



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 05 149 T2** 2004.04.15

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 155 225 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 05 149.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/NL00/00110**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 906 761.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/50748**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.02.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **31.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **10.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.04.2004**

(51) Int Cl.⁷: **F02B 51/00**
F02M 53/06, F02C 7/22

(30) Unionspriorität:

1011383	24.02.1999	NL
PCT/NL99/00380	18.06.1999	WO
1012936	30.08.1999	NL

(73) Patentinhaber:

N.V. Kema, Arnhem, NL

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**VAN LIERE, Jacobus, NL-6865 ES Doorwerth, NL;
VAN PAASSEN, Adrianus, Cornelis, NL-2635 HB
Den Hoorn, NL**

(54) Bezeichnung: **VERBRENNUNGSEINRICHTUNG UND KRAFTANLAGE MIT EINER DERARTIGEN VERBRENNUNGSEINRICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Verbrennungseinheit zum Verbrennen eines Flüssigkraftstoffs und ein eine solche Verbrennungseinheit umfassendes Krafterzeugungssystem Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verbrennungseinheit zum Verbrennen eines Flüssigkraftstoffs und auf ein System zum Erzeugen von Kraft, welches eine solche Verbrennungseinheit umfasst.

[0002] Bei der Verbrennung von Flüssigkraftstoff, insbesondere Motorenkraftstoffen, wie Benzin, Kerosin, Diesel und Methanol, ist es wichtig, dass zum Zeitpunkt der Verbrennung der Kraftstoff als kleinstmögliche Partikel vorliegt. Je kleiner die Kraftstoffpartikel sind, desto homogenere Verbrennung ergibt sich. Eine homogenere Verbrennung ist mit geringerer Rußbildung und Rußemission wie auch mit geringerer CO-Bildung und -Emission verbunden.

[0003] Es ist daher die Aufgabe, die kleinstmöglichen Kraftstofftröpfchen in die Verbrennungskammer einzuleiten. Bekannte Verbrennungseinheiten sind durch verschiedenartige zusätzliche Mittel zum Erhalten der kleinstmöglichen Kraftstofftröpfchen in der Verbrennungskammer im Moment der Verbrennung gekennzeichnet.

[0004] EP-A-O 506 069 offenbart eine Verbrennungseinheit zum Verbrennen eines Flüssigkraftstoffes, bei dem Düsen verwendet werden, um ein Kraftstoffspray mit einer Partikelgröße von, wie berichtet, unter etwa 100 µm zu erzeugen. Vorrichtungen und Stromkonstruktionen werden erwähnt, die den turbulenten, bewegten oder verwirbelten Fluss der Kraftstoffflüssigkeitsspraymischung fördern sollen, wie etwa Vordüsen, Diffusoren, Verwirbelungsplatten, Einschränkungen, Stromteiler/kombinierer, Stromprallplatten, Schirme, Trennwände, Leitschaufeln und andere.

[0005] Die vorliegende Erfindung hat als Aufgabe die Bereitstellung einer Verbrennungseinheit zum Verbrennen von Flüssigkraftstoff, die mit Mitteln zum Eintragen sehr kleiner Flüssigkeitskraftstoffpartikel (mittlere Größe < 5 µm, allgemein < 3 µm, vorzugsweise < 2 µm, wie etwa 1,2 µm) in die Verbrennungskammer versehen ist. Dies, während eine hinreichende Zufuhr dieser sehr kleinen Flüssigkraftstoffpartikel sichergestellt sein kann und die Mittel zum Erhalten dieser sehr kleinen Flüssigkraftstoffpartikel einen relativ einfachen Aufbau haben und in relativ einfacher Weise existierenden Verbrennungseinheiten hinzugefügt werden können.

[0006] Dies wird gemäß der Erfindung mit einer Verbrennungseinheit zum Verbrennen eines Flüssigkraftstoffes wie in Anspruch 1 beansprucht erzielt. Es ist wichtig, dass der Wirbelzerstäuber Tröpfchen oder einen Film aus Flüssigkraftstoff zum gasförmigen Medium unter veränderten Bedingungen erzeugt, so dass dann Explosionszerstäubung auftritt. Explosionszerstäubung bringt mit sich, dass Flüssigkraftstoff die Verbrennungskammer unter derartigen Bedingungen betritt, dass es als ein Ergebnis des Druckab-

falls über den Zerstäuber zum Auftreten von Sieden oder von Gasbläschen bei den Tröpfchen oder dem Film des Flüssigkraftstoffs kommt. Das heißt, dass im Flüssigkraftstoff Gasbildung auftritt. Dies sogenannte Ausdampfen (Flashing) oder Niederschlag führt dazu, dass die Tröpfchen oder der Kraftstofffilm aufgrund plötzlichen teilweisen Siedens oder der Gaspräzipitation explodieren oder fragmentieren. Diese Fragmentierung führt zu sehr kleinen Kraftstofftröpfchen, die im gasförmigen Medium erzeugt werden. Die mittlere Dimension von Kraftstoffpartikeln nach der Fragmentierung beläuft sich auf weniger auf 5 µm, allgemein weniger als 3 µm, vorzugsweise weniger als 2 µm, beispielsweise 1,2 µm.

[0007] Man beachte, dass die Explosionszerstäubungseinheit den zerstäubten Flüssigkraftstoff nicht direkt in die Verbrennungskammer liefern muss. Es reicht aus, dass die erzeugten Kraftstofftröpfchen schließlich die Verbrennungskammer ohne unerwünscht großes Tröpfchenwachstum, das als Folge von Verschmelzung stattgefunden hat, erreichen.

[0008] Es wird eine Explosionsverwirbelungszerstäubungseinheit verwendet, die mit Wirbelzerstäubern ausgestattet ist. Bei solch einem bekannten Wirbelzerstäuber wird dem Flüssigkraftstoff in einer Wirbelkammer eine Wirbelbewegung vermittelt.

[0009] Der wirbelnde Kraftstoff tritt aus einer Auslassöffnung aus. Man hat herausgefunden, dass die Dicke der heraustretenden Kraftstoffsicht ein Bruchteil (beispielsweise 10%) des Durchmessers des Auslassdurchtritts ist. Aufgrund der nachfolgenden Explosionsfragmentierung werden Partikel mit einer mittleren Abmessung von 5 µm oder kleiner erhalten (abhängig vom Druckabfall, der Temperatur und dem Durchtrittsdurchmesser).

[0010] Es ist ersichtlich, dass, um diese Fragmentierung zu verwirklichen, es wichtig ist, dass die Bedingungen (und insbesondere Bedingungsveränderung) unter denen der Flüssigkraftstoff zerstäubt wird, für die Fragmentierung optimal sind. Wichtige Bedingungen zum Ausdampf-Fragmentieren sind die Temperatur des Kraftstoffs, der Zerstäubungsdruck, unter dem der Kraftstoff zerstäubt ist, der Druckabfall während des Austritts und der Durchtrittsdurchmesser. Es ist daher empfehlenswert, dass die Explosionszerstäubungseinheit Mittel zum Einstellen der Temperatur des Verdampfungsmittels und/oder des Zerstäubungsdrucks umfasst.

