



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**12.07.2006 Patentblatt 2006/28**

(51) Int Cl.:  
**F02N 17/00<sup>(2006.01)</sup> F02N 17/08<sup>(2006.01)</sup>**  
**F02N 11/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **05100082.6**

(22) Anmeldetag: **10.01.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR LV MK YU**

(72) Erfinder: **Kramer, Ulrich**  
**51427 Bergisch Gladbach (DE)**

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten et al**  
**Ford-Werke Aktiengesellschaft,**  
**Patentabteilung NH/DRP,**  
**Henry-Ford-Strasse 1**  
**50725 Köln (DE)**

(71) Anmelder: **Ford Global Technologies, LLC, A subsidiary of Ford Motor Company Dearborn, MI 48126 (US)**

(54) **Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine**

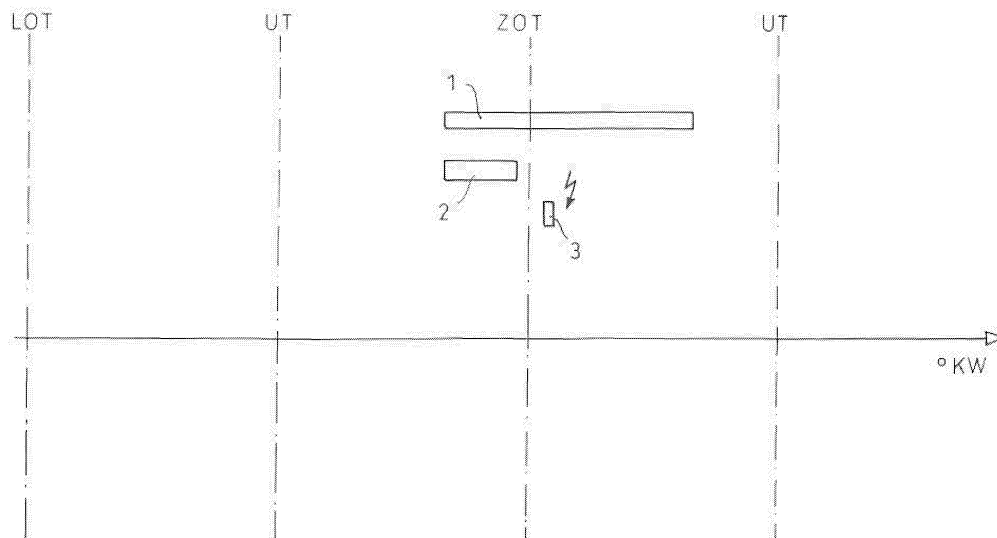
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer mit einer Motorsteuerung ausgestatteten direkt-einspritzenden Brennkraftmaschine mit n Zylindern, in denen n Kolben zwischen einem oberen Totpunkt (OT) und einem unteren Totpunkt (UT) oszillieren, und einer Kurbelwelle.

Es soll ein Verfahren der oben genannten Art aufgezeigt werden, mit dem die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden, wobei insbesondere eine Verkürzung der Startzeiten erreicht werden soll.

Erreicht wird dies durch ein Verfahren der oben genannten Art, das dadurch gekennzeichnet ist, daß

- ausgehend von einer der Motorsteuerung bekannten Stopp-Position der Kurbelwelle,
- zum Starten der Brennkraftmaschine eine Startvorrichtung aktiviert wird, mit der die Kurbelwelle in Drehung versetzt wird, und
- bei noch stillstehender Kurbelwelle mindestens in einen Zylinder, der sich in der Kompressionsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt wird und das sich in diesem mindestens einen Zylinder befindliche Kraftstoff-LuftGemisch gezündet wird, wodurch die Startvorrichtung unterstützt wird.

Fig.1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer mit einer Motorsteuerung ausgestatteten direkt einspritzenden Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle und n Zylindern, in denen n Kolben zwischen einem oberen Totpunkt (OT) und einem unteren Totpunkt (UT) oszillieren.

**[0002]** Aufgrund der begrenzten Ressourcen an fossilen Energieträgern, insbesondere aufgrund der begrenzten Vorkommen an Mineralöl als Rohstoff für die Gewinnung von Brennstoffen für den Betrieb von Verbrennungskraftmaschinen, ist man bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren ständig bemüht, den Kraftstoffverbrauch zu minimieren. Dabei steht einerseits die verbesserte d.h. effektivere Verbrennung im Vordergrund der Bemühungen. Andererseits können aber auch bestimmte Strategien im Hinblick auf den grundsätzlichen Betrieb der Brennkraftmaschine zielführend sein.

**[0003]** Ein Konzept zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs eines Fahrzeuges besteht beispielsweise darin, die Brennkraftmaschine - statt sie im Leerlauf weiter zu betreiben - abzuschalten, wenn kein momentaner Leistungsbedarf besteht. In der Praxis bedeutet dies, daß zumindest bei Fahrzeugstillstand die Brennkraftmaschine ausgeschaltet wird. Ein Anwendungsfall ist der Stop-and-Go-Verkehr, wie er sich beispielsweise im Stau auf Autobahnen und Landstraßen einstellt. Im innerstädtischen Verkehr ist der Stop-and-Go-Verkehr infolge der vorhandenen und nicht aufeinander abgestimmten Ampelanlagen, nicht mehr die Ausnahme, sondern sogar die Regel. Weitere Anwendungsfälle bieten beschränkte Bahnübergänge und dergleichen.

**[0004]** Problematisch bei den Konzepten, welche zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs die Brennkraftmaschine bei fehlendem Bedarf abschalten, ist die Notwendigkeit die Brennkraftmaschine wieder zu starten. Probleme bereitet das Neustarten unter anderem, weil bei unkontrolliertem Abstellen der Brennkraftmaschine, die Kurbel- und die Nockenwelle in einer beliebigen und zudem nicht bekannten Stellung zum Stehen kommen. Folglich ist die Position der Kolben in den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine ebenfalls nicht bekannt und dem Zufall überlassen. Diese Informationen sind aber für einen unkomplizierten und möglichst schnellen und damit kraftstoffsparenden Neustart unerlässlich.

**[0005]** Bei einer Brennkraftmaschine, die mit einer elektronisch geregelten Zündung und/oder einer elektronisch geregelten Einspritzung ausgestattet ist, liefern an der Kurbelwelle und/oder der Nockenwelle angeordnete Marker Signale über die Kurbelwinkelstellung an mit der Motorsteuerung verbundene Sensoren zur Steuerung des Zünd- und des Einspritzzeitpunktes. Zur Generierung dieser Signale ist es aber zunächst erforderlich, die Kurbelwelle in Drehung zu versetzen. Direkt zu Beginn eines Starts besteht im allgemeinen Unklarheit über den richtigen Einspritz- und Zündzeitpunkt, so daß eine Einlaufphase zur Synchronisation der Kurbelwinkelstellung

einerseits und der Motorbetriebsparameter andererseits erforderlich wird.

**[0006]** Die Kenntnis der Stellung der einzelnen Zylinder d. h. die Kenntnis der Stellung der einzelnen Kolben einer Brennkraftmaschine ist erforderlich, damit die Einspritzung des Kraftstoffes und die Einleitung der Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches in den einzelnen Zylindern gezielt d.h. bei definierten Kurbelwellenwinkeln erfolgen kann, um so eine optimale Verbrennung mit einem möglichst geringen Kraftstoffverbrauch und möglichst geringen Emissionen zu gewährleisten. Des Weiteren ist eine gezielte Einspritzung und Zündung notwendig, um die Selbstzündung von Gemischanteilen - das sogenannte Klopfen - zu verhindern und einen möglichst runden d.h. gleichförmigen Lauf der Brennkraftmaschine sicherzustellen, der sich durch ein Minimum an Dreherschwingungen der Kurbelwelle und damit durch ein Minimum an Drehzahlschwankungen auszeichnet. Die Aufgabe, die Einspritzung und Zündung zu steuern, übernimmt in der Regel eine Motorsteuerung.

**[0007]** Nach dem Stand der Technik wird die Stellung der einzelnen Zylinder einer Brennkraftmaschine mittels Nockenwellensensor und Kurbelwellensensor, der auch als Kurbelwinkelgeber bezeichnet wird, bestimmt.

**[0008]** Der ortsfeste, an der Brennkraftmaschine angeordnete Kurbelwellensensor greift dabei Signale von einem Ring oder Zahnkranz ab, der mit der Kurbelwelle umläuft und beispielsweise am Schwungrad vorgesehen werden kann. Das vom Kurbelwellensensor erzeugte Signal wird von der Motorsteuerung zur Berechnung der Drehzahl und der Winkelstellung der Kurbelwelle benötigt. Diese Daten benötigt die Motorsteuerung für die Berechnung der Zündeneinstellung, der Kraftstoffeinspritzung und der Kraftstoffmenge unter sämtlichen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine, wobei die Kenntnis der Drehzahl und Winkelstellung der Kurbelwelle die wichtigsten Informationen sind, die mit Hilfe des Kurbelwellensensors generiert werden.

**[0009]** Zwar können die Drehzahl und Winkelposition grundsätzlich auch mittels Nockenwellensensor ermittelt werden. Die Drehzahl soll aber so exakt wie möglich ermittelt werden, um einen einwandfreien und optimalen Betrieb der Brennkraftmaschine zu gewährleisten, weshalb nach dem Stand der Technik hierzu immer noch der Kurbelwellensensor verwendet wird, da die Kurbelwelle mit der doppelten Drehzahl der Nockenwelle umläuft und damit ein Signal mit einer wesentlich höheren Auflösung liefert. Eine höhere Auflösung kann mittels Kurbelwellensensor auch deshalb generiert werden, weil das auf der Kurbelwelle angeordnete Schwungrad aufgrund seines relativ großen Durchmessers eine Vielzahl von Zähnen oder sonstigen Signalgebern aufnehmen kann.

