



(10) **DE 10 2010 014 824 B4** 2013.09.26

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 014 824.5**  
(22) Anmeldetag: **13.04.2010**  
(43) Offenlegungstag: **13.10.2011**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **26.09.2013**

(51) Int Cl.: **F02D 35/00** (2006.01)  
**F01N 9/00** (2006.01)  
**F01N 3/021** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Continental Automotive GmbH, 30165, Hannover, DE**

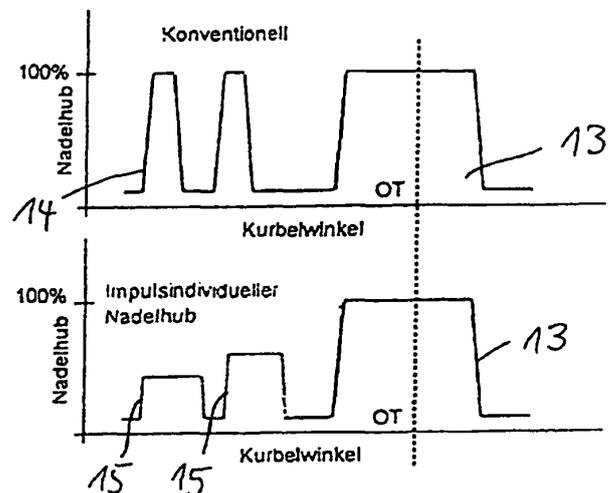
(72) Erfinder:  
**Weiland, Peter, 93053, Regensburg, DE; Weigand, Andreas, 93053, Regensburg, DE; Kastner, Oliver, Dr., 93093, Donaustauf, DE; Atzler, Frank, Dr., 93188, Pielenhofen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

**DE 101 05 755 A1**  
**DE 102 28 661 A1**  
**DE 10 2006 039 523 A1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine und Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die mindestens einen Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff in Form eines Einspritzstrahles in einen einen Kolben aufweisenden Brennraum der Brennkraftmaschine aufweist, wobei der Injektor mindestens ein Spritzloch und eine direkt angetriebene Injektornadel umfasst, die mit einer Innenwand des Injektors einen durch den Hub der Injektornadel einstellbaren Drosselspalt definiert, und wobei die Einspritztiefe des Einspritzstrahles selektiv für bestimmte Einspritzvorgänge durch Einstellung des Injektornadelhubes gegenüber dem bei Normalbetrieb derart, dass der Drosselspalt nur teilweise geöffnet wird, verringert wird, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte: Detektieren einer Kaltstart- und/oder Warmlaufphase der Brennkraftmaschine; und bei Feststellung einer derartigen Phase Ansteuern von einem oder mehreren Injektoren derart, dass mindestens ein Einspritzvorgang mit verringerter Einspritztiefe durchgeführt wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Patentanspruch 1 sowie eine Brennkraftmaschine gemäß Patentanspruch 5.

**[0002]** Es gibt bestimmte Betriebsphasen von Brennkraftmaschinen, bei denen eine unvollständige Verbrennung des in den Brennraum eingespritzten Kraftstoffs im Bereich der Brennraumwandung stattfindet. Hierdurch können beispielsweise vermehrt hohe Partikel-, CO- und/oder HC-Emissionen auftreten. Des Weiteren kann auch der unverbrannte Kraftstoff, der auf die Brennraumwand (Zylinderwand) trifft, vom Kolben über den Ölabstreifring dem Motoröl zugeführt werden und dieses verdünnen. Diese Erscheinungen sind unerwünscht, da sie einen optimalen Betrieb der Brennkraftmaschine verhindern bzw. behindern und insbesondere zu erhöhten Emissionen sowie einem erhöhten Kraftstoffverbrauch führen.

**[0003]** Aus der DE 10 2006 039 523 A1 ist ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Patentanspruch 1 bekannt. In dieser Veröffentlichung ist ausgeführt, dass durch direkte mechanische Ansteuerung der Injektornadeln die Strahleindringtiefe individuell für jede Einspritzung optimiert werden kann. Dadurch kann eine Benetzung der Zylinderwand mit Kraftstoff sowohl bei sehr frühen als auch bei sehr späten Einspritzungen vermieden werden.