[0011] Im Falle einer Nachrüstung der oben beschriebenen Verbrennungseinheit ist es möglich, eine Anordnung einer Anzahl von Explosionszerstäubungseinheiten in einem neuen oder modifizierten Lufteinlass zu integrieren, oder diese Explosionszerstäubungseinheiten direkt in die Verbrennungskammer einmünden zu lassen. Durch Orientieren der Auslassdurchtritte jeder Explosionszerstäubungseinheit ist es möglich, den Kraftstoff so zu zerstäuben, dass er für die Ausbildung des Kraftstoff-Luft-Gemischs zur Verbrennung optimal ist. Insbesondere sind Verwirbelzerstäuber und Schlitz- oder Lochzer-

stäuber bevorzugt, da diese einen sehr einfachen Aufbau aufweisen, leicht miniaturisiert und in bestehende Verbrennungseinheiten eingebaut werden können. Sehr große Anzahlen an Explosionszerstäubungseinheiten können daher ohne zu viele Modifikationen an existierender Verbrennungseinheit eingebaut werden, was große Freiheit bei der Wahl der Kraftstoffflussrate zur Verbrennungskammer gestattet. Die Nachrüstung existierender Verbrennungseinheiten führt daher zu Verbrennungseinheiten, die zu niedrigeren Kosten konvertiert werden können und nichtsdestoweniger eine stark verbesserte Verbrennung mit niedriger Ruß- und NO_x Emission verwirklichen können.

[0012] Wie ausgeführt, kann als Kraftstoff Flüssigkraftstoff eingesetzt werden. Der flüssige Zustand bezieht sich hierbei auf den Zustand des Kraftstoffs bei der Temperatur und dem Druck, die am Kraftstoffeinlass vorherrschen. Dies bedeutet, dass Kraftstoffe verwendet werden können, die bei Umgebungsbedingungen gasförmig sind. Kraftstoffe wie Diesel und Benzin haben einen Siedebereich. Dies bedeutet, dass zum Verwirklichen der Explosionszerstäubung eine Temperatur aus dem Siedebereich so gewählt werden muss, dass ein signifikanter Ausdampfeffekt auftritt. Für Dieselöl kann eine Temperatur von 350°C gewählt werden. Für Kerosin/Benzin kann eine niedrigere Kraftstofftemperatur gewählt werden ($250/150^\circ\text{C}$). Eine höhere Kraftstofftemperatur, wie etwa 400°C , kann für niedertourige Schiffsdieselmotoren gewählt werden. Es wird jedoch angemerkt, dass diese Temperaturen abhängig vom angelegten Druck und optionalen Kraftstoffadditiven, die einen positiven Effekt auf die Explosionszerstäubung haben, schwanken können. Es ist ersichtlich, dass, um eine optionale Explosionszerstäubung zu verwirklichen, eine Verbrennungseinheit vorzugsweise mit Mitteln zum Einstellen der Temperatur und des Zerstäubungsdrucks des Kraftstoffs ausgestattet sein wird.

[0013] Falls, wie weiterhin bevorzugt, die Temperatureinstellmittel die Temperatur des Verdampfungsmediums um die kritische Temperatur herum oder auf sie einstellen, nimmt das Verdampfungsmedium eine Oberflächenspannung von praktisch oder gleich 0 N/m^2 an. Dies bedeutet, dass keine weitere oder wenig Zerstäubungsenergie benötigt wird, um die Flüssigkeit zu zerstäuben, wodurch die Tröpfchengröße extrem klein wird (eine mittlere Tropfenabmessung bis $0,1 \mu\text{m}$ ist hier möglich) und die Verwendung anderer Mittel zum Senken der Oberflächenspannung optional aufgegeben werden kann.

[0014] Zusätzlich zu den physikalischen Bedingungen zur Fragmentierung ist es auch möglich, die Fragmentierung durch chemische oder physikalische Additive zum Kraftstoff zu verstärken. Es wird daher empfohlen, dem Kraftstoff Agenzien zuzusetzen, welche die Oberflächenspannung des Kraftstoffs senken und dabei die für die Fragmentierung notwendige Energie verkleinern. Als Oberflächenspannungsvermin-

dernde Agenzien können Detergenzien und dergleichen verwendet werden. Solche Oberflächenspannungsvermindernde Agenzien werden bevorzugt, die nicht nur an der Oberfläche der Kraftstofftröpfchen verbleiben, sondern die fast homogen im Kraftstoff (Tröpfchen oder Film) verteilt sind. Es ist daher nicht notwendig, dass nach Zerstäuben und vor der Fragmentierung die Oberflächenspannung als Ergebnis der Diffusion auf ein geringeres Ausmaß reduziert werden soll. Unter diesen Bedingungen wird empfohlen, Fettsäuren, insbesondere kürzere Fettsäuren und optionale Alkohole wie etwa Methanol und Ethanol zu verwenden. Diese letzteren Agenzien werden insbesondere aufgrund eines relativ niedrigen Siedepunkts und guter Verbrennung bevorzugt. Es wird damit vermieden, dass der Verbrennungsprozess in einem negativen Sinn durch diese Additive betroffen wird.

[0015] Gemäß einer anderen Ausführungsform enthält der Kraftstoff brennbare und/oder verdampfbare Substanzen, welche entweder die Oberflächenspannung des Kraftstoffs vermindern oder die Gasbildung im Kraftstoff als Ergebnis des Druckabfalls am Zerstäuber verstärken. Hier können insbesondere brennbare und/oder verdampfbare Substanzen verwendet werden, die einen Siedepunkt aufweisen, der niedriger als der Siedepunkt des Kraftstoffs ist. Dies sollte so verstanden werden, dass es bedeutet, dass im Falle eines Siedebereichs des Kraftstoffs und optional des Verdampfungsagens diese Bereiche so gewählt werden, dass das Verdampfungsagens einen wesentlichen Anteil zur Gasbildung und schließlich zur Fragmentierung des Kraftstoffs beiträgt. Wenn eine Anzahl oder Mischung von Verdampfungsagenzien verwendet werden, werden die verdampfbaren Substanzen mit dem niedrigsten Siedepunkt plötzlich zuerst verdampfen und Siedeblassen aufgrund des Druckabfalls bilden, wenn sie die Explosionszerstäubungseinheit passieren, wodurch Flüssigkraftstoff in kleine Tröpfchen explodiert oder fragmentiert. Beispielsweise kann ein Gemisch aus Dieselöl als Kraftstoff und Wasser als Verdampfungsagens verwendet werden. Überhitztes Verdampfungsagens (Wasser) kann auch als Verdampfungsagens (beispielsweise Wasser) verwendet werden und insbesondere in ölbefeuerten Brennern zum Erzeugen von Dampf eingesetzt werden. In diesem Fall können Kraftstoff und überhitztes Wasser dem Brenner auch separat durch Explosionszerstäubung zugeleitet werden. Hier wird der zusätzliche Vorteil verwirklicht, dass durch die Verdampfung des Wassers die Temperatur der Mischung vor der Verbrennung, während der Verbrennung und nach der Verbrennung niedriger ist, was die Leistung der Verbrennungseinheit erhöht und die Emission von CO und NO_x vermindert.

