



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.04.2002 Patentblatt 2002/16

(51) Int Cl.7: **F02M 61/14, F02F 1/24**

(21) Anmeldenummer: **01810878.7**

(22) Anmeldetag: **11.09.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **10.10.2000 EP 00810932**

(71) Anmelder: **Wärtsilä NSD Schweiz AG**
8401 Winterthur (CH)

(72) Erfinder:
 • **Heim, Klaus**
8604 Volketswil (CH)
 • **Häni, Thomas**
8406 Winterthur (CH)
 • **Bitterli, Alois**
8372 Wiezikon (CH)

(74) Vertreter: **Sulzer Management AG**
KS/Patente/0007
Zürcherstrasse 12
8401 Winterthur (CH)

(54) **Verfahren zum Einspritzen von Brennstoff**

(57) Beim Verfahren zum Einspritzen von Brennstoff (14a, 14b) in den Brennraum eines Zylinders (11) einer Hubkolbenbrennkraftmaschine (1) der Dieselmotorart bei Teillastbetrieb sind jedem Brennraum zumindest zwei Einspritzdüsen (12a, 12b, 12c) zugeordnet, wobei der Brennstoff (14a, 14b) derart abwechselungsweise eingespritzt wird, dass während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen mit zumindest einer der Einspritzdüsen (12a, 12b, 12c) kein Brennstoff eingespritzt wird, und dass danach während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen von der weiteren Einspritzdüse (12a, 12b, 12c) kein Brennstoff (14a, 14b) eingespritzt wird.

Fig.2a

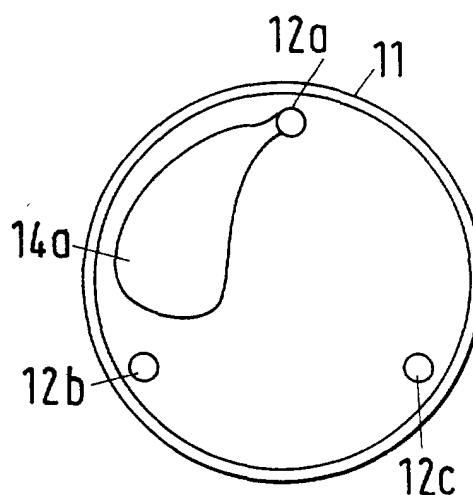
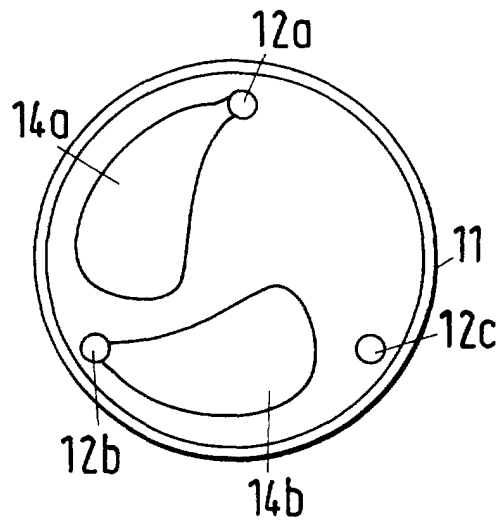


Fig.2b



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einspritzen von Brennstoff in den Brennraum eines Zylinders einer Hubkolbenbrennkraftmaschine der Dieselmotorbauart bei Teillastbetrieb gemäss dem Obergebriff von Anspruch 1.

[0002] Aus der Druckschrift EP 0 775 821 ist ein Verfahren zum Einspritzen von Brennstoff in den Brennraum eines Zylinders einer langsam laufenden Zweitakt-Hubkolbenbrennkraftmaschine der Dieselmotorbauart bekannt. Der Brennstoff wird mit zwei bis vier Brennstoffeinspritzdüsen in den Brennraum eingespritzt, wobei die Einspritzdüsen über dem ganzen Lastbereich ständig in Betrieb sind. Insbesondere während dem Teillastbetrieb wird die für einen Arbeitstakt bestimmte Brennstoffmenge mittels nur einer Einspritzdüse eingespritzt, und im nächstfolgenden Arbeitstakt die Brennstoffmenge durch die zweite Einspritzdüse eingespritzt, sodass durch jede Einspritzdüse abwechselungsweise während je einem Arbeitstakt die erforderliche Brennstoffmenge eingespritzt wird.

