



(11) **EP 3 101 268 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.12.2016 Patentblatt 2016/49

(51) Int Cl.:
F02P 23/04 (2006.01) **H01T 13/44** (2006.01)
H01P 5/08 (2006.01) **H03F 3/60** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15170029.1**

(22) Anmeldetag: **01.06.2015**

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

(72) Erfinder:
• **Gallatz, Armin**
72186 Empfingen (DE)
• **Gallatz, Volker**
72172 Sulz-Bergfelden (DE)

(71) Anmelder: **MWI Micro Wave Ignition AG**
72186 Empfingen (DE)

(74) Vertreter: **Klocke, Peter**
ABACUS
Patentanwälte
Lise-Meitner-Strasse 21
72202 Nagold (DE)

(54) **MIKROWELLENPULSZÜNDGENERATOR FÜR EINE VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE**

(57) Mikrowellenpulszündgenerator (7) zum Auslösen der Verbrennung eines zündfähigen Treibstoff-Luft-Gemisches in einem Brennraum (3) eines Motors (1), mit mindestens zwei außerhalb des Brennraumes (3) angeordneten pulsaren Mikrowellenquellen (8), vorzugsweise Halbleiteremittern, und mit einer von den Mikrowellenquellen (8) zum Brennraum (3) führenden Mikrowellenhohlleitung. Erfindungsgemäß ist in der Mikrowellenhohlleitung (9) mindestens ein Hohlleitungskoppelabschnitt (15) angeordnet, wobei von den Mikrowellenquellen (8) jeweils Mikrowellenzuleitungen (14) zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt (15) führen und der Hohlleitungskoppelabschnitt (15) über eine Mikrowellenableitung (16) mit dem Brennraum (3) verbindbar ist. Vorzugsweise sind als Mikrowellenquellen (8) Halbleiteremitter vorgesehen.

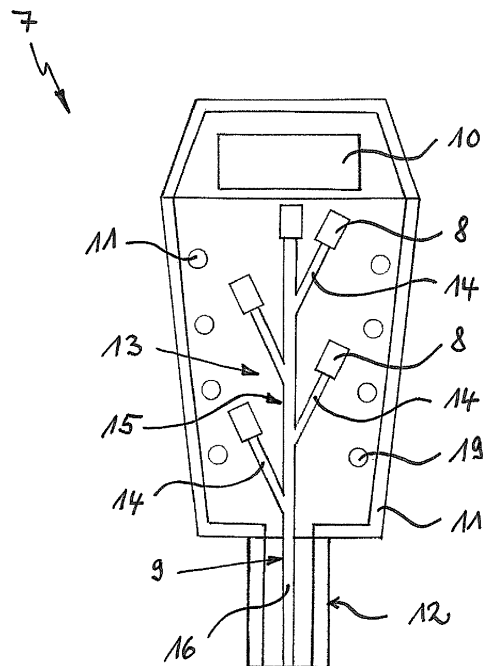


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Mikrowellenpulszündgenerator zum Auslösen der Verbrennung eines zündfähigen Treibstoff-Luft-Gemisches in einem Brennraum eines Motors, mit mindestens einer außerhalb des Brennraumes angeordneten pulsaren Mikrowellenquelle und einer von der mindestens einen Mikrowellenquelle zum Brennraum führenden Mikrowellenhohlleitung, und mit einer Pulsgeneratorsteuerung für die mindestens eine Mikrowellenquelle, mit der zumindest die Wellenlänge, die Impulsdauer, der Impulsabstand, die Impulsamplitude und/oder die Modulation der Mikrowellenstrahlung einstellbar ist.

[0002] Im Stand der Technik sind Zündsysteme für Verbrennungsmotoren bekannt, die die zum Auslösen der Verbrennung eines Treibstoff-Luft-Gemisches in einem Brennraum des Motors notwendige Initialenergie basierend auf hochspannungsinduzierten Zündfunken zuführen. Aus dem Stand der Technik sind auch Zündeinrichtungen für Brennkraftmaschinen bekannt, bei der die zum Zünden der Explosion des Treibstoff-Luft-Gemisches benötigte Initialenergie mittels hochfrequenter Energiewellen, insbesondere Mikrowellen, zugeführt wird.

[0003] Aufgrund immer strengerer gesetzlicher Normen für die Abgasemission und der zunehmenden Forderung nach geringerem Treibstoffverbrauch von Motoren, stellt die Verbesserung des Wirkungsgrades von Brennkraftmaschinen einen wichtigen Aspekt bei der Motorenentwicklung dar. Diese Ziele zu erreichen, ist nur durch den Einsatz der Mikrowellenzündung möglich, mit der die räumliche Ausdehnung, die freigesetzte Energie und die Dauer der Zündung gegenüber der herkömmlichen Zündkerze deutlich vergrößert werden, so dass eine homogenere und vollständigere Verbrennung möglich ist. Zum Stand der Technik der Mikrowellenzündung wird beispielhaft auf die Druckschrift DE 103 56 916 A1 verwiesen.

[0004] Aus der DE 103 56 916 A1 ist es bekannt, in einem Brennraum eines Verbrennungsmotors mittels Mikrowellenenergie eine Raumzündung zu bewirken, um damit die Verbrennung des über ein Treibstoff-Luft-Gemisch eingebrachten Treibstoffes besser zu zünden und zu verbrennen. Die bekannte Vorrichtung zum Zünden der Verbrennung des Treibstoffes in dem Brennraum weist eine außerhalb des Brennraumes angeordnete Mikrowellenquelle und ein mit der Mikrowellenquelle verbundenes Mikrowellenfenster auf, wobei über das Mikrowellenfenster die Mikrowellenstrahlung in den Verbrennungsraum einkoppelbar ist, so dass die eingekoppelte Mikrowellenstrahlung von dem im Verbrennungsraum verteilten Kraftstoff absorbierbar ist. Durch den aufgrund der Absorption entstehenden Energieeintrag in den Kraftstoff ist die Verbrennung großvolumig im Verbrennungsraum verteilt und im Wesentlichen gleichzeitig zündbar. Dazu wird die Mikrowellenstrahlung in Form von einem oder mehreren Mikrowellenimpulsen kurzer Zeitdauer und hoher Energie eingekoppelt, und zwar mit

