

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 645 719 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.04.2006 Patentblatt 2006/15

(51) Int Cl.:
F01C 1/344^(2006.01) F01C 11/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05020570.7**

(22) Anmeldetag: **21.09.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **24.09.2004 DE 102004046683**

(71) Anmelder:
• **Würtz, Michael**
22083 Hamburg (DE)
• **Scheel, Jan-Hinnerk**
22927 Grosshansdorf (DE)

(72) Erfinder:
• **Würtz, Michael**
22083 Hamburg (DE)
• **Scheel, Jan-Hinnerk**
22927 Grosshansdorf (DE)

(74) Vertreter: **Grebner, Christian Georg Rudolf**
Patentanwälte
Seemann & Partner
Ballindamm 3
20095 Hamburg (DE)

(54) Motor und Kraftgewinnungsverfahren

(57) Die Erfindung betrifft einen Motor (1), umfassend eine Verdichtungseinheit (10), eine Expansionseinheit (30) und eine Verbindungsvorrichtung (20) mit einem Energiezufuhrmittel, wobei die Verbindungsvorrichtung (20) einen Lufteinlassbereich (23) und einen Gasauslassbereich (24) umfasst. Weiter betrifft die Erfindung ein

Kraftgewinnungsverfahren.

Der erfindungsgemäße Motor (1) und das erfindungsgemäße Kraftgewinnungsverfahren zeichnen sich dadurch aus, dass die Verbindungsvorrichtung (20) im Lufteinlassbereich (23) von der Verdichtungseinheit (10) und im Gasauslassbereich (24) von der Expansionseinheit (30) begrenzt ist.

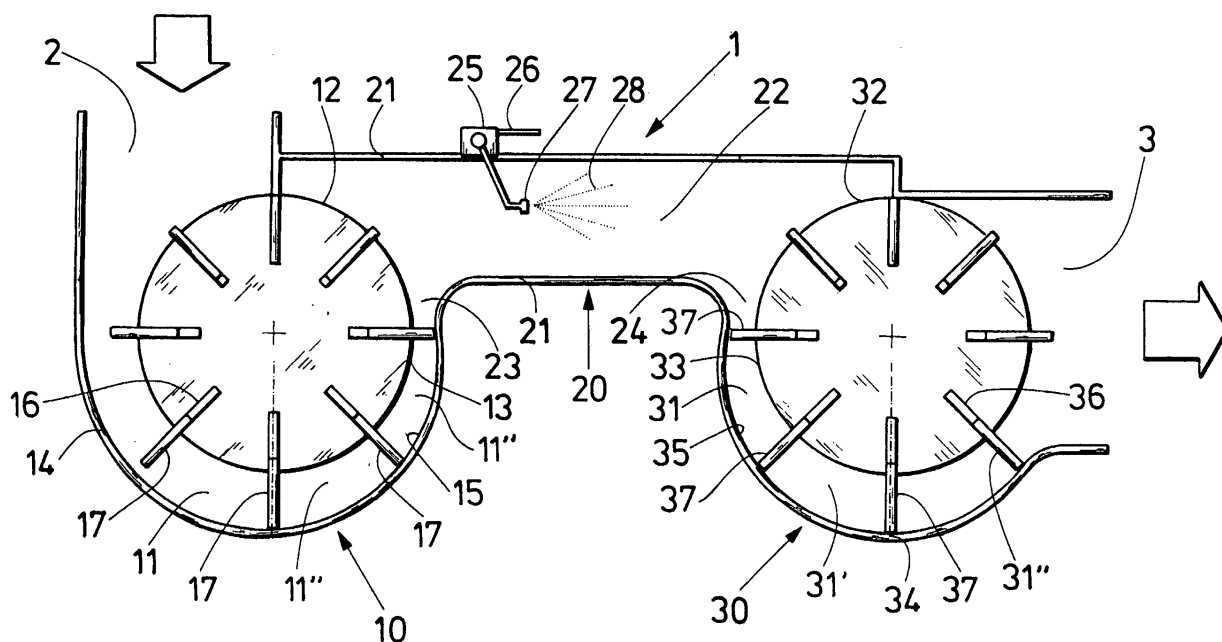


Fig. 1

EP 1 645 719 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Motor, umfassend eine Verdichtungseinheit, eine Expansionseinheit und eine Verbindungsvorrichtung, die einen Lufteinlassbereich und einen Gasauslassbereich umfasst. Weiter betrifft die Erfindung ein Kraftgewinnungsverfahren.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind vielfältige Motorkonzepte bekannt, die auf dem Prinzip der Ausnutzung der bei der Expansion von komprimierten und unter hohem Druck stehenden Gasen wirkenden Kräfte beruhen. Beispielhaft für solche Motorkonzepte seien Kolbenmotoren, wie z.B. der Otto-, der Diesel- oder der Wankelmotor, genannt, aber auch Gasturbinen. In allen diesen Motorkonzepten wird der Gasdruck zunächst durch Verdichtung und Temperaturerhöhung erhöht, wobei die Verdichtung des Gases entweder, wie bei Kolbenmotoren, durch die Verkleinerung eines Hubraums geschieht, oder, wie bei Gasturbinen, durch die Kompression in einer Verdichtungsstufe. Die Erhitzung des Gases erfolgt entweder durch eine gepulste Verbrennung zum Zeitpunkt der maximalen Kompression des Gases, wie im Fall der Kolben-Verbrennungsmotoren, oder durch kontinuierliche Verbrennung eines Kraftstoffs, wie im Falle der Gasturbine.

[0003] Beide Konzepte weisen spezifische Nachteile auf, die die Effizienz des Motors bzw. die Ausbeute der bei der Verbrennung verfügbaren Energie herabsetzen. Bei Kolbenmotoren ist dies der Fall, weil bei jedem Zyklus, in dem zunächst ein Kraftstoff-Luft-Gemisch angesaugt, komprimiert und entzündet wird, das gesamte im Hubraum befindliche Gas abgeführt wird und der Zyklus mit frischem, kaltem Gas erneut beginnen muss. Bei Abfuhr des Gases nach der Expansion herrscht allerdings noch ein Restdruck, der ungenutzt bleibt.

[0004] Bei Gasturbinen ist kein abgeschlossenes, konstantes Volumen vorgegeben. Vielmehr strömt Luft durch eine Brennkammer und wird dort mittels einer kontinuierlichen Verbrennung erhitzt. Dies führt zu einer Expansion der Luft, die mit großer Geschwindigkeit in Strömungsrichtung aus der Brennkammer entweicht. Dabei weist die Luft in der Brennkammer einen konstanten Druck auf. Bei kleinen Gasturbinen ohne Wärmetauscher beträgt die Effizienz weniger als 20 %.

[0005] Den genannten Systemen ist gemeinsam, dass sie aus vielen beweglichen Teilen aufgebaut sind und eine relativ niedrige Effizienz in der Nutzung der bei der Verbrennung frei werdenden Energie aufweisen.

[0006] Demgegenüber liegt die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe darin, einen Motor und ein Kraftgewinnungsverfahren zur Verfügung zu stellen, denen ein neuartiges Konzept zugrunde liegt.

[0007] Diese Aufgabe wird durch einen Motor, insbesondere auf dem Prinzip der Expansion von Gasen beruhend, gelöst, umfassend eine Verdichtungseinheit, eine Expansionseinheit und eine Verbindungsvorrichtung mit einem Energiazufuhrmittel, wobei die Verbindungsvorrichtung einen Lufteinlassbereich und einen Gasaus-

lassbereich umfasst, wobei die Verbindungsvorrichtung im Lufteinlassbereich von der Verdichtungseinheit und im Gasauslassbereich von der Expansionseinheit, insbesondere wenigstens zeitweise, insbesondere abschließend, begrenzt ist. Vorteilhaft weist ein von Verbindungsvorrichtung, Verdichtungseinheit und Expansionseinheit eingeschlossenes Gasvolumen ein im Wesentlichen konstantes Volumen auf.

[0008] Dieses Motorprinzip beruht auf dem Grundkonzept, dass eine Energiezufuhr in ein Gas stattfindet, das in ein abgeschlossenes, im Wesentlichen konstantes Volumen einer Verbindungsvorrichtung eingeschlossen ist. Energiezufuhr kann in Form von Wärmeenergie, aber auch in anderer geeigneter Weise, z. B. durch weitere Luft- oder Gaszufuhr, erfolgen.

[0009] Im Fall der Zufuhr von Wärmeenergie wird davon Gebrauch gemacht, dass die spezifische Wärmekapazität (c_p , c_v) von Luft, bei konstantem Volumen gemessen (c_v), um 40 % niedriger ist, als bei konstantem Druck gemessen (c_p). Somit führt die Zufuhr von Energie in ein konstantes Volumen zu einer stärkeren Erhöhung der Temperatur der darin befindlichen Gasmenge, als wenn sich das Volumen vergrößert. Eine Temperaturerhöhung eines Gases in einem konstanten Volumen führt gleichzeitig zu einem Druckanstieg, sofern das Volumen abgeschlossen ist und das Gas nicht entweichen kann.

[0010] Einige Kolbenmotoren, wie z.B. der Diesel-Motor, weisen kein konstantes Volumen für eine Verbrennung auf. Aufgrund der langsamen Verbrennung des Kraftstoffs erfolgt die Verbrennung beim Diesel-Motor annähernd isobar, also bei konstantem Druck. Anders ausgeprägt ist dies bei Gasturbinen, bei denen überhaupt kein abgeschlossenes Gasvolumen vorhanden ist. Stattdessen fließt ein kontinuierlicher Luftstrom durch die Gasturbine, wobei im Brennraum eine kontinuierliche Verbrennung im strömenden Gas stattfindet. Der Gasdruck im Brennraum der Gasturbine ist dabei konstant.

[0011] Da die Erwärmung des Gases aufgrund der hohen spezifischen Wärmekapazität c_v in einem konstanten Volumen besonders effizient ist, wird bei dem erfindungsgemäßen Motor auch eine besonders effiziente Gasdruckerhöhung in einem Gasvolumen bewirkt.

[0012] Im Rahmen der Erfindung wird unter einem Gasvolumen das einheitliche Gesamtvolumen der Verbindungsvorrichtung zuzüglich der Luft- bzw. Gasvolumen in der Verdichtungseinheit und Expansionseinheit, die mit dem Volumen der Verbindungsvorrichtung in direkter Verbindung stehen und nicht von diesem abgetrennt sind, verstanden. Der Lufteinlassbereich ist der Übergangsbereich zwischen der Verdichtungseinheit und der Verbindungsvorrichtung, der Gasauslassbereich ist der Übergangsbereich zwischen Verbindungsvorrichtung und Expansionseinheit. Lufteinlassbereich und Gasauslassbereich erstrecken sich gegebenenfalls in die Verdichtungs- bzw. Expansionseinheit hinein, soweit diese mit dem Gasvolumen direkt verbunden sind.

[0013] In einem erfindungsgemäßen Motor enthält das Gasvolumen insbesondere Luft, oder gegebenenfalls ein

Gemisch aus Luft und Verbrennungsrückständen von Kraftstoff, oder weiter zugeführte Luft oder Gas, und ist im Lufterlassbereich von der Verdichtungseinheit und im Gasauslassbereich von der Expansionseinheit so begrenzt, dass das Gasvolumen vollständig umschlossen ist und, zumindest im Wesentlichen, nicht entweichen kann.

