



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**24.06.2009 Patentblatt 2009/26**

(51) Int Cl.:  
**F02P 23/04<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **08021431.5**

(22) Anmeldetag: **10.12.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA MK RS**

(71) Anmelder: **GE Jenbacher GmbH & Co. OHG**  
**6200 Jenbach (AT)**

(72) Erfinder: **Gruber, Friedrich**  
**6283 Hippach (AT)**

(74) Vertreter: **Torggler, Paul Norbert et al**  
**Wilhelm-Greil-Strasse 16**  
**6020 Innsbruck (AT)**

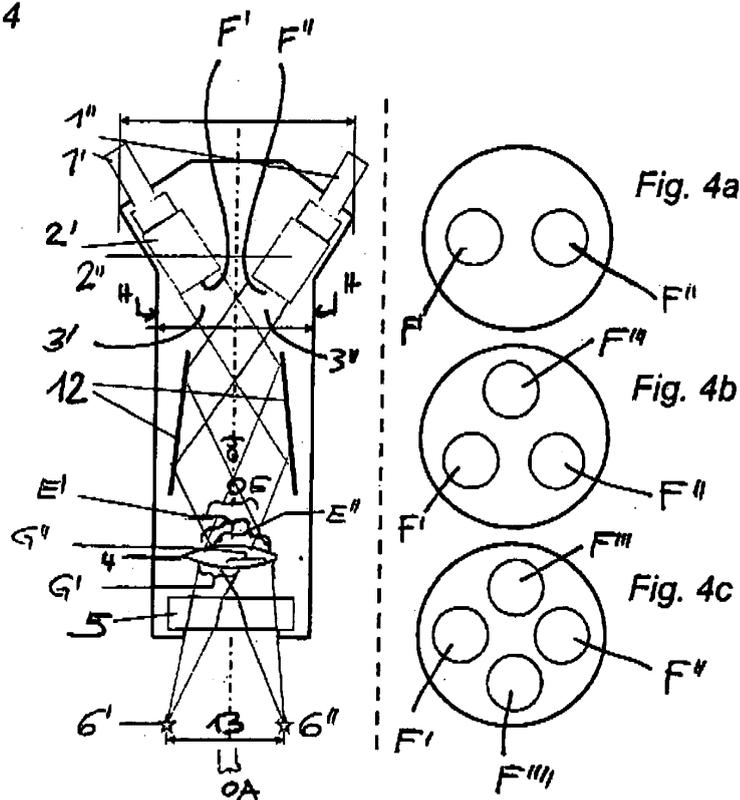
(30) Priorität: **20.12.2007 AT 20752007**

(54) **Laserzündeinrichtung**

(57) Laserzündeinrichtung (10) umfassend zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2',2'') und eine gemeinsame Einkoppeloptik (4) zum Einkoppeln von Laserlicht (3',3'') von den zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2',2'') in einen Brennraum (11) einer Brennkraftmaschine, wobei die zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2',2'') derart angeordnet sind, dass von den Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2',2'') im Betriebszustand abgegebenes Laserlicht (3',3'') parallel versetzt oder unter einem Winkel zueinander auf die Einkoppeloptik (4) auftritt und / oder aus der Einkoppeloptik (4) austritt, Verfahren zur Zündung eines Treibstoff/Luftgemischs in einem Brennraum (11) einer Brennkraftmaschine.

Der Laserzündeinrichtung kann ein Spiegel (12) als Laserlichtablenkelement angeordnet werden.

**Fig. 4**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Laserzündeinrichtung umfassend zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen und eine gemeinsame Einkoppeloptik zum Einkoppeln von Laserlicht von den zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Zündung eines Treibstoff/Luftgemischs in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine wobei Laserlicht über eine gemeinsame Einkoppeloptik in den Brennraum eingebracht wird

**[0002]** Laserzündeinrichtung umfassend zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen und eine gemeinsame Einkoppeloptik zum Einkoppeln von Laserlicht von den zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei die Einkoppeloptik eine Eintrittsfläche für Laserlicht von den Laserlichterzeugungsvorrichtungen und eine Austrittsfläche für das Laserlicht aufweist.

**[0003]** Die Laserzündung ist ein Zündungskonzept für ottomotorisch betriebene Verbrennungsmotoren, dessen Prinzip darauf beruht, dass ein intensiver Laserimpuls in den Brennraum einer Brennkraftmaschine eingekoppelt und dort auf einen Brennpunkt fokussiert wird. In diesem Brennpunkt überschreitet die Intensität der Strahlung einen Schwellenwert, der zur Ionisation des Treibstoff-Luftgemisches und in der Folge zur Zündung eines Plasmafunkens ausreicht. Dieser Plasmafunkel ist, in ähnlicher Weise wie der Funke einer konventionellen elektrischen Funkenzündung, in der Lage, ein Treibstoff-Luftgemisch zu entflammen.

