



(10) **DE 10 2013 212 425 A1** 2014.12.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 212 425.2**

(22) Anmeldetag: **27.06.2013**

(43) Offenlegungstag: **31.12.2014**

(51) Int Cl.: **F02D 41/06 (2006.01)**

(71) Anmelder:
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809 München, DE**

(72) Erfinder:
Knieling, Jens, 85630 Grasbrunn, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

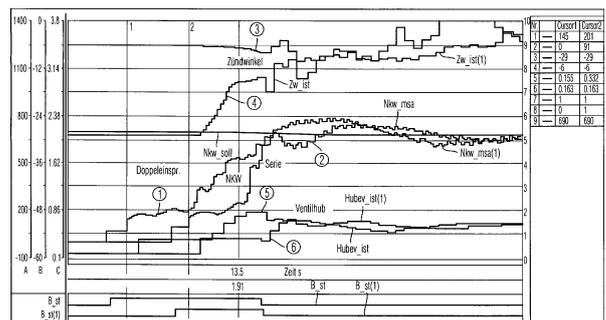
DE	199 48 073	B4
DE	10 2004 017 990	A1
DE	10 2007 048 930	A1
DE	10 2011 087 891	A1
DE	10 2012 220 095	A1
DE	60 2004 002 259	T2

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine beim Startvorgang**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Betrieb einer Kurbelwelle aufweisenden fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit Kraftstoffdirekteinspritzung und Zuführung von Verbrennungsluft in einen Brennraum der Brennkraftmaschine beim Startvorgang vorgeschlagen, bei dem mittels eines Kraftstoffinjektors Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird und ein im Brennraum gebildetes Kraftstoff-Luftgemisch zu einem vorbestimmten Zündzeitpunkt mittels einer Zündkerze gezündet wird, wobei eine erste größere Kraftstoffmenge in den Brennraum zur Bildung eines weitgehend homogenen Kraftstoff-Luftgemisches eingespritzt wird und eine zweite kleinere Kraftstoffmenge zur Bildung eines fetten Kraftstoff-Luftgemisches im Bereich der Zündkerze eingespritzt wird, wobei die zweite Kraftstoffmenge während der Startphase der Brennkraftmaschine unmittelbar vor dem Zündzeitpunkt bis zum weitgehenden Erreichen einer Startsoldrehzahl der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer eine Kurbelwelle aufweisenden fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit Kraftstoffdirekteinspritzung und Zuführung von Verbrennungsluft in einen Brennraum der Brennkraftmaschine beim Startvorgang nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs von Brennkraftmaschinen ist es bereits bekannt geworden, diese im automatisierten Start-Stop-Modus zu betreiben, wobei die Brennkraftmaschine durch den Benutzer eines damit ausgestatteten Fahrzeugs oder durch eine Steuereinrichtung des Fahrzeugs abgestellt werden kann, wenn beispielsweise vor einer Lichtzeichenanlage das Fahrzeug zum Stillstand gekommen ist und der Fahrer den Motor abstellt oder eine vorbestimmte Wartezeit bei vom Fahrer betätigter Betriebsbremse abgelaufen ist und dies von der Steuereinrichtung erkannt wird und diese dann den Motor abstellt.

[0003] Über einen von der Steuereinrichtung erkannten Auslösefaktor wird der Motor dann wieder gestartet, wobei ein solcher Auslösefaktor beispielsweise darin bestehen kann, dass der Fahrer die Betriebsbremse löst oder eine Systemanforderung beispielsweise in der Form einer vom Klimakompressor geforderten Antriebsleistung die Abgabe von Motormoment erfordert.

[0004] Besitzt das Fahrzeug einen Triebstrang mit einem automatisierten Schaltgetriebe oder auch einem anderen Getriebe, bei dem der Kraftfluss im Triebstrang automatisiert herbeigeführt wird, kann die Situation eintreten, dass der Fahrer einen solchen Startvorgang als unkomfortabel empfindet, weil der Motor bereits während des vom Fahrer als Startvorgang empfundenen Betriebsmodus Abtriebsmoment bereitstellt, welches zu einem Ruckeln des Fahrzeugs führt.