**[0010]** Zudem ist die Kolbenposition mit Hilfe der Auswertung eines Kurbelwellensignals wesentlich genauer als mit Hilfe eines Nockenwellensignals ermittelbar, da die Nockenwelle über einen relativ weichen Antrieb (meist Riemen- oder Kettentrieb) mit der Kurbelwelle zum Zwecke des Antriebs verbunden ist. Daher kann die

Nockenwelle den Bewegungen der Kurbelwelle nicht zeitsynchron folgen. Es kommt zu Abweichungen des Nockenwellensignals relativ zum Kurbelwinkelsignal.

**[0011]** Der Nockenwellensensor wird benötigt, um eine Aussage darüber treffen zu können, ob sich der Zylinder bzw. der Kolben im Verbrennungszyklus - Komprimieren und Expandieren - oder im Ladungswechselzyklus - Ausschieben und Ansaugen - befindet. Der Kurbelwellensensor bestimmt dabei lediglich die Stellung des Kolbens in einem Kurbelwinkelfenster von 360°. Anhand der Informationen des Kurbelwellensensors kann beispielsweise die Aussage getroffen werden, ob der Kolben im oberen Totpunkt (OT) oder im unteren Totpunkt (UT) steht. Da bei einer Vier-Takt-Brennkraftmaschine ein Arbeitsspiel, bestehend aus Komprimieren, Expandieren, Ausschieben und Ansaugen, aber 720° Kurbelwellenwinkel (KWW) umfaßt, ist es erforderlich zu wissen, ob sich ein im oberen Totpunkt (OT) befindlicher Kolben im sogenannten Verbrennungs-OT (VOT) oder im oberen Totpunkt während des Ladungswechsels (LOT) befindet. Diese Information liefert der Nockenwellensensor, so daß im Zusammenspiel von Nockenwellensensor und Kurbelwellensensor die Kolbenposition eindeutig bestimmbar ist.

**[0012]** In der Praxis wird üblicherweise die Stellung nur eines einzelnen Zylinders der Brennkraftmaschinen mittels der genannten Sensoren bestimmt, womit die Stellung der übrigen Zylinder festliegt. Mit der Kenntnis der Stellung eines einzelnen Zylinders kann die Motorsteuerung den Zündzeitpunkt und den Einspritzzeitpunkt dieses einen Zylinders berechnen. Mit den in der Motorsteuerung abgelegten Informationen hinsichtlich der Zündfolge der Brennkraftmaschine ergeben sich dann die Zündzeitpunkte und die Einspritzzeitpunkte der übrigen Zylinder.

**[0013]** Dabei ist zu unterscheiden zwischen den Begriffen Einspritzwinkel und Zündwinkel, die sich an der Stellung der Kurbelwelle orientieren, und den Begriffen Zündzeitpunkt und Einspritzzeitpunkt. Ein Einspritzwinkel könnte beispielsweise 15° KW vor OT sein, wohingegen der Einspritzzeitpunkt dahingehend zu verstehen ist, daß die Motorsteuerung in Kenntnis der Stellung des Kolbens und der Drehzahl den Zeitpunkt berechnet, zu dem eingespritzt wird.

**[0014]** Das Verfahren, welches sich der beiden Sensoren, nämlich des Nockenwellensensors und des Kurbelwellensensors zur Ermittlung der Zylinderstellung bedient, setzt prinzipbedingt voraus, daß die Brennkraftmaschine in Betrieb ist und sich die Nockenwelle und die Kurbelwelle ausreichend schnell drehen, so daß die Sensoren ein Signal an die Motorsteuerung liefern können.

**[0015]** Um den Neustart zu vereinfachen, werden nach dem Stand der Technik verschiedene Konzepte vorgeschlagen.

**[0016]** Die deutsche Offenlegungsschrift DE 42 30 616 schlägt beispielsweise vor, die Winkellage der Kurbelwelle, welche beim Abschalten registriert wird, zu speichern und für den Neustart zu verwenden, so daß die

geeigneten Zündzeitpunkte und Einspritzzeitpunkte unmittelbar zur Verfügung stehen. Sollte beim Neustart diese gespeicherte Information über die letzte Stellung der Zylinder nicht mehr vorliegen, weil sie beispielsweise beim Ausbau der Batterie und der damit fehlenden Stromversorgung der Motorsteuerung verloren gegangen ist, wird nach dem Stand der Technik beim Starten zu einem beliebigen Zeitpunkt eingespritzt und gezündet, wobei die Brennkraftmaschine sich mit Hilfe der Motorsteuerung innerhalb von ein paar Arbeitsspielen auf den gewünschten Betriebspunkt einstellt. Aber selbst bei vorhandener Stromversorgung hat sich in der Praxis gezeigt, daß die Winkelstellung der stillstehenden Kurbelwelle nur sehr ungenau mit den herkömmlichen Sensoren erfaßt werden kann. Probleme bereitet in diesem Zusammenhang, daß sich die Kurbelwelle am Ende des Auslaufvorganges auch rückwärts d. h. entgegen ihrer eigentlichen Laufrichtung drehen kann, da die in einzelnen Zylindern befindlichen komprimierten Gase bestrebt sind, sich zu entspannen.

**[0017]** Andere Lösungsansätze präferieren Verfahren zum kontrollierten Abstellen und Starten der Brennkraftmaschine. Das kontrollierte Abstellen besteht dabei darin, ganz bestimmte Kurbelwinkelpositionen - sogenannte Vorzugspositionen - bewußt beim Abschalten der Brennkraftmaschine anzufahren. Die Endstellung der Kurbelwelle wird dabei nicht mehr dem Zufall überlassen und mehr oder weniger genau registriert, sondern es werden gezielt für den Neustart vorteilhafte Kurbelwinkelstellungen herbeigeführt.

**[0018]** Ein weiterer Nachteil der vorgeschlagenen Strategie, bei der zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs die Brennkraftmaschine bei fehlendem Bedarf abgeschaltet wird, ist die Tatsache, daß sich durch den Stop-and-Go-Betrieb die Anforderungen an die Startvorrichtung erhöhen. Zum einen nimmt die Anzahl der Startvorgänge zu, wenn die Brennkraftmaschine häufiger abgeschaltet wird, was eine entsprechende d. h. den gestiegenen Anforderungen angepaßte robuste Startvorrichtung erfordert. Zum anderen verschlechtert der Startvorgang, der bis zu einer Sekunde beanspruchen kann, die Fahrdynamik und aufgrund der Startgeräusche den Fahrkomfort.

**[0019]** Bei einer herkömmlichen Brennkraftmaschine mit einer konventionellen Startvorrichtung, beispielsweise einem Anlasser oder einem ähnlichen Gerät, das geeignet ist, die Kurbelwelle zwangsweise in Drehung zu versetzen, wie beispielsweise ein Elektromotor, wird zum Starten bzw. Neustarten der Brennkraftmaschine die Startvorrichtung aktiviert und die Kurbelwelle in Drehung versetzt. Dabei wird die Startvorrichtung solange zum zwangsweisen Antrieb der Kurbelwelle herangezogen, bis die Motorsteuerung synchronisiert ist und die Brennkraftmaschine mittels Einspritzung von Kraftstoff und Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches die Drehung der Kurbelwelle ohne Startvorrichtung aufrechterhalten kann.

**[0020]** Während der gesamten Synchronisation und

darüber hinaus bis zum Erreichen der Leerlaufdrehzahl, von ungefähr 700 U/min, infolge der ablaufenden Verbrennungsprozesse in den einzelnen Zylindern bleibt die Startvorrichtung aktiviert. Insbesondere die zeitraubende Synchronisation ist für die langen Startzeiten herkömmlicher Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine verantwortlich.

**[0021]** Um eine Brennkraftmaschine, insbesondere im Hinblick auf den zunehmenden Stop-and-Go-Verkehr, bedarfsgerecht betreiben zu können d. h. bei fehlendem Bedarf ausschalten zu können, ist es somit erforderlich, den Neustart zu vereinfachen d.h. schneller und kraftstoffsparender zu gestalten. Nach dem Stand der Technik werden zur Erreichung dieses Ziels verschiedene Konzepte vorgeschlagen.

**[0022]** Die deutsche Offenlegungsschrift DE 198 08 472 A1 beschreibt ein Verfahren zum Starten einer direkt einspritzenden Brennkraftmaschine, bei dem im Vorfeld der Zündung in einem ersten Verfahrensschritt die Kurbelwelle mittels eines Antriebes mit langsamer Geschwindigkeit in eine Stellung gedreht wird, in der sich der Kolben eines Zylinders im oberen Totpunkt (OT) befindet. Infolge eines nachfolgend eingeleiteten ersten Zündbefehls erfährt die Kurbelwelle eine weitere kleine Drehbewegung, wodurch der Expansionstakt eingeleitet wird. Während der sich anschließenden Expansionsphase wird Kraftstoff in den mindestens einen Zylinder eingespritzt und das sich in dem Zylinder befindliche Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet, wodurch der eigentliche Startvorgang ausgelöst bzw. eingeleitet wird.

**[0023]** Der DE 198 08 472 A1 liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Motorstart aufzuzeigen, das mit einer wesentlich geringeren Stromstärke auskommt. Hintergrund ist, daß das Starten einer Brennkraftmaschine wesentlich höhere Stromstärken erfordert als die normale Fahrt bzw. der normale Betrieb der Brennkraftmaschine, weshalb die Auslegung einer Bord-Batterie als Kompromißlösung beiden Belastungsfällen Rechnung tragen muß.