[0014] Unter einer Verdichtungseinheit werden zur Kompression von Gas geeignete Vorrichtungen, wie zum Beispiel Kolben- oder Rotationsverdichter, verstanden. Unter einer Expansionseinheit wird unter anderem eine Turbine, beispielsweise eine Axial- oder Radialturbine verstanden, aber auch andere Vorrichtungen, die bei der Expansion von unter hohem Druck stehenden Gasen wirkende Kräfte nutzbar machen, wie Kolbensysteme oder in umgekehrter Richtung betriebene Verdichter oder Kompressoren.

[0015] In einer Ausbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass in oder an der Verbindungsvorrichtung ein Heizmittel angeordnet ist. Vorzugsweise ist das Heizmittel eine Verbrennungseinheit, die insbesondere eine Kraftstoffzuleitung und eine Verbrennungsdüse zur, insbesondere wahlweise, kontinuierlichen oder gepulsten Verbrennung des Kraftstoffs umfasst. Diese vorteilhafte Ausführungsform ermöglicht einen direkten und somit besonders effizienten Eintrag von Energie in Form von Wärme in das im Heizraum befindliche Gasvolumen. Alternativ sind auch andere Arten der Wärmezufuhr im Sinne der Erfindung möglich, wie z.B. durch Heizspulen oder Wärmetauscher außerhalb oder innerhalb des Heizraums oder durch ein Wärmebad. Weiterhin kann der Gasdruck in der Verbindungsvorrichtung auch durch weitere Zufuhr von Luft oder Gas erhöht werden.

[0016] Da die Verbrennung bzw. die Erhitzung des Gases in einem geschlossenen Volumen geschieht, ist wahlweise kontinuierliche oder gepulste Verbrennung möglich, wobei jedoch im Fall kontinuierlicher Verbrennung der Verschleiß an ggf. notwendigen Zündern erheblich niedriger ist als bei gepulster Verbrennung. Beispielhafte Verbrennungsprozesse sind Verpuffung, katalytische Verbrennung, Detonation oder Wärmeumwandlung, auch im Zusammenhang mit einer Brennstoffzelle und einem Wärmetauscher.

[0017] In einer Ausbildung des erfindungsgemäßen Motors ist die Verdichtungseinheit zum Einschluss einer Luftmenge ausgebildet. Weiterhin ist die Verdichtungseinheit zur Verdichtung der eingeschlossenen Luftmenge ausgebildet und ist die verdichtete Luftmenge mit Gas in einem Gasvolumen in der Verbindungsvorrichtung verbindbar. Diese Ausführung hat den Vorteil, dass einem Verbrennungsprozess im Gasvolumen unverbrauchte und vorkomprimierte Luft zugeführt wird, ohne dass das Gasvolumen geöffnet wird und ein Verlust der Gasdichte in der Verbindungsvorrichtung eintritt. Die zugeführte Luft weist vorzugsweise dieselbe Dichte auf wie das Gas im Gasvolumen in der Verbindungsvorrichtung, jedoch eine geringere Temperatur und einen geringeren Druck, da die Verdichtung ohne Wärmezufuhr erfolgt.

[0018] Im Rahmen der Erfindung wird das Volumen der Luftmenge nach Verbindung mit dem Gasvolumen in der Verbindungsvorrichtung als Luftteintassbereich zum Gasvolumen hinzugerechnet.

[0019] Wenn in einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Motors die Expansionseinheit zur Abtrennung und zum Einschluss einer Gasmenge aus dem Gasvolumen in der Verbindungsvorrichtung ausgebildet ist, hat dies den Vorteil, dass verbrauchtes Gas aus dem Gasvolumen abgeführt wird, ohne dass das Gasvolumen geöffnet wird.

[0020] In einer besonders vorteilhaften Ausbildung des erfindungsgemäßen Motors weist die Gasmenge bei Abtrennung vom Gasvolumen im Wesentlichen das gleiche Volumen auf wie die Luftmenge bei Verbindung mit dem Gasvolumen. Die Zufuhr von Luftmengen zum Gasvolumen und die Abfuhr von Gasmengen aus dem Gasvolumen in der Verbindungsvorrichtung erfolgt zyklisch und mit gleicher Frequenz. Dies hat den Vorteil, dass das Gesamtvolumen des Gases in der Verbindungsvorrichtung einschließlich der Übergangsbereiche in der Verdichtungseinheit und in der Expansionseinheit im Wesentlichen konstant bleibt, und dass die Masse des Gases im Gesamtvolumen auch über viele Zyklen hinweg konstant bleibt, sich also ein konstanter Massenfluss ausbildet. Dadurch ist eine besonders effektive, volumenkonstante Erhitzung des Gases in der Verbindungsvorrichtung möglich. Einzurechnen sind bei einer Verbrennung allerdings geringe Anteile von Verbrennungsprodukten, die zusätzlich zur eingeführten Luftmenge abgeführt werden müssen.

[0021] Besonders vorteilhaft ist, wenn die Volumen der Luft- und Gasmengen in der Verdichtungs- und Expansionseinheit kleiner sind als das Gasvolumen in der Verbindungsvorrichtung, so dass bei jedem Zyklus nur ein Teil des Gases erneuert und abgeführt wird. In einem solchen Fall sind Schwankungen im Gesamtvolumen bei nicht exakter Synchronisation der Zyklen der Verdichtungs- und der Expansionseinheit klein gegenüber dem Gesamtvolumen. In diesem Fall ist das Gesamtvolumen immer noch im Wesentlichen konstant.

[0022] Im Rahmen der Erfindung ist alternativ ebenfalls vorgesehen, dass die Luftmenge ein anderes Volumen aufweist als die Gasmenge. In diesem Fall wird ein gleichmäßiger Massenfluss dadurch erreicht, dass die Verbindungs- und Abtrennungszyklen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit bzw. Frequenz ablaufen. Eine solche Ausführung hat den Vorteil, dass für verschiedene Zwecke flexibel dimensioniert werden kann, wenn beispielsweise unterschiedliche Baukonzepte für die Verdichtungs- und Expansionseinheit verwirklicht werden. Außerdem wird auf diese Weise die Ausbildung unerwünschter stehender Wellen im Gasvolumen verhindert.

[0023] Wenn in Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Motors die Expansionseinheit zur Expansion des Volumens der Gasmenge ausgebildet ist, und wenn eine Vorrichtung zur Nutzbarmachung der bei der Expansion der Gasmenge wirkenden Kraft vorgesehen ist, ergibt

sich der Vorteil, dass die Druckdifferenz zwischen dem hohen, durch Verdichtung und Erwärmung erzeugten Gasdruck des Gases in der Verbindungsvorrichtung und beispielsweise dem Normaldruck der Umgebungsluft für andere Verwendungszwecke, wie zum Beispiel Stromerzeugung oder Bewegung mechanischer Vorrichtungen, nutzbar gemacht wird. Das geschieht beispielsweise durch Antrieb einer Pleuelstange mittels eines Kolbens oder durch die Drehbewegung eines Rotationskörpers in einem asymmetrisch um den Rotationskörper angeordneten Gehäuseabschnitt.

[0024] Ein solcher Motor arbeitet insbesondere unter Ausnutzung des Effekts, dass beim durch Energiezufuhr in der Verbindungsvorrichtung erreichten hohen Gasdruck ein Expansionsverhältnis in der Expansionseinheit ermöglicht wird, das größer ist als das Verdichtungsverhältnis in der Verdichtungseinheit. Dabei ist das erreichbare Expansionsverhältnis das Verhältnis des Volumens einer Gasmenge vor der Expansion zum Volumen nach der Expansion und Abfall des Gasdrucks auf den Umgebungsdruck. Das Verdichtungsverhältnis ist das Volumenverhältnis einer Luftmenge vor und nach Verdichtung. Ohne Energiezufuhr wäre das erreichbare Expansionsverhältnis ohne Erzeugung eines Unterdrucks bei der Expansion selbst im Idealfall nur gleich dem Verdichtungsverhältnis. Wegen auftretender Reibungsverluste ist es tatsächlich sogar kleiner.

[0025] Beispielsweise bei Kolbenverbrennungsmotoren, wie dem Otto-Motor, ist das Expansionsverhältnis konstruktionsbedingt gleich dem Verdichtungsverhältnis, weil Verdichtung und Expansion im gleichen Zylinder ablaufen. Etwa am Punkte größter Verdichtung erfolgt Energiezufuhr in Form einer Verbrennung, wodurch sich der Gasdruck auf den Kolben stark erhöht. Bei der Expansion wird aber aufgrund des begrenzten Hubwegs des Kolbens nur das gleiche Expansionsverhältnis erreicht wie bei der vorangegangenen Verdichtung, so dass ein ungenutzter Restüberdruck verbleibt.

[0026] In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Motors ist eine Vorrichtung zum Antrieb der Verdichtung der Luftmenge in der Verdichtungseinheit aus wenigstens einem Teil der bei der Expansion der Gasmenge in der Expansionseinheit wirkenden Kraft vorgesehen. Dies ist besonders vorteilhaft, weil ein weiterer Antrieb der Verdichtungseinheit unnötig ist. Der Antrieb geschieht durch Auskopplung von Energie je nach Art der Verdichtungseinheit und der Expansionseinheit beispielsweise durch Getriebestangen, Keilriemen oder ähnliches, aber auch durch Erzeugung von elektrischem Strom zur Zwischenspeicherung oder zum direkten Antrieb eines Elektromotors.

[0027] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass eine Vorrichtung zur, Insbesondere alternierenden, Synchronisation der Verbindung des Volumens der Luftmenge mit dem Gasvolumen und der Abtrennung des Volumens der Gasmenge vom Gasvolumen vorgesehen ist. Alternierende Synchronisation bedeutet im Rahmen der Erfindung, dass die Verbindung

der Luftmenge mit dem Gas im Gasvolumen und die Abtrennung der Gasmenge aus dem Gasvolumen in der Verbindungsvorrichtung im Wesentlichen gleichzeitig geschehen. Weil bei einer solchen Synchronisierung die Luftmenge zu einem Zeitpunkt mit dem Gasvolumen verbunden wird, an dem eine, insbesondere gleich große, Gasmenge vom Gasvolumen der Verbindungsvorrichtung abgetrennt wird, bleibt das Gesamtvolumen des Gasvolumens im Wesentlichen konstant. Dadurch ist eine noch effizientere Nutzung der Verbrennungsenergie zur Erhöhung der Gastemperatur und des Gasdrucks erreicht.

[0028] Die ideale Synchronisation hängt von den Betriebsbedingungen, d.h. von der Durchsatzrate des Massenflusses, von den Verhältnissen der Volumen der Luftmenge, der Gasmenge und des Volumens der Verbindungsvorrichtung und von der Intensität der Energiezufuhr in der Verbindungsvorrichtung ab. Dafür ist insbesondere vorteilhaft, dass die Synchronisation der Arbeitszyklen der Verdichtungseinheit mit Einschluss und Verdichtung einer Luftmenge, Verbindung der Luftmenge mit dem Gas im Gasvolumen und die Arbeitszyklen der Expansionseinheit, nämlich Einschluss einer Gasmenge und Expansion der Gasmenge, mit gleicher Frequenz ablaufen, die Phasen der Arbeitszyklen von Verdichtungseinheit und Expansionseinheit jedoch gegeneinander verschleubar sind. Im Falle einer rotierenden Ausführungsform der Expansionseinheit ist die Phasenverschiebung beispielsweise mittels einer steuerbaren Winkelverstellung des Rotationselements auf der Rotationsachse erreichbar. Bei elektronischer Ansteuerung eines Elektromotors für die Verdichtungseinheit ergibt sich eine besonders einfache Steuerung der Phasenverschiebung.