[0005] Ein solches Ruckeln kann dann auftreten, wenn der Motor während des Startvorgangs Drehzahloszillationen ausführt oder mit Drehzahlsprüngen in eine Zieldrehzahl für den Startvorgang fährt, wobei die Zieldrehzahl eine stabile Leerlaufdrehzahl sein kann. Während des Drehzahlsprungs gibt der Motor ein sprunghaft erhöhtes Abtriebsmoment ab, was zu einem Längsruck des Fahrzeugs führen kann.

[0006] Anhand der DE 10 2012 220 095 A1 ist ein Verfahren zur Kraftstoffversorgung einer Brennkraftmaschine beim Start bekannt geworden. Bei dem aus dieser Druckschrift bekannten Verfahren wird in Abhängigkeit der Zeit zwischen dem automatisierten Stopp des Motors und dem automatisierten Wiederstart des Motors festgestellt, ob zusätzlicher Kraftstoff zu dem im Zylinder bereits enthaltenen Kraftstoff ein-

gespritzt werden muss, um einen robusten Wiederstart des Motors zu erreichen. Es kann auf diese Weise dem Verdampfen von Kraftstoff und Entweichen des Kraftstoffs über ein offenes Einlassventil des betreffenden Zylinders des Motors Rechnung getragen werden.

[0007] Anhand der DE 10 2011 087 891 A1, welches auf die Anmelderin zurückgeht, ist ein Verfahren zum automatischen Abschalten und Starten einer Brennkraftmaschine in einem Kraftfahrzeug bekannt geworden. Diese Druckschrift beschreibt ein Verfahren, nach dem eine lang andauernde Kraftschlussverbindung in einer Zeitspanne vor dem Stillstand des Fahrzeugs zwischen dem Motor und dem Getriebe aufrechterhalten wird, um während der Zeit der Kraftschlussverbindung den Motor durch die Zufuhr von Kraftstoff und die Ansteuerung von Zündkerzen zum Abgeben von Zündfunken jederzeit wieder gestartet werden kann, ohne dass die Betätigung des Startermotors notwendig ist.

[0008] Schließlich ist anhand der DE 10 2004 017 990 A1 ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoffdirekteinspritzung bekannt geworden. Bei diesem bekannten Verfahren wird mittels eines Kraftstoffinjektors Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt und ein im Brennraum gebildetes Kraftstoff-Luftgemisch zu einem vorbestimmten Zündzeitpunkt mittels einer Zündkerze gezündet, wobei eine erste größere Kraftstoffmenge in den Brennraum zur Bildung eines weitgehend homogenen Kraftstoff-Luftgemisches eingespritzt wird und eine zweite kleinere Kraftstoffmenge zur Bildung eines fetten Kraftstoff-Luftgemisches im Bereich der Zündkerze eingespritzt wird. Mit diesem bekannten Verfahren soll in einer Nachstartphase bei sehr niedrigen Temperaturen die erforderliche Einspritzmenge reduziert werden und damit die Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine verringert werden. Auch dient dieses Verfahren zum Aufheizen eines Abgaskatalysators.

[0009] Ausgehend von den vorstehend geschilderten Problemen beim automatisierten Wiederstart einer Brennkraftmaschine soll ein Verfahren bereitgestellt werden, welches einen vom Fahrer als komfortabel empfundenen Startvorgang der Brennkraftmaschine ermöglicht.

[0010] Die zur Lösung dieser Aufgabe geschaffene Erfindung weist die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale auf. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

[0011] Die Erfindung schafft ein Verfahren zum Betrieb einer eine Kurbelwelle aufweisenden fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit Kraftstoffdirekteinspritzung und Zuführung von Verbrennungsluft

in einen Brennraum der Brennkraftmaschine beim Startvorgang, bei dem mittels eines Kraftstoffinjektors Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird und ein im Brennraum gebildetes Kraftstoff-Luftgemisch zu einem vorbestimmten Zündzeitpunkt mittels einer Zündkerze gezündet wird, wobei eine erste größere Kraftstoffmenge in den Brennraum zur Bildung eines weitgehend homogenen Kraftstoff-Luftgemisches eingespritzt wird und eine zweite kleinere Kraftstoffmenge zur Bildung eines fetten Kraftstoff-Luftgemisches im Bereich der Zündkerze eingespritzt wird, wobei die zweite Kraftstoffmenge während der Startphase der Brennkraftmaschine unmittelbar vor dem Zündzeitpunkt bis zum weitgehenden Erreichen einer Startolldrehzahl der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich also mit anderen Worten dadurch aus, dass zunächst eine größere erste Kraftstoffmenge in den Brennraum zur Bildung eines weitgehend homogenen Kraftstoff-Luftgemisches eingespritzt wird und sodann eine deutlich kleinere zweite Kraftstoffmenge in den Brennraum eingespritzt wird und zwar in den Bereich der Zündkerze, so dass sich im Bereich der Zündkerze ein fettes Kraftstoff-Luftgemisch einstellt und zwar während der Startphase der Brennkraftmaschine zeitlich unmittelbar vor dem Zündzeitpunkt und zwar solange, bis eine Startolldrehzahl der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine erreicht wird.