einer Leistung der Mikrowellenimpulse zwischen 1 und 70 kW, wobei für den Zündvorgang vorzugsweise mehrere Mikrowellenimpulse mit unterschiedlicher Leistung und/oder unterschiedlicher Impulsdauer verwendet werden. Diese Mikrowellenzündvorrichtung umfasst eine einzige Mikrowellenquelle pro Brennraum, die durch ein gesteuertes Impuls-Hochspannungsnetzteil betreibbar ist. Als Mikrowellenquelle ist beispielsweise ein Magnetron, Klystron, Gyrotron, eine Wanderfeldröhre oder dergleichen vorgesehen. Diese benötigen ein aufwändiges Impuls-Hochspannungsnetzteil, um die bei Kraftfahrzeugen übliche Bordspannung von 12 oder 24 V in die Betriebsspannung für die Mikrowellenquelle umzuwandeln. Außerdem sind die zugeordneten Mikrowellenquellen von großer Bauform und zudem schwer, technisch empfindlich und teuer.

[0005] Ausgehend von dem vorgehend genannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Möglichkeit vorzuschlagen, bei mindestens gleicher Zündleistung der Mikrowellenimpulse, die Größe, das Gewicht und/oder die Zuverlässigkeit der Mikrowellenzündvorrichtung zu optimieren, d.h. insbesondere die nötigen Komponenten in einem Gehäuse bereitzustellen, das einfach an einer den Brennraum seitlich umgebenden Zylinderwand oder an einem dem Brennraum oben abschließenden Zylinderkopf einfach befestigbar ist, wobei gleichzeitig die Mikrowellenhohlleitung mit der Brennraum gekoppelt wird. Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde, einen Verbrennungsmotor mit einer entsprechend optimierten Mikrowellenzündanlage zu schaffen.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Mikrowellenpulszündgenerator mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 sowie durch einen Verbrennungsmotor mit den Merkmalen des nebengeordneten Patentanspruchs 15 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den rückbezogenen Patentansprüchen zu entnehmen.

[0007] Erfindungsgemäß weist der Mikrowellenpulszündgenerator mindestens zwei Mikrowellenquellen und mindestens einen Hohlleitungskoppelabschnitt in der Mikrowellenhohlleitung auf, wobei von den Mikrowellenquellen jeweils Mikrowellenzuleitungen zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt führen und der Hohlleitungskoppelabschnitt über eine Mikrowellenableitung mit dem Brennraum verbindbar ist. Die Mikrowellenzuleitungen, der Hohlleitungskoppelabschnitt und die Mikrowellenableitung sind innen hohl ausgebildet. Die Zündleistung der erfindungsgemäßen Mikrowellenpulszündgenerators ist abhängig von der Anzahl der verwendeten Mikrowellenquellen und von der Stärke der gepulsten Versorgungsspannung die die Mikrowellensteuerung für den Betrieb der Mikrowellenquellen zur Verfügung stellt. Der vorgesehene Hohlleitungskoppelabschnitt ermöglicht das Zusammenführen, d.h. das Bündeln der jeweils von den Mikrowellenquellen ausgehenden Mikrowellen ohne erhebliche Leistungseinbuße.

[0008] Somit kann eine große und schwere Mikrowel-

lenquelle auf einfache Weise durch eine Anzahl von kleineren Mikrowellenquellen ersetzt werden, wobei die Zündleistung des Mikrowellenpulszündgenerators vorteilhafterweise unverändert bleibt oder auch gesteigert werden kann. Insbesondere können die kleineren Mikrowellenquellen in ihrer Größe und Anzahl so gewählt und zueinander angeordnet werden, dass die Baugröße und das Gesamtgewicht des Mikrowellenpulszündgenerators gegenüber einer einzigen starken Mikrowellenquelle deutlich reduzierbar ist. Zudem benötigen kleinere und damit strahlungsschwächere Mikrowellenquellen in der Regel auch eine reduzierte Betriebsspannung, sodass die Pulsgeneratorsteuerung entsprechend schwächer, leichter und damit auch kleiner ausgeführt werden können.

[0009] Vorzugsweise sind die zwei oder mehr Mikrowellenquellen des erfindungsgemäßen Mikrowellenpulszündgenerators direkt mit dem Hohlleitungskoppelabschnitt verbunden, von dem aus die Mikrowellenableitung zum Brennraum führt, wobei die Mikrowellenzuleitungen geradlinig und/oder gebogen verlaufen können. Die Erfindung schließt jedoch auch ein, dass bei einer größeren Anzahl von verwendeten Mikrowellenquellen diese indirekt zu dem mit dem Brennraum verbundenen Hohlleitungskoppelabschnitt geführt sind, d.h. die Mikrowellenstrahlung von mindestens zwei der vorgesehenen Mikrowellenquellen stromaufwärts dieses Hohlleitungskoppelabschnitts, der die zum Brennraum führende Mikrowellenableitung aufweist, über mindestens einen weiteren vorgeschalteten Hohlleitungskoppelabschnitt zusammengeführt und erst dann mit dem die Mikrowellenableitung aufweisenden Hohlleitungskoppelabschnitt verbunden sind.

[0010] Vorzugsweise handelt es sich bei den verwendeten Mikrowellenquellen um Halbleiteremitter. Derartige Halbleitermikrowellenquellen sind üblicherweise klein, leicht, einfach handhabbar, störunempfindlich und einfach steuerbar. Sie benötigen außerdem kein aufwändige Steuerung, da diese mit relativ kleiner Gleichspannung, insbesondere mit der Batteriespannung betreibbar sind. Zudem sind solche Halbleiteremitter in der Beschaffung und in der Bearbeitung kostengünstig.