**[0004]** Für die Motoranwendung sind die derzeit am intensivsten verfolgten Laserzündungskonzepte in der Weise ausgeführt, dass der Laserimpuls von einem Festkörperlaser erzeugt wird, der zusammen mit der Ein- und Auskoppeloptik in einem am Zylinderkopf befestigten Gehäuse integriert ist. Diese Einheit wird, in Analogie mit der konventionellen elektrischen Funkenzündung, als Laserzündkerze bezeichnet. Der Zündlaser wird optisch von einem Halbleiterlaser gepumpt, der mit der Laserzündkerze durch eine optische Faser verbunden ist. Der Pumpvorgang, während dem die Anregung der laseraktiven Atome im Festkörperkristall des Zündlasers bis zum Anschwingen und Durchbruch des Laserimpulses erfolgt, dauert etwa 200  $\mu$ s bis 300  $\mu$ s. Der Zündimpuls selbst hat die Dauer von wenigen Nanosekunden.

**[0005]** Die Einkoppeloptik für den Laserpuls in den Brennraum des Motors besteht aus einem geeigneten Linsensystem sowie dem sogenannten Brennraumfenster, das das letzte optische Element vor dem Strahleneintritt in den Brennraum darstellt.

**[0006]** Der Vorteil der Laserzündung gegenüber der herkömmlichen elektrischen Funkenzündung besteht unter anderem darin, dass der Zündfunke frei in die Tiefe des Brennraumes gelegt werden kann, wo optimale Entflammungsbedingungen vorherrschen. Im Gegensatz dazu erfolgt die Verbrennungseinleitung bei der elektri-

schon Funkenzündung in unmittelbarer Brennraumwandnähe, wobei die flächigen, den Zündfunken begrenzenden Elektroden die Flammkernbildung behindern.

**[0007]** Die Energie des Laserfunkens kann durch Anheben der Leistung des Lasersystems erheblich gesteigert werden, ohne dass daraus ein erhöhter Verschleiß resultiert wie es beispielsweise im Fall der Funkenzündung beim Elektrodenverschleiß gegeben ist.

**[0008]** Ein weiterer Vorteil der Laserzündung ist, dass mit zunehmender Motorleistung die minimale, für die Plasmazündung erforderliche Pulsenergie (MPE) abnimmt. Demgegenüber erreichen die konventionellen elektrischen Funkenzündungskonzepte bei den Anforderungen moderner Hochleistungsmotoren heute bereits ihre Systemgrenzen.

**[0009]** Die Leistungsfähigkeit des Laserzündsystems kann in Bezug auf die motorische Anwendung insbesondere dadurch erheblich gesteigert werden, dass zur Entflammung des Gemisches im Brennraum des Motors mehr als nur ein Plasmafunkel zu Anwendung kommt.

**[0010]** Dazu sind Laserkonzepte bekannt, die den Strahl eines Zündlasers durch optische Einrichtungen in mehrere Teilstrahlen aufteilt, welche über die gemeinsame Fokussieroptik dann jeweils einen eigenen Plasmafunkel ergeben. Der Nachteile dieser Konzepte sind, dass die Energie eines Zündlasers auf mehrere Plasmafunkel aufgeteilt, und die jeweiligen Funken damit deutlich geschwächt sind, eine Leistungssteigerung des Zündlasers um ein Mehrfaches jedoch schwierig ist. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die Plasmafunkel nicht unabhängig voneinander sind, sondern zeitgleich und gekoppelt auftreten und die motorischen Optimierungsparameter damit reduziert sind.

**[0011]** Eine gattungsbildende Laserzündeinrichtung ist beispielsweise aus der US 5,756,924 bekannt. In der darin gezeigten Laserzündeinrichtung wird Laserlicht von zwei verschiedenen Laserlichterzeugungsvorrichtungen auf eine gemeinsame Einkoppeloptik geleitet, die das Licht anschließend in den Brennraum fokussiert, um dort ein Treibstoff-Luftgemisch zu zünden. In der US 5,756,924 wird dazu vorgeschlagen, das Licht koaxial auf die Einkoppeloptik zu leiten. Der Vorteil einer gemeinsamen Einkoppeloptik besteht nicht nur in geringeren Kosten, um nur eine einzelne Einkoppeloptik verwenden zu müssen, sondern auch darin, dass gezielt an bestimmten Stellen mehr Laserlichtleistung erzeugt werden kann, als dies durch eine einzelne Laserlichterzeugungsvorrichtung möglich wäre.

**[0012]** Nachteilig am zuletzt genannten Stand der Technik erweist sich der Umstand, dass die Einkoppeloptik im Betrieb aufgrund der hohen Laserleistungen stark erwärmt.

**[0013]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Laserzündeinrichtung der eingangs genannten Gattung bereitzustellen, bei der die Nachteile des Standes der Technik verringert sind.

