

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Februar 2006 (23.02.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/018291 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02B 19/10**,
19/12

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/008909

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. August 2005 (17.08.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 039 818.6 17. August 2004 (17.08.2004) DE
10 2004 043 143.4
7. September 2004 (07.09.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **KUHNERT-LATSCH GBR** [DE/DE];
Friedrich-Metz-Strasse 18, 74889 Sinsheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KUHNERT, Dieter**

[DE/DE]; Friedrich-Metz-Strasse 18, 74889 Sinsheim (DE). **LATSCH, Reinhart** [DE/DE]; Bernhardtstrasse 32, 76530 Baden-Baden (DE).

(74) **Anwalt: ISENBRUCK, Günter**; Isenbruck, Bösl, Hörschler, Wichmann, Huhn, Theodor-Heuss-Anlage 12, 68165 Mannheim (DE).

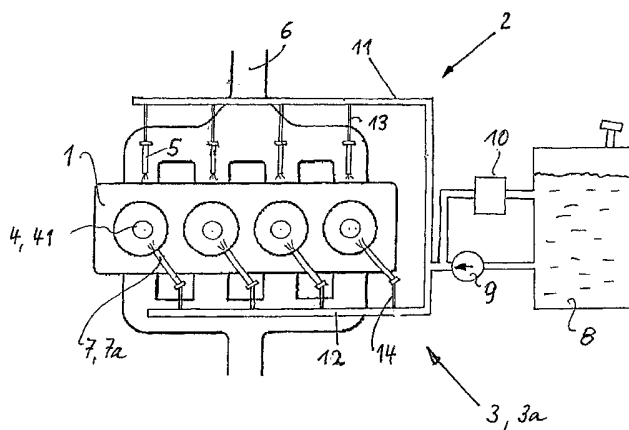
(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR THE COMBUSTION OF FUEL/AIR MIXTURES IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH PRE-CHAMBER IGNITION

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ENTFLAMMUNG VON KRAFTSTOFF-LUFT-GEMISCHEN BEI EINEM VERBRENNUNGSMOTOR MIT VORKAMMERZÜNDUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to an internal combustion engine (1) for liquid or gaseous fuels, with a main combustion chamber (21) and a pre-chamber (4, 4', 41, 41'), in which an ignition device (31) is provided, comprising d) a device (2, 2'), for the formation of the main amount of a mixture of fuel and air and the introduction thereof to the main combustion chamber, e) a device (3, 3a, 3', 3a') for the direct injection of a first small amount of fuel into the main combustion chamber essentially in the direction of the pre-chamber (4, 4'), to form a second amount of a mixture of said fuel and further fuel from the main combustion chamber and air in the pre-chamber, f) at least one connecting device (27), between the main combustion chamber and the interior of the pre-chamber (30). According to the method for operation of such an internal combustion engine, the first partial amount of fuel enters the main combustion chamber by direct injection and subsequently enters the pre-chamber from the main combustion chamber by the compression process of the engine, in which said fuel form the mixture for ignition together with parts of the main fuel/air mixture, flowing into the pre-chamber from the main combustion chamber during the compression process.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/018291 A1



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Der Verbrennungsmotor (1) für flüssige oder gasförmige Kraftstoffe mit einem Hauptbrennraum (21) und einer Vorkammer (4, 4', 41, 41'), in der eine Zündeinrichtung (31) vorhanden ist, umfasst d) eine Einrichtung (2, 2'), zur Bildung der Hauptmenge eines Gemischs aus Kraftstoff und Luft und dessen Einbringen in den Hauptbrennraum, e) eine Einrichtung (3, 3a, 3', 3a') zur Direkteinspritzung einer ersten Kleinmenge des Kraftstoffs in den Hauptbrennraum im Wesentlichen in Richtung der Vorkammer (4, 4'), zur Bildung einer zweiten Menge eines Gemischs aus diesem Kraftstoff und weiterem Kraftstoff aus dem Hauptbrennraum und Luft in der Vorkammer, f) mindestens eine Verbindungseinrichtung (27) zwischen dem Hauptbrennraum und dem Inneren der Vorkammer (30). In dem Verfahren zum Betreiben eines solchen Verbrennungsmotors gelangt die erste Teilmenge des Kraftstoffs durch Direkteinspritzung in den Hauptbrennraum und nachfolgend durch den Kompressionsvorgang des Motors aus dem Hauptbrennraum in die Vorkammer, in der er gemeinsam mit Teilen der beim Kompressionsvorgang aus dem Hauptbrennraum in die Vorkammer überströmenden Haupt-Kraftstoff-Luft-Gemischs das zu zündende Gemisch bildet.

Vorrichtung und Verfahren zur Entflammung von Kraftstoff-Luft-Gemischen bei einem Verbrennungsmotor mit Vorkammerzündung

5

Die Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor und ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors für flüssige oder gasförmige Kraftstoffe mit
10 Zündung in einer Vorkammer, insbesondere der Vorkammer einer Vorkammerzündkerze, wobei die Vorkammer insbesondere über mehrere Überströmkanäle mit dem Hauptbrennraum verbunden ist.

Dabei wird eine Kleinmenge des Kraftstoffs in die Vorkammer eingebracht, um
15 dort die Zündbedingungen durch Gemischanfettung zu verbessern. Als Folge der Zündung und schnellen Energieumsetzung des in der Vorkammer gebildeten Gemischs werden Fackelstrahlen erzeugt, die mit sehr hoher Austrittsgeschwindigkeit in den Hauptbrennraum gelangen, um eine sichere, schnelle und gleichmäßige Entflammung des dort vorhandenen Kraftstoff-Luft-
20 Gemischs zu bewirken.