[0003] Nachteilig an diesem Einspritzverfahren ist die Tatsache, dass insbesondere bei Teillastbetrieb im Brennraum eine unvollständige Verbrennung entsteht, sodass die Verbrennungsabgase einen hohen Anteil an sichtbarem Rauch, in Englisch als "visible smoke" bezeichnet, aufweisen.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung die Hubkolbenbrennkraftmaschine der Dieselmotorbauart derart zu betreiben, dass sie ein vorteilhafteres Laufverhalten aufweist.

[0005] Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren aufweisend die Merkmale von Anspruch 1. Die Unteransprüche 2 bis 9 betreffen weitere, vorteilhafte Verfahrensschritte.

[0006] Die Aufgabe wird insbesondere gelöst mit einem Verfahren zum Einspritzen von Brennstoff in den Brennraum eines Zylinders einer Hubkolbenbrennkraftmaschine der Dieselmotorbauart bei Teillastbetrieb, wobei jedem Brennraum zumindest zwei Einspritzdüsen zugeordnet sind, indem der Brennstoff derart abwechselungsweise eingespritzt wird, dass während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen mit zumindest einer der Einspritzdüsen kein Brennstoff eingespritzt wird, und dass danach während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen von der weiteren Einspritzdüse kein Brennstoff eingespritzt wird.

[0007] Dieses Verfahren erlaubt im Verbrennungsraum eine Zone mit höherer Temperatur zu erzeugen. In einem bevorzugten Verfahren wird der Brennstoff während einer Zeitdauer von zumindest drei Minuten, vorzugsweise zwischen 10 und 30 Minuten, von derselben Einspritzdüse oder von denselben Einspritzdüsen asymmetrisch eingespritzt, um dadurch längerfristig eine höhere Temperatur in der Verbrennungszone zu erzeugen. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, dass die Anzahl thermischer Lastwechsel, im Vergleich

zu dem in der Druckschrift EP 0 775 821 offenbarten Verfahren, reduziert wird, was sich günstig auf die Materialermüdung auswirkt. Die lokal höhere Temperatur in und um die Verbrennungszone bewirkt eine Reduktion des sichtbaren Rauchs. Das Einspritzen des Brennstoffs mit nur einer Düse weist den Vorteil auf, dass der Brennstoff zeitlich länger über diese Düse eingespritzt wird, wodurch sich eine stabile, reproduzierbare Einspritzung ergibt. Ein ständiges Wechseln zwischen den einzelnen Düsen während dem Einspritzen weist den Nachteil einer höheren Anzahl thermischer Lastwechsel auf.

[0008] Dem Fachmann ist allgemein bekannt, beispielsweise aus der Druckschrift EP 0 775 821, dass eine ungleichmässige Temperaturverteilung im Verbrennungsraum nachteilig ist, weil beispielsweise in heissen Zonen Hochtemperaturkorrosion auftreten kann. Zudem ist dem Fachmann bekannt, dass die ungleichmässige Temperaturverteilung hohe Spannungen am Zylinder und am Kolben bewirkt, was zudem die Materialermüdung erhöht. Ein Fachmann ist daher auf Grund seines Fachwissens bestrebt eine ungleichmässige Temperaturverteilung im Brennraum nach Möglichkeit zu vermeiden.

