem und kostengünstigen Aufbau aufweisen. Im Bereich kleinerer Leistungen etwa im Kilowatt-Bereich sind Kolbenmaschinen jedoch nach wie vor konkurrenzfähig, da mit Turbomaschinen hier nur relativ geringe Wirkungsgrade erzielbar sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft solche Kolbenmaschinen und Verfahren zum Betreiben dieser Kolbenmaschinen zur Expansion von Fluiden allgemein und von Wasserdampf im Besonderen.

Ein solches Verfahren wird beispielsweise durch sogenannte Gleichstromdampfmaschinen verwirklicht. Diese Bauart von Dampfmaschinen besitzt den Vorteil, dass Einströmung und Ausströmung von Dampf jeweils an einander gegenüberliegenden Enden des Zylinders erfolgt, d.h., dass der Dampf den Zylinder nur in einer Richtung durchströmt und sich daher in Längsrichtung ein Temperaturgefälle im Zylinder einstellen kann. Dies verringert die Gefahr von Kondensationseffekten im Zylinder und wirkt sich positiv auf den Wirkungsgrad aus. Solche Dampfmaschinen haben in der Bauform Stumpf in verschiedenen Anwendungsgebieten beachtliche Erfolge erzielt.

Besondere Vorteile haben Maschinen mit coaxial angeordneten Zylindern, die mit dem Gleichstromverfahren arbeiten. Eine solche Maschine ist in der GB 16 274 A beschrieben. Dabei wird der Dampf über Ventile im Bereich eines gemeinsamen Zylinderkopfs in die Zylinderinnenräume geführt und über Steuerschlitze an den gegenüberliegenden Enden abgeführt. Nachteilig bei dieser Lösung sind einerseits

ein aufwendiger Aufbau und andererseits ein relativ harter Lauf einer solchen Maschine.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das oben beschriebene Verfahren so weiterzubilden, dass diese Nachteile überwunden werden und ein hoher Wirkungsgrad und ein ruhiger Lauf erzielt werden. Eine weitere Aufgabe ist es eine konstruktiv einfache Expansionsmaschine anzugeben, mit der ein solches Verfahren ausgeführt werden kann.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Einlass des Fluids in die Zylinder durch die gemeinsame Kolbenstange gesteuert wird. Dadurch kann eine wesentliche Vereinfachung gegenüber bekannten Lösungen erreicht werden. Es hat sich auch bei Versuchen herausgestellt, dass ein besonders ruhiger Lauf und ein hoher Wirkungsgrad durch diese Maßnahmen erzielbar sind.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn Auslassöffnungen in einem Bereich entfernt vom gemeinsamen Zylinderkopf durch die Kolben aufgesteuert werden. Damit ist es möglich, völlig ohne Steuerventile auszukommen.

Ein besonders hoher Wirkungsgrad kann dadurch erreicht werden, dass das Fluid stromabwärts eines Steuerschiebers nacherwärmt wird. Naturgemäß sinkt die Temperatur des Zylinderinhalts während der Expansion ab, was durch den damit verbundenen Druckabfall den Wirkungsgrad entsprechend verringert. Dieser Nachteil kann durch die Nacherwärmung gemildert werden, insbesondere dann, wenn die Nacherwärmung über einen nicht unwesentlichen Teil der Expansion wirksam ist.

Ein besonders weicher Lauf der Maschine wird dadurch erreicht, dass das Fluid von einer Einströmkammer über eine Resonanzleitung in die Zylinder erfolgt. Die Resonanzleitung hat dabei die Aufgabe, eine gewisse Verzögerung bei der Einströmung des Fluids in die Zylinder zu verursachen, was insbesondere einem weichen Lauf zugutekommt. Auch die oben beschriebene Nacherwärmung kann so besonders vorteilhaft durchgeführt werden.

Insbesondere ist es dabei von Vorteil, wenn das Verfahren so geführt wird, dass bei Erreichen des oberen Totpunkts eines Kolbens folgende Schritte ausgeführt werden:

- es wird eine Verbindung zwischen der Einströmkammer und einem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung hergestellt, so dass Fluid in die Resonanzleitung einströmt, um weiter in den Zylinder zu strömen;
- es wird die Verbindung zwischen der Einströmkammer und einem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung unterbrochen;
- es wird eine Verbindung zwischen dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung und einem stromaufwärtigen Ende einer Bypassleitung hergestellt, die kürzer ist als die Resonanzleitung.
- es wird die Verbindung zwischen dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung und einem stromaufwärtigen Ende einer Bypassleitung unterbrochen.