**[0024]** Das anfängliche Verdrehen der Kurbelwelle und Positionieren eines Kolbens im oberen Totpunkt (OT) soll den Kolben eines Zylinders in eine stabile Position bringen, in der der Kolben weder durch eine sich entspannende Zylinderladung vorwärts getrieben wird noch eine Rückwärtsdrehung infolge der Umkehrung einer unvollständigen und nicht abgeschlossenen Kompression erfolgt.

**[0025]** Davon abweichend schlägt die DE 198 08 472 A1 alternativ ein Verfahren vor, bei dem der Kolben eines Zylinders durch Drehen der Kurbelwelle mittels eines Antriebes in eine Position kurz nach der OT-Stellung gebracht wird.

**[0026]** Die mittels eines Antriebes generierte Drehbewegung der Kurbelwelle zu Beginn des Verfahrens ist nicht vergleichbar mit der durch eine Startvorrichtung initiierten zwangsweisen Drehung der Kurbelwelle, welche schon ein Bestandteil des eigentlichen Startvorganges ist, während das Positionieren des Kolbens gemäß der

DE 198 08 472 A1 lediglich als Startvorbereitung angesehen werden muß.

**[0027]** Bei einer geeigneten Stellung der stillstehenden Kurbelwelle, in der sich ein Kolben bereits im oberen Totpunkt (OT) bzw. kurz nach dem oberen Totpunkt (OT) befindet, ist dann sogar ein Neustart aus dem Stillstand ohne Starter möglich. Dabei wird Kraftstoff direkt in den Brennraum des entsprechenden Zylinders der stillstehenden Brennkraftmaschine eingespritzt und mittels einer Zündkerze gezündet, so daß die Explosion des Luft-Kraftstoffgemisches die Kolben in Bewegung bringt, wodurch die Kurbelwelle in Drehung versetzt wird.

**[0028]** Ein ähnliches Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine beschreibt die deutsche Offenlegungsschrift DE 100 24 438 A1. Auch im Rahmen dieses Verfahrens wird die Kurbelwelle für d. h. vor jedem Startvorgang von einer elektrischen Maschine im Rahmen einer sogenannten Positionierphase in eine Startposition gebracht, wobei diese Startposition dadurch gekennzeichnet ist, daß der Kolben mindestens eines Zylinders in einer Stellung vor dem oberen Totpunkt (OT) gebracht wird.

**[0029]** In der anschließenden Startphase wird in dem mindestens einen Zylinder, der sich in der Kompressionsphase befindet, eine erste Verbrennung mit verringerter Kompression und verringertem Füllgrad ausgelöst, wobei diese Verbrennung das in der Startphase an der Kurbelwelle angreifende Drehmoment der elektrischen Maschine unterstützen soll.

**[0030]** Nachteilig an den beiden beschriebenen Verfahren nach dem Stand der Technik ist, daß vor jedem Startvorgang eine Positionierphase erforderlich ist, in der der Kolben mindestens eines Zylinders in eine für den eigentlichen Startvorgang vorteilhafte bzw. notwendige Stellung gebracht wird. Dieses Positionieren erfordert zusätzliche Zeit und verlängert den Startvorgang erheblich. Wie bereits weiter oben ausgeführt wurde, beeinflusst eine zunehmende Startzeit die Fahrdynamik und den Fahrkomfort in nachteiliger Weise.

**[0031]** Die DE 198 08 472 A1 schlägt aus diesem Grund sogar vor, das Positionieren d. h. das Verdrehen der Kurbelwelle mittels Fernbedienung der Türverriegelung einzuleiten, um so den Zeitverlust, der durch das vor jedem Startvorgang erforderliche Positionieren entsteht, zu umgehen. Prinzipbedingt eignet sich diese Variante nur bei einem Neustart der Brennkraftmaschine nach Verlassen des Fahrzeuges und nicht für den innerstädtischen Stop-and-Go-Verkehr, bei dem eine Vielzahl von Neustarts innerhalb kurzer Zeitspannen erforderlich sind.

**[0032]** Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufzuzeigen, mit dem die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden, wobei insbesondere eine Verkürzung der Startzeiten erreicht werden soll.

**[0033]** Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren

zum Starten einer mit einer Motorsteuerung ausgestatteten direktinspritzenden Brennkraftmaschine mit n Zylindern, in denen n Kolben zwischen einem oberen Totpunkt (OT) und einem unteren Totpunkt (UT) oszillieren, und einer Kurbelwelle, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß

- ausgehend von einer der Motorsteuerung bekannten Stop-Position der Kurbelwelle,
- zum Starten der Brennkraftmaschine eine Startvorrichtung aktiviert wird, mit der die Kurbelwelle in Drehung versetzt wird, und
- bei noch stillstehender Kurbelwelle mindestens in einen Zylinder, der sich in der Kompressionsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt wird und das sich in diesem mindestens einen Zylinder befindliche Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet wird, wodurch die Startvorrichtung unterstützt wird.

**[0034]** Im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auf eine Positionierphase verzichtet. Die Einleitung von die Startvorrichtung unterstützenden Verbrennungsprozessen wird in Form einer Kraftstoffeinspritzung in mindestens einen Zylinder bei noch stillstehender Kurbelwelle vorgenommen.

**[0035]** D. h. die Einspritzung erfolgt bereits vor Aktivierung der Startvorrichtung oder spätestens gleichzeitig mit Aktivierung der Startvorrichtung. Dabei wird ausgehend von einer bekannten Stopp-Position der Kurbelwelle in den Zylinder eingespritzt, der sich in der Kompressionsphase auf dem Weg zum oberen Totpunkt (OT) befindet, wobei - falls sich mehrere Zylinder in der Kompressionsphase befinden - auch in mehr als einen Zylinder eingespritzt werden kann. Vorteilhafterweise wird dies auch getan, weil die im Brennraum jedes Zylinder expandierenden Verbrennungsgase anteilig zu dem von den Gaskräften auf die Kurbelwelle ausgeübten Antriebsdrehmoment beitragen und mit einer zunehmenden Anzahl an Zylindern die Startzeit verkürzt wird.

**[0036]** Der Wegfall der Positionierphase verkürzt den Startvorgang erheblich, wobei mit dem Wegfall des Positionierens auch die zum Positionieren erforderliche Energie eingespart wird, was den Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine verbessert. Erfindungsgemäß unterstützen sich die in den Zylindern initiierten Verbrennungsprozesse und die Startvorrichtung gegenseitig, wobei die beiden Drehmomente, nämlich einerseits das von der Startvorrichtung auf die Kurbelwelle ausgeübte Drehmoment und andererseits das infolge der Verbrennungsvorgänge von den Gaskräften auf die Kurbelwelle ausgeübte Drehmoment, sich zu einem gemeinsamen Antriebsmoment überlagern bzw. addieren.

**[0037]** Das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren ermöglicht einen schnellen und insbesondere kraftstoffsparenden Neustart, wodurch auch die im Rahmen der Startprozedur generierten Schadstoffmengen vermindert werden. In einem günstigen Szenario kann die

Unterstützung des Startvorgangs durch Aufbringung eines externen Drehmoments mittels der Startvorrichtung - beispielsweise einem Anlasser oder einem Starter-Generator - bereits bei oder kurz nach dem erstmaligen Erreichen des oberen Totpunktes (ZOT) beendet werden. Bei einem Vier-Zylinder-Reihenmotor entspricht dies im allgemeinen ungefähr einer Viertel-Umdrehung der Kurbelwelle. Durch die Verkürzung der Startzeit wird die Fahrdynamik und insbesondere der Fahrkomfort aufgrund der geringeren Geräuschemissionen verbessert. Da zu Beginn des Neustarts die Stellung der Kurbelwelle bekannt ist, besteht Klarheit über den richtigen Einspritzzeitpunkt und Zündzeitpunkt, so daß eine Einlaufphase zur Synchronisation der Motorbetriebsparameter nicht bzw. nur in sehr geringem Umfang erforderlich ist. Auf die unterschiedlichen Möglichkeiten des Determinierens der Kurbelwellenstellung zu Startbeginn wird weiter unten im Zusammenhang mit den bevorzugten Ausführungsformen des Verfahrens eingegangen.

**[0038]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich ein Verfahren aufzuzeigen, mit dem die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden, wobei insbesondere eine Verkürzung der Startzeiten erreicht wird.

**[0039]** Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens werden im Zusammenhang mit den Unteransprüchen erörtert.

**[0040]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die bekannte Stop-Position der Kurbelwelle eine vorbestimmbare Position ist, die nach Abschalten der Brennkraftmaschine kontrolliert angefahren wird, indem nach Abschalten der Zündung und/oder der Kraftstoffzufuhr die von der Brennkraftmaschine bis zu ihrem Stillstand abgegebene Energie kontrolliert in der Weise verbraucht wird, daß die Kurbelwelle in dieser vorbestimmbaren Stop-Position angehalten wird.

**[0041]** Diese Ausführungsform des Verfahrens ist vorteilhaft, weil das Anfahren einer vorbestimmbaren Position, insbesondere einer Vorzugsposition, günstig für einen Neustart ist, insbesondere die Startzeit verkürzt und somit maßgeblich zur Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe beiträgt.

**[0042]** Ein derartiges Verfahren gestattet beispielsweise bei Brennkraftmaschinen mit Direktinspritzung sogar ein Starten ohne Startvorrichtung bzw. ohne Aktivierung der Startvorrichtung, wofür lediglich Kraftstoff in die Brennräume der stillstehenden Brennkraftmaschine eingespritzt und mittels einer Zündkerze gezündet werden muß, so daß die Explosion des Luft-Kraftstoffgemisches die Kolben in Bewegung bringt, wodurch die Kurbelwelle in Drehung versetzt wird.