Einrichtungen und Verfahren zur Entflammung von insbesondere mageren Kraftstoff-Luft-Gemischen bei einem Verbrennungsmotor mit Vorkammerzündung und Direkteinspritzung eines flüssigen Kraftstoffs mit
25 Erzeugung einer gewünschten Gemischanfettung in der Vorkammer sind bekannt (DE 197 14 796). Dabei wird mit einer Hochdruckeinspritzung eine zur Gemischanfettung verwendete Kleinmenge des Kraftstoffs (vorzugsweise weniger als 5 % der insgesamt zugeführten Kraftstoffmenge) während des Verdichtungshubs in eine Kolbenmulde gespritzt, wobei nachfolgend durch das
30 Eintauchen der Vorkammer in die Kolbenmulde bei Annäherung des Kolbens an den Oberen Totpunkt (OT) der Kraftstoff weitgehend flüssig oder teilweise verdampft und mit Brennraumgas vermischt über die Überströmkanäle in die Vorkammer gefördert und dort nachfolgend, nach Anreicherung des Gemischs in der Vorkammer, durch einen Zündfunken entflammt wird. Die Hauptmenge des
35 Kraftstoffs (vorzugsweise mehr als 95 % der Gesamtmenge) wird bei diesem

Verfahren während des Ansaughubs mit der Hochdruckeinspritzung durch das gleiche Einspritzventil in den Brennraum eingespritzt.

Um für beide Einspritzvorgänge voll befriedigende Eigenschaften zu erhalten, ist es notwendig, eine Einspritzdüse mit variablen Einspritzstrahlbildern zu verwenden. Dabei muss der Einspritzstrahl zur Einspritzung der Kleinmenge während des Kompressionshubs sehr kompakt sein, wohingegen er bei der Haupteinspritzung während des Saughubs eine möglichst weit aufgefächerte Struktur aufweisen sollte. Einspritzventile mit solchen Merkmalen sind teuer und störungsanfällig.

Dazu verlangt das verwendete Hochdruck-Einspritzverfahren eine aufwändige Hochdruck-Kraftstoffpumpe mit großem Kraftstoffdurchsatz und einer Kraftstoff-Hochdruckverteilung auf die einzelnen Einspritzventile. Die für die Pumpe benötigte Antriebsleistung vermindert zudem den effektiven Wirkungsgrad bzw. die maximale Leistung des Verbrennungsmotors.

Einrichtungen und Verfahren zur Entflammung eines Kraftstoff-Luft-Gemischs bei einem Verbrennungsmotor mit Vorkammerzündung mit Einbringen einer Kleinmenge eines gasförmigen Kraftstoffs in die Vorkammer sind ebenfalls bekannt (DE 37 09 976, DE 100 16 558). Bei dem erstgenannten Verfahren wird die gasförmige Kleinmenge von Kraftstoff während des Verdichtungshubs des Verbrennungsmotors über einen Versorgungskanal mit Rückschlagventil in den Bereich mindestens eines Überströmkanals außerhalb der Vorkammer gebracht, wobei ein Teil dieser Menge und das magere Gemisch aus dem Hauptbrennraum gemeinsam bei teilweiser Vermischung in die Vorkammer strömen und dort gezündet werden. Von Nachteil ist hierbei, dass die Zumessung einer Kleinmenge über ein Rückschlagventil ungenau ist, und nur ein Teil der Kleinmenge vergleichsweise spät in die Vorkammer gelangt, was zu Problemen bei der Homogenisierung des Gemischs in der Vorkammer führt. Zudem ergeben sich thermische Probleme, insbesondere am Ventil.

Zur Vermeidung der vorgenannten Probleme wird bei dem Verfahren nach dem zweiten Dokument die gasförmige Zusatzmenge während des Verdichtungshubs des Verbrennungsmotors über einen dünnen kapillarähnlichen Versorgungskanal

direkt der Vorkammer zugeführt. Dabei ist die Gemischbildung in der Vorkammer verbessert, aber wegen der ebenfalls nur kurzen zur Verfügung stehenden Zeit für die möglichst vollständige Mischung von Kraftstoff und Luft in der Vorkammer immer noch unbefriedigend, so dass es zu Problemen bei der
5 Funkenzündung kommt.

Das vorzugsweise magnetisch ansteuerbare Steuerventil für die Kleinmenge wird hier zur Vermeidung von thermischen Problemen am Steuerventil in einem größeren Abstand zur Vorkammer angeordnet. Es besteht aber die Gefahr, dass
10 sich die Zuführungsleitung des Kraftstoffs zur Vorkammer als Folge von Ablagerungen unverbrannter Gasbestandteile zusetzt. Zudem ist die Herstellung einer dünnen Kapillare aufwändig und die Anordnung eines Kapillarträgers, z.B. in Form eines zweiteiligen Rohres im Zylinderkopf, wegen der dort vorhandenen Wasser- und Luftkanäle problematisch.

15

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einem Verbrennungsmotor mit Vorkammerzündung für flüssige und gasförmige Kraftstoffe die Funktionssicherheit zu verbessern, die Systemkosten zu senken und eine Verbesserung der Gemischbildung in der Vorkammer und damit eine
20 verbesserte Zündung in der Vorkammer zu erreichen. Gleichzeitig sollen die Schadstoffemissionen sowie der Kraftstoffverbrauch vermindert werden.

Eine Lösung der Aufgabe ist ein Verbrennungsmotor für flüssige oder gasförmige Kraftstoffe mit einem Hauptbrennraum und einer Vorkammer, in der
25 eine Zündeinrichtung vorhanden ist, der umfasst

- (a) eine Einrichtung zur Bildung der Hauptmenge eines Gemischs aus Kraftstoff und Luft und dessen Einbringen in den Hauptbrennraum,
- (b) eine Einrichtung zur Direkteinspritzung einer ersten Kleinmenge des
30 Kraftstoffs in den Hauptbrennraum im Wesentlichen in Richtung der Vorkammer, zur Bildung einer zweiten Menge eines Gemischs aus diesem Kraftstoff und weiterem Kraftstoff aus dem Hauptbrennraum und Luft in der Vorkammer,
- (c) mindestens eine Verbindungseinrichtung zwischen dem
35 Hauptbrennraum und dem Inneren der Vorkammer.

In einer bevorzugten Ausführungsform hat dieser Verbrennungsmotor in der Einrichtung (a) mindestens eine Ansauganlage mit einem Saugrohr, in dem eine Kraftstoffzuführeinrichtung, insbesondere eine Saugrohr-Kraftstoffeinspritzung, für die Zufuhr der Hauptkraftstoffmenge vorhanden ist, und wobei in der Einrichtung (b) bei flüssigem Kraftstoff ein von der Einrichtung (a) unterschiedliches oder zusätzliches Kraftstoff-Hochdrucksystem, ein Einspritzventil mit Druckverstärkung oder ein mit der Einrichtung (a) mit betriebenes gemeinsames Drucksystem gehört.