[0016] Die Verbrennungseinheit kann in einer Verbrennungsmaschine, beispielsweise einem Gasmotor, einem Benzinmotor oder einem Dieselmotor eingesetzt werden. Zusätzlich kann die Verbrennungs-

einheit in einem System zum Erzeugen von Leistung eingebaut werden, das eine Kompressionsvorrichtung, die durch eine Gasturbine angetrieben wird und die Verbrennungseinheit gemäß der Erfindung umfasst, in der durch die Kompressionsvorrichtung komprimierter Kraftstoff und Luft verbrannt und der Gasturbine zugeführt werden.

[0017] Es ist ersichtlich, dass es in dieser Hinsicht sehr vorteilhaft ist, falls Explosionszerstäubungseinheiten in der Kompressionsvorrichtung verwendet werden, um vorgegebene Verdampfungsagenzien mit einer vergleichsweise höheren Verdampfungsenergie (beispielsweise Wasser) zu verdampfen. Hierdurch wird eine quasi-isothermale Kompression erhalten, wodurch die Kompressionsarbeit beträchtlich vermindert wird. In dem Fall, dass die Verbrennungseinheit mit einer Kompressionskammer und einer Verbrennungskammer ausgestattet ist, kann die Explosionszerstäubungseinheit für den Kraftstoff mit der Verbrennungskammer verbunden werden und kann eine Explosionszerstäubungseinheit für Verdampfungsagens für den Zweck der Verdampfungskühlung mit der Kompressionskammer verbunden werden.

[0018] Während des Kompressionshubs und des Brennhubs der Verbrennungsmaschine kann daher eine optionale quasi-isothermale Kompression und jedenfalls eine optimale Verbrennung stattfinden. Es wird weiter im Falle von Verdampfungskühlen empfohlen, dass zwischen einer Kompressionskammer und einer Verbrennungskammer des Verbrennungsmotors zumindest ein Druckgefäß aufgenommen ist, das in wärmetauschendem Kontakt mit einem Verbrennungsgasauslass des Verbrennungsmotors steht. Es ist daher bei der kühlen komprimierten Luft möglich, Wärme aus der Wärme der Abgase zurückzugewinnen. Falls die Verbleibzeit in dem Druckgefäß zu kurz ist, kann eine Anzahl von Druckgefäßen parallel verwendet werden oder ein relativ großes Druckgefäß in Verbindung mit einer Anzahl von Verbrennungskammern

[0019] Die enivähnten und andere Merkmale der Verbrennungseinheit und des krafterzeugenden Systems gemäß der Erfindung werden unten stehend unter Bezugnahme auf eine Anzahl von Ausführungsformen weiter beleuchtet werden, die beispielhaft angegeben werden, ohne dass angenommen werden soll, dass die Erfindung auf diese beschränkt ist.

[0020] In den Zeichnungen zeigt:

[0021] **Fig. 1** eine schematische Ansicht eines Explosionswirbelzerstäubers;

[0022] **Fig. 2** eine schematische Wiedergabe eines Dieselmotors gemäß der Erfindung mit Turbolader;

[0023] **Fig. 3** eine Variante des Dieselmotors von **Fig. 2**;

[0024] **Fig. 4–6** jede eine schematische Wiedergabe eines Verbrennungsmotors gemäß der Erfindung;

[0025] **Fig. 7** eine schematische Wiedergabe eines krafterzeugenden Systems gemäß der Erfindung;

[0026] **Fig. 8** ein anderes krafterzeugendes System

gemäß der Erfindung gemäß dem TOPHAT-Prinzip (TOP humidified air turbine, TOP-befeuchtete Luftturbine); und

[0027] **Fig. 9** ein anderes krafterzeugendes System gemäß der Erfindung gemäß dem TOPHACE-Prinzip (TOP humidified air combustion engine, TOP-befeuchtete Luftverbrennungsmaschine).

[0028] **Fig. 1** zeigt einen Explosionswirbelzerstäuber **1**, wie er bei einer Verbrennungseinheit gemäß der Erfindung angewendet wird. Der Explosionswirbelzerstäuber **1** umfasst eine Leitung **2**, mit der Kraftstoff **3** (und/oder optional Verdampfungsagens) über eine Tangentialöffnung **4** einer Wirbelkammer **5** zugeführt wird. Die Flüssigkeit nimmt eine Wirbelbewegung **6** in der Wirbelkammer **5** an und verläßt den Zerstäuber **1** über eine Auslassöffnung (oder einen Durchtritt). Der wirbelnde Kraftstoff tritt in Form eines Konus aus. Die Dicke der Kraftstoffschicht nimmt darin ab und bricht als Konsequenz von Fragmentierung in sehr kleine Tröpfchen auf. Es kann klar gesehen werden, dass die Dicke der Kraftstoffschicht kleiner ist als der Durchmesser von Auslassöffnung **7** der Wirbelkammer **5**, wenn die austretende Flüssigkeit durch plötzliche Druckverminderung Ausdampf- oder Gaspräzipitation zeigt und die Partikel dann in extrem kleine Tröpfchen fragmentieren, das sog. Explosionszerstäuben. Die Dicke der Konusschicht und die Größe der gebildeten Tröpfchen hängt vom Grad an Explosionszerstäuben und damit vom Grad der Gasbildung in der Konusschicht ab. Die physikalischen Bedingungen, die hierfür wichtig sind, sind der Druck und die Temperatur des Kraftstoffs und der vorherrschende Druck und Temperatur im Raum, in den der wirbelnde zerstäubte Kraftstoff geliefert wird. Es ist daher möglich, Anzahl und Größe der gebildeten zerstäubten Kraftstoffpartikel durch Wahl dieser Bedingungen zu beeinflussen.

[0029] **Fig. 2** zeigt einen Dieselmotor **8** gemäß der Erfindung, der sechs Verbrennungseinheiten oder Zylinder **9** gemäß der Erfindung umfasst. Dieselöl wird über eine Pumpe **10** und eine Leitung **11** einer Explosionszerstäubungseinheit **12** zugeführt, die aus einer geeigneten Zahl von gewählten Explosionszerstäubern besteht, wie in **Fig. 1** gezeigt. Das Dieselöl hat eine für das Explosionszerstäuben geeignete Temperatur und einen geeigneten Druck. Luft wird über eine Leitung **13** einem Kompressor **14** zugeführt, der durch eine Gasturbine **16** über eine Welle **15** angetrieben wird.

[0030] Der Gasturbine **16** wird das Abgas von Zylinder **9** hinzugefügt, das über eine Leitung **17** der Gasturbine **16** und über eine Leitung **18** zum Kamin **19** geführt wird.

[0031] Im Kompressor **14** komprimierte Luft wird über Leitungen **20** der Verbrennungskammer **21** jedes Zylinders **9** zugeführt.