**[0004]** Aus der DE 101 05 755 A1 ist ein Einspritzverfahren bekannt, bei dem zur Verbesserung des Kaltstartverhaltens einer Brennkraftmaschine nicht mit einer kontinuierlichen Einspritzung, sondern mit einer gepulsten Einspritzung gearbeitet wird. Die Kraftstoffeinspritzung umfasst hierbei daher eine Vielzahl von zeitlich voneinander beabstandeten kurzen Einspritzimpulsen. Auf diese Weise wird eine optimale Verbrennung des Kraftstoffs und damit eine Verbesserung des Emissionsverhaltens erzielt.

**[0005]** Aus der DE 102 28 661 A1 ist es bekannt, zur Regeneration von Abgasreinigungseinrichtungen Nacheinspritzungen durchzuführen und hierbei den Einspritzdruck des nacheingespritzten Kraftstoffs in Abhängigkeit vom Einspritzzeitpunkt der Nacheinspritzung einzustellen.

**[0006]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Brennkraftmaschine der angegebenen Art zu schaffen, mit dem sich die Ablagerung von unverbranntem Kraftstoff auf der Brennraumwandung und/oder die Erzeugung von Ablagerungen auf dieser besonders wirksam vermeiden bzw. reduzieren lässt.

**[0007]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der angegebenen Art durch die kennzeichnenden Merkmale von Patentanspruch 1 gelöst sowie durch eine Brennkraftmaschine mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 5.

**[0008]** Die Erfindung besteht somit darin, während der Kaltstart- und/oder Warmlaufphase der Brennkraftmaschine, die mit den vorstehend aufgezeigten Nachteilen der Ablagerung von unverbranntem Kraftstoff auf der Brennraumwandung bzw. der Erzeugung von Ablagerungen auf dieser verbunden sind, die Einspritztiefe des Einspritzstrahles des Injektors selektiv zu verringern, um damit einen direkten Kontakt des Einspritzstrahles mit der Brennraumwandung (der kalten Zylinderwand) zu vermeiden bzw. zu verringern. Die Einspritztiefe wird daher gegenüber der Einspritztiefe während des Normalbetriebes der Brennkraftmaschine reduziert. Dies wird durch eine Steuerung bzw. Einstellung des Injektornadelhubes erreicht, und zwar derart, dass der Drosselspalt nur teilweise geöffnet wird, wodurch der Druck unterhalb des Drosselspaltens des Injektors verringert wird und der Einspritzstrahl an Eindringtiefe verliert. Eine selektive Einstellung bzw. Variation der Einspritztiefe kann dabei nur für bestimmte Einspritzvorgänge oder für sämtliche Einspritzvorgänge während der vorstehend genannten Betriebsphase, bei der die eingangs aufgezeigten Probleme auftreten, durchgeführt werden. Die Kaltstart- und/oder Warmlaufphase wird dabei detektiert, und der Injektor wird von einer zugehörigen Steuervorrichtung angesteuert, um den Hub der Injektornadel entsprechend zu reduzieren, damit die gewünschte Verringerung des Drosselspaltens erreicht wird. Wie erwähnt, können auch bestimmte Einspritzvorgänge während einer derartigen Betriebsphase individuell ausgewählt werden.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise bei einer selbstzündenden Brennkraftmaschine (Dieselmotor) eingesetzt, wobei es insbesondere bei einer Brennkraftmaschine mit Common-Rail durchgeführt wird. Bei einer derartigen Brennkraftmaschine ist eine Vielzahl von Injektoren an eine gemeinsame Kraftstoffversorgungsleitung (Common-Rail) angeschlossen, die sämtliche Injektoren mit unter gleichem Druck stehendem Kraftstoff versorgt. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird daher bei dieser Ausführungsform vorzugsweise bei gleichem Raildruck durch Variation des Injektornadelhubes der Druck unterhalb des Drosselspaltens eines Injektors individuell verändert bzw. reduziert, um die Einspritztiefe des jeweiligen Injektors individuell zu verringern.