**[0014]** Diese Aufgabe löst eine Laserzündeinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren

gemäß Anspruch 12.

**[0015]** Vorgesehen ist also einerseits eine Laserzündeinrichtung umfassend zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen und eine gemeinsame Einkoppeloptik zum Einkoppeln von Laserlicht von den zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei die zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen derart angeordnet sind, dass von den Laserlichterzeugungsvorrichtungen im Betriebszustand abgegebenes Laserlicht parallel versetzt oder unter einem Winkel ungleich  $0^\circ$  zueinander auf die Einkoppeloptik auftritt und / oder aus der Einkoppeloptik austritt.

**[0016]** Andererseits ist ein Verfahren zur Zündung eines Treibstoff/Luftgemischs in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine vorgesehen, bei dem Laserlicht über eine gemeinsame Einkoppeloptik in den Brennraum eingebracht wird, wobei das Laserlicht parallel versetzt oder unter einem Winkel zueinander auf die Einkoppeloptik auftritt und / oder aus der Einkoppeloptik austritt, vorgesehen.

**[0017]** Indem Laserlicht aus den Laserlichterzeugungsvorrichtungen nicht mehr wie beim Stand der Technik achsparallel sondern parallel versetzt zueinander oder in Winkel zueinander auf die Einkoppeloptik auftritt bzw. aus der Einkoppeloptik austritt oder beides zusammen, erwärmt sich die Einkoppeloptik wird nie die vollständige Laserlichtleistung beider Laserlichterzeugungsvorrichtungen auf nur eine einzige Fläche fokussiert, die bei koaxialen Laserlichtstrahlen auftritt, sondern die Laserlichtleistung verteilt sich auf größere Bereiche der Einkoppeloptik. Die Eintrittsflächen für das Laserlicht an der Einkoppeloptik und / oder die Austrittsflächen des Laserlichts an der Einkoppeloptik liegen also zumindest bereichsweise getrennt voneinander vor, wodurch die Belastung der Einkoppeloptik durch das Laserlicht an den Eintrittsflächen oder Austrittsflächen geringer ausfällt.

**[0018]** Die Einkoppeloptik ist im einfachsten Fall eine Sammellinse bzw. ein System mehrerer Linsen, die das Laserlicht in den Brennraum einer Brennkraftmaschine sammeln bzw. fokussieren. Es kann vorgesehen sein, dass die Laserlichterzeugungsvorrichtungen derart angeordnet sind, dass die Eintrittsflächen an der Einkoppeloptik für das Laserlicht getrennt voneinander an der gemeinsamen Einkoppeloptik vorliegen. Im einfachsten Fall wird dies durch eine nicht-koaxiale Anordnung der Laserlichtstrahlen der zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen erzielt. Außerdem kann vorgesehen sein, dass die Laserlichterzeugungsvorrichtungen derart angeordnet sind, dass die Austrittsflächen an der Einkoppeloptik für das Laserlicht getrennt voneinander an der gemeinsamen Einkoppeloptik vorliegen

**[0019]** Im Rahmen der Erfindung haben sich zwei Konzepte an Ausführungsvarianten als besonders vorteilhaft herausgestellt. Im ersten Konzept ist gemäß einer Ausführungsvariante vorgesehen, dass die zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen derart angeordnet

sind, dass die Austrittsfläche des Laserlichtes der ersten Laserlichterzeugungsvorrichtung und die Austrittsfläche des Laserlichtes der zweiten Laserlichterzeugungsvorrichtung im Wesentlichen parallel oder in einer Ebene angeordnet sind. Anders ausgedrückt ist in diesem Fall in Betriebszustand abgegebenes Laserlicht parallel versetzt In dieser Variante werden also zwei Laserlichtstrahlen im Wesentlichen parallel zueinander auf eine gemeinsame Einkoppeloptik fokussiert, die dann das Laserlicht beispielsweise auf einen einzelnen Brennpunkt gemeinsam fokussiert. Dies hat sich besonders bei Zündkonzepten als vorteilhaft erwiesen, wo entweder eine besonders hohe Leistung an einem Brennpunkt für einen einzelnen Zündzeitpunkt erforderlich ist oder wo zeitlich gestaffelt Laserlichtpulse auf einen einzelnen Brennpunkt fokussiert werden sollen.

**[0020]** Dieses erste Konzept erweist sich z.B. dann als vorteilhaft, wenn die benötigte Zeitspanne zum Pumpen einer einzelnen Laserlichterzeugungsvorrichtung, so dass diese einen Zündimpuls abgeben kann, länger dauert, als ein Arbeitszyklus der Brennkraftmaschine dauert. In diesem Fall ist kann die zweite Laserlichterzeugungsvorrichtung dazu vorgesehen sein, abwechselnd zur ersten Laserlichterzeugungsvorrichtung den Zündvorgang zu verursachen. Andere Varianten sehen vor, dass zeitlich gestaffelt Laserpulse in den Brennraum eingebracht werden, um das Treibstoff-Luft-Gemisch über einen längeren Zeitraum zu zünden oder eine Art Vorzündung zu erreichen. Pulsdauer und Pulszeitabstände sind abhängig vom gewählten Treibstoff-Luft-Gemisch.