[0032] **Fig. 3** zeigt einen Dieselmotor **22**, der **Fig. 2** entspricht. Entsprechende Komponenten werden mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Ein erster Unterschied ist jedoch, dass die im Kompressor **14** kom-

primierte Luft nicht über Leitung **20** der Verbrennungskammer **21**, sondern der Explosionszerstäubungseinheit **12** zugeführt wird. Dies erzeugt ein optimales Gemisch von Kraftstoff und Luft. Falls die Luft noch immer Verdampfungsagenspartikel (Wasserpartikel) enthält, ist eine quasi-isothermale Kompression sogar in Zylinder **9** immer noch möglich.

[0033] Zweitens wird eine Explosionszerstäubungseinheit **23** in Leitung **13** aufgenommen. Durch Explosionszerstäuben wird Wasser hier der Luft zugeführt, wodurch eine quasi-isothermale Verdunstung im Kompressor **14** auftritt. Das erforderliche Wasser wird über eine Leitung **24** einem Wärmetauscher **25** zugeführt, in dem es in wärmetauschendem Kontakt mit dem die Gasturbine **16** verlassendem Abgas steht. Das erhitzte Wasser wird unter Druck über eine Pumpe **26** der Explosionszerstäubungseinheit **23** zugeführt.

[0034] In den **Fig. 2** und **3** gezeigte Dieselmotoren **8** und **22** können als niedertourige Marinedieselmotoren verwendet werden.

[0035] **Fig. 4** zeigt einen Verbrennungsmotor **27** gemäß der Erfindung, der mit einer Kompressionskammer **28** und einer Verbrennungskammer **29** versehen ist. Die Kompressionskammer **28** ist mit einem Lufteinlass **30** mit einem Einlassventil **31** versehen. Die Kompressionskammer **28** umfasst weiterhin eine Explosionszerstäubungseinheit **32** zum Zuführen von Kühlmittel (beispielsweise Wasser) über Leitung **33**. Quasi-isothermische Kompression kann so durch Verdampfungskühlen erzielt werden. Über einen mit einem Ventil **34** versehenen Auslass **35** ist die Kompressionskammer **28** mit einem Druckgefäß **36** verbunden, das mit einem Wärmeaustauscher **37** versehen ist. Druckgefäß **36** ist über Leitung **38** und ein Ventil **39** mit der Verbrennungskammer **29** verbunden, die weiterhin mit einer Explosionszerstäubungseinheit **40** für über Leitung **41** zugeführten Kraftstoff und einer Zündeinheit **42** versehen ist. Über ein Ventil **43** und einen Auslass **44** werden Abgase über Wärmetauscher **45**, **37** und **46** abgeführt.

[0036] Der Betrieb des Verbrennungsmotors **27** ist wie folgt. Bei 1 Bar und einer Temperatur von 27°C wird Wasser über Explosionszerstäubungseinheit **32** in der Kompressionskammer **28** zerstäubt, wobei quasi-isothermische Kompression auf 44 Bar und 220°C stattfindet. Die Ventile **34** und **39** öffnen und Druckgefäß **36** und Verbrennungskammer **29** werden während des letzten Teils des Hubs von Kolben **47** gefüllt. Die Ventile **34** und **39** schließen dann. Die im Druckgefäß **36** vorhandene Luft wird gegen die durch den Wärmetauscher **37** strömenden Abgase erhitzt. Im Druckgefäß **36** wird die Luft auf eine Temperatur von 300°C erhitzt und schließlich über Ventil **39** in die Verbrennungskammer **29** gespült.

[0037] Kraftstoff wird gleichzeitig über Explosionszerstäubungseinheit **40** injiziert, woraufhin Zündung und Ausdehnung dann in der Verbrennungskammer **29** stattfinden. Während des Rückkehrhubs des Kolben **48** werden die Abgase über Ventil **43** abgeführt

und zum Wärmeaustausch mit dem Kraftstoff, der komprimierten Luft und dem Wasser für die Injektion verwendet.

[0038] Es ist ersichtlich, dass im Verbrennungsmotor **29** gleichermaßen Kraftstoff über Explosionszerstäubungseinheit **40** und Kühlmittel über Explosionszerstäubungseinheit **32** injiziert werden.

[0039] Die Verwendung von Verbrennungsmotor **27** erreicht, dass minimale Kompressionsarbeit durchgeführt wird, während die Wiedergewinnung von Niedertemperaturwärme zum Vorheizen von Luft, Wasser und/oder Kraftstoff verwirklicht wird.

[0040] Für den Fall, dass die Verbleibzeit im Druckgefäß für eine optimale Erhitzung des komprimierten Gases unzureichend ist, wird empfohlen, dass das Druckgefäß in Form einer Anzahl von parallel verbundenen Druckgefäßen zwischen Kompressionskammer **28** und Verbrennungskammer **29** ausgeführt wird.

[0041] Falls die quasi-isothermische Kompression durch Einspritzen einer Mischung von Wasser/Kraftstoff (beispielsweise Wasser/Methanol) durchgeführt wird, kann das Verdampfungskühlen dann durch Extraktion von sich aus dem Aufspalten des Kraftstoffs ergebender Wärme ergänzt werden. Um diese Ausbruchsreaktion des Kraftstoffs durchzuführen, ist es notwendig, dass ein Aufspaltkatalysator im Druckgefäß eingebaut ist (beispielsweise CuO für Methanol oder Zeolit für Benzin). Wichtig sind eine adäquate Reaktionszeit in der Größenordnung von einer Sekunde und eine hinreichend hohe Spaltungstemperatur für Methanol von 250 bis 300°C und für Benzin von 475 bis 675°C.

[0042] Es ist ersichtlich, dass durch Anordnung einer Trennung zwischen der Kompressionskammer und der Verbrennungs/Expansionskammer durch Verwendung des Druckgefäßes eine Optimierung der Energieeffizienz bei Bedingungen unterschiedlicher Leistungsanforderungen verwirklicht werden können, indem die akkumulierte Energie verwendet wird. Optional kann sogar ein Hybridmotor mit Druckluftspeicherung angewendet werden.

[0043] **Fig. 5** zeigt eine Verbrennungseinheit **49** gemäß der Erfindung.

[0044] Über den sich drehenden Kompressor **50** wird Luft über Einlass **51** zugeführt, während eine Wasser-/Kraftstoffmischung mit einer Explosionszerstäubungseinheit **52** zerstäubt wird. Mit dem Druckgefäß **58** sind Verbrennungskammern **53** verbunden, die jede der komprimierten Mischung von Luft/Kraftstoff über eine Leitung **54** aufnehmen, während über Einlass **55** zusätzlicher Kraftstoff zugeführt wird. Die Mischung wird unter Verwendung der Zündung **56** gezündet. Abgase verlassen die Verbrennungskammer **53** über Auslass **57**. Unter Verwendung eines Wärmetauschers **59** findet ein Wärmeaustausch mit dem Gemisch von im Druckgefäß **58** vorhandener Luft/Kraftstoffmischung statt. Durch Verwendung des großen Druckgefäßes **58** und einer Mehrzahl von Verbrennungskammern steht signifikant mehr Zeit

zum Erhitzen der im Druckgefäß **58** vorhandenen Mischung unter Verwendung von Abgasen zur Verfügung.