[0011] Der Hohlleitungskoppelabschnitt kann sich in räumlich beliebiger Richtung und in beliebiger Form erstrecken. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verläuft der Hohlleitungskoppelabschnitt gerade, wobei die Mikrowellenzuleitungen in den Hohlleitungskoppelabschnitt seitlich einmünden, an dem die Mikrowellenableitung austrittsseitig anschließt. Dabei kann die Mikrowellenableitung, die zum Brennraum des Motors führt, geradlinig, gebogen oder geschwungen verlaufen.

[0012] Vorzugsweise münden die Mikrowellenzuleitungen in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung in den Hohlleitungskoppelabschnitte versetzt zueinander. Der Versatz ist dabei günstigerweise derart gewählt, dass sich die Mikrowellen aus den verschiedenen Mikrowellenzuleitungen nach dem Eintritt in den Hohlleitungs-

koppelabschnitt nicht oder möglichst kaum gegenseitig so beeinflussen, dass daraus eine Minderung der Intensität der jeweiligen Mikrowellenstrahlung resultiert. Bevorzugt wird der Versatz derart ausgebildet, dass sich im Hohlleitungskoppelabschnitt eine Verstärkung der Intensität der Mikrowellenstrahlung ergibt, die durch die Mikrowellenableitung abgeleitet wird. Dabei erstreckt sich die Mikrowellenableitung vorzugsweise geradlinig zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt, d.h. die Mikrowellenableitung schließt konzentrisch angeordnet direkt an den Hohlleitungskoppelabschnitt an.

[0013] Bei einer favorisierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mikrowellenpulszündgenerators mündet eine oder mehrere der Mikrowellenzuleitungen in einem spitzen Winkel in den Hohlleitungskoppelabschnitt. Bei einer Ausführungsform der Erfindung mündet zudem eine der Mikrowellenzuleitungen axial fluchtend in den Hohlleitungskoppelabschnitt. Die koaxial fluchtende Anreihung einer der Mikrowellenzuleitung an den geradlinig verlaufenden Hohlleitungskoppelabschnitt vereinfacht den Eintritt der Mikrowellenstrahlung der zugeordneten Mikrowellenquelle in den Hohlleitungskoppelabschnitt. Vorteilhafterweise werden dabei die Mikrowellen nicht in ihrer Ausbreitungsrichtung, Polarisierung und/oder Intensität, beispielsweise durch Umlenkung oder Streuung, verändert. Bei den seitlich in den geradlinig verlaufenden Hohlleitungskoppelabschnitt mündenden Mikrowellenzuleitungen ist der spitze Winkel zwischen der Mittelachse der jeweiligen Mikrowellenzuleitung und der Mittelachse des Hohlleitungskoppelabschnittes derart definiert, dass die Mikrowellenstrahlung in Richtung der Mikrowellenableitung in den Hohlleitungskoppelabschnitt eintritt. Der spitze Eintrittswinkel in den Hohlleitungskoppelabschnitt ist vorzugsweise bei allen Mikrowellenzuleitungen identisch vorgesehen. Die eintretende Mikrowellenstrahlung wird so nur geringfügig in der jeweiligen Ausbreitungsrichtung verändert, was dazu führt, dass die Phasenbeziehung der seitlich eintretenden Mikrowellen zueinander im Wesentlichen erhalten bleibt. Insbesondere haben alle seitlich eintretenden Mikrowellen bezüglich den stirnseitig in den Hohlleitungskoppelabschnitt eintretenden Mikrowellen und zueinander die gleiche Phasenbeziehung vor und nach dem Eintritt in den Hohlleitungskoppelabschnitt.

[0014] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist an einem Übergang der Mikrowellenzuleitungen zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt jeweils ein Mikrowelleneintritt und an einem Übergang des Hohlleitungskoppelabschnitts zu der Mikrowellenableitung nur ein Mikrowellenaustritt angeordnet. Die Mikrowelleneintritte und/oder der Mikrowellenaustritt können als einfache Öffnungen ausgeführt oder mittels eines Fensters verschlossen sein, das optische Mittel, beispielsweise zur Strahlformung, Strahllenkung oder Strahlpolarisierung aufweist.

[0015] In dem Hohlleitungskoppelabschnitt überlagern sich die Mikrowellen der vorgesehenen Mikrowellenquellen, die sich insbesondere vorzugsweise zeitlich

und/oder räumlich kohärent einander gegenüber ausbreiten, zu einer verstärkten Mikrowellenstrahlung, die in die Mikrowellenableitung des Hohlleitungskoppelabschnitts eintritt und zur Zündung des Treibstoff-Luft-Gemisches in den Brennraum eingekoppelt wird. Damit ist bei der Interferenz der in den Hohlleitungskoppelabschnitt eingetretenen Mikrowellen nicht zu einer totalen oder teilweise Auslöschung der Mikrowellenstrahlung kommt, muss dafür Sorge getragen werden, dass die in den Hohlleitungskoppelabschnitt eintretenden Mikrowellen entweder unterschiedliche Polarisationsrichtungen und/oder keinen allzu großen Phasenversatz aufweisen. Unterschiedliche Polarisationsrichtungen können beispielsweise durch an den Mikrowelleneintritten vorgesehene Polarisationsfilter erreicht werden. Derartige Filter sind teuer und reduzieren naturgemäß die Strahlungsintensität der hindurchtretenden Mikrowellen, was unvorteilhaft ist.