Dadurch wird nach der Beendigung der Zufuhr von heißem Fluid aus der Einströmkammer die Möglichkeit geschaffen, dass das Fluid aus dem Bereich des stromaufwärtigen Endes einer Bypassleitung eine „Abkürzung“ in den Zylinder nehmen kann. Dies ist vorteilhaft, da dieses Fluid aufgrund der Gasdynamik und des Widerstands in der Bypassleitung noch einen höheren Druck und eine höhere Temperatur aufweist als das Fluid im Zylinderraum. Ein zusätzlicher Effekt besteht darin, dass die Bypassleitung in der Kompressionsphase des Kolbens auch vor dem Öffnen der Verbindung zwischen Einströmkammer und dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung eine Verbindung zwischen Zylinderraum und dem stromaufwärtigen Ende der Bypassleitung herstellt, so dass der auf den Kolben wirkende Gegendruck verringert werden kann.

Die Erfindung betrifft auch eine Expansionsmaschine mit einem ersten und einem zweiten Zylinder mit gemeinsamer Achse, die beidseits eines gemeinsamen Zylinderkopfs angeordnet sind, wobei im ersten und im zweiten Zylinder ein erster bzw. ein zweiter Kolben beweglich angeordnet ist, und wobei die Kolben durch eine gemeinsame Kolbenstange miteinander verbunden sind, mit mindestens einer Einlassöffnung für jeden Zylinder, die im Bereich der Zylinderkopfs angeordnet ist, und mit mindestens einer Auslassöffnung für jeden Zylinder, die in einem Bereich entfernt vom Zylinderkopf angeordnet ist.

Erfindungsgemäß ist im Zylinderkopf mindestens eine Einströmkammer vorgesehen, die über einen fest mit der Kolbenstange verbundenen Steuerschieber mit einer Einlassöffnung verbunden ist. Insbesondere ist dabei die Kolbenstange selbst als Steuerschieber ausgebildet.

Konstruktiv besonders günstig ist es, wenn eine gemeinsame Einströmkammer für beide Zylinder vorgesehen ist. Dabei können unerwünschte Druckabfälle weitgehend vermieden werden, wenn die gemeinsame Einströmkammer ein Volumen aufweist, das mindestens ein Sechstel, vorzugsweise mindestens die Hälfte des Hubvolumens eines Zylinders aufweist. Auch können so unerwünschte Druckschwankungen im Versorgungsnetz stromaufwärts der Einströmkammer minimiert werden.

In einer besonders begünstigten Ausführungsvariante der Erfindung ist mindestens ein Wärmetauscher zum Nacherwärmen des Fluids stromabwärts eines Steuerschiebers vorgesehen. Dadurch kann Wärme auch während der Expansionsbewegung des Kolbens zugeführt werden, was zu einer entsprechenden Wirkungsgradverbesserung führt, da eine Annäherung an die an sich günstigere isotherme Expansion erreicht wird.

Die erfindungsgemäße Expansionsmaschine besitzt besondere Vorteile dann, wenn für jeden Zylinder mindestens eine Resonanzleitung vorgesehen ist, die die Einströmkammer über den Steuerschieber mit dem Zylinderraum verbindet. Die Resonanzleitung verursacht dynamische Strömungseffekte, d.h., dass im Bereich des oberen Totpunkts, während der Öffnung des Steuerschiebers in der Resonanzleitung nicht ein Gleichgewichtszustand vorliegt, sondern ein Druckgefälle, das sich aufgrund der Länge und des geringen Durchmessers der Resonanzleitung nur langsam abbaut. Dadurch wird auch nach dem Schließen des Steuerschiebers ein Nachströmeffekt bewirkt, der sich positiv auf Laufruhe und Wirkungsgrad auswirkt.

Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, dass die Resonanzleitung lang und dünn ist. Insbesondere hat es sich als günstig herausgestellt, wenn die Resonanzleitung eine Länge aufweist, die zwischen dem zehnfachen und dem tausendfachen, vorzugsweise zwischen dem zwanzigfachen und dem fünfhundertfachen hydraulischen Durchmesser an ihrer engsten Stelle liegt. Der

hydraulische Durchmesser entspricht bei kreisförmigen Querschnitten dem geometrischen Innendurchmesser, ansonsten der vierfachen Querschnittsfläche, geteilt durch den benetzten Umfang.

Als konstruktiv vorteilhaft wurde erkannt, die Resonanzleitung aus dem gemeinsamen Zylinderkopf herauszuführen. Insbesondere ist es dabei zur Steigerung des Wirkungsgrads möglich, dass die Resonanzleitung durch einen Wärmetauscher zum Nacherwärmen des Fluids geführt ist.

Eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrads kann dadurch erreicht werden, dass parallel zur Resonanzleitung eine im Vergleich zu dieser kürzere Bypassleitung vorgesehen ist. Besonders einfach ist es dabei, wenn die Bypassleitung über den Steuerschieber gesteuert ist.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist die erfindungsgemäße Expansionsmaschine als Freikolbenmaschine ausgebildet. Dies kann insbesondere so genutzt werden, dass mit den Kolben ein Lineargenerator zur Erzeugung elektrischen Stroms verbunden ist.

Alternativ dazu kann in herkömmlicher Weise mit den Kolben ein Kurbeltrieb verbunden sein.

In der Folge wird die vorliegende Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen: Fig. 1 eine erste Ausführungsvariante der Erfindung schematisch im Schnitt, die Fig. 2 eine Alternativvariante in einer analogen Darstellung.

Die Expansionsmaschine von Fig. 1 besteht aus einem Zylinderblock 1, der einen gemeinsamen Zylinderkopf 2 umfasst, an den ein erster Zylinder 3 und ein zweiter Zylinder 4 anschließen. Im ersten Zylinder 3 ist ein erster Kolben 5 und im zweiten Zylinder 4 ist ein zweiter Kolben 6 in Axialrichtung beweglich. Die Kolben 5, 6 sind durch eine gemeinsame Kolbenstange 7 fest miteinander verbunden. In Fig. 1 ist der erste Kolben 5 in der Nähe seines oberen Totpunkts dargestellt, so dass sich der zweite Kolben 6 in der Nähe seines unteren Totpunkts befindet.

Im Zylinderkopf 2 ist eine Einströmkammer 8 vorgesehen, die über eine Versorgungsleitung 9 laufend mit unter Druck stehendem Fluid, im vorliegenden

Fall Frischdampf versorgt wird. Das Volumen der Einströmkammer 8 beträgt hier etwa 60% des Hubvolumens eines der Zylinder 3, 4.

Eine erste Resonanzleitung 10 ist aus dem Zylinderkopf 2 herausgeführt und steht mit dem ersten Zylinderraum 12 in dauerhafter Verbindung. Analog dazu ist eine zweite Resonanzleitung 11 ebenfalls aus dem Zylinderkopf 2 herausgeführt und steht mit dem zweiten Zylinderraum 13 in dauerhafter Verbindung. Die Verbindung der Resonanzleitungen 10, 11 an ihren stromabwärtigen Enden mit den Zylinderräumen 12, 13 erfolgt über Einlassöffnungen 17, 18.

Die Kolbenstange 7 ist durch Ausnehmungen 14 als Steuerschieber ausgebildet, um im Bereich des oberen Totpunkts der Kolben 5, 6 eine Verbindung zwischen der Einströmkammer 8 und dem stromaufwärtigen Ende der jeweiligen Resonanzleitung 10, 11 herzustellen.

Wärmetauscher 15 dienen zur zusätzlichen Erwärmung des Fluids in den Resonanzleitungen 10, 11, also beim Betrieb mit Dampf einer Überhitzung des Dampfs, wobei zur Vereinfachung der Darstellung nur die Wärmetauscher 15 auf den ersten Resonanzleitungen 10 dargestellt sind.

Auslassöffnungen 16, die von den Kolben 5, 6 im Bereich ihres unteren Totpunkts aufgesteuert werden, dienen zum Auslass des entspannten Fluids.

In der Folge wird der Betrieb der erfindungsgemäßen Expansionsmaschine näher erläutert.