[0029] Wenn in einer Ausbildung eines erfindungsgemäßen Motors die Verdichtungseinheit ein erstes Rotationselement umfasst, das insbesondere in einem Gehäuseabschnitt angeordnet ist, und wenn das erste Rotationselement in radialer Richtung Schlitze aufweist, in denen erste Flächenelemente radial beweglich angeordnet sind, ist vorteilhaft eine besonders einfache und kompakt bauende Konstruktion erreicht. Dabei sind die Schlitze mit den Flächenelementen in regelmäßigen Abständen entlang dem Umfang des Rotationselements angeordnet. Der Gehäuseabschnitt ist vorteilhaft einstückig mit dem Gehäuse der Verbindungsvorrichtung ausgeführt, so dass ein dichter Übergang zwischen Verdichtungseinheit und Verbindungsvorrichtung realisiert ist. Ferner vorzugsweise beschreibt der Gehäuseabschnitt um das Rotationselement eine Krümmung, deren Zentrum von der Rotationsachse des Rotationselements beabstandet ist.

[0030] Vorzugsweise ist die Verdichtungseinheit dadurch weitergebildet, dass die Luftmenge nach Einschluss durch zwei aufeinander folgende erste Flächenelemente, eine Außenwand des ersten Rotationselements und eine Innenwand des Gehäuseabschnitts, begrenzt ist. Auf diese besonders einfache Weise wird ein

zyklischer Einschluss von Luftmengen bewirkt, die mittels der Rotation des Rotationselements und des Einschlusses zwischen dem Gehäuseabschnitt, dem Rotationselement und aufeinander folgenden Flächenelementen weitertransportiert werden.

[0031] Das Zentrum der Krümmung des Gehäuseabschnitts ist vorzugsweise so von der Rotationsachse des Rotationselements beabstandet, dass im Verlauf der Drehung des Rotationselements das Volumen der eingeschlossenen Luftmenge verkleinert wird, weil es in einen Bereich transportiert wird, in dem der Abstand zwischen der Innenwand des Gehäuseabschnitts und der Außenwand des Rotationselements kleiner wird. Zum Einschluss der Luftmenge in der Verdichtungseinheit ist es ferner notwendig, dass die Flächenelemente mit den Seitenwänden abdichten bzw. bündig abschließen.

[0032] In einer Weiterbildung der Erfindung sind insbesondere mechanische oder elektrische Mittel zur rotationswinkelabhängigen Steuerung der radialen Bewegung der ersten Flächenelemente vorgesehen. Dadurch wird erreicht, dass die Flächenelemente sich in ihren Schlitzen jeweils radial soweit von der Rotationsachse des Rotationselements fortbewegen, dass sie mit der Innenwand des Gehäuseabschnitts bündig abschließen. So wird ein möglichst dichter Einschluss der Luftmenge bewirkt. Mechanische Mittel zur Steuerung der radialen Bewegung der ersten Flächenelemente sind beispielsweise Führungsschienen oder Hebelsysteme, elektrische Steuerungsmittel sind beispielsweise drehwinkelgesteuerte Elektromotoren.

[0033] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung umfasst die Expansionseinheit ein zweites Rotationselement, das insbesondere in einem Gehäuseabschnitt angeordnet ist. Analog zum oben genannten Fall der Verdichtungseinheit ist auch in diesem Fall vorteilhaft, dass das zweite Rotationselement in radialer Richtung Schlitze aufweist, in denen zweite Flächenelemente radial beweglich angeordnet sind, und dass die Gasmenge nach Abtrennung durch zwei aufeinander folgende zweite Flächenelemente, eine Außenwand des zweiten Rotationselements und eine Innenwand des Gehäuseabschnitts begrenzt ist. Auch in diesem Fall ist der Gehäuseabschnitt vorzugsweise einstückig mit dem Gehäuse des Heizraums ausgeführt und dichten bzw. schließen die Flächenelemente mit den Seitenwänden des Gehäuseabschnitts bündig ab.

[0034] Umgekehrt analog zur Verdichtungseinheit ist in diesem Fall die Krümmung des Gehäuseabschnitts so gewählt, dass der Abstand zwischen der Innenwand des Gehäuseabschnitts und der Außenwand des Rotationselements im Laufe der Drehung des Rotationselements wächst. Mithin wächst auch das Volumen der eingeschlossenen Gasmenge. Dies hat den Vorteil, dass die Expansion des im Heizraum erhitzten Gases zur Drehung des zweiten Rotationselements beiträgt. Aufgrund des erhöhten Drucks ist ein größeres Expansionsverhältnis als Verdichtungsverhältnis möglich.

[0035] Mit den gleichen Argumenten wie bei der Ver-

dichtungseinheit sind auch in einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Motors, insbesondere mechanische oder elektrische, Mittel zur rotationswinkelabhängigen Steuerung der radialen Bewegung der zweiten Flächenelemente vorgesehen. Bezüglich der Ausführungsformen wird auf die oben genannten Ausführungen verwiesen.

[0036] Im vorliegenden Fall eines ersten oder eines zweiten Rotationselements in der Verdichtungseinheit bzw. in der Expansionseinheit ist weiterhin vorgesehen, dass eine Vorrichtung zur, Insbesondere lösbaren, Verbindung der Rotation des ersten Rotationselements und des zweiten Rotationselements vorgesehen ist, insbesondere eine Achse, ein Keilriemen oder ein Schaft. Auf diese Weise wird die bei der Expansion des Volumens der Gasmenge in der Expansionseinheit wirkende Kraft zur Verdichtung der Luftmenge in der Verdichtungseinheit genutzt.

[0037] Wenn die aus den Druckdifferenzen zwischen dem Gasdruck in der Verbindungsvorrichtung und den Luftdrücken außerhalb der Verdichtungseinheit bzw. Expansionseinheit resultierenden auf die ersten und zweiten Rotationselemente wirkenden Drehmomente entgegengesetzt gerichtet und im Wesentlichen gleich groß sind, hat dies den Vorteil, dass die Expansion des Gases in der Expansionseinheit nicht auch noch gegen eine Drehmomentdifferenz zwischen den Rotationseinheiten anwirken muss. Zur Einstellung der auf die ersten und zweiten Rotationselemente wirkenden Drehmomente werden vorzugsweise die wirksamen Flächen der Flächenelemente im Lufteinlass- und Gasauslassbereich sowie deren Abstände von den Drehachsen der ersten und zweiten Rotationselemente passend gewählt. Unter einer wirksamen Fläche wird im Rahmen der Erfindung der Teil der Oberfläche eines Flächenelements verstanden, der über die Außenwand eines entsprechenden Rotationselements herausragt und so ein Luft- oder Gasvolumen begrenzt.

[0038] Weiter vorzugsweise ist ein erfindungsgemäßer Motor dadurch weitergebildet, dass die Rotation des ersten Rotationselements in der Verdichtungseinheit durch die Rotation des zweiten Rotationselements in der Expansionseinheit angetrieben wird. Das hat den Vorteil, dass ein separater Antrieb des Rotationselements in der Verdichtungseinheit entfällt.

[0039] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung erfährt der erfindungsgemäße Motor dadurch, dass der Verdichtungseinheit eine Vorverdichtungsstufe vorgeschaltet ist. Auf diese Weise wird das gesamte auf das erste Rotationselement wirkende Drehmoment wirksam verkleinert und die durch Verbrennung im Heizraum gewonnene und in der Expansionseinheit ausgekoppelte Arbeit effektiver genutzt und weniger davon zum Antrieb des ersten Rotationselements in der Verdichtungseinheit abgezweigt als ohne Vorverdichtungsstufe.

[0040] Weiterhin wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst durch einen Motor, umfassend eine Verdichtungseinheit mit einem Mittel zum Einschluss

einer Luftmenge, eine Expansioneinheit und ein Energiezufuhrmittel, wobei das Expansionsverhältnis in der Expansioneinheit größer ist als das Verdichtungsverhältnis in der Verdichtungseinheit. In einem solchen Motor ist es möglich, in Luft oder Gas, das in einer Verdichtungseinheit eingeschlossen und verdichtet worden ist, durch Energiezufuhr den Luft- bzw. Gasdruck zu erhöhen. Bezüglich der Art der Energiezufuhr und des Energiezufuhrmittels wird auf die vorigen Ausführungen verwiesen. Der Luft- bzw. Gasdruck, der gegenüber dem in der Verdichtungseinheit entsprechend dem Verdichtungsverhältnis erzeugten Druck durch Energiezufuhr weiter erhöht ist, ermöglicht ein Expansionsverhältnis in der Expansioneinheit, das größer ist, als das Verdichtungsverhältnis.

[0041] In einer vorteilhaften Ausbildung des Motors ist das Energiezufuhrmittel in der Expansioneinheit angeordnet. Auf diese Weise ist eine besonders kompakte Bauweise erreicht.

[0042] Wenn also beispielsweise ein Teil der bei der Expansion der Luft bzw. des Gases in der Expansioneinheit des erfindungsgemäßen Motors ausgekoppelten Energie zum Betrieb der Verdichtungseinheit verwandt wird, verbleibt ein Überschuss für andere Zwecke, wie oben beschrieben. Alternativ kann die Energie, anders als in den bisher dargestellten Ausführungen, auch in der Expansioneinheit zugeführt werden.

[0043] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird weiter durch ein Kraftgewinnungsverfahren mit folgenden Schritten gelöst:

- Einschließen einer Luftmenge in einer Verdichtungseinheit,
- Verdichten der Luftmenge durch Verkleinern des Volumens der Luftmenge in der Verdichtungseinheit,
- Verbinden des Volumens der Luftmenge mit einem Gasvolumen in einer Verbindungsvorrichtung,
- Vermischen der Luftmenge mit dem in der Verbindungsvorrichtung enthaltenen Gas,
- Erhöhen des Gasdrucks in der Verbindungsvorrichtung,
- Abtrennen einer Gasmenge vom Gas im Gasvolumen und Einschließen der Gasmenge in einer Expansioneinheit,
- Expandieren der Gasmenge in der Expansioneinheit und Nutzbarmachen der bei der Expansion der Gasmenge wirkenden Kraft.

[0044] Dieses Kraftgewinnungsverfahren beschreibt im Wesentlichen die im erfindungsgemäßen Motor ablaufenden Prozessschritte. Auch durch dieses Verfahren ist es möglich, eine kontinuierliche Erwärmung eines Gases in einem abgeschlossenen Gasvolumen im Wesentlichen konstanten Volumens zu erreichen, dem durch Zugabe begrenzter Luftmengen und durch Abschluss begrenzter Gasmengen dennoch regelmäßig frische Luft zugeführt wird und verbrauchtes Gas abgeführt wird. Auch bei dem erfindungsgemäßen Kraftgewinnungsver-

fahren wird das Gas in der geschlossenen Verbindungsvorrichtung besonders effektiv erhitzt und der Gasdruck entsprechend effektiv erhöht. Die voran stehenden Erläuterungen zum erfindungsgemäßen Motor gelten im Folgenden entsprechend für das Kraftgewinnungsverfahren. Dasselbe gilt für die Definition des Gasvolumens.

[0045] In einer bevorzugten Ausbildung des erfindungsgemäßen Kraftgewinnungsverfahrens erfolgt das Erhöhen des Gasdrucks in der Verbindungsvorrichtung im Wesentlichen durch Erhitzen des Gases. Vorzugsweise erfolgt das Erhitzen des Gases in der Verbindungsvorrichtung kontinuierlich, was vorteilhaft eine besonders einfache und kompakt bauende Energiezufuhr ermöglicht. Zum Ausgleich möglicher Druckschwankungen ist jedoch auch vorgesehen, dass das Erhitzen des Gases in der Verbindungsvorrichtung gepulst erfolgt. Besonders bevorzugt erfolgt das Erhitzen des Gases in der Verbindungsvorrichtung mittels Verbrennung. Dies stellt einen direkten, mithin besonders effektiven Energieeintrag dar.