[0016] Daher ist bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ein Phasenversatz von typisch 360° nach dem Durchtritt durch die Mikrowelleneintritte in den Hohlleitungskoppelabschnitt vorgesehen. Dies lässt sich technisch besonders einfach und kostengünstig erreichen, da dabei in der Pulsgeneratorsteuerung kein Frequenzmodulator zur Modulation der Mikrowellen notwendig ist. Bedingt durch diesen speziellen Phasenversatz sind die Wellenberge und die Wellentäler der jeweiligen Mikrowellen im Wesentlichen deckungsgleich, so dass sich durch die Interferenz automatisch eine Verstärkung der Mikrowellenstrahlung bis hin zu der Mikrowellenableitung ergibt. Dazu sind die Mikrowelleneintritte entlang den Hohlleitungskoppelabschnitt vorzugsweise in einem Abstand zueinander angeordnet, der ein ganzes Vielfaches der Wellenlänge der unmodulierten Mikrowellenstrahlung beträgt. Da es sich bei den Mikrowellen vorzugsweise um Millimeter- oder Zentimeterwellen handelt, können die entsprechenden Abstände der Mikrowelleneintritte zueinander einfach realisiert werden. Der jeweilige Abstand ist die Entfernung der Mittelachse der Mikrowelleneintritte zueinander. Zusätzlich kann noch eine Übermodulation über die Frequenz der Mikrowellen vorgesehen sein, die eine mögliche teilweise Auslöschung der Mikrowellenstrahlung reduziert.

[0017] Bei bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Mikrowellenzündpulsgenerators weist die Pulsgeneratorsteuerung einen Elektrolytleistungskondensator als Energiespeicher und/oder mindestens einen EMV-Filter auf, wobei die Pulsgeneratorsteuerung vorzugsweise mit einer Betriebsspannung von 12 V oder einem ganzzahligen Vielfachen davon betreibbar ist. Durch den Elektrolytleistungskondensator ist eine ausreichende Energieversorgung der gepulsten Mikrowellenquelle sichergestellt. Der mindestens eine EMV-Filter verhindert die Ausstrahlung von Störimpulsen durch die Pulsgeneratorsteuerung und/oder Mikrowellenquellen zuverlässig oder vermindert diese zumindest wesentlich. Indem die Pulsgeneratorsteuerung mit einer bei Kraftfahrzeugen üblichen Betriebsspannung betreibbar ist, ist

der erfindungsgemäße Mikrowellenzündpulsgenerators speziell zum Einsatz von motorangetriebenen Fortbewegungsmitteln geeignet.

[0018] Bei einer speziellen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Mikrowellenquellen, die Mikrowellenzuleitungen, der Hohlleitungskoppelabschnitt, die Mikrowellenableitung und die Pulsgeneratorsteuerung gemeinsam in einem metallischen gut Wärme leitenden Generatorgehäuse angeordnet, wobei die Mikrowellenzuleitungen, der Hohlleitungskoppelabschnitt und die Mikrowellenableitung vorzugsweise integral mit dem Generatorgehäuse ausgebildet sind. Dadurch wird eine besonders kompakte Bauform des vorgeschlagenen Mikrowellenzündpulsgenerators geschaffen, die durch ihren geringen Raumbedarf in jedem Fortbewegungsmittel an dem Verbrennungsmotor nahe dem Brennraum anordenbar ist. Vorzugsweise weist das Generatorgehäuse zudem noch integrierte Kühlkanäle durch Durchleitung eines Kühlmittels auf. Damit können die empfindlichen Komponenten des erfindungsgemäßen Mikrowellenzündpulsgenerators, wie beispielsweise die Mikrowellenquellen und die Pulsgeneratorsteuerung für eine lange Lebensdauer hinreichend temperiert, d.h. gekühlt werden. Das Generatorgehäuse ist beispielsweise ein Druckgussteil, das vorzugsweise aus Aluminium hergestellt ist.

[0019] Bei einer bevorzugten Ausführungsform besitzt das Generatorgehäuse einen Anschlussflansch zum Befestigen an einem Zylinderkopf oder einer Zylinderwandung des Verbrennungsmotors, die den Brennraum abschließen, wobei der Anschlussflansch vorzugsweise rund ausgebildet und ein Gewinde und/oder eine Bajonettverriegelung aufweist. Der Anschlussflansch mit den daran vorgesehenen Befestigungsmitteln ermöglicht eine schnelle und einfache Befestigung außen an dem Verbrennungsmotor. Der vorgesehene Anschlussflansch kann auch abweichend ausgebildet sein, wobei in jedem Fall geeignete Verbindungsmittel zum Motor vorhanden sind.

[0020] Der erfindungsgemäße Verbrennungsmotor mit mindestens einem Brennraum zur Verbrennung eines Treibstoff-Luft-Gemisches und mit einem Mikrowellenzündsystem zum Zünden der Verbrennung des Treibstoff-Luft-Gemisches weist einen Mikrowellenzündgenerator, wie vorstehend beschrieben, als Mikrowellenzündsystem auf. In den Begriff Treibstoff-Luft-Gemisch auch ein Treibstoff-Sauerstoff-Gemisch eingeschlossen, da der wesentliche Bestandteil von Luft für die Verbrennung der dazu notwendige Sauerstoff ist. Der Treibstoff ist flüssiger oder gasförmiger Brennstoff hoher Energiedichte, dessen die chemische Energie durch Verbrennung in Verbrennungskraftmaschinen, wie beispielsweise in Benzin- oder Dieselmotoren, Gasturbinen, Raketentriebwerken oder anderen Verbrennungsmotoren in Antriebskraft umgewandelt wird. Derartige motorische Antriebe können zum Antrieb von Fortbewegungsmitteln jeglicher Art oder zu stationären Einsatz zum Betrieb von beliebigen ortsfesten mechanischen Geräten vorgese-

hen sein. Mögliche Bauformen des erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors sind Hubkolbenmotoren, Rotationskolbenmotoren oder Turbinenmotoren. Als Treibstoff wird in diesem Zusammenhang entsprechend insbesondere ein Stoff verstanden, der zum Antrieb eines Fortbewegungsmittels oder zum Betrieb einer stationären Maschine verwendet wird. Besonders gängig ist der Begriff Treibstoff im Bereich der Schiff-, Luft- und Raumfahrt. Dieser schließt den für Landfahrzeuge üblichen Begriff Kraftstoff ein.