**[0010]** Wie erwähnt, wird mindestens ein Einspritzvorgang, der während des Kaltstarts und/oder Warmlaufens der Brennkraftmaschine getätigt wird, mit verringerter Einspritztiefe durchgeführt. Beim Kaltstart von Brennkraftmaschinen, insbesondere von Dieselmotoren,

motoren, und in der Warmlaufphase treten nämlich vermehrt hohe CO- und HC-Emissionen auf, die auf eine unvollständige Verbrennung insbesondere in Brennraumwandnähe zurückzuführen sind. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird durch eine Limitierung der Einspritztiefe des Einspritzstrahles ein Kontakt des Einspritzstrahles mit der Brennraumwand vermieden bzw. reduziert. Im Falle des Kaltstarts und während des Motorwarmlaufs werden daher vorzugsweise die Einspritzungen, die zu Zeitpunkten stattfinden, bei denen sich der Kolben nicht im zum oberen Totpunkt benachbarten Bereich befindet, mit geringerer Strahleindringtiefe (im Vergleich zu der Strahleindringtiefe bei Normalbetrieb) gefahren, so dass Wandanlagerungen bzw. Wandablagerungen oder eine unvollständige Verbrennung in Wandnähe vermieden wird. Hierdurch werden die HC-, CO- und/oder Partikel-Emissionen abgesenkt, und es wird ein geringerer Kraftstoffverbrauch erreicht. Des Weiteren werden höhere Freiheitsgrade bei der Wahl der Einspritzzeitpunkte gewonnen.

**[0011]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit durch einspritzimpulsindividuelles Limitieren des Injektornadelhubs der Druck unterhalb des Drosselspaltes des Injektors reduziert und damit die Strahleindringtiefe verringert.

**[0012]** Die Reduktion der Eindringtiefe ist durch die Verwendung eines Injektors mit direkt angetriebener und positionsgeregelter Injektornadel möglich. Dabei wird der Hub der Injektornadel so eingestellt, dass der Drosselspalt für die Einspritzungen nur zum Teil geöffnet wird und sich somit der Druckabfall über den Nadelsitz erhöht und der Einspritzstrahl an Eindringtiefe verliert.

**[0013]** Hierdurch wird eine geringere Ölverdünnung erreicht. Die Ölwechselintervalle werden verlängert. Es werden ein geringerer Kraftstoffverbrauch und geringere HC-Emissionen möglich.

**[0014]** Die Erfindung betrifft ferner eine Brennkraftmaschine, die eine Steuereinheit zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens aufweist. Die Steuereinheit detektiert eine Kaltstart- und/oder Warmlaufphase, während der eine Reduzierung der Einspritztiefe von einem oder mehreren Injektoren stattfinden soll, und steuert in Abhängigkeit vom Ergebnis dieser Detektion einen oder mehrere Injektoren an. Da diese Injektoren Injektornadeln mit (mechanischem) Direktantrieb aufweisen, kann der Antrieb der Injektornadel individuell für jeden gewünschten Einspritzvorgang so angesteuert werden, dass sich ein reduzierter Hub der Injektornadel und damit nur ein teilweise geöffneter Drosselspalt ergibt, der zu einer Verringerung des Drucks unterhalb des Drosselspaltes des Injektors und damit zu einer Verringerung der Einspritztiefe des abgegebenen Einspritzstrahles führt.

**[0015]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung im Einzelnen erläutert.

**[0016]** Es zeigen:

**[0017]** [Fig. 1](#) einen schematischen Teilvertikalschnitt durch einen Injektor, wobei insbesondere der Drosselspalt und die Injektornadel des Injektors dargestellt sind;

**[0018]** [Fig. 2](#) zwei schematische Darstellungen von Einspritzvorgängen, wobei die linke Darstellung einen Einspritzvorgang mit normaler Einspritztiefe und die rechte Darstellung einen Einspritzvorgang mit verringerter Einspritztiefe zeigen;

**[0019]** [Fig. 3](#) Diagramme, die den Nadelhub in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel bei mehreren Einspritzungen zeigen, wobei das obere Diagramm eine konventionelle Einspritzung und das untere Diagramm eine erfindungsgemäß durchgeführte Einspritzung zeigen.