[0013] Bei der zweiten Kraftstoffeinspritzung handelt es sich also um eine zündungsgekoppelte Einspritzung, wodurch es möglich wird, ein lokal begrenztes stabil zündungsfähiges Kraftstoff-Luftgemisch unmittelbar im Bereich der Zündkerze zu erzeugen, wodurch es ermöglicht wird, den Zündzeitpunkt in weiten Bereichen zu verändern, zu denen auch Bereiche gehören, die zu geringen Anstiegen der Drehzahl der Kurbelwelle führen, der Drehzahlgradient während der Startphase der Brennkraftmaschine also flach verläuft mit einem sich daraus ergebenden nur geringen Anstieg des von der Brennkraftmaschine abgegebenen Abtriebsmoments, wodurch ein Ruckeln während der Startphase effektiv verhindert werden kann. Dies ermöglicht einen Drehzahlanstieg während der Startphase von beispielsweise bis zu nur 50 Umdrehungen/Minute zwischen aufeinander folgenden Zündtakten beziehungsweise Verbrennungen.

[0014] Die Steuerung der ersten und zweiten Kraftstoffmenge sowie der Zeitpunkt der Zündung des Kraftstoff-Luftgemisches geschieht dabei derart, dass sich die Brennkraftmaschine beziehungsweise der Motor der Startolldrehzahl von unten her nähert, also Überschwinger der Drehzahl der Kurbelwelle weitgehend vermieden werden und auch sprungartige Anstiege der Drehzahl der Kurbelwelle während der Startphase weitgehend vermieden werden. Das erfindungsgemäße Verfahren macht es möglich, den

Zündwinkel, also den auf Grad Kurbelwinkel bezogenen Zeitpunkt der Zündung des Gemisches durch die Zündkerze während der Startphase auf bis zu 40 Grad nach dem oberen Zündungs-Totpunkt (ZOT) zu verschieben, wodurch das von der Brennkraftmaschine während der Startphase abgegebene Abtriebsmoment deutlich verringert werden kann und gleichzeitig dem Problem einer grenzwertigen Verbrennungsstabilität aufgrund der Verschiebung des Zündzeitpunkts weit nach dem ZOT entgegen gewirkt werden kann, da im Bereich der Zündkerze ein stabil zündendes fettes Kraftstoff-Luftgemisch vorliegt. Der ZOT ist dabei der obere Totpunkt des Kolbens nach einem Verdichtungstakt.

[0015] Durch die Kombination der zündungsgekoppelten Einspritzung der zweiten Kraftstoffmenge während der Startphase der Brennkraftmaschine unmittelbar vor dem Zündzeitpunkt und der Verstellung des Zündzeitpunkts des jeweiligen Zylinders der Brennkraftmaschine, in den die zweite Kraftstoffmenge eingespritzt worden ist, in Richtung nach ZOT, kann ein stabiles Hochlaufen der Brennkraftmaschine bis zum Erreichen einer Startolldrehzahl der Kurbelwelle herbeigeführt werden, ohne dass es zu den Komfort während der Startphase beeinflussenden Ruckelschwingungen im Triebstrang beziehungsweise Motorschwingungen durch Drehzahloszillationen der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine des Fahrzeugs kommen kann.

[0016] Eine späte Verbrennung durch Spätverstellung des Zündwinkel alleine würde zu einer wenig robusten Verbrennung führen und auch die Reproduzierbarkeit der Verbrennung negativ beeinflussen. Auch würde eine Verringerung des Ventilhubes des Einlassventils bei einem hubveränderlichen Ventiltrieb zu einem ungleichmäßigen Drehzahlzuwachs beim Hochlaufen der Brennkraftmaschine führen.