[0021] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung des Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Ansprüchen und den beigefügten Figuren. Die einzelnen Merkmale der Erfindung können für sich allein oder zu mehreren bei unterschiedlichen Ausführungsformen der Erfindung verwirklicht sein. Es zeigen:

Figur 1 den Aufbau eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors mit einem Mikrowellenpulszündgenerator pro Brennraum, in schematischer Darstellung;

Figur 2 den Mikrowellenpulszündgenerator mit Hohlleitungskoppelabschnitt aus Figur 1 in einer vergrößerten Schnittdarstellung; und

Figur 3 den Hohlleitungskoppelabschnitt aus Figur 2 in einer vergrößerten Ausschnittdarstellung.

[0022] Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau eines als Hubkolbenmotor ausgeführten erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors 1. Es ist nur ein einzelner Zylinder 2 des Verbrennungsmotors 1 abgebildet. Der Zylinder 2 weist wie üblich einen Brennraum 3 auf, der von einem beweglichen Hubkolben 4, einer Zylinderwandung 5 und einem Zylinderkopf 6 begrenzt ist. An dem Zylinderkopf 6 ist mittig ein erfindungsgemäßer Mikrowellenpulszündgenerator 7 angeordnet. Dieser ist zum Auslösen der Verbrennung eines zündfähigen Treibstoff-Luft-Gemisches in dem Brennraum 3 vorgesehen, das in der Figur nicht abgebildet ist. Der Mikrowellenpulszündgenerator 7 umfasst mindestens zwei Mikrowellenquellen 8, mindestens eine zum Brennraum führende Mikrowellenhohlleitung 9 und eine Pulsgeneratorsteuerung 10 für die mindestens zwei Mikrowellenquellen 8, mit der zumindest die Wellenlänge, die Impulsdauer, der Impulsabstand, die Impulsamplitude und/oder die Modulation der Mikrowellenstrahlung einstellbar ist. Die Komponenten des Mikrowellenpulszündgenerators 7 sind in der Figur 1 nur teilweise und unvollständig dargestellt. Die Figur 2 zeigt den Mikrowellenpulszündgenerator 7 in vergrößerter Darstellung, wobei alle wesentlichen Komponenten des Mikrowellenpulszündgenerators 7 vollständig dargestellt sind. Die Mikrowellenquellen 8, die Mikrowellenhohlleitung 9 und die Pulsgeneratorsteuerung 10 sind in einem

Generatorgehäuse 11 angeordnet, das einen runden Anschlussflansch 12 zum Festlegen an dem Zylinderkopf 6 aufweist. Der Anschlussflansch 12 trägt an seinem Außenumfang ein Anschlussgewinde, mit dem der Mikrowellenpulszündgenerator 7 ähnlich einer Zündkerze in ein am Zylinderkopf 6 vorgesehenes Innengewinde einschraubbar ist.

[0023] Der Figur 2 ist zu entnehmen, dass der Mikrowellenpulszündgenerator 7 in seinem Zentrum 13 mehrere Mikrowellenquellen 8 aufweist, die an einen Hohlleitungskoppelabschnitt 15 der Mikrowellenhohlleitung 9 angeschlossen sind, wobei von den Mikrowellenquellen 8 jeweils Mikrowellenzuleitungen 14 zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt 15 führen und an den Hohlleitungskoppelabschnitt 15 austrittsseitig eine Mikrowellenableitung 16 anschließt, die mit dem Brennraum 3 verbindbar bzw. verbunden ist. Zu der Pulsgeneratorsteuerung 10 führen von außen elektrische Anschlussleitungen und von der Pulsgeneratorsteuerung 10 zu den Mikrowellenquellen 8 jeweils elektrische Verbindungsleitungen, die in der Figur 2 nicht sichtbar sind. Der dargestellte Hohlleitungskoppelabschnitt 15 verläuft gerade, wobei alle Mikrowellenzuleitungen 14 bis auf eine in den Hohlleitungskoppelabschnitt 15 seitlich münden, an den die Mikrowellenableitung 16 austrittsseitig zentrisch anschließt. Die Mikrowellenableitung 16 erstreckt sich geradlinig zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt 15 und führt kurvenlos zu dem Brennraum 3 des Zylinders 2.

[0024] Wie der Figur 3 deutlich zeigt, verlaufen die seitlich in den Hohlleitungskoppelabschnitt 15 mündenden Mikrowellenzuleitungen 14 in einem spitzen Winkel zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt 15 und münden entsprechend in den Hohlleitungskoppelabschnitt 15. Des Weiteren mündet eine der Mikrowellenzuleitungen 14 axial fluchtend an dem der Mikrowellenableitung 16 fernen Ende in den Hohlleitungskoppelabschnitt 15. An den dem Hohlleitungskoppelabschnitt 15 fernen Enden der Mikrowellenzuleitungen 14 ist jeweils eine Mikrowellenquelle 8 angeordnet. Die Mikrowellenzuleitungen 14, der Hohlleitungskoppelabschnitt 15 und die Mikrowellenableitung 16 bilden die Mikrowellenhohlleitung 9 des Mikrowellenpulszündgenerators 7. Diese ist innen sehr glatt und vorzugsweise poliert ausgebildet ist.

[0025] An einem Übergang der Mikrowellenzuleitungen 14 zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt 15 ist jeweils ein Mikrowelleneintritt 17 und an einem Übergang des Hohlleitungskoppelabschnitts 15 zu der Mikrowellenableitung 16 ein einziger Mikrowellenaustritt 18 angeordnet. Die vorgesehenen Mikrowelleneintritte 17 sind entlang dem Hohlleitungskoppelabschnitt 15 gleichmäßig verteilt in einem Abstand zueinander angeordnet, der ein ganzes Vielfaches der Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung beträgt.