10

Bei gasförmigem Kraftstoff gehört in der Einrichtung (b) zur Direkteinspritzung ein von der Einrichtung (a) mit betriebenes gemeinsames Kraftstoff-Drucksystem oder ein von dieser Einrichtung getrenntes System, insbesondere mit mindestens zwei getrennten Einrichtungen, für den Kraftstoff.

15

Sowohl für flüssige als auch für gasförmige Kraftstoffe enthält der Verbrennungsmotor mindestens eine Verbindungseinrichtung als Überströmkanal zwischen dem Hauptbrennraum und dem Inneren der Vorkammer, bevorzugt mit mindestens einem konischen Abschnitt. Insbesondere ist die Vorkammer dabei eine Vorkammerzündkerze.

20

Eine weitere Lösung der Aufgabe ist eine Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors durch ein erstes Zünden eines Gemischs aus einer ersten Menge eines bei Normalbedingungen gasförmigen oder flüssigen Kraftstoffs und Luft in einer Vorkammer und ein Einbringen des so gezündeten und nachfolgend zumindest teilweise verbrannten Gemischs unter Entzünden des im Hauptbrennraum vorhandenen restlichen Kraftstoff-Luft-Gemischs. Das Verfahren ist dann dadurch gekennzeichnet, dass die erste Teilmenge des Kraftstoffs durch Direkteinspritzung in den Hauptbrennraum und nachfolgend durch den Kompressionsvorgang des Motors aus dem Hauptbrennraum in die Vorkammer gelangt und dort gemeinsam mit Teilen der beim Kompressionsvorgang aus dem Hauptbrennraum in die Vorkammer überströmenden Haupt-Kraftstoff-Luft-Gemischs das zu zündende Gemisch bildet.

35

Dabei erfolgt die Direkteinspritzung entweder in einer frühen Phase des Kompressionsvorgangs für das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Hauptbrennraum mit einem Druck < 20 bar, insbesondere < 10 bar, oder in einer späten Phase des Kompressionsvorgangs für das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Hauptbrennraum mit
5 einem Druck > 20 bar, insbesondere > 50 bar. Hierbei wird die erste Teilmenge des Kraftstoffs für die Direkteinspritzung einem Tank entnommen, der für die Entnahme dieser Teilmenge und für die Hauptmenge an Kraftstoff ausgebildet ist, oder diese Mengen werden aus zwei getrennten Tankteilen entnommen.

10 Bei einem gasförmigen Kraftstoff wird die erste Teilmenge bevorzugt aus dem zweiten separaten Tankteil entnommen, wobei das Gas Wasserstoff ist oder diesen enthält oder eine wasserstoffreiche Verbindung, insbesondere Methan, wobei der Wasserstoffgehalt im Falle einer wasserstoffreichen Verbindung wie Methan durch einen zwischen Tank und der Einrichtung zur Direkteinspritzung
15 angeordneten Reaktor erzeugt oder erhöht wird. Der Reaktor ist insbesondere ein Plasmareaktor.

In allen Fällen wird die Gemischzusammensetzung, bevorzugt in der Vorkammer, zum Zündzeitpunkt geregelt, insbesondere durch den an der Zündeinrichtung
20 gemessenen Ionenstrom.

Zur Verminderung der NO_x-Emission kann ein Teil des Abgases des Verbrennungsmotors in das Saugrohr zurückgeführt werden.

25 Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend näher erläutert. Dies zeigt in:

Fig. 1 einen beispielhaften Vierzylinder-Verbrennungsmotor mit 4 Vorkammern, insbesondere Vorkammerzündkerzen, sowie 4 Einspritzventile für die Kraftstoff-
30 Saugrohreinspritzung und 4 Einspritzventile für die Direkteinspritzung und der Kraftstoffversorgung für die insgesamt 8 Einspritzventile für den Fall der Einspritzung von flüssigem Kraftstoff sowie die Kraftstoffversorgung;

Fig. 2 einen beispielhaften Vierzylinder-Verbrennungsmotor mit 4 Vorkammern,
35 insbesondere Vorkammerzündkerzen, sowie 4 Einspritzventile für die Kraftstoff-

Saugrohreinspritzung und 4 Einspritzventile für die Direkteinspritzung und der Kraftstoffversorgung für die insgesamt 8 Einspritzventile für den Fall der Einspritzung von gasförmigem Kraftstoff sowie die Kraftstoffversorgung;

5 **Fig. 3** einen Schnitt durch einen Zylinder des Verbrennungsmotors, mit einer Vorkammer im vorderen Teil einer Vorkammerzündkerze, Einspritzdüse und Einspritzstrahl für die Kleinmenge von Kraftstoff (flüssig oder gasförmig), wobei der Kraftstoff in Richtung auf die Vorkammer direkt eingespritzt wird;

10 **Fig. 4** einen Teilschnitt durch die Vorkammer für die Anordnung mit dem Einspritzstrahl für die Kleinmenge von Kraftstoff (flüssig oder gasförmig) in Richtung auf die Vorkammer, die Teil einer Vorkammerzündkerze ist.

Fig. 1 zeigt einen Vierzylinder-Verbrennungsmotor (1) mit Einrichtung zur
15 Bildung der Hauptmenge eines Gemischs aus Kraftstoff und Luft und dessen Einbringen in den Hauptbrennraum (2), eine Einrichtung zur Direkteinspritzung einer ersten Kleinmenge des Kraftstoffs in den Hauptbrennraum (3) sowie 4 Vorkammern (4), wobei die Vorkammer insbesondere jeweils ein Teil einer Vorkammerzündkerze (41) ist, sowie 4 Einspritzventile (5) für die
20 Saugrohreinspritzung mit einem Saugrohr (6) und 4 Einspritzventile für die Direkteinspritzung (7) für den Fall, dass für beide Einspritzungen flüssiger Kraftstoff bei niedrigem Druck aus einem gemeinsamen Drucksystem verwendet wird. Die Kraftstoffversorgung erfolgt dabei von einem Tank (8) über eine Niederdruck-Förderpumpe (9) mit parallel zwischen der Druckseite der Pumpe
25 und dem Tank angeordnetem Druckregler (10). Die Ventile für die Saurohr- und die Kleinmengen-Direkteinspritzung (5, 7) werden über Kraftstoffleitungen (11, 12) und über Abzweigungen (13, 14) mit Kraftstoff versorgt.