[0017] Das Laufverhalten der Brennkraftmaschine während des Startvorgangs unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann durch eine Veränderung des zylinderselektiven Füllungsgrads durch eine entsprechende Steuerung des Ventilhubes des oder der zylinderselektiven Einlassventile weiter beeinflusst werden, um einen gleichmäßigen Drehzahlzuwachs beim Hochlaufen der Brennkraftmaschine bis zur Startolldrehzahl zu erreichen.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht einen deutlichen Komfortgewinn durch geringere Schwingungsanregung des Motors beim Startvorgang und der erzielbare flache Drehzahlgradient während des Startvorgangs ermöglicht es bei Fahrzeugen mit einem automatisierten Triebstrang, den Kraftschluss sanft herzustellen, ohne dass es zu einem den Komfort negativ beeinflussenden Rucken des Fahrzeugs in Längsrichtung kommt.

[0019] Es ist dabei nach einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass mit der ersten Kraftstoffmenge ein weitgehend stöchiometrisches homogenes Kraftstoff-Luftgemisch im Brennraum des jeweiligen Zylinders der Brennkraftmaschine erreicht wird, wodurch die Stabilität der Verbrennung bei der Startphase verglichen mit einem mageren Kraftstoff-Luftgemisch verbessert werden kann.

[0020] Die erste Kraftstoffmenge kann dabei nach einer Weiterbildung des Verfahrens während des Ansaugtaktes und/oder des Verdichtungstaktes zylinderselektiv eingespritzt werden. Es ist dabei im Rahmen der Erfindung vorgesehen, dass die erste Kraftstoffmenge für jeden einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine gleich bemessen ist. Nach einer Alternative hierzu kann die Kraftstoffmenge beispielsweise in Abhängigkeit von der Drehwinkelstellung der Kurbelwelle oder auch von dem, den Wiederstart der Brennkraftmaschine auslösenden Ereignis auch zylinderselektiv unterschiedlich bemessen werden, wodurch die Zeitdauer bis zum Erreichen der Startsdrehzahl beeinflusst werden kann.

[0021] Nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es vorgesehen, dass die zweite Kraftstoffmenge während eines Zeitfensters von etwa 10 Grad bis etwa 0 Grad Kurbelwinkel vor dem Zündzeitpunkt des jeweiligen Zylinders der Brennkraftmaschine in den Brennraum eingespritzt wird. Dies kann beispielsweise in Abhängigkeit der aktuellen Temperatur der Brennkraftmaschine oder des von der Brennkraftmaschine während des Wiederstarts bereitzustellenden Abtriebsmoments oder beispielsweise in Abhängigkeit der von der Brennkraftmaschine beim Wiederstart induzierten Schwingungen erfolgen, die auch sensorisch erfasst werden können, um beispielsweise streuenden Serientoleranzen einer jeweiligen Brennkraftmaschine hinsichtlich ihres Schwingungsverhaltens Rechnung zu tragen.

[0022] Nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es vorgesehen, dass das Kraftstoff-Luftgemisch in einem Zeitfenster von etwa 0 Grad bis etwa 40 Grad Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts des jeweiligen Zylinders der Brennkraftmaschine gezündet wird. Durch diese Bandbreite des auch zylinderselektiv unterschiedlich möglichen Zündzeitpunkts kann der Drehzahlgradient der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine bis zum Erreichen der Startsdrehzahl beeinflusst werden.

[0023] Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es vorgesehen, dass die erste Kraftstoffmenge etwa 15 bis 35, vorzugsweise etwa 20 bis 30 Milligramm pro Hub und Arbeitszylinder der Brennkraftmaschine beträgt. Die zweite Kraftstoffmenge kann etwa 1,5 bis etwa 3 Milligramm Kraftstoff pro Hub und Arbeitszylinder der Brennkraft-

maschine betragen. Durch auch eine zylinderselektiv unterschiedlich mögliche Bemessung der ersten und zweiten Kraftstoffmenge kann das Startverhalten der Brennkraftmaschine bezüglich der Startzeit bis zum Erreichen der Startsdrehzahl und der Drehzahlgradient beeinflusst werden.