[0026] Die in der Figur 2 schematisch dargestellte Pulsgeneratorsteuerung 10 weist einen in der Zeichnung nicht dargestellten Elektrolytleistungskondensator aus Energiespeicher und einen ebenso nicht abgebildeten EMV-Filter auf. Die Pulsgeneratorsteuerung 10 wird mit

einer Betriebsspannung von 12 V betrieben. Das in der Figur 2 vollständig gezeigte Generatorgehäuse 11, in dem die Mikrowellenquellen 8, die Mikrowellenzuleitungen 14, der Hohlleitungskoppelabschnitt 15, die Mikrowellenleitung 16 sowie die Pulsgeneratorsteuerung 10 gemeinsam angeordnet sind, ist aus einem gut Wärme leitenden metallischen Material, vorzugsweise aus Aluminium hergestellt. Dabei sind die vorgesehenen Mikrowellenzuleitungen 14, der Hohlleitungskoppelabschnitt 15 und die Mikrowellenableitung 16 integral mit dem Generatorgehäuse 11, vorzugsweise als Bohrungen ausgebildet. Außerdem sind in dem Generatorgehäuse 11 Kühlkanäle 19 zur Durchleitung eines in der Zeichnung nicht dargestellten Kühlmittels eingebracht.

Patentansprüche

1. Mikrowellenpulszündgenerator (7) zum Auslösen der Verbrennung eines zündfähigen Treibstoff-Luft-Gemisches in einem Brennraum (3) eines Motors (1), mit mindestens einer außerhalb des Brennraumes (3) angeordneten pulsbaaren Mikrowellenquelle (8) und einer von der mindestens einen Mikrowellenquelle (8) zum Brennraum (3) führenden Mikrowellenhohlleitung (9), und mit einer Pulsgeneratorsteuerung (10) für die mindestens eine Mikrowellenquelle (8), mit der zumindest die Wellenlänge, die Impulsdauer, der Impulsabstand, die Impulsamplitude und/oder die Modulation der Mikrowellenstrahlung einstellbar ist, **gekennzeichnet durch** mindestens zwei Mikrowellenquellen (8) und mindestens ein Hohlleitungskoppelabschnitt (15) in der Mikrowellenhohlleitung (9), wobei von den Mikrowellenquellen (8) jeweils Mikrowellenzuleitungen (14) zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt (15) führen und der Hohlleitungskoppelabschnitt (15) über eine Mikrowellenableitung (16) mit dem Brennraum (3) verbindbar ist.
2. Mikrowellenpulszündgenerator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikrowellenquellen (8) Halbleiteremitter sind.
3. Mikrowellenpulszündgenerator nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlleitungskoppelabschnitt (15) gerade verläuft und die Mikrowellenzuleitungen (14) in den Hohlleitungskoppelabschnitt (15), an den die Mikrowellenableitung (16) austrittseitig anschließt, seitlich und stirnseitig münden.
4. Mikrowellenpulszündgenerator nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikrowellenableitung (16) sich geradlinig zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt (15) erstreckt.
5. Mikrowellenpulszündgenerator nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine oder mehrere der Mikrowellenzuleitungen (14) in einem spitzen Winkel in den Hohlleitungskoppelabschnitt (15) münden.
6. Mikrowellenpulszündgenerator nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der Mikrowellenzuleitungen (14) axial fluchtend in den Hohlleitungskoppelabschnitt (15) mündet.
7. Mikrowellenpulszündgenerator nach einem der vorstehenden Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einem Übergang der Mikrowellenzuleitungen (14) zu dem Hohlleitungskoppelabschnitt (15) jeweils ein Mikrowelleneintritt (17) und an einem Übergang des Hohlleitungskoppelabschnitts (15) zu der Mikrowellenableitung (16) ein Mikrowellenaustritt (18) angeordnet ist.
8. Mikrowellenpulszündgenerator nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikrowelleneintritte (17) entlang dem Hohlleitungskoppelabschnitt (13) in einem Abstand zueinander angeordnet sind, der ein ganzes Vielfaches der Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung beträgt.
9. Mikrowellenpulszündgenerator nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pulsgeneratorsteuerung (10) einen Elektrolytkondensator als Energiespeicher und/oder mindestens einen EMV-Filter aufweist.
10. Mikrowellenpulszündgenerator nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pulsgeneratorsteuerung (10) mit einer Betriebsspannung von 12 Volt oder einem ganzzahligen Vielfachen davon betreibbar ist.
11. Mikrowellenpulszündgenerator nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikrowellenquellen (8), die Mikrowellenzuleitungen (14), der Hohlleitungskoppelabschnitt (15), die Mikrowellenableitung (16) und die Pulsgeneratorsteuerung (10) gemeinsam in einem metallischen gut Wärme leitenden Generatorgehäuse (11) angeordnet sind, wobei die Mikrowellenzuleitungen (14), der Hohlleitungskoppelabschnitt (15) und die Mikrowellenableitung (16) integral mit dem Generatorgehäuse (11) ausgebildet sind.
12. Mikrowellenpulszündgenerator nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Generatorgehäuse (11) Kühlkanäle (19) zur Durchleitung eines Kühlmittels aufweist.
13. Mikrowellenpulszündgenerator nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Generatorgehäuse (11) einen Anschlussflansch (12)

zum Befestigen an einem Zylinderkopf (6) oder einer Zylinderwandung (5) des Motors (1) aufweist, die den Brennraum (3) begrenzen, wobei der Anschlussflansch (12) vorzugsweise rund ausgebildet ist und ein Gewinde und/oder eine Bajonettverriegelung aufweist. 5

14. Mikrowellenpulszündgenerator nach einem der vorstehenden Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Generatorgehäuse (11) ein Druckgussteil, vorzugsweise aus Aluminium ist. 10

15. Verbrennungsmotor (1), mit mindestens einem Brennraum (3) zur Verbrennung eines Treibstoff-Luft-Gemisches und mit einem Mikrowellenzündsystem zum Zünden der Verbrennung, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mikrowellenzündsystem einen Mikrowellenpulszündgenerator (7) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 14 aufweist. 15
20