[0009] Überraschenderweise hat sich jedoch gezeigt, dass sich durch das Öffnen von insbesondere nur einer Düse während dem Teillastbetrieb folgende Vorteile ergeben:

- Die Verbrennung findet am gleichen Ort statt, sodass sich eine lokal heissere Zone mit einer höheren Temperatur in der Verbrennungszone ausbildet. Dies bewirkt eine vollständigere Verbrennung des Brennstoffs und somit geringere Anteile an sichtbarem Rauch in den Verbrennungsabgasen.
- Trotz der ungleichmässigen Temperaturverteilung tritt keine kritische Hochtemperaturkorrosion am Kolben auf, da das Temperaturniveau insgesamt tiefer ist bei Teillast.
- Die Lebensdauer der Brennraumbauteile wie Kolben, Zylinderdeckel und Auslassventile wird gegenüber einem Wechsel der Düse bei jedem Arbeitszyklus erhöht, weil durch das erfindungsgemässe Einspritzverfahren die Anzahl thermischer Lastwechsel reduziert wird, was die Materialermüdung reduziert.

[0010] Vorzugsweise wird der Brennstoff jeweils über eine einzige Düse eingespritzt.

[0011] Der Teillastbetrieb führt zu einem tieferen Gesamttemperaturniveau im Verbrennungsraum und an den Brennraumbauteilen. Deshalb sind die durch die ungleichmässige Temperaturverteilung bewirkten höheren Spannungen der Brennraumbauteile begrenzt, sodass an den Brennraumbauteilen keine übermässige oder kritische Spannungen auftreten. Auch das Auftreten von Hochtemperaturkorrosion durch eine lokal höhere Brennraumtemperatur ist aufgrund des tieferen

Gesamttemperaturniveaus ausgeschlossen.

[0012] Das erfindungsgemässe Verfahren ist besonders für sehr tiefe Teillastbetriebe von weniger als 15% der Volllast geeignet, insbesondere für Teillasten zwischen 1% und 3% der Volllast.

[0013] Das erfindungsgemässe Verfahren erlaubt eine umweltfreundliche Verbrennung im Teillastbetrieb, und weist den entscheidenden Vorteil auf, dass die optisch störenden, grauen oder schwarzen Abgaswolken vermieden werden. Dies ist insbesondere für Schiffsdieselmotoren von Vorteil.

[0014] Das erfindungsgemässe Verfahren eignet sich zum Betrieb von stationären und beweglichen Zweitakt- und Viertakt-Dieselmotoren, insbesondere für Viertakt-Dieselmotoren mit einer Zylinderbohrung von mehr als 150 mm beziehungsweise für Zweitakt-Dieselmotoren mit einer Zylinderbohrung von mehr als 300 mm Durchmesser.

[0015] Einem Brennraum sind beispielsweise drei oder vier Einspritzdüsen zugeordnet. Der Dieselmotor kann in Funktion der Last beispielsweise mit folgenden Betriebsarten betrieben werden:

Bei Volllastbetrieb wird über alle drei oder vier Einspritzdüsen Brennstoff dem Brennraum zugeführt. In einem ersten Teillastbereich, zwischen 25 % und 15% der Volllast, wird über 2 Einspritzdüsen Brennstoff in den Brennraum eingespritzt.

In einem zweiten Teillastbereich von weniger als 15% Volllast, wird über eine einzige der drei oder vier Einspritzdüsen Brennstoff in den Brennraum eingespritzt.

[0016] Das Zu- und Abschalten einer Einspritzdüse beim Umschalten auf eine der drei genannten Betriebsarten erfolgt vorteilhafterweise mit einer Schaltfunktion, welche eine Hysterese aufweist. So könnte beispielsweise derart zwischen dem ersten und zweiten Teillastbereich umgeschaltet werden, dass, ausgehend vom ersten Teillastbereich, bei einer Teillast von 12,5 % der Volllast in die Betriebsart gemäss dem zweiten Teillastbereich umgeschaltet wird, wogegen, ausgehend vom zweiten Teillastbereich, bei einer Teillast von 17,5% der Volllast in die Betriebsart gemäss dem ersten Teillastbereich umgeschaltet wird.