In der in der Fig. 1 dargestellten Stellung ist durch die Ausnehmungen 14 der Kolbenstange 7 eine Strömungsverbindung zwischen der Einströmkammer 8 und der ersten Resonanzleitung 10 hergestellt. Heißer Frischdampf strömt dann in die erste Resonanzleitung 10 ein, wobei aufgrund der dynamischen Effekte Druck und Temperatur am stromaufwärtigen Ende der ersten Resonanzleitung 10 höher sind als stromabwärts davon. Allerdings erfolgt eine Erwärmung und Überhitzung des Dampfs im Wärmetauscher 15, bevor der Dampf in den ersten Zylinderraum 12 einströmt. Während der Entspannung durch die Kolbenbewegung strömt weiter Dampf in den Zylinderraum 12, ein, und zwar in geringem Umfang auch noch nach dem Schließen der Verbindung zwischen der Einströmkammer 8 und der ersten

Resonanzleitung 10. Dadurch wird in Verbindung mit der Nacherwärmung im Wärmetauscher 15 an Stelle einer adiabaten Expansion eine Annäherung an eine thermodynamisch an sich günstigere isotherme Expansion erreicht.

Im Bereich des unteren Totpunkts werden die Auslassöffnungen 16 aufgesteuert, um das entspannte Fluid ausströmen zu lassen. Bei der nachfolgenden Kompression dient die Resonanzleitung 10 als Puffervolumen, das die Kompressionsarbeit verringert.

Die Ausführungsvariante von Fig. 2 unterscheidet sich von der von Fig. 1 dadurch, dass durch eine Bypassleitung 19 eine zusätzliche Verbindung zwischen dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung 10 und dem Zylinderraum 12 verwirklicht ist. Eine analoge Verbindung durch eine weitere Bypassleitung zwischen der Einströmkammer 8 und dem zweiten Zylinderraum 13 ist zur Vereinfachung nicht dargestellt.

Die Bypassleitung 19 wird bei der Expansionsbewegung durch eine Steuerkante 20 aufgesteuert, nachdem der Steuerschieber 7 die Verbindung zwischen der Einströmkammer 8 und dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung 10 unterbrochen hat. Durch diese zusätzliche Verbindung können die Drosselverluste in der Resonanzleitung 10 verringert werden. Eine analoge Verbindung durch die Bypassleitung 19 während der Kompressionsphase dient ebenfalls der Verringerung von Strömungsverlusten.

Bei beiden der oben beschriebenen Ausführungsvarianten kann mechanisch Arbeit oder elektrische Energie dadurch gewonnen werden, dass entweder ein Lineargenerator oder ein Kurbeltrieb mit den Kolben verbunden ist, was in den Figuren nicht dargestellt ist.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, Arbeitsmaschinen darzustellen, die einen einfachen Aufbau und einen hohen Wirkungsgrad aufweisen.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Gewinnung mechanischer Arbeit aus der Entspannung eines Fluids in einer Expansionsmaschine mit einem ersten und einem zweiten Zylinder (3, 4) mit gemeinsamer Achse, die beidseits eines gemeinsamen Zylinderkopfs (2) angeordnet sind, wobei im ersten und im zweiten Zylinder (3, 4) ein erster bzw. ein zweiter Kolben (5, 6) beweglich angeordnet ist, und wobei die Kolben (5, 6) durch eine gemeinsame Kolbenstange (7) miteinander verbunden sind, wobei das Fluid im Bereich des Zylinderkopfs (2) in die Zylinder (3, 4) eingebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlass des Fluids in die Zylinder (3, 4) durch die gemeinsame Kolbenstange (7) gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Auslassöffnungen (16) in einem Bereich entfernt vom gemeinsamen Zylinderkopf (2) durch die Kolben (5, 6) aufgesteuert werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid stromabwärts eines Steuerschiebers (7) vor dem Einströmen in einen Zylinderraum (12, 13) nacherwärmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid von einer Einströmkammer (8) über eine Resonanzleitung (10, 11) in die Zylinder (3, 4) erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erreichen des oberen Totpunkts eines Kolbens (5, 6) folgende Schritte ausgeführt werden:
 - es wird eine Verbindung zwischen der Einströmkammer und einem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung (10, 11) hergestellt, so dass Fluid in die Resonanzleitung (10, 11) einströmt, um weiter in den Zylinder (3, 4) zu strömen;