[0045] **Fig. 6** zeigt einen Verbrennungsmotor **60**, der einen Zylinder **61** mit einem Kolben **62** zusätzlich zu einem Lufteinlass **63** und einem Abgasauslass **65** umfasst. Der Zylinder **61** ist weiter mit Plasmaelektroden **66** versehen, die mit Leistungselektronik **68** zum Erzeugen eines Plasmas im Kopf des Zylinders **61** verbunden sind. Während der Kompression wird ein Kraftstoff/Wassergemisch über die Explosionszerstäubungseinheit **69**, die nicht im Detail gezeigt ist, für die quasiisothermische Kompression zugeführt. Nachfolgend wird der Plasmabogen erzeugt, um die komprimierte Luft zu erhitzen und die Zündung des Kraftstoffgemischs und nach dem Ausdehnungshub von Kolben **62** werden die Abgase über Auslass **65** ausgestoßen und treiben die Turbine **70**, während sie Kraft erzeugen, die teilweise durch die Leistungselektronik verwendet wird.

[0046] **Fig. 7** zeigt ein System **60** zum Erzeugen von Kraft. System **60** umfasst einen Kompressor **61**, der über eine Welle **62** durch Gasturbine **63** angetrieben ist, die wiederum einen Generator **64** antreibt.

[0047] Luft wird dem Kompressor **61** über eine Leitung **65** zugeführt und Wasser wird in einer Explosionszerstäubungseinheit **66** über die Leitung **68**, die mit einer Pumpe **67** versehen ist, zugeführt. Die im Kompressor **61** komprimierte Luft wird zu einer Verbrennungseinheit **69** gemäß der Erfindung geleitet, der über eine Leitung **70** vorgewärmter Kraftstoff unter Druck über Pumpe **116**, Wärmetauscher **117** und Pumpe **118** zugeführt und der in einer Explosionszerstäubungseinheit **71** zerstäubt wird, bevor er der Verbrennungseinheit **69** zugeleitet wird. Der Kraftstoff wird mit Pumpe **116** auf Druck gebracht und über Wärmeaustausch gegen die Abgase aus Leitung **73** im Wärmetauscher **117** vorgewärmt und auf oder über die kritische Temperatur gebracht oder im Falle eines Siedebereichs für den Kraftstoff innerhalb des Bereichs von kritischen Temperaturen der Kraftstoffkomponenten. Über Leitung **72** wird der Turbine **63** Abgas zugeleitet und nach der Expansion über Leitung **73** abgeführt.

[0048] **Fig. 8** zeigt ein anderes System **64** zum Erzeugen von Kraft gemäß der Erfindung in Übereinstimmung mit dem sog. TOPHAT-Prinzip. In einer Explosionseinheit **75** wird Luft **74** mit Wassertröpfchen durch vermittelte von Explosionszerstäubung bereitgestellten Wasser **77** versehen. Die Luft wird einem Kompressor **78** zugeführt, der über eine Welle **79** mit einer Gasturbine **80** verbunden ist, die einen Generator **81** antreibt. Verdampfungskühlung der Wassertröpfchen findet im Kompressor **78** statt. Die kühle komprimierte Luft passiert über eine Leitung **82** einen Wärmetauscher **81** und wird einer Verbrennungseinheit **84** zugeleitet. Kraftstoff wird über Pumpe **120** im Wärmetauscher **121** auf Vordruck vorerhitzt und durch Pumpe **120** unter Druck gesetzt und nach Explosionszerstäubung in der Explosionszerstäubungs-

einheit **93** über Leitung **85** der Verbrennungseinheit **84** zugeführt. Der hinzugefügte Kraftstoff ist unter einem derartigen Druck einer auf derartigen Temperatur, dass, wenn er die Verbrennungskammer der Verbrennungseinheit betritt, Kraftstoffausdampfen stattfindet, was zu einer extrem feinen Zerstäubung des Kraftstoffs führt. Das Abgas von Gasturbine **80** passiert über Leitung **86** den Wärmetauscher **83**, für einen wärmetauschenden Kontakt mit der kühlen komprimierten Luft vom Kompressor **78**. Über Leitung **87** gelangt das Abgas durch einen Wärmetauscher **88** und Kondensator **87** auf seinem Weg zum Kamin **92**. Im Kondensator **89** wird Wasser aus dem Abgas herauskondensiert und unter Druck über Pumpe **90** durch Wärmetauscher **88** geleitet, wonach das Wasser **77** die Explosionszerstäubungseinheit **75** unter Druck und auf Temperatur erreicht. Das Kondensationswasser aus dem Kondensator **89** kann optional mit Wasser über die Leitung **91** nachgefüllt werden.

[0049] Schließlich zeigt **Fig. 9** ein System **94** gemäß der Erfindung zum Erzeugen von Kraft in Übereinstimmung mit dem TOPHACE-Prinzip.

[0050] Über eine Pumpe **95** wird Wasser (140 bis 250°C, 150 bar) einer Explosionszerstäubungseinheit **96** zugeleitet, der gleichfalls Luft über die Leitung **97** (15°C) zugeleitet wird. Von der Explosionszerstäubungseinheit **96** erreicht die Luft einen Kompressor **98**, der bei einer Effizienz von 0,8 arbeitet. Die komprimierte Luft (140°C) wird über Leitung **99** einem Wärmetauscher **100** für wärmeaustauschenden Kontakt mit den Abgasen einer Verbrennungsmaschine **101** zugeleitet. Die Letztere umfasst vier Zylinder **102**, von denen ein Lufteinlass **103** über ein Ventil **104** mit Leitung **99** verbunden ist. Ein Abgasauslass **105** jedes Zylinders **102** passiert Wärmetauscher **100** und wird über Leitung **106** durch einen Wärmetauscher **107** getragen und gelangt über Kondensator **89** in den Kamin **92**. Im Kondensator **89** wird Kondensation **108** gebildet, welche nach Passieren eines Wasserreinigers **109** mit Pumpe **110** auf Vordruck gebracht wird und über Wärmetauscher **107** der Pumpe **95** zugeleitet und auf Druck gebracht wird.

[0051] Kraftstoff wird über Pumpe **111**, Leitung **117** und Explosionszerstäubungseinheit **112** und Ventile (nicht gezeigt) jedem Zylinder **102** zugeleitet. Der Kraftstoff wird auf oder über die kritische Temperatur oder im Falle eines Siedebereichs innerhalb des Bereichs der kritischen Temperaturen vorerwärmt, bevor er durch Explosionszerstäubungseinheit **112** zerstäubt wird.

[0052] Im Rekuperator **100** wird die Luft von 140°C auf 377°C erhitzt, während sich das Abgas aus den Zylindern **102** von 465°C auf 210°C abkühlt. Die Luft wird unter einem Druck von 9 bar den Zylindern **102** zugeleitet und zerstäubter Kraftstoff wird eingespritzt. Die Zylinder **102** sind auch mit einem Zünder **119** zum Zünden des Gemischs in jedem Zylinder **102** ausgeführt. Jeder der Zylinder **102** ist mit einem Kolben **113** ausgestattet, die mit einer Welle **114** verbunden sind, die über ein 1 : 5-Gebriebesystem **115** mit

der Welle **114** von Kompressor **98** und auf der anderen Seite mit Generator **116** verbunden ist.