**[0021]** Für das zweite Konzept kann in einer zweiten Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen derart angeordnet sind, dass die Austrittsflächen des Laserlichtes der ersten Laserlichterzeugungsvorrichtung und die Austrittsfläche des Laserlichtes der zweiten Laserlichterzeugungsvorrichtung in einem von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel angeordnet sind. In diese Variante trifft in der Regel im Betriebszustand abgegebenes Laserlicht unter einem Winkel zueinander auf die Einkoppeloptik auf oder tritt unter einem Winkel zueinander aus der Einkoppeloptik aus.

**[0022]** In diesem Fall können die beiden Laserlichterzeugungsvorrichtungen in einem bestimmten Winkel zueinander angeordnet sein, der bevorzugt zwischen  $175^\circ$  und  $100^\circ$ , vorzugsweise zwischen  $170^\circ$  und  $135^\circ$  beträgt. Auf diese Art und Weise können beispielsweise räumlich getrennte Zündfunken bzw. Brennpunkte mit einer einfachen Sammellinse erzeugt werden, was sich bei manchen Zündkonzepten als vorteilhaft erweist, um großflächigere Zündung des Treibstoff-Luft-Gemisches zu erzeugen. Im Gegensatz zu Zündkonzepten bei denen ein Laserstrahl auf zwei Brennpunkte verteilt wird, wodurch die Zündung an den beiden Brennpunkten zeitgleich erfolgt, sind im vorliegenden Fall zeitlich gestaffelte Zündfolgen möglich. Dabei ist besonders bevorzugt vorgesehen, dass zumindest drei Laserlichterzeugungsvorrichtungen, besonders bevorzugt vier Laserlichterzeugungs-

vorrichtungen, vorgesehen sind, die derart zueinander angeordnet sind, dass im Betriebszustand vier mit Abstand zueinander angeordnete Brennpunkte erzeugbar sind. Diese könnten beispielsweise in den Ecken eines vorzugsweise gleichseitigen Dreiecks bzw. eines Quadrats, Rechtecks, einer Raute etc. angeordnet sein.

**[0023]** Bei einer bevorzugten Ausführungsvariante (insbesondere gemäß dem zweiten Konzept) kann weiters vorgesehen sein, dass zwischen Laserlichterzeugungsvorrichtung und Einkoppeloptik zumindest ein Laserlichtablenkelement angeordnet ist. Laserlichtablenkelemente ermöglichen es, das Laserlicht der jeweiligen Laserlichterzeugungsvorrichtungen in einem anderen (beispielsweise steileren) Winkel zueinander anzuordnen, um anschließend über die Laserlichtablenkelemente das Laserlicht entsprechend auf die Einkoppeloptik zu lenken. Dadurch lässt sich die Laserlichtstrahlführung noch besser beeinflussen als es durch die Einkoppeloptik allein möglich ist und es können mehrere Brennpunkte erzielt werden, mit engerem Abstand oder größerem Abstand zueinander.

**[0024]** Dabei kann vorgesehen sein, dass die Lichtablenkelemente als Spiegel ausgebildet sind, sodass Laserlicht via Reflexion auf die Einkoppeloptik ablenkbar ist.

**[0025]** Um einen zeitlich gestaffelten Laserzündpuls erzeugen zu können, kann günstigerweise vorgesehen sein, dass die Laserlichterzeugungsvorrichtungen getrennt voneinander optisch pumpbar sind. Aus Kostengründen kann vorgesehen sein, dass die Laserlichterzeugungsvorrichtungen eine gemeinsame Pumplichtquelle aufweisen.

**[0026]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die Laserzündeinrichtung als - vorzugsweise einstückige - Laserzündkerze ausgebildet ist, da so eine besonders kompakte Bauweise gewährleistet ist.

**[0027]** Der Vorteil der genannten Einrichtung bzw. des Verfahrens besteht neben den bereits genannten Gründen auch darin, dass durch zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen eine Redundanz vorliegt, welche eine höhere Betriebssicherheit in der motorischen Anwendung gewährleistet bei Ausfall einer Laserlichterzeugungsvorrichtung.

**[0028]** Weitere Details und Vorteile der Erfindung werden anhand der Figuren und Figurenbeschreibungen erläutert. Es zeigt schematisch:

Fig. 1 eine Laserzündeinrichtung nach Stand der Technik im Querschnitt,

Fig. 2 eine erste Ausführungsvariante einer Laserzündeinrichtung gemäß der Erfindung,

Fig. 3 eine zweite Ausführungsvariante der Laserzündeinrichtung nach der Erfindung und

Fig. 4 eine Abwandlung der Ausführungsvariante von Fig. 3.