**[0043]** Diese Art des Startens bzw. Neustartens erfordert aber die Einhaltung bestimmter Randbedingungen.

Insbesondere muß sich die Kurbelwelle - wie bereits erwähnt - in einer bestimmten Position bzw. in einem bestimmten Kurbelwinkelbereich befinden. Insofern sind gerade bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung Verfahren zum kontrollierten Abstellen zielführend.

**[0044]** Ein Verfahren zum kontrollierten Abstellen einer Brennkraftmaschine wird beispielsweise in der WO 01/48373 offenbart. Die WO 01/48373 lehrt die Anwendung eines Verfahrens, bei dem nach dem Abschalten d. h. nach Beendigung des regulären Betriebes der Brennkraftmaschine eine Verstellvorrichtung aktiviert und angesteuert wird, mit der die Kurbelwelle und/oder die Nockenwelle in eine vorgebbare vorteilhafte Winkelstellung bewegt wird. Dabei können sowohl aktive wie passive Verstellvorrichtungen zum Einsatz kommen.

**[0045]** Als aktive Verstellvorrichtung kann ein Elektromotor dienen, der ein Drehmoment auf die Kurbelwelle überträgt und diese nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine in die gewünschte Position dreht, welche dann bis zum Neustarten der Brennkraftmaschine beibehalten wird.

**[0046]** Passive Verstellvorrichtungen können aber gemäß der WO 01/48373 ebenfalls eingesetzt werden, wobei diese passiven Verstellvorrichtungen nach Beendigung des regulären Betriebs der Brennkraftmaschine die im Nachlauf der Kurbelwelle noch vorhandene Drehbewegung ausnutzen und in der Art beeinflussen, daß die Kurbelwelle in der vorgegebenen vorteilhaften Kurbelwellenstellung zum Stillstand kommt. Als passive Verstellvorrichtung werden Mittel vorgeschlagen, die beispielsweise eine Gaswechselventilsteuerung umfassen, welche bei geeigneter Ansteuerung ein Bremsmoment auf die Brennkraftmaschine bzw. Kurbelwelle überträgt, so daß die Verzögerung der Welle und damit ihre Endstellung steuerbar wird.

**[0047]** Im Vergleich zu den aktiven Verstellvorrichtungen bieten die passiven Verstellvorrichtungen den Vorteil, daß ihr Energieverbrauch in der Regel niedriger ist und einen auch im Hinblick auf die zugrunde liegende Aufgabe - kraftstoffsparender Neustart - akzeptablen Wert aufweist, da die passiven Verstellvorrichtungen eine Drehbewegung der Kurbelwelle nicht initiieren, sondern prinzipbedingt lediglich eine vorhandene Drehbewegung der Kurbelwelle in geeigneter Weise verzögern.

**[0048]** Ein Verfahren zur Auslaufsteuerung einer Brennkraftmaschine, bei dem gezielt die Gasaustauschventile der Brennkraftmaschine zur Ansteuerung der Vorzugspositionen verwendet werden, ist in der WO 01/44636 A2 beschrieben. Durch geeignete Ansteuerung d. h. durch geeignetes Öffnen und Schließen der Gasaustauschventile wird dabei Einfluß genommen auf den Brennraumdruck und damit auf das von den Gaskräften über den Kolben und die Pleuelstange auf die Kurbelwelle ausgeübte Drehmoment. Dieses Verfahren setzt aber eine Brennkraftmaschine voraus, die über eine zumindest teilweise variable Ventilsteuerung verfügt.

**[0049]** Um präzise eine bestimmte Vorzugsposition der Kurbelwelle anfahren zu können, ist aber eine Viel-

zahl von Informationen notwendig. Dabei kann auf alle bereits für die übliche Motorsteuerung gemessenen und/oder abgeleiteten Daten zurückgegriffen werden, insbesondere auf die Motordrehzahl, den Kurbelwellenwinkel, die Motortemperatur beziehungsweise eine hiermit korrelierende Temperatur wie die Kühlmitteltemperatur und/oder den Ansaugdruck im Ansaugkrümmer. Die genannten Größen haben erfahrungsgemäß den stärksten Einfluß auf die Auslaufbewegung der Brennkraftmaschine bzw. der Kurbelwelle.

**[0050]** Im Zusammenhang mit dem Anfahren einer vorbestimmten Position ist es erforderlich, zu ermitteln, wie viel Energie nach Abstellen der Brennkraftmaschine im Antriebsstrang vorhanden ist und während des Auslaufvorganges abgebaut werden muß.

**[0051]** Ein Modell für die Auslaufbewegung der Brennkraftmaschine wird beispielsweise in der europäischen Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 03101379.0 beschrieben. Dieses Modell berücksichtigt die aktuelle kinetische Energie des Antriebsstranges, die Reibungsverluste und/oder die Kompressions- und Expansionsvorgänge in den Zylindern der Brennkraftmaschine. Ein derartiges Modell kann aufgrund theoretischer Überlegungen gewonnen und in Form mathematischer Gleichungen implementiert werden. Vorzugsweise wird das Modell jedoch ganz oder zumindest teilweise empirisch gewonnen d. h. durch Beobachtung des Motorverhaltens und Aufbereitung der dabei gewonnenen Meßdaten (z. B. als eine Lookup-Tabelle).

**[0052]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die Zündung des in dem mindestens einen Zylinder befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemisches im oberen Totpunkt (OT) des Kolbens oder in der sich anschließenden Expansionsphase erfolgt, nachdem der Kolben des mindestens einen Zylinders den oberen Totpunkt (OT) durchschritten hat.

**[0053]** Auf diese Weise wird verhindert, daß der Kolben durch den sich infolge der Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches aufbauenden Gasdruck in Richtung des unteren Totpunktes (UT) bewegt und beschleunigt wird, bevor er den oberen Totpunkt (OT) durchschritten hat. Dadurch würde die Kurbelwelle entgegen ihrer eigentlichen Drehrichtung einen falschen Drehsinn erhalten, was den Startvorgang erschweren, insbesondere verlängern, würde. Die eingeleitete Verbrennung würde die Startvorrichtung nicht unterstützen, sondern dem von der Startvorrichtung auf die Kurbelwelle ausgeübten Drehmoment entgegenwirken, was kontraproduktiv wäre.

**[0054]** Die vorgeschlagene Verfahrensvariante ist insbesondere vorteilhaft, wenn berücksichtigt wird, daß die Drehzahl der Kurbelwelle zu Beginn des Startvorganges sehr gering ist und die Trägheit des in Bewegung kommenden Systems zusammen mit der Startvorrichtung unter Umständen nicht ausreichend groß ist, um den Kol-

ben des mindestens einen Zylinder auch bei vor dem oberen Totpunkt (OT) eingeleiteter Zündung weiter in Richtung des oberen Totpunktes (OT) und über den oberen Totpunkt hinaus zu bewegen.

**[0055]** Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die Brennkraftmaschine mit einem Absolutwinkelsensor ausgestattet wird, der auch ohne Drehung der Kurbelwelle Informationen über die absolute Stellung der Kurbelwelle an die Motorsteuerung liefert, so daß die Stellung der stillstehenden Kurbelwelle als bekannte Stop-Position während eines Abschaltvorganges für den Neustart der Brennkraftmaschine weder erfaßt noch gespeichert zu werden braucht.

**[0056]** Der Absolutwinkelsensor erkennt zu Beginn des Startvorganges die Kurbelwellenstellung und liefert diese Information an die Motorsteuerung, die ausgehend von dieser ihr dann bekannten Stopp-Position der Kurbelwelle das Verfahren zum Starten der Brennkraftmaschine steuert. In diesem Zusammenhang bedeutet der Begriff "absolut", daß die Stellung eines Kolbens eindeutig bestimmt wird d.h. seine Stellung auf dem Umfang der Kurbelwelle in einem Kurbelwinkelfenster von 360° und zudem, ob der Kolben sich in der Ladungswechselschleife oder in der Verbrennungsschleife befindet. Nach dem Stand der Technik erfolgt dies - wie bereits oben ausgeführt - in einem Zusammenspiel von Nockenwellensensor und Kurbelwellensensor.

**[0057]** Im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik üblicherweise verwendeten Sensoren, die in der Beschreibungseinleitung ausführlich erörtert wurden, erkennt der Absolutwinkelsensor auch die Position der stillstehenden Kurbelwelle. Realisiert werden kann dies beispielsweise dadurch, daß auf der Nockenwelle ein Ring oder Zahnkranz angeordnet wird, der auf seinem Umfang über nicht einheitliche Markierungen verfügt, die exakt über die Winkelposition der Nockenwelle und damit der Kurbelwelle Aufschluß geben. Zielführend kann dabei beispielsweise ein Zahnkranz sein, bei dem die auf dem Umfang verteilten Zähne eine unterschiedliche Breite oder unterschiedlich große Zahnzwischenräume aufweisen.

**[0058]** Der entsprechende Sensor greift dann nicht nur Signale von dem umlaufenden Zahnkranz ab, sondern sieht bei stehendem Zahnkranz die Position der Kurbelwelle. Eine Synchronisation von Einspritzzeitpunkt und Zündzeitpunkt ist nicht erforderlich bzw. erheblich verkürzt. Des weiteren ist es unschädlich, wenn die in der Motorsteuerung abgelegten Informationen bzw. Daten über die Kurbelwinkelstellung - beispielsweise bei Ausfall der Stromversorgung - verloren gehen.

**[0059]** Vorteilhaft sind aber auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die Brennkraftmaschine mit einem Absolutwinkel-

sensor ausgestattet wird, der bei umlaufender Kurbelwelle bis zum Stillstand der Kurbelwelle Informationen über die absolute Stellung der Kurbelwelle an die Motorsteuerung liefert, und

- die Stellung der stillstehenden Kurbelwelle von der Motorsteuerung als bekannte Stopp-Position der Kurbelwelle für den Neustart der Brennkraftmaschine gespeichert wird.