25

30

35

40

45

50

55

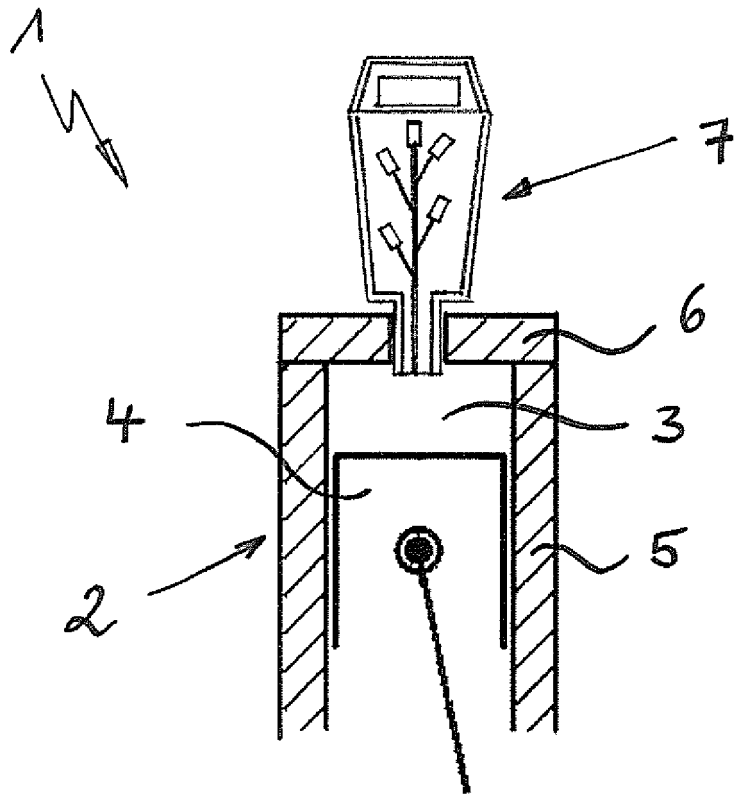


Fig. 1

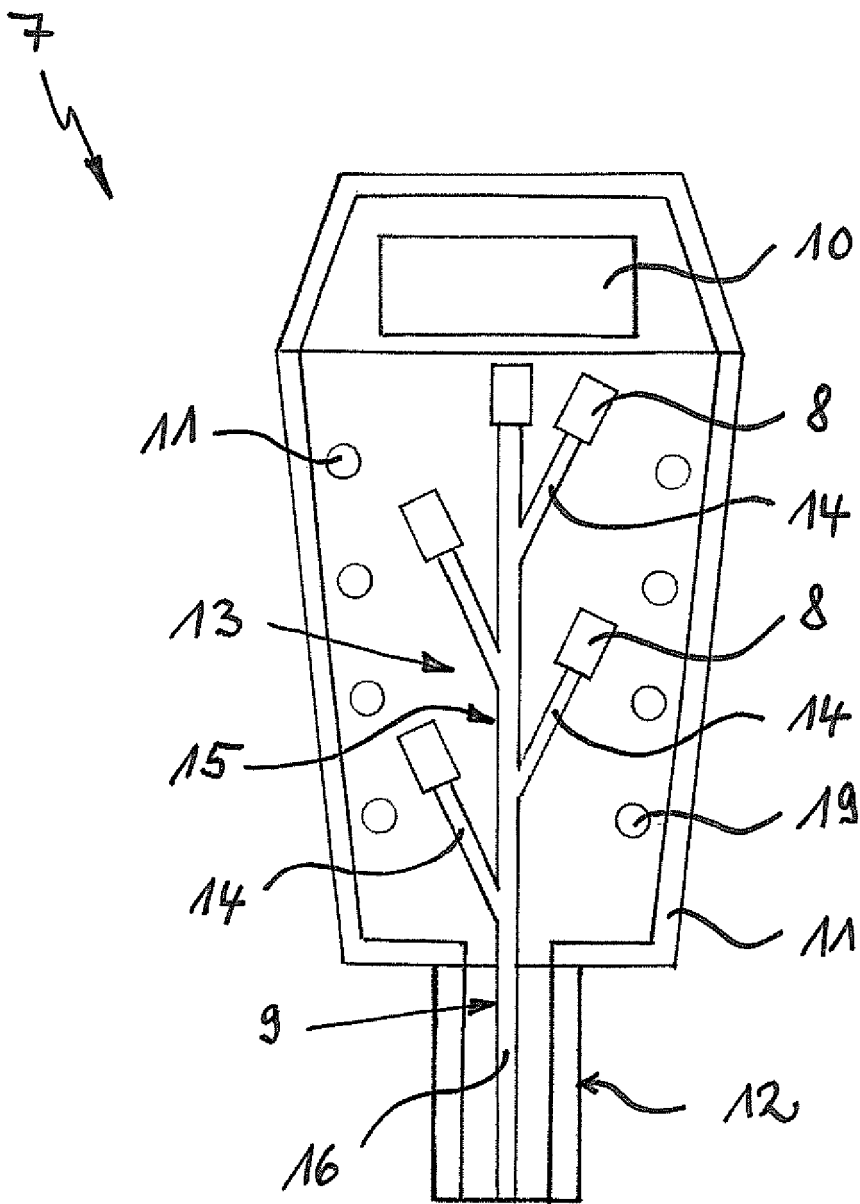


Fig. 2

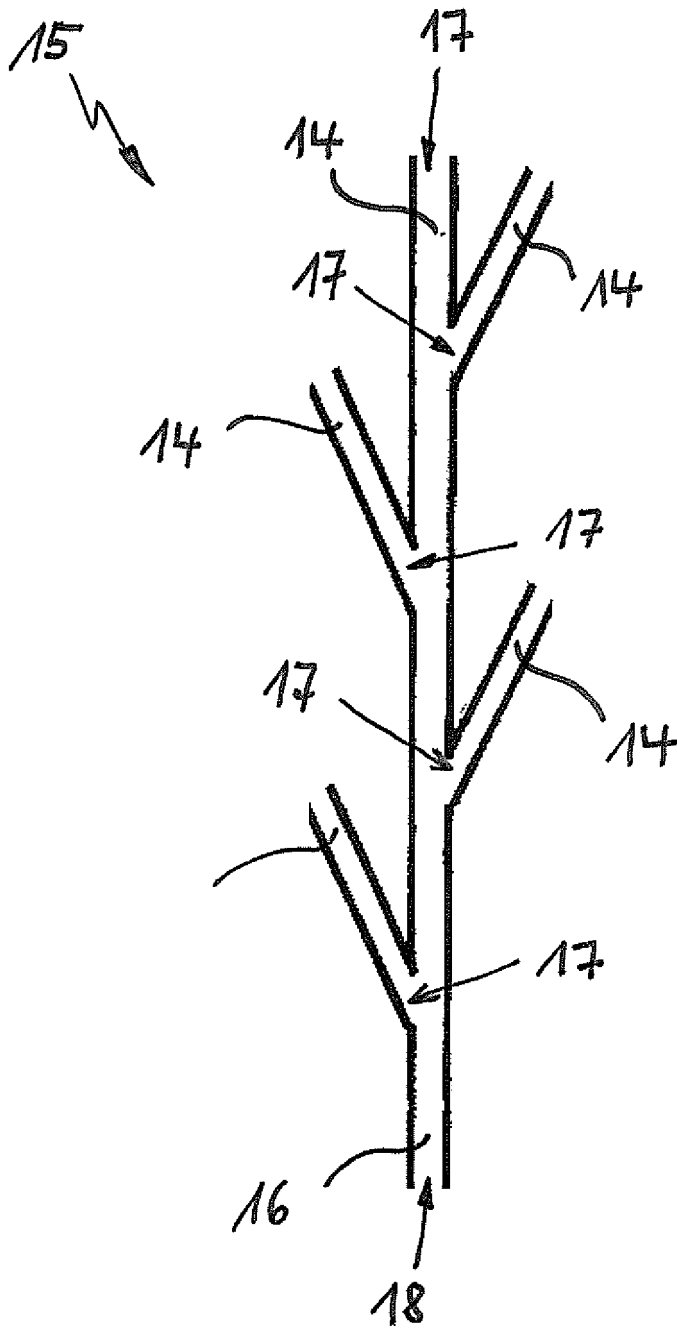


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 17 0029

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	DE 103 56 916 B3 (GALLATZ VOLKER [DE]) 23. Juni 2005 (2005-06-23) * Abbildung 1 *	1-15	INV. F02P23/04 H01T13/44 H01P5/08 H03F3/60
A	DE 10 2011 116340 A1 (BRUEMMER HEINZ [DE]) 25. April 2013 (2013-04-25) * Beschreibung, 5. Punkt; Anspruch 10; Abbildungen *	1-15	
A	CN 102 080 619 B (UNIV TSINGHUA) 23. Mai 2012 (2012-05-23) * Abbildung 1 *	1-15	
A	EP 2 065 592 A1 (IMAGINEERING INC [JP]) 3. Juni 2009 (2009-06-03) * Absätze [0053], [0062], [0091]; Abbildungen 10-14 *	1-15	
A	JP 2014 197834 A (DEIAKKUSU KK) 16. Oktober 2014 (2014-10-16) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-15	
A	DE 23 08 884 A1 (HUGHES AIRCRAFT CO) 13. September 1973 (1973-09-13) * Seite 3; Abbildungen *	1,2	
A	WO 2007/076040 A2 (LEEK PAUL H [US]) 5. Juli 2007 (2007-07-05) * Abbildung 2 *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02P H01T H01P H03F H05H
A	WO 2005/107398 A2 (TELETRONICS INTERNATIONAL INC [US]; HE SHIPING [US]; HANG JIE [US]; GE) 17. November 2005 (2005-11-17) * Abbildung 5 *	13	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. November 2015	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 : 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