[0046] Um einen vorteilhaften konstanten Massenfluss zugeführter Luft und abgeführten Gases zu erreichen, ist vorgesehen, dass die Massen der dem Gasvolumen in der Verbindungsvorrichtung zu- bzw. abgeführten Luft- und Gasmengen im Wesentlichen gleich groß sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Falle einer Verbrennung in der Verbindungsvorrichtung auch die Verbrennungsprodukte von eingeführtem Kraftstoff abgeführt werden müssen, was im Allgemeinen allerdings nur einen kleinen Teil der Luft- und Gasmengen ausmacht. Das gleiche gilt für den Fall, dass Energie in Form von Druck- oder Pressluft in die Verbindungsvorrichtung zugeführt wird.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kraftgewinnungsverfahrens ist vorgesehen, dass die Verfahrensschritte Öffnen und Verkleinern von Volumen von Luftmengen im Lufteinlassbereich sowie Vergrößern des Gasvolumens und Abschießen von Gasmengen im Gasauslassbereich gleich schnell und gleichzeitig ablaufen, und dass das Gesamtvolumen aus Lufteinlassbereich, Gasvolumen und Gasauslassbereich im Wesentlichen konstant bleibt.

[0048] Um eine möglichst kleine Schwankung des Gasdrucks im Heizraum im Verlauf des Zyklus zu gewährleisten, sind die Volumen der Luftmenge beim Verbinden mit dem Gasvolumen und der Gasmengen beim Abtrennen vom Gasvolumen kleiner als das Gasvolumen, insbesondere kleiner als 50 % des Gasvolumens, ferner insbesondere kleiner als 30 % des Gasvolumens. Auf diese Weise wird jeweils nur ein kleiner Teil des Gases in der Verbindungsvorrichtung ersetzt, was den Vorteil hat, dass Druckschwankungen nur einen Bruchteil des Maximaldrucks ausmachen. Vorzugsweise sind Gasdruckschwankungen im Gasvolumen kleiner als 50 % des maximalen Gasdrucks in der Verbindungsvorrichtung, insbesondere weniger als 30 % des maximalen Gasdrucks.

[0049] Um eine fortgesetzte Arbeitsweise des Kraftge-

winnungsverfahrens zu gewährleisten, ist vorgesehen, dass die Verfahrensschritte des Kraftgewinnungsverfahrens zyklisch wiederholt werden und dass zwei oder mehrere der Verfahrensschritte gleichzeitig ausgeführt werden, insbesondere Einschließen der Luftmenge, Verdichten der Luftmenge, Erhitzen des Gases in der Verbindungsvorrichtung und/oder Expandieren der Gasmenge.

[0050] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Motors,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der im Motor gemäß Ausführungsbeispiel ablaufenden Prozesse,

Fig. 3 eine schematische Darstellung der zeitlichen Abfolge der Positionen der Luft- und Gasvolumen gemäß Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 eine beispielhafte Darstellung der zeitlichen Entwicklung des Gasdrucks in der Luftmenge, im Gasvolumen im Heizraum und in der Gasmenge sowie die Schließungs- und Öffnungszustände der ersten und zweiten Flächenelemente gemäß Ausführungsbeispiel,

Fig. 5 eine Gegenüberstellung der prinzipiellen thermodynamischen Prozessabläufe eines Otto-Motors und eines erfindungsgemäßen Motors in einem p-V-Diagramm.

[0051] In den folgenden Figuren sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente bzw. entsprechende Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer entsprechenden erneuten Vorstellung abgesehen wird und lediglich Abweichungen der in diesen Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel erläutert werden.

[0052] In Fig. 1 ist eine schematische Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Motors 1 dargestellt. Durch einen Lufteinlass 2 wird Luft in einer Richtung, die durch einen Pfeil dargestellt ist, zur Verdichtungseinheit 10 geführt, die als Rotationsverdichter ausgebildet ist. Der Rotationsverdichter 10 umfasst einen Gehäuseabschnitt 14, ein Rotationselement 12 mit radialen Schlitten 16 und in den Schlitten angeordnete, radial bewegliche erste Flächenelemente 17. Die ersten Flächenelemente 17 sind beispielsweise Lamellen, starre Blätter oder ähnliches, und dichten bzw.

schließen bündig mit dem Gehäuseabschnitt 14 und mit den Seitenwänden des Gehäuseabschnitts 14 ab, so dass Luftmengen 11, 11', 11" eingeschlossen werden. Die Rotationsachse des ersten Rotationselements 12 ist gegenüber dem Zentrum der Krümmung des Gehäuseabschnitts 14 versetzt angeordnet, so dass im Bereich des Einlasses 2 der Abstand zwischen der Innenwand des Gehäuseabschnitts 14 und der Außenwand 13 des ersten, in Figur 1 im Gegenuhrzeigersinn rotierenden, Rotationselements 12 größer ist als im Lufteinlassbereich 23.

[0053] Die Volumen der zwischen der Innenwand 15 des Gehäuseabschnitts 14 der Verdichtungseinheit 10, der Außenwand 13 des ersten Rotationselements 12 und den Flächenelementen 17 eingeschlossenen Luftmengen 11, 11', 11" wird durch Rotation des ersten Rotationselements 12 vom Einlass 2 in Richtung des Lufteinlassbereichs 23 der Verbindungsvorrichtung 20, also von 11 über 11' nach 11", transportiert und dabei verkleinert, wodurch sich sowohl die Dichte als auch die Temperatur und der Druck der Luftmengen 11, 11', 11" erhöht.

[0054] In Fig. 1 öffnet sich nach weiterer Drehung des ersten Rotationselements 12 das Volumen der Luftmenge 11" zur Verbindungsvorrichtung 20. Dadurch erstreckt sich der Lufteinlassbereich 23 des Gasvolumens 22 aus einem Innenraum 21 der Verbindungsvorrichtung 20 in die Verdichtungseinheit 10 hinein, und zwar bis zum folgenden, die Luftmenge 11" rückwärtig begrenzenden, ersten Flächenelement 17.

[0055] An der Verbindungsvorrichtung 20 ist eine Verbrennungseinheit 25 mit einer Kraftstoffzufuhr 26 angeordnet, wobei eine Düse 27 der Verbrennungseinheit 25 im Innenraum 21 der Verbindungsvorrichtung 20 angeordnet ist. Die Verbrennung des Kraftstoffs führt zu einer Flamme 28 im Gasvolumen 22, durch die das Gas im Innenraum 21 der Verbindungsvorrichtung 20 erhitzt wird. Es sind auch andere Mittel zur Energiezufuhr einsetzbar, wie z.B. katalytische Heizprozesse, Explosionen oder Heizspulen, die beispielsweise durch Brennstoffzellen versorgt werden, oder eine Druckluftzufuhr.

[0056] Im Gasauslassbereich 24 des Gasvolumens 22 ist eine Expansionseinheit 30 angeordnet, die in diesem Ausführungsbeispiel analog einem umgekehrt betriebenen Rotationsverdichter ausgestaltet ist. Die Expansionseinheit 30 umfasst einen gekrümmten Gehäuseabschnitt 34, ein zweites Rotationselement 32 mit radial angeordneten Schlitten 36 und darin radial beweglich angeordneten zweiten Flächenelementen 37, wobei die Rotationsachse des zweiten Rotationselements 32 gegen das Zentrum der Krümmung des Gehäuseabschnitts 34 der Expansionseinheit 30 versetzt ist. Das zweite Rotationselement 32 rotiert im in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel gegen den Uhrzeigersinn. Dabei werden zyklisch Gasvolumen 31, 31', 31" aus dem Gasvolumen 22 abgeschlossen, die unter Expansion in Richtung Auslass 3 transportiert werden.

[0057] Da das Gasvolumen 22 sowohl durch die Kam-

merwand des Innenraums 21 als auch durch Außenwände 13, 33 der ersten bzw. zweiten Rotationselemente 12, 32, sowie die wirksamen Oberflächen erster bzw. zweiter Flächenelemente 17, 37 in der Verdichtungseinheit 10 bzw. Expansionseinheit 30 vollständig abgeschlossen und eingeschlossen ist, erfolgt die Erhitzung des Gasvolumens 22 weitgehend isochor, also bei annähernd konstantem Gesamtvolumen des Gasvolumens 22 mit zugehörigen Übergangsbereichen 23, 24. Daraus ergibt sich eine besonders effektive Umsetzung der bei der Verbrennung frei werdenden Energie in eine Temperatur- und Druckerhöhung des in der Verbindungsvorrichtung 20 befindlichen Gases.

[0058] Die Versetzung der Rotationsachse des zweiten Rotationselements 32 gegenüber dem Zentrum der Krümmung des Gehäuseabschnitts 34 der Expansionseinheit 30 ist so gewählt, dass bei der Rotation des zweiten Rotationselements 32 die Volumen eingeschlossener Gasmengen 31, 31', 31" im Laufe der Rotation des zweiten Rotationselements 32 vergrößert werden (31', 31"). Im gezeigten Ausführungsbeispiel werden die Gasmengen 31, 31', 31" nach einer Rotation von ungefähr 135° durch den Auslass 3 in einer durch einen Pfeil angegebenen Richtung abgeführt. Das in der Expansionseinheit 30 realisierte Expansionsverhältnis ist größer als das Verdichtungsverhältnis in der Verdichtungseinheit 10.

[0059] Das Wirkprinzip des erfindungsgemäßen Motors beruht im Wesentlichen auf der isochoren Temperatur- und Druckerhöhung des Gasvolumens 22, die einen Gasdruck erzeugt, der wesentlich über dem Druck der Umgebungsluft im Einlass 2 und im Auslass 3 liegt. Die Druckdifferenz führt dazu, dass auf das erste und das zweite Rotationselement 12, 32 Drehmomente in entgegengesetzten Richtungen wirken, und zwar beim ersten Rotationselement 12 entgegen der Rotationsrichtung, und beim zweiten Rotationselement 12 in Rotationsrichtung (beide rotieren im Gegenuhrzeigersinn). Zweite Beiträge zu den Drehmomenten, die auf das erste und zweite Rotationselement 12, 32 wirken, und die jeweils die gleichen Richtungen aufweisen wie die Beiträge aus den Druckdifferenzen; stammen aus dem Druck in den Luftmengen 11, 11', 11", 31, 31', 31", die in der Verdichtungseinheit 10 ein Drehmoment im Uhrzeigersinn und in der Verdichtungseinheit 30 ein Drehmoment im Gegenuhrzeigersinn bewirken. Wegen des höheren Drucks in der Gasmenge als in der Luftmenge ist ein höheres Expansionsverhältnis möglich.

[0060] Die in der Expansionseinheit 30 aufgrund des im Vergleich zum Luftdruck in der Verdichtungseinheit 10 höheren Gasdruck und durch das dadurch ermöglichte höhere Expansionsverhältnis wirkende überschüssige Kraft wird zum Teil zur Verdichtung von Luft in der Verdichtungseinheit 10 und zum Teil anderweitig nutzbar gemacht, beispielsweise mittels mit dem zweiten Rotationselement 32 verbundener elektrischer Generatoren oder anderer geeigneter, an sich bekannter Mittel.