**[0060]** Der verwendete Sensor muß dabei in der Lage sein, die Stellung der Kurbelwelle bis zum Stillstand der Kurbelwelle verfolgen bzw. erfassen zu können. Daher muß er auch die Fähigkeit besitzen, rückwärtsgerichtete Drehbewegungen detektieren zu können, wie sie sich am Ende des Auslaufvorganges der Kurbelwelle ergeben können. Nur auf diese Weise ist sichergestellt, daß die Stellung der Kurbelwelle mit ausreichender Genauigkeit erfaßt wird und diese Kurbelwinkelstellung für einen späteren Start bzw. Neustart als bekannte Stop-Position zu Verfügung steht.

**[0061]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die Startvorrichtung während der ersten Expansionsphase des mindestens einen Zylinders deaktiviert wird d.h. nachdem der Kolben des mindestens einen Zylinders den oberen Totpunkt (OT) durchschritten hat und bevor der Kolben des mindestens einen Zylinders den unteren Totpunkt (UT) erreicht.

**[0062]** Die Brennkraftmaschine wird im Rahmen dieser Verfahrensvariante nach der vergleichsweise frühen Deaktivierung der Startvorrichtung allein durch die in den Brennräumen der Zylinder initiierten Verbrennungsprozesse auf die Leerlaufdrehzahl von ungefähr 700 U/min hochgefahren. Die frühe Deaktivierung der Startvorrichtung mindert zum einen die von der Startvorrichtung verbrauchte Energie und zum anderen das von der Startvorrichtung emittierte Geräusch, was grundsätzlich zur Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe beiträgt, nämlich einen möglichst kraftstoffsparenden, geräuscharmen und komfortablen Neustart zu gewährleisten.

**[0063]** Vorteilhaft sind aber auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Startvorrichtung für mindestens eine Umdrehung der Kurbelwelle aktiviert bleibt. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß der Startvorgang erfolgreich abgeschlossen wird.

**[0064]** Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Startvorrichtung erst bei Erreichen einer vorgebbaren Mindestdrehzahl deaktiviert wird. Auch diese Variante hat das Ziel, einen sicheren Start der Brennkraftmaschine zu gewährleisten.

**[0065]** Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen als Startvorrichtung ein Anlasser verwendet wird. Wird als Startvorrichtung ein Anlasser verwendet, eignet sich das Verfahren auch zum Nachrüsten von bereits auf dem Markt befindlichen und mit

einem Anlasser ausgestatteten Brennkraftmaschinen bzw. Fahrzeugen, da dann lediglich Veränderungen in den Steuerungsprogrammen der Motorsteuerung vorgenommen werden müssen, um die Brennkraftmaschine beim Starten gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren betreiben zu können. Gegebenenfalls muß ein Absolutwinkelgeber vorgesehen werden, um die für den Startvorgang erforderliche absolute Stellung der Kurbelwelle bestimmen zu können.

**[0066]** Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen als Startvorrichtung ein Starter-Generator verwendet wird. Ein sogenannter Starter-Generator vereint die Funktionen eines herkömmlichen Starters und eines Generator bzw. einer Lichtmaschine.

**[0067]** Vorteilhaft ist ein kombinierter Starter-Generator zum einen in Hinblick auf den Stop-and-Go-Verkehr, der einen Start-Stopp-Betrieb und damit eine entsprechend hohe Anzahl an Neustarts erfordert, und zum anderen in Hinblick an den gestiegenen Bedarf an elektrischer Energie infolge des zunehmenden Fahrzeugkomforts und der damit zusätzlich notwendigen elektrischen Systeme.

**[0068]** Im Generatorbetrieb wird der Starter-Generator im unteren Drehzahlbereich vorzugsweise unter Zwischenschaltung eines Getriebes mit zur Stromerzeugung ausreichend hohen Drehzahlen von der Brennkraftmaschine angetrieben und zur Stromerzeugung eingesetzt, wohingegen beim Startvorgang der Starter-Generator die Brennkraftmaschine mit kleinen Drehzahlen und hohem Drehmoment zwangsweise in Drehung versetzt d. h. antreibt.

**[0069]** Zum Einsatz können sogenannte integrierte Starter-Generatoren (ISG) kommen, aber auch sogenannte ISAD Starter-Generatoren (Integrierte Starter Alternator Damper) oder dergleichen. Der ISAD, der auch als Kurbelwellen-Starter-Generator bezeichnet wird, vereint die Funktionen eines Starters, der Lichtmaschine und eines Schwingungstilgers in sich. Das System umfaßt eine elektrische Maschine, die anstelle des Schwungrades zwischen Motor und Getriebe die Kurbelwelle umgreift.

**[0070]** Bei Brennkraftmaschinen, die mit einer zumindest teilweise variablen Ventilsteuerung ausgestattet sind, sind Ausführungsformen des Verfahrens vorteilhaft, bei denen

- die zumindest teilweise variable Ventilsteuerung in der Art gesteuert wird, daß zumindest das erste Arbeitsspiel des mindestens einen Zylinders mit verminderter Kompression durchgeführt wird.

**[0071]** Eine verminderte Kompression kann durch geeignete Steuerzeiten der Ventile realisiert werden. Beispielsweise kann durch ein frühes Schließen des Einlaßventils die Zylinderfrischladung verringert werden, was in der Kompressionsphase zu einem geringeren Druck im Brennraum führt. Eine andere Möglichkeit besteht in der Vergrößerung der Ventilüberschneidung

oder einem späten Schließen der Einlaßventile mit dem Ziel, daß ein Teil der angesaugten Frischladung wieder ausgeschoben wird, ohne an der Verbrennung teilzunehmen. Auch diese Vorgehensweise führt zu einem verminderten Zylinderdruck in der Kompressionsphase während des Startens.

**[0072]** Unabhängig von der gewählten Art und Weise führt eine verminderte Kompression d. h. ein verminderter Zylinderdruck zu einer Verkleinerung des notwendigen Antriebsmoment, welches für einen erfolgreichen Start der Brennkraftmaschine aufgebracht werden muß. Folglich führt diese Vorgehensweise auch zu einer Kraftstoffersparnis im Rahmen des Startvorganges.

**[0073]** Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die Kompression des mindestens einen Zylinders während des Startvorganges in mehreren Schritten gesteigert wird.

**[0074]** Diese Verfahrensvariante trägt dem Umstand Rechnung, daß - eine deaktivierte Startvorrichtung vorausgesetzt - eine umlaufende Kurbelwelle und die an ihr angelenkten Bauteile mit zunehmender Drehzahl auch an Trägheit gewinnen und mit fortschreitender Drehung der Kurbelwelle die Anzahl der Zylinder, in denen Verbrennungsprozesse initiiert werden und die damit den Startvorgang unterstützen, zunimmt. Daher kann mit zunehmender Drehzahl und fortschreitender Drehbewegung der Kurbelwelle auch eine zunehmende Zylinderfrischladung komprimiert werden, ohne daß die Gefahr einer Rückwärtsdrehung der Kurbelwelle zu befürchten wäre. Aus diesem Grund ist eine schrittweise Steigerung der Kompression d.h. des Zylinderdruckes bzw. der Zylinderfrischladung vorzuziehen.

Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- zur Unterstützung des Startvorganges bei noch stillstehender Kurbelwelle in mindestens einen Zylinder, der sich in der Expansionsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt wird und das sich in diesem mindestens einen Zylinder befindliche Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet wird, wodurch der Startvorgang unterstützt wird.

**[0075]** Im folgenden wird die Erfindung anhand von sechs Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 1 bis 6 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer ersten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW,

Fig. 2 in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW,

Fig. 3 in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer dritten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW,

Fig.4 in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer vierten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW,

Fig. 5 in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer fünften Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW, und

Fig. 6 in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer sechsten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW.

**[0076]** Figur 1 zeigt in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer ersten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW.

**[0077]** Ausgehend von einer Stopp-Position der Kurbelwelle, die der Motorsteuerung bekannt ist und in der sich mindestens ein Zylinder der Brennkraftmaschine in der Kompressionsphase befindet wird Kraftstoff in diesen mindestens eine Zylinder bei noch stillstehender Kurbelwelle eingespritzt. Dabei befindet sich der Kolben des mindestens einen Zylinders zwischen dem unteren Totpunkt (UT) und dem oberen Totpunkt (ZOT) der Zündung.

**[0078]** Gleichzeitig mit der Einleitung des Einspritzvorganges wird die Startvorrichtung aktiviert, die zusätzlich zu den initiierten Verbrennungsprozessen ein Antriebsmoment auf die Kurbelwelle übertragen soll. Bei der in Figur 1 dargestellten Verfahrensvariante wird der Einspritzvorgang noch vor Erreichen des oberen Totpunktes (ZOT) beendet bzw. abgeschlossen. Der Kurbelwinkelbereich, in dem die Einspritzung durchgeführt wird, trägt das Bezugszeichen 2.

**[0079]** Die Zündung des sich in dem mindestens einen Zylinder befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemisches erfolgt in der Expansionsphase, nachdem der Kolben den oberen Totpunkt (ZOT) durchschritten hat. Die Zündung ist mit dem Bezugszeichen 3 gekennzeichnet.

**[0080]** Die Phase, in der die Startvorrichtung aktiviert ist und den Startvorgang unterstützt, ist mit dem Bezugszeichen 1 gekennzeichnet. Die Startvorrichtung wird bereits in der ersten sich anschließenden Expansionsphase des mindestens einen Zylinders deaktiviert. Im weiteren Verlauf wird die Brennkraftmaschine ausschließlich mittels in den Zylindern initiierten Verbrennungsprozessen auf die Leerlaufdrehzahl hochgefahren

**[0081]** Figur 2 zeigt in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 1 dargestellten Verfahrensvariante erörtert werden, weshalb im übrigen bezug genommen wird auf Figur 1. Es wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0082]** Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 wird bei der Verfahrensvariante entsprechend Figur 2 erfolgt die Zündung des sich in dem mindestens einen Zylinder befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemisches bereits in der Kompressionsphase, bevor der Kolben den oberen Totpunkt (ZOT) durchschreitet.