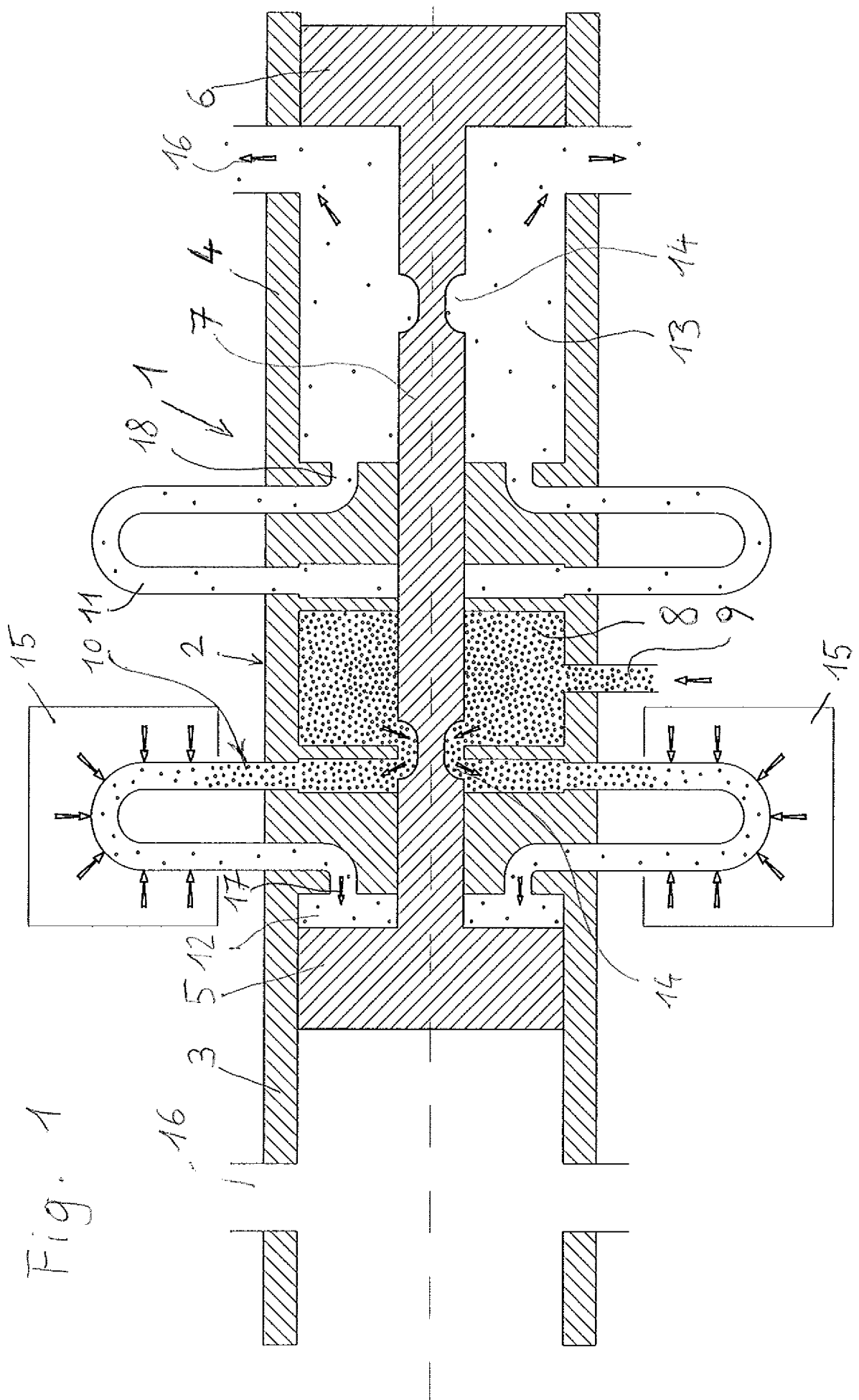
- es wird die Verbindung zwischen der Einströmkammer (8) und einem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung (10, 11) unterbrochen;
 - es wird eine Verbindung zwischen dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung (10, 11) und einem stromaufwärtigen Ende einer Bypassleitung (19) hergestellt, die kürzer ist als die Resonanzleitung (10, 11).
 - es wird die Verbindung zwischen dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung (10, 11) und einem stromaufwärtigen Ende einer Bypassleitung (19) unterbrochen.
6. Expansionsmaschine mit einem ersten und einem zweiten Zylinder (3, 4) mit gemeinsamer Achse, die beidseits eines gemeinsamen Zylinderkopfs (2) angeordnet sind, wobei im ersten und im zweiten Zylinder (3, 4) jeweils ein erster bzw. ein zweiter Kolben (5, 6) beweglich angeordnet ist, und wobei die Kolben (5, 6) durch eine gemeinsame Kolbenstange (7) miteinander verbunden sind, mit mindestens einer Einlassöffnung (17, 18) für jeden Zylinder (3, 4), die im Bereich der Zylinderkopfs (2) angeordnet ist, und mit mindestens einer Auslassöffnung (16) für jeden Zylinder (3, 4), die in einem Bereich entfernt vom Zylinderkopf (2) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass im Zylinderkopf (2) mindestens eine Einströmkammer (8) vorgesehen ist, die über einen fest mit der Kolbenstange (7) verbundenen Steuerschieber mit einer Einlassöffnung verbunden ist.
 7. Expansionsmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenstange (7) als Steuerschieber ausgebildet ist.
 8. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine gemeinsame Einströmkammer (8) für beide Zylinder (3, 4) vorgesehen ist.
 9. Expansionsmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die gemeinsame Einströmkammer (8) ein Volumen aufweist, das mindestens ein Sechstel, vorzugsweise mindestens die Hälfte des Hubvolumens eines Zylinders (3, 4) aufweist.

10. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Bereich entfernt vom gemeinsamen Zylinderkopf (2) Auslassöffnungen (16) vorgesehen sind, die durch die Kolben (5, 6) aufgesteuert werden.
11. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wärmetauscher (15) zum Nacherwärmen des Fluids stromabwärts eines Steuerschiebers (7) vorgesehen ist.
12. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden Zylinder (3, 4) mindestens eine Resonanzleitung (10, 11) vorgesehen ist, die die Einströmkammer (8) über den Steuerschieber (7) mit dem Zylinderraum (12, 13) verbindet.
13. Expansionsmaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonanzleitung (10, 11) eine Länge aufweist, die zwischen dem zehnfachen und dem tausendfachen, vorzugsweise zwischen dem zwanzigfachen und dem fünfhundertfachen hydraulischen Durchmesser an ihrer engsten Stelle liegt.
14. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonanzleitung (10, 11) aus dem gemeinsamen Zylinderkopf (2) herausgeführt ist.
15. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonanzleitung (10, 11) durch einen Wärmetauscher (15) zum Nacherwärmen des Fluids geführt ist.
16. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zur Resonanzleitung (10, 11) eine im Vergleich zu dieser kürzere Bypassleitung (19) vorgesehen ist.
17. Expansionsmaschine nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Bypassleitung (19) über den Steuerschieber (7) gesteuert ist.

18. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Kolben (5, 6) ein Lineargenerator zur Erzeugung elektrischen Stroms verbunden ist.
19. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Kolben (5, 6) ein Kurbeltrieb mechanisch verbunden ist.