Alternativ ist es hier möglich, dass für die Direkteinspritzung einer ersten
30 Kleinmenge des Kraftstoffs (3) ein unterschiedliches oder zusätzliches Drucksystem (3a) oder ein Einspritzventil mit Druckverstärkung (7a) verwendet wird.

Fig. 2 zeigt einen Vierzylinder Verbrennungsmotor (1) mit Einrichtung zur
35 Bildung der Hauptmenge eines Gemischs aus Kraftstoff und Luft und dessen

Einbringen in den Hauptbrennraum (2'), eine Einrichtung zur Direkteinspritzung einer ersten Kleinmenge des Kraftstoffs in den Hauptbrennraum (3') sowie 4 Vorkammern (4'), wobei die Vorkammer insbesondere jeweils ein Teil einer Vorkammerzündkerze (41') ist, sowie 4 Einspritzventile (5') für die Saugrohreinspritzung und 4 Einspritzventile für die Direkteinspritzung (7') für den Fall, dass für beide Einspritzungen gasförmiger Kraftstoff aus einem getrennten System mit zwei getrennten Einrichtungen (2' und 3') verwendet wird. Die Versorgung der Einspritzventile (7') mit Kraftstoff erfolgt dabei aus einem Hochdruck-Tank (8'). Dabei wird vorteilhaft aus einem größeren Tankteil 8a' die Hauptmenge des Kraftstoffs entnommen. Die Einspritzventile für die Saugrohr- und die Kleinmengen-Direkteinspritzung (5', 7') werden über Kraftstoffleitungen (11', 12') und über Abzweigungen (13', 14') mit Kraftstoff versorgt. In die Kraftstoffleitung für die Hauptmenge (11') ist zur Einstellung eines passenden Einspritzdrucks ein Reduzierventil (15) angeordnet.

15

Die Einspritzventile (7') für die Hochdruck-Direkteinspritzung der Kleinmenge werden aus dem kleineren Tankteil (8b') mit unter hohem Druck stehendem gasförmigem Kraftstoff versorgt. Zur Aufrechterhaltung eines ausreichend hohen Drucks für die Hochdruck-Direkteinspritzung der Kleinmenge ist zwischen einer Zuleitung (16) und der Kraftstoffleitung (12') noch eine Hochdruckpumpe (17) angeordnet. Zudem wird zur Verminderung des Leistungsbedarf der Hochdruckpumpe (17) oder dessen vorteilhafter Vermeidung zwischen dem größeren Tankteil für die Hauptmenge (8a') und dem kleineren Tankteil (8b') für die Direkteinspritzung der Kleinmenge ein Steuerventil (18) angeordnet, das beim Tankvorgang für den Tankteil für die Hauptmenge (8a') bei hohem Tankfülldruck im Tankteil (8b') geöffnet und danach wieder geschlossen wird.

20
25

Alternativ ist auch ein vereinfachtes Gesamtsystem für die Kraftstoffversorgung möglich, bei dem für die Direkteinspritzung einer ersten Kleinmenge (3a') das gleiche Drucksystem wie für die Haupteinspritzung (2') verwendet wird, wobei der Kraftstoff aus einem gemeinsamen Tank entnommen wird.

30

Zur Verbesserung der Zündungs- und Verbrennungseigenschaften kann bei ausgewählten wasserstoffreichen Kraftstoffen, insbesondere Methan oder Erdgas, die Kleinmenge Gas auch alternativ über eine Leitung (19) durch einen Reaktor

35

(20) geführt werden, mit dem ein wasserstoffreiches Gas erzeugt wird, wobei vorteilhaft der Reaktor ein Plasmareaktor ist, in dem eine teilweise Umsetzung des Methan zu Wasserstoff durchgeführt wird. Auch hier kann vorteilhaft eine Hochdruckpumpe (17') verwendet werden.

5

Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch einen Brennraum (21) eines Zylinders des Verbrennungsmotors mit Zylinderkopf (22), Motorblock (23) und Kolben (24), wobei der Einspritzstrahl (25) des Einspritzventils (7, 7a, 7', 7a') für die Kleinmenge des Kraftstoffs im Wesentlichen in Richtung auf eine Vorkammer (4, 4'), insbesondere auf den vorderen Teil des Gehäuses (26) der Vorkammer gerichtet ist, wobei die Vorkammer insbesondere die Vorkammer einer Vorkammerzündkerze (41, 41') ist. Dabei wird der Kraftstoff mit Brennraumgas vermischt über eine Vielzahl von Überströmkanälen (27), als Folge des Druckanstiegs im Brennraum beim Kompressionsvorgang, in die Vorkammer
10
15 gefördert und in dieser gezündet.

Damit eine möglichst große Menge des abgespritzten Kraftstoffs über die Überströmkanäle (27) in die Vorkammer gelangt, ist der Einspritzstrahl (25) so dimensioniert, dass eine größere Anzahl der Überströmkanäle vom Kraftstoff
20 unmittelbar getroffen wird.

Fig. 4 zeigt einen Teilschnitt durch die Vorkammer (4, 4') der Vorkammerzündkerze (41, 41'), sowie den vorderen Teil des Einspritzstrahls (25) nach Fig. 3. Dabei ist zu erkennen, dass von der Gesamtzahl der Überströmkanäle (27) nur eine Teilmenge (28) von dem direkt eingespritzten Kraftstoffstrahl getroffen wird. Die Überströmkanäle sind vorteilhaft im vorderen Teil konisch ausgebildet (29), so dass der Kraftstoff, der nicht direkt in das Innere der Vorkammer (30), aber in den konischen Bereich (29) gelangt, durch das während des Verdichtungstakts in das Innere der Vorkammer strömende Gemisch aus dem
25
30 Hauptbrennraum (21) mitgerissen und in das Innere der Vorkammer (30) transportiert wird. Dabei wird durch die mit großer Geschwindigkeit in die Vorkammer eintretende Gemisch eine gute Homogenisierung und damit ein besonders gut zündfähiges Gemisch gebildet.