[0017] Das Umschalten von einer zur anderen Betriebsart kann beispielsweise auch derart erfolgen, dass eine Zeitsteuerung verwendet wird, sodass nach einer gewissen Zeit, beispielsweise 20 Sekunden nach dem unter- bzw. überschreiten eines vorgegebenen Schwellenwertes, auf eine andere Betriebsart umgeschaltet wird. Das Umschalten von einer zur anderen Betriebsart kann auch schlagartig erfolgen, sodass bei einer grösseren Veränderung der Last von beispielsweise 5%, sofort auf eine andere Betriebsart umgeschaltet wird.

[0018] Nachfolgend wird das Verfahren an Hand eines Ausführungsbeispiels beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Zweitakt-Dieselmotors;

Fig. 2a eine Aufsicht des Brennraums mit einer aktiven Einspritzdüse;

Fig. 2b eine Aufsicht des Brennraumes mit zwei aktiven Einspritzdüsen.

[0019] Unter einem Arbeitszyklus wird nachfolgend der beim Betrieb der Hubkolbenbrennkraftmaschine stattfindende Prozess verstanden, welcher unter anderem das Betätigen der Ventile, das Einspritzen von Brennstoff, das Verbrennen, und das Ausstossen der Verbrennungsabgase umfasst. Bei einer 2-Takt-Maschine ist ein Arbeitszyklus üblicherweise nach einer Umdrehung abgeschlossen, wogegen der Arbeitszyklus bei einer 4-Takt-Maschine nach zwei Umdrehungen abgeschlossen ist.

[0020] Fig. 1 zeigt einen Zweitakt-Dieselmotor 1 mit mehreren Zylindern 11 und Kolben 10, bei welchem das Zusammenspiel zwischen der Kurbelwelle 2, der Brennstoffzufuhr und der Bewegung des Auslassventils 13 elektronisch gesteuert ist. Mit einer Hochdruckpumpe 4 wird der Brennstoff über die Rohrleitung 6 und den Akkumulator 5 der Einspritzdüse 12 zugeführt. Ein hydraulisches System umfassend die Druckpumpe 7, die Rohrleitung 9 und den Akkumulator 8 erlaubt die Stellung des Auslassventils 13 zu betätigen. Der längs gespülte Zweitakt-Dieselmotor 1 weist ein zentral angeordnetes Auslassventil 13 sowie eine Mehrzahl am Zylinderdeckel peripher angeordneter Einspritzdüsen 12 auf. Üblicherweise weist ein derartiger Zweitakt-Dieselmotor 1 zwei bis vier Einspritzdüsen 12 für Brennstoff auf.

[0021] Fig. 2a zeigt schematisch den Brennraum des Zylinders 11 mit drei peripher und regelmässig beabstandet angeordneten Einspritzdüsen 12a, 12b, 12c. Dieses Verfahrensbeispiel zeigt einen Teillastbetrieb mit jeweils einer einzigen aktiven Einspritzdüse 12a. Über die Einspritzdüse 12a wird somit Brennstoff 14a eingespritzt, wogegen über die Einspritzdüsen 12b und 12c im dargestellten Zeitpunkt kein Brennstoff 14a eingespritzt wird. Während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen wird einzig über die Einspritzdüse 12a Brennstoff 14a eingespritzt, um danach während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen Brennstoff 14a einzig über die Einspritzdüse 12b und danach während mindestens weiterer zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen einzig über die Einspritzdüse 12c einzuspritzen. In einem besonders vorteilhaften Verfahren wird während wesentlich mehr als zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen, beispielsweise während 10 bis 30 Minuten, Brennstoff von einer einzigen Einspritzdüse 12a zugeführt. Danach wird während derselben Zeitdauer einzig über die Einspritzdüse 12b und danach einzig über die Einspritzdüse 12c Brennstoff zugeführt. Dieses Verfahren bewirkt eine ungleichmässige Temperatur im Verbrennungsraum und daher eine Ver-

brennungszone mit hoher Temperatur, was eine Verbrennung mit wenig Rauch zur Folge hat. Der Brennstoff kann zuerst über die Einspritzdüse 12a, nachfolgend über die Einspritzdüse 12b und nachfolgend über die Einspritzdüse 12c eingespritzt werden. Die Reihenfolge der Einspritzdüsen kann auch vertauscht werden, so dass diese in der Reihenfolge Einspritzdüse 12c, Einspritzdüse 12b, Einspritzdüse 12a betätigt werden.