2013 09 27

Ba



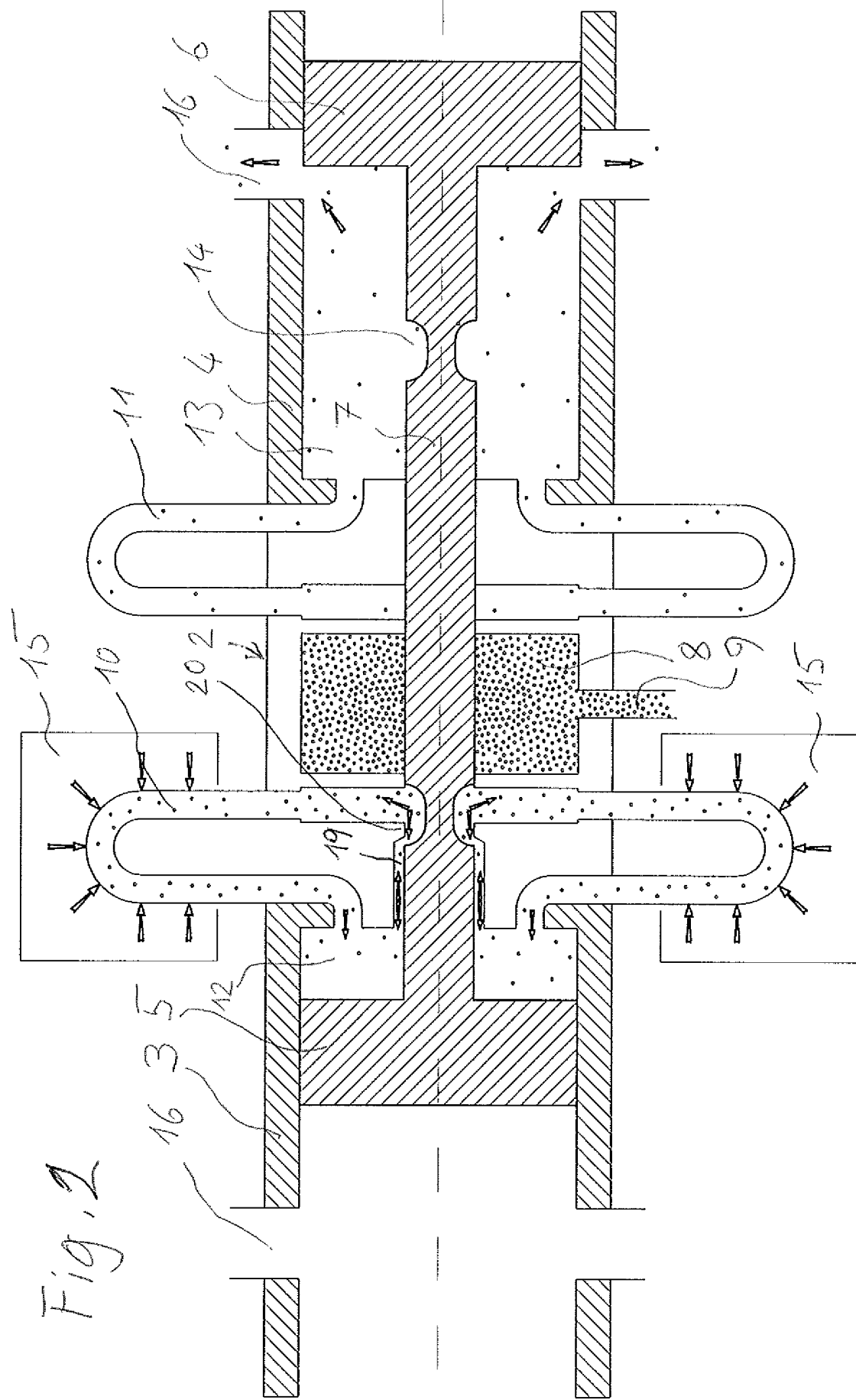


Fig. 2

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
F01B 17/04 (2006.01); **F01B 7/16** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
F01B 17/04 (2013.01); **F01B 7/16** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
F01B, F01K

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **27.09.2013** eingereichten Ansprüchen **1-19** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 3215487 A1 (OSTERBURG ET AL.) 03. November 1983 (03.11.1983) gesamtes Dokument;	1, 2, 6-8, 10, 18, 19
A	US 1798816 A (STEVENS) 31. März 1931 (31.03.1931) Fig. 1-9; Seite 1, Zeilen 58-92	1, 2, 4, 6, 10, 12, 13, 18, 19