- Nach Funkenzündung dieses, gegenüber dem Gemisch im Hauptbrennraum „angefetteten“ Gemischs im hier beispielhaft radial ausgebildeten Elektrodenspalt (31) im Inneren der Vorkammer (30), kommt es in der Vorkammer zu einer sehr schnellen Energieumsetzung des Kraftstoff-Luft-Gemischs, wodurch eine
- 5 Vielzahl von Fackelstrahlen mit besonders hoher Austrittsgeschwindigkeit in den Hauptbrennraum hinein, erzeugt werden. Um dabei die Energieumsetzung im Zentrum des Hauptbrennraums (21) zu verbessern, ist im vorderen Bereich der Vorkammer ein weiterer Überströmkanal (32) angeordnet.
- 10 Die Gemischzusammensetzung in der Vorkammer wird vorteilhaft geregelt, wobei vorzugsweise die Gemischzusammensetzung zum Zündzeitpunkt optimal eingestellt wird. Der an den Zündelektroden nach dem Einleiten der Zündung bestimmte Ionenstrom ist dabei eine erfolgreich erprobte Größe ist, die sich zur Regelung der Kleinmenge besonders gut eignet.

Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor (1) für flüssige oder gasförmige Kraftstoffe mit einem Hauptbrennraum (21) und einer Vorkammer (4, 4', 41, 41'), in der eine Zündeinrichtung (31) vorhanden ist, der umfasst
- 5
- a) eine Einrichtung (2, 2'), zur Bildung der Hauptmenge eines Gemischs aus Kraftstoff und Luft und dessen Einbringen in den Hauptbrennraum,
 - 10 b) eine Einrichtung (3, 3a, 3', 3a') zur Direkteinspritzung einer ersten Kleinmenge des Kraftstoffs in den Hauptbrennraum im Wesentlichen in Richtung der Vorkammer (4, 4'), zur Bildung einer zweiten Menge eines Gemischs aus diesem Kraftstoff und weiterem Kraftstoff aus dem Hauptbrennraum und Luft in der Vorkammer,
 - 15 c) mindestens eine Verbindungseinrichtung (27) zwischen dem Hauptbrennraum und dem Inneren der Vorkammer (30).
2. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (a) mindestens eine Ansauganlage mit Saugrohr (6, 6') aufweist,
- 20 in dem eine Kraftstoffzuführeinrichtung, insbesondere eine Saugrohr-Kraftstoffeinspritzung (5, 5') vorhanden ist.
3. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei flüssigem Kraftstoff zur Einrichtung (b) zur Direkteinspritzung ein von der
- 25 Einrichtung (a) unterschiedliches oder zusätzliches Hochdrucksystem (3a), ein Einspritzventil mit Druckverstärkung (7a) oder ein von der Einrichtung (a) mit betriebenes gemeinsames Drucksystem (3) gehört.
4. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei gasförmigem Kraftstoff zur Einrichtung (b) zur Direkteinspritzung ein von
- 30 der Einrichtung (a) mit betriebenes gemeinsames Drucksystem (3a') oder ein von der Einrichtung (a) getrenntes System (3'), insbesondere mit mindestens zwei getrennten Einrichtungen (2' und 3'), für den Kraftstoff verwendet wird.

5. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Verbindungseinrichtung als Überströmkanal (27) zwischen dem Hauptbrennraum und dem Inneren der Vorkammer (30), bevorzugt mit mindestens einem konischen Abschnitt (28), ausgebildet ist, wobei die Vorkammer (4, 4') insbesondere die Vorkammer einer Vorkammerzündkerze (41, 41') ist.
6. Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors durch ein erstes Zünden eines Gemischs aus einer ersten Menge eines bei Normalbedingungen gasförmigen oder flüssigen Kraftstoffs und Luft in einer Vorkammer und ein Einbringen des so gezündeten und nachfolgend zumindest teilweise verbrannten Gemischs unter Entzünden des im Hauptbrennraum vorhandenen restlichen Kraftstoff-Luft-Gemischs, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Teilmenge des Kraftstoffs durch Direkteinspritzung in den Hauptbrennraum und nachfolgend durch den Kompressionsvorgang des Motors aus dem Hauptbrennraum in die Vorkammer gelangt und dort gemeinsam mit Teilen der beim Kompressionsvorgang aus dem Hauptbrennraum in die Vorkammer überströmenden Haupt-Kraftstoff-Luft-Gemischs das zu zündende Gemisch bildet.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Direkteinspritzung in einer frühen Phase des Kompressionsvorgangs für das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Hauptbrennraum mit einem Druck < 20 bar, insbesondere < 10 bar, oder einer späten Phase des Kompressionsvorgangs für das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Hauptbrennraum mit einem Druck > 20 bar, insbesondere > 50 bar erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Teilmenge des Kraftstoffs für die Direkteinspritzung einem Tank entnommen wird, der für die Entnahme dieser Teilmenge und für die Hauptmenge an Kraftstoff ausgebildet ist (8), oder diese Mengen aus zwei getrennten Tankteilen entnommen werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Teilmenge aus gasförmigem Kraftstoff aus dem zweiten separaten Tankteil

(8b') entnommen ist, wobei das Gas Wasserstoff ist oder dieses enthält oder eine wasserstoffreiche Verbindung, insbesondere Methan, enthält.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der
5 Wasserstoffgehalt im Falle einer wasserstoffreichen Verbindung durch einen zwischen Tank und der Einrichtung zur Direkteinspritzung angeordneten Reaktor erzeugt oder erhöht wird, wobei der Reaktor vorteilhaft ein Plasmareaktor ist.
- 10 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gemischzusammensetzung in der Vorkammer zum Zündzeitpunkt geregelt wird, insbesondere durch den an der Zündeinrichtung gemessenen Ionenstrom.
- 15 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des Abgases des Verbrennungsmotors zur Verminderung der NO_x-Emission des Verbrennungsmotors in das Saugrohr zurückgeführt wird.