**[0029]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung ei-

ner Laserzündeinrichtung 10 gemäß Stand der Technik. Die Laserzündeinrichtung 10 ist als Laserzündkerze ausgebildet und umfasst einen Zündlasermonolith 2, der einen Resonator 7 und einen Auskoppelspiegel 8 aufweist, sodass Laserlicht angedeutet durch den Strahlengang des Laserlichtes 3 auf die Einkoppeloptik 8 geleitet wird, die das Laserlicht 3 auf einen Brennpunkt 6 fokussiert, in dem der Plasmafunke erzeugt wird. Die Laserlichtaustrittsfläche ist mit F gekennzeichnet und beschreibt die Fläche, aus der zündfähiges Laserlicht aus der Laserlichterzeugungsvorrichtung 2 austritt, bevor es auf die Einkoppeloptik 4 geleitet wird. Die Laserzündeinrichtung 10 wird durch ein Brennraumfenster 5 begrenzt, durch welches das Laserlicht 3 in den Brennraum 11 einer Brennkraftmaschine 11 gespeist wird. Der Zündlasermonolith 2 wird von einem Lichtleiter 1, der mit einer nicht dargestellten Pumplichtquelle verbunden ist, mit Pumplicht gespeist. Nach entsprechender Verstärkung des Pumplichtes im Zündlasermonolith 2 wird zündfähiges Laserlicht 3 abgegeben. Nach Stand der Technik kann weiters vorgesehen sein, dass irgendwo zwischen Auskoppelspiegel 8 und Einkoppeloptik 4 Laserlicht 3 entlang der optischen Achse A der Einkoppeloptik 4 koaxial zum Laserlicht 3 des gezeigten Zündmonolithen 2 eingespeist wird und gemeinsam auf der Eintrittsfläche E der Einkoppeloptik 4 auf diese trifft. Die Austrittsfläche des Laserlichtes ist mit G gekennzeichnet.

**[0030]** In der Fig. 2 ist nun ein Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem Laserlicht 3', 3" aus zweigeteilten Laserlichterzeugungsvorrichtungen 2', 2" parallel versetzt zueinander auf die gemeinsame Einkoppeloptik 4 auftrifft. Es handelt sich bei dem Ausführungsbeispiel um die weiter oben in der Beschreibung als "erstes Konzept" beschriebene Variante, wobei die Austrittsflächen F' und F" der jeweiligen Zündlaser 2' bzw. 2" in einer Ebene angeordnet sind (eine Parallelversetzung wäre ebenfalls denkbar, entscheidend ist, dass die Strahlengänge des Laserlichtes 3', 3" parallel zueinander sind. (Da die übrigen Bauteile inhaltlich gleich zur Fig. 1 sind, werden in den Fig. 2 sowie in den Fig. 3 und 4 gleiche Bauteile nicht mehr näher erläutert). Es sind nunmehr zwei Zündlasermonolithen 2', 2" (für die Zündlasermonolithen sei auch auf die WO2006/125685 verwiesen) vorgesehen, die zündfähiges Laserlicht 3', 3" an den Laserlichtaustrittsflächen F', F" abgeben. Die beiden Zündlasermonolithen 2', 2" werden mittels getrennter Lichtleiter 1', 1" über eine nicht gezeigte Pumplichtquelle gepumpt. Der Strahlengang des jeweiligen Laserlichtes 3' und 3" wird auf die Einkoppeloptik 4 geleitet. Die Eintrittsflächen E' und E" an der Einkoppeloptik 4 sind räumlich nebeneinander liegend und somit vollständig voneinander getrennt. Anschließend wird das Laserlicht über die Einkoppeloptik 4 zum Brennraum 11 der Brennkammer einer Brennkraftmaschine fokussiert. Die Austrittsflächen G', G" des Laserlichtes 3', 3" sind ebenfalls räumlich voneinander getrennt. Das Laserlicht 3' der ersten Laserlichterzeugungsvorrichtung 2' und das Laserlicht 3" der zweiten Laserlichterzeugungsvorrichtung 2" treten unter einem

Winkel zueinander aus der Einkoppeloptik 4 aus.