[0053] Unter idealen Bedingungen erzeugt das System **94** eine Leistung von 226 Kilowatt bei einer Effizienz von 64%. Eine bekannte Vorrichtung gemäß dem Atkinson-Prinzip erzeugt eine Leistung von nur 170 Kilowatt bei einer Effizienz von 48%.

Patentansprüche

1. Verbrennungseinheit zum Verbrennen eines Flüssigkraftstoffs, umfassend einen Kraftstoffeinlass, einen Lufteinlass und einen Kraftstoffgasauslass, die mit einer Verbrennungskammer zum Verbrennen des Kraftstoffs verbunden sind, wobei der Kraftstoffeinlass mit zumindest einer Explosionsverwirbelungserstäubungseinheit verbunden ist, die einen Tangentialeinlass zu einer Wirbelkammer mit einer verwirbelnden Kraftstoffauslassöffnung umfasst und Mittel zum Einstellen der Temperatur des Kraftstoffs und/oder des Zerstäubungsdrucks umfasst, so dass als Ergebnis eines Druckabfalls verwirbelnder Kraftstoff, der die Kraftstoffauslassöffnung der Explosionsverwirbelungserstäubungseinheit in der Form eines Konus in die Verbrennungskammer verlässt, aufgrund von Explosionsfragmentierung in Kraftstofftröpfchen mit einer mittleren Abmessung von gleich oder weniger als 5 µm fragmentiert.

2. Verbrennungseinheit gemäß Anspruch 1, wobei die Temperatureinstellmittel zum Einstellen der Temperatur des Kraftstoffs auf unter, auf oder über die kritische Temperatur des Kraftstoffs geeignet sind.

3. Verbrennungseinheit gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Kraftstoff mit Agenzien zum Vermindern der Oberflächenspannung des Kraftstoffs versehen ist.

4. Verbrennungseinheit gemäß Anspruch 3, wobei die oberflächenspannungsvermindernden Agenzien verbrennbare und/oder verdampfbare Substanzen enthalten.

5. Verbrennungseinheit gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Kraftstoff ein Gemisch von Kraftstoff und Verdampfungsagens ist, das einen Siedepunkt unter dem Siedepunkt des Kraftstoffs hat.

6. Verbrennungseinheit gemäß Anspruch 5, wobei das Verdampfungsagens Wasser ist.

7. Verbrennungseinheit gemäß den Ansprüchen 1 bis 6, wobei die Explosionszerstäubungseinheit in der Verbrennungskammer und optional in einer Kompressionskammer der Verbrennungseinheit untergebracht ist.

8. Verbrennungseinheit gemäß Anspruch 7, wo-

bei zumindest ein Druckgefäß in wärmetauschendem Kontakt mit dem Abgasauslass zwischen der Kompressionskammer und der Verbrennungskammer angeordnet ist.

9. Verbrennungseinheit gemäß Anspruch 8, wobei ein Katalysator zum Aufspalten von Kraftstoff in der Verbrennungskammer angeordnet ist.

10. System zum Erzeugen von Kraft, umfassend zumindest eine Gasturbine, zumindest eine von der Gasturbine angetriebene Kompressionsvorrichtung und zumindest eine Verbrennungseinheit gemäß den Ansprüchen 1 bis 9.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