[0061] Die Verdichtung erfolgt dabei adiabatisch, also

ohne weitere Energiezufuhr, so dass eine eingeschlossene Luftmenge 11, 11', 11" an der Position 11", d.h. kurz vor der Verbindung des Volumens der Luftmenge 11" mit dem Gasvolumen 22, die gleiche Dichte aufweist wie das Gas im Gasvolumen 22, jedoch einen niedrigeren Druck und eine niedrigere Temperatur. Bei weiterer Drehung des ersten Rotationselements 12 öffnet sich das Volumen der Luftmenge 11" zum Gasvolumen 22, wobei sich die Luftmenge 11" mit dem Gas durchmischt. Weil das Volumen der Luftmenge 11" im Vergleich zum Gasvolumen 22 klein ist, ergibt sich eine moderate Druck- und Temperaturabsenkung des Gases im Gasvolumen 22, während die Gasdichte konstant bleibt. Wegen des Druckausgleichs treten im Lufteinlassbereich 23 kurzzeitig lokale Dichteschwankungen auf, die jedoch die mittlere Gasdichte im Gasvolumen 22 nicht beeinflussen.

[0062] Nach Verbindung des Volumens der Luftmenge 11" mit dem Gasvolumen 22 vermischen sich Luftmenge 11" und Gas im Gasvolumen 22. Im Verlauf der Rotation des ersten Rotationselements 12 verkleinert sich das Volumen des Lufteinlassbereichs 23 (ehemals 11"), das durch das nächste Flächenelement 17 begrenzt wird, in der Verdichtungseinheit 10 wieder. Gleichzeitig vergrößert sich das Gasvolumen 22 im Gasauslassbereich 24 durch Rotation des zweiten Rotationselements 32 in die Expansionseinheit 30 hinein. Die Verkleinerung des Gasvolumens 22 im Lufteinlassbereich 23 in der Verdichtungseinheit 10 und die Vergrößerung im Gasauslassbereich 24 in die Expansionseinheit 30 hinein halten sich die Waage, so dass trotz der Rotation der ersten und zweiten Rotationselemente 12, 32 das Gasvolumen 22 im Verlaufe eines Zyklus annähernd konstant bleibt.

[0063] Zum Antrieb des ersten Rotationselements 12 in der Verdichtungseinheit 10 durch die Rotation des zweiten Rotationselements 32 in der Expansionseinheit 30 sind die ersten und zweiten Rotationselemente 12, 32 miteinander verbunden, beispielsweise über eine Achse, einen Keilriemen oder einen Schaft. Auch ein separater Antrieb des ersten Rotationselements 12, beispielsweise durch einen Elektromotor, ist vorgesehen, wobei die Energie für den Antrieb aus der während der Expansion der Gasmengen 31, 31', 31" in der Expansionseinheit 30 geleisteten Arbeit gespeist wird.

[0064] Abhängig von den Betriebsbedingungen kann eine Abstimmung der auf die Rotationselemente 12, 32 wirkenden Drehmomente nötig sein, die dadurch bewirkt werden kann, dass die Synchronisation der Rotation der Rotationselemente 12, 32 phasenverschoben wird und dadurch die wirksame Oberfläche der Flächenelemente 17, 37 vergrößert bzw. verkleinert wird. Durch die Abstimmung der Drehmomente, die auf das erste und zweite Rotationselement 12, 32 wirken; wird verhindert, dass schlagartig hohe Druckdifferenzen bzw. Druckspitzen auftreten und auf die Flächenelemente 17, 37 wirken, so dass diese sich schnell abnutzen und ggf. brechen.

[0065] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der im Motor 1 gemäß dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungs-

beispiel ablaufenden Prozesse. Im Einlass 2 strömt, dargestellt durch einen Pfeil, Luft ein und wird in einer Luftmenge 11' zwischen Außenwand 13 des Rotationselements 12 und Innenwand 15 des Gehäuseabschnitts 14 der Verdichtungseinheit 10 sowie zwei ersten Flächenelementen 17 begrenzt und eingeschlossen.

[0066] Im Verlauf der Rotation des ersten Rotationselements 12 wird die eingeschlossene Luftmenge 11' verdichtet, dargestellt durch den verkleinerten Raum 11". Im in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel geschieht dies durch Rotation in einen Bereich, in dem der Abstand zwischen Außenwand 13 des ersten Rotationselements 12 und Innenwand 15 des Gehäuseabschnitts 14 der Verdichtungseinheit 10 kleiner ist, als beim Einlass 2. Der Winkel zwischen den aufeinander zu laufenden Linien ist ein Maß für das Verdichtungsverhältnis.

[0067] Sobald das erste Flächenelement 17, das in Rotationsrichtung des ersten Rotationselements 12 voranläuft, die Verbindungsvorrichtung 20 erreicht, öffnet sich das Volumen der Luftmenge 11' unter Bildung des Lufteinlassbereichs 23 des Gasvolumens 22 in der Verbindungsvorrichtung 20, dargestellt durch ein sich zurückziehendes erstes Flächenelement 17. Es erfolgt eine sehr schnelle Durchmischung bzw. ein sehr schneller Ausgleich der Luftmenge 11' im Lufteinlassbereich 23 mit dem Gasvolumen 22, so dass das Gasvolumen nach kurzer Zeit auch den Lufteinlassbereich 23 umfasst.

[0068] Im Gasvolumen 22 findet eine Verbrennung mit einer aus einer Düse 27 kommenden Flamme 28 statt, die das Gasvolumen 22 kontinuierlich aufheizt. Ausgangsseitig des Gasvolumens 22 ist eine Gasmenge 31, die Temperatur, Druck und Dichte des Gases im Gasvolumen 22 aufweist, in der Expansionseinheit 30 mittels zweier zweiter Flächenelemente 37 eingeschlossen worden. Im Laufe der Rotation des zweiten Rotationselements 32 expandiert die Gasmenge 31, dargestellt durch die vergrößerten Flächen 31' und 31", indem die Rotation die Gasmenge 31 in einen Bereich weiter befördert, in dem sich der Abstand zwischen der Außenwand 33 des zweiten Rotationselements 32 und der Innenwand 35 des Gehäuseabschnitts 34 vergrößert. Das im Verhältnis zum Verdichtungsverhältnis größere Expansionsverhältnis ist durch den im Verhältnis zur Verdichtungseinheit 20 größeren Winkel zwischen den auseinander strebenden Begrenzungslinien 33, 34 dargestellt. Nach vollendetem Weitertransport öffnet sich das Volumen der Gasmenge 31" zum Auslass 3, aus dem das Gas in Richtung des Pfeils abgeführt wird, beispielsweise zu einem Auspuff oder einem Wärmetauscher.

[0069] In Fig. 3 ist die zeitliche Abfolge der Positionen der Luftmengen 11, 11', 11", des Gasvolumens 22 und der Gas Mengen 31, 31', sowie die Schließungs- und Öffnungszustände der ersten und zweiten Flächenelemente 17, 37 dargestellt. Die Darstellung entspricht der Darstellung in Fig. 2, jedoch wurde die symbolische Darstellung der Verdichtung und Expansion in der Verdichtungseinheit 10 und der Expansionseinheit 30 der Übersichtlichkeit halber weggelassen. Verdichtung und Expansion fin-

den in vorbeschriebener Weise statt.

[0070] Die oberste Darstellung in Fig. 3 zeigt den Motorzustand nach Einschluss einer Gasmenge 31 und vor Verbindung eines Volumens einer Luftmenge 11" mit dem Gasvolumen 22. Eine Luftmenge 11' ist eingeschlossen worden und eine Luftmenge 11" ist nach Einschluss unter adiabatischer Verdichtung bis zum Lufteinlassbereich 23 des Gasvolumens 22 transportiert worden, wobei die Luftmenge 11" die gleiche Dichte, jedoch niedrigere Temperatur und niedrigeren Druck als das Gas im Gasvolumen 22 aufweist, das mittels einer Düse 27 und einer Flamme 28 kontinuierlich aufgeheizt wird. In Pfeilrichtung stromabwärts der Verbindungsvorrichtung 20 ist eine Gasmenge 31 mit Dichte, Temperatur und Druck des Gases im Gasvolumen 22 durch Einschluss zwischen zwei zweiten Flächenelementen 37 eingeschlossen worden. Eine weitere eingeschlossene Gasmenge 31' ist unter adiabatischer Expansion zur Position 31' weiter transportiert worden.

[0071] Im nächsten Schritt, in der zweiten Zeile dargestellt, sind die Luftmengen 11', 11" soweit weitertransportiert worden, dass das erste Flächenelement 17, das zuvor die Luftmenge 11" vom Gasvolumen 22 abgetrennt hatte, zurückgezogen wird, symbolisiert durch einen Pfeil nach unten. Dadurch wird das Volumen der Luftmenge 11" zu einem Teil des Lufteinlassbereichs 23. Gas aus dem Gasvolumen 22 strömt aufgrund seines höheren Drucks in den Lufteinlassbereich 23 und vermischt sich mit der darin befindlichen Luft. Dabei tritt lokal kurzzeitig eine höhere Gasdichte auf. In der Expansionseinheit 30 haben sich auch die eingeschlossenen Gas Mengen 31, 31' unter Expansion in Richtung des Auslasses 3 weiterbewegt. Dabei hat sich das Gasvolumen 22, der Rotation eines zweiten Flächenelements 37 folgend, etwas in die Expansionseinheit 30 hineinbewegt.

[0072] Im folgenden Schritt, dargestellt in der dritten Zeile von Fig. 3, hat sich die Luft im Lufteinlassbereich 23 vollständig mit dem Gas im Gasvolumen 22 vermischt, und ist die eingeschlossene Luftmenge 11' weiter in Richtung der Verbindungsvorrichtung 20 transportiert worden. In Pfeilrichtung ausgangsseitig des Helzraums 21 schließt sich ein zweites Flächenelement 37, dargestellt durch einen nach oben gerichteten Pfeil, und schließt eine Gasmenge in einer Verschlusszone in einem Gasauslassbereich 24 ein, in dem das Gas noch mit dem Gas des Gasvolumens 22 verbunden ist und dessen Eigenschaften aufweist. Die eingeschlossenen Gas Mengen 31, 31' sind weiter in Richtung Auslass 3 transportiert worden.

[0073] Die unterste Zeile von Fig. 3 stellt den Zustand nach Schließung des zweiten Flächenelements 37 dar. Dieser Zustand ist im Prinzip gleich dem in der obersten Zeile von Fig. 3 dargestellten Zustand des Motors 1. Auf Seiten des Einlasses 2 ist eine neue Luftmenge 11 eingeschlossen worden, die in Richtung der Verbindungsvorrichtung 20 transportiert wird. Die zunächst eingeschlossene Luftmenge 11' ist bis unmittelbar vor Verbindung mit dem Gasvolumen 22 weitertransportiert wor-

den, jedoch noch durch ein erstes Flächenelement 17 von diesem getrennt. Der Einschluss von Gas aus dem Gasvolumen 22 in einem Verschlussvolumen 24' in der Expansionseinheit 30 analog dem Volumen der Gasmenge 31 im ersten Schritt in Figur 3 ist vollendet. Die eingeschlossene Gasmenge 31 ist weiter in Richtung des Auslasses 3 transportiert worden, während die zunächst noch eingeschlossene Gasmenge 31' inzwischen geöffnet worden ist und aus dem Auslass 3 abgeführt wurde. Damit ist ein Arbeitszyklus des Motors 1 vollendet.