[0022] Fig. 2b zeigt ein Verfahrensbeispiel im Teillastbetrieb mit jeweils zwei gleichzeitig aktiven Einspritzdüsen 12a, 12b. Analog zum Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 2a wird der Brennstoff 14a, 14b ebenfalls während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen einzig über die Einspritzdüsen 12a, 12b zugeführt, danach während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen einzig über die Einspritzdüsen 12b, 12c, und danach über die beiden Einspritzdüsen 12c, 12a. Dieses Verfahren wird ständig wiederholt. Wie mit Fig. 2a beschrieben, ist es besonders vorteilhaft den Brennstoff 14a, 14b während 5 bis 60 Minuten, insbesondere 10 bis 30 Minuten über dieselben zwei Einspritzdüsen 12a, 12b einzuspritzen, bevor auf ein anderes Paar Einspritzdüsen 12b, 12c, gewechselt wird.

[0023] Die beiden in Fig. 2a und Fig. 2b dargestellten Verfahrensbeispiele zeigen nur zwei Beispiele einer Vielzahl von Möglichkeiten, wie in einem Zweitakt- oder Viertakt-Dieselmotor mit jeweils zwei bis 4 Brennstoffeinspritzdüsen 12 pro Zylinder 11 durch Öffnen nur eines Teils der vorhandenen Düsen der Brennstoff 14a, 14b asymmetrisch eingespritzt werden kann, um dadurch eine längere und stabilere Einspritzdauer und eine temporär ungleichmässige Temperaturverteilung im Verbrennungsraum, beziehungsweise eine Verbrennungszone mit höherer Temperatur während einem Teillastbetrieb zu erzielen.

[0024] Bei sehr geringen Teillasten von 1% bis 15% der Volllast ist das in Fig. 2a dargestellte Verfahren mit jeweils einer einzigen aktiven Einspritzdüse 12a, 12b, 12c besonders vorteilhaft. Die Einspritzdüsen 12a, 12b, 12c sind für einen Betrieb bei Nennlast dimensioniert. Um ein vorteilhaftes Spritzverhalten zu erlangen ist es daher vorteilhaft bei tiefen Teillasten die relativ geringe Brennstoffmenge über eine einzige Einspritzdüse 12a, 12b, 12c dem Brennraum zuzuführen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einspritzen von Brennstoff (14a, 14b) in den Brennraum eines Zylinders (11) einer Hubkolbenbrennkraftmaschine (1) der Dieselmotorart bei Teillastbetrieb, wobei jedem Brennraum zumindest zwei Einspritzdüsen (12a, 12b, 12c) zugeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff (14a, 14b) derart abwechselungsweise eingespritzt wird, dass während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen mit zumindest einer der Einspritzdüsen (12a, 12b, 12c) kein

Brennstoff eingespritzt wird, und dass danach während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen von der weiteren Einspritzdüse (12a, 12b, 12c) kein Brennstoff (14a, 14b) eingespritzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem Brennraum zwei, drei oder vier Einspritzdüsen zugeordnet sind, durch welche Brennstoff eingespritzt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff von derselben Einspritzdüse zumindest zwei mal nacheinanderfolgend eingespritzt wird, und dass danach der Brennstoff von einer weiteren Einspritzdüse zumindest zwei mal nacheinanderfolgend eingespritzt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff abwechselungsweise von jeweils einer der Einspritzdüsen eingespritzt wird, und dass der Brennstoff während zumindest zwei nacheinanderfolgenden Arbeitszyklen von derselben Einspritzdüse eingespritzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff während einer Zeitdauer von zumindest drei Minuten ständig von derselben Einspritzdüse eingespritzt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff während einer Zeitdauer zwischen 5 bis 60 Minuten, insbesondere zwischen 10 bis 30 Minuten von derselben Einspritzdüse eingespritzt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hubkolbenbrennkraftmaschine mit einer Teillast von weniger als 10 % der Volllast betrieben wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hubkolbenbrennkraftmaschine als Viertakt- oder als Zweitakt-Dieselmotor betrieben wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennstoff in einem Teillastbetrieb von einer einzigen oder von zwei oder von drei Einspritzdüsen eingespritzt wird.