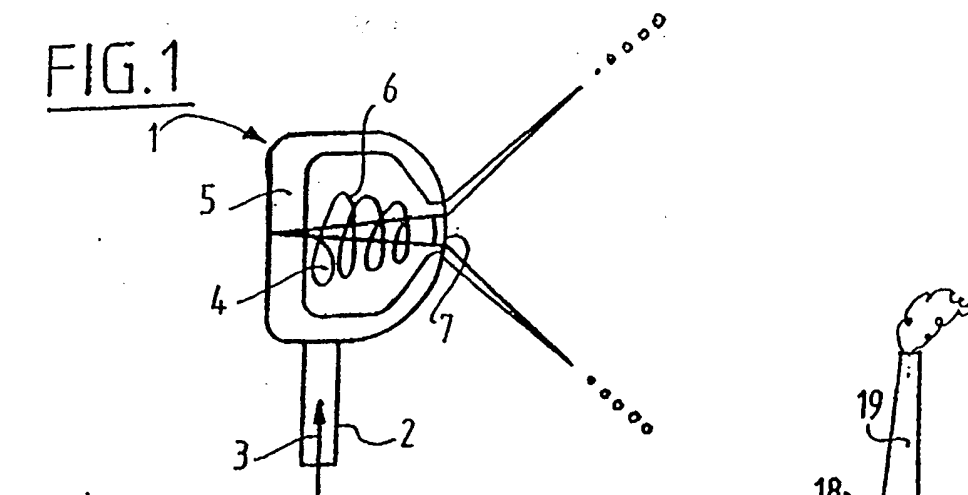


FIG.2

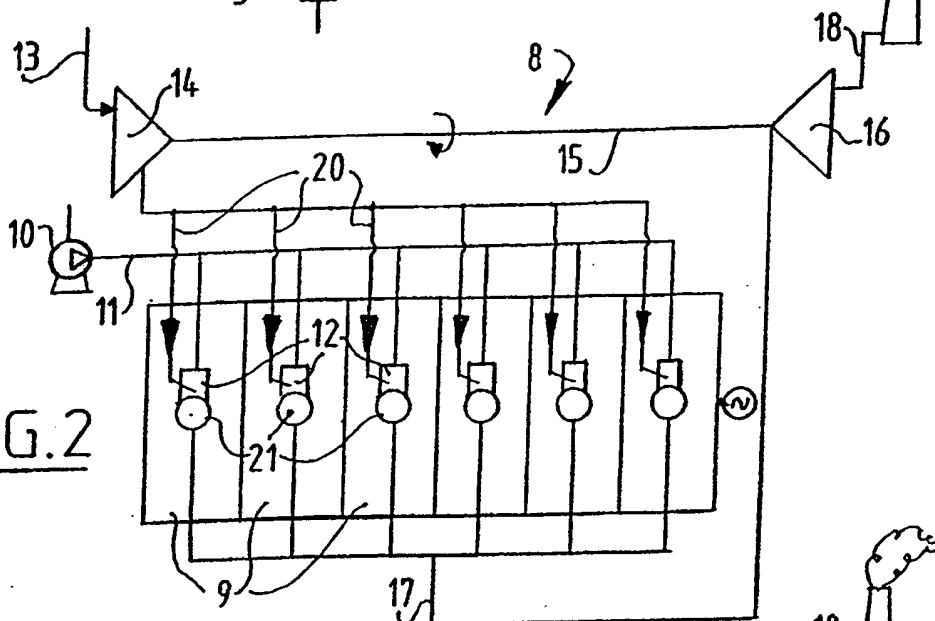
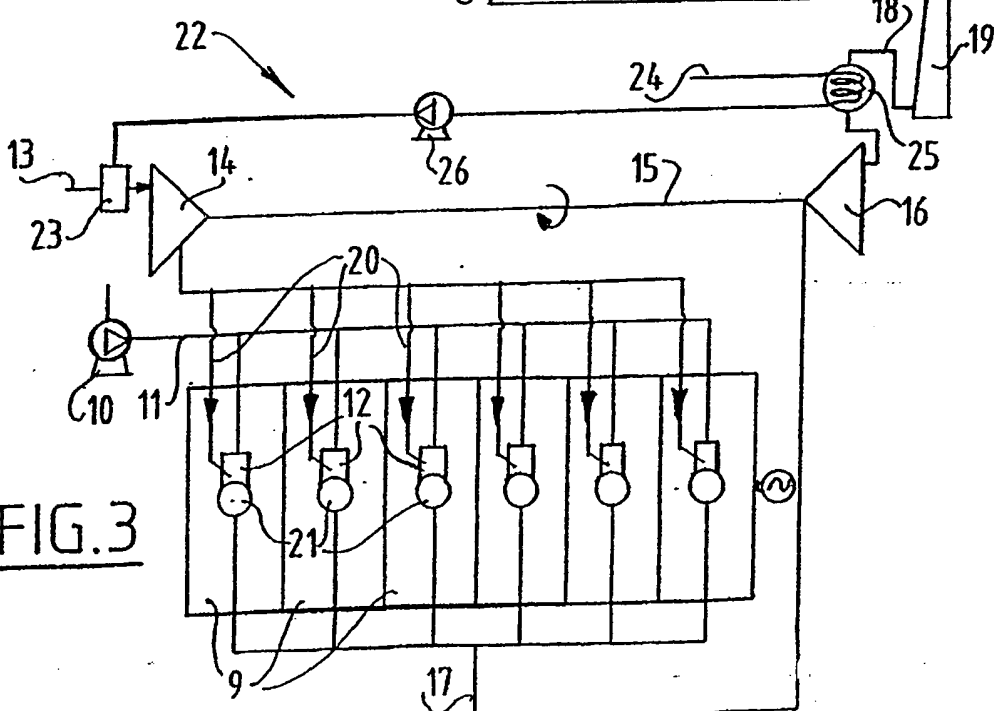
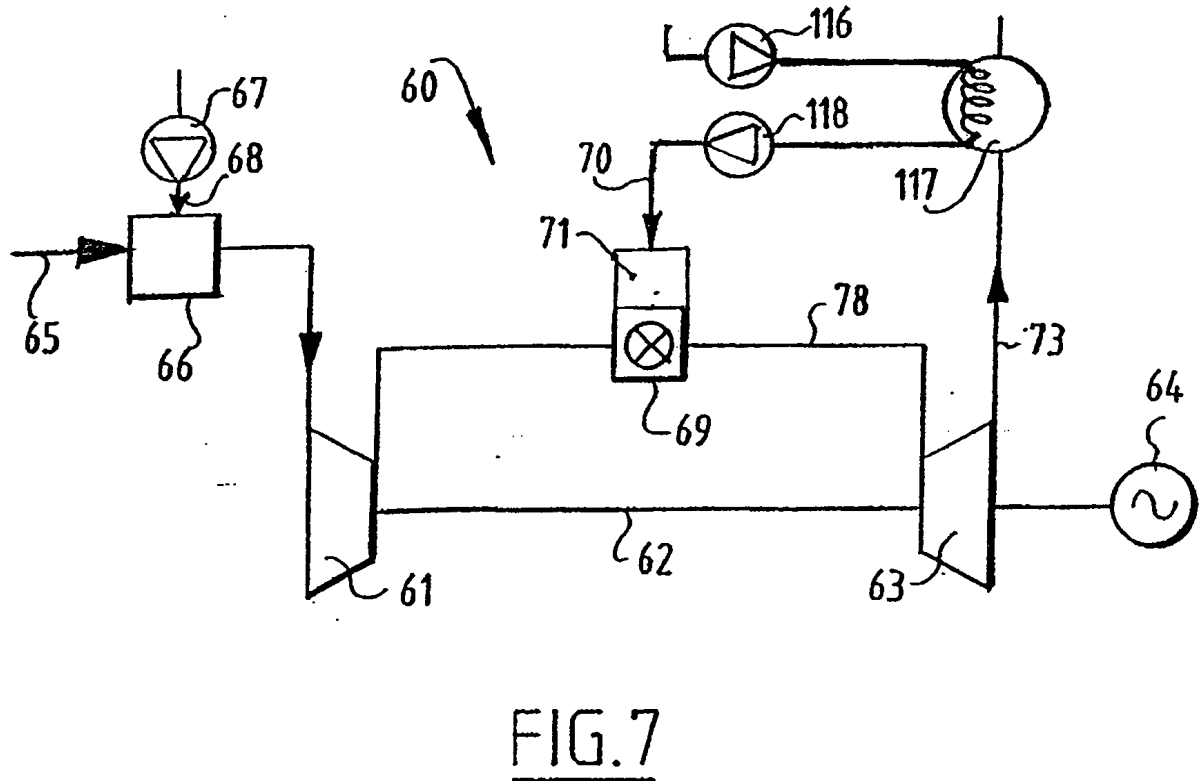
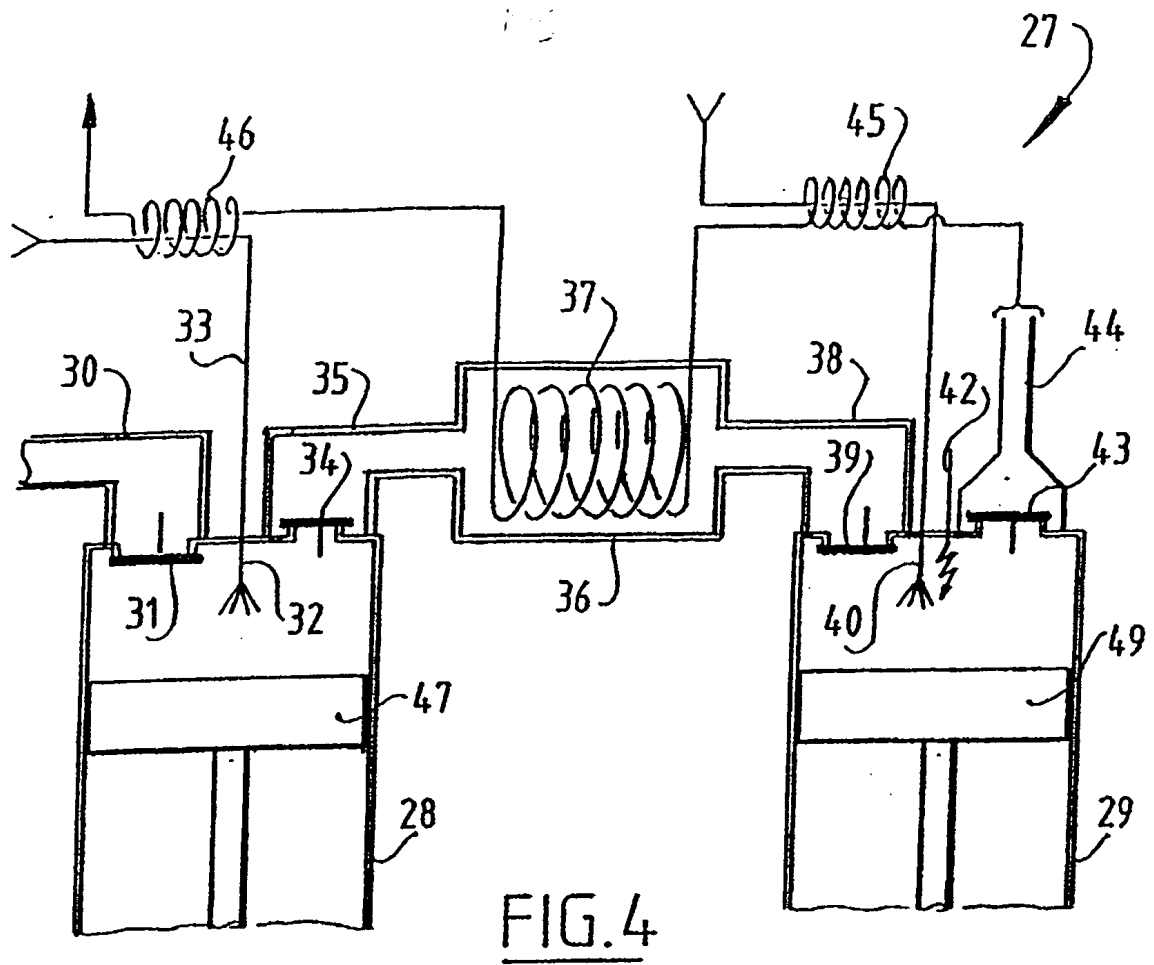