[0074] Fig. 4 stellt über mehrere Zyklen den zeitlichen Verlauf des Drucks im Lufteinlassbereich 23 (obere Darstellung), im Gasvolumen 22 (mittlere Darstellung) und im Gasauslassbereich 24 (untere Darstellung) für das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 dar. Die obere Darstellung von Fig. 4 zeigt den zeitlichen Verlauf des Drucks im Lufteinlassbereich 23 des Gasvolumens 22 im Innenraum 21 der Verbindungsvorrichtung 20 nach Öffnung des Volumens der Luftmenge 11" zum Gasvolumen 22. Die aufeinander folgenden Zyklen der periodischen Funktion betreffen dabei aufeinander folgende Luftmengen 11", 11', 11 usw.

[0075] Direkt nach Öffnung des Volumens der Luftmenge 11" zum Gasvolumen 23 besitzt dieses in der dadurch gebildeten Ausgleichszone 23 den Druck P_1 , den schon die eingeschlossene Luftmenge 11" durch adiabatische Verdichtung in der Verdichtungseinheit 20 erreicht hatte. Während die ehemals eingeschlossene Luftmenge 11" nach Öffnung im Lufteinlassbereich 23 weiterhin in Richtung des Heizraums 21 transportiert wird, gleicht sich der Druck und die Temperatur des Gases im Lufteinlassbereich 23 mit dem Druck und der Temperatur des Gases im Gasvolumen 22 aus, wodurch sehr schnell ein mittlerer Druck P_2 erreicht wird. Nach vollständigem Ausgleich erfolgt eine isochore Erwärmung durch Verbrennung im Gasvolumen 22, wodurch das Gas im Lufteinlassbereich 23 mit hoher Effizienz erwärmt wird und ein maximaler Druck P_3 erzeugt wird.

[0076] Mit Öffnung des nächsten Flächenelements 17 bildet sich ein neuer Lufteinlassbereich 23 in Form eines geöffneten Volumens der Luftmenge 11', das sich mit dem Gasvolumen 22 verbindet, und der Zyklus beginnt aufs Neue. Daraus ergibt sich der übergangslose Fall der Funktion vom Wert P_3 des Gasvolumens 22 unmittelbar vor Öffnung des Volumens der Luftmenge 11' auf den Druck P_1 des Volumens der Luftmenge 11' vor der Durchmischung und dem Ausgleich im Lufteinlassbereich 23.

[0077] Die mittlere Darstellung von Fig. 4 zeigt den Druckverlauf über mehrere Zyklen im Gasvolumen 22. Die Spitze beim Druck P_3 korrespondiert mit dem Zeitpunkt, gerade bevor eine Luftmenge 11" oder 11' mit dem Gas im Gasvolumen 22 verbunden wird. Nach Verbindung der Luftmenge 11", 11', 11 mit dem Gas im Gasvolumen 22 erfolgt eine Durchmischung und ein Ausgleich der verschiedenen Drücke und Temperaturen, so dass der Gasdruck im Gasvolumen 22 sehr schnell auf einen Wert P_2 fällt. Nach vollständigem Ausgleich mit der

Luftmenge 11" im Lufteinlassbereich 23 gewinnt die Erwärmung des Gases im Gasvolumen 22 im Heizraum 21 Oberhand und es wird ein maximaler Druck P_3 erreicht. Mit Öffnung einer weiteren Luftmenge 11 beginnt der Zyklus aufs Neue.

[0078] Die unterste Darstellung von Fig. 4 zeigt den Druckverlauf in der Verschlusszone 24' nach Einschluss einer Gasmenge 31, 31', 31" in der Expansionseinheit 30. Da der Einschluss von Gas Mengen 31, 31', 31" in der Verschlusszone 24' erst auf dem Höhepunkt der Druckregeneration im Gasvolumen 22 geschieht, weist der Druck in der Verschlusszone 24' immer den maximalen Druck P_3 auf. Die senkrechten Striche stellen den Zeitpunkt eines Gasmengeneinschlusses in der Verschlusszone 24' dar.

[0079] Fig. 5 zeigt eine Gegenüberstellung der prinzipiellen thermodynamischen Prozessabläufe eines Otto-Motors und eines erfindungsgemäßen Motors in einem p-V-Diagramm in schematisierter Darstellung, wobei auf der X-Achse das Volumen V und auf der Y-Achse der Druck p aufgetragen ist. In beiden Fällen wird eine Luft- oder Gasmenge in einem ersten Volumen eingeschlossen, wobei die Luftmenge das Volumen und den Druck an Punkt 41 des Diagramms einnimmt. Der Druck an Punkt 41 ist beispielsweise der Umgebungsluftdruck. Durch Bewegung eines Kolbens in einem Zylinder oder durch Verkleinerung des Luftvolumens in der Verdichtungseinheit 10 des erfindungsgemäßen Motors erfolgt eine adiabatische Verdichtung der Luftmenge, also eine Verdichtung ohne Energiezufuhr. Dabei verkleinert sich das Volumen und erhöht sich der Druck in der Luftmenge, gemäß der Pfeilrichtung in Richtung auf den Zustandspunkt 42.

[0080] Der Zustandspunkt 42 beschreibt den Zustand größter Verdichtung. Im Otto-Motor wird an diesem Punkt ein Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet, wodurch sich die Temperatur und der Druck bei annähernd konstantem Volumen stark erhöhen, bis zu einem Zustand, der durch den Zustandspunkt 43 angedeutet wird. Im Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Motors gemäß Fig. 1 verbindet sich an dieser Stelle eine eingeschlossene Luftmenge 11, 11', 11" mit dem Gasvolumen 22, in dem eine Verbrennung bei konstantem Volumen stattfindet, durch die die Temperatur und der Druck erhöht werden.

[0081] An der Stelle des Zustandspunktes 42 wird in Fig. 5 für den erfindungsgemäßen Motor keine Volumenvergrößerung angezeigt, weil die Luft aus der Luftmenge 11, 11', 11" keine Dichteveränderung erfährt. Nach Durchmischung mit dem Gas des Gasvolumens 22 nimmt die Luftmenge 11, 11', 11" im größeren Gasvolumen 22 ein Partialvolumen ein, das gleich dem bei maximaler Verdichtung erreichten Volumen der Luftmenge 11, 11', 11" in der Verdichtungseinheit 10 ist. Das Gas im Gasvolumen 22 ist also in eine Mehrzahl gleichartiger Partialvolumen unterteilbar, die wegen der Durchmischung alle die gleichen Eigenschaften, also Temperatur, Druck und Dichte aufweisen.

[0082] Nach Verbindung einer Luftmenge 11, 11',

11" mit einem am Zustandspunkt 42 angedeuteten Volumen mit dem Gasvolumen 22 nimmt die Luftmenge 11, 11', 11" also ein unverändertes Partialvolumen ein. Aufgrund der Durchmischung mit dem unter größerem Druck stehenden Gasvolumen und der Erhitzung durch Verbrennung weist die Luftmenge bei konstant gebliebenem Partialvolumen einen höheren Druck, entsprechend Zustandspunkt 43, auf.

[0083] Der nächste Schritt beim Otto-Motor ist die Vergrößerung des Gasvolumens durch Bewegung des Kolbens im Zylinder. Hier erfährt das heiße Gas im Kolben eine adiabatische Expansion, angedeutet durch einen Pfeil, mit sinkendem Druck, bis zum Volumen am Zustandspunkt 44, der durch den maximalen Hubraum des Zylinders begrenzt und gleich dem Volumen am Anfang des Zyklus bei Zustandspunkt 41 ist. Da sowohl Verdichtung wie Expansion im gleichen Zylindervolumen, und daher mit gleichem Verdichtungs- und Expansionsverhältnis ablaufen, weist das Gas am Zustandspunkt 44 noch einen gegenüber dem Anfangspunkt 41 erhöhten Druck auf, der beim Auslassen des Gases aus dem Zylinder entweicht.

[0084] Beim erfindungsgemäßen Motor ist das Expansionsverhältnis konstruktionsbedingt größer als das Verdichtungsverhältnis. Dadurch ist der Endpunkt der adiabatischen Expansion des Gases, die in einem Partialvolumen und Druck entsprechend Zustandspunkt 43 beginnt, bei einem Zustandspunkt 44', der sowohl ein größeres Volumen als auch einen niedrigeren Druck aufweist als der Endpunkt 44 beim Otto-Motor. Die Verschiebung des Endpunktes des Zyklus von 44 nach 44' bedeutet eine Steigerung der Effizienz des erfindungsgemäßen Motors im Vergleich zu beispielsweise herkömmlichen Verbrennungsmotoren. Die Nutzung restlicher Wärme des Gases z. B. in einem Wärmetauscher im Abgas erhöht diese Effizienz weiter.

[0085] Der erfindungsgemäße Motor und das erfindungsgemäße Kraftgewinnungsverfahren erlauben kleinformatigen und leichtgewichtigen Bau, eine hohe Kraftstoffnutzungseffizienz, niedrige Betriebskosten und einen vielfältigen Einsatz, z.B. als Antriebsturbine für Flugzeuge, Propellerflugzeuge, unbemannte Flugvehikel (Unmanned Airborne Vehicles, UAV), Raketensysteme, Hilfsenergieeinheiten, in Industriellen Anwendungen, wie z.B. Trocknung, Kühlung, Wärme- und Elektrizitätserzeugung für Büros, Hotels, Swimming Pools, Einkaufszentren und Wohngebäude. Weiterhin sind sie einsetzbar für Notstromaggregate, mobile Stromgeneratoren zum Einsatz und zur Zuschaltung bei Verbrauchsspitzen, als ununterbrechbare Stromquellen (UPS) oder als Hauptantriebsaggregate für Schiffe, Autos, LKWs, Busse, Motorräder, Züge und ähnliches.

Bezugszeichenliste

[0086]

1 Motor

2	Einlass
3	Auslass
10	Verdichtungseinheit
11, 11', 11"	Luftmenge
5 12	erstes Rotationselement
13	Außenwand des ersten Rotationselements
14	Gehäuseabschnitt
15	Innenwand des Gehäuseabschnitts
10 16	radiale Schlitze
17	erstes Flächenelement
20	Verbindungsvorrichtung
21	Innenraum der Verbindungsvorrichtung
22	Gasvolumen
15 23	Lufteinlassbereich
24	Gasauslassbereich
24'	Verschlusszone
25	Verbrennungseinheit
26	Kraftstoffzufuhr
20 27	Düse
28	Flamme
30	Expansionseinheit
31, 31', 31"	Gasmenge
32	zweites Rotationselement
25 33	Außenwand des zweiten Rotationselements
34	Gehäuseabschnitt
35	Innenwand des Gehäuseabschnitts
36	Schlitze
30 37	zweites Flächenelement
41 - 44, 44'	Zustandspunkte im p-V-Diagramm

Patentansprüche

1. Motor (1), umfassend eine Verdichtungseinheit (10), eine Expansionseinheit (30), und eine Verbindungsvorrichtung (20) mit einem Energiezufuhrmittel, wobei die Verbindungsvorrichtung (20) einen Lufteinlassbereich (23) und einen Gasauslassbereich (24) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsvorrichtung (20) im Lufteinlassbereich (23) von der Verdichtungseinheit (10) und im Gasauslassbereich (24) von der Expansionseinheit (30) begrenzt ist.
2. Motor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein von Verbindungsvorrichtung (20), Verdichtungseinheit (10) und Expansionseinheit (30) eingeschlossenes Gasvolumen (22) ein im Wesentlichen konstantes Volumen aufweist.
3. Motor (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in oder an der Verbindungsvorrichtung (20) ein Heizmittel angeordnet ist.
4. Motor (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Energiezufuhrmittel eine Verbren-

nungseinheit (25) ist, die insbesondere eine Kraftstoffzuleitung (26) und eine Verbrennungsdüse (27) zur, insbesondere wahlweise, kontinuierlichen oder gepulsten Verbrennung des Kraftstoffs umfasst.