**[0020]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch im Vertikalschnitt einen Teil eines Injektors, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Verwendung findet. Der Injektor besitzt eine Injektornadel **1** sowie ein Injektorgehäuse **6**. In einer Kraftstoffzuleitung **4** herrscht der an einem Common-Rail (nicht dargestellt), an den der Injektor angeschlossen ist, anliegende Systemdruck. In der Figur unterhalb der Spitze der Injektornadel **1** befindet sich ein Bereich **2**, von dem Spritzlöcher **5** in den Brennraum einer zugehörigen Brennkraftmaschine (in einen Zylinder eines Dieselmotors) führen. Zwischen der Innenwand des Injektorgehäuses **6** und der konisch ausgebildeten Injektornadelspitze befindet sich ein einstellbarer Drosselspalt **3**. Die Injektornadel **1** wird direkt mechanisch angetrieben. Beispielsweise bewegt sich die Injektornadel **1** in vertikaler Richtung nach unten, wobei sich aufgrund dieser Bewegung der Öffnungsquerschnitt des Drosselspalts **3** verringert. Der Raildruck in der Kraftstoffzuleitung bleibt dabei jedoch immer annähernd konstant. Der Spritzlocheintrittsdruck hingegen nimmt mit immer kleinerem Öffnungsquerschnitt des Drosselspalts **3** ab. Dies führt zu einer geringeren Einspritztiefe des Einspritzstrahles in den Brennraum.

**[0021]** [Fig. 2](#) zeigt zwei Einspritzvorgänge, links mit normaler Einspritztiefe und rechts mit verringerter Einspritztiefe. Bei dem in [Fig. 2](#) links dargestellten Einspritzvorgang ist der Drosselspalt **3** weit geöffnet, so dass sich ein Einspritzstrahl **11** mit normaler Eindringtiefe ergibt, bei dem der Einspritzstrahl die Wand **10** des Brennraumes **8** kontaktiert. Der Injektor ist hierbei schematisch bei **7** dargestellt. Bei der in [Fig. 2](#) rechten Darstellung ist der Drosselspalt **3** soweit verengt, dass sich bei geringerem Sacklochdruck nur noch ein Einspritzstrahl **12** mit verringerter Eindring-

tiefe ergibt, bei der der eingespritzte Strahl **12** die Wand **10** des Brennraumes **8** nicht mehr kontaktiert.

**[0022]** Fig. 3 zeigt Diagramme von entsprechenden Einspritzimpulsen während der Kaltstart- bzw. Warmlaufphase eines Dieselmotors. Die obere Darstellung zeigt die konventionelle Vorgehensweise, bei der sämtliche Einspritzimpulse bei einem Nadelhub von 100% zu Einspritzstrahlen mit voller Einspritztiefe führen. Mit **13** ist ein Einspritzimpuls am oberen Totpunkt bezeichnet, während mit **14** Einspritzimpulse vor Erreichen des oberen Totpunktes gekennzeichnet sind.

**[0023]** Das untere Diagramm zeigt die Vorgehensweise bei dem erfinderischen Verfahren. Hierbei weisen die Einspritzimpulse **15** vor dem Einspritzimpuls **13** am oberen Totpunkt Einspritzstrahlen mit reduzierter Eindringtiefe auf. Der Injektor arbeitet daher hier nur mit einem verringerten bzw. limitierten Nadelhub, der die reduzierte Eindringtiefe bewirkt.

**[0024]** Um die geringere Einspritztiefe zu erreichen, wird der Antrieb der direkt mechanisch angetriebenen Injektornadel **1** von einer Steuereinheit, die die Kaltstart- und/oder Warmlaufphase, während der die Einspritztiefe reduziert werden soll, erfasst, so angesteuert, dass der Hub der Injektornadel **1** zur Reduzierung des Drosselspaltes **3** entsprechend eingestellt wird.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die mindestens einen Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff in Form eines Einspritzstrahles in einen einen Kolben aufweisenden Brennraum der Brennkraftmaschine aufweist, wobei der Injektor mindestens ein Spritzloch und eine direkt angetriebene Injektornadel umfasst, die mit einer Innenwand des Injektor einen durch den Hub der Injektornadel einstellbaren Drosselspalt definiert, und wobei die Einspritztiefe des Einspritzstrahles selektiv für bestimmte Einspritzvorgänge durch Einstellung des Injektornadelhubes gegenüber dem bei Normalbetrieb derart, dass der Drosselspalt nur teilweise geöffnet wird, verringert wird, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Detektieren einer Kaltstart- und/oder Warmlaufphase der Brennkraftmaschine; und  
bei Feststellung einer derartigen Phase Ansteuern von einem oder mehreren Injektoren derart, dass mindestens ein Einspritzvorgang mit verringerter Einspritztiefe durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Einspritzvorgang, der während des Kaltstarts und/oder Warmlaufens der Brennkraftmaschine zu einem Zeitpunkt getätigt wird, bei dem sich der Kolben nicht in einem zum oberen