Fig. 1

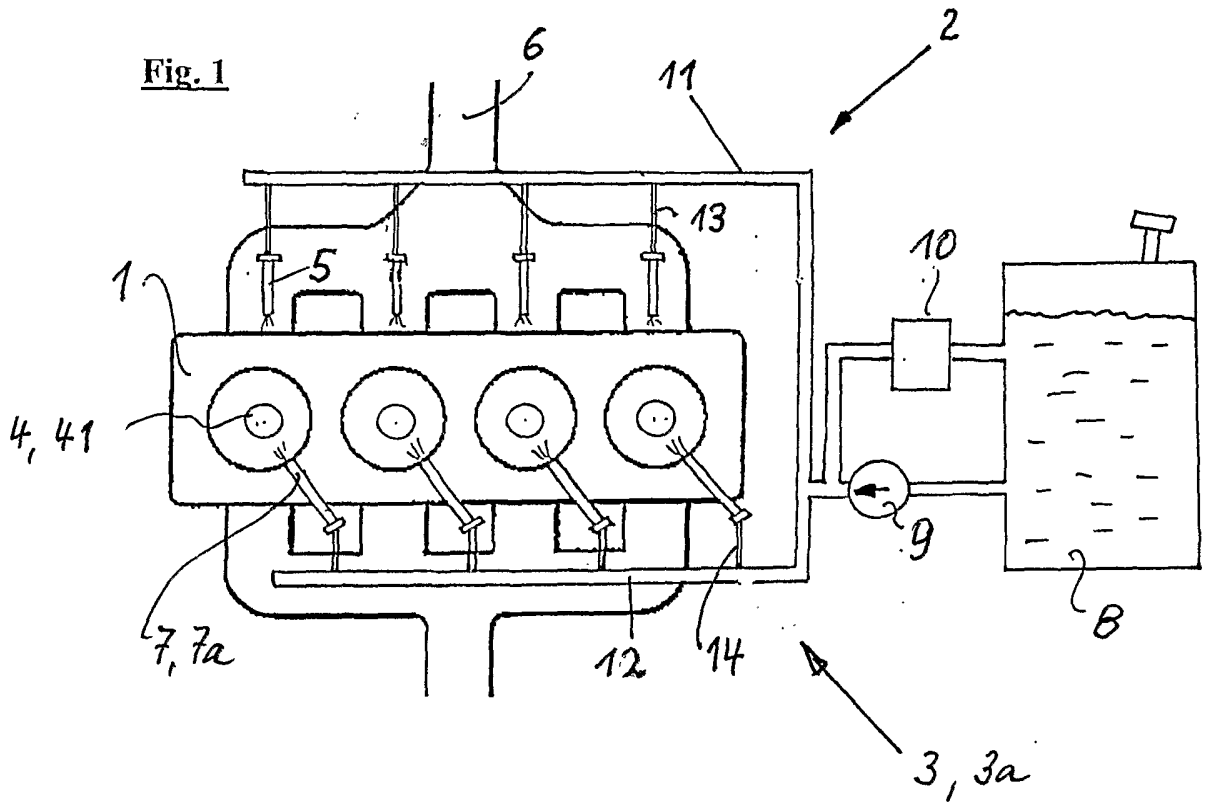


Fig. 2

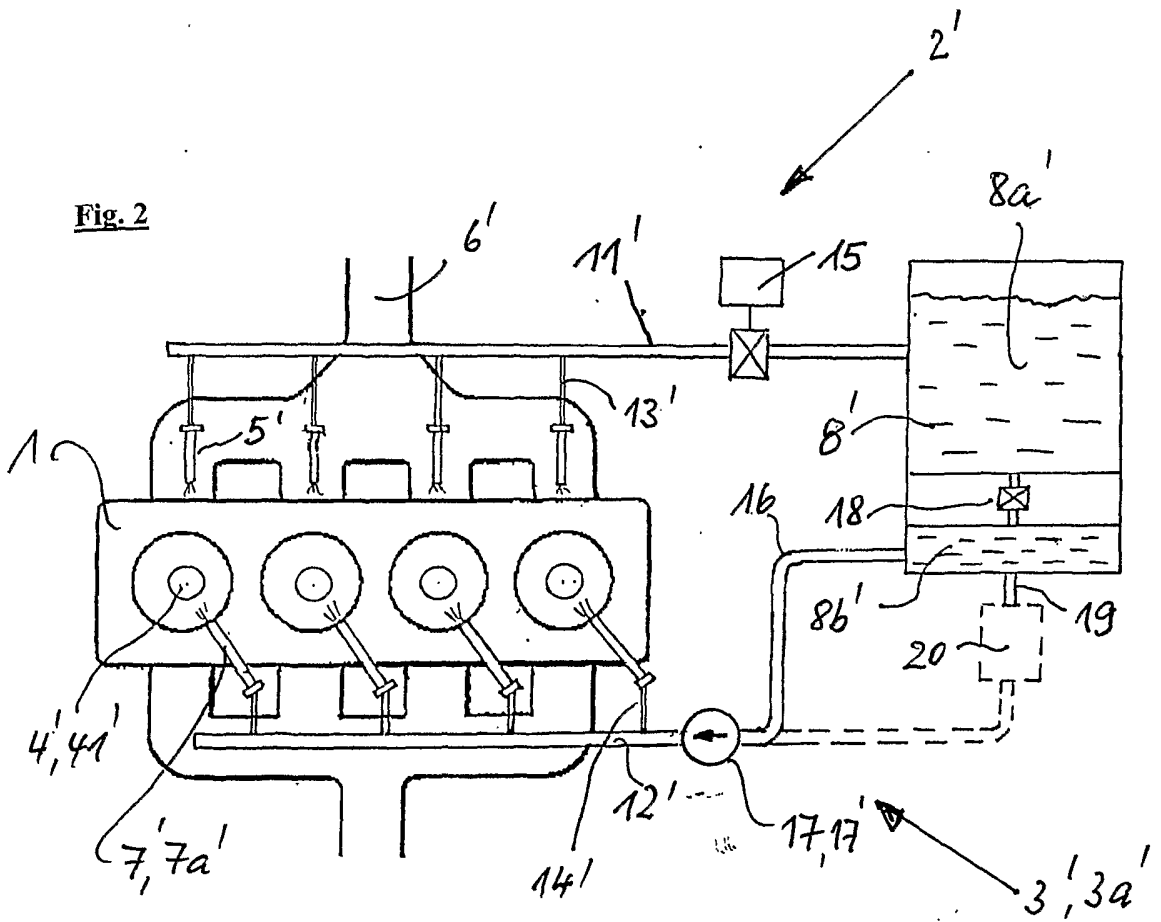


Fig. 3

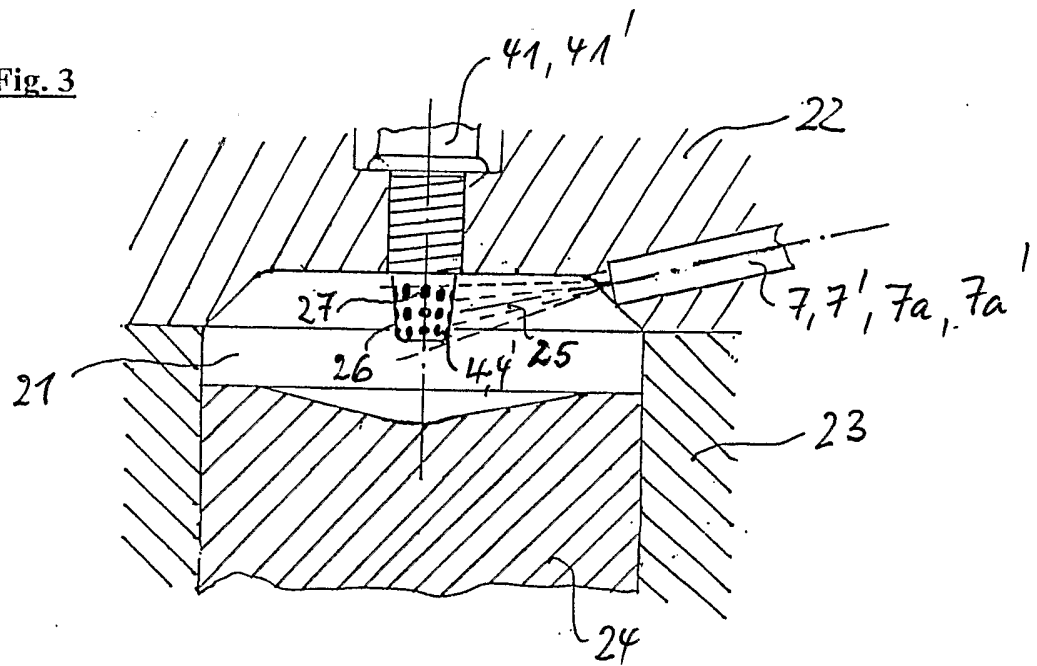
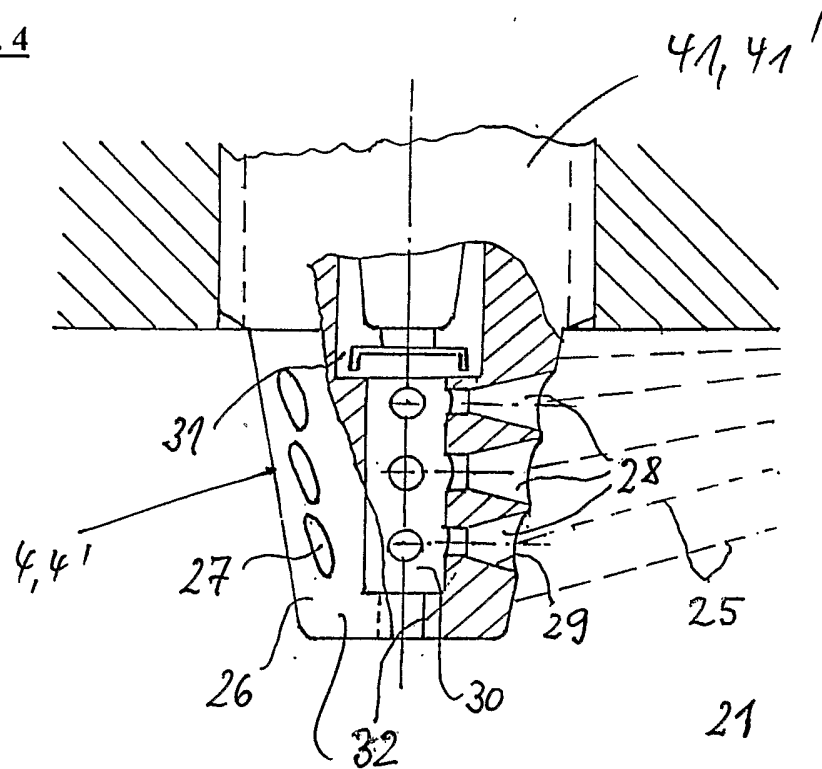


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/008909

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 F02B19/10 F02B19/12		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 F02B F02M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 14 796 A1 (LATSCH, REINHARD, DR.-ING.) 15 October 1998 (1998-10-15) cited in the application column 1, line 3 - column 4, line 41 column 5, line 64 - column 7, line 19; figures 4,5	1-3,5-8
X	DE 37 09 976 A1 (KUHNERT, DIETER, DR.-ING) 20 October 1988 (1988-10-20)	1-9
Y	column 2, line 64 - column 3, line 10 column 5, line 64 - column 7, line 31; figures 1,2	10
Y	US 6 378 489 B1 (STANGLMAIER ET AL) 30 April 2002 (2002-04-30) the whole document	10
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
° Special categories of cited documents :		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
E earlier document but published on or after the international filing date	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.	
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*&* document member of the same patent family	
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 24 October 2005	Date of mailing of the international search report 31/10/2005	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Van Zoest, A	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/008909