5. Motor (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichtungseinheit (10) zum Einschluss einer Luftmenge (11, 11', 11'') ausgebildet ist.
6. Motor (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichtungseinheit (10) zur Verdichtung der eingeschlossenen Luftmenge (11, 11', 11'') ausgebildet ist.
7. Motor (1) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verdichtete Luftmenge (11, 11', 11'') mit Gas in einem Gasvolumen (22) in der Verbindungsvorrichtung (20) verbindbar ist.
8. Motor (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionseinheit (30) zur Abtrennung und zum Einschluss einer Gasmenge (31, 31', 31'') aus dem Gasvolumen (22) in der Verbindungsvorrichtung (20) ausgebildet ist.
9. Motor (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasmenge (31) bei Abtrennung vom Gasvolumen (22) im Wesentlichen das gleiche Volumen aufweist wie die Luftmenge (11'') bei Verbindung mit dem Gasvolumen (22).
10. Motor (1) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionseinheit (30) zur Expansion des Volumens der Gasmenge (31, 31', 31'') ausgebildet ist.
11. Motor (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorrichtung zur Nutzbarmachung der bei der Expansion der Gasmenge (31, 31', 31'') wirkenden Kraft vorgesehen ist.
12. Motor (1) nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorrichtung zum Antrieb der Verdichtung der Luftmenge (11, 11', 11'') in der Verdichtungseinheit aus wenigstens einem Teil der bei der Expansion der Gasmenge (31, 31', 31'') in der Expansionseinheit (30) wirkenden Kraft vorgesehen ist.
13. Motor (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorrichtung zur, insbesondere alternierenden, Synchronisation der Verbindung des Volumens der Luftmenge (11, 11', 11'') mit dem Gasvolumen (22) und der Abtrennung des Volumens der Gasmenge (31, 31', 31'') vom Gasvolumen (22) vorgesehen ist.

14. Motor (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichtungseinheit (10) ein erstes Rotationselement (12) umfasst.

15. Motor (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Rotationselement (12) in radialer Richtung Schlitze (16) aufweist, in denen erste Flächenelemente (17) radial beweglich angeordnet sind.

16. Motor (1) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Luftmenge (11, 11', 11'') nach Einschluss durch zwei aufeinander folgende erste Flächenelemente (17), eine Außenwand (13) des ersten Rotationselements (12) und eine Innenwand (15) eines Gehäuseabschnitts (14) begrenzt ist.

17. Motor (1) nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass**, insbesondere mechanische und/oder elektrische Mittel zur rotationswinkelabhängigen Steuerung der radialen Bewegung der ersten Flächenelemente (17) vorgesehen sind.

18. Motor (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionseinheit (30) ein zweites Rotationselement (32) umfasst.

19. Motor (1) nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Rotationselement (32) in radialer Richtung Schlitze (36) aufweist, in denen zweite Flächenelemente (37) radial beweglich angeordnet sind.

20. Motor (1) nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasmenge (31, 31', 31'') nach Abtrennung durch zwei aufeinander folgende zweite Flächenelemente (37), eine Außenwand (33) des zweiten Rotationselements (32) und eine Innenwand (35) eines Gehäuseabschnitts (34) begrenzt ist.

21. Motor (1) nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, dass**, insbesondere mechanische und/oder elektrische, Mittel zur rotationswinkelabhängigen Steuerung der radialen Bewegung der zweiten Flächenelemente (37) vorgesehen sind.

22. Motor (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorrichtung zur, insbesondere lösbaren, Verbindung der Rotation des ersten Rotationselements (12) und des zweiten Rotationselements (32) vorgesehen ist, insbesondere eine Achse, ein Keilriemen oder ein Schaft.

23. Motor (1) nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet,**

zeichnet, dass die Rotation des ersten Rotationselements (12) in der Verdichtungseinheit (10) durch die Rotation des zweiten Rotationselements (32) in der Expansionseinheit (30) angetrieben wird.

24. Motor (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdichtungseinheit (10) eine Vorverdichtungsstufe vorgeschaltet ist.

25. Motor (1), insbesondere nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 24, umfassend eine Verdichtungseinheit (10) mit einem Mittel zum Einschluss einer Luftmenge (11, 11', 11''), eine Expansionseinheit (30) und ein Energiezufuhrmittel, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Expansionsverhältnis in der Expansionseinheit (30) größer ist als das Verdichtungsverhältnis in der Verdichtungseinheit (10).

26. Motor (1) nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Energiezufuhrmittel in der Expansionseinheit (30) angeordnet ist.

27. Kraftgewinnungsverfahren mit folgenden Schritten:

- Einschließen einer Luftmenge (11, 11', 11'') in einer Verdichtungseinheit (10),
- Verdichten der Luftmenge (11, 11', 11'') durch Verkleinern des Volumens der Luftmenge (11, 11', 11'') in der Verdichtungseinheit (10),
- Verbinden des Volumens der Luftmenge (11, 11', 11'') mit einem Gasvolumen (22) in einer Verbindungsvorrichtung (20),
- Vermischen der Luftmenge (11, 11', 11'') mit dem in der Verbindungsvorrichtung (20) enthaltenen Gas,
- Erhöhen des Gasdrucks in der Verbindungsvorrichtung (20),
- Abtrennen einer Gasmenge (31, 31', 31'') vom Gas im Gasvolumen (22) und Einschließen der Gasmenge (31, 31', 31'') in einer Expansionseinheit (30),
- Expandieren der Gasmenge (31, 31', 31'') in der Expansionseinheit (30) und Nutzbarmachen der bei der Expansion der Gasmenge (31, 31', 31'') wirkenden Kraft.

28. Kraftgewinnungsverfahren nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erhöhen des Gasdrucks in der Verbindungsvorrichtung (20) im Wesentlichen durch Erhitzen des Gases erfolgt.

29. Kraftgewinnungsverfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erhitzen des Gases in der Verbindungsvorrichtung (22) kontinuierlich erfolgt.

30. Kraftgewinnungsverfahren nach Anspruch 28, **da-**

durch gekennzeichnet, dass das Erhitzen des Gases in der Verbindungsvorrichtung (22) gepulst erfolgt.

5 31. Kraftgewinnungsverfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erhitzen des Gases in der Verbindungsvorrichtung (20) mittels Verbrennung erfolgt.

10 32. Kraftgewinnungsverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 27 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Massen der dem Gasvolumen (22) in der Verbindungsvorrichtung (20) zu- bzw. abgeführten Luft- und Gasmengen (11, 11', 11'', 31, 31', 31'') im Wesentlichen gleich groß sind.

15 33. Kraftgewinnungsverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 27 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verfahrensschritte Öffnen und Verkleinern des Volumens einer Luftmenge (11, 11', 11'') im Lufteinlassbereich (23) sowie Vergrößern des Gasvolumens (22) und Abschießen einer Gasmenge (31, 31', 31'') im Gasauslassbereich (24) gleich schnell und gleichzeitig ablaufen, und dass das Gesamtvolumen aus Lufteinlassbereich (23), Gasvolumen (22) und Gasauslassbereich (24) im Wesentlichen konstant bleibt.

20 34. Kraftgewinnungsverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 27 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Volumen der Luftmenge (11, 11', 11'') beim Verbinden mit dem Gasvolumen (22) und der Gasmenge (31, 31', 31'') beim Abtrennen vom Gasvolumen (22) kleiner sind als das Gasvolumen (22), insbesondere kleiner als 50 % des Gasvolumens (22), insbesondere kleiner als 30 % des Gasvolumens (22).

25 35. Kraftgewinnungsverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 27 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** Gasdruckschwankungen im Gasvolumen (22) kleiner sind als 50 % des maximalen Gasdrucks in der Verbindungsvorrichtung (20), insbesondere weniger als 30 % des maximalen Gasdrucks.

30 36. Kraftgewinnungsverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 27 bis 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verfahrensschritte des Kraftgewinnungsverfahrens zyklisch wiederholt werden.

35 37. Kraftgewinnungsverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 27 bis 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei oder mehrere der Verfahrensschritte gleichzeitig ausgeführt werden, insbesondere Einschließen einer Luftmenge (11, 11', 11''), Verdichten der Luftmenge (11, 11', 11''), Erhitzen des Gases in der Verbindungsvorrichtung (20) und/oder

Expandieren der Gasmenge (31, 31', 31").