[0024] Es ist nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ganz allgemein vorgesehen, dass der Zündwinkel und die erste und/oder zweite Kraftstoffmenge so angepasst werden, dass sich die Drehzahl der Kurbelwelle während der Startphase mit einem Gradienten von etwa 50 bis 150 Umdrehungen pro Minute pro Verbrennung ändert. Wird die Kurbelwelle von einem Startermotor der Brennkraftmaschine zum Startvorgang in Drehung versetzt und erreicht eine vorbestimmte erste Drehzahl, dann sorgt jede Zündung eines der Zylinder der Brennkraftmaschine beim Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens dafür, dass die Kurbelwellendrehzahl um 50 bis 150 Umdrehungen pro Minute ansteigt. Durch die Veränderung der ersten und zweiten Kraftstoffmenge sowie die Steuerung des Zündzeitpunkts kann der Gradient verändert werden, so dass der gewünschte sanfte Hochlauf der Brennkraftmaschine bis zur Startsdrehzahl erreicht werden kann. Das vom Motor durch jede einzelne Verbrennung abgegebene Abtriebsmoment steigt unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem flacheren Gradienten an als bei einer bekannten Startprozedur, dadurch sind die auf die Kurbelwellenlager wirkenden Kräfte geringer, der Motor erfährt weniger Schwingungsanregung als beim Einsatz der bekannten Startprozedur, der Fahrer nimmt den Startvorgang nicht als unkomfortabel wahr. Durch den flachen Gradienten des Motormoments wird ein Schließen des Triebstrangs während des Startvorgangs durch beispielsweise Schließen einer Kupplung im Triebstrang vom Fahrer nicht als unkomfortabel empfunden.

[0025] Auch ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass die erste Kraftstoffmenge in mindestens zwei Teilmengen eingespritzt wird, wodurch erreicht werden kann, dass die Eindringtiefe des Einspritzstrahls verringert wird und der Grad der Wandbenetzung der Zylinderbohrung abnimmt, wodurch Partikelemissionen während des Wiederstarts verringert werden können.

[0026] Schließlich ist es auch vorgesehen, dass das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere zum Starten der Brennkraftmaschine eines mit Start-Stop-Automatik betriebenen Fahrzeugs verwendet wird.

[0027] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0028] Diese zeigt in der einzigen Figur ein Diagramm mit Kennlinien des Zündwinkels, der Drehzahl

der Kurbelwelle und des Ventilhubes und zwar jeweils unter Einsatz eines bekannten Verfahrens zum Wiederstart einer Brennkraftmaschine und unter Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0029] Die Diagramme wurden mit einer Brennkraftmaschine mit vollvariablem Ventiltrieb aufgenommen. Die mit der Ziffer **1** bezeichnete Kurve stellt den Verlauf des Ventilhubes unter Verwendung eines bekannten Startverfahrens dar, während die mit Ziffer **2** bezeichnete Kurve den Ventilhubverlauf eines Einlassventils während des Wiederstarts nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zeigt.

[0030] Wie es ohne weiteres ersichtlich ist, wird das Einlassventil zur Erzielung einer guten Zylinderfüllung deutlich weiter geöffnet, als dies beim bekannten Verfahren der Fall ist.

[0031] Die mit der Ziffer **3** bezeichnete Kurve zeigt den Verlauf des Zündwinkels unter Einsatz des bekannten Verfahrens, während die mit der Ziffer **4** bezeichnete Kurve den Verlauf des Zündwinkels unter Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt.

[0032] Nach dem bekannten Verfahren verbleibt der Zündwinkel zunächst relativ stationär bei etwa 6 Grad Kurbelwinkel nach ZOT, während das erfindungsgemäße Verfahren bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel für eine zündungsgekoppelte Einspritzung der zweiten Kraftstoffmenge und Zündung des Kraftstoff-Luftgemisches im betreffenden Zylinder der Brennkraftmaschine bei etwa 28 Grad Kurbelwinkel nach ZOT sorgt.

[0033] Der Anstieg der Drehzahl der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine unter Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens wird von der mit der Ziffer **5** beschriebenen Kurve gezeigt, während die mit der Ziffer **6** bezeichnete Kurve den Drehzahlanstieg unter Einsatz des bekannten Verfahrens zeigt.