**[0031]** In der Fig. 3 ist eine Ausführungsvariante gemäß der oben beschriebenen Variante 2 gezeigt. Das Laserlicht 3', 3" der jeweiligen Laserlichterzeugungsvorrichtungen 2', 2" trifft unter einem Winkel  $\alpha$  (ungleich 0°) zueinander auf die Einkoppeloptik 4 auf. Der Winkel  $\alpha$  beträgt hier ca. 20°. Dabei sind die beiden Laserlichterzeugungsvorrichtungen 2', 2" bzw. die Zündlasermonolithen zueinander geneigt, sodass die Austrittsflächen F' und F" der jeweiligen Laserlichterzeugungsvorrichtungen ebenfalls in einem von 0° verschiedenen Winkel angeordnet sind. Im vorliegenden Fall beträgt dieser Winkel etwa 160°. Die Eintrittsflächen E' und E" an der Einkoppeloptik 4 für Laserlicht 3', 3" aus den Laserlichterzeugungsvorrichtungen 2', 2" ist dabei in weiten Bereichen getrennt, nur im Kernbereich gibt es eine Überlappung OE. Diese kann in Kauf genommen werden, ohne dass es an dieser Stelle zu einer Überhitzung kommt, insbesondere, da auch die Austrittsflächen G', G" weitestgehend bis auf einen kleinen Kernbereich OA überlappungsfrei sind. Das Laserlicht 3, 3" wird auf zwei Brennpunkte 6', 6" verteilt. Der Abstand zwischen den Brennpunkten 6', 6" ist mit 13 bezeichnet.

**[0032]** In den Fig. 3a bis 3c sind Varianten gezeigt mit zwei (Fig. 3a), drei (Fig. 3b) und vier (Fig. 3c) Laserlichterzeugungsvorrichtungen. Die Darstellungen beschreiben Ansichten auf die Laserlichtaustrittsflächen F', F", F"', F''' entlang des Schnittes H-H. Die Laserlichtaustrittsflächen F', F", F"', F''' sind dabei entlang einer Geraden (Fig. 3a; entspricht der Variante gemäß Fig. 3), an den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks (Fig. 3b) bzw. an den Ecken eines Quadrats (Fig. 3c) angeordnet.

**[0033]** In der Fig. 4 sind zusätzlich zu der in der Variante Fig. 3 dargestellte Laserlichtablenkelemente 12 in der Form von Spiegeln gezeigt. Der Winkel  $\alpha$  zwischen den Laserlichtstrahlen 3', 3" ist größer gewählt als in Fig. 3. Der Maximale Winkel  $\alpha$  in der Anordnung nach Fig. 3 oder 4 beträgt sinnvollerweise nicht mehr als 90° um die Anordnung kompakt zu halten, wenngleich mittels zusätzlicher Laserlichtablenkelementen 12 natürlich auch andere Winkel  $\alpha$  realisierbar wären. Die Anordnung der Laserlichtaustrittsflächen F', F" ist so, dass der Winkel zwischen diesen Flächen steiler ist. Mit Hilfe der Laserlichtablenkelemente 12 kann so der Abstand 13 zwischen den Brennpunkten 6', 6" größer gestaltet werden (als z.B. im Vergleich zur Fig. 3). Die Eintrittsflächen E' und E" an der Einkoppeloptik 4 fallen in dieser Variante zwar beinahe zusammen, sodass ein relativ großer Überlappungsbereich OE vorhanden ist. Allerdings sind die Austrittsflächen G', G" weiter voneinander getrennt, sodass aufgrund dieser Aufweitung des Laserlichtes die Einkoppeloptik 4 durch eine entsprechend geringe Überlappungsfläche OA ausreichend entlastet ist.

**[0034]** In den Fig. 4a bis 4c sind analog zu den Fig. 3a bis 3c Anordnungen der Laserlichtaustrittsflächen F', F", F"', F''' gezeigt.

## Patentansprüche

1. Laserzündeinrichtung (10) umfassend zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2") und eine gemeinsame Einkoppeloptik (4) zum Einkoppeln von Laserlicht (3', 3") von den zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2") in einen Brennraum (11) einer Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2") derart angeordnet sind, dass von den Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2") im Betriebszustand abgegebenes Laserlicht (3', 3") parallel versetzt oder unter einem Winkel zueinander auf die Einkoppeloptik (4) auftritt und / oder aus der Einkoppeloptik (4) austritt.
2. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2") derart angeordnet sind, dass die Eintrittsflächen (E', E") an der Einkoppeloptik für das Laserlicht (3', 3") getrennt voneinander an der gemeinsamen Einkoppeloptik (4) vorliegen.
3. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2") derart angeordnet sind, dass die Austrittsflächen (G', G") an der Einkoppeloptik für das Laserlicht (3', 3") getrennt voneinander an der gemeinsamen Einkoppeloptik (4) vorliegen.
4. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2") derart angeordnet sind, dass die Austrittsfläche (F') des Laserlichtes (3') der ersten Laserlichterzeugungsvorrichtung (2') und die Austrittsfläche (F") des Laserlichtes (3") der zweiten Laserlichterzeugungsvorrichtung (2") im Wesentlichen parallel oder in einer Ebene angeordnet sind.
5. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest zwei Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2") derart angeordnet sind, dass die Austrittsfläche (F') des Laserlichtes (3') der ersten Laserlichterzeugungsvorrichtung (2') und die Austrittsfläche (F") des Laserlichtes (3") der zweiten Laserlichterzeugungsvorrichtung (2") in einem von 0 verschiedenen Winkel angeordnet sind.
6. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkel zwischen 175° und 100°, vorzugsweise zwischen 170° und 135° beträgt.
7. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1

bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Laserlichterzeugungsvorrichtung (2', 2'') und Einkoppeloptik (4) Laserlichttablenelemente (12) angeordnet sind.