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

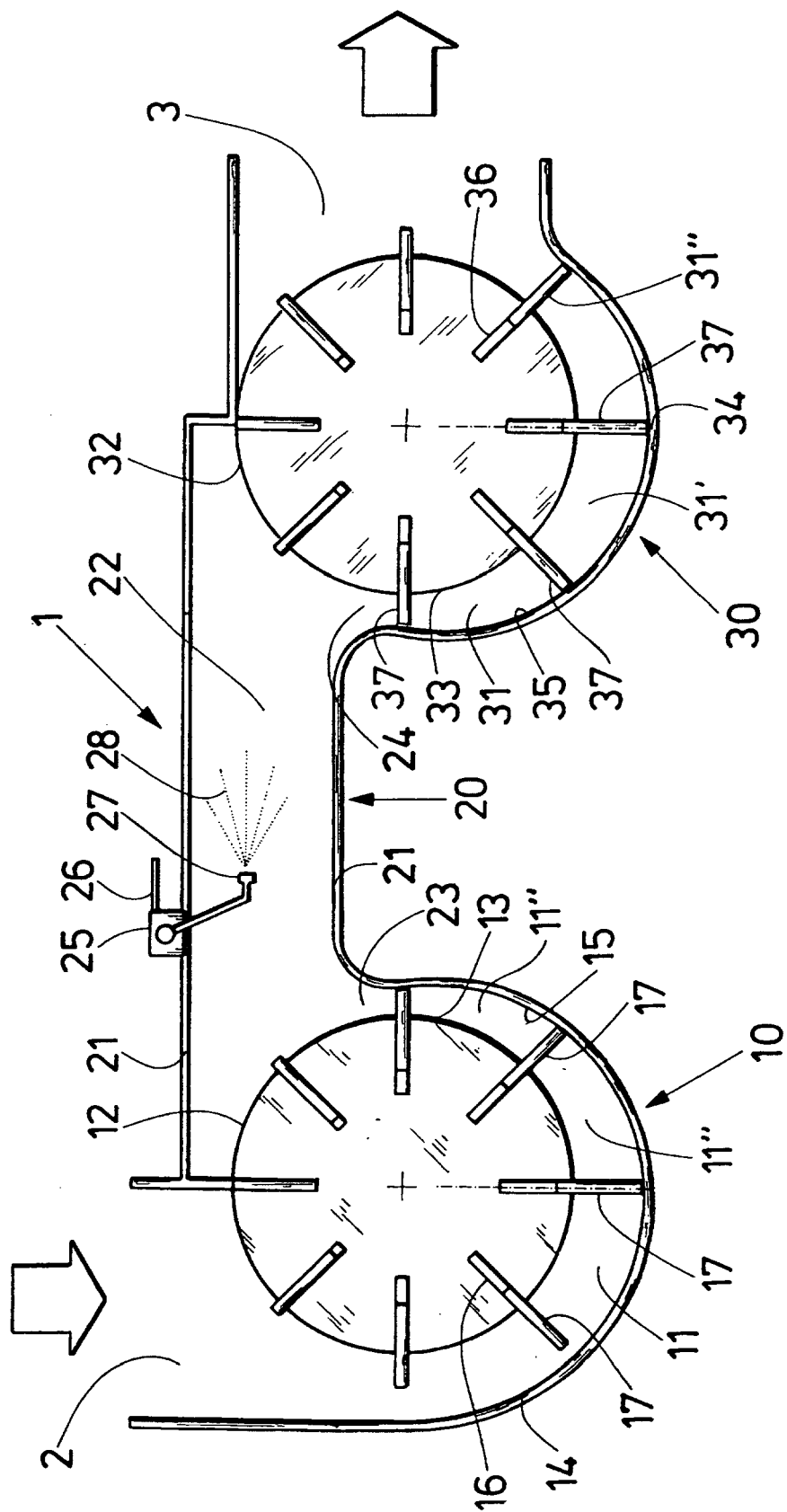


Fig. 1

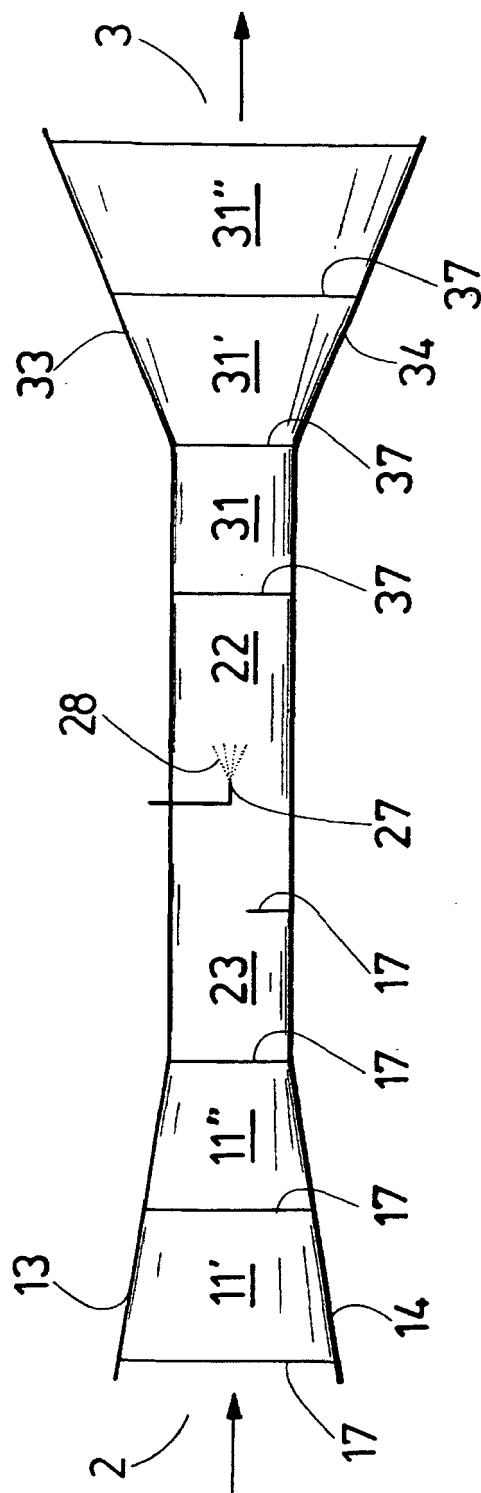


Fig. 2

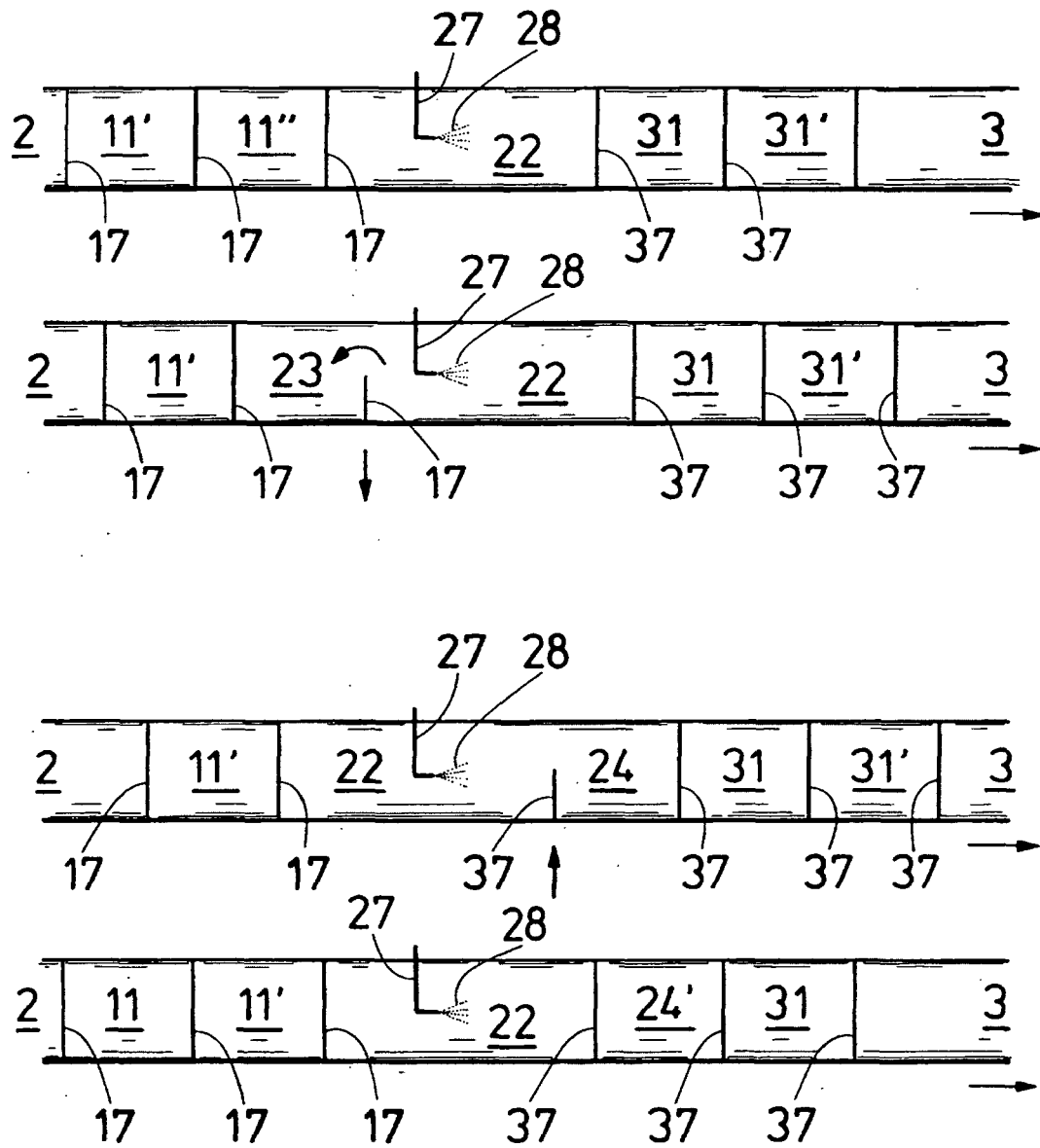


Fig. 3

Fig. 4

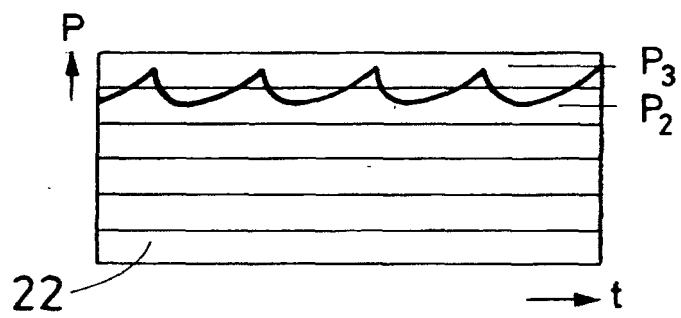
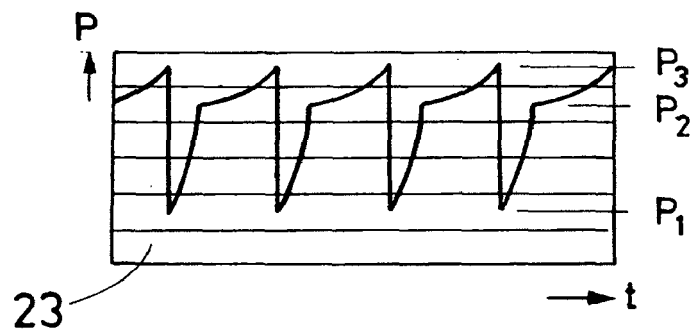
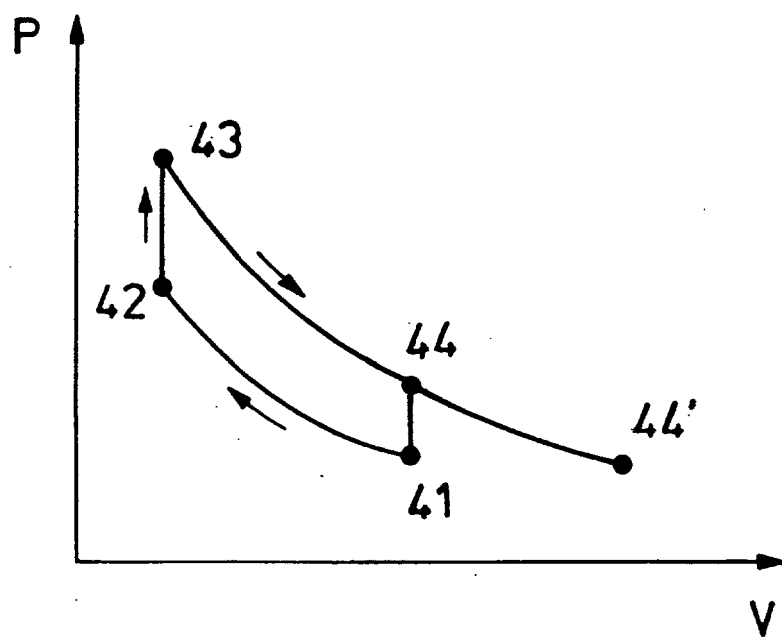


Fig. 5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 02 0570

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 489 199 A (PALMER ET AL) 6. Februar 1996 (1996-02-06) * Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 3, Zeile 15; Abbildung 2 *	1-29, 31-37	F01C1/344 F01C11/00
X	DE 295 18 546 U1 (STOPE, DIETMAR, DIPL.-ING., 63067 OFFENBACH, DE) 18. April 1996 (1996-04-18) * Seite 3, Zeile 1 - Zeile 9; Abbildung 3 *	1-29, 31-37	
X	EP 0 013 180 A (HILL, CRAIG CHILTON) 9. Juli 1980 (1980-07-09) * Seite 6, Zeile 29 - Seite 7, Zeile 5 * * Seite 9, Zeile 11 - Zeile 24 * * Abbildungen 1,2 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F01C F02G F02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. Oktober 2005	Prüfer Pileri, P
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 Patentedokument, 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 (P04C03)

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

EP 05 02 0570

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

28-10-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5489199 A	06-02-1996	US 5568796 A	29-10-1996
		US 5522356 A	04-06-1996
		US 5427068 A	27-06-1995
DE 29518546 U1	18-04-1996	KEINE	
EP 0013180 A	09-07-1980	KEINE	

EPO FORM P0461

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