**[0083]** Figur 3 zeigt in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer dritten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 2 dargestellten Verfahrensvariante erörtert werden, weshalb im übrigen bezug genommen wird auf Figur 2. Es wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0084]** Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 wird bei der Verfahrensvariante entsprechend Figur 3 die Startvorrichtung nicht bereits in der ersten Expansionsphase des mindestens einen Zylinders deaktiviert, sondern weiter zur Unterstützung des Startvorganges herangezogen. Dabei bleibt die Startvorrichtung bis zum Erreichen einer vorgebbaren Mindestdrehzahl, bei der von einem erfolgreichen Startvorgang bzw. -versuch ausgegangen werden kann, aktiviert.

**[0085]** Figur 4 zeigt in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer vierten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 1 dargestellten Verfahrensvariante erörtert werden, weshalb im übrigen bezug genommen wird auf Figur 1. Es wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0086]** Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 wird der Einspritzvorgang bei der Verfahrensvariante entsprechend Figur 4 bereits eingeleitet bevor die Startvorrichtung aktiviert wird. D. h. die beiden Maßnahmen, die im Rahmen des Startvorganges die Kurbelwelle zwangsweise in Drehung versetzen sollen, nämlich die Aktivierung der Startvorrichtung und die Initiierung von Verbrennungsprozessen, werden nicht gleichzeitig, sondern zeitlich versetzt eingeleitet.

**[0087]** Die Zündung des sich in dem mindestens einen Zylinder befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemisches erfolgt im oberen Totpunkt (OT).

**[0088]** Figur 5 zeigt in einer chronologischen Abfolge die einzelnen Verfahrensschritte einer fünften Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 1 dargestellten Verfahrensvariante erörtert werden, weshalb im übrigen bezug genommen wird auf Figur 1. Es wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0089]** Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 wird die Startvorrichtung bei der Verfahrensvariante entsprechend Figur 5 bereits bei Erreichen des oberen Totpunktes (ZOT) deaktiviert bevor der Zylinder von der Kompressionsphase in die Expansionsphase übergeht. D. h. während der Expansionsphase wird die Kurbelwelle im Rahmen des Startvorganges ausschließlich durch die Initiierung von Verbrennungsprozessen zwangsweise in Drehung versetzt.

**[0090]** Figur 6 zeigt in einer chronologischen Abfolge

die einzelnen Verfahrensschritte einer sechsten Ausführungsform des Verfahrens aufgetragen über °KW. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 2 dargestellten Verfahrensvariante erörtert werden, weshalb im übrigen bezug genommen wird auf Figur 2. Es wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0091]** Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 und analog zu der zuvor beschriebenen Verfahrensvariante gemäß Figur 5 wird die Startvorrichtung bei der Verfahrensvariante entsprechend Figur 6 bereits bei Erreichen des oberen Totpunktes (ZOT) deaktiviert bevor der Zylinder von der Kompressionsphase in die Expansionsphase übergeht. Wie bereits im Zusammenhang mit Figur 5 näher ausgeführt wurde, wird folglich die Kurbelwelle während der Expansionsphase im Rahmen des Startvorganges ausschließlich durch die Initiierung von Verbrennungsprozessen zwangsweise in Drehung versetzt.

### Bezugszeichen

#### [0092]

1	Kurbelwinkelbereich, in dem die Startvorrichtung aktiviert ist
2	Kurbelwinkelbereich, in dem die Einspritzung durchgeführt wird
3	Zündung
KW	Kurbelwellenwinkel
LOT	oberer Totpunkt während des Ladungswechsels
OT	oberer Totpunkt
UT	unterer Totpunkt
ZOT	oberer Totpunkt während der Verbrennung bzw. Zündung

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten einer mit einer Motorsteuerung ausgestatteten direkteinspritzenden Brennkraftmaschine mit n Zylindern, in denen n Kolben zwischen einem oberen Totpunkt (OT) und einem unteren Totpunkt (UT) oszillieren, und einer Kurbelwelle,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

- ausgehend von einer der Motorsteuerung bekannten Stopp-Position der Kurbelwelle,
- zum Starten der Brennkraftmaschine eine Startvorrichtung aktiviert wird, mit der die Kurbelwelle in Drehung versetzt wird, und
- bei noch stillstehender Kurbelwelle mindestens in einen Zylinder, der sich in der Kompressionsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt wird und das sich in diesem mindestens einen Zylinder befindliche Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet wird, wodurch die Startvorrichtung unterstützt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

- die bekannte Stopp-Position der Kurbelwelle eine vorbestimmbare Position ist, die nach Abschalten der Brennkraftmaschine kontrolliert angefahren wird, indem nach Abschalten der Zündung und/oder der Kraftstoffzufuhr die von der Brennkraftmaschine bis zu ihrem Stillstand abgegebene Energie kontrolliert in der Weise verbraucht wird, daß die Kurbelwelle in dieser vorbestimmbaren Stopp-Position angehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

- die Zündung des in dem mindestens einen Zylinder befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemisches im oberen Totpunkt (OT) des Kolbens oder in der sich anschließenden Expansionsphase erfolgt, nachdem der Kolben des mindestens einen Zylinders den oberen Totpunkt (OT) durchschritten hat.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

- die Brennkraftmaschine mit einem Absolutwinkelsensor ausgestattet wird, der auch ohne Drehung der Kurbelwelle Informationen über die absolute Stellung der Kurbelwelle an die Motorsteuerung liefert, so daß die Stellung der stillstehenden Kurbelwelle als bekannte Stopp-Position während eines Abschaltvorganges für den Neustart der Brennkraftmaschine weder erfaßt noch gespeichert zu werden braucht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

- die Brennkraftmaschine mit einem Absolutwinkelsensor ausgestattet wird, der bei umlaufender Kurbelwelle bis zum Stillstand der Kurbelwelle Informationen über die absolute Stellung der Kurbelwelle an die Motorsteuerung liefert, und
- die Stellung der stillstehenden Kurbelwelle von der Motorsteuerung als bekannte Stopp-Position der Kurbelwelle für den Neustart der Brennkraftmaschine gespeichert wird.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

- die Startvorrichtung während der ersten Expansionsphase des mindestens einen Zylinders deaktiviert wird d.h. nachdem der Kolben des

mindestens einen Zylinders den oberen Totpunkt (OT) durchschritten hat und bevor der Kolben des mindestens einen Zylinders den unteren Totpunkt (UT) erreicht.

5

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß**

■ das als Startvorrichtung ein Anlasser verwendet wird.

10

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß**

■ das als Startvorrichtung ein Starter-Generator verwendet wird.

15

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche zum Starten einer Brennkraftmaschine, die mit einer zumindest teilweise variablen Ventilsteuerung ausgestattet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß**

20

■ die zumindest teilweise variable Ventilsteuerung in der Art gesteuert wird, daß zumindest das erste Arbeitsspiel des mindestens einen Zylinders mit verminderter Kompression durchgeführt wird.

25

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß**

30

■ die Kompression des mindestens einen Zylinders während des Startvorganges in mehreren Schritten gesteigert wird.

35

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß**

■ zur Unterstützung des Startvorganges bei noch stillstehender Kurbelwelle in mindestens einen Zylinder, der sich in der Expansionsphase befindet, Kraftstoff eingespritzt wird und das sich in diesem mindestens einen Zylinder befindliche Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet wird, wodurch der Startvorgang unterstützt wird.