10. Hubkolbenbrennkraftmaschine betrieben mit einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Fig.1

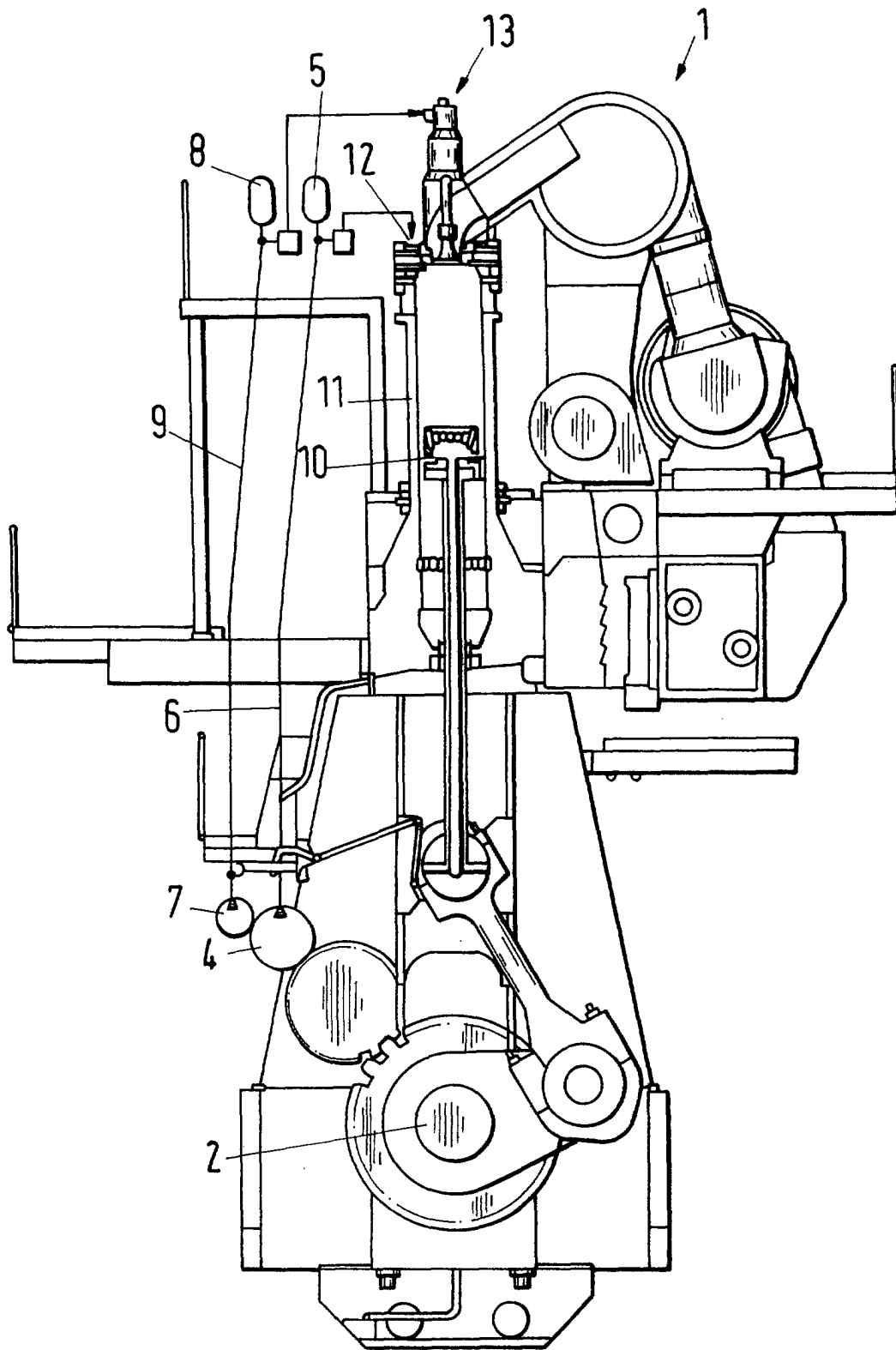


Fig.2a

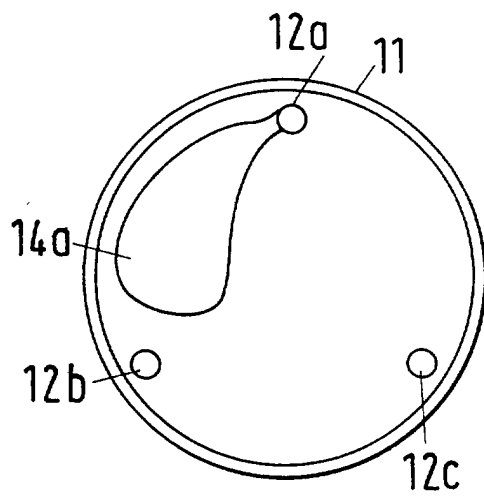
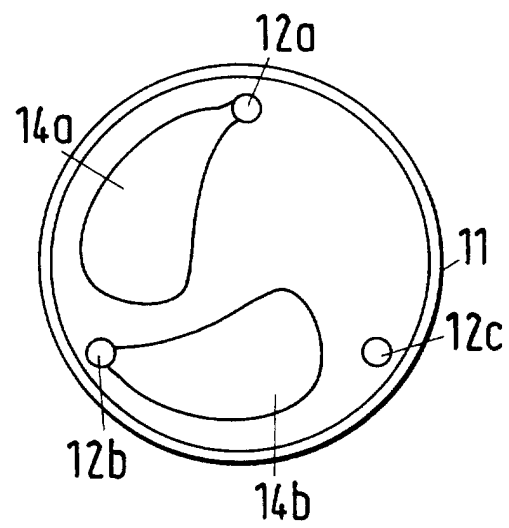


Fig.2b





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 81 0878

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D,A	EP 0 775 821 A (NEW SULZER DIESEL AG) 28. Mai 1997 (1997-05-28) * Abbildung 1 * * Zusammenfassung *	1	F02M61/14 F02F1/24
A	US 4 612 898 A (STEIGER ANTON ET AL) 23. September 1986 (1986-09-23) * Abbildung 1 * * Zusammenfassung *	1,2,10	
A	US 2 640 422 A (TEXACO) 2. Juni 1953 (1953-06-02) * Abbildung 1 * * Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 33 *	1,2,10	
A	FR 840 465 A (PORSCHÉ) 26. April 1938 (1938-04-26) * Abbildung 1 * * Zusammenfassung *	1,2,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F02M F02F F02D F02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 9. Januar 2002	Prüfer Wassenaar, G
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 01 81 0878

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.

09-01-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0775821 A	28-05-1997	EP 0775821 A1	28-05-1997
		CN 1156789 A	13-08-1997
		DE 59508329 D1	15-06-2000
		DK 775821 T3	07-08-2000
		FI 964633 A	25-05-1997
		JP 9170525 A	30-06-1997
US 4612898 A	23-09-1986	CH 665453 A5	13-05-1988
		DE 3501236 C1	02-11-1989
US 2640422 A	02-06-1953	US 2606538 A	12-08-1952
FR 840465 A	26-04-1939	KEINE	

EPO FORM P0461

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