[0034] Wie es im direkten Vergleich zwischen den beiden Zeitpunkten T_1 und T_2 ersichtlich ist, steigt die Drehzahl gemäß der Kurve **6** treppenstufenförmig an, also sprunghaft, während die Drehzahl gemäß der Kurve **5** ohne Sprungfunktion ansteigt. In ähnlicher Weise steigt die Drehzahl nach dem Zeitpunkt T_2 gemäß der Kurve **5** ebenfalls ohne ausgeprägte Sprünge an, während die Drehzahl gemäß der Kurve **6** auch nach dem Zeitpunkt T_2 mit deutlichen Sprüngen ansteigt. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht einen Anstieg der Drehzahl der Kurbelwelle bis zur gewünschten Startsolldrehzahl der Kurbelwelle weitgehend ohne Drehzahloszillationen und ohne treppenstufenförmige Anstiege der Drehzahl und stellt somit ein komfortables Startverfahren für den Betrieb einer Brennkraftmaschine dar, wie es insbesondere beim Einsatz an Brennkraftmaschinen von

Vorteil ist, die in Fahrzeugen mit Start-Stop-Automatik als Antriebsquelle verwendet werden.

[0035] Hinsichtlich vorstehend im Einzelnen nicht näher erläuterten Merkmale der Erfindung wird ausdrücklich auf die Ansprüche und die Zeichnung verwiesen.

Bezugszeichenliste

- 1** Kurve des Ventilhubes nach bekanntem Startverfahren
- 2** Kurve des Ventilhubes nach dem erfindungsgemäßen Verfahren
- 3** Kurve des Zündwinkels nach dem bekannten Startverfahren
- 4** Kurve des Zündwinkels nach dem erfindungsgemäßen Verfahren
- 5** Kurve der Kurbelwellendrehzahl nach dem erfindungsgemäßen Verfahren
- 6** Kurve der Kurbelwellendrehzahl nach dem bekannten Startverfahren

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102012220095 A1 [0006]
- DE 102011087891 A1 [0007]
- DE 102004017990 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Kurbelwelle aufweisenden fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit Kraftstoffdirekteinspritzung und Zuführung von Verbrennungsluft in einen Brennraum der Brennkraftmaschine beim Startvorgang, bei dem mittels eines Kraftstoffinjektors Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird und ein im Brennraum gebildetes Kraftstoff-Luftgemisch zu einem vorbestimmten Zündzeitpunkt mittels einer Zündkerze gezündet wird, wobei eine erste größere Kraftstoffmenge in den Brennraum zur Bildung eines weitgehend homogenen Kraftstoff-Luftgemisches eingespritzt wird und eine zweite kleinere Kraftstoffmenge zur Bildung eines fetten Kraftstoff-Luftgemisches im Bereich der Zündkerze eingespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Kraftstoffmenge während der Startphase der Brennkraftmaschine unmittelbar vor dem Zündzeitpunkt bis zum weitgehenden Erreichen einer Startdrehzahl der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der ersten Kraftstoffmenge ein weitgehend stöchiometrisches Kraftstoff-Luftgemisch im Brennraum erreicht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kraftstoffmenge während des Ansaugtaktes und/oder des Verdichtungstaktes eingespritzt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Kraftstoffmenge während eines Zeitfensters von etwa 10 Grad bis etwa 0 Grad Kurbelwinkel vor dem Zündzeitpunkt in den Brennraum eingespritzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kraftstoff-Luftgemisch durch die Zündkerze in einem Zeitfenster von etwa 0 Grad bis etwa 40 Grad Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstaktes gezündet wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kraftstoffmenge etwa 15 bis 35, vorzugsweise etwa 20 bis 30 Milligramm Kraftstoff pro Hub und Arbeitszylinder der Brennkraftmaschine beträgt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Kraftstoffmenge etwa 1.5 bis etwa 3 Milligramm Kraftstoff pro Hub und Arbeitszylinder der Brennkraftmaschine beträgt.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zünd-

winkel und die erste und/oder zweite Kraftstoffmenge so angepasst werden, dass sich die Drehzahl der Kurbelwelle während der Startphase mit eifern Gradienten von etwa 50 bis 150 Umdrehungen pro Minute pro Verbrennung ändert.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kraftstoffmenge in mindestens zwei Teilmengen eingespritzt wird.

10. Verwendung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche zum Starten der Brennkraftmaschine eines mit Start-Stop-Automatik betriebenen Fahrzeugs.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