40

45

50

55

Fig.1

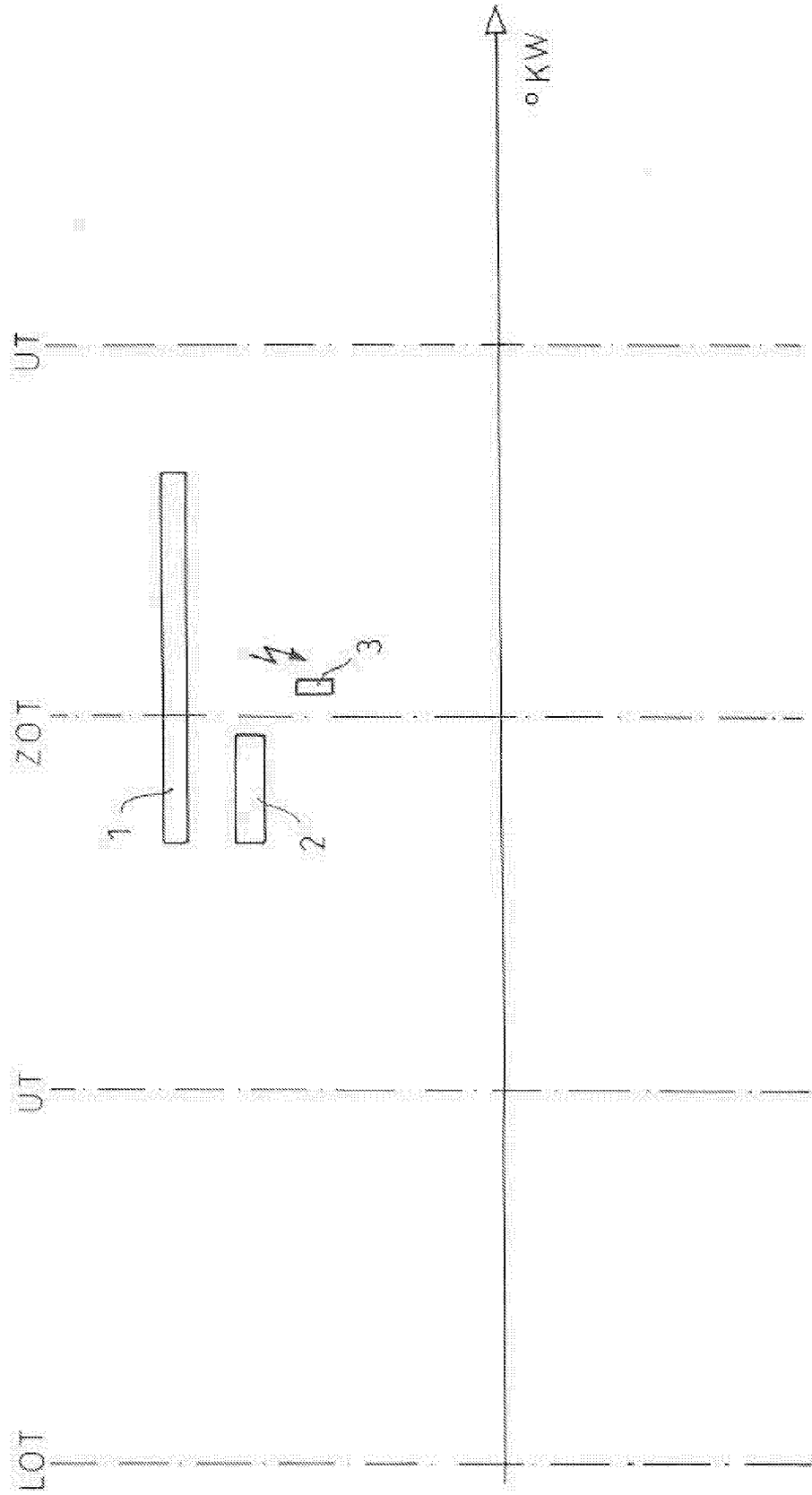


Fig.2

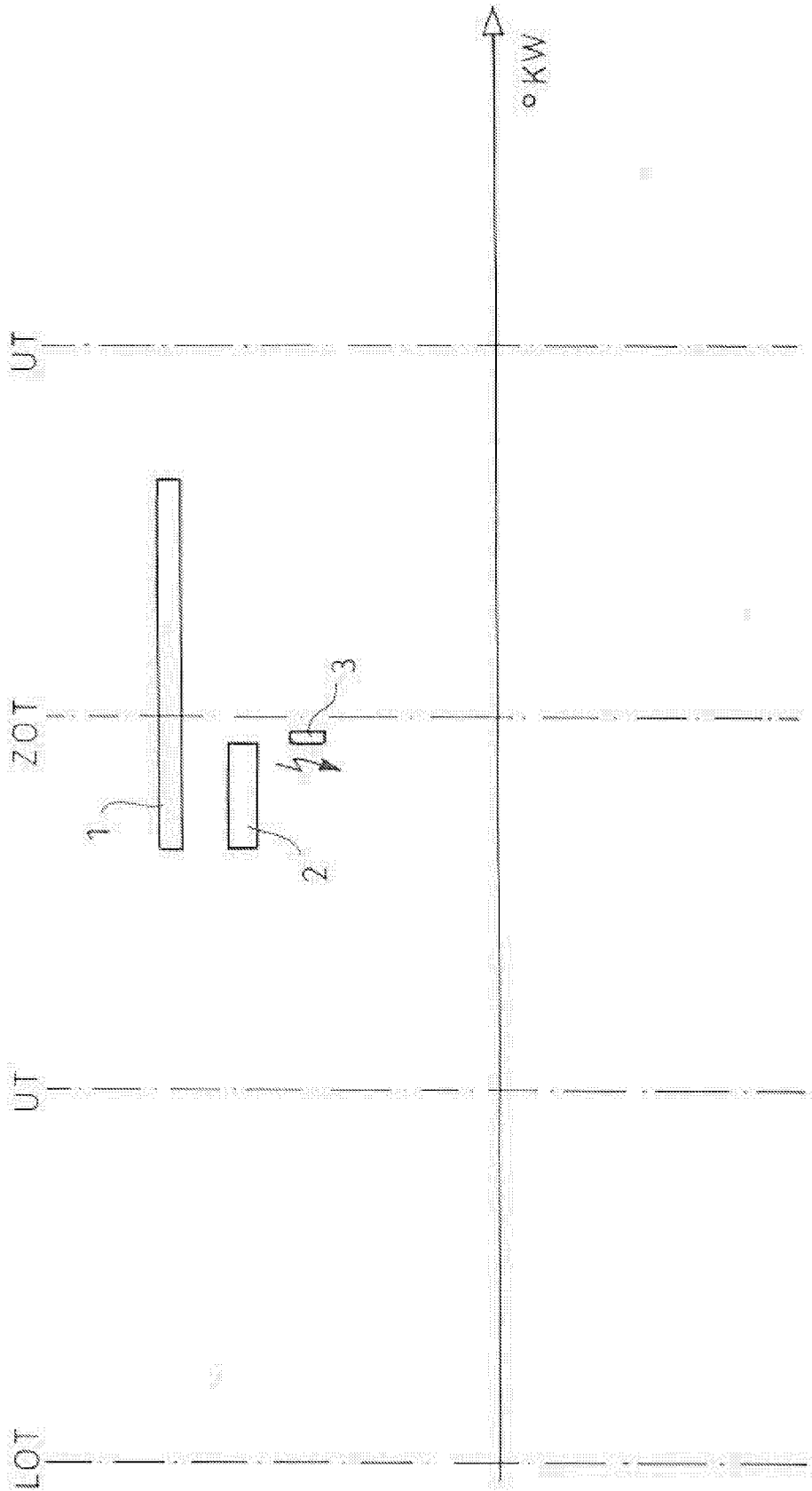


Fig.3

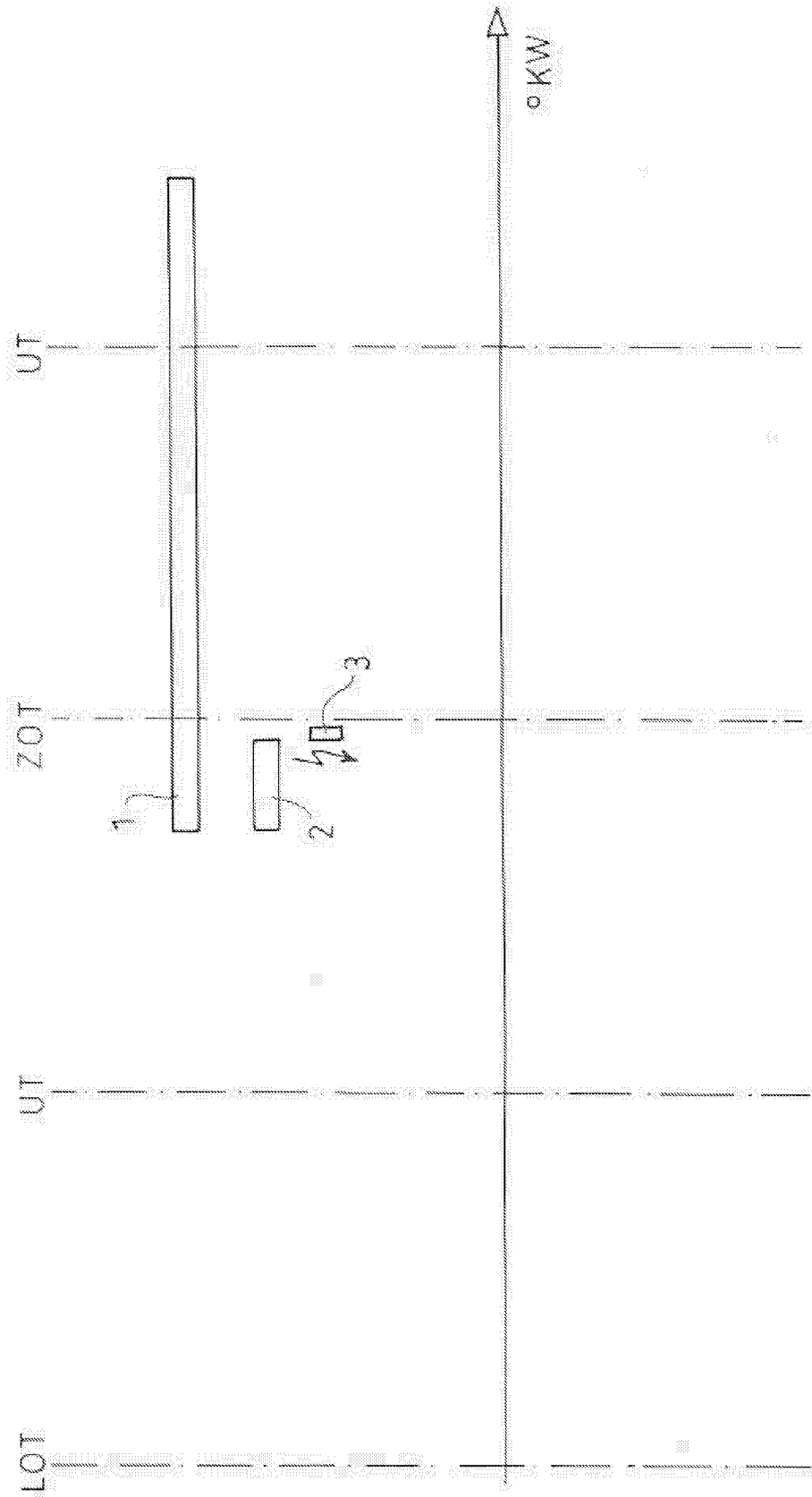




Fig.5

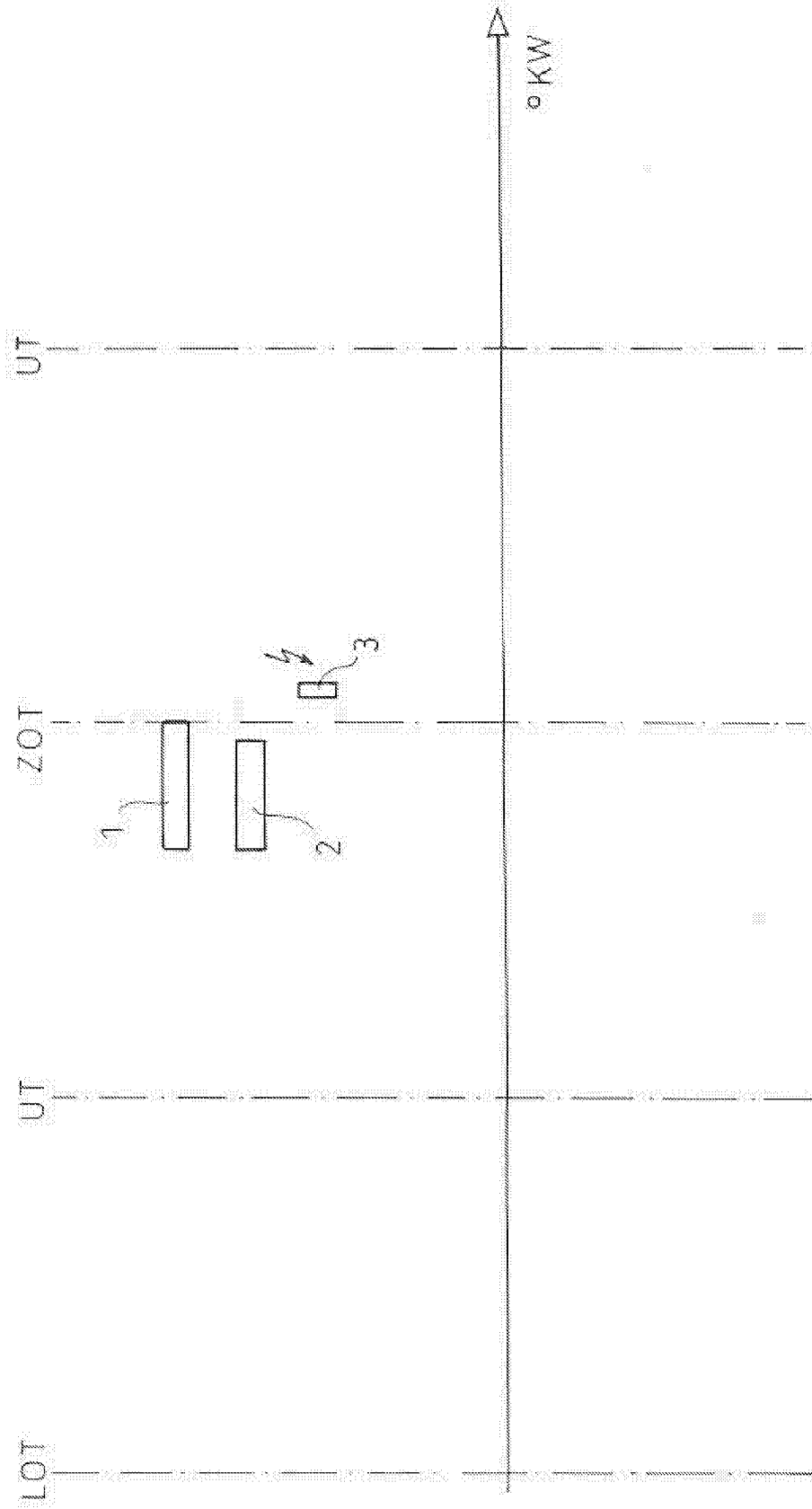
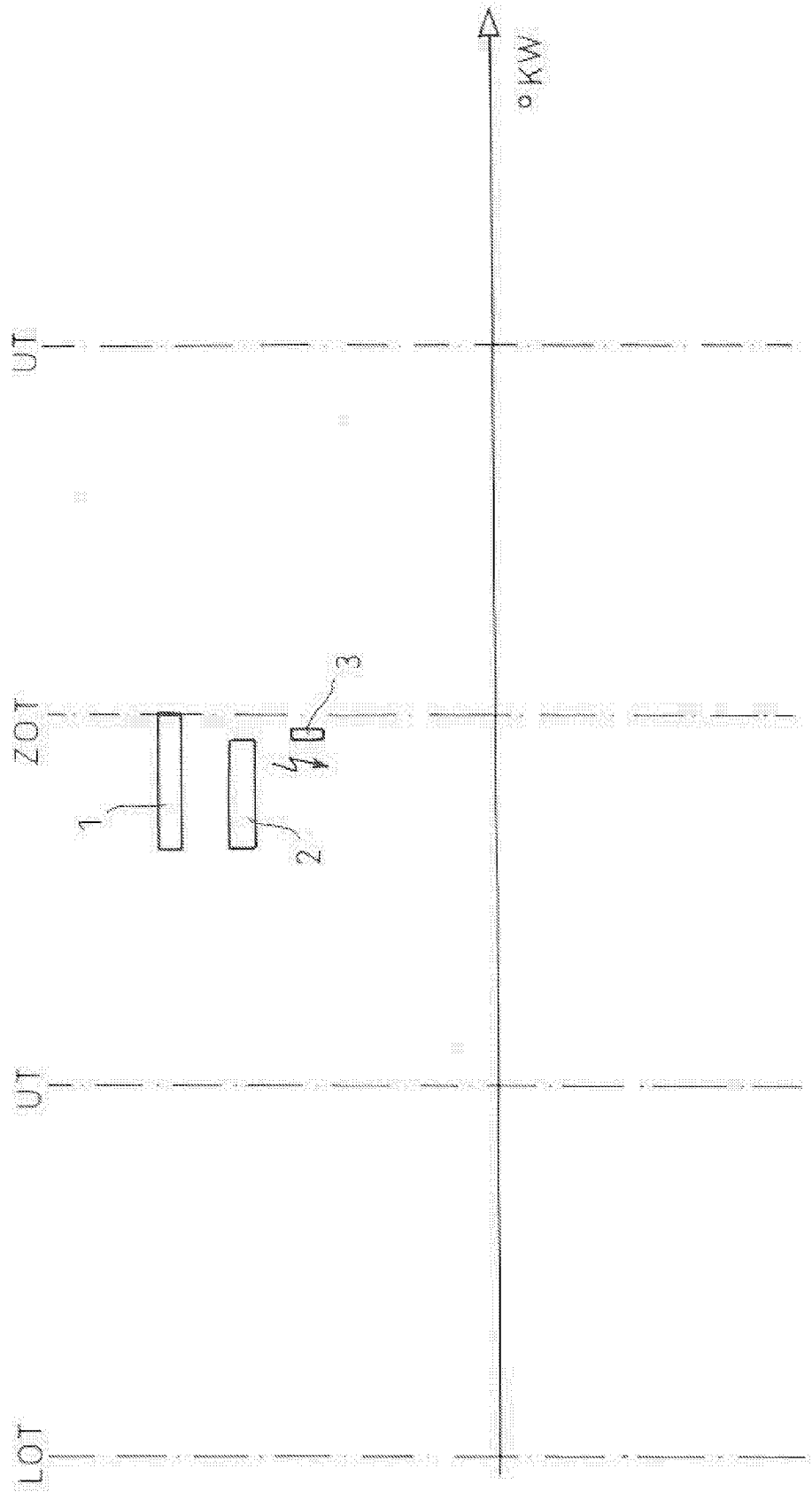


Fig.6





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 1 036 928 A (MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 20. September 2000 (2000-09-20) * Zusammenfassung * * Absätze [0003], [0004], [0007], [0022] - [0026], [0033], [3456] - [0058] * * Abbildung 9 * -----	1-11	F02N17/00 F02N17/08 F02N11/00
X	EP 1 138 937 A (HITACHI LTD) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) * Zusammenfassung * * Ansprüche *	1-11	
X	DE 103 22 014 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 2. Dezember 2004 (2004-12-02) * Zusammenfassung * * Absätze [0004], [0014] - [0022] * * Abbildung 2 *	1-11	
A	DE 103 28 123 A1 (DENSO CORP., KARIYA) 15. Januar 2004 (2004-01-15) * Zusammenfassung *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F02N F02D