Totpunkt benachbarten Bereich befindet, mit verringerter Einspritztiefe durchgeführt wird.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es bei einer selbstzündenden Brennkraftmaschine eingesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es bei einer Brennkraftmaschine mit Common-Rail bei gleichem Raildruck eingesetzt wird.

5. Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Steuereinheit zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

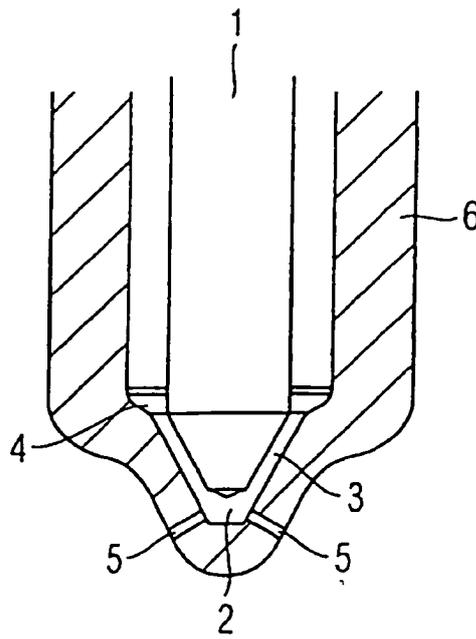


FIG. 1

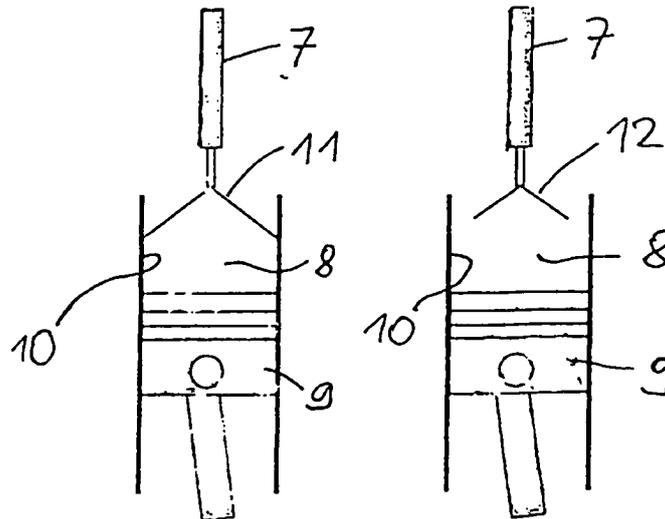


FIG. 2

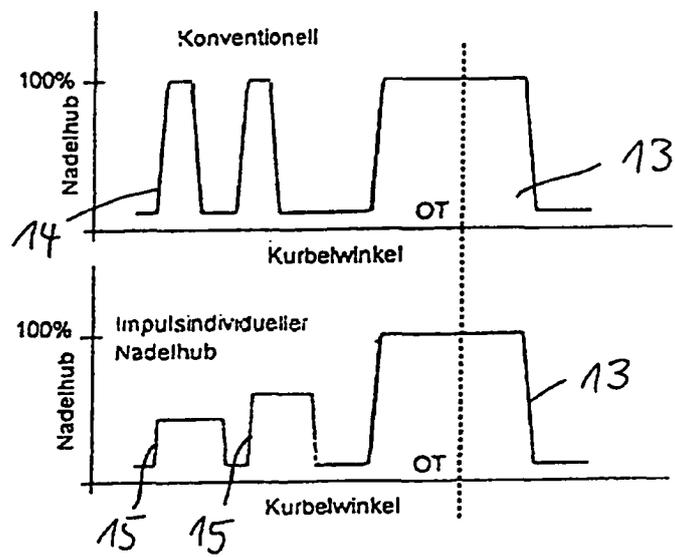


FIG. 3