- 5
8. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laserlichttablenelemente (12) als Spiegel ausgebildet sind.
- 10
9. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2'') getrennt voneinander optisch pumpbar sind.
- 15
10. Laserzündeinrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laserlichterzeugungsvorrichtungen (2', 2'') eine gemeinsame Pumplichtquelle aufweisen.
- 20
11. Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laserzündeinrichtung als - vorzugsweise einstückige - Laserzündkerze ausgebildet ist.
- 25
12. Verfahren zur Zündung eines Treibstoff/Luftgemischs in einem Brennraum (11) einer Brennkraftmaschine wobei Laserlicht (3', 3'') über eine gemeinsame Einkoppeloptik (4) in den Brennraum (11) eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Laserlicht (3', 3'') parallel versetzt oder unter einem Winkel ( $\alpha$ ) zueinander auf die Einkoppeloptik (4) auftritt und / oder aus der Einkoppeloptik (4) austritt.
- 30
- 35
13. Verfahren nach Anspruch 12 unter Verwendung einer Laserzündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

40

45

50

55



Fig. 2

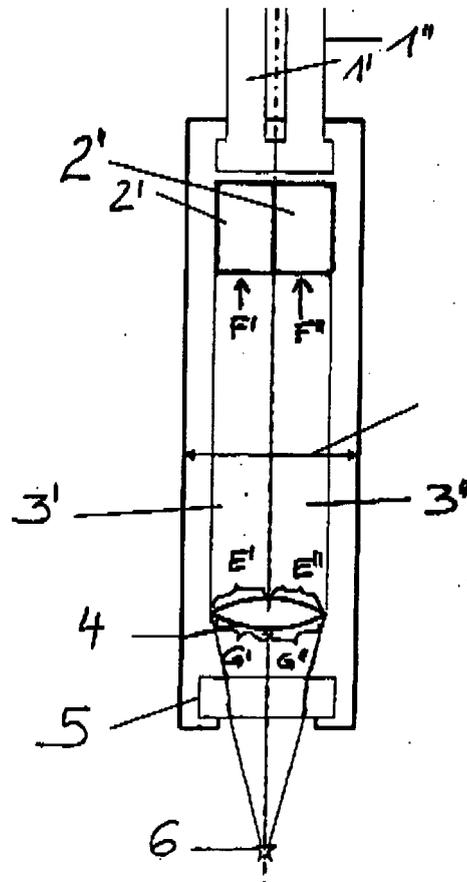


Fig. 3

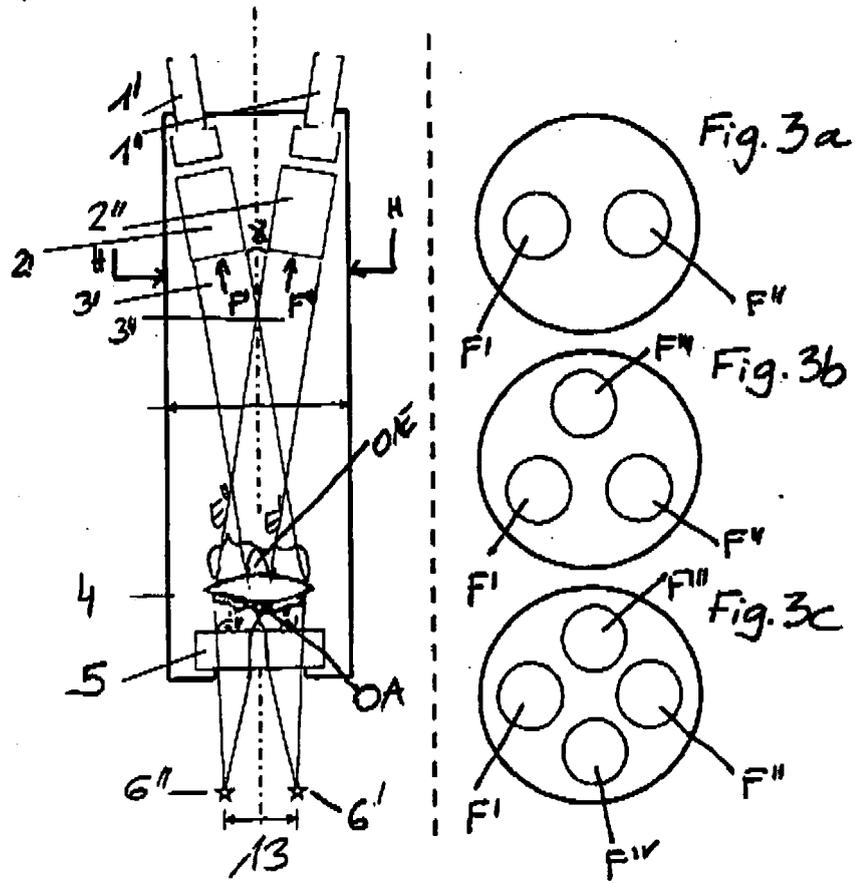
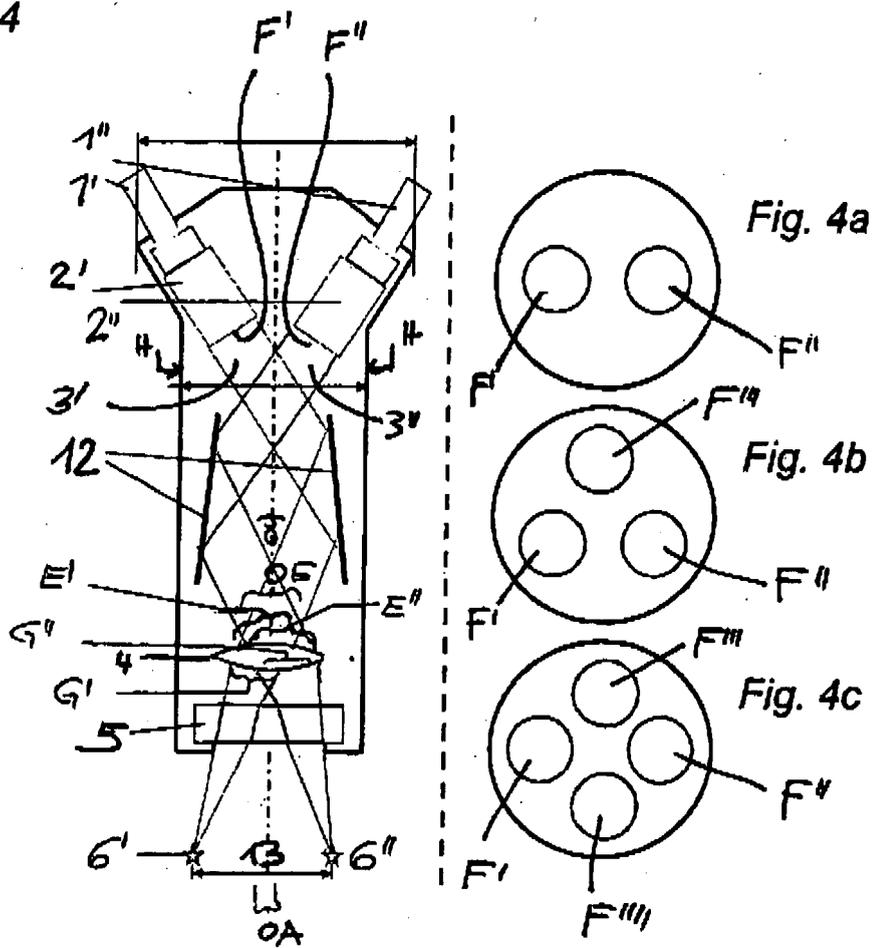


Fig. 4





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
 EP 08 02 1431

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2006 063829 A (DENSO CORP; NIPPON SOKEN) 9. März 2006 (2006-03-09) * Abbildungen 1,2,12,17,18 * -----	1-4,7-13	INV. F02P23/04