FIG.3





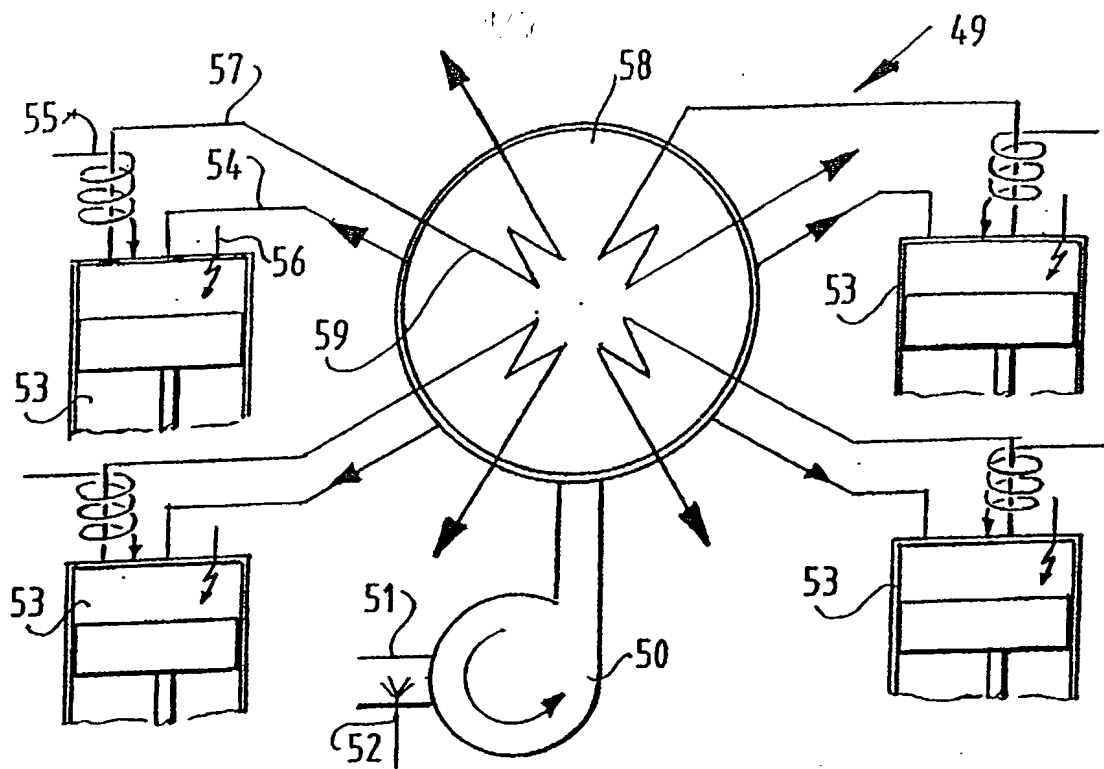


FIG. 5

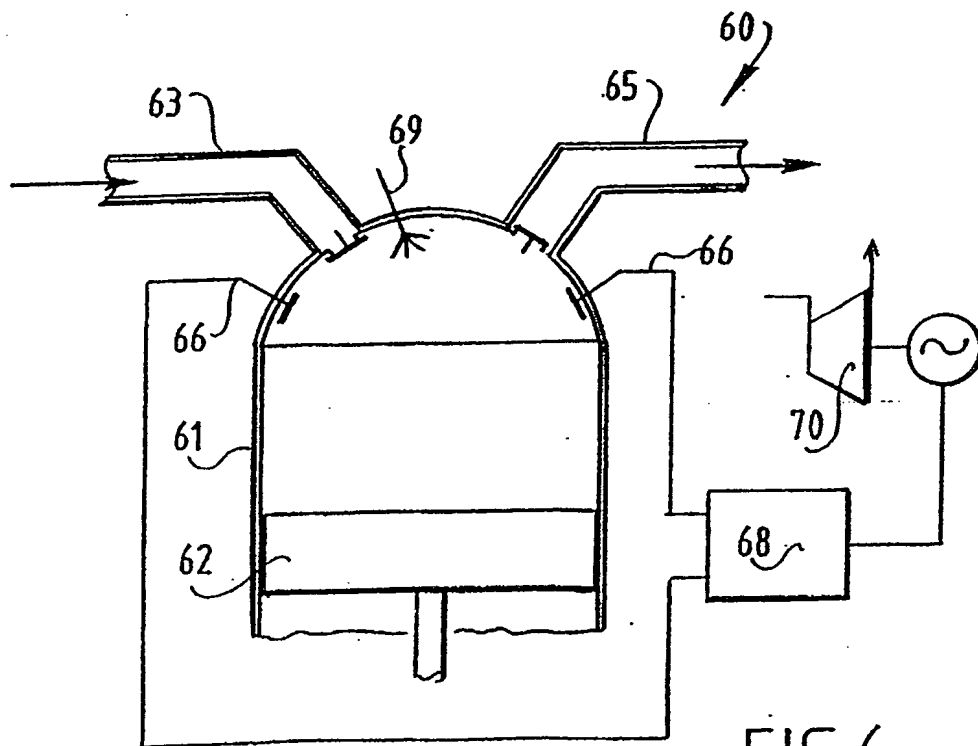


FIG. 6