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 270 498 A (OCCELLA ET AL) 2 June 1981 (1981-06-02)	1,3,5-8
Y	column 2, line 50 - column 3, line 66; figure 1 column 5, line 23 - line 36; figure 7	11,12
Y	US 4 041 922 A (ABE ET AL) 16 August 1977 (1977-08-16) the whole document	11
Y	US 4 696 270 A (PISCHINGER) 29 September 1987 (1987-09-29) the whole document	12
X	US 4 019 473 A (KAMIYA) 26 April 1977 (1977-04-26) abstract column 2, line 57 - column 3, line 15; figure 2	1-3,5
X	US 5 555 868 A (NEUMANN) 17 September 1996 (1996-09-17) the whole document	1,2,4,5
A	DE 27 10 482 A1 (NIPPON SOKEN, INC; TOYOTA JIDOSHA KOGYO K.K; NIPPON SOKEN, INC., NISHIO) 29 June 1978 (1978-06-29) the whole document	1-3,5,6, 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/008909

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19714796	A1	15-10-1998	NONE
DE 3709976	A1	20-10-1988	US 4892070 A 09-01-1990
US 6378489	B1	30-04-2002	NONE
US 4270498	A	02-06-1981	CA 1092458 A1 30-12-1980 DE 2915514 A1 25-10-1979 ES 479630 A1 01-01-1980 FR 2426155 A1 14-12-1979 GB 2021684 A 05-12-1979 SE 7903343 A 19-10-1979
US 4041922	A	16-08-1977	CA 1044973 A1 26-12-1978 DE 2530442 A1 29-01-1976 FR 2277977 A1 06-02-1976 GB 1512053 A 24-05-1978 IT 1039642 B 10-12-1979 JP 861771 C 30-05-1977 JP 51007309 A 21-01-1976 JP 51042245 B 15-11-1976
US 4696270	A	29-09-1987	DE 3506217 A1 28-08-1986 EP 0192219 A2 27-08-1986 JP 61200321 A 04-09-1986 US 4756285 A 12-07-1988
US 4019473	A	26-04-1977	NONE
US 5555868	A	17-09-1996	AT 175474 T 15-01-1999 WO 9308399 A1 29-04-1993 BR 9206670 A 28-03-1995 CA 2122009 A1 29-04-1993 CN 1071735 A 05-05-1993 DE 69228131 D1 18-02-1999 DE 69228131 T2 02-09-1999 EP 0680558 A1 08-11-1995 FI 941853 A 03-06-1994 JP 7500395 T 12-01-1995 MX 9206086 A1 01-07-1993 NZ 244841 A 26-05-1995 RU 2104406 C1 10-02-1998 SG 44653 A1 19-12-1997 ZA 9208141 A 29-04-1993
DE 2710482	A1	29-06-1978	JP 53081807 A 19-07-1978 US 4125094 A 14-11-1978

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02B19/10 F02B19/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02B F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 197 14 796 A1 (LATSCH, REINHARD, DR.-ING.) 15. Oktober 1998 (1998-10-15) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 4, Zeile 41 Spalte 5, Zeile 64 - Spalte 7, Zeile 19; Abbildungen 4,5	1-3,5-8
X	DE 37 09 976 A1 (KUHNERT, DIETER, DR.-ING.) 20. Oktober 1988 (1988-10-20)	1-9
Y	Spalte 2, Zeile 64 - Spalte 3, Zeile 10 Spalte 5, Zeile 64 - Spalte 7, Zeile 31; Abbildungen 1,2	10
Y	US 6 378 489 B1 (STANGLMAIER ET AL) 30. April 2002 (2002-04-30) das ganze Dokument	10
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Oktober 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31/10/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van Zoest, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 270 498 A (OCCELLA ET AL) 2. Juni 1981 (1981-06-02)	1,3,5-8
Y	Spalte 2, Zeile 50 - Spalte 3, Zeile 66; Abbildung 1 Spalte 5, Zeile 23 - Zeile 36; Abbildung 7	11,12
Y	US 4 041 922 A (ABE ET AL) 16. August 1977 (1977-08-16) das ganze Dokument	11
Y	US 4 696 270 A (PISCHINGER) 29. September 1987 (1987-09-29) das ganze Dokument	12
X	US 4 019 473 A (KAMIYA) 26. April 1977 (1977-04-26) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 57 - Spalte 3, Zeile 15; Abbildung 2	1-3,5
X	US 5 555 868 A (NEUMANN) 17. September 1996 (1996-09-17) das ganze Dokument	1,2,4,5
A	DE 27 10 482 A1 (NIPPON SOKEN, INC; TOYOTA JIDOSHA KOGYO K.K; NIPPON SOKEN, INC., NISHIO) 29. Juni 1978 (1978-06-29) das ganze Dokument	1-3,5,6, 8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/008909

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19714796	A1	15-10-1998	KEINE
DE 3709976	A1	20-10-1988	US 4892070 A 09-01-1990
US 6378489	B1	30-04-2002	KEINE
US 4270498	A	02-06-1981	CA 1092458 A1 30-12-1980 DE 2915514 A1 25-10-1979 ES 479630 A1 01-01-1980 FR 2426155 A1 14-12-1979 GB 2021684 A 05-12-1979 SE 7903343 A 19-10-1979
US 4041922	A	16-08-1977	CA 1044973 A1 26-12-1978 DE 2530442 A1 29-01-1976 FR 2277977 A1 06-02-1976 GB 1512053 A 24-05-1978 IT 1039642 B 10-12-1979 JP 861771 C 30-05-1977 JP 51007309 A 21-01-1976 JP 51042245 B 15-11-1976
US 4696270	A	29-09-1987	DE 3506217 A1 28-08-1986 EP 0192219 A2 27-08-1986 JP 61200321 A 04-09-1986 US 4756285 A 12-07-1988
US 4019473	A	26-04-1977	KEINE
US 5555868	A	17-09-1996	AT 175474 T 15-01-1999 WO 9308399 A1 29-04-1993 BR 9206670 A 28-03-1995 CA 2122009 A1 29-04-1993 CN 1071735 A 05-05-1993 DE 69228131 D1 18-02-1999 DE 69228131 T2 02-09-1999 EP 0680558 A1 08-11-1995 FI 941853 A 03-06-1994 JP 7500395 T 12-01-1995 MX 9206086 A1 01-07-1993 NZ 244841 A 26-05-1995 RU 2104406 C1 10-02-1998 SG 44653 A1 19-12-1997 ZA 9208141 A 29-04-1993
DE 2710482	A1	29-06-1978	JP 53081807 A 19-07-1978 US 4125094 A 14-11-1978