A	DE 195 27 503 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 70469 STUTTGART, DE) 30. Januar 1997 (1997-01-30) * Zusammenfassung *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlussdatum der Recherche <b>3. Juni 2005</b>	Prüfer <b>Trotureau, D</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03) 1

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

EP 05 10 0082

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.

03-06-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1036928	A	20-09-2000	JP 2000265879 A	26-09-2000
			JP 2001173488 A	26-06-2001
			EP 1036928 A2	20-09-2000
			US 6340016 B1	22-01-2002
-----				
EP 1138937	A	04-10-2001	JP 2001271688 A	05-10-2001
			EP 1138937 A2	04-10-2001
			US 2001025621 A1	04-10-2001
-----				
DE 10322014	A1	02-12-2004	FR 2854925 A1	19-11-2004
			JP 2004340135 A	02-12-2004
			US 2005005901 A1	13-01-2005
-----				
DE 10328123	A1	15-01-2004	JP 2004027914 A	29-01-2004
			JP 2004028046 A	29-01-2004
-----				
DE 19527503	A1	30-01-1997	WO 9705372 A1	13-02-1997
			DE 59601222 D1	11-03-1999
			EP 0784745 A1	23-07-1997
			JP 10506694 T	30-06-1998
-----				

EPO FORM P0481

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