Datum der Beendigung der Recherche:
23.04.2014

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

HÖRZER Klaus

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

(n e u e) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Gewinnung mechanischer Arbeit aus der Entspannung eines Fluids in einer Expansionsmaschine mit einem ersten und einem zweiten Zylinder (3, 4) mit gemeinsamer Achse, die beidseits eines gemeinsamen Zylinderkopfs (2) angeordnet sind, wobei im ersten und im zweiten Zylinder (3, 4) ein erster bzw. ein zweiter Kolben (5, 6) beweglich angeordnet ist, und wobei die Kolben (5, 6) durch eine gemeinsame Kolbenstange (7) miteinander verbunden sind, wobei das Fluid im Bereich des Zylinderkopfs (2) in die Zylinder (3, 4) eingebracht wird, wobei der Einlass des Fluids in die Zylinder (3, 4) durch die als Steuerschieber wirkende gemeinsame Kolbenstange (7) gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid stromabwärts des Steuerschiebers (7) vor dem Einströmen in einen Zylinderraum (12, 13) nacherwärmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid von einer Einströmkammer (8) über eine Resonanzleitung (10, 11) in die Zylinder (3, 4) eingeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erreichen des oberen Totpunkts eines Kolbens (5, 6) folgende Schritte ausgeführt werden:
 - es wird eine Verbindung zwischen der Einströmkammer und einem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung (10, 11) hergestellt, so dass Fluid in die Resonanzleitung (10, 11) einströmt, um weiter in den Zylinder (3, 4) zu strömen;
 - es wird die Verbindung zwischen der Einströmkammer (8) und einem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung (10, 11) unterbrochen;
 - es wird eine Verbindung zwischen dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung (10, 11) und einem stromaufwärtigen Ende einer Bypassleitung (19) hergestellt, die kürzer ist als die Resonanzleitung (10, 11).

- es wird die Verbindung zwischen dem stromaufwärtigen Ende der Resonanzleitung (10, 11) und einem stromaufwärtigen Ende einer Bypassleitung (19) unterbrochen.
4. Expansionsmaschine mit einem ersten und einem zweiten Zylinder (3, 4) mit gemeinsamer Achse, die beidseits eines gemeinsamen Zylinderkopfs (2) angeordnet sind, wobei im ersten und im zweiten Zylinder (3, 4) jeweils ein erster bzw. ein zweiter Kolben (5, 6) beweglich angeordnet ist, und wobei die Kolben (5, 6) durch eine gemeinsame Kolbenstange (7) miteinander verbunden sind, mit mindestens einer Einlassöffnung (17, 18) für jeden Zylinder (3, 4), die im Bereich der Zylinderkopfs (2) angeordnet ist, und mit mindestens einer Auslassöffnung (16) für jeden Zylinder (3, 4), die in einem Bereich entfernt vom Zylinderkopf (2) angeordnet ist, wobei im Zylinderkopf (2) mindestens eine Einströmkammer (8) vorgesehen ist, die über eine als Steuerschieber ausgebildete Kolbenstange (7) mit einer Einlassöffnung verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wärmetauscher (15) zum Nacherwärmen des Fluids stromabwärts eines Steuerschiebers (7) vorgesehen ist.
 5. Expansionsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine gemeinsame Einströmkammer (8) für beide Zylinder (3, 4) vorgesehen ist.
 6. Expansionsmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die gemeinsame Einströmkammer (8) ein Volumen aufweist, das mindestens ein Sechstel, vorzugsweise mindestens die Hälfte des Hubvolumens eines Zylinders (3, 4) aufweist.
 7. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden Zylinder (3, 4) mindestens eine Resonanzleitung (10, 11) vorgesehen ist, die die Einströmkammer (8) über den Steuerschieber (7) mit dem Zylinderraum (12, 13) verbindet.
 8. Expansionsmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonanzleitung (10, 11) eine Länge aufweist, die zwischen dem zehnfachen und dem tausendfachen, vorzugsweise zwischen dem zwanzigfachen und dem fünfhundertfachen hydraulischen Durchmesser an ihrer engsten Stelle liegt.

9. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonanzleitung (10, 11) aus dem gemeinsamen Zylinderkopf (2) herausgeführt ist.
10. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonanzleitung (10, 11) durch einen Wärmetauscher (15) zum Nacherwärmen des Fluids geführt ist.
11. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zur Resonanzleitung (10, 11) eine im Vergleich zu dieser kürzere Bypassleitung (19) vorgesehen ist.
12. Expansionsmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Bypassleitung (19) über den Steuerschieber (7) gesteuert ist.
13. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Kolben (5, 6) ein Lineargenerator zur Erzeugung elektrischen Stroms verbunden ist.
14. Expansionsmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Kolben (5, 6) ein Kurbeltrieb mechanisch verbunden ist.

2014 10 03; Ba