50

55

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

EP 15 17 0029

5 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.

03-11-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10356916 B3	23-06-2005	BR PI0417099 A	13-03-2007
		CN 1898468 A	17-01-2007
		DE 10356916 B3	23-06-2005
		EP 1697634 A1	06-09-2006
		JP 2007512477 A	17-05-2007
		KR 20070026336 A	08-03-2007
		US 2007240660 A1	18-10-2007
		WO 2005059356 A1	30-06-2005

DE 102011116340 A1	25-04-2013	KEINE	

CN 102080619 B	23-05-2012	KEINE	

EP 2065592 A1	03-06-2009	AU 2006348506 A1	27-03-2008
		BR PI0619662 A2	11-10-2011
		CA 2625789 A1	27-03-2008
		CA 2828176 A1	27-03-2008
		CA 2828290 A1	27-03-2008
		CN 101351638 A	21-01-2009
		CN 102836620 A	26-12-2012
		CN 104763572 A	08-07-2015
		EP 2065592 A1	03-06-2009
		KR 20090055515 A	02-06-2009
		KR 20130019015 A	25-02-2013
		US 9151265 B1	06-10-2015
		US 2009229581 A1	17-09-2009
		US 2012012077 A1	19-01-2012
		US 2012013254 A1	19-01-2012
		US 2012293071 A1	22-11-2012
		US 2013336849 A1	19-12-2013
		WO 2008035448 A1	27-03-2008

JP 2014197834 A	16-10-2014	KEINE	

DE 2308884 A1	13-09-1973	DE 2308884 A1	13-09-1973
		US 3733560 A	15-05-1973

WO 2007076040 A2	05-07-2007	US 2010231144 A1	16-09-2010
		WO 2007076040 A2	05-07-2007

WO 2005107398 A2	17-11-2005	US 2006063508 A1	23-03-2006
		WO 2005107398 A2	17-11-2005

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

- DE 10356916 A1 [0003] [0004]