X	JP 2007 309129 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 29. November 2007 (2007-11-29) * Abbildungen * -----	1,4-7,9, 11-13	
X	WO 97/45678 A (UNIV CALIFORNIA [US]) 4. Dezember 1997 (1997-12-04) * Seite 8, Zeile 14 - Seite 10, Zeile 4; Abbildungen 1-3,6 * -----	1,5-13	
P,X	JP 2008 258446 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 23. Oktober 2008 (2008-10-23) * Abbildungen * -----	1,12	
X	US 6 229 940 B1 (RICE ROBERT REX [US] ET AL) 8. Mai 2001 (2001-05-08) * Abbildungen 1,2 * -----	1-4,9, 11-13	
D,X	US 5 756 924 A (EARLY JAMES W [US]) 26. Mai 1998 (1998-05-26) * Abbildung 2 * -----	1,12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02P H01S
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. April 2009	Prüfer Ulivieri, Enrico
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 3  
 EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 02 1431

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

01-04-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2006063829 A	09-03-2006	KEINE	
JP 2007309129 A	29-11-2007	KEINE	
WO 9745678 A	04-12-1997	AU 3375597 A US 5876195 A	05-01-1998 02-03-1999
JP 2008258446 A	23-10-2008	KEINE	
US 6229940 B1	08-05-2001	KEINE	
US 5756924 A	26-05-1998	KEINE	

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 5756924 A [0011] [0011]
- WO 2006125